文章编号: 1003- 207(2011) 01- 0062- 08

订单不确定条件下的供应链协同决策研究

黄　焜[1], 马士华[1], 冷凯君[2], 张得志[1,3]

(1. 华中科技大学管理学院, 湖北武汉　430074;
2. 湖北经济学院湖北物流发展研究中心, 湖北武汉　430205;
3. 中南大学交通运输工程学院, 湖北长沙　410075)

摘　要: 在产品客户化程度较高的装配生产中, 制造商在获得客户的订单需求信息, 但订单尚未签订的情况下, 往往就要求供应商开始生产订单所需的零部件, 以便客户订单签订后可以立刻开始产品的装配生产, 从而实现尽快向客户交付订单的目的。但是, 在客户订单不确定条件下, 供应商提前生产零部件存在着一定的风险。一旦客户订单最终未能签订, 由于零部件客户化程度一般也比较高, 在相当长一段时间内很难被其它订单消化, 从而形成呆滞库存。本文基于这样的运作环境, 通过数学建模分析, 研究了制造商何时向供应商下达零部件订单最优, 以及供应商的最优生产决策问题, 并给出了具体的决策方法。最后通过算例验证了模型的结论, 并分析了生产延滞成本分担系数对供应商和制造商双方期望利润的影响。

关键词: 订单不确定; 提前订货; 提前生产
中图分类号: F274　　　文献标识码: A

1　引言

在装备制造业中, 对于客户化程度较高的产品, 在订单确定之前就向供应商订制产品需要的零部件, 甚至开始订单产品的生产, 已经成为制造商缩短订单交付提前期的一种常见方式。例如飞机制造商波音公司, 往往在与客户达成订货意向协议后, 就开始安排订单的生产计划并在适当的时候开始生产; 另一方面, 波音公司也将这种“未来订单”信息与供应商共享, 要求供应商提前对零部件进行备货生产[1]。但是基于这种未确定的订单提前生产存在着潜在的风险, 一旦客户最终没有确认订单, 就可能造成企业生产中的“提前生产可能是错误的生产, 等待订单生产则可能太迟”的矛盾[2]。

Lee(1997) 等人最早在研究文献中提到了预测订单(soft order) 及预测订单取消对供应链运作影响的问题, 并认为这种预测订单是造成牛鞭效应的主要原因之一[3]。Eynan 和 Rosenblatt (1995)、Hariga(1998) 等人认为在订单确认之前提前组装产品可以一定程度上降低生产成本[4,5]。Moon 和 Choi(1997) 在 Eynan 和 Rosenblatt(1995) 模型的基础上, 研究了在需求信息仅能获得均值与方差的情形下提前生产与 ATO 生产方式混合的最佳生产策略[6]。肖勇波(2007) 等人进一步考虑了未来订单确定后的产能的不确定性, 侧重于研究提前组装而降低的生产能力不足风险和延迟组装而降低的库存风险之间的平衡[7]。Cachon 和 Lariviere(2001) 研究了一个基于预测订单提前生产部分产品的制造商与关键零件供应商博弈问题, 在他们的研究中比较了在自愿合作与硬性服从合同规定两种合作情形下供应商与制造商的决策行为, 并设计了一种契约模型, 使制造商能够与供应商共享真实的需求信息[8]。

上述文献中对预测订单或订单不确定条件下运作问题进行的研究, 主要还是集中在原材料库存与产成品库存控制、信息共享程度等方面, 而没有涉及基于预测订单或订单确认之前最佳开始生产时间的问题。Cohen(2003) 等人基于半导体设备生产企业中实际收集的数据, 以制造商为研究对象, 考虑了订单最终未能签订的订单丢失成本、提前生产可能带来的产品库存成本、以及生产时间过迟而造成的产品延迟交付成本, 以制造商在订单确定之前开始生产的时间作为决策变量, 对提前生产问题进行了研究[9]。Li(2007) 在 Cohen(2003) 的基础之上, 考虑

收稿日期: 2009- 12- 21; 修订日期: 2011- 01- 06
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71072035, 71071050) ; 中国博士后科学基金(20090460941)
作者简介: 黄焜(1982-) , 男(汉族) , 湖北人, 华中科技大学管理学院, 博士研究生, 研究方向: 供应链与物流管理.

