

③

12-19

# 新产品开发的最优战略均衡模型

郑绍濂<sup>①</sup> 翟 丽  
(复旦大学管理学院)

F273.1

**【摘要】**在分析了产品开发时间、产品开发成本、单位产品成本和产品质量这4个战略因素之间权衡关系的基础上,运用最优控制理论,建立了关于成本、质量、时间的最优战略均衡模型,通过对该最优控制问题的求解,揭示了4个战略因素之间的最优均衡关系。

**关键词:**产品开发时间,产品开发成本,单位产品成本,产品质量,最优控制理论

## 0 引言

新产品开发, 均衡模型, 企业

新产品开发项目取得成功的关键是要提高新产品开发的绩效。新产品开发的绩效可以从3个方面来衡量:即成本(包括开发成本和单位产品成本)、质量和时间。实际上,一个成功的产品开发项目就是要以低的开发成本、快的开发速度开发出质量高且成本低的产品。因此,成本、质量和时间是新产品开发的基本战略要素。

新产品开发的开发成本、开发时间、单位产品成本和产品质量这4个战略因素之间互相联系、相互依赖。在传统的新产品开发过程中,上述4个开发战略目标往往难以同时实现。例如,对于同一个产品开发项目而言,如果要加速产品开发,产品的质量就会受影响,同时由于时间过紧将造成资源紧缺并增加额外费用,从而导致开发成本的增加;同样,如果着眼于提高产品质量,必然要花费较多的产品开发时间,开发成本也会相应地增加;如果力求降低单位产品成本和产品开发费用,相应地,产品的质量就会打折扣。因此,这4个战略要素之间需要彼此权衡。

然而,面对竞争日益激烈的环境,企业不能单单着眼于某个战略要素。当产品开发项目追求某一开发战略目标时,应该同时考虑它可能对其他战略因素产生的影响,根据这些战略目标之间的相互作用关系制定出一个最优均衡战略,以便实现新产品开发的最终目标,即企业的利润最大化及增强企业的竞争优势。如图1所示。

## 1 成本、质量、时间战略的权衡分析综述

关于成本、质量、时间之间的战略权衡研究,大多数学者局限于某两个战略要素之间,即在产品质量和单位产品成本保持不变的情况下,考察开发过程中的量,即开发与成本之间的权衡关系,或在开发与成本保持不变的情况下,考察开发结果的量,即产品质量与单位产品成本之间的权衡关系。

开发与成本之间的权衡关系可以用时间—成本权衡函数(time-cost trade off function)来表示<sup>[1]</sup>  $c = f(t)$ 。其中  $c$  表示新产品开发的成本,  $t$  表示产品开发时间。许多实证研究<sup>[2]</sup> 显示,产品开发成本会随着产品开发时间的缩短而增加,而且增加的幅度越来越大。因此,产品开发成本是关于产品开发

① 郑绍濂,教授,博士生导师,通讯地址:复旦大学管理学院,邮编:200433。

时间的凹函数,如图2所示。

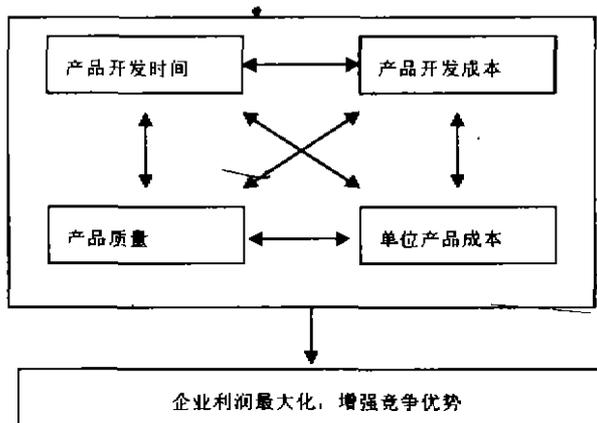


图1 实现成本、质量、时间的最优战略均衡

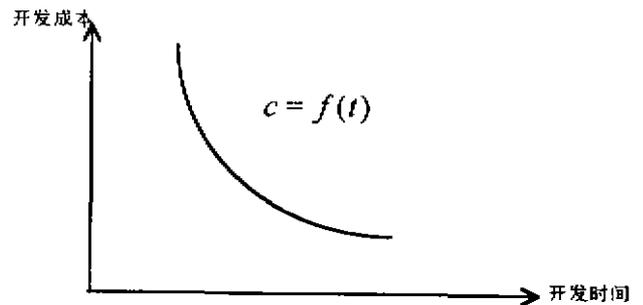


图2 时间—成本权衡函数

其中  $dc/dt < 0$ , 而且  $d^2c/dt^2 > 0$ 。此外,开发成本关于开发时间的弹性  $-\frac{dc}{dt} \cdot \frac{t}{c}$  反映了开发成本对时间变化的敏感程度。

