

# 外包环境下考虑产品质量的 OEM 采购战略决策<sup>①</sup>

陈敬贤<sup>1,2</sup>, 梁 樑<sup>2</sup>

(1. 南通大学商学院, 南通 226001; 2. 合肥工业大学管理学院, 合肥 230009)

**摘要:** 产品质量是业务外包中的关键问题, 同时也是决定企业采购战略选择的重要变量. 研究了生产两种替代性产品的制造商的采购战略选择问题, 并讨论了不同采购战略对于供应商产品质量决策的影响. 考虑制造商可以选择单源策略或者双源策略, 并讨论了在四种情形下供应商和制造商的战略互动: 单源策略下, 制造商可以选择分享供应商的质量投资或不分享供应商的质量投资; 双源策略下, 两个供应商可以选择合作质量决策或者竞争质量决策. 研究发现, 一个合适的质量投资分享比例能使得与单个供应商合作战略成为制造商的占优选择; 如果制造商不愿意分享或者不愿意分享足够多的质量投资, 当双源采购成本足够小时, 开发两个竞争性供应商成为制造商的占优策略. 对于双源采购策略, 还讨论了制造商分享两个供应商质量投资的采购战略, 并验证了当分享比例和双源采购成本足够小时, 该战略成为制造商的唯一占优选择. 另外, 当制造商选择双源采购战略时, 应避免供应商合作质量决策, 因为供应商的质量合谋将会通过提供劣质产品而抽取更多的制造商利润.

**关键词:** 供应链质量管理; 战略采购; 业务外包; 纳什均衡

**中图分类号:** F253    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1007-9807(2018)09-0038-12

## 0 引 言

鉴于在降低成本、提高生产率及增强核心竞争力等方面的优势, 业务外包为全球经济的发展做出了巨大的贡献. 例如, 近期的一份研究报告显示美国 2014 年商业业务和 IT 业务外包的总值达到 5 070 亿美元<sup>[1]</sup>. 伴随着业务外包的不断发展, 许多新的问题呈现在企业管理者的面前, 大量的案例及理论研究表明业务外包会给原始设备制造商(original equipment manufacturer, OEM)带来一些新的风险<sup>[2-4]</sup>. 其中, 尤其引人关注的风险是供应商的产品质量风险. 市场竞争的不断加强促使 OEM 在管理实践中要求为其代工的合同制造商(contract manufacturing, CM)不断降低成本、压缩提前期、扩充产能, 导致 CM 没有激励提高产品质

量, 因此而产生产品质量风险. 特别是当产品质量不可合同化且 OEM 不具有质量控制权时, 外包中的产品质量风险将表现得更加明显<sup>[5,6]</sup>. 2012 年的一份全球制造业调研报告显示, 终止外包的企业中有 48% 的 OEM 是由于服务及产品质量问题而终止外包合同的<sup>[7]</sup>.

传统的供应链质量管理中, OEM 通常具有质量控制权并依赖于抽样检验策略控制供应商产品质量. 通过设定相关惩罚措施来激励供应商提高产品质量<sup>[8,9]</sup>. 抽样检验策略虽然在一定程度上规避了 OEM 的采购风险, 但过严的检验策略及其对应的惩罚措施会极大的损害供应商的收益, 挫伤供应商提高产品质量的动机, 严重时甚至可能引起供应链恶性事件. 例如, 由于苹果公司制定了过严的产品质量标准(iPhone5s 产品线), 致使其

① 收稿日期: 2015-07-13; 修订日期: 2018-02-18.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71771127; 71401082; 71501084; 71671078).

作者简介: 陈敬贤(1982—), 男, 安徽肥东人, 副教授, 博士后. Email: jxchen@ntu.edu.cn

合同制造商富士康的郑州工厂于2012年10月爆发了大规模的罢工事件, 给其供应链带来了极大的影响<sup>[10]</sup>。另外, 抽样检验本身固有的风险也使得该种策略具有一定的局限性。特别是当 OEM 将多个产品进行外包时, 这种策略将会在增加 OEM 检验成本的同时增大供应商的产品质量损失成本。此外, 一些商业实践的案例表明, 类似于产品质量和研发等许多原本由 OEM 决策的问题已经渐渐由 CM 掌控或者参与决策, 而 OEM 则逐渐开始关注于市场定价、促销等决策事宜。例如, 有报道表明美国制药行业的 CM 承担了近 300 亿美元的产品研发业务, 而许多 OEM 也认为让 CM 承担更多的决策业务可以缓解供应链的困难<sup>[5]</sup>。这些案例事实引发了作者的思考: 当 OEM 将多个产品进行外包且由 CM 负责产品质量决策时, OEM 应该如何通过实施有效的采购战略来激发供应商提高产品质量, 从而弱化产品质量风险?

考虑 OEM 将两种替代性产品进行外包, 在单源和双源采购战略的背景下, 研究了四种情形的 OEM 与 CM 的战略互动: 1) 选择 1 个 CM 代工两种产品, 并不分享 CM 的产品质量投资, 称为传统战略, 记为战略 T; 2) 选择 1 个 CM 代工两种产品, 并分享 CM 的产品质量投资, 称为合作战略, 记为战略 C; 3) 选择 2 个竞争性的 CM 分别代工两种产品且 CM 分别独立进行产品质量决策, 称为完全竞争性战略, 记为战略 DD; 4) 选择 2 个竞争的 CM 分别代工两种产品且 CM 合作进行产品质量决策, 成为合作竞争战略, 记为战略 DC。在以上四种决策情形下, 求解了各战略所对应的纳什均衡解, 然后分别从质量和利润的角度分析了 OEM 的占优策略。

本文的主要贡献在于: 同时将产品质量和开发供应商成本纳入替代性产品的外包采购战略决策中, 通过比较分析从质量和利润的角度给出了 OEM 的占优策略及其对应的条件, 它对于企业有效实施采购战略进而激励供应商提高产品质量具有一定的价值, 同时对于 OEM 的采购战略决策亦有参考意义。

## 1 文献综述

一直以来, 产品质量管理都是企业运营管理

中的关键问题, 国内外相关学者给予了极大的关注。从战略决策角度考虑企业产品质量水平决策就是其中的主要研究方向, 早期的研究主要关注于单个企业的最优质量决策或社会福利最大化的产品质量决策<sup>[11, 12]</sup>。这方面的研究可以参考 Chen 等<sup>[4]</sup>的综述, 这里就不再赘述。

本文主要考虑 OEM 可以通过选择一定的采购战略来激励供应商提升产品质量, 在此基础上讨论 OEM 与 CM 的战略互动, 与本文直接相关的已有文献主要体现在: 1) 垂直渠道中的产品质量战略决策研究, 如 Reyniers 和 Tapiero<sup>[13]</sup>较早地研究了供应链质量管理中关于产品质量决策及契约优化问题; Tsay 和 Agrawal<sup>[14]</sup>分析了包含 1 个供应商和 2 个零售商的供应链中关于价格和质量的战略决策问题; Xu<sup>[15]</sup>讨论了包含 1 个制造商和 1 个零售商的垂直渠道的产品定价和质量决策问题。类似的研究还有 Balasubramanian 和 Bhardwaj<sup>[16]</sup>, Kaya 和 Ozer<sup>[5]</sup>, Xie 等<sup>[17]</sup>, 等等。2) 供应商提升产品质量的激励机制, 如 Benjaafar 等<sup>[18]</sup>开发了基于供应商选择和供应商订单分配两种策略来激励供应商提高产品质量水平; Jin 和 Ryan<sup>[19]</sup>则将他们的研究结果推广至了同时考虑价格和产品质量决策的情形; Chen 和 Deng<sup>[20]</sup>分析了供应商质量认证机制来激励供应商提高产品质量。类似的研究还有 Elahi<sup>[21]</sup>, Yim<sup>[22]</sup>, 鲁其辉和朱道立<sup>[23]</sup>, 等等。

综合以上研究可以发现, 现有研究要么局限于讨论单种产品的质量提升机制, 要么局限于讨论渠道范围内的产品定价和质量决策, 对于替代性产品的质量及从采购战略决策的角度讨论供应商产品质量激励的文献还较为鲜见, 也未讨论产品质量对于企业采购决策影响, 而商业实践中的案例则表明了产品质量已经成为 OEM 的战略采购决策的关键影响因素, 这也正是本文所需要研究的重点问题。

## 2 模型

考虑 1 个 OEM 将 2 种替代性产品外包给外部供应商进行代工, 根据文献 [24] 和 [25], 给出产品  $i$  ( $i = 1, 2$ ) 的市场需求

$$d_i(p_i, p_j, Q_i, Q_j) = \frac{\alpha_i + \beta Q_i - \theta(\alpha_j + \beta Q_j) - p_i + \theta p_j}{1 - \theta^2} \quad (1)$$

其中  $d_i$  表示产品  $i$  的市场需求;  $p_i$  和  $Q_i$  分别表示产品  $i$  的零售价格和质量水平;  $\alpha_i$  表示产品  $i$  的需求规模;  $\beta$  ( $\beta \geq 0$ ) 表示产品质量水平对市场需求规模的影响系数;  $\theta$  ( $0 \leq \theta < 1$ ) 为产品的替代系数. 该需求模型主要在二次型的顾客效用函数的基础上开发的, 当  $\theta = 0$  时, 产品是相互独立的, 无替代性; 当  $\theta \rightarrow 1$  时, 2 产品趋向于完全替代. 关于该需求模型的二次型效用函数及其应用的相关解释, 可以参考文献 [24].

