

文章编号: 1003-207(2011)02-0147-08

跨企业组织协同产品开发中供应商 早期参与策略研究

马文建, 刘 伟, 李传昭

(重庆大学经济与工商管理学院, 重庆 400044)

摘 要:在跨企业组织的协同产品开发中, 供应商的参与时间和设计活动间的信息交流是影响整个产品开发时间和供应商开发成本的重要因素之一。基于对设计活动的技术创新程度和下游制造商信息对上游供应商的重要程度, 扩展了知识累积函数和设计返工函数。针对供应商的参与时间和信息交流次数, 建立了供应商参与协同产品开发模型, 通过构造考虑产品开发时间和供应商开发成本权衡的全局收益变量, 证明了全局收益极大值的存在性。在此基础上, 分别给出了供应商最优参与时间和最优的信息交流次数的计算公式以及供应商参与协同产品开发策略选择的判定条件。最后通过实例验证了该结论的适用性。

关键词:协同产品开发; 知识累积函数; 设计返工函数; 供应商早期参与; 供应商参与时间; 信息交流次数

中图分类号: TP391; TH166 **文献标识码:** A

1 引言

为在市场竞争中占据先机, 越来越多的制造商利用外包(Out-Sourcing)方式将供应商集成到新产品开发过程之中, 充分利用其领域知识和专业技能, 实现缩短开发时间, 减少开发成本, 提高产品质量。供应商早期参与新产品开发的好处是明显的, 然而对供应商而言, 其早期参与也具较大风险, 一方面, 由于供应商提前参与是依靠下游开发任务的初始信息启动开发进程, 当下游开发任务的最终信息完成后, 因为初始信息和最终信息之间存在的差异, 可能会导致供应商产生一定的设计返工, 增加额外的开发成本和开发时间, 影响到供应商的最终收益。太早参与, 则可能会大幅增加其设计返工成本; 太晚参与, 则会削弱供应商早期参与的效果。另一方面, 由于良好而充分的信息交流是保证产品开发成功的关键因素之一, 因此双方信息交流不充分或者信息的交流成本等因素也会导致供应商产生一定的设计返工。在这种情况下, 供应商选择何时参与以及信息交流的次数等问题成为了跨企业组织协同产品开发

中过程管理的关键问题之一。

理论上, 对供应商早期参与(Early Supplier Involvement, ESI)的研究最早始于 80 年代 Imai 等^[1]人对日本公司出众业绩影响因素研究。Clark 等^[2,3]的研究表明, 供应商早期参与能够缩短产品开发时间。同样的结论也被更多的研究所证实^[4-6]。然而, Eisenhardt 等^[7]指出供应商早期参与存在不确定性, Littler 等^[8]的实证研究表明, 40% 的调查对象指出供应商早期参与增加了其开发成本和产品上市时间。正是由于供应商早期参与在实践中具有不确定性, 使许多学者认识到, 为了能够成功的实施供应商早期参与, 有必要对供应商早期参与条件进行研究。Eisenhardt 等^[7]指出, 技术和市场的不确定性水平对供应商早期参与有影响, Hartley 等^[5]发现在供应商技术能力和缩短产品开发时间之间存在明显的正相关, 供应商技术能力越强则缩短的产品开发时间越多, Wasti 等^[12]也指出供应商的技术能力决定了供应商更早参与。文献^[9-11]提出项目创新程度是也影响供应商参与的因素之一。Ragatz 等^[6]认为, 在产品开发中过程管理对供应商参与的效果非常重要。然而, 正如 Handfield 等^[13]研究的表明, 许多公司虽然意识到供应商早期参与的好处, 但是却并不知道如何去真正实施。事实上, 关于供应商早期参与的理论研究也仅局限于信息系统^[14]和供应商选择方面^[13]。在单一组织背景下,

收稿日期: 2009-03-16; 修订日期: 2010-01-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(70472016)

作者简介: 马文建(1970-), 男(汉族), 重庆人, 重庆大学博士, 研究方向: 技术创新与产品创新管理。

Loch 等^[15]通过引入下游设计活动的平均工程更改率和上游设计活动的修改率建立了一个动态的分析模型,该模型以最小的上市时间为优化目标,计算了设计活动优化的介入时间以及设计活动间的信息交流次数,并提出只有同时考虑到设计活动的介入时间和信息交流次数才能得出全局的最优上市时间,但未考虑供应商参与协同产品开发中利益的独立性。叶飞等^[16]从供应商的角度出发,对供应商早期参与新产品开发的动机和模式进行了研究。龚国华^[17]研究了在产品开发中供应商参与程度对竞争力的影响等。