通过对时间—成本权衡函数的估计,特别是对开发成本关于开发时间弹性的估计,可以指导企业制定相应的产品开发战略。

另外一些研究<sup>[3]</sup>表明,单位产品成本与产品质量之间同样存在着权衡关系,即虽然较高的产品质量将会带来较好的市场占有率,但同时也会导致高的单位产品成本。

以上研究都是通过对企业的调查,采用实证分析的方法,说明成本、质量、时间战略要素之间存在着权衡关系。Cohen(科恩)等人<sup>[4,5]</sup>则用数理分析的方法对这一问题做了一系列的研究。

科恩等人运用最优控制理论,建立了一个产品开发多阶段过程的最优化模型,第1次把新产品开发过程中的决策变量——产品开发时间、开发成本,与新产品开发的结果——产品性能,在同一个模型中系统地反映出来,对企业制定新产品开发的战略很有指导意义。

但是科恩等人的研究也存在一定的局限性,具体表现在以下几个方面:

- 产品开发的多阶段划分不甚合理。他们把整个产品生命周期划分为三大阶段,即开发过程中的设计阶段、工艺阶段以及产品上市后的市场营销阶段。这样的划分把产品开发看作一个串行的过程,完全没有考虑并行工程的效果。而实际上,产品开发的设计与工艺阶段是并行工程发挥作用的关键阶段,在并行工程中,这两个阶段之间很难有清晰的时间界限。

- 模型中分析的是产品性能(而非产品质量)与开发时间之间的权衡。实际上,产品性能仅反映了产品质量的一个侧面,对产品性能与产品质量的度量不能完全等同。

- 模型中没有考虑货币的时间价值,而不考虑货币的时间价值因素,会削弱产品快速进入市场的价值,特别是对于产品生命周期较长的产品。

- 模型中度量产品开发成本时主要考虑了劳动力成本,而把产品开发中的资本投入作为一次性投入,认为资本投入是一个与时间无关的量。

本文借鉴科恩等人的最优控制建模思想,针对他们模型中存在的问题做了改进和拓展,并在此基础上建立了关于成本、质量、时间的最优战略均衡模型。该模型把开发时间、开发成本、产品质量和单位产品成本这4个开发战略因素放在同一个最优系统中,通过求解最优控制问题,试图揭示这4个战略因素之间的最优均衡关系。

## 2 产品开发的最佳战略均衡模型

### 2.1 模型的基本假设

模型的基本假设如图3所示.

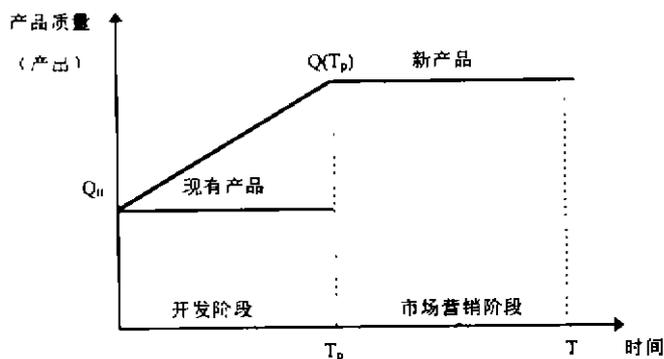


图3 模型的基本假设图解

新产品是在现有产品的基础上开发的,即新产品的质量起点为  $Q_0$ ,新产品上市后将彻底替代现有产品.若企业所开发的是一种全新的产品,则  $Q_0 = 0$ .

4) 产品开发过程是一个质量不断提高、累计的过程.假设企业提高产品质量的方式有很多,则质量是时间的连续函数,计作  $Q(t)$ .在时间  $T_p$  处,新产品以质量  $Q(T_p)$  上市,且上市后便保持该质量直到  $T$  点.在新产品上市以前,现有产品以质量  $Q_0$  占据市场.