考虑如下的决策事件序关系: 1) OEM 确定采购战略, 即确定外包给 1 个 CM 还是 2 个 CM; 2) CM 确定各产品质量水平  $Q_i$  及对应的批发价格  $w_i$ ; 3) OEM 确定各产品的零售价格  $p_i$ ; 4) 按照确定的价格和产品质量满足市场顾客需求.

需要说明的是, 本文这里考虑产品质量水平由作为供应商的 CM 来确定, 作出这样的假设主要是因为: 一方面, 本文考虑的是个并不掌握质量控制权的弱势 OEM 企业, 这样的假设主要源自于管理实践, 并且可以充分反映采购战略对于质量管理的价值; 另一方面, 本文考虑的是确定性需求, 在共同知识的前提下如由 OEM 进行产品质量决策, 理性的 OEM 必将设置相当高的产品质量水平而抽光 CM 的利润, 如此可能造成理性的 CM 将选择退出供应链联盟, 而在这种情况下讨论 OEM 与 CM 的战略互动决策是没有意义的.

$$Q_i^{C*} = \frac{\beta [8(\alpha_i - \theta\alpha_j)(1 - \tau_j)\phi_j - \alpha_i\beta^2]}{\beta^4 - 8\beta^2 [(1 - \tau_i)\phi_i + (1 - \tau_j)\phi_j] + 64\theta^2(1 - \tau_i)(1 - \tau_j)\phi_i\phi_j} \quad (4)$$

证明 根据博弈的事件序关系, 采用逆向归纳法求解子博弈精炼纳什均衡解. 将式 (1) 所示的需求代入式 (2) 所示的 OEM 利润函数, 可以验证在给定  $w_i, w_j, Q_i$  和  $Q_j$  时,  $\pi_{OEM}$  为关于  $(p_i, p_j)$  的联合凹函数. 利用一阶条件可以得到  $p_i = \frac{1}{2}(\alpha_i + w_i + \beta Q_i)$ . 将该式分别代入需求函数  $d_i$  及

### 3 单源采购战略

首先考虑 OEM 将产品外包给 1 个 CM 进行代工生产, 同时考虑 OEM 可以选择是否与 CM 共享产品质量投资费用, 也即上文所述的 T 战略和 C 战略. 关于垂直渠道中的合作质量投资, 许多企业都已经实践了这一战略, 例如丰田公司自 1970 年开始与供应商合作提高产品质量<sup>[4]</sup>. 假设 OEM 承担的产品  $i$  的质量投资比例为  $\tau_i$  ( $0 \leq \tau_i < 1$ ), 由此可知当  $\tau_i = 0$  时, OEM 并不承担任何 CM 的质量投资, 此时战略 C 即转化为战略 T. 单源策略时的 OEM 与 CM 的利润分别为

$$\pi_{OEM} = \sum_{i=1}^2 [(p_i - w_i) d_i - \tau_i \phi_i Q_i^2] - f^S \quad (2)$$

$$\pi_{CM} = \sum_{i=1}^2 [w_i d_i - (1 - \tau_i) \phi_i Q_i^2] \quad (3)$$

以上两式中,  $\phi_i > 0$  表示产品  $i$  的单位质量投资成本系数;  $f^S \geq 0$  表示的是 OEM 在单源采购策略中开发供应商的成本. 由式 (2) 和式 (3) 可以发现, 本文这里采用的是二次型的质量成本函数, 这种函数在运作与营销管理中被大量应用<sup>[26, 27]</sup>. 另外, 本文这里假设 CM 的单位生产成本为零, 放宽这个假设并不会改变本文的主要结论和管理意义. 根据式 (2) 和式 (3) 所示的利润函数, 可以得到定理 1 的结论.

定理 1 对于战略 C, 当条件  $8(1 - \tau_i)\phi_i \times (1 - \theta^2) \geq \beta^2$  满足时<sup>②</sup>, 产品  $i$  的均衡质量水平为

CM 的利润函数  $\pi_{CM}$ , 可以验证在给定  $w_i$  时,  $\pi_{CM}$  为关于  $(w_i, w_j)$  的联合凹函数, 同样利用一阶条件可以得到  $w_i = \frac{1}{2}(\alpha_i + \beta Q_i)$ . 同样将该式代入价格函数、需求函数及利润函数  $\pi_{CM}$ , 可以得到当  $8(1 - \tau_i)\phi_i(1 - \theta^2) \geq \beta^2$  时,  $\pi_{CM}$  为关于  $(Q_i, Q_j)$  的联合凹函数, 应用一阶条件可得到式 (4) 所

② 注意到, 定理 1 中的条件  $8(1 - \tau_i)\phi_i(1 - \theta^2) \geq \beta^2$  是为了保证模型具有内点均衡解, 当该条件不成立时,  $\pi_{CM}$  只可能在端点处取得极值, 可以验证当质量水平  $Q_i^{C*} = 0$  时, CM 的利润达到最优, 但此时分析均衡策略对于产品质量水平决策的影响已经失去意义. 因此, 本文这里并不讨论该条件不被满足的情况, 当然, 一般情况下, 该条件易于被满足. 定理 2 和定理 3 中的条件可以类似解释.

示的均衡结果.

证毕.

零售价格函数及利润函数即可得到此时的所有均衡结果, 如表 1 所示. 若令  $\tau_i = 0 (i = 1, 2)$ , 战略 C 的均衡解即转化为战略 T 的均衡解.

式(4)中的上标  $C^*$  表示的是战略 C 的均衡解. 将均衡质量水平  $Q_i^{C^*}$  分别代入相应的批发和

零售价格函数及利润函数即可得到此时的所有均衡结果, 如表 1 所示. 若令  $\tau_i = 0 (i = 1, 2)$ , 战略 C 的均衡解即转化为战略 T 的均衡解.

表 1 单源策略的均衡结果

Table 1 Equilibrium outcomes of single-sourcing strategy

项目	均衡结果
质量水平	$Q_i^{C^*} = \frac{\beta[8(\alpha_i - \theta\alpha_j)(1 - \tau_j)\phi_j - \alpha_i\beta^2]}{\beta^4 - 8\beta^2[(1 - \tau_i)\phi_i + (1 - \tau_j)\phi_j] + 64\theta^2(1 - \tau_i)(1 - \tau_j)\phi_i\phi_j}$
批发价格	$w_i^{C^*} = \frac{64(1 - \theta^2)\alpha_i(1 - \tau_i)(1 - \tau_j)\phi_i\phi_j - 8\beta^2[\alpha_i(1 - \tau_i)\phi_i + \theta\alpha_j(1 - \tau_j)\phi_j]}{\beta^4 - 8\beta^2[(1 - \tau_i)\phi_i + (1 - \tau_j)\phi_j] + 64\theta^2(1 - \tau_i)(1 - \tau_j)\phi_i\phi_j}$
零售价格	$p_i^{C^*} = \frac{6\{8(1 - \theta^2)\alpha_i(1 - \tau_i)\phi_i\phi_j - \beta^2[\alpha_i(1 - \tau_i)\phi_i + \theta\alpha_j(1 - \tau_j)\phi_j]\}}{\beta^4 - 8\beta^2[(1 - \tau_i)\phi_i + (1 - \tau_j)\phi_j] + 64\theta^2(1 - \tau_i)(1 - \tau_j)\phi_i\phi_j}$
需求量	$d_i^{C^*} = \frac{16[\alpha_i(1 - \tau_i)\phi_i - \theta\alpha_j(1 - \tau_j)\phi_j] - 2\beta^2\alpha_i(1 - \tau_i)\phi_i}{\beta^4 - 8\beta^2[(1 - \tau_i)\phi_i + (1 - \tau_j)\phi_j] + 64\theta^2(1 - \tau_i)(1 - \tau_j)\phi_i\phi_j}$
OEM 利润	$\pi_{OEM}^{C^*} = \sum_{i=1}^2 [(p_i^{C^*} - w_i^{C^*})d_i^{C^*} - \tau_i\phi_i(Q_i^{C^*})^2] - f^S$
CM 利润	$\pi_{CM}^{C^*} = \sum_{i=1}^2 [w_i^{C^*}d_i^{C^*} - (1 - \tau_i)\phi_i(Q_i^{C^*})^2]$