了决策者的风险偏好, 对制造商最佳开始生产时间决策做了进一步的研究[10] 。

本文作者在对国内几家 ATO 生产企业的调研中发现, 客户化程度较高的产品订单交付提前期较长的一个重要原因是, 产品生产所需的一些关键零部件客户化程度也比较高, 供应商的供应提前期较长。例如, 我国某电信设备制造商生产的基站主机中某些关键零部件的供应提前期长达 180 天。本文的模型不同于 Cohen(2003) 和 Li(2007) , 同时分析了制造商和零部件供应商的最优决策。我们假设制造商在订单确认后立即开始生产, 但是在订单确认之前可以向供应商下达零部件订单; 供应商在订单确认之前能够生产的零部件数量依赖于制造商下达零部件订单的时间至客户订单确认的时间; 订单确认后制造商开始装配产品的同时, 若供应商未完成订单所需的全部零部件, 则继续生产。订单确认之前, 由于客户有取消订单意向的可能, 从制造商向供应商下达零部件订单到客户订单确认, 供应商都以常规产能生产零部件; 在客户订单确认后, 供应商可以通过加班等方式提高产能, 尽量避免制造商的生产过程因零部件缺货而停滞。通过增加投入, 提高产能来缩短提前期的做法, 无论是在企业的生产实践中, 还是运作管理的理论研究中, 都已经非常多见[11-14] 。本文通过建立一个两阶段模型, 分析了在订单不确定条件下制造商向供应商下达零部件订单的最优时间, 以及供应商在订单确认后通过增加投入缩短生产提前期的最优决策。

2　问题描述与模型假设

考虑一个单周期生产系统, 制造商面临一次订货需求。在时间 0 时刻, 制造商获得一个客户需求意向, 需求量为 Q 。在 x 时刻, 客户与制造商根据需求意向签订订单合同, 或者客户取消需求意向。x 为连续随机变量, 其概率密度函数为 $\varphi(\cdot)$, 概率分布函数为 $\Phi(\cdot)$ 。在 x 时刻制造商可能获得订单, 也有可能失去订单, 设订单最终签订的概率为 α, 失去订单的概率为 $1-\alpha$。在了解到客户需求后, 制造商在 $t(0< t \leqslant x)$ 时刻向供应商下达零部件订单, t 为制造商的决策变量。不失一般性, 本文假设每生产一件产品需要一件零部件, 即零部件订单量也为 Q 。

令 $y = x - t$, 则 y 也是连续随机变量。设其概率密度函数为 $\varphi_t(\cdot)$, 概率分布函数为 $\Phi_t(\cdot)$ 。由 y 的定义可知, $\Phi_t(Y) = prob\{x - t \leqslant Y \mid x > t\} = \dfrac{\Phi(Y+t) - \Phi(t)}{\Phi(t)}$, 其中 $\Phi(t) = 1 - \Phi(t)$ 。上述系统如图 1 所示。

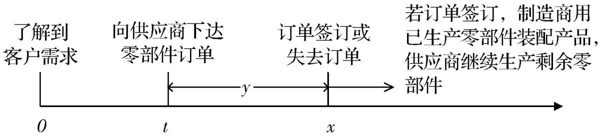

图 1　订单不确定条件下生产系统示意图

在 x 时刻, 若客户订单意向取消, 制造商将对供应商已生产的零部件给与一定的补偿。供应商补偿成本以及 y 时间内制造商的管理成本构成订单丢失成本。由于 y 时间内已生产的零部件数量以及管理成本均可认为是与 y 成正比的线性函数, 本文将制造商的订单丢失成本定义为 $R \cdot y$ 。

供应商在常规产能下, 每生产一件零部件所需的时间为 l_s 。根据柯布道格拉斯生产函数中, 投入和产出服从幂函数关系, 设常规产能下的生产成本为 $C \cdot l_s^{-\theta}$[14]。

在 x 时刻, 供应商已生产的零部件数量为 $\dfrac{y}{l_s}$。如果客户订单签订, 且 $\dfrac{y}{l_s} < Q$, 则供应商先将数量 $\dfrac{y}{l_s}$ 的零部件交付制造商生产, 制造商生产一件产品所需的时间为 l_m 。供应商可以考虑在 x 时刻之后采用增加产能的方式缩短剩余零部件的生产时间, 设 x 时刻之后剩余零部件的每件生产时间为 l_s 。一般认为, 以小于企业常规产能生产并不一定能够降低生产成本。本文设定 $l_s \leqslant l_s$, 相应的单件生产成本为 $C \cdot l_s^{-\theta}$。如果制造商已使用完供应商在 x 时刻交付的 $\dfrac{y}{l_s}$ 件零部件, 而供应商还不能交付剩余零部件, 则制造商的生产过程会发生延滞, 并影响最终的客户订单交付期, 由此产生的单位时间生产延滞成本为 P 。剩余零部件的交付时间除了与供应商的决策 l_s 有关, 也与制造商向供应商下达零部件订单的时间 t 有关, 所以生产延滞成本由供应商与制造商分担。设分担系数为 β, 即: 供应商承担 β 部分, 制造商承担 $(1-\beta)$ 部分。β 由制造商与供应商通过协商事先确定。