5) 企业经营的目的:在  $T$  时间内,通过销售现有产品和开发新产品,保证企业的利润最大化.

### 2.2 模型的建立

产品开发的4个战略因素即开发时间、开发成本、产品质量和单位产品成本的定义如下:

**产品开发时间:**即整个产品开发过程所占用的时间,用  $T_p$  表示.

**产品开发成本:**即产品开发过程中的投入,用  $C$  表示.它包括两部分,即劳动力投入和资本投入.其中,劳动力投入用投入的工时数来度量,记作  $L(t)$ ;资本投入则包括生产设备、厂房的投入、生产启动费用、市场启动费用,记作  $K(t)$ .假设  $L(t)$ 、 $K(t)$  都是关于时间的连续函数,则在时刻  $t$  的产品开发成本  $C(t)$  可以表示为

$$C(t) = \omega_k K(t) + \omega_l L(t) \quad (1)$$

其中:  $\omega_k, \omega_l$  分别表示单位资本的成本和单位工时的工资,假设它们在产品开发过程中均为常数.则产品开发总成本的现值为

$$TC(T_p) = \int_0^{T_p} [\omega_k K(t) + \omega_l L(t)] e^{-rt} dt \quad (2)$$

因此,关于产品开发成本的决策就是关于  $K(t)$  和  $L(t)$  的决策.

**产品质量:**本模型中的产品质量是一种全面产品质量(Total Product Quality)的概念<sup>[6]</sup>,它表明在产品开发过程中,首先要通过市场研究来确定产品的质量特征,然后产品的质量特征被转化为产品的属性,最后通过制造过程保证产品被“精确”地制造出来以符合产品规范.该过程中忽略任何一步都不能产生一个高质量的产品,因此产品质量可以用这样一个函数表示

$$Q(t) = Q(q_1, q_2, q_3) \quad (3)$$

其中  $q_1$ :从用户的角度定义的质量,是顾客所认知的质量(perceived quality),表示对顾客需求的反映程度,即设计出的产品与顾客需求相匹配的程度.相匹配的程度高说明产品的质量高.

1) 设产品的生命周期为  $T$ ,且  $T$  固定.这表明产品的机会窗口固定,错过了这个机会窗口,产品将一钱不值.

2) 产品的整个生命周期划分为两个阶段,即产品开发阶段和市场营销阶段.其中,产品开发阶段包括从产品构思到产品上市的全过程,其所需时间记为  $T_p$ ,新产品上市以后的营销阶段的时间则为  $T - T_p$ .新产品开发阶段多持续一天,意味着新产品上市将延迟一天,则新产品创利的机会就少一天.

3) 企业现有一个质量为  $Q_0$  的产品,

$q_2$ :从产品本身性能的角度定义的质量,是设计质量(design quality),用产品所具备的性能、特征及属性的数量来度量.所具备的性能及特征、属性越多、说明产品的质量越高.

$q_3$ :从制造的角度定义的质量,是一致性质量(conformance quality),用制造出的产品与其设计规范之间的误差大小来度量.误差小说明产品质量高,误差大说明产品的质量低.它反映了产品制造与设计规范相一致的程度.

$Q(t)$  与  $q_1(t)$ 、 $q_2(t)$ 、 $q_3(t)$  之间的关系可以用线性函数表示<sup>[7]</sup>,具体地

$$Q(t) = \eta_0 + \eta_1 q_1(t) + \eta_2 q_2(t) - \eta_3 q_3(t) \quad (4)$$

其中, $\eta_0$  为除  $q_1(t)$ 、 $q_2(t)$ 、 $q_3(t)$  以外的其他因素对全面产品质量的贡献, $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3$  分别为  $q_1(t)$ 、 $q_2(t)$ 、 $q_3(t)$  的比例常数,它们都为大于零的常数.

