

文章编号:1003-207(2013)04-0035-09

面临汇率和供应风险的双渠道采购决策研究

温 源^{1,3}, 肖勇波^{2,3}

(1. 国家开发银行广西分行, 南宁 530028; 2. 清华大学经济管理学院, 北京 100084;
3. 教育部人文社科重点研究基地 清华大学现代管理研究中心, 北京 100084)

摘 要:多渠道采购是制造商降低采购风险的有效手段之一。本文考虑一个制造商向两个供应商进行联合采购的最优决策问题。其中本土(国内)供应商价格稳定, 但供应不可靠; 母国(国外)供应商供应可靠, 但实际价格受汇率波动影响。本文研究了制造商在风险厌恶情形下的最优联合采购决策, 并与风险中性情形进行了比较。研究表明, 风险中性制造商只会向一个供应商采购; 而风险厌恶制造商的采购决策会受到供应可靠性、汇率的波动以及两者相关关系的影响。具体来说, 当产品合格率和汇率相对独立时, 风险厌恶的制造商倾向于单渠道采购; 当合格率和汇率相关时则可能选择双渠道采购以分散风险。数值实验表明, 双渠道采购可以有效降低制造商的损失风险。

关键词:采购管理; 风险管理; 风险厌恶; 汇率波动; 供应可靠性

中图分类号: F406.7

文献标识码: A

1 引言

在供应链实践中, 为生产企业提供某种原材料或零部件的供应商通常不止一个。多个采购渠道可以拓宽企业的选择面, 规避单一供应商在交付、质量、成本等方面给生产所带来的不确定性, 并让企业保留一定的议价能力。但渠道过多会令管理供应商的成本显著增加, 因此在实践中, 企业大多采用折中的双渠道采购策略。

对于跨国制造商而言, 双渠道采购实践中会遇到一类典型的问题: 如何在本土和母国供应商间作出选择或分配采购订单。供应本土化固然可以享受当地政策支持、降低运输成本、缩短供货提前期, 但也由于供应商技术薄弱、投产时间短、模具不成熟而让制造商面临供应不可靠的问题。而母国供应商由于与制造商长期磨合、技术成熟, 供应更为稳定可靠。加之 WTO 成员国关税下降、制造商与母国供应商的参股关系等因素, 使得制造商倾向于向母国供应商采购。例如, 大众汽车尽管来华很长时间, 其供应商却大都保留在欧洲; 海尔进驻巴基斯坦, 其关键部件供应商却保留在中国。

但近年来伴随着全球经济结构变化, 汇率波动日益加剧, 其波动可达一天 1% 或一年 20% 的幅度^[1]。例如美元/日元的汇率在近三十年来频繁波动, 年振幅一度超过 30% (数据来源: Bank of Japan; Foreign Exchange Rates)。而随着人民币国际化, 其汇率的日益波动也是可以预见的。由于预期到跨国运营将长期受到汇率波动的影响, 大量跨国企业重新考虑零部件是否应从本土采购的问题。例如马士基在中国开展集装箱生产业务, 但主要零部件仍从母国丹麦的供应商处采购。在 2005 年以前, 生产冷藏集装箱所需的冷冻机由丹麦供应商提供, 原因是产品供应及质量更为稳定可靠。但随着马士基在中国集装箱产量的增加、人民币汇率的自由浮动, 冷冻机采购受到人民币、欧元汇率波动的影响显著增大。这促使马士基考虑在中国培育冷冻机供应商, 并从本土采购的战略问题^[2]。在本土采购中, 最大的顾虑在于供应不可靠、质量不稳定。除马士基外, 大众、ABB 等跨国企业, 以及走出国门的中国制造企业, 也遇到了类似的问题。例如, 海尔在打入南亚市场后, 于 2007 年考虑在巴基斯坦成立采购中心, 以规避从中国供应商处采购零部件的汇率风险, 但巴基斯坦供应商的可靠性则是海尔担心的焦点问题^[3]。

上述产业实践问题的焦点, 是制造商如何在母国和本土两个采购渠道进行权衡、优化、取舍。权衡的主要因素是供应可靠性和汇率这两大风险要素。

收稿日期: 2011-04-20; 修订日期: 2013-03-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71071083, 71222102);
教育部人文社会科学重点研究基地基金(11JJD630004)

作者简介: 温源(1984-), 男(壮族), 广西南宁人, 国家开发银行广西分行, 博士, 研究方向: 风险管理。

综合考虑供应可靠性与汇率,从中长期看涉及供应源的选择、供应商的培育,从短期看涉及采购订单的分配、采购数量的决策。双渠道采购固然具有规避风险、降低成本的好处,但也让制造商面临诸多需要回答的问题,例如应当从何处采购?或者向两个供应商各采购多少?制造商的风险态度如何影响采购决策过程?供应可靠性、汇率这两个风险因素如何影响采购决策?

为了回答上述重要的决策问题,我们将基于常见的损失函数来刻画制造商的风险厌恶态度,通过建立双渠道采购模型来分析他的最优联合采购决策。制造商通过决定从两个渠道的最优采购量来追求期望效用最大化。在解析分析最优采购决策的基础上,我们通过数值实验等方式对双渠道与单渠道、不同风险大小、不同风险厌恶程度的结果进行对比分析,从而为相关企业的采购实践提供有益的管理启示。

本文的研究属于采购风险管理的范畴。近几年来学者对突发事件^[4]、供应商破产^[5]、供应商可靠性信息不对称^[6]等企业采购中面临的各类风险因素展开了研究。而针对给定的供应商,不少学者还更进一步探讨了采购数量如何确定^[7]、采购渠道如何协调^[8]、采购机制如何设计等问题^[9]。供应不可靠和汇率波动无疑是跨国企业在采购管理中面临的两大风险。下边简要介绍有关这两个风险要素的研究。