3　最优决策分析

3.1　供应商最优决策分析

先分析供应商的最优决策。供应商的决策为:

x 时刻之后, 若客户订单签订, 剩余零部件的单件生产时间 l_s 。

在 x 时刻, 供应商已生产的零部件数量已经是一个确定量, 记为 q (在 x 时刻前, 该数量为随机变量 $\frac{y}{l_s}$)。此时供应商的成本函数为:

$$SC(l_s) = (Q-q)\cdot C\cdot l_s^{-\theta} + \beta\cdot P\cdot[(Q-q)\cdot l_s - q\cdot l_m]^+ \quad (1)$$

式(1)中第一项为 x 时刻之后剩余零部件的生产成本, 第二项是供应商分担的因零部件不足而导致的制造商生产延滞成本。根据供应商零部件生产成本的特点, 即当 $l_s \geqslant \bar{l}_s$ 时, 零部件的生产成本不再降低, 可知: $l_s \leqslant \bar{l}_s$ 时, 式(1)中第一项为 l_s 的递减凸函数。$l_s \leqslant \frac{q\cdot l_m}{Q-q}$ 时, 式(1)中第二项为零。所以, 得到性质 1:

性质 1　当 $\frac{q\cdot l_m}{Q-q} > \bar{l}_s$ 时, $SC(l_s)$ 在 $l_s = \bar{l}_s$ 处取得最小值。

即: 在 x 时刻之后, 若 $\frac{q\cdot l_m}{Q-q} > \bar{l}_s$, 供应商仍将继续以常规产能进行生产。

若 $\frac{q\cdot l_m}{Q-q} < \bar{l}_s$ 时, 在区间 $[\frac{q\cdot l_m}{Q-q}, \bar{l}_s]$ 内, 对式(1)求一阶及二阶导数:

$$SC'(l_s) = -\theta\cdot(Q-q)\cdot C\cdot l_s^{-(\theta+1)} + \beta\cdot P\cdot(Q-q) \quad (2)$$

$$SC''(l_s) = \theta\cdot(\theta+1)\cdot(Q-q)\cdot C\cdot l_s^{-(\theta+2)} > 0 \quad (3)$$

式(1)在区间 $[\frac{q\cdot l_m}{Q-q}, \bar{l}_s]$ 内为 l_s 的凸函数, 且 $l_s = (\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}}$ 时, 式(1)的一阶导数 $SC'(l_s) = 0$ 。由此, 得到性质 2:

性质 2　当 $\bar{l}_s > \frac{q\cdot l_m}{Q-q}$ 时, $SC(l_s)$ 在区间 $[\frac{q\cdot l_m}{Q-q}, \bar{l}_s]$ 内为凸函数, 且:

(1) 若 $(\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}} < \frac{q\cdot l_m}{Q-q} < \bar{l}_s$, 则 $SC(l_s)$ 在点 $l_s = \frac{q\cdot l_m}{Q-q}$ 处取得最小值;

(2) 若 $\frac{q\cdot l_m}{Q-q} < (\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}} < \bar{l}_s$, 则 $SC(l_s)$ 在点 $l_s = (\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}}$ 处取得最小值;

(3) 若 $\frac{q\cdot l_m}{Q-q} < \bar{l}_s < (\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}}$, 则 $SC(l_s)$ 在点 $l_s = \bar{l}_s$ 处取得最小值。

为了简化表示, 令 $k = \min[(\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}}, \bar{l}_s]$ 。供应商在 x 时刻客户订单确认之后, 生产剩余零部件的最优决策 l_s^* 如结论 1 所述:

结论 1　在 x 时刻, 若客户订单被确认, 供应商已生产的零部件数量 q 满足:

(1) $\bar{l}_s \leqslant \frac{q\cdot l_m}{Q-q}$ 时, 供应商在 x 时刻之后, 生产剩余零部件的最优决策为 $l_s^* = \bar{l}_s$, 制造商的生产过程不会因为零部件不能及时供应而延滞;