由于产品开发是一个质量不断改进、累计的过程,而产品质量的改进实际上就是从一种质量状态上升到另一种质量状态<sup>[8]</sup>,可以把  $q_1(t)$ 、 $q_2(t)$ 、 $q_3(t)$  改进的速度记为  $\dot{q}_1$ 、 $\dot{q}_2$ 、 $\dot{q}_3$ .如果把产品质量改进的速度看做产品开发过程的产出,把劳动力与资本当做产品开发过程的投入,则可以估计出相应的产品开发生产函数.这里假设它们满足 Cobb - Douglas 生产函数,具体地可以表示为

$$\dot{q}_1 = a_1 L^\alpha K^\beta \quad (5)$$

$$\dot{q}_2 = a_2 L^\alpha K^\beta \quad (6)$$

$$\dot{q}_3 = -a_3 L^\alpha K^\beta \quad (7)$$

其中, $a_i$  为大于零的比例常数, $\alpha$ 、 $\beta$  分别为劳动力和资本的生产率参数,假设产品质量的改进关于劳动力和资本规模收益递减,则  $0 < \alpha + \beta < 1$ .

**单位产品成本:**这里试图通过产品质量来确定单位产品成本.

许多研究表明,产品质量与单位产品成本有一定的相关性<sup>[9,10]</sup>,然而究竟是正相关还是负相关,不同学者观点不同.

产品质量与产品成本正相关的观点主要来自市场营销学家<sup>[3]</sup>.这种观点隐含这样一种假设,即产品质量的差异主要是由产品性能、产品特征、产品的耐用性等产品属性决定的,要改进这些产品属性就必然要花费更多的物料、零部件以及额外的劳力投入,因此产品成本必然增加.这种观点在美国企业中占主导地位.

产品质量与产品成本负相关的观点主要来自运营管理者,他们认为改进产品质量即提高产品制造与设计规范的一致性,将减少由于返工、废品及修理所造成的成本支出,这种节省所带来的变相收益高于改进产品质量的花费,因此,产品成本随产品质量的改进而减少.根据这种观点,质量是“无纰漏”的同义词,因此有关的成本也叫做质量成本(quality costs)<sup>[11]</sup>.日本制造商常持有这样的观点.

有关的实证分析则分别证实了上述两种观点,因为所考虑的行业不同,分析结果也有较大的差异<sup>[9]</sup>.这种差异可能是由于来自不同行业的企业对产品质量的定义不同造成的,如对于化工行业来说,产品质量往往被定义为符合规范,而对于从事生产资料生产的企业来说,产品质量往往被定义为产品的性能、特征.

由于本模型中对产品质量的定义全面反映了顾客认知质量、设计质量和一致性质量,因此可以综合上述两种观点,即产品成本将随产品的顾客认知质量、设计质量、制造与规范之间的误差的增加而增加,具体可以用下面的线性函数关系表示

$$c(t) = \theta_0 + \theta_1 q_1(t) + \theta_2 q_2(t) + \theta_3 q_3(t) \quad (8)$$

其中, $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$  分别为增加  $q_1$ 、 $q_2$ 、 $q_3$  所带来的边际成本, $\theta_0$  为常数项, $\theta_i > 0, i = 0, 1, 2, 3$ .

由于企业的目的是追求利润最大化,现在来确定与利润有关的量.

**市场占有率:**本模型关于市场占有率作如下的假设:假设企业所生产的产品是技术含量较高的工业品,产品的质量是市场占有率的唯一决定因素.因此,该企业的产品的市场占有率可以表示为

$$S(t) = \frac{Q_0}{Q_0 - Q_c} \quad \text{当 } 0 \leq t < T_p \text{ 时} \quad (9)$$

$$S(t) = \frac{Q(T_p)}{Q(T_p) + Q_c} \quad \text{当 } T_p \leq t < T \text{ 时} \quad (10)$$

其中,  $Q_c$ : 竞争者的产品质量, 假设竞争者的产品质量在本企业新产品开发前后无改变.

$Q_0$ : 现有产品的产品质量, 假设在新产品上市以前现有产品的产品质量保持不变.

$Q(T_p)$ : 新产品的产品质量, 假设新产品的产品质量在其上市后到其生命周期终止的这段时间内保持不变.

**销售净收入:** 在某一时刻  $t$ , 企业的销售净收入应该是该时刻产品的市场需求量与产品的边际利润以及产品的市场占有率的乘积, 即

$$R(t) = D(t) \cdot S(t) \cdot [p(t) - c(t)] \quad (11)$$

其中,  $R(t)$  为企业在时刻  $t$  的销售净收入,  $D(t)$  为时刻  $t$  时的市场需求量,  $p(t)$  为在时刻  $t$  时的产品价格,  $c(t)$  为时刻  $t$  时的单位产品成本.