### 4 双源采购战略

为了激励供应商提高产品质量, OEM 也可以开发多个竞争性 CM, 通过激发 CM 之间的竞争来提高产品质量. 文献 [18-21] 的研究表明, 当外部市场需求为固定需求时, 在供应商间开发基于产品质量竞争的竞争机制可以有效提高产品质量水平. 本文这里在内生需求的前提下, 考虑 CM 开发 2 个相互竞争的供应商来代工产品, 考察这种采购战略对应的产品质量决策. 当 OEM 开发 2 个竞争性 CM 进行代工生产时, OEM 和  $CM_i (i = 1, 2)$  的利润函数为

$$\pi_{OEM} = \sum_{i=1}^2 [(p_i - w_i)d_i] - f^D \quad (5)$$

$$\pi_{CM_i} = w_i d_i - \phi_i Q_i^2 \quad (6)$$

式(5)中  $f^D$  表示的是 OEM 支付的开发双源供应商的固定成本, 其它符号与式(2)和式(3)类似.

#### 4.1 集中式决策

首先考虑 2 个 CM 在决策的第二阶段合作确定产品质量水平, 也即按照使得利润  $\pi_{CM1} + \pi_{CM2}$

$$Q_i^{DC*} = \frac{2\beta(4 - 3\theta^2 + \theta^4)\alpha_j\phi_j - 4\beta\theta(2 - \theta^2)\alpha_j\phi_j - \beta^3(1 - \theta^2)\alpha_i}{\beta^4(1 - \theta^2) - 2\beta^2(4 - 3\theta^2 + \theta^4)(\phi_i + \phi_j) + 4(1 - \theta^2)(4 - \theta^2)^2\phi_i\phi_j} \quad (7)$$

最大化的原则确定产品质量水平  $Q_1$  和  $Q_2$ . 这一决策原则反映了竞争性供应商在确定质量水平时综合考虑双方的利润, 在管理实际中也有所体现. 例如, 富士康集团于 2012 年 3 月花费约 8 亿 3 千 6 百万美元新增了 Sharp 公司约 9.88% 的股份, 持有的股份总额达到 46.5%, 已经成为 Sharp 集团的第一大股东, 而根据 Apple 公司 2014 年公布的主要供应商名单可知, 富士康和 Sharp 均为 Apple 的主要合同供应商, 富士康的这一并购行为则为以后与 Sharp 的合作奠定了基础<sup>[28]</sup>.<sup>③</sup>另外, 美国汽车三巨头也曾实施过“质量保护伞”的战略, 在该战略下, 企业联合确定产品质量<sup>[29]</sup>. 根据式(5)和式(6)所示的利润函数, 运用逆向归纳法可以得到下面的结论.

定理 2 对于战略 DC, 当条件

$$\beta^2(4 - 3\theta^2 + \theta^4) \leq 2(1 - \theta^2)(4 - \theta^2)^2\phi_i$$

和

$$2\beta^2(4 - 3\theta^2 + \theta^4)(\phi_i + \phi_j) \leq$$

$$\beta^4(1 - \theta^2) + 4(1 - \theta^2)(4 - \theta^2)^2\phi_i\phi_j$$

成立时, 产品  $i$  的均衡质量水平为

③ 两个竞争性的合同供应商也有激励进行合作质量决策, 因为质量合谋可以使他们设置较低的质量水平来抽取更多的 OEM 的利润.

证明 运用类似于定理 1 的证明方法即可证明当以上条件成立时,  $\pi_{CMi} + \pi_{CMj}$  为关于  $(Q_i, Q_j)$  的联合凹函数, 应用一阶条件可得到式 (7) 所示的均衡结果.

证毕.

式 (7) 中, 上标 DC\* 表示的是战略 DC 的均衡解. 将均衡质量水平  $Q_i^{DC*}$  分别代入相应的批发和零售价格函数及利润函数即可得到此时的所有均衡结果, 如表 2 所示.

表 2 双源策略的均衡结果

Table 2 Equilibrium outcomes of dual-sourcing strategy

项目	集中决策的均衡结果
质量水平	$Q_i^{DC*} = \frac{2\beta(4-3\theta^2+\theta^4)\alpha_i\phi_j - 4\beta\theta(2-\theta^2)\alpha_i\phi_j - \beta^3(1-\theta^2)\alpha_i}{\beta^4(1-\theta^2) - 2\beta^2(4-3\theta^2+\theta^4)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2\phi_i\phi_j}$
批发价格	$w_i^{DC*} = \frac{2(1-\theta^2)[2(2-\theta^2)(4-\theta^2)\alpha_i\phi_j - \beta^2(2-\theta^2)\alpha_i\phi_i - 2\theta(4-\theta^2)\alpha_i\phi_j - \beta^2\theta\alpha_i\phi_j]}{\beta^4(1-\theta^2) - 2\beta^2(4-3\theta^2+\theta^4)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2\phi_i\phi_j}$
零售价格	$p_i^{DC*} = \frac{2(4-5\theta^2+\theta^4)[2(2-\theta^2)\alpha_i - \theta\alpha_j] - 2\beta^2(2-2\theta^2+\theta^4)\alpha_i\phi_i - \beta^2\theta(5-2\theta^2)\alpha_j\phi_j}{\beta^4(1-\theta^2) - 2\beta^2(4-3\theta^2+\theta^4)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2\phi_i\phi_j}$
需求量	$d_i^{DC*} = \frac{2(2-\theta^2)(4-\theta^2)\alpha_i\phi_i\phi_j - \beta^2[(2-\theta^2)\alpha_i\phi_i - \theta\alpha_j\phi_j] - 2\theta(4-\theta^2)\alpha_j\phi_i\phi_j}{\beta^4(1-\theta^2) - 2\beta^2(4-3\theta^2+\theta^4)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2\phi_i\phi_j}$
OEM 利润	$\pi_{OEM}^{DC*} = \sum_{i=1}^2 [(p_i^{DC*} - w_i^{DC*})d_i^{DC*}] - f^D$
CMi 利润	$\pi_{CMi}^{DC*} = w_i^{DC*}d_i^{DC*} - \phi_i(Q_i^{DC*})^2$
项目	分散决策的均衡结果
质量水平	$Q_i^{DD*} = \frac{\beta(2-\theta^2)[2(2-\theta^2)(4-\theta^2)\alpha_i\phi_j - k^2(2-\theta^2)\alpha_i - 2\theta(4-\theta^2)\alpha_j\phi_j]}{\beta^4(2-\theta^2)^2 - 2\beta^2(2-\theta^2)^2(4-\theta^2)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^3\phi_i\phi_j}$
批发价格	$w_i^{DD*} = \frac{2(1-\theta^2)(4-\theta^2)\phi_i[2(2-\theta^2)(4-\theta^2)\alpha_i\phi_j - 2\theta(4-\theta^2)\alpha_j\phi_j - \beta^2(2-\theta^2)\alpha_i]}{\beta^4(2-\theta^2)^2 - 2\beta^2(2-\theta^2)^2(4-\theta^2)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^3\phi_i\phi_j}$
零售价格	$p_i^{DD*} = \frac{(4-\theta^2)\{2(4-5\theta^2+\theta^4)[2(3-\theta^2)\alpha_i - \theta\alpha_j]\phi_i\phi_j - \beta^2[(6-7\theta^2+2\theta^4)\alpha_i\phi_i + \theta(2-\theta^2)]\alpha_j\phi_j\}}{\beta^4(2-\theta^2)^2 - 2\beta^2(2-\theta^2)^2(4-\theta^2)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^3\phi_i\phi_j}$
需求量	$d_i^{DD*} = \frac{(4-\theta^2)\phi_i[2(2-\theta^2)(4-\theta^2)\alpha_i\phi_j - k^2(2-\theta^2)\alpha_i - 2\theta(4-\theta^2)\alpha_j\phi_j]}{\beta^4(2-\theta^2)^2 - 2\beta^2(2-\theta^2)^2(4-\theta^2)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^3\phi_i\phi_j}$
OEM 利润	$\pi_{OEM}^{DD*} = \sum_{i=1}^2 [(p_i^{DD*} - w_i^{DD*})d_i^{DD*}] - f^D$
CMi 利润	$\pi_{CMi}^{DD*} = w_i^{DD*}d_i^{DD*} - \phi_i(Q_i^{DD*})^2$

### 4.2 分散式决策

考虑两竞争性 CM 在决策的第二阶段分别按照自身的利润确定产品质量水平, 也即按照最大化  $\pi_{CMi}$  的原则选择质量水平  $Q_i$ . 这相当于传统的多源采购策略, 许多外包企业均实施了这一策略. 例如, 小米手机芯片则主要是由高通和联发科供应, 后者确定芯片的主要质量水平, 小米并不与它

们共担质量投资<sup>[30]</sup>. 由上描述可知如下定理.