因此,在 Loch 等^[15,18]研究的基础上,考虑上游供应商利益的独立性,明确将下游设计任务的技术创新程度和下游信息对供应商的重要程度等因素纳入考察范围,通过扩展下游设计活动的知识累积函数和上游供应商的返工函数,建立供应商参与协同产品开发模型,构造包含整个产品开发时间与供应商开发成本权衡的全局收益函数,以全局收益最大为目标,研究供应商最优参与策略,即最优的参与时间和最优的信息交流次数,从而为供应商参与协同产品开发过程管理的提供决策参考。

2 供应商早期参与协开发过程描述

考虑由一个制造商和供应商共同完成的产品开发,供应商承担上游设计活动,估计完成时间为 T , 制造商承担下游设计活动,设计活动间存在信息依赖。首先假定设计活动间的信息交流是单向的,即上游设计活动的开展需要下游设计活动的某些信息输出,而下游设计活动则不需要上游的信息输出;其次,供应商在下游设计活动进行到 $t_0 \geq 0$ 时刻参与到协同产品开发的过程中,并且,供应商在随后的 $(T - t_0)$ 时间段内与下游设计任务进行 n 次信息交流,其中 $n > 1$,则每次信息交流的时间间隔为:

$$\Delta t = \frac{T - t_0}{n - 1}$$

供应商早期参与协同产品开发的信息交流过程如下:供应商在与下游设计活动完成第一次信息交流后,根据下游设计活动的初始信息,供应商工作 Δt 时间后,与下游设计活动进行第二次信息交流,此时由于下游设计活动设计信息的更新,为避免设计错误累积,供应商需要根据下游设计活动最新信息对已完成的部分工作进行修改,然后继续进行;当供应商工作 Δt 时间后,与下游设计活动再进行第三次信息交流,重复此过程直到下游设计活动完成为

止(如图 1 所示)。这样,供应商在每个 Δt 时间段内的工作时间分为两部分:一部分为需要根据下次最新信息进行某种程度的修改的部分,称为无效工作时间,另一部分为有效工作时间(包含为纠正上次无效设计所需的设计返工时间)。定义设计返工率 = 无效工作时间 / Δt , 如图 2 所示。

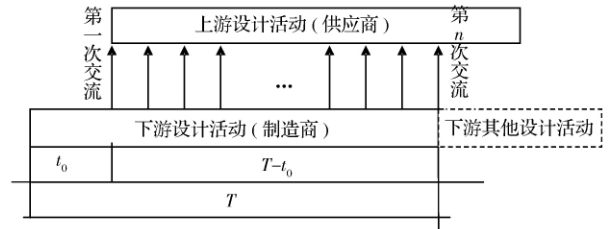


图 1 上游供应商早期参与协同产品开发模型示意图

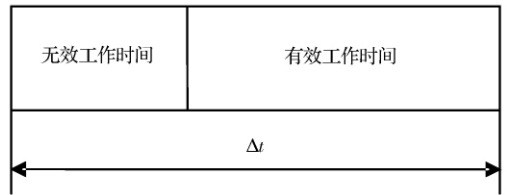


图 2 Δt 时间段内的工作时间示意图

供应商早期参与的时机选择体现在 $t_0 \geq 0$ 的选择上,而下游设计活动的进度和供应商的设计返工都会影响到对 $t_0 \geq 0$ 的选择。因此,为研究供应商早期参与协同产品开发时机的选择,需对下游设计活动的进度和供应商的设计返工进行描述。

3 知识累积函数和设计返工函数

3.1 知识累积函数的定义和扩展

从知识管理来看,每个设计活动均可视为一个不断产生新知识的过程,一个知识不断累积的过程,文献^[19-22]使用知识累积函数来描述设计活动的这种新知识与时间的动态变化过程,知识累积函数描述了知识累积程度与完成时间之间的关系,通过知识累积函数可以对其的初始信息和最终信息之间的差异以及设计信息的变动的进行评估和量化。然而对不同的供应商来说,由于其技术能力和管理能力的不同,相同的设计活动其创新程度是存在差异的,这种差异会影响到设计活动的完成时间和质量,并且对其参与的策略选择也有重要影响,因此在研究供应商早期参与策略中需考虑到设计活动的创新程度与供应商之间的这种依赖性,文献^[19-22]没有考虑这种依赖性。本文提出如下改进的知识累积函数