这样, 到时刻  $t$  为止的销售净收入的现值累计为

$$TR(t) = \int_0^t R(s)e^{-rs} ds \quad (12)$$

若假设现有产品的市场需求量为  $D_0$ , 新产品上市后市场需求量为  $D_1$ ; 假设产品的价格在产品上市期间均保持不变, 即现有产品的价格为  $p_0$ , 新产品的价格为  $p_1$ ; 假设现有产品的单位成本为  $c_0$ , 新产品的单位成本记为  $c(T_p)$ .

则  $D(t) = D_0, c(t) = c_0, p(t) = p_0, \quad \text{当 } 0 \leq t < T_p \text{ 时,}$   
 $D(t) = D_1, c(t) = c(T_p), p(t) = p_1, \quad \text{当 } T_p \leq t \leq T \text{ 时,}$

则表达式(11)可以改写为

$$R(t) = D_0 \cdot (p_0 - c_0) \cdot \frac{Q_0}{Q_0 + Q_c} \quad \text{当 } 0 \leq t < T_p \text{ 时} \quad (13)$$

$$R(t) = D_1 \cdot [p_1 - c(T_p)] \cdot \frac{Q(T_p)}{Q(T_p) + Q_c} \quad \text{当 } T_p \leq t \leq T \text{ 时} \quad (14)$$

**销售利润:** 企业到时刻  $t$  为止的销售利润累计为

$$T\Pi(t) = TR(t) - TC(t) = \int_0^t [R(s) - C(s)]e^{-rs} ds \quad (15)$$

其中  $TC(t)$  为到时刻  $t$  为止的开发总成本的现值, 企业在整个产品生命周期  $[0, T]$  内的开发总成本即为在  $[0, T_p]$  内新产品的开发总成本, 所以由(2)可得

$$TC(T) = \int_0^T C(t)e^{-rt} dt = \int_0^{T_p} [\omega_k K(t) + \omega_l L(t)]e^{-rt} dt \quad (16)$$

由(13)到(16)可得

$$\begin{aligned} T\Pi(T) &= \int_0^T [R(t) - C(t)]e^{-rt} dt = \int_0^{T_p} R(t)e^{-rt} dt + \int_{T_p}^T R(t)e^{-rt} dt - \int_0^{T_p} C(t)e^{-rt} dt \\ &= g(Q(T_p), c(T_p), T_p) - \int_0^{T_p} [\omega_k K(t) + \omega_l L(t)]e^{-rt} dt \end{aligned} \quad (17)$$

其中  $g(Q(T_p), c(T_p), T_p) \triangleq D_0(p_0 - c_0) \cdot \frac{Q_0}{Q_0 + Q_c} \cdot \frac{1}{r} (1 - e^{-rT_p}) +$

$$D_1(p_1 - c(T_p)) \cdot \frac{Q(T_p)}{Q(T_p) + Q_c} \cdot \frac{1}{r} (e^{-rT_p} - e^{-rT}) \quad (18)$$

若该模型的决策集合定义为  $\Delta = \{L(\cdot), K(\cdot), T_p\}$ , 那么, 当决策为  $\delta$  (其中  $\delta \in \Delta$ ) 时, 企业在产品机会窗口的终点  $T$  时的利润总额可以用  $T\Pi(\delta, T)$  表示, 则可以得到如下最优化问题:

$$T\Pi^*(\delta^*, T) = \max_{\delta \in \Delta} T\Pi(\delta, T) = \max_{\delta \in \Delta} \left\{ g(Q(T_p), c(T_p), T_p) - \int_0^{T_p} [\omega_k K(t) + \omega_l L(t)]e^{-rt} dt \right\} \quad (19)$$

### 2.3 模型的求解及讨论

该最优化问题中, 决策变量  $K(t), L(t)$  以及  $T_p$  都是关于时间  $t$  的变量, 所以求解该问题也就是求解

泛函极值问题。

若把上述最优化问题改写为最优控制问题,则决策变量  $K(t), L(t), T_p$  转变为最优控制问题中的控制变量,  $Q(t), c(t)$  为状态变量。