(2) $(\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}} < \frac{q\cdot l_m}{Q-q} < \bar{l}_s$ 时, 供应商的最优决策为 $l_s^* = \frac{q\cdot l_m}{Q-q}$, 制造商的生产过程不会因为零部件不能及时供应而延滞;

(3) $\frac{q\cdot l_m}{Q-q} < k$ 时, 供应商的最优决策为 $l_s^* = k$, 制造商的生产过程会因为零部件不能及时供应而延滞, 延滞时间为 $(Q-q)\cdot k - q\cdot l_m$ 。

3.2　制造商最优决策分析

制造商的问题是在何时向供应商下达零部件的订单, 即如何确定决策变量 t 。如果制造商过早向供应商下达零部件订单, 一旦在 x 时刻客户的需求意向取消, 订单未能签订, 订单丢失成本 $R\cdot y$ 可能较大。如果 t 太晚, 订单在 x 时刻被确认, 供应商已生产的零部件数量可能很少, 制造商的生产过程会因为零部件不能及时供应而延滞, 则面临延迟交付客户订单的风险。另一方面, 订单也可能在 t 时间之前取消, 即 $x \leqslant t$, 订单在 t 时间之前取消不产生任何成本。以订单不确定条件下制造商的期望利润最大化为决策目标。目标函数中不考虑制造商的生产成本, 设制造商单位产品的毛利润为 S 。制造商的目标函数为:

$$EMP(t) = \alpha\cdot\{S\cdot Q - \Phi(t)\cdot[(1-\beta)\cdot P\cdot l_s\cdot Q] - \Phi(t)\cdot\{(1-\beta)\cdot P\cdot E[(Q-\frac{y}{l_s})^+\cdot l_s - \min(\frac{y}{l_s}, Q)\cdot l_m]^+\}\} - (1-\alpha)\cdot\Phi(t)\cdot R\cdot E[y] \quad (4)$$

由结论 1 可知, 只有当 $\frac{q\cdot l_m}{Q-q} < k$, 制造商才会出现生产延滞。所以, 式(4)中:

$$E[(Q-\frac{y}{l_s})^+\cdot l_s - \min(\frac{y}{l_s}, Q)\cdot l_m]^+ =$$

$$\frac{k+l_m}{l_s\cdot\Phi(t)}\cdot\left[\int_t^{\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k}+t}\Phi(x)dx-\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k}\cdot\Phi(t)\right]$$

$$E[y]=\frac{1}{\Phi(t)}\cdot\int_t^{\infty}\Phi(x)dx$$

将式(4)化简为:

$$EMP(t)=\alpha\cdot\{S\cdot Q-\Phi(t)\cdot[(1-\beta)\cdot P\cdot k\cdot Q]-\{(1-\beta)\cdot P\cdot\frac{k+l_m}{l_s}\cdot[\int_t^{\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k}+t}\Phi(x)dx-\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k}\cdot\Phi(t)]\}\}-(1-\alpha)\cdot R\cdot\int_t^{\infty}\Phi(x)dx \tag{5}$$

对式(5)求一阶导数:

$$EMP'(t)=-\alpha\cdot(1-\beta)\cdot P\cdot\frac{k+l_m}{l_s}\cdot[\Phi(\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k}+t)-\Phi(t)]+(1-\alpha)\cdot R\cdot\Phi(t)$$
$$=-\Phi(t)\cdot\{\alpha\cdot(1-\beta)\cdot P\cdot\frac{k+l_m}{l_s}\cdot\Phi_t(\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k})-(1-\alpha)\cdot R\} \tag{6}$$

由式(6)要证明 $EMP(t)$ 为严格凹函数是很困难的。但是,如果把 $\Phi(\cdot)$ 看作可靠性理论中的产品寿命分布函数。$\Phi_t(\cdot)$ 就是条件失效概率分布函数, $\Phi_t(Y)$ 表示寿命为 t 产品, 在之后 Y 时间内失效的概率。如果 x 具有递增失效率(IFR)的性质, 即 $\Phi_t(Y)$ 对于任意 $Y>0$ 都是 t 的单调递增函数,则函数 $EMP(t)$ 为单峰曲线,即拟凹函数(quasi-concave)。本文认为 x 具有递增失效率(IFR)的性质是合理的,因为 t 越大,在 t 之后 Y 时间内订单谈判结束(订单签订或取消)的可能性就越大。