定理 3 对于战略 DD, 当条件

$$\beta^2(2-\theta^2)^2 \leq 2(1-\theta^2)(4-\theta^2)^2\phi_i$$

和

$$2\beta^2(2-\theta^2)2(4-\theta^2)(\phi_i+\phi_j) \leq$$

$$\beta^4(2-\theta^2)^2 + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^3\phi_i\phi_j$$

成立时, 产品  $i$  的均衡质量水平为

$$Q_i^{DD*} = \frac{\beta(2-\theta^2)[2(2-\theta^2)(4-\theta^2)\alpha_i\phi_j - k^2(2-\theta^2)\alpha_i - 2\theta(4-\theta^2)\alpha_j\phi_j]}{\beta^4(2-\theta^2)^2 - 2\beta^2(2-\theta^2)^2(4-\theta^2)(\phi_i+\phi_j) + 4(1-\theta^2)(4-\theta^2)^3\phi_i\phi_j} \quad (8)$$

证明 运用类似于定理 1 的方法即可证明当以上条件成立时, 函数  $\pi_{CM1}$  和  $\pi_{CM2}$  分别为  $Q_1$  和

$Q_2$  的凹函数, 且二阶雅可比矩阵负定, 由此可知存在唯一的纯战略纳什均衡解, 由一阶条件可以

得到式 (8). 证毕.

式 (8) 中, 上标 DD\* 表示的是战略 DD 的均衡解. 将均衡质量水平  $Q_i^{DD*}$  分别代入相应的批发和零售价格函数及利润函数即可得到此时的所有均衡结果, 如表 2 所示.

### 5 OEM 采购战略决策

本节讨论 OEM 的采购战略决策. 为了凸显替代性参数  $\theta$  的影响, 将在假设其它参数完全对称的前提下讨论 OEM 的采购决策. 这一做法在营销与运作管理的相关文献中也是常见的, 如文献 [4, 14]. 下文先从利润角度研究 OEM 的占优采购战略, 并进一步讨论同时在质量和利润两个维度的占优采购战略.

#### 5.1 利润

从利润的角度分析 OEM 的占优策略. 为了反映 OEM 开发单源供应商和双源供应商在开发成本方面的差异, 这里假设  $f^S = 0$  和  $f^D = f > 0$ . 分别比较单源策略时的均衡利润  $\pi_{OEM}^{T*}$  和  $\pi_{OEM}^{C*}$  以及双源策略时的均衡利润  $\pi_{OEM}^{DD*}$  和  $\pi_{OEM}^{DC*}$ , 可以得到如下的结论.

**结论 1** 令  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha, \phi_1 = \phi_2 = \phi, \tau_1 = \tau_2 = \tau$ . 给定 OEM 选择单源策略时, 存在唯一的阈值  $\hat{\tau}$  使得当  $0 \leq \tau < \hat{\tau}$  时,  $\pi_{OEM}^{C*} \geq \pi_{OEM}^{T*}$ ; 当  $\hat{\tau} \leq \tau < 1$  时,  $\pi_{OEM}^{C*} \leq \pi_{OEM}^{T*}$ . 给定 OEM 选择双源策略时, 一定有  $\pi_{OEM}^{DD*} \geq \pi_{OEM}^{DC*}$ . 其中, 阈值  $\hat{\tau}$  定义为

$$\hat{\tau} \equiv \frac{\beta^2 [8(1 + \theta)\phi - \beta^2]}{4(1 + \theta)\phi [16(1 + \theta)\phi - \beta^2]}$$

结论 1 的证明见附录. 结论 1 表明, 当 OEM 选择单源供应商时, 若 OEM 分享的供应商质量投资比例足够小, 与供应商合作质量投资将使得 OEM 获取更多的利润, 否则, 不与供应商合作质量投资将成为占优策略. 若 OEM 开发两个竞争性

$$f^u \equiv \frac{2\alpha^2(1 + \theta)(2 - \theta)^2\phi^2}{[2(2 - \theta)^2(1 + \theta)\phi - \beta^2(1 - \theta)]^2}$$

$$f_1 \equiv 2\alpha^2(1 + \theta)\phi^2 \left\{ \frac{(1 + \theta)(4 - \theta^2)^2\phi}{[2(1 + \theta)(2 + \theta)(2 - \theta)^2\phi - \beta^2(2 - \theta^2)]^2} - \frac{4(1 + \theta)(1 - \tau)^2\phi - \beta^2\tau}{[8(1 + \theta)(1 - \tau)\phi - \beta^2]^2} \right\}$$

$$f_2 \equiv 2\alpha^2(1 + \theta)\phi^2 \left\{ \frac{(4 - \theta^2)^2}{[2(1 + \theta)(2 + \theta)(2 - \theta)^2\phi - \beta^2(2 - \theta^2)]^2} - \frac{4}{[8(1 + \theta)\phi - \beta^2]^2} \right\}$$

CM 代工生产时, 选择 2 个相互竞争的供应商必将使得 OEM 获取更多的利润, 防止 CM 之间的质量合谋将会避免 OEM 的利润损失.

图 1 利用一个数值算例验证了结论 1 中关于单源策略 OEM 利润比较的相关结论. 算例的参数设置为  $\phi = 1$  和  $\beta = 1$ . 图 1 中“NA”标识的区域为在给定算例参数设置下, 纳什均衡解不存在的区域. 图 1 进一步表明了, 只有当质量投资分享比例足够小时, OEM 才能从合作质量投资的战略采购中获取较多的利润. 另外, 图 1 还显示出伴随着替代性系数  $\theta$  的增大, 阈值  $\hat{\tau}$  在缓慢的降低, 这也就是说当产品替代性越来越强时, 在合作质量投资战略中, OEM 愿意分享的投资比例将越来越小, 也即合作质量投资战略被接受的可能性也就越小.

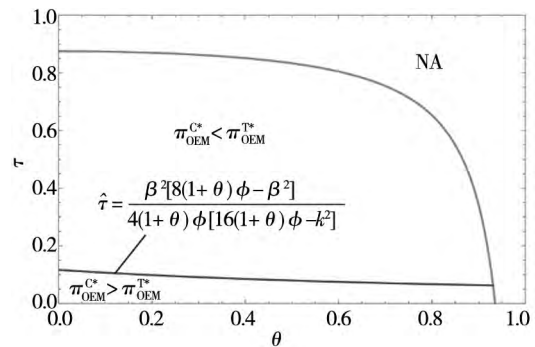


图 1 单源策略时 OEM 的利润与参数  $\theta$  和  $\tau$  的关系

Fig. 1 OEM's profit vs.  $\theta$  and  $\tau$  for the single-sourcing strategy case

在结论 1 的基础上, 进一步比较单源和双源策略对应的 OEM 利润, 可以得到下面的结论.

**结论 2** 令  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha, \phi_1 = \phi_2 = \phi, \tau_1 = \tau_2 = \tau$ . 给定  $0 \leq \tau < \hat{\tau}$  时, 存在唯一的阈值  $f_1$  使得当  $0 \leq f < f_1$  时, 战略 DD 为 OEM 的唯一占优策略; 当  $f_1 < f < f^u$  时, 战略 C 为 OEM 的唯一占优策略. 给定  $\hat{\tau} < \tau < 1$  时, 存在唯一的阈值  $f_2$  使得当  $0 \leq f < f_2$  时, 战略 DD 为 OEM 的唯一占优策略; 当  $f_2 < f < f^u$  时, 战略 T 为 OEM 的唯一占优策略. 其中,  $f^u$  表示使得 OEM 获取非负利润的采购成本的上确界, 参数  $f_1, f_2$  和  $f^u$  定义为

结论 2 的证明见附录. 结论 2 显示了直觉的结果, 当单源与双源的采购成本差异足够小的时候, 开发两个竞争性的供应商( 战略 DD) 是 OEM 的唯一占优策略. 相反, 如果双源与单源的采购成本足够大的时候, 单源供应商是 OEM 的占优策略, 而是否与供应商合作质量投资则取决于 OEM 分享的质量投资成本的比例. 设置参数  $\alpha = 20$ ,  $\phi = 1$ ,  $\beta = 1$  和  $\tau = 0.05$  ④, 可以得到如图 2 和图 3 所示 OEM 的利润比较结果.