由(4)、(5)、(6)、(7)、(8)可分别得到

$$\dot{Q}(t) = \eta_1 \dot{q}_1(t) + \eta_2 \dot{q}_2(t) - \eta_3 \dot{q}_3(t) = \xi_Q L^\alpha(t) K^\beta(t) \quad (20)$$

$$\dot{c}(t) = \theta_1 \dot{q}_1(t) + \theta_2 \dot{q}_2(t) + \theta_3 \dot{q}_3(t) = \xi_c L^\alpha(t) K^\beta(t) \quad (21)$$

其中  $\xi_Q \triangleq \eta_1 \alpha_1 + \eta_2 \alpha_2 + \eta_3 \alpha_3, \xi_c \triangleq \theta_1 \alpha_1 + \theta_2 \alpha_2 + \theta_3 \alpha_3$ 。

由于  $\eta_i, \alpha_i, \theta_i (i=1, 2, 3)$  均为大于零的常数,则有  $\xi_Q > 0$ , 说明产品的质量将随着时间  $t$  的增加而提高,而  $\xi_c$  则可能大于零也可能小于零。当  $\xi_c \geq 0$  时,说明单位产品成本随时间  $t$  的增加而增加,这时,该新产品开发项目为产品创新项目;当  $\xi_c < 0$  时,说明单位产品成本随时间  $t$  的增加而减少,这时,该新产品开发项目为工艺创新项目。

这时,上述最优化问题可以转化为如下最优控制问题

$$\max T\Pi(L(t), K(t), T_p) = g(Q(T_p), c(T_p), T_p) + \int_0^{T_p} -[\omega_K K(t) + \omega_L L(t)] e^{-\rho t} dt \quad (22)$$

$$\text{s. t. } \dot{Q}(t) = \xi_Q L^\alpha(t) K^\beta(t) \quad (23)$$

$$\dot{c}(t) = \xi_c L^\alpha(t) K^\beta(t) \quad (24)$$

$$Q(0) = Q_0, c(0) = c_0 \quad \text{固定} \quad (25)$$

$$Q(T_p), c(T_p), T_p \quad \text{自由} \quad (26)$$

通过对上述模型的求解可以得出下述结论:

**命题1** 最优伴随变量  $\lambda_Q, \lambda_c$  是与时间无关的常量,且  $\lambda_Q, \lambda_c$  分别为大于零和小于零的常数。

实际上,  $\lambda_Q(t), \lambda_c(t)$  分别为产品质量改进率  $\dot{Q}$  和单位产品成本变化率  $\dot{c}$  的影子价格,即分别反应了目标泛函对质量改进和单位产品成本变化的敏感程度。上述命题表明,在最优状态下,企业利润总额分别随产品质量的改进和单位产品成本的降低而增加,但关于产品质量和单位产品成本的边际收益不变。所以,企业为了获得利润最大化,应不断提高产品质量和降低单位产品成本。

**命题2** 当  $\lambda_Q \cdot \xi_Q > -\lambda_c \cdot \xi_c$  时,在最优状态下,劳动力和资本的投入随时间的增加而以增加的速率递增。

对于工艺创新型项目来说,由于  $\xi_c < 0$ , 这里  $\lambda_Q \cdot \xi_Q > -\lambda_c \cdot \xi_c$  恒成立。也就是说,对于工艺创新型项目,在最优状态下,劳动力和资本的投入应随时间的增加而增加,而且增加的幅度应越来越大。因为在这种情况下,增加投入可以使得在提高产品质量的同时降低产品成本,进而促使企业利润总额达到最大化。

对于产品创新型项目,由于这时  $\xi_c \geq 0$ , 也就是说,增加投入可以提高产品质量,但同时也将增加产品的成本,这时就需要进行权衡,即比较  $\lambda_Q \cdot \xi_Q$  与  $-\lambda_c \cdot \xi_c$  的大小。

$$\because \xi_Q = \frac{\dot{Q}}{L^\alpha K^\beta}, \therefore \lambda_Q \cdot \xi_Q = \lambda_Q \cdot \frac{\dot{Q}}{L^\alpha K^\beta}, \text{同理, } \lambda_c \cdot \xi_c = \lambda_c \cdot \frac{\dot{c}}{L^\alpha K^\beta}$$