令: $\frac{(1-\alpha)\cdot R\cdot l_s}{\alpha\cdot(1-\beta)\cdot P\cdot(k+l_m)}=\varepsilon$, t^* 满足 $EMP'(t^*)=0$,即 $\Phi_{t^*}(\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k})=\varepsilon$。若 $\varepsilon\geqslant 1\geqslant\lim_{t\to\infty}\Phi_t(\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k})$, 则 $\lim_{t\to\infty}EMP'(t)\geqslant 0$, $EMP(t)$ 单调递增。此时, 制造商的最优决策是待客户订单确认之后立即向供应商下达零部件订单。若 $\Phi_0(\frac{l_s\cdot Q\cdot k}{l_m+k})>\varepsilon$, 则 $EMP'(t)<0$, $EMP(t)$ 单调递减。此时, 制造商的最优决策是在 0 时刻了解到客户需求意向之后立即向供应商下达零部件订单。

所以,得到制造商的最优决策如结论 2 所述:

结论 2　如果随机变量 x 具有递增失效率(IFR)的性质,定义 $\hat{t}=\begin{cases}0 & EMP'(0)<0\\ \infty & \lim_{t\to\infty}EMP'(t)\geqslant 0,\\ t^* & \text{其它}\end{cases}$

其中, $\hat{t}=\infty$ 表示客户确认或取消订单的时刻——即:若 $\hat{t}=\infty$, 制造商等待客户确认或取消订单之后再采取行动。考虑全部情况, 制造商的行动策略如下所述:

(1) 若客户订单在 $\hat{t}$ 时刻之前被取消, 制造商不做任何决策。

(2) 若客户订单在 $\hat{t}$ 时刻之前被确认, 制造商在订单确认后立即向供应商下达零部件订单, 并在供应商交付全部零部件后立即开始生产产品。

(3) 其它情况, 制造商在 $\hat{t}$ 时刻向供应商下达零部件订单。

4　供应商的期望利润

由结论 1 可知, 供应商的期望利润函数要分为 $(\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}}>l_s$ 及 $l_s>(\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}}$ 两种情况考虑。供应商的利润函数中考虑了零部件的生产成本, 设供应商生产的零部件的单位价格为 W。若客户订单未签订, 考虑制造商补偿后供应商单位零部件的损失为 s。为使数学表达更简洁, 令 $(\frac{\theta\cdot C}{\beta\cdot P})^{\frac{1}{\theta+1}}=u$。根据结论 1, 供应商的期望利润函数按上述两种情况分别写为:

(1) $u>l_s$ 时 $(k=l_s)$:

$$ESP_1=\alpha\cdot\{W\cdot Q-\Phi(t)\cdot\beta\cdot P\cdot Q\cdot l_s-\Phi(t)\cdot\beta\cdot P\cdot\int_0^{\frac{l_s^2Q}{l_m+l_s}}[(Q-\frac{y}{l_s})\cdot l_s-\frac{y}{l_s}\cdot l_m]d\Phi_t(y)-Q\cdot C\cdot l_s^{-\theta}\}-(1-\alpha)\cdot\Phi(t)\cdot s\cdot E[\min(Q,\frac{y}{l_s})] \tag{7}$$

(2) $l_s>u$ 时 $(k=u)$:

$$ESP_2=\alpha\cdot\{W\cdot Q-\Phi(t)\cdot(\beta\cdot P\cdot Q\cdot u+Q\cdot C\cdot u^{-\theta})-\Phi(t)\cdot\{STC+\beta\cdot P\cdot\int_0^{\frac{l_sQu}{l_m+u}}[(Q-\frac{y}{l_s})\cdot u-\frac{y}{l_s}\cdot l_m]d\Phi_t(y)\}\}-(1-\alpha)\cdot\Phi(t)\cdot s\cdot E[\min(Q,\frac{y}{l_s})] \tag{8}$$

其中:

$$STC=\int_0^{\frac{l_sQu}{l_m+u}}(Q-\frac{y}{l_s})\cdot C\cdot u^{-\theta}d\Phi_t(y)+$$

$$\int_{\frac{l_s Qu}{l_m+u}}^{\frac{l_s^2 Q}{l_m+l_s}}(Q-\frac{y}{l_s})\cdot C\cdot(\frac{y\cdot l_m}{l_s Q-y})^{-\theta}d\Phi_t(y)+\int_{\frac{l_s^2 Q}{l_m+l_s}}^{l_s Q}(Q-\frac{y}{l_s})\cdot C\cdot l_s^{-\theta}d\Phi_t(y)+E[\min(Q,\frac{y}{l_s})]\cdot C\cdot l_s^{-\theta}$$