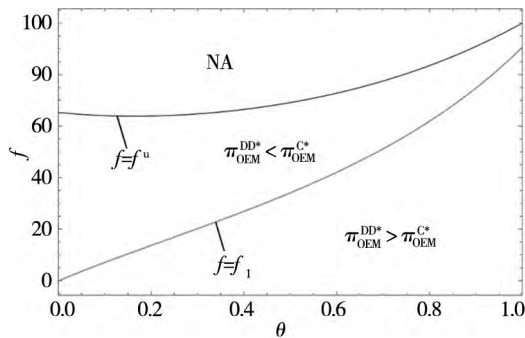


图 2  $0 \leq \tau < \hat{\tau}$  时战略 DD 和 C 的 OEM 利润与参数  $\theta$  和  $f$  的关系

Fig. 2 Relation of  $\pi_{OEM}^{DD^*}$  and  $\pi_{OEM}^{C^*}$  vs.  $\theta$  and  $f$  when  $0 \leq \tau < \hat{\tau}$

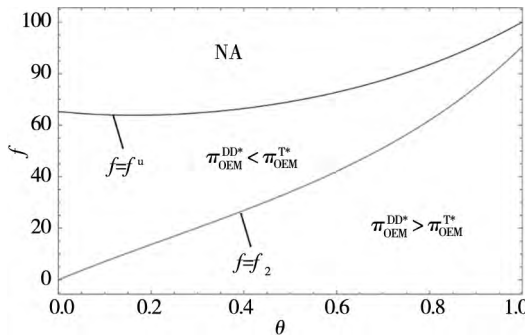


图 3  $\hat{\tau} < \tau < 1$  时战略 DD 和 T 的 OEM 利润与参数  $\theta$  和  $f$  的关系

Fig. 3 Relation of  $\pi_{OEM}^{DD^*}$  and  $\pi_{OEM}^{T^*}$  vs.  $\theta$  and  $f$  when  $\hat{\tau} < \tau < 1$

图 2 和图 3 标识“NA”的区域为在参数的设置下, 该区域 OEM 无法获取正的利润. 以上两个图验证了结论 2 的结果, 另外, 由算例结果可以发现, 当产品替代性增强时, 战略 DD 占优的供应商开发成本的阈值也越来越大. 这就表明, 当产品替代性系数  $\theta$  增大时, 战略 DD 更有可能成为 OEM 的占优策略, 因为此时只要开发成本的差异性不是特别大, OEM 一定可以通过开发 2 个竞争性的供应商获取更高额的利润回报. 但是, 若产品替代性较弱, 开发 1 个供应商则很有可能成为 OEM 的

占优选择.

进一步, 本文验证了给定产品替代性系数  $\theta$  时, 参数  $\tau$  和  $f$  对于 OEM 的占优策略的影响, 如图 4 所示 ( $\theta = 0.5$ ). 由图 4 可以发现, 若分享比例足够小且双源策略的开发成本足够大时, C 策略为占优策略; 若分享比例足够大且双源策略的开发成本足够大时, T 策略为占优策略; 无论分享比例的大小, 只要双源策略的开发成本足够小, DD 策略一定为 OEM 的占优策略.

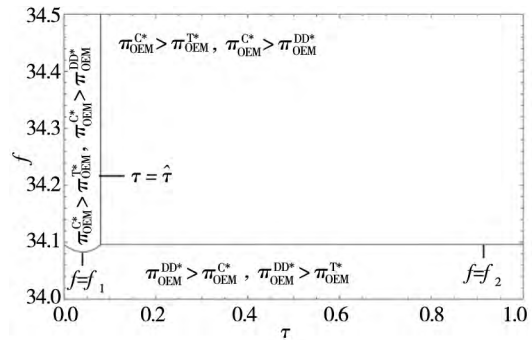


图 4 OEM 利润与参数  $\tau$  和  $f$  的关系

Fig. 4 Profit of the OEM vs.  $\tau$  and  $f$

### 5.2 质量和利润

以上从利润的角度分析了 OEM 的占优策略. 除了 DC 战略是严格劣的, 战略 C、T 和 DD 均有可能在利润方面成为占优策略. 那么, 是否存在同时在质量和利润两个方面占优的策略? 这一问题的回答对于 OEM 有效选择采购战略是具有重要意义的. 可以验证, 战略 T 在质量方面严格劣于战略 C. 这也就是说, 同时在质量和利润两个方面占优的策略一定是 C 策略或 DD 策略, 下面的结论归纳了它们分别成为占优策略的条件.

结论 3 令  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ ,  $\phi_1 = \phi_2 = \phi$ ,  $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ , 当且仅当条件  $\bar{\tau} < \hat{\tau}$ ,  $\bar{\tau} < \tau < \hat{\tau}$  和  $f \geq f_1$  成立时, 战略 C 才成为在质量和利润两个方面的占优策略; 当且仅当条件  $f \leq f_1$  和  $0 \leq \tau < \bar{\tau}$  成立时, 战略 DD 才成为在质量和利润两个方面的占优策略. 其中,  $\bar{\tau} = \frac{\theta[4 - \theta(2 + \theta)]}{4(2 - \theta^2)}$ , 为  $Q_i^{C^*} \geq Q_i^{T^*}$  的阈值.

结论 3 的证明可在综合结论 1 和结论 2 的基

④ 在该参数设置下, 阈值  $\hat{\tau} = 0.06$ . 因此为了确保战略 C 占优于战略 T, 这里取合作分享的比例为  $\tau = 0.05$ .

基础上获得. 结论 3 表明, 只有当合作分享的比例足够小且双源策略的开发成本也足够小时, 战略 DD 才有可能同时在质量和利润两个方面占优. 关于战略 C 成为占优策略的条件可以理解为, 当合作分享的比例在某一个特定区间内且开发两个

供应商的成本足够大时, 战略 C 即成为在质量和利润两个方面的占优策略. 注意到关于阈值的条件  $\bar{\tau} < \hat{\tau}$  必须成立, 否则战略 C 不可能同时在质量和利润两个方面同时占优. 求解  $\hat{\tau}$  和  $\bar{\tau}$  的差值可以得到

$$\hat{\tau} - \bar{\tau} = \frac{\beta^4(2 - \theta^2) - \beta^2(1 + \theta)[16 + \theta(4 - 10\theta - \theta^2)]\phi + 16\theta(1 + \theta)^2(4 - 2\theta - \theta^2)\phi^2}{(1 + \theta)[16(1 + \theta)\phi - \beta^2]\phi} \quad (9)$$

由式(9)可知, 差值  $\hat{\tau} - \bar{\tau}$  的正负主要由式(9)的分子确定. 观察到差值  $\hat{\tau} - \bar{\tau}$  的分子与参数  $\theta$ 、 $\beta$  和  $\phi$  有关, 可以得到这 3 个参数满足何种条件能促使  $\hat{\tau} - \bar{\tau} > 0$  成立.

1) 若固定  $\beta$  和  $\phi$  保持不变, 则只有当  $\theta$  足够小时, 条件  $\hat{\tau} - \bar{\tau} > 0$  才有可能成立. 这也就是说, 对于产品替代性较弱的产品, 战略 C 可能在质量和利润两个方面同时占优; 而对于替代性较强的产品, 战略 C 是不可能同时在质量和利润两个方面占优.

2) 若固定  $\theta$  和  $\phi$  保持不变, 则只有当产品质量的市场影响系数  $\beta$  足够大或足够小时, 战略 C 可能在质量和利润两个方面同时占优, 否则, 战略 C 是不可能同时在质量和利润两个方面占优.

3) 若固定  $\theta$  和  $\beta$  保持不变, 则只有当单位质量投资费用  $\phi$  位于一个特定区间内(既不太大也不太小) 战略 C 可能成为在质量和利润两个方面同时占优的策略, 否则, 战略 C 是不可能同时在质量和利润两个方面占优.

## 6 扩展

上节主要研究了两个问题, 第一, 考虑产品定价和质量决策时, OEM 应该选择单一 CM 或两个竞争性 CM 来进行外包? 第二, 如果选择单一 CM 进行外包, 分享上游 CM 的质量投资成本是否可以促使单源战略成为 OEM 的占优采购战略? 考虑到在双源采购战略中, OEM 也可能分享两个 CM 的质量投资<sup>⑤</sup>. 因此, 本节主要侧重于 3 个问题的研究: 第一, 给定 OEM 选择双源采购战略,

它是否也有激励分享上游两个 CM 的质量投资? 第二, 给定 OEM 分享上游 CM 的质量投资, 它应该与 1 个 CM 合作, 还是与 2 个竞争性 CM 合作? 第三, 与 2 个竞争性 CM 共担质量投资的双源采购战略是否可以成为 OEM 的唯一占优策略.