由此可以看出,  $\lambda_Q \cdot \xi_Q$  表示增加单位投入所带来的质量改进对增加企业最优利润总额的贡献,  $-\lambda_c \cdot \xi_c$  则表示增加单位投入所带来的产品成本的提高对降低企业最优利润总额的贡献。如果增加单位投入所带来的质量的改进对增加企业最优利润总额的贡献 ( $\lambda_Q \cdot \xi_Q$ ) 大于增加单位投入所带来的产品成本的提高对降低企业最优利润总额的贡献 ( $-\lambda_c \cdot \xi_c$ ), 则最优劳动力和资本的投入应随时间的增加而增加,且增加的幅度越来越大,这时,该创新项目对企业来说应该是大力扶持的项目;反之,最优劳动力和资本的投入应随时间的增加而减少,这时,该创新项目对企业来说应该是要剔除的项目。

上述命题2说明,对于工艺创新项目以及应该扶持的产品创新项目来说,愈到产品开发的后期,无论是劳动力还是资本的最优投入的增加率也愈大,这给新产品开发的管理带来如下的启示:

· 由于新产品开发后期的成本花费巨大,而新产品开发的前期往往对后期的决策起决定作用,所以企业应该加强对新产品开发前期活动的管理。但是,一些实证分析表明企业往往忽视对新产品开发前期的管理<sup>[12]</sup>。

· 对于有可能失败的项目,即对企业来说不能盈利的项目,应尽量早地剔除,以减少后期成本花费的损失。

· 由于新产品开发小组的规模应随时间的增加而逐渐壮大,所以,产品开发成员一旦加入到产品开发小组中来,就应全身心的投入,并继续参与后续的所有开发活动,直到开发结束,而不仅仅是完成了某一个阶段的活动后便退出。每个成员都应树立这样的观念,即只有产品最后成功上市,自己所参与的开发活动才算终结。

## 4 结 束 语

通过上述最优控制模型的建立和求解,本文系统分析了在企业利润最大化这一目标下,最优开发时间与开发成本、最优产品质量和单位产品成本之间的相互作用关系。虽然模型是建立在一定的假设基础上,但由此得出的结论对新产品开发战略的制定有一定的指导意义。

## 参 考 文 献

- 1 Edwin Mansfield. The speed and cost of industrial innovation in Japan and the United States: External vs. internal technology. *Management Science*, 1988, 34(10): 1157~1168
- 2 Kamien M I, Schwartz N L. *Market structure and innovation*. Cambridge University Press, 1982
- 3 Moorthy K S, Png I. Market segmentation, cannibalization, and the timing of product introductions. *Management Science*, March 1992, 345~359
- 4 Cohen M A, Eliashberg Jehoshua, Ho Teck-Hua. New product design strategy analysis: A modeling framework. in *Management of Design Engineering and Management Perspectives*, Edited by Sriram Dasu and Charles Eastman, 1994
- 5 Cohen M A, Eliashberg Jehoshua, Ho Teck-Hua. New product development: The performance and time-to-market trade-off. *Management Science*, 1996, 42(2)
- 6 Ross, Phillip J. The role of Taguchi methods and Design of Experiments in QFD. *Quality Progress*, June 1988
- 7 Clark K B, Takahiro Fujimoto. *Product Development Performance—Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*. Boston, Harvard Business School Press
- 8 Neil Hardie, Paul Walsh. Towards a better understanding of quality. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1994, 11(4): 53~63
- 9 Garvin D A. What does product quality really mean? *Sloan Management Review*, Fall 1984
- 10 Garvin D A. Quality on the line. *Harvard Business Review*, September-October 1983: 64~75
- 11 Campanella J, Corcoran F J. Principles of quality costs. *Quality Progress*, April 1983, 21
- 12 Cooper R G, Kleinschmidt E. *New Products; The Key Factors in Success*. American Marketing Association, 1990

## The Optimal Strategy Equilibrium Model for New Product Development

*Zheng Shaolian, Zhai Li*

School of Management, Fudan University

**Abstract** Based on analyzing the trade-offs among the four strategy factors of the new product development, that is, development time, development cost, unit product cost and product quality, this paper uses the optimal control theory to establish an optimal model. Through the solving process to the model, the paper reveals the optimal equilibrium relationships among the four strategy factors.

**Keywords:** product development time, product development cost, unit product cost, product quality, optimal control theory