(见 3)。

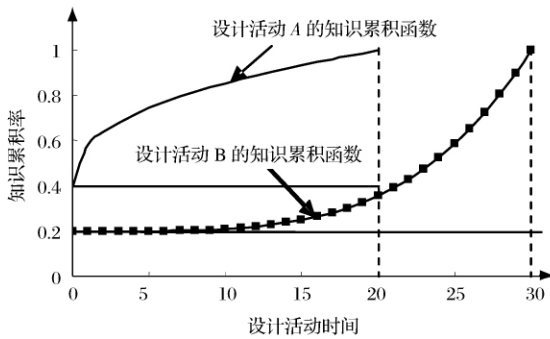


图 3 设计活动知识累积函数示意图

$$f(t) = k \times \left(\frac{t}{T}\right)^\alpha + (1 - k) \quad (1)$$

其中：

$f(t)$: 知识累积率；

t : 开发时间；

T : 估计完成时间, 此时间根据以往类似设计活动的经验和该设计活动具体的特性决定；

k : 创新度指数, 决定了知识累积函数与 y 轴的截距。该指数由根据设计活动的性质评估得来, $0 \leq k \leq 1$ 。当 $k = 0$, 此时知识累积函数为截距为 1 的一条直线, 说明该设计活动无任何创新性; 当 $k = 1$, 此时知识累积函数为从原点开始的一条曲线, 说明该设计活动的开展无任何现成的经验可以借鉴, 其创新程度为 100%。这两种设计活动在现实产品开发中非常少见, 其创新程度是介于这两种极端情况之间；

α : 知识累积演化路径指数, 决定了知识累积函数的形状, 由具体设计活动特性所决定, 见文献 [18], $\alpha > 0$ 。

3.2 供应商的设计返工函数

现代产品开发的基本特征之一就是其过程的迭代性^[23]。无论哪一种产品设计, 都不可能完全摆脱设计迭代, 设计迭代意味着重做, 它直接导致了进度风险和重复设计, 这种重复工作我们称为设计返工。

一般来讲, 当下游设计活动的信息对上游供应商越是重要, 那么对供应商的影响范围和程度越大, 其设计返工量一般也就越大; 当供应商在利用下游设计活动产生的信息时, 下游设计活动知识累积率越小, 则意味着供应商在工作时需要做出更多的假设, 其导致其设计返工量也就越大; 在下游设计活动知识累积率相同的情况下, 供应商技术能力实力越强, 则其假设越接近真实值, 其设计返工量就越小。基于此本文提出设计返工函数来描述了下游设计活

动知识累积率与供应商设计返工率之间的动态变化关系, 定义其数学形式如下(如图 4 所示)：

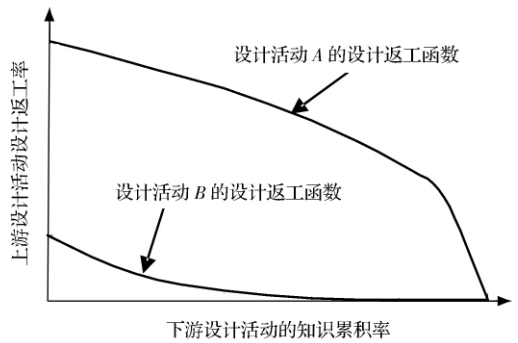


图 4 供应商的设计返工函数示意

$$g(x) = m(1 - x)^\beta \quad (2)$$

其中,

$g(x)$: 设计返工率；

x : 下游设计活动知识累积率, $0 \leq x \leq 1$ ；

m : 为下游信息对供应商设计活动开展的重要度, $0 \leq m \leq 1$ 。当 $m = 0$ 时, 说明下游设计活动的知识累积率不影响自己的工作, 不会造成设计返工; 当 $m = 1$ 是说明下游设计活动的信息对供应商的工作至关重要, 如果没有, 则供应商的设计活动无法开展, 即使勉强开展也面临极大的设计返工风险。 m 的大小决定了设计返工函数和 y 轴的截距；