对供应不可靠问题的研究分为两个层面。一是如何确定订货量。Yano 和 Lee^[10]给出了企业自身产出不稳定时的最优生产批量。Wang 和 Gerchak^[11]进一步考虑周期检查库存下需求与产出均不确定的情形,证明最优生产策略仍为基准库存策略。二是如何选择供应商及确定采购量。Gurler 和 Parlar^[12]研究了一个制造商面对两个供给不确定供应商时的最优采购策略,对随机产出的刻画简化为产出要么完全稳定,要么完全不能生产。Dada 等^[13]研究了一个制造商面对多个可靠性水平和生产成本各异的供应商时的采购策略,表明风险中性的制造商会优先选择成本较低的供应商,而可靠性则相对次要。显然,这个结论对于风险厌恶的制造商不一定成立。与上述文献相比,本文的研究既考虑供应商的选择,也考虑采购量的确定,并且在上述研究的基础上考虑了风险态度。

运营管理与金融财务的集成优化及综合风险管理是当前企业实践和学者研究中的热点之一,包括金融工具应用^[14]、企业融资^[15]等问题。汇率对跨国

供应链的影响是该热点中的一个切入点。供应链中涉及汇率问题的研究有三个层面。首先是考虑如何利用汇率差异降低生产成本,例如 Dasu 和 Li^[16]考虑如何利用汇率差异在两个国家的生产基地间进行产能切换,Huchzermeier 和 Cohen^[17]利用随机动态规划模型将上述工作扩展到了多个生产基地的情形。马林和钟昌标^[18]利用实证分析方法探讨了跨国企业如何根据汇率走向采取不同采购策略降低制造成本。其次是考虑如何通过运作策略化解汇率风险,例如 Kazaz 等^[19]研究了如何通过延迟产品组装来应对汇率波动。杨庆定和黄培清^[20]运用规划方法求解了汇率波动下多边多阶段国际订购决策。最后是考虑如何综合运用运营和金融工具来化解汇率风险,例如 Ding 等^[21]探讨了金融对冲(购买汇率衍生品)和运作对冲(延迟产品组装和运输)的综合运用。上述部分研究综合考虑了需求不确定的因素,但没有考虑供应不可靠对企业带来的影响。更多有关跨国供应链中汇率问题的研究,可参见 Kouvelis^[22]的综述。与上述文献相比,本文将汇率波动与供应不可靠相结合,不失为对跨国供应链管理的研究一项有益的补充。

由于考虑了供应可靠性和汇率两个风险因素,风险态度的刻画就显得尤为重要。本文选取损失函数来刻画制造商的风险态度。损失函数是非线性效用函数的良好近似,并被大量运用于经济、金融和运营管理的研究中来刻画风险厌恶^[23-25]。它具有比一般效用函数^[26]更好的计算性质;与均值方差方法^[27]相比,它能有效区分决策者对收益和损失的不同态度,并有较好的分析性质。例如 Wang 和 Webster^[28]考虑了市场需求波动下,厌恶损失的报童的最优采购决策。与之相比,本文考虑的是供应不可靠和汇率波动下的双渠道采购决策问题,这将损失厌恶函数在报童模型上的应用拓展到两个随机变量、两个决策变量的情形。

2 模型构建

考虑一个制造商可向本土(国内)和母国(国外)的两个供应商采购某种零部件。制造商的决策为向这两个供应商采购的数量 Q_1 和 Q_2 。本土和母国供应商各有利弊(图 1):

本土供应商的零部件单价为 c_1 ,以本币结算,因此采购价格是确定的。但由于受到开模时间较短、生产技术相对薄弱、与制造商缺乏磨合等因素的影响,本土供应商的零部件供应不可靠或存在质量问

题,在本文中以随机的合格率 γ 来刻画, $\gamma \in [0, 1]$ 。假定不合格的零部件在产品组装前均可查出,则实际可用零部件数量为 γQ_1 。

母国供应商生产技术成熟、与制造商磨合期长,因此假定它提供的零部件完全可靠,亦即可足量、保质的交付订单。但零部件以外币结算,单价为 c_2 。由于从签订采购合同到结算有一定账期,实际采购成本受到汇率的影响。记 S 为外币兑换本币的汇率, S 为在 $(0, \infty)$ 间波动的随机变量,均值为 μ_s ,那么实际的单位采购成本为 $S c_2$ 。

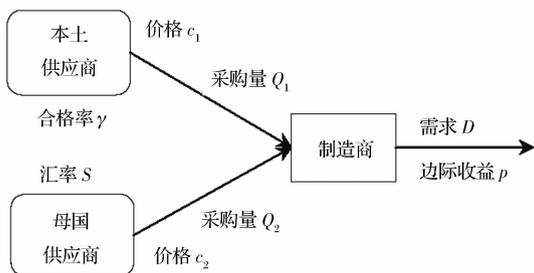


图 1 模型示意图

基于上述描述及假设,制造商进行采购决策时主要权衡以下利弊:从本土采购不受汇率影响,但供应可靠性不足;从母国采购尽管供应稳定可靠,但却受到汇率波动的影响。为便于建模分析,记 $h(\cdot, \cdot)$ 为合格率与汇率的联合概率密度函数, $f(\cdot)$ 和 $g(\cdot)$ 分别为合格率和汇率的边缘概率密度函数, $F(\cdot)$ 和 $G(\cdot)$ 为对应的累积分布函数。由于制造商按照计划安排生产,因此假设零部件的采购需求为确定值 D 。零部件在组装后的边际收益为 p ,忽略其它生产及部件成本,未使用的零部件残值假定为 0,缺货惩罚成本忽略不计。由于母国零部件质量优于本土,其期望单价理应更高;另外,产品的边际收益应高于零部件期望采购价格,因此假设 $c_1 \leq \mu_s c_2 \leq p$ 。记 $a \wedge b = \text{Min}\{a, b\}$,则对于给定的 γ 和 S ,制造商的利润函数为:

$$\pi(Q_1, Q_2; \gamma, S) = p[(\gamma Q_1 + Q_2) \wedge D] - c_1 Q_1 - S c_2 Q_2 \quad (1)$$