参考第 4 节的设置, 这里假设 OEM 承担的产品  $i$  (CM $i$ ,  $i = 1, 2$ ) 的质量投资比例为  $\tau_i$  ( $0 \leq \tau_i < 1$ ). 其它参数设置如上文, 这里不再赘述. 由此可以得到 CM $i$  和 OEM 的利润分别为

$$\pi_{\text{OEM}} = \sum_{i=1}^2 [(p_i - w_i)d_i - \tau_i\phi_i Q_i^2] - f^D \quad (10)$$

$$\pi_{\text{CM}_i} = w_i d_i - (1 - \tau_i)\phi_i Q_i^2 \quad (11)$$

利用类似于定理 1 ~ 定理 3 的方法可以得到此时的均衡质量水平. 联合均衡定价、批发价格及需求代入式(10)和式(11)可以得到供应链各参与人此时的均衡利润. 为了节省篇幅, 这里就不再一一列举上述均衡解.

根据第 5 节的论述, 这里也将考虑两个 CM 集中决策与分散决策两种情况. 具体而言, 将 OEM 开发两个竞争性 CM 并与它们分享质量投资且两个 CM 集中决策质量水平的采购战略记为战略 CDC; 将 OEM 开发两个竞争性 CM 并与它们分享质量投资且两个 CM 分散决策质量水平的采购战略记为战略 CDD.

结论 4 令  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ ,  $\phi_1 = \phi_2 = \phi$ ,  $\pi_1 = \pi_2 = \tau$ . 给定 OEM 选择双源策略, 则:

1) 若两 CM 采用集中式决策, 有  $Q_i^{\text{CDC}^*} > Q_i^{\text{DC}^*}$ . 存在唯一的阈值  $\tilde{\tau}_1$ , 使得当  $0 \leq \tau < \tilde{\tau}_1$  时,  $\pi_{\text{OEM}}^{\text{CDC}^*} \geq$

⑤ 本文主要分析 OEM 的单源与双源采购战略的优劣, 并不考虑 OEM 分享哪一个 CM 的质量投资的问题. 关于存在质量投资共享的双源采购战略中, OEM 是与上游哪一个 CM 合作或是与两个 CM 合作, 这一点需要同时考虑两个 CM 的均衡战略以及 OEM 的偏好.



$\pi_{OEM}^{DC*}$  当  $\tilde{\tau}_1 \leq \tau < \tau_1^u$  时,  $\pi_{OEM}^{CDC*} \leq \pi_{OEM}^{DC*}$ .

2) 若两 CM 采用分散式决策, 有  $Q_i^{CDD*} > Q_i^{DD*}$ . 存在唯一的阈值  $\tilde{\tau}_2$  使得当  $0 \leq \tau < \tilde{\tau}_2$  时,  $\pi_{OEM}^{CDD*} \geq \pi_{OEM}^{DD*}$ , 当  $\tilde{\tau}_2 \leq \tau < \tau_2^u$  时,  $\pi_{OEM}^{CDC*} \leq \pi_{OEM}^{DC*}$ .

$$\tilde{\tau}_1 = \frac{4\theta(2-\theta)^4(1+\theta)^2\phi^2 + 2\beta^2(2-\theta)^2(1-\theta^2)(1-2\theta)\phi - \beta^4(1-\theta)^3}{(2-\theta^2)[4(2+\theta-\theta^2)^2\phi - \beta^2(1-\theta^2)]\phi}$$

$$\tilde{\tau}_2 = \frac{4\theta(2-\theta)^4(1+\theta)^3(2+\theta)^2\phi^2 + 2\beta^2(2-\theta)^2(2-\theta^2)(2+3\theta+\theta^2)(2-\theta-2\theta^2)\phi - \beta^4(2-\theta^2)^3}{(1+\theta)(4-\theta^2)^2[4(2-\theta)^2(2+3\theta+\theta^2)\phi - \beta^2(2-\theta^2)]\phi}$$

将对应的均衡质量和均衡利润两两相减, 可以得到结论 4. 结论 4 回答了上文的第一个问题. 给定 OEM 选择双源采购战略, 结论 4 表明: 1) 共担上游 CM 的产品质量投资可以激励 CM 提高产品质量; 2) 只有当 OEM 分享的比例足够小时, OEM 才有激励在双源采购战略下分享上游 CM 的质量投资. 这主要是因为部分分享上游 CM 的质量投资可以激励 CM 提高产品质量, 提高产品的市场需求, 但产品质量成本也因此而提高, 如果分享的比例系数较大, 则可能会导致 OEM 的入不敷出.

$$\tilde{f}_1 = 2\alpha^2\phi \left\{ \frac{\beta^2\tau - 4(1+\theta)(1-\tau)^2\phi}{[\beta^2 - 8(1+\theta)(1-\tau)\phi]^2} - \frac{\beta^2(1-\theta)^2\tau - (2-\theta)^2(1+\theta)(1-\tau)^2\phi}{[\beta^2(1-\theta) - 2(2-\theta)^2(1+\theta)(1-\tau)^2\phi]^2} \right\}$$

$$\tilde{f}_2 = 2\alpha^2\phi \left\{ \frac{\beta^2\tau - 4(1+\theta)(1-\tau)^2\phi}{[\beta^2 - 8(1+\theta)(1-\tau)\phi]^2} - \frac{\beta^2(2-\theta^2)^2\tau - (4-\theta^2)^2(1+\theta)(1-\tau)^2\phi}{[\beta^2(2-\theta^2) - 2(2-\theta)^2(1+\theta)(2+\theta)(1-\tau)^2\phi]^2} \right\}$$

将对应的均衡质量和利润相减, 可以得到结论 5. 结论 5 回答了上文的第二个问题. 给定 OEM 分享 CM 的质量投资成本, 结论 5 表明, 1) 如果 2 个 CM 采用集中式决策, 则与 1 个 CM 合作可以获得更高的产品质量; 如果两个 CM 采用分散式决策, 则开发两个竞争性 CM 可以获得更高的产品质量. 2) 与单源采购相比, 如果双源采购的成本足够小, 无论两个 CM 是否集中决策产品质量, 与战略 C 相比, 战略 CDC 或 CDD 都有可能给 OEM 带来更多的利润, 这也就是说, 此时采用双源采购并与 2 个 CM 共担质量投资占优于与 1 个 CM 共担质量投资成本.

下面讨论上文第三个问题, 战略 CDC 或 CDD 是否可能成为 OEM 的唯一占优策略? 注意到,  $\pi_{OEM}^{CDD*} \geq \pi_{OEM}^{CDC*}$  是一定成立的, 因为供应商可以通

其中,  $\tau_1^u$  表示保证战略 CDC 和战略 DC 均存在内点均衡解的阈值,  $\tau_2^u$  表示保证战略 CDD 和战略 DD 均存在内点均衡解的阈值, 可以利用对应的二阶条件获得. 阈值  $\tilde{\tau}_1$  和  $\tilde{\tau}_2$  分别为

结论 5 令  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ ,  $\phi_1 = \phi_2 = \phi$ ,  $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ , 给定 OEM 分享 CM 的质量投资成本, 则:

1)  $Q_i^{CDD*} \geq Q_i^{C*} \geq Q_i^{CDC*}$ ; 2) 存在唯一的阈值  $\tilde{f}_1$  使得当  $0 \leq f < \tilde{f}_1$  时, 有  $\pi_{OEM}^{CDC*} \geq \pi_{OEM}^{C*}$ , 当  $\tilde{f}_1 < f < \tilde{f}_1^u$  时, 有  $\pi_{OEM}^{CDC*} \leq \pi_{OEM}^{C*}$ ; 3) 存在唯一的阈值  $\tilde{f}_2$  使得当  $0 \leq f < \tilde{f}_2$  时,  $\pi_{OEM}^{CDD*} \geq \pi_{OEM}^{C*}$ , 当  $\tilde{f}_2 < f < \tilde{f}_2^u$  时,  $\pi_{OEM}^{CDC*} \leq \pi_{OEM}^{C*}$ . 其中,  $\tilde{f}_1^u$  和  $\tilde{f}_2^u$  分别表示给定战略 CDC 和 CDD 时 OEM 获取非负利润的双源采购成本的上确界;  $\tilde{f}_1$  和  $\tilde{f}_2$  分别为

过质量合谋抽取更多的 OEM 利润. 联合结论 3 可知, 只需要比较战略 CDD、战略 DD 与战略 C 的绩效即可明确战略 CDD 是否可能成为 OEM 的唯一占优策略.