β : 为供应商的技术能力指数, $\beta \geq 0$ 。从 $E(g(x)) = \int_0^1 g(x) dx = \frac{m}{\beta + 1}$ 得到设计返工率的期望值, 它反映了下游设计活动知识累积率对供应商的设计返工率的平均水平。在信息重要度 m 一定情况下, β 越大, 则平均返工率越小, 说明供应商的技术能力越强。因此 β 从设计返工的角度刻画了供应商的技术能力, 故称其为技术能力指数。该指数决定了设计返工函数的形状。

4 供应商早期参与协同产品开发模型

4.1 模型的数学描述

基于供应商参与协同产品开发的过程描述, 将式(1)代入式(2), 得：

$$g(t) = mk^\beta \left[1 - \left(\frac{t}{T_1}\right)^\alpha\right]^\beta \quad (3)$$

(3)式描述了供应商在不同时刻 t 参与时其设计返工率的大小, 也刻画了供应商对下游设计活动信息的动态依赖性。随着下游知识累积率的不断增加, 供应商的返工率逐渐减少。

根据式(3), 在第 i 个 Δt 时间段内供应商的设

计返工率、无效工作时间以及有效工作时间分别为：

$$\text{设计返工率: } g(t_i) = mk^\beta [1 - (\frac{t_i}{T_1})^\alpha]^\beta \quad (4)$$

$$\text{无效工作时间: } t'_i = g(t_i)\Delta t \quad (5)$$

$$\text{有效工作时间: } t''_i = [1 - g(t_i)]\Delta t \quad (6)$$

其中, $t_i = t_0 + (i - 1)\Delta t, i = 1, 2, \dots, n - 1$

那么,上游供应商的总无效工作时间和总有效工作时间分别为：

$$T_{\text{Rework}} = \sum_{i=1}^{n-1} t'_i \quad (7)$$

$$T_{\text{Effect}} = \sum_{i=1}^{n-1} t''_i \quad (8)$$

假设该产品的市场销售函数 f 是上市时间的线性函数,缩短产品开发时间也就是延长了该产品的生命周期。该产品原有的生命周期为 T ,通过实施供应商早期参与,该产品的实际生命周期由 T 变为 $T + \Delta T$,其中 $\Delta T = T_{\text{Effect}}$,定义 $f(t) = at + \theta$, a 为该产品在其生命周期中市场的单位时间边际利润率,其中 θ 是均值为零、方差为 σ^2 的正态分布的随机变量,代表外生的不确定因素,反映了该产品在市场的风险。实施供应商早期参与策略所获得的该产品增量利润为: $f(T_{\text{Effect}}) = aT_{\text{Effect}} + \theta$;该增量利润的获得是以供应商所付出的额外设计返工成本以及各自在产品开发过程中付出的额外的信息交流成本获得,总成本为:

$$T_{\text{Rework}}c_1 + (n - 1)(b_1 + b_2)$$

其中, c_1 为供应商设计返工的单位时间成本。一般来讲,供应商在其产品开发过程中,随着开发经验的积累,其设计返工成本随着开发过程的不断进行而减少,这就是设计返工成本的学习效应,本文不考虑这种学习效应,即 c_1 为常数; b_1 、 b_2 分别为制造商和供应商的每次信息交流成本,由于制造商和供应商之间至少要进行一次信息交流,供应商早期参与的信息交流成本为 $(n - 1)(b_1 + b_2)$,供应商早期参与协同产品开发行为产生的期望增量利润为:

$$E(\pi) = aT_{\text{Effect}} - T_{\text{Rework}}c_1 - (n - 1)(b_1 + b_2) \quad (9)$$

其中, aT_{Effect} 是该产品在市场上的利润, $T_{\text{Rework}}c_1$ 为设计返工成本, $(n - 1)(b_1 + b_2)$ 为制造商和供应商付出的信息交流成本。

为分析的简单起见,令 $\alpha = 1, \beta = 1$,此时知识累积函数和设计返工函数均为线性。则

$$g(t_i) = mk^\beta [1 - (\frac{t_i}{T_1})^\alpha]^\beta = mk(1 - \frac{t_i}{T_1}) \quad (10)$$

将(10)带入式(7)和式(8),经整理分别得到供

应商在 $T_1 - t_0$ 时间段内的有效工作时间和无效工作时间分别为：

$$T_{\text{Rework}} = \frac{mk(T_1 - t_0)^2 n}{2(n - 1)T_1} \quad (11)$$

$$T_{\text{Effect}} = T_1 - t_0 - \frac{mk(T_1 - t_0)^2 n}{2(n - 1)T_1} \quad (12)$$