相应的期望利润为:

$$\begin{aligned} \Pi &= E_{\gamma, S}[\pi(Q_1, Q_2; \gamma, S)] \\ &= p E_{\gamma}[(\gamma Q_1 + Q_2) \wedge D] - c_1 Q_1 - \mu_s c_2 Q_2 \end{aligned}$$

跨国企业生产组织严密,对供应不可靠带来的生产中断、质量问题和汇率波动带来的经营损失通常抱有审慎的态度,因此参照经济、金融和运营文献中的方法^[23-25],将制造商的效用表示为:

$$u = \begin{cases} \pi - \pi_0, & \pi \geq \pi_0 \\ \lambda(\pi - \pi_0), & \pi < \pi_0 \end{cases} \quad (2)$$

其中 π 为制造商的利润, π_0 是他的参考点(例如初始财富水平)。利润高于 π_0 的部分可认为是相对利润,利润低于 π_0 则认为是相对损失。 π_0 越大,表明制造商主观认为的盈亏平衡点越高,因此表现得更为厌恶损失。由于 π_0 的取值不会影响模型结构,不失一般性,在本文研究中假定 $\pi_0 = 0$,即当利润为负时认为发生损失。 $\lambda \geq 1$ 为对损失风险的厌恶系数, λ 越大表明越为厌恶风险, $\lambda = 1$ 为风险中性。那么制造商的目标函数为:

$$\text{Max}_{Q_1, Q_2 \geq 0} U = E_{\gamma, S}[u(Q_1, Q_2; \gamma, S)]$$

这是含两个决策变量、带约束的随机最优化问题。

3 最优联合采购决策

为区分盈利与损失,引理 1 首先给出了合格率 γ 和汇率 S 的盈亏平衡分界点。

引理 1 记 $r = \frac{D - Q_2}{Q_1}$, $s_1 = \frac{pD - c_1 Q_1}{c_2 Q_2}$, $s_2(\gamma) = \frac{p(\gamma Q_1 + Q_2) - c_1 Q_1}{c_2 Q_2}$, 则: $\gamma \in (r, 1)$ 且 $S \in (0, s_1]$ 、或 $\gamma \in (0, r]$ 且 $S \in (0, s_2]$ 时, $\pi \geq 0$; $\gamma \in (r, 1)$ 且 $S \in (s_1, \infty)$ 、或 $\gamma \in (0, r]$ 且 $S \in (s_2, \infty)$ 时, $\pi < 0$ 。

证明:根据(1)式对 γ 分类讨论即可得结论。

r 为让实际可用零部件的数量正好等于需求的合格率。 s_1 和 s_2 则分别为可用零部件的数量比需求大或小时,制造商达到盈亏平衡的汇率。根据引理 1,可将 γ 和 S 构成的平面划分为如图 2 所示的 4 个区域。

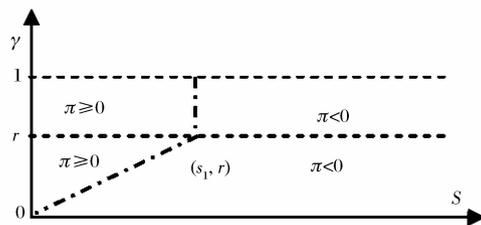


图 2 $\gamma-S$ 平面的划分

从图 2 可看到,当 $\gamma > r$ 而导致可用部件多于需求、且汇率大于与合格率 γ 无关的阈值 s_1 时,制造商即面临亏损;当 $\gamma < r$ 而导致可用部件少于需求时,合格率将会影响收益,因此导致制造商亏损的汇率阈值 s_2 与 γ 有关。如果制造商是风险厌恶的,则

可能出现 $Q_1 + Q_2 < D (r > 1)$ 、即总订货量比需求小的情况,此时取 $r=1$,即将图 2 中的 $\gamma=r$ 的水平线上移到 1 的位置即可,建模及求解过程不受影响。

根据(2)式及引理 1,稍加整理即可得出制造商的期望效用为 $U = \Pi + (\lambda - 1)L$,第一部分为期望利润,第二部分中的 $L = E_{\gamma,s}[\pi | \pi < 0]$ 为制造商由于合格率、汇率波动而带来的期望损失。 L 的具体表达式可写为:

$$L = \int_r^1 \int_{s_1}^\infty (pD - c_1 Q_1 - y c_2 Q_2) g(y) f(x) dy dx + \int_0^r \int_{s_2}^\infty [p(x Q_1 + Q_2) - c_1 Q_1 - y c_2 Q_2] g(y) f(x) dy dx$$

其中第一个二重积分为由于可用部件过多、汇率过高而带来的期望损失,第二个二重积分为由于可用部件过少、汇率过高而带来的期望损失。当 $\lambda = 1$ 时期望效用等于期望利润,退化为风险中性情形;当 $\lambda > 1$,期望效用为期望利润减去一定量的期望损失。引理 2 分析了期望利润及期望损失关于决策变量的凹性。

引理 2 期望利润 Π 和期望损失 L 均关于 Q_1 和 Q_2 联合凹。

证明:首先证明 Π 的联合凹性。一阶偏导为:

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Q_1} = p \int_0^r x dF(X) - c_1 \tag{3}$$

$$\frac{\partial \Pi}{\partial Q_2} = pF(r) - \mu_s c_2 \tag{4}$$

容易验证 Π 对 Q_1 和 Q_2 的二阶偏导均小于 0。

此外混合偏导为 $-\frac{pr}{Q_1} f(r)$,从而易得 Π 关于 Q_1 和 Q_2 的 Hessian 矩阵的二阶顺序主子式为 0,从而矩阵半负定,进而可知 Π 关于 Q_1 和 Q_2 联合凹。

其次证明 L 的联合凹性。一阶偏导为:

$$\frac{\partial L}{\partial Q_1} = \int_0^r \int_{s_2}^\infty (px - c_1) h(x, y) dy dx - \int_r^1 \int_{s_1}^\infty c_1 h(x, y) dy dx \tag{5}$$

$$\frac{\partial L}{\partial Q_2} = \int_0^r \int_{s_2}^\infty (p - c_2 y) h(x, y) dy dx - \int_r^1 \int_{s_1}^\infty c_2 y h(x, y) dy dx \tag{6}$$

L 对 Q_1 和 Q_2 的二阶偏导分别为:

$$\frac{\partial^2 L}{\partial Q_1^2} = -\frac{pr^2}{Q_1} \int_{s_1}^\infty h(r, y) dy - \frac{1}{c_2 Q_2} \int_0^r (px - c_1)^2 h(x, s_2) dx$$

$$-\frac{c_1^2}{c_2 Q_2} \int_r^1 h(x, s_1) dy \frac{\partial^2 L}{\partial Q_2^2} = -\frac{p}{Q_1} \int_{s_1}^\infty h(r, y) dy - \frac{Q_1^2}{c_2 Q_2^3} \int_0^r (px - c_1)^2 h(x, s_2) dx - \frac{(pD - c_1 Q_1)^2}{c_2 Q_2^3} \int_r^1 h(x, s_1) dx$$

易知上述二阶导均小于 0。混合偏导为:

$$\frac{\partial^2 L}{\partial Q_1 \partial Q_2} = \frac{\partial^2 L}{\partial Q_2 \partial Q_1} = -\frac{pr}{Q_1} \int_{s_1}^\infty h(r, y) dy + \frac{Q_1}{c_2 Q_2^2} \int_0^r (px - c_1)^2 h(x, s_2) dy - \frac{c_1 (pD - c_1 Q_1)}{c_2 Q_2^2} \int_r^1 h(x, s_1) dx$$

类似对 Π 联合凹的证明思路,只需证明

$$\frac{\partial^2 L}{\partial Q_1^2} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial Q_2^2} - \frac{\partial^2 L}{\partial Q_1 \partial Q_2} \cdot \frac{\partial^2 L}{\partial Q_2 \partial Q_1} \geq 0 \tag{7}$$

L 关于 Q_1 和 Q_2 的联合凹性即可得证。通过比较(7)式左侧的两项,对 $pD - c_1 Q_1$ 的正负分类讨论,并利用平方和不等式:

$$c_1^2 + \frac{r^2 (pD - c_1 Q_1)^2}{Q_2^2} \geq \frac{2c_1 r (pD - c_1 Q_1)^2}{Q_2}$$

或:

$$c_1^2 Q_1^2 + (pD - c_1 Q_1)^2 \geq -2c_1 Q_1 (pD - c_1 Q_1)$$

即可证明(7)式成立。

根据引理 2,可得到下边关于最优联合采购决策的定理。

定理 1 风险厌恶制造商的最优联合采购决策存在且唯一,最优采购量 Q_1^* 和 Q_2^* 可从以下两式联立求解:

$$p \int_0^r x dF(x) = c_1 - (\lambda - 1) \left[\int_0^r \int_{s_2}^\infty (px - c_1) h(x, y) dy dx - \int_r^1 \int_{s_1}^\infty c_1 h(x, y) dy dx \right] pF(r) = \mu_s c_2 - (\lambda - 1) \left[\int_0^r \int_{s_2}^\infty (p - c_2 y) h(x, y) dy dx - \int_r^1 \int_{s_1}^\infty c_2 y h(x, y) dy dx \right]$$

证明:由于期望效用 U 为期望利润 Π 和期望损失 L 的正线性加和,根据引理 2 可知 U 关于 Q_1 和 Q_2 联合凹,从(3)(4)(5)(6)式可得到一阶条件(8)和(9)式,并可联立求得最优解。

定理 1 保证了风险厌恶制造商向本土和母国供

应商联合采购的最优决策是存在且唯一的。从(8)和(9)式可以看到,最优解是对两个渠道采购的边际收益与边际成本、边际损失的权衡。为与风险厌恶情形相比较,推论 1 给出了风险中性制造商的最优采购决策。

推论 1 记 $H = F^{-1}\left(\frac{\mu_s c_2}{p}\right)$, $A = p \int_0^H x dF(x) - c_1$, 当制造商风险中性时: $A < 0$, 则最优采购量为 $\hat{Q}_1 = 0, \hat{Q}_2 = D$; $A = 0$, 则最优采购量为满足 $H\hat{Q}_1 + \hat{Q}_2 = D$ 的任意组合; $A > 0$, 则 $\hat{Q}_2 = 0, \hat{Q}_1$ 可从 $p \int_0^{\hat{Q}_1} x dF(x) = c_1$ 中求出唯一解, 且 $\frac{D}{H} < \hat{Q}_1 < \frac{p}{c_1} D$ 。

证明:从(4)式可求出

$$HQ_1 + Q_2 = D \tag{10}$$

将 Q_2 带回到(3)式可得 A , 该式与 Q_1 无关。如果 $A < 0$, 期望利润关于 Q_1 单调减, Q_1 应尽可能小, 即 $\hat{Q}_1 = 0, \hat{Q}_2 = D$; 如果 $A = 0$, 则满足 $HQ_1 + Q_2 = D$ 的采购量组合均为最优解; 如果 $A > 0$, 期望利润关于 Q_1 单调增, Q_1 应尽可能大。并通过分析(10)式, 可知增大 Q_1 即要求减小 Q_2 , 则 $\hat{Q}_2 = 0, \hat{Q}_1$ 可从(3)式中代入 \hat{Q}_2 求得。从(3)式可知 $\frac{D}{\hat{Q}_1} < H$ 。