结论 6 令  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ ,  $\phi_1 = \phi_2 = \phi$ ,  $\tau_1 = \tau_2 = \tau$ , 当且仅当条件  $0 \leq \tau < \tilde{\tau}_2$  和  $0 \leq f < \tilde{f}_2$  成立时, 战略 CDD 在质量和利润两个维度成为 OEM 的唯一占优策略.

联合结论 4 和结论 5 可以得到结论 6 的结果. 结论 6 表明, 只要当质量投资成本分享比例和双源采购成本足够小时, 与两个竞争性 CM 共担质量投资成本的双源采购战略可以在质量和利润两个维度成为 OEM 的唯一占优策略. 但如果两个 CM 进行质量合谋, 则双源战略不会成为 OEM 的唯一占有选择.

## 7 结束语

在外包供应链中,当下游的 OEM 处于决策的劣势时,可能会由于其上游 CM 的利己决策而产生质量风险<sup>[6]</sup>. 本文研究了当 CM 负责产品质量决策时, OEM 如何通过选择有效的采购战略弱化由此带来的外包质量风险. 考虑 OEM 将两种替代性产品进行外包,建立了一个四阶段的非合作博弈模型来描述单源和双源采购战略,并在此基础上研究了各个博弈的子博弈精炼纳什均衡解. 通过对纳什均衡解的比较分析,讨论了何种策略是 OEM 的占优策略及其成立的条件.

本文获得的主要结论包括: 1) 确定一个合适的质量投资分享比例能促使与单个供应商合作投资质量战略成为制造商的占优采购策略; 2) 制造商不愿意分享或者不愿意分享足够大的质量投资比例,当开发供应商的成本足够小时,与两个竞争性供应商建立外包关系成为制造商的占优采购策略; 3) 如果质量投资分享比例和供应商开发成本

都足够小时,与两个竞争性供应商建立外包关系并分享它们的质量投资成为制造商的占优采购策略. 另外,当供应商合作确定产品质量时,双源采购战略不可能成为制造商的唯一占优选择. 本文的研究对于企业有效实施外包策略、控制质量风险具有一点启示意义.

虽然本文从新的角度研究了 OEM 提升产品质量的策略,但仍然存在一定的局限性,主要表现在: 1) 仅考虑了两种替代性产品的情形,对于多产品外包的产品质量提升策略并未讨论; 2) 在假定基本参数为对称性的前提下研究了外包战略的占优情况,对于非对称的参数并未讨论. 另外,关于制造商与供应商的质量分担比例系数,本文考虑该参数是给定的,并没有考虑这一比例参数的决策问题; 3) 聚焦于完全信息的博弈模型,而供应商的质量投资成本往往并不能被准确观测到. 在多产品外包决策中,如何融合非对称信息的质量投资成本来讨论供应商产品质量激励仍是值得研究的一个问题. 当然,这些问题也是将要开展研究的主要问题.

## 参考文献:

- [1] Plunkett Research Ltd. Introduction to the outsourcing & offshoring industry [EB/OL]. <http://www.plunkettresearch.com/outsourcing-offshoring-bpo-market-research/industry-and-business-data/>. (2015-01-20) [2015-05-01].
- [2] Feng Q, Lu L X. The strategic perils of low cost outsourcing [J]. *Management Science*, 2012, 58(6): 1196-1210.
- [3] Xiao T, Xia Y, Zhang G P. Strategic outsourcing decisions for manufacturers competing on product quality [J]. *IIE Transactions*, 2014, 46(4): 313-329.
- [4] Chen J, Liang L, Yang F. Cooperative quality investment in outsourcing [J]. *International Journal of Production Economics*, 2015, 162(1): 174-191.
- [5] Kaya M, Ozer O. Quality risk in outsourcing: Noncontractible product quality and private quality cost information [J]. *Naval Research Logistics*, 2009, 56(7): 669-685.
- [6] Li C. Sourcing for supplier effort and competition: Design of the supply base and pricing mechanism [J]. *Management Science*, 2013, 59(6): 1389-1406.
- [7] Deloitte. Managing outsourcing risks at the early stages [EB/OL]. *The Wall Street Journal*. <http://deloitte.wsj.com/riskandcompliance/2014/03/03/managing-early-stage-outsourcing-risks/>. (2014-03-03) [2015-05-01].
- [8] Baiman S, Fischer P E, Rajan M V. Information, contracting, and quality costs [J]. *Management Science*, 2000, 46(6): 776-789.
- [9] 石岩然, 盛昭瀚, 马胡杰. 双边不确定性条件下制造商质量投资与零售商销售努力决策 [J]. *中国管理科学*, 2014, 22(1): 37-44.  
Shi Kuiran, Sheng Zhaohan, Ma Hujie. The decision of manufacturer's quality investment and retailer's selling effort under bilateral uncertainty [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2014, 22(1): 37-44. (in Chinese)
- [10] 新浪科技. 富士康郑州工厂发生大规模冲突 [EB/OL]. <http://tech.sina.com.cn/it/2012-10-06/11147677526.shtml> (2012-10-06) [2015-05-01].  
Sina Technology. Large scale conflicts break out in Foxconn's Zhengzhou factory [EB/OL]. <http://tech.sina.com.cn/it/2012-10-06/11147677526.shtml> (2012-10-06) [2015-05-01]. (in Chinese)

- [11] Spence A M. Monopoly, quality, and regulation [J]. *The Bell Journal of Economics*, 1975, 6(2): 417–429.
- [12] Dixit A. Quality and quantity competition [J]. *The Review of Economic Studies*, 1979, 46(4): 587–599.
- [13] Reyniers D J, Tapiero C S. The delivery and control of quality in supplier-producer contracts [J]. *Management Science*, 1995, 41(10): 1581–1589.
- [14] Tsay A A, Agrawal N. Channel dynamics under price and service competition [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2002, 2(4): 372–391.
- [15] Xu X. Optimal price and product quality decisions in a distribution channel [J]. *Management Science*, 2009, 55(8): 1347–1352.
- [16] Balasubramanian S, Bhardwaj P. When not all conflict is bad: Manufacturing-marketing conflict and strategic incentive design [J]. *Management Science*, 2004, 50(4): 489–502.
- [17] Xie G, Yue W, Wang S, et al. Quality investment and price decision in a risk-averse supply chain [J]. *European Journal of Operational Research*, 2011, 214(2): 403–410.
- [18] Benjaafar S, Elahi E, Donohue K L. Outsourcing via service competition [J]. *Management Science*, 2007, 53(2): 241–259.
- [19] Jin Y, Ryan J K. Price and service competition in an outsourced supply chain [J]. *Production and Operations Management*, 2012, 21(2): 331–344.
- [20] Chen Y, Deng M. Supplier certification and quality investment in supply chains [J]. *Naval Research Logistics*, 2013, 60(3): 175–189.
- [21] Elahi E. Outsourcing through competition: What is the best competition parameter? [J] *International Journal of Production Economics*, 2013, 144(1): 370–382.
- [22] Yim A. Failure risk and quality cost management in single versus multiple sourcing decision [J]. *Decision Sciences*, 2014, 45(2): 341–354.
- [23] 鲁其辉, 朱道立. 质量与价格竞争供应链的均衡与协调策略研究 [J]. *管理科学学报*, 2009, 12(3): 56–64.  
Lu Qihui, Zhu Daoli. Research on equilibriums and coordination strategies of supply chains with quality and price competition [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2009, 12(3): 56–64. (in Chinese)
- [24] Ingene C A, Parry M E. *Mathematical Models of Distribution Channels* [M]. New York: Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [25] Liu B, Cai G, Tsay A A. Advertising in asymmetric competing supply chains [J]. *Production and Operations Management*, 2014, 23(11): 1845–1858.
- [26] Moorthy K S. Product and price competition in a duopoly [J]. *Marketing Science*, 1988, 7(2): 141–168.
- [27] 张国兴, 方帅, 汪应洛. 考虑商品三重竞争的均衡与协调策略研究 [J]. *管理科学学报*, 2015, 18(11): 13–24, 58.  
Zhang Guoxing, Fang Shuai, Wang Yingluo. Equilibriums and coordination strategies considering product price, quality and service competition [J]. *Journal of Management Sciences in China*, 2015, 18(11): 13–24, 58. (in Chinese)
- [28] Knowledge Wharton. The Foxconn-Sharp Alliance: Which company will gain the most? [EB/OL]. <http://www.knowledgeatwharton.com.cn/index.cfm?fa=article&articleid=2601&languageid=1> (2012-03-23) [2015-05-01].
- [29] Banker R D, Khosla I, Sinha K K. Quality and competition [J]. *Management Science*, 1998, 44(9): 1179–1192.
- [30] 小米网. 关于手机芯片那些事 你知道多少? [EB/OL]. [http://www.miui.com/forum.php?mod=viewthread&tid=4345316&extra=\(2016-05-30\)](http://www.miui.com/forum.php?mod=viewthread&tid=4345316&extra=(2016-05-30)) [2017-03-10].  
Xiaomi Website. How much do you know about cell phone chips? [EB/OL]. [http://www.miui.com/forum.php?mod=viewthread&tid=4345316&extra=\(2016-05-30\)](http://www.miui.com/forum.php?mod=viewthread&tid=4345316&extra=(2016-05-30)) [2017-03-10]. (in Chinese)