将(11)、(12)代入(9),经整理,得到供应商早期参与的数学模型：

$$E(\pi(t_0, n)) = a(T_1 - t_0) - (n - 1)(b_1 + b_2) - (a + c_1) \frac{mk(T_1 - t_0)^2 n}{2T_1(n - 1)}$$

为使供应商早期参与行为获得全局收益最大,则问题转化为如下最优化问题：

$$\begin{aligned} &\max\{\pi(t_0, n)\} \\ &\text{s. t. } \begin{cases} n \geq 1 \\ 0 \leq t_0 \leq T_1 \\ 0 \leq m \leq 1 \\ 0 \leq k \leq 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (13)$$

4.2 模型的求解

从(13)得一阶条件为：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial t_0} &= -a + \frac{mk(a + c_1)(T_1 - t_0)n}{T_1(n - 1)} \\ \frac{\partial \pi}{\partial n} &= -(b_1 + b_2) + \frac{mk(a + c_1)(T_1 - t_0)^2}{2T_1(n - 1)^2} \end{aligned}$$

二阶条件为：

$$\begin{aligned} A &= \frac{\partial^2 \pi}{\partial t_0^2} = -\frac{mk(a + c_1)n}{T_1(n - 1)} \\ B &= \frac{\partial^2 \pi}{\partial t_0 \partial n} = -\frac{mk(a + c_1)(T_1 - t_0)}{T_1(n - 1)^2} \\ C &= \frac{\partial^2 \pi}{\partial n^2} = -\frac{mk(a + c_1)(T_1 - t_0)^2}{T_1(n - 1)^3} \\ B^2 - AC &= -\frac{m^2 k^2 (a + c_1)^2 (T_1 - t_0)^2}{T_1^2 (n - 1)^3} \end{aligned} \quad (14)$$

根据二元函数极值存在的充分条件可知,目标函数 π 是否存在极值关键在于式(14)和 $A = \frac{\partial^2 \pi}{\partial t_0^2}$ 的正负。下面对式(14)分以下两种情况进行讨论：

(1)当 $B^2 - AC \neq 0$ 时,从(14)式知,此时需要下游设计活动的技术创新程度 $k > 0$,下游设计信息对供应商的重要程度 $m > 0$,并且供应商的参与时间 $t_0 < T_1$ 成立。显然,在这种情况下, $B^2 - AC < 0$, $A = \frac{\partial^2 \pi}{\partial t_0^2} < 0$,目标函数存在极大值,最优参与时间和最优信息交流次数由下列条件决定：

$$\frac{\partial \pi}{\partial t_0} = -a + \frac{mk(a + c_1)(T_1 - t_0)n}{T_1(n - 1)} = 0$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial n} = -(b_1 + b_2) + \frac{mk(a + c_1)(T_1 - t_0)^2}{2T_1(n - 1)^2} = 0$$

解之得:

$$\begin{cases} t_0^* = T_1 - \frac{aT_1}{mk(a + c_1)} \left[1 - \frac{1}{a} \sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}} \right] \\ n^* = a \sqrt{\frac{T_1}{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}} \end{cases} \quad (15)$$

(2) 当 $B^2 - AC = 0$ 时, 有如下三种情况:

① $m = 0$ 时, 表明供应商虽然对下游设计任务的信息存在依赖, 但是下游设计任务的信息对供应商的设计活动过程中的地位无足轻重, 即使该信息发生变化, 也不会造成设计返工或者设计进程的延迟。

② $k = 0$ 时, 从技术能力创新程度 k 的定义可知, 下游设计活动的信息完全确定, 供应商不会产生设计返工。

③ $t_0 = T_1$ 时, 说明此时供应商的参与时间必须等到下游设计活动完成之后才开始。可能的原因是下游设计任务信息的知识不确定性非常大 ($k \ll 1$), 或者该信息对自己的活动开展极其重要 ($m \approx 1$), 如果供应商贸然提前进行, 一旦下游设计开发信息发生改变, 那么就会产生极其高昂的返工成本。此时供应商早期参与行为演变为传统的串行设计产品流程。