另外从分部积分可得到:

$$\int_0^{\hat{Q}_1} x dF(x) = \frac{D}{\hat{Q}_1} F\left(\frac{D}{\hat{Q}_1}\right) - \int_0^{\hat{Q}_1} F(x) dx = \frac{c_1}{p}$$

从而 $\frac{D}{\hat{Q}_1} > \frac{c_1}{p}$ 。综上, 有 $\frac{D}{H} < \hat{Q}_1 < \frac{p}{c_1} D$ 。对 A

的等式用分部积分可类似证明 $\frac{1}{H} < \frac{p}{c_1}$ 。

H 为合格率的一个关键值, 比 H 低的本土零部件合格率的概率是 $\frac{\mu_s c_2}{p}$ 。如果合格率大于 H , 则零部件总量会过剩; 如果合格率小于 H , 则 $\int_0^H x dF(x)$ 比 H 小的合格率的期望值。则 A 为从本土或母国采购的盈亏平衡条件。如果 A 为负, 说明要么本土零部件的售价过高, 要么期望合格率过低, 所以会完全采购母国的零部件。反之, 则说明采购本土零部件更为合算。

从推论 1 可以看到, 如果制造商风险中性, 那么汇率波动对其无直接影响, 只以均值 μ_s 的形式体现。并且, 制造商不会同时向本土和母国供应商采购, 这是因为从期望意义而言, 总会是一个供应商比另外一个供应商好, 所以没必要在两处都进行采购。此外, 在母国采购时, 采购量正好等于需求; 在本土采购时, 由于合格率不稳定, 采购量大于需求。总

体而言, 采购量都不会少于需求, 否则将失去销售机会。 $\frac{D}{H} < \hat{Q}_1 < \frac{p}{c_1} D$ 说明: 如果 $A > 0$, 则合格率比较高, 可以多采购一些本土零部件, 但是总采购量又不能超过收益/成本比, 否则即使零部件完全合格, 仍将发生亏损。从推论 1 及上述分析可以看到, 合格率和汇率的波动对风险中性制造商的影响并不相同: 汇率波动对其无直接影响, 而合格率波动则不然。这是由于合格率的波动会影响到制造商的生产, 而汇率波动只是对采购成本带来波动。

定理 2 对风险厌恶制造商的采购行为给出了进一步分析, 并可与风险中性进行比较。

定理 2 如果合格率为与汇率独立, (1) 当 $A \leq 0$, $Q_2^* \leq \hat{Q}_2, Q_1^* = 0, \frac{\partial Q_2^*}{\partial \lambda} \leq 0$ 。(2) 当 $A > 0$, 代入 \hat{Q}_1 和 \hat{Q}_2 下, 如果 $\int_0^{\hat{Q}_1} \int_{\hat{Q}_2}^{\infty} (px - c_1) g(y) f(x) dy dx \leq 0$, 则 $Q_1^* \leq \hat{Q}_1, \frac{\partial Q_1^*}{\partial \lambda} \leq 0$; 如果 $\int_0^{\hat{Q}_1} \int_{\hat{Q}_2}^{\infty} (p - c_2 y) g(y) f(x) dy dx \leq 0$, 则 $Q_2^* = 0$ 。

证明:(1) 当 $A \leq 0, \hat{Q}_1 = 0, \hat{Q}_2 = D$, 有 $pF(r) - \mu_s c_2 = 0$, 且一阶条件二重积分部分可简化为:

$$\int_0^H \int_{\frac{p}{c_2}}^{\infty} (p - c_2 y) g(y) f(x) dy dx - \int_H^1 \int_{\frac{p}{c_2}}^{\infty} c_2 y g(y) f(x) dy dx = c_2 \int_{\frac{p}{c_2}}^{\infty} (\mu_s - y) dG(y)$$

易知上式小于 0, 这表明 $\frac{\partial U}{\partial Q_2} \Big|_{Q_1=\hat{Q}_1, Q_2=\hat{Q}_2} < 0$, 由于 U 关于 Q_2 是凹的, 所以 $Q_2^* \leq \hat{Q}_2$ 。从而易知 $pF\left(\frac{D - Q_2^*}{Q_1^*}\right) - \mu_s c_2 \geq 0$, 因此 $\frac{\partial^2 U}{\partial Q_2 \partial \lambda} \Big|_{Q_1=Q_1^*, Q_2=Q_2^*}$

$$\leq 0, \text{ 从而有 } \frac{\partial Q_2^*}{\partial \lambda} = - \frac{\frac{\partial^2 U}{\partial Q_2 \partial \lambda} \Big|_{Q_1=Q_1^*, Q_2=Q_2^*}}{\frac{\partial^2 U}{\partial Q_2^2} \Big|_{Q_1=Q_1^*, Q_2=Q_2^*}} \leq 0。$$

类似可得:

$$\frac{\partial U}{\partial Q_1} \Big|_{Q_1=Q_1^*, Q_2=Q_2^*} = A \left[1 + (\lambda - 1) \bar{G}\left(\frac{p}{c_2}\right) \right] \leq 0$$

表明 $Q_1^* \leq \hat{Q}_1$, 但由于 $Q_1 \geq 0$ 的限制, $Q_1^* = 0$ 。

(2) $A > 0$ 的证明与上文类似。

定理 2 表明, 如果合格率为与汇率波动两个风险因素独立, 那么与风险中性相比, 一般情况下风险厌恶制造商会趋向于减少采购量, 并且风险厌恶程度越大, 采购量减小得越多。另外, 风险厌恶制造商在一般情况下仍不会在本土和母国同时订货, 并坚持风险中性下的采购偏向。这是因为风险中性下认为不划算的采购渠道, 在风险厌恶下仍然会被认为是