制造商与供应商通过协商确定系数 β。虽然在这种装配制造供应链中, 大多是制造商占据强势地位, 但 β的确定, 必须要使供应商也可以获得期望利润, 否则供应商不会参与供应链的合作。即: β的确定必须使 $ESP > 0$。

5 算例分析

设订单确认的时间 x 服从 Gamma(6, 6) 分布, Gamma 分布具有 IFR 的性质。在 x 时刻之后, 若供应商剩余零部件不能及时供应, 由此产生的成本供应商承担其中 β部分, 制造商承担 (1- β) 部分。β为 0~ 1 的比例系数。其它部分参数设置为: $C=1$, $\theta=2$, $S=300$, $W=60$, $R=600$, $l_s=0.2$, $l_m=0.5$, $s=5$。

(1) 分别取β= 0.1~ 0.9, α= 0.7, $P=2000$, $Q=100$。通过算例, 我们分析 β对供应商、制造商期望利润的影响, 以及对制造商生产延滞时间的影响。数值计算结果如表 1 所示。

表 **1** 供应链双方的期望利润

β	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
最优决策 t	9.7	11.4	13.1	15	17.2	20.2	25.4	38	∞
供应商期望利润 (ESP)	2259	2132	1917	1575	1001	- 58	- 2344	- 8403	- 15376
制造商期望利润 (EMP)	15702	15931	16161	16383	16630	16939	17383	18153	19550
生产延滞时间期望	0.3221	0.3442	0.3725	0.4169	0.4854	0.5926	0.7797	1.1675	10.3574

从表 1 中可以发现, 随着 β的增大, 由于制造商将延滞成本转移到供应商, 供应商的利润在不断降低, 而制造商的利润将增大。β由制造商与供应商通过谈判确定, 但是无论制造商是否处于强势地位, β的取值必须保证供应商仍然可以获得利润。在该算例中, β的取值最大只能为 0.5, 否则供应商的期望利润为负值, 将不会参与合作。

随着 β的增大, 制造商将延滞成本转移到供应商, 虽然可以促使供应商提高产能生产剩余零部件, 但这并不能显著缩短生产延滞时间的期望值。这是由于制造商分担的生产延滞成本降低, 制造商的决策变量 t 增大。这也说明, 制造商的决策 t 对生产延滞时间的影响要大于供应商提高产能对生产延滞时间的影响。

(2) 订单签订概率 α 分别取 0.1~ 0.9, $P=2000$, $Q=100$ 进行数值试验, 结果如表 2、3 所示。

表 **2** 供应商的期望利润

α \ β	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	- 50	- 426	- 744	- 1029	- 1290	- 1534	- 1765	- 1985	- 2197
0.2	- 16	- 849	- 1489	- 2057	- 2580	- 3068	- 3530	- 3971	- 4393
0.3	478	- 334	- 1667	- 3034	- 3870	- 4602	- 5295	- 5956	- 6590
0.4	955	449	- 483	- 2018	- 4263	- 6126	- 7060	- 7941	- 8786
0.5	1403	1080	499	- 482	- 2190	- 5170	- 8698	- 9927	- 10983
0.6	1835	1629	1268	676	- 348	- 2287	- 6290	- 11843	- 13179
0.7	2259	2132	1917	1575	1001	- 58	- 2344	- 8403	- 15376
0.8	2677	2608	2492	2316	2030	1523	475	- 2376	- 14548
0.9	3091	3063	3018	2951	2847	2672	2333	1486	- 2390

从表 2 中可以看出, 在订单签订概率 α 非常小的情况下, 即使 β很小, 供应商也很难获得利润。随着 α增大, 使供应商能获得利润的 β 区间也随之增大。另一方面, 从表 3 中可以看出, 随着 α 增大, β的变化对制造商利润的影响越来越小。表 3 中, 当 α= 0.9时, β从0.1 变化到0.9, 制造商利润的期望值基本是稳定的。所以, 在客户订单签订的概率较大的情况下, 制造商可以在与供应商确定 β时做出一些让步, 使供应商能够获益更多, 有更大的积极性参与到合作中。