## OEM's sourcing strategy for quality in outsourcing

CHEN Jing-xian<sup>1 2</sup>, LIANG Liang<sup>1</sup>

1. School of Business, Nantong University, Nantong 226019, China;

2. School of Management, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

**Abstract:** Supplier efforts regarding product quality is an important issue in outsourcing and plays a critical role in a manufacturer's choice of sourcing strategy. Considering a manufacturer that wants to outsource the

manufacturing of two substitute products to external suppliers, the paper studies the strategic interactions under two sourcing strategies: single and dual sourcing. A four-stage non-cooperative game model is established to describe each member's decisions. Four decision scenarios are proposed: single sourcing with and without sharing of the manufacturer's quality investment, and dual sourcing when suppliers cooperate or do not cooperate in quality decisions. An analytical equilibrium solution is analyzed for each decision scenario. By comparing each pair of equilibrium profiles, it is found that an appropriate proportion of quality investment sharing by the manufacturer causes a cooperating strategy with a single supplier to be the dominant strategy. When the manufacturer does not want to share or does not want to share a relatively large portion of its quality investment, it will always prefer to develop two competing suppliers when the cost of dual sourcing is sufficiently low. Moreover, the case where the manufacturer partially shares the suppliers' quality investment for the dual sourcing strategy is also investigated. It is found that the strategy could be the dominate one when the sharing portion and sourcing cost are sufficiently small. However, dual sourcing can be extremely risky for the manufacturer as the suppliers could provide a relatively low product quality by cooperating in the quality decision.

**Key words:** supply chain quality management; strategic sourcing; outsourcing; Nash equilibrium

附录: 数学证明

结论 1 的证明 将  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha, \phi_1 = \phi_2 = \phi, \tau_1 = \tau_2 = \tau$  分别代入式(4)、式(7)和式(8)并进行两两相减,可以得到

$$Q_i^{C^*} - Q_i^{T^*} = \frac{8(1+\theta)\tau\phi}{[8(1+\theta)\phi - \beta^2][8(1+\theta)(1-\tau)\phi - \beta^2]}$$

$$Q_i^{C^*} - Q_i^{DD^*} = \frac{2(1+\theta)[\theta(-4+2\theta+\theta^2-4\tau\theta)+8\tau]\phi}{[8(1+\theta)(1-\tau)\phi - \beta^2][2(2-\theta)^2(1+\theta)(2+\theta)\phi - \beta^2(2-\theta^2)]}$$

$$Q_i^{C^*} - Q_i^{DC^*} = \frac{2(1+\theta)[\theta^2+4(1-\theta)\tau]\phi}{[8(1+\theta)(1-\tau)\phi - \beta^2][2(2-\theta)^2(1+\theta) - \beta^2(1-\theta)]}$$

$$Q_i^{T^*} - Q_i^{DD^*} = \frac{2\theta(1+\theta)[-4+\theta(2+\theta)]\phi}{[8(1+\theta)\phi - \beta^2][2(2-\theta)^2(1+\theta)(2+\theta)\phi - \beta^2(2-\theta^2)]}$$

$$Q_i^{T^*} - Q_i^{DC^*} = \frac{2\alpha\beta\theta^2(1+\theta)\phi}{[8(1+\theta)\phi - \beta^2][2(2-\theta)^2(1+\theta)\phi - \beta^2(1-\theta)]}$$

$$Q_i^{DD^*} - Q_i^{DC^*} = \frac{2\alpha\beta\theta(2-\theta)^2(1+\theta)\phi}{[2(2-\theta)^2(1+\theta)\phi - \beta^2(1-\theta)][2(2-\theta)^2(1+\theta)(2+\theta)\phi - \beta^2(2-\theta^2)]}$$

根据定理 1、定理 2 和定理 3 的条件易知, 关系  $Q_i^{C^*} > Q_i^{T^*}$ 、 $Q_i^{C^*} > Q_i^{DC^*}$ 、 $Q_i^{T^*} < Q_i^{DD^*}$ 、 $Q_i^{T^*} < Q_i^{DC^*}$  和  $Q_i^{DD^*} > Q_i^{DC^*}$  是成立的. 均衡质量  $Q_i^{C^*}$  和  $Q_i^{DD^*}$  的关系则取决于函数  $g(\tau) = \theta(-4+2\theta+\theta^2-4\tau\theta)+8\tau$  的正负. 注意到  $g(\tau)$  为关于  $\tau$  的增函数且  $g(\tau)|_{\tau=0} < 0$  和  $g(\tau)|_{\tau=1} > 0$ , 因此, 存在唯一的阈值  $\bar{\tau}$  使得  $g(\tau)|_{\tau=\bar{\tau}} = 0$ ,  $\bar{\tau}$  的大小可令  $g(\tau) = 0$  获得. 证毕.

结论 2 的证明 将  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha, \phi_1 = \phi_2 = \phi, \tau_1 = \tau_2 = \tau, f^S = 0$  和  $f^D = f$  分别代入相应的均衡 OEM 利润可以得到

$$\pi_{OEM}^{C^*} - \pi_{OEM}^{T^*} = -\frac{2\alpha^2\beta^2\tau\phi[\beta^4+64(1+\theta)^2\tau\phi^2-4\beta^2(1+\theta)(2+\tau)\phi]}{[8(1+\theta)\phi - \beta^2]^2 [8(1+\theta)(1-\tau)\phi - \beta^2]^2}$$

$$\pi_{OEM}^{DD^*} - \pi_{OEM}^{DC^*} = \frac{2\alpha^2\beta^2\theta(1+\theta)(2-\theta)^2\phi[4(1+\theta)(2+\theta)(2-\theta)^2\phi - \beta^2(4-\theta-2\theta^2)]}{[2(1+\theta)(2-\theta^2)\phi - \beta^2(1-\theta)]^2 [2(1+\theta)(2+\theta)(2-\theta)^2\phi - \beta^2(2-\theta^2)]^2}$$

根据定理 2 和定理 3 的条件可知,  $\pi_{OEM}^{DD^*} > \pi_{OEM}^{DC^*}$  是成立的. 关于  $\pi_{OEM}^{C^*}$  和  $\pi_{OEM}^{T^*}$  的大小关系由函数  $G(\tau) = \beta^4 + 64(1+\theta)^2\tau\phi^2 - 4\beta^2(1+\theta)(2+\tau)\phi$  的正负所确定. 注意到  $G(\tau)$  为关于  $\tau$  的增函数且  $G(\tau)|_{\tau=0} < 0$  和  $G(\tau)|_{\tau=1} > 0$ , 因此, 存在唯一的阈值  $\hat{\tau}$  使得  $G(\tau)|_{\tau=\hat{\tau}} = 0$ ,  $\hat{\tau}$  的大小可令  $G(\tau) = 0$  获得. 证毕.

结论 3 的证明 将  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha, \phi_1 = \phi_2 = \phi, \tau_1 = \tau_2 = \tau, f^S = 0$  和  $f^D = f$  分别代入相应的均衡 OEM 利润可以得到关于  $f$  的阈值  $f^u$ . 由结论 2 的证明可知, 当  $0 \leq \tau < \hat{\tau}$  时, 需要比较  $\pi_{OEM}^{C^*}$  和  $\pi_{OEM}^{DD^*}$  的大小来确定占优的采购战略; 当  $\hat{\tau} \leq \tau < 1$  时, 需要比较  $\pi_{OEM}^{T^*}$  和  $\pi_{OEM}^{DD^*}$  的大小来确定占优的采购战略. 由此, 分别对均衡利润  $\pi_{OEM}^{C^*}$  和  $\pi_{OEM}^{DD^*}$  及  $\pi_{OEM}^{T^*}$  和  $\pi_{OEM}^{DD^*}$  两两相减即可得到结论 3. 证毕.