有较大风险的。此外,总的采购量可能会小于需求,即宁肯放弃一部分销售机会以规避损失风险。上述结论在合格率与汇率相关时不一定成立。在现实中,汇率可能影响到供应商生产成本从而影响到供应可靠性,因此两者可能存在相关关系。相关关系对于采购决策的影响将通过数值实验给出。为与双渠道采购进行比较,定理 3 进一步给出了制造商只能从本土或母国采购时的最优采购量。

定理 3 如果只能从本土采购,则风险厌恶制造商的最优采购量 \bar{Q}_1 可从 $pF\left(\frac{D}{Q_1}\right) = c_1 - (\lambda - 1) \int_0^{\frac{D}{Q_1}} (px - c_1) f(x) dx$ 中求出;如果只能从母国采购,则如果 $p > \mu_s c_2 - (\lambda - 1) \int_{\frac{p}{c_2}}^{\infty} (p - c_2 y) g(y) dy$ 最优采购量为 $\bar{Q}_2 = D$, 否则 $\bar{Q}_2 = 0$ 。

证明:如果只能从本土采购,其期望效用为:

$$U = pE(\gamma Q_1 \wedge D) - c_1 Q_1 + (\lambda - 1) \int_0^{\frac{D}{Q_1}} (px - c_1) Q_1 f(x) dx$$

如果只能从母国采购,其期望效用为:

$$U = pQ_2 - \mu_s c_2 Q_2 + (\lambda - 1) \int_{\frac{p}{c_2}}^{\infty} (p - c_2 y) Q_2 g(y) dy$$

上述两式分别对 Q_1 和 Q_2 求导即可得到结论。

从定理 3 可以看到,当风险厌恶的制造商只能在本土采购时,会比风险中性的采购得少;而只能在母国采购时,采购量要么等于需求,要么为 0。这是因为合格率的风险会影响到零部件实际可用量,所以采购量会随着风险厌恶程度增大而递减;而汇率只影响到成本,不影响可用零部件数量,所以只有当期期望损失增大到采购不划算时,才完全不进行采购,否则按需求进行采购。

4 数值实验

本小节中,我们将通过数值实验来考查几项关键的参数对制造商采购决策、期望效用和损失风险

的影响。这些关键参数包括风险厌恶程度、合格率和汇率的波动大小以及它们之间的相关程度。假定合格率 γ 和汇率 S 服从二维正态分布,合格率均值为 0.5、标准差为 0.15,汇率均值为 3、标准差为 1,两者的相关系数为 0.3。其它参数设置如下: $\lambda = 3, D = 100, p = 3.5, c_1 = 1.7, c_2 = 1$ 。

根据上述基本参数计算得到 $A = -0.318$,根据推论 1,风险中性制造商在本土供应商处的采购量为 $\hat{Q}_1 = 0$,在母国供应商处的采购量为 $\hat{Q}_2 = 100$ 。根据定理 1,风险厌恶制造商在本土供应商处的采购量为 $Q_1^* = 32.537$,在母国供应商处的采购量为 $Q_2^* = 73.720$,且总订货量为 $Q^* = 106.257$,超过了需求,超出的部分是为了防备本土零部件不可靠而留出的余量,期望效用为 12.089,损失风险为 $R^* = Pr\{\pi^* < 0\} = 0.293$ 。根据定理 3,如果只能从本土采购,则采购量为 $\tilde{Q}_1 = 187.057$,期望效用为 $\tilde{U}_1 = -88.590$,损失风险为 $\tilde{R}_1 = 0.462$,由于期望效用为负,如果制造商只能从本土采购,则他宁肯选择不生产。如果只能从母国采购,则采购量为 $\tilde{Q}_2 = 100$,期望效用为 $\tilde{U}_2 = 10.441$,损失风险为 $\tilde{R}_2 = 0.309$ 。由这一基本算例可看到,双渠道采购从期望效用和损失风险两个角度看均优于单渠道采购。

表 1 显示了风险厌恶程度对采购决策的影响。随着风险厌恶程度增大,制造商趋向于分散采购。双渠道采购的期望利润减小,但损失风险也在减小,并且均优于单渠道采购的效果。

表 2 显示了合格率波动对采购决策的影响。其中如果只能从母国采购,则不会受合格率波动的影响,结果与基本算例相同。随着合格率波动增大,制造商会减小向本土供应商的采购量,增加向母国供应商的采购量。由于减少了在合格率不可靠的本土的采购比例,总的采购量在减小。随着合格率波动增大,期望效用减小,损失风险增大,但仍优于只从本土或母国单渠道采购的效果。

表 1 风险厌恶程度 λ 的影响

λ	Q_1^*	Q_2^*	Q^*	U^*	R^*	\tilde{Q}_1	\tilde{U}_1	\tilde{R}_1	\tilde{Q}_2	\tilde{U}_2	\tilde{R}_2
1	0	100	100	50	0.308	202.172	-34.151	0.462	100	50.000	0.309
2	0.000	98.377	98.377	31.234	0.305	194.370	-62.125	0.462	100	30.220	0.309
3	32.537	73.720	106.257	12.089	0.293	187.057	-88.590	0.462	100	10.441	0.309
4	47.754	56.129	103.882	1.088	0.287	180.065	-113.519	0.462	100	-9.339	0.309