(3) 对单位时间延滞成本 P 分别取 1000、1600、2500, α= 0.7, $Q=100$, 进行数值试验, 结

果如表 4、5 所示。

表 **3**　制造商的期望利润

α \ β	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0.1	-600	264	909	1371	1740	2051	2324	2569	2793
0.2	-1110	528	1817	2743	3480	4103	4649	5138	5586
0.3	316	1514	2846	4116	5220	6154	6973	7707	8379
0.4	3380	4157	5024	5952	7026	8206	9297	10276	11171
0.5	7152	7675	8239	8827	9525	10435	11623	12846	13964
0.6	11304	11657	12024	12393	12818	13369	14177	15415	16757
0.7	15702	15931	16161	16383	16630	16939	17383	18153	19550
0.8	20286	20419	20549	20668	20796	20950	21161	21513	22367
0.9	25035	25093	25147	25194	25242	25297	25368	25478	25725

表 **4**　供应商的期望利润

β \ P	1000		1600		2500	
	ESP	t	*ESP*	t	*ESP*	t
0.1	2246	13.6	2255	10.8	2262	8.8
0.2	2125	14.5	2137	12	2129	10.8
0.3	1905	16.2	1911	14	1923	12.3
0.4	1484	18.9	1547	16	1602	14
0.5	740	22.4	926	18.6	1070	16
0.6	-691	27.9	-238	22.2	100	18.7
0.7	-3662	39.5	-2768	28.5	-1964	22.9
0.8	-7195	100.8	-8923	46.4	-7595	32.5
0.9	-8132	∞	-12670	∞	-18515	132.2

表 **5**　制造商的期望利润

β \ P	1000		1600		2500	
	EMP	t	*EMP*	t	*EMP*	t
0.1	16164	13.6	15834	10.8	15582	8.8
0.2	16260	14.5	15999	12	15869	10.8
0.3	16457	16.2	16245	14	16084	12.3
0.4	16746	18.9	16486	16	16290	14
0.5	17079	22.4	16756	18.6	16517	16
0.6	17512	27.9	17098	22.2	16799	18.7
0.7	18149	39.5	17596	28.5	17197	22.9
0.8	19100	100.8	18451	46.4	17885	32.5
0.9	20087	∞	19750	∞	19317	132.2

从表 4、5 可以看出, 在 P 较小时, 供应商的期望利润对 β的敏感性较强。这是因为, 在 P 较小时, 随着 β 的增大, 制造商承担的生产延滞成本很小, 决策 t 也就很大。而 t 越大, 供应商除了要承担更多的生产延滞成本, 另一方面还要更多地提高产能生产剩余的零部件。所以, 在 P 较小时, 供应商与制造商谈判确定 β过程中, 更需要尽可能争取较小的 β。

(4) 对订单批量 Q 分别取50、150、350, $\alpha = 0.7$, $P = 2000$, 进行数值试验, 结果如表 6、7 所示。

从表 6、7 可以发现, 在订单批量较小的情况下, 供应商和制造商的期望利润对 β 的敏感性都比较大, 这使得双方在确定 β时的博弈可能会较为激烈。而在订单批量较大的情况下, 制造商的期望利润对 β的敏感性要明显小于供应商, 此时制造商可以接受比较小的 β, 承担更多的生产延滞成本, 以提高供应商参与合作的积极性。

表 **6**　供应商的期望利润

β \ Q	50		150		350	
	ESP	t	*ESP*	t	*ESP*	t
0.1	1076	14.9	3438	6.4	8058	0
0.2	910	17.1	3317	8.1	8066	0
0.3	617	19.7	3115	9.7	7743	0.08
0.4	131	22.7	2806	11.3	7311	2
0.5	-709	26.9	2309	13.1	6698	3.8
0.6	-2250	33.6	1425	15.4	5761	5.7
0.7	-4968	48.7	-422	18.9	4112	8.1
0.8	-6949	145.6	-5559	26.1	286	12
0.9	-27688	∞	-22762	74.3	-18078	23.6

表 **7**　制造商的期望利润

β \ Q	50		150		350	
	EMP	t	*EMP*	t	*EMP*	t
0.1	5936	14.9	25654	6.4	64779	0
0.2	6186	17.1	25912	8.1	65927	0
0.3	6460	19.7	26154	9.7	66469	0.08
0.4	6750	22.7	26369	11.3	66780	2
0.5	7093	26.9	26594	13.1	67058	3.8
0.6	7543	33.6	26860	15.4	67338	5.7
0.7	8177	48.7	27224	18.9	67665	8.1
0.8	8992	145.6	27840	26.1	68130	12
0.9	9775	∞	29326	74.3	69179	23.6