4.3 供应商早期参与协同产品开发策略讨论

1) 供应商串行参与模式的判定条件

从(15)可知, 供应商串行参与模式需条件:

$$\begin{aligned} t_0^* &= T_1 - \frac{aT_1}{mk(a + c_1)} \left[1 - \frac{1}{a} \sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}} \right] \\ &\geq T_1 \end{aligned}$$

成立, 解之得:

$$mk \geq \frac{a^2 T_1}{2(a + c_1)(b_1 + b_2)} \quad (16)$$

式(16)说明当下游设计的技术创新程度 k 与重要程度 m 的乘积大于某一值之后, 供应商不能选择提前参与, 只能等下游设计任务完成之后参与, 此为供应商的最优参与策略。

可能的原因是下游设计活动的创新程度非常大, 并且下游设计活动信息对供应商设计活动的开展非常关键, 如果选择提前参与, 设计返工成本非常高, 或者, 信息交流成本非常大, 或者缩短产品开发时间的预期收益非常小等等。

在这种情况下, 供应商在重叠期间的无效工作

$$\text{时间为: } T_{\text{Rework}} = \frac{mk(T_1 - t_0)^2 n}{2(n - 1)T_1} = 0$$

2) 供应商平行参与模式的判定条件

从(15)得,

$$\begin{aligned} t_0^* &= T_1 - \frac{aT_1}{mk(a + c_1)} \left(1 - \frac{1}{a} \sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}} \right) \\ &\leq 0 \end{aligned}$$

解之得:

$$\sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}} \leq a - mk(a + c_1) \quad (17)$$

式(17)即为供应商选择下游设计活动一开始时参与的条件。如果参数满足此不等式, 则供应商选择此策略为最优。

可能的原因有下游设计活动的信息对供应商的设计活动的重要程度 m 非常小或者下游设计活动的创新程度 k 非常小, 或者缩短产品开发时间的单位时间收益特别高且设计返工成本特别小, 或者, 信息交流成本非常小等等。

在这种情况下, 供应商在重叠期间的无效工作时间为:

$$T_{\text{Rework}} = \frac{mk(T_1 - t_0)^2 n}{2(n - 1)T_1} = \frac{mkT_1 n^*}{2(n^* - 1)}$$

(3) 供应商提前参与模式的判定条件

显然供应商可以提前参与的条件为:

$$\begin{aligned} mk &< \frac{a^2 T_1}{2(a + c_1)(b_1 + b_2)} \\ \text{或} \sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}} &> a - mk(a + c_1) \quad (18) \end{aligned}$$

在这种情况下, 供应商在重叠期间的无效工作

$$\text{时间为: } T_{\text{Rework}} = \frac{mk(T_1 - t_0^*)^2 n^*}{2(n^* - 1)T_1}$$

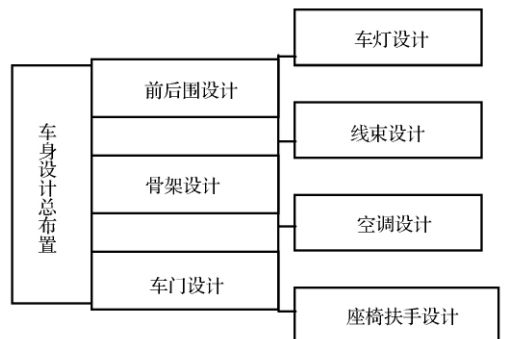


图 5 车身设计主要内容示意图

5 实例

以重庆某客车企业某型号客车开发中车身与车灯系统设计为例,车身的研制和开发由该客车企业负责,车身设计主要内容如图 5 所示。车灯系统是汽车中的重要安全部件,它使驾驶员能及时了解汽车行驶环境的状况,保证行车安全,同时车灯也是汽车重要的外饰件,起到画龙点睛的作用。但是由于产品开发时间非常短,不能按照以往等待前后围和

车门设计完成之后再继续进行车灯系统设计。

因此,该企业需对车灯系统供应商提前参与做出评估,以便决定采取何种措施比如提高外购价格、更换车灯供应商等等,来保障产品开发的成功。通过与车身设计中的相关专家和车灯供应商的交流以及召开联合会议收集相关数据,运用模糊综合评价方法,车身设计中相关专家和车灯供应商中的专家对所需参数进行了评估,相关结果见表 1。具体步骤如下:

表 1 相关参数评估结果表

设计活动	单位时间的平均利润率(元/天)	技术创新程度 (k)	信息重要程度 (m)	单位成本 (元/天)	平均信息交流成本(元/天)	完成时间 (天)(T)
车身设计	1200	0.3889	/	/	90	64
车灯系统供应商	/	/	0.577	560	120	51

说明:

(1)车灯供应商在前后围设计完成后,其主要的技术指标基本“凝固”,车身设计中完成时间是指从车身造型设计到前后围设计完成的这段时间。

(2)产品开发的单位时间的平均利润:由于本产品是订单驱动的,其产品数量和产品的销售价格是事先按合同规定,因此通过采取供应商早期参与的利润增量可以理解为该产品延期交付给客户的罚金以及信誉的损失费用。通过调研,车灯供应商能够有效缩短产品开发的单位时间的平均利润为 1200 元。

(3)信息交流成本:双方约定的信息交流手段有电子邮件、传真、电话以及互派人员的工资、补贴等所产生的单位时间的平均费用。

①构造知识累积函数和设计返工函数

根据表 1 中的评估参数,车身设计的知识累积函数和车灯系统供应商的设计返工函数分别为:

车身设计的知识累积函数:

$$f(t) = 0.3889 \times \left(\frac{t}{64}\right) + 0.6111$$

其中 $0 \leq t \leq 64$ 。

车灯系统供应商的设计返工函数:

$$g(x) = 0.577 \times (1 - x)$$

②对能否采用提前参与模式进行判断。

分别计算 mk 和 $\frac{a^2 T_1}{2(a + c_1)(b_1 + b_2)}$ 得:

$$mk = 0.2244, \frac{a^2 T_1}{2(a + c_1)(b_1 + b_2)} = 124.68$$

显然有 $mk < \frac{a^2 T_1}{2(a + c_1)(b_1 + b_2)}$ 成立,因此车

灯供应商能够采用提前参与的模式。

③判断能否采用平行参与模式。

分别计算 $\sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}}$ 和 $a - mk(a + c_1)$ 得:

$$\sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}} = 50.91, a - mk(a + c_1) = 805.056$$

显然有:

$$\sqrt{\frac{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}{T_1}} < a - mk(a + c_1) \text{ 成立。}$$

根据供应商平行参与模式的判定条件知,车灯供应商可以采用平行参与模式。

④计算结果

最优的参与时间为: $t^* = 0$, 最优的信息交流次数为:

$$[n^*] = \left[a \sqrt{\frac{T_1}{2mk(a + c_1)(b_1 + b_2)}} \right] = [23.57] = 24 \text{ 次}$$

根据计算结果,该客车企业与车灯供应商进行协商,通过将来优先供货权的方式对供应商的返工成本进行补偿,制定了详细的产品开发过程规划,并且根据产品开发过程规划规定了每次信息交流的具体内容,以保证交流的效率。通过此办法,项目最后比预计的交货期提前了 14 天左右。

6 结语

本文从下游设计活动的技术创新程度和下游设

计活动信息对供应商的重要程度入手, 扩展了知识累积函数和设计返工函数, 建立了供应商早期参与协同产品开发的数学模型, 构造了考虑产品开发和开发成本的权衡的全局收益函数, 得出了计算供应商的最优参与时间和最优信息交流次数的公式, 提出了供应商早期参与协同产品开发的判定条件。最后用实例对其适用性进行了验证。

参考文献:

- [1] Imai, K. , Nonaka, I. , Takeuchi, H. . Managing The New Product Development Process: How The Japanese Companies Learn And Unlearn[Z]. In The Uneasy Alliance, 1985.
- [2] Clark, K. B. , Fujimoto, T. . Overlapping Problem Solving In Product Development[C]. In Managing International Manufacturing, K. Ferdows (Ed) , Elsevier Science, Amsterdam, 1989.
- [3] Clark, K. B. , Fujimoto, T. . Product Development Performance: Strategy, Organization And Management In The World Auto Industry [M]. Harvard Business School Press, 1991.
- [4] Kamath, R. R. , Liker, J. K. . A second look at japanese product development [J]. Harvard Business Review, 1994, 154—170.
- [5] Hartley, J. L. , Zirger, B. J. , Kamath, R. R. . Managing the buyer-Supplier interface for On-Time performance in product development[J]. Journal Of Operations Management, 1997, 15(1): 57—70.
- [6] Ragatz, G. L. , Handfield, R. B. , Scannell, T. V. . Success factors for integrating supplier into new product development[J]. The Journal Of Product Innovation Management, 1997, 14(3): 190—203.
- [7] Eisenhardt, K. , Tabrizi, B. N. . Accelerating adaptive processes: Product innovation in the global computer industry[J]. Administrative Science Quarterly, 1995, 40(1): 84—110.
- [8] Littler, D. , Leverick, F. , Bruce, M. . Factors affecting the process of collaborative product development: A study of UK manufacturers of information and communications technology products[J]. Journal Of Product Innovation Management, 1995, 12(3): 16—32.
- [9] Wheelwright, S. C. , Clark, K. B. . Revolutionizing Product Development. Quantum Leaps In Speed, Efficiency, And Quality [M]. New York: The Free Press, 1992.
- [10] Henderson, R. M. , Clark, K. B. . Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35: 9—30.
- [11] Luthardt, S. , Mörchel, J. . The Impact Of Different Types Of Innovations On Industrial Networks [C]. Proceedings Of 16th IMP Conference, 2000.
- [12] Wasti, S. N. , Liker, J. K. . Collaborating with suppliers in product development: A U. S. and japan comparative study[J]. IEEE Transactions On Engineering Management, 1999, 46(4): 444—461.
- [13] Handfield, R. B. , Ragatz, G. L. , Petersen, K. J. , Monczka, R. M. . Involving suppliers in new product development [J]. California Management Review, 1999, 42(1): 59—82.
- [14] Vroom, R. W. . A general example model for automotive suppliers of the development process and its related information[J]. Computers In Industry, 1996, 31: 255—280.
- [15] Loch, C. H. , Terwiesch, C. . Communication and uncertainty in concurrent engineering [J]. Management Science, 1998, 44(8): 1032—1048.
- [16] 叶飞, 李怡娜, 徐学军. 供应商早期参与新产品开发的动机与模式研究[J]. 研究与发展管理, 2006, 18(6): 51—57.
- [17] 龚国华. 产品开发中供应商参与程度对竞争力的影响分析[J]. 研究与发展管理, 2006, 18(3): 80—84.
- [18] Terwiesch, C. , Loch, C. H. , Meyer, A. D. . Exchanging preliminary information in concurrent engineering: alternative coordination strategies[J]. Organization Science, 2002, 13(4): 402—419.
- [19] Krishnan, V. , Eppinger, S. , Whitney, D. . Iterative overlapping: Accelerating product development by preliminary information exchange[Z]. in Proc. ASME Design Theory and Methodology Conf. , DE—vol, 1993, 53: 223—231.
- [20] Krishnan, V. , Eppinger, S. , Whitney, D. . Accelerating product development by the exchange of preliminary product design information [J]. Mechanical Design, 1995, 117: 491—498.
- [21] Zczanski-Sobieski, J. S. . Multidisciplinary optimization for engineering systems: Achievements and potential[Z]. Langley Research Center, Hampton, VA, NASA TM 101566, 1989.
- [22] Yassine, A. A. , Chelst, K. R. , Falkenburg, D. R. . A decision analytic framework for evaluating concurrent engineering[J]. IEEE transactions on engineering management, 1999, 46(2): 144—157.
- [23] Steward, D. V. . The design structure system: A method for managing the design of complex system[J]. IEEE Trans. on Engineering Management, 1981, 8: 71—74.

Study on Strategy of Early Supplier Involvement in the Inter-organizations Collaborative Product Development

MA Wen-Jian, LIU Wei, LI Chuan-zhao

(College of Economics and Business Administration, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: Involvement time of supplier and information communication among activities is important factors that influence product development time and cost in the inter-organizations collaborative product development. The knowledge accumulation function and rework function are presented based on innovation of activity and importance of downstream activity information. Next, a model is presented about Early Supplier Involvement (ESI) aim for involvement time of supplier and information communication frequency, and a variable of global gain is constructed considering trade-off between product development time and supplier's cost, the existence of maximum of global gain is proved. Based on this, the computing formulas of optimal involvement time and communication frequency is respectively given, and the strategy for Early Supplier Involvement (ESI) is presented. Finally, an example is given to verify the result.

Key words: collaborative product development; knowledge accumulation function; rework function; early supplier involvement (ESI); involvement time of supplier; communication frequency