表 2 合格率标准差 σ_y 的影响

σ_y	Q_1^*	Q_2^*	Q^*	U^*	R^*	\tilde{Q}_1	\tilde{U}_1	\tilde{R}_1
0.1	47.177	66.786	113.963	12.584	0.288	194.902	-58.478	0.443
0.125	38.652	70.771	109.423	12.411	0.291	191.346	-74.442	0.455
0.15	32.537	73.720	106.257	12.089	0.293	187.057	-88.590	0.462
0.175	27.790	76.208	103.998	11.079	0.293	182.306	-100.391	0.468
0.2	23.807	78.603	102.410	10.551	0.295	177.461	-109.441	0.472

表 3 显示了汇率波动对采购决策的影响。其中如果只能从本土采购,则不会受汇率波动的影响,结果与基本算例相同。随着汇率波动增大,制造商会减小向母国供应商的采购量,增大向本土供应商的

采购量,以规避汇率风险。由于采购了合格率不稳定的零部件,总采购量趋向于增大以避免缺货。随着汇率波动增大,期望效用减小,损失风险增大,但仍优于只从本土或母国单渠道采购的效果。

表 3 汇率标准差 σ_s 的影响

σ_s	Q_1^*	Q_2^*	Q^*	U^*	R^*	\tilde{Q}_2	\tilde{U}_2	\tilde{R}_2
0.8	0	100	100	24.093	0.266	100	24.093	0.266
0.9	15.354	87.862	103.215	17.460	0.281	100	17.385	0.289
1	32.537	73.720	106.257	12.089	0.293	100	10.441	0.309
1.1	44.328	63.204	107.533	7.560	0.305	100	3.319	0.325

表 4 显示了合格率与汇率相关系数对采购决策的影响。单渠道采购的决策与基本算例相同,不受相关系数的影响。随着相关系数由负变正,制造商在减小从母国供应商处采购的同时,会逐渐倾向于从本土供应商处采购。这是因为当合格率和汇率为正相关时,两处的采购风险会出现“跷跷板”效应。例如当汇率增大、母国采购的成本风险上升的同时,本土采购的合格率却也在上升。这样的“跷跷板”效应,激励着制造商从两个来源采购以分散风险。合格率和汇率的正相关关系反映到实际中,体现在汇率有可能会影响到本土供应商的成本,从而导致其努力提高零部件质量和供应可靠性以保持竞争力。

值实验结果与上文给出的结果是类似的,此处不再列举。

综合模型分析及数值实验的结果可以发现:制造商的风险厌恶程度对采购决策的影响是显著的,总体而言会让制造商倾向于减少采购量、分散采购源。合格率(汇率)的波动会导致制造商减小在本土(母国)的采购量并趋向于分散采购。合格率和汇率的相关性也会显著的影响采购决策,当两种风险因素趋向于正相关时,制造商会趋向于分散订货,避免将鸡蛋放在一个篮子里。与单渠道采购相比,双渠道采购无论从期望效用还是损失风险来看,效果均更佳。另外从上述 4 个表数据可发现,双渠道的采购数量 Q^* ,比单渠道的平均采购数量 $\frac{\tilde{Q}_1 + \tilde{Q}_2}{2}$ 要小,这是因为从双渠道采购时有风险汇减的效应,所以制造商减小了采购量。

从表 4 还可以看到,随着相关系数由负变正,总采购量增加,这是由于制造商为了分散风险而不得已进行更多的采购。同时,期望效用增大,损失风险减小。

表 4 相关系数 ρ 的影响

ρ	Q_1^*	Q_2^*	Q^*	U^*	R^*
-0.3	0.000	100.000	100.000	10.441	0.309
-0.1	0.000	100.000	100.000	10.441	0.309
0	0.000	100.000	100.000	10.441	0.309
0.1	11.907	90.312	102.219	10.824	0.305
0.2	23.750	80.731	104.481	11.034	0.300
0.3	32.537	73.720	106.257	12.089	0.293
0.4	39.476	68.286	107.762	13.451	0.284
0.5	45.219	63.881	109.100	15.083	0.272

5 结语

本文以跨国企业采购中普遍面临的供应不可靠、汇率波动问题为背景,用文献中常用的损失厌恶函数刻画风险厌恶态度,探讨了制造商在面临质量和汇率各不确定的两个供应商时对上述两种风险要素的权衡。我们求出了制造商的最优联合采购决策,并证明其存在且唯一。与 Wang 和 Webster^[28]相比,我们将损失厌恶函数在报童模型上的运用,扩展到了两个随机变量、两个决策变量的情形。

模型分析发现,风险中性制造商通过权衡合格

$A > 0$,亦即风险中性下在本土采购的算例及数

率、汇率和购买成本等因素,最终只会在一个供应商处采购,并且在母国采购时正好等于需求量,在本土采购时大于需求量。当合格率和汇率相互独立时,一般情况下风险厌恶制造商也只会向一个供应商采购,这是因为风险中性下被认为不划算的采购渠道,风险厌恶下仍会被认为有较大风险。总采购量可能小于需求量,风险厌恶程度越大,采购量减小得越多,即宁肯放弃一部分销售机会以规避损失风险。

模型分析及数值实验发现,当合格率和汇率相关、尤其是正相关时,制造商会选择在本土和母国都进行采购以分散风险,避免将鸡蛋放在一个篮子里。风险厌恶程度对采购决策的影响是显著的,会让制造商倾向于减少采购量、分散采购源。合格率(汇率)的波动会导致制造商减小在本土(母国)的采购量并趋向于分散采购。与单渠道采购相比,双渠道采购在通过风险汇减效应减小总采购量的同时,提升了期望效用,规避了损失风险,因此效果更佳。

本文研究结果提示注重风险控制的跨国企业应当对供应风险和汇率风险统筹兼顾,并充分认识两种风险对企业经营影响的区别。在本文模型的基础上,从更为现实的情形出发,可考虑制造商与采购商之间的博弈,制造商的零部件需求为随机变量,以及制造商可通过外汇衍生品规避汇率风险的情形,这些都是值得尝试的进一步研究方向。