6　结语

在全球化竞争日趋激烈的环境下, 产品的客户化程度越来越高, 客户要求的订单的交付提前期也越来越短。在这种情况下, 制造商或供应商在客户订单不确定的条件下, 提前开始备货生产, 已经在企业运作实践中非常普遍。本文将制造商向供应商提前下达零部件生产订单的时间作为决策变量, 并考

虑了供应商在客户订单确认后可以通过提高产能缩短供应时间的情况。通过建模分析,得出了在客户订单确认时间具有递增失效率(IFR)性质的条件下,制造商与供应商的最优决策方案。最后通过算例,验证了不同的生产延滞成本分担系数、订单签订概率、单位时间延滞成本和订单批量条件下,制造商的决策以及双方期望利润;并且还分析了不同 β对双方期望利润的影响。在现实中, β的确定往往是由制造商与供应商通过谈判确定,本文算例中的分析结论也可以为该环境下的企业谈判方向提供参考。

参考文献:

[1] Cole, J.. Boeing, pushing for record production, finds parts shortages, delivery delays[J]. Wall Street Journal, 1997, June 26.

[2] Loch, C. H., Terwiesch, C.. Rush and be wrong or wait and be late? A model of information in collaborative processes[J]. Production and Operations Management, 2005, 14(3): 331-343.

[3] Lee, H. L., Padmanabhan, V., Whang, S. J.. Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect [J]. Management Science, 1997, 43(4): 546-558.

[4] Eynan, A., Rosenblatt, M. J.. Assemble to order and assemble in advance in a single-period stochastic environment [J]. Naval Research Logistics, 1995, 42: 861-872.

[5] Hariga, M.. A single-period, multi-echelon stochastic model under a mix of assemble to order and assemble in advance policies[J]. Naval Research Logistics, 1998, 45: 599-614.

[6] Moon, I., Choi, S.. Distribution free procedures for make-to-order (MTO), make-in-advance (MIA), and composite policies[J]. Int. J. Production Economics, 1997, 48: 21-28.

[7] 肖勇波, 陈剑, 吴鹏. 产能和需求不确定情形下ATO系统最优库存和生产决策研究[J]. 中国管理科学, 2007, 15(5): 56-64.

[8] Cachon, G. P., Lariviere, M. A.. Contracting to assure supply: How to share demand forecasts in a supply chain [J]. Management Science, 2001, 47(5): 629-646.

[9] Cohen, M. A., Ho, T. H., Ren, Z. J., Terwiesch, C.. Measuring imputed cost in the semiconductor equipment supply chain[J]. Management Science, 2003, 49 (12): 1653-1670.

[10] Li, Q. Risk, risk aversion and the optimal time to produce[J]. IIE Transactions, 2007, 39: 145-158.

[11] 宋华明. 可变提前期的易逝品供应链协调[J]. 中国管理科学, 2007, 15(3): 68-74.

[12] 夏海洋, 黄培清. 随机需求下提前期可控的生产-库存联合优化模型[J]. 控制与决策, 2008, 23(6): 631-636.

[13] 叶耀华, 姚裕华. 一个信息不完全情况下提前期可控的整合库存模型及其算法[J]. 复旦学报(自然科学版), 2005, 44(2): 214-219.

[14] 陈志刚, 徐渝, 汪媛. 基于非线性提前期成本的供需一体化库存模型[J]. 系统工程理论与实践, 2008, 3: 64-70.

Supply Chain Coordinated Decision with the Uncertainty in the Soft Order

HUANG Kun[1], MA Shi-hua[1], LENG Kai-jun[2], ZHANG De-zhi[3]

(1. Management School, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;

2. Research Center of Hubei logistics development, Hubei University of Economics, Wuhan 430205, China;

3. School of Traffic & Transportation Engineering, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: In an assembly system whose product is highly customized, in order to deliver the final product as soon as possible, the assembly plant usually release the component order to the supplier when the detailed demand of the customer was clear but the customer order is still unconfirmed (soft order). However, due to the uncertainty in soft orders, the supplier has to take the risk of production in advance. In case that the soft order is canceled ultimately, as the component is also highly customized, the component is difficult to be consumed by the other orders and turn to the inactive stock. Under this circumstance, we studies the optimal time to release the component order and the optimal decision of supplier. The decision-making procedure is given in this paper, and the expected profit of assembler and supplier is analyzed by considering the sharing ratio of production delay costs with a numerical example.

Key words: soft order; release order in advance; produce in advance