参考文献:

- [1] Dornier P P, Ernst R, Fender M, et al. Global operations and logistics: text and cases [M]. India: Wiley, 2008.
- [2] 钱卓,侯锐. 青岛马士基冷机项目投入使用[N]. 青岛日报, 2008-03-13.
- [3] 徐琼. 海尔自营物流嬗变 12 年[J]. 物流时代, 2009, 7(5): 36-39.
- [4] Kleindorfer P R, Saad G H. Managing disruption risks in supply chains [J]. *Production & Operations Management*, 2005, 14(1): 53-68.
- [5] Swinney R, Netessine S. Long-term contracts under the threat of supplier default [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2009, 11(1): 109-127.
- [6] Yang Zhibin, Aydin G, Babich V, et al. Supply disruptions, asymmetric information, and a backup production option [J]. *Management Science*, 2009, 55(2): 192-209.
- [7] 李燕凤,夏国平,杨跃翔,等. 基于模糊随机期望规划的跨国供应链战术计划模型[J]. *系统工程理论与实践*, 2005, 25(8): 1-9.
- [8] 陈树桢,熊中楷,梁喜. 补偿激励下双渠道供应链协调的合同设计[J]. *中国管理科学*, 2009, 17(1): 64-75.
- [9] Tunca T I, Wu Qiong. Multiple sourcing and procurement process selection with bidding events [J]. *Management Science*, 2009, 55(5): 763-780.
- [10] Yano C A, Lee H L. Lot sizing with random yields: a review [J]. *Operations Research*, 1995, 43(2): 311-334.
- [11] Wang Yunzeng, Gerchak Y. Periodic review production models with variable capacity, random yield, and uncertain demand [J]. *Management Science*, 1996, 42(1): 130-137.
- [12] Gurler U, Parlar M. An inventory problem with two randomly available suppliers [J]. *Operations Research*, 1997, 45(6): 904-918.
- [13] Dada M, Petrucci N C, Schwarz L B. A newsvendor's procurement problem when suppliers are unreliable [J]. *Manufacturing & Service Operations Management*, 2007, 9(1): 9-32.
- [14] Kleindorfer P R. Integrating physical and financial risk management in supply management [M]// Geman H. Risk management in commodity markets: from shipping to agriculturals and energy. Chichester: John Wiley & Sons, 2009: 33-50.
- [15] 陈祥锋,朱道立,应雯璐. 资金约束与供应链中的融资和运营综合决策研究[J]. *管理科学学报*, 2008, 11(3): 70-77.
- [16] Dasu S, Li L. Optimal operating policies in the presence of exchange rate variability [J]. *Management Science*, 1997, 43(5): 705-722.
- [17] Huchzermeier A, Cohen M. Valuing operational flexibility under exchange rate risk [J]. *Operations Research*, 1996, 44(1): 100-113.
- [18] 马林,钟昌标. 在供应链管理环境下“走出去”企业的汇率风险决策分析[J]. *中国软科学*, 2004, 19(7): 93-96.
- [19] Kazaz B, Dada M, Moskowitz H. Global production planning under exchange-rate uncertainty [J]. *Management Science*, 2005, 51(7): 1101-1119.
- [20] 杨庆定,黄培清. 随机价格下制造商的多边国际订购决策[J]. *控制与决策*, 2006, 21(1): 60-63.
- [21] Ding Qing, Dong Lingxiu, Kouvelis P. On the integration of production and financial hedging decisions in global markets [J]. *Operations Research*, 2007, 55(3): 470-489.
- [22] Kouvelis P. Global sourcing strategies under exchange rate uncertainty [M]// Tayur S, Ganeshan R, Magazine M. Quantitative models for supply chain manage-

- ment. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 1999: 625—668.
- [23] Tversky A, Kahneman D. Loss aversion in riskless choice: a reference-dependent model [J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1991, 106(4): 1039—1061.
- [24] Schweitzer M E, Cachon G P. Decision bias in the newsvendor problem with a known demand distribution: experimental evidence [J]. *Management Science*, 2000, 46(3): 404—420.
- [25] Barberis N, Huang Ming. Mental accounting, loss aversion, and individual stock returns [J]. *The Journal of Finance*, 2001, 56(4): 1247—1292.
- [26] Eeckhoudt L, Gollier C, Schlesinger H. The risk-averse (and prudent) newsboy [J]. *Management Science*, 1995, 41(5): 786—794.
- [27] Chen F, Federgruen A. Mean-Variance analysis of basic inventory models [R]. Working Paper, Columbia University, 2000.
- [28] Wang C X, Webster S. The loss-averse newsvendor problem [J]. *Omega*, 2009, 37(1): 93—105.

Dual Sourcing Decisions under Exchange Rate and Supply Risks

WEN Yuan^{1,3} XIAO Yong-bo^{2,3}

(1. Guang Xi Branch of China Development Bank, Nanning 530028, China;

2. School of Economics & Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

3. Research Center for Contemporary Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Dual sourcing is an effective way for procurement risk diversification. This paper considers a risk-averse manufacturer that faces two sourcing alternatives: a domestic supplier that is unreliable, and a supplier in the manufacturer's home country that is fully reliable, and actual price of components is affected by fluctuated exchange rate. The joint optimal procurement decision for the risk-averse manufacturer is developed and is compared with the situation of risk neutrality. Modeling analysis shows that the risk-neutral manufacturer only places order to single supplier. The risk-averse manufacturer, however, is influenced by the fluctuations of both exchange rate and supply and their correlation. When the reliability and exchange rate correlates, it may procure from both sources so as to reduce risk. Results from numerical study show that dual sourcing can lower the loss risk.

Key words: procurement management; risk management; risk averse; exchange rate fluctuation; uncertain supply.