

基于时间—成本平衡函数的资源替代性实证研究 ——以我国电子信息产业为背景

胡隆基, 李艾

(华中科技大学公共管理学院, 湖北武汉, 430074)

摘要: 借助“时间—成本平衡函数”, 研究了研发投入中的资源替代性问题, 认为“时间成本平衡函数”中的成本对时间的弹性 η 可以用来衡量研发投入中的资源替代性。并且利用问卷收集的企业数据, 对我国电子信息产业研发投入中的资源替代性进行了实证研究, 得到了我国电子信息企业的各类研发项目(类的划分以项目投入时间为标准)的时间—成本平衡函数具体形式, 以及成本对时间的平均弹性。

关键词: 时间—成本平衡函数; 成本对时间的弹性; 电子信息产业

中图分类号: F124.3

文献标识码: A

文章编号: 1672-3104(2005)06-0072-04

一、资源替代性问题与时间—成本平均函数

一项技术项目的研发需要同时消耗一定的时间和一定的资金成本, 其中资金成本(以下简称成本)包括用于技术研发中的可以用资金来衡量的人、财、物。明显的是, 一个企业可以通过投入更多的成本来缩短用于开发的时间, 或者用更长的时间来降低投入的成本, 例如企业可以用更多的人来节约研发的时间, 当然一项技术的开发是有一个最低的成本阈值和时间阈值的。显然这种现象是由资源的可替代性引起的, 研究这种资源替代性问题, 对于企业结合自身情况选择最优的研发投入时间和成本组合具有十分重要的意义。

在国内, 研究这种资源可替代性问题的文献还较少, 从文献检索来看, 目前只有马庆国、汪蕾^[1]和汪蕾^[2]讨论了研发投入中的时间与人之间的资源替代性问题。但是, 这两项研究存在着以下不足之处: 首先, 讨论的范围仅仅局限于研发投入中的时间与人之间的替代性问题, 没有考虑时间与其他资源(例如研发中的设备投入、研发中的费用等其他可以用资金来衡量的资源)之间的替代性问题; 其次, 该研究着重的是理论推导, 缺乏实证研究。相对于这两项研究, 本文在以上两个方面都作了相应的改进:

首先, 本文讨论的范围除了研发投入中的人与时间之间的替代性外, 还扩展到了时间与其他资源之间的替代性问题, 并将除时间以外的资源归结为成本, 进而讨论时间与成本之间的资源替代性问题。其次, 本文借助国外研究的分析工具——“时间—成本平衡函数(Time-Cost tradeoff function)”对研发投入中的资源替代性问题进行了数理研究, 并利用问卷调查的数据, 对我国电子信息产业(主要是通信设备制造行业和家用电子行业)的研发投入中的资源替代性进行了实证研究。

在国外, 也只有少数的研究涉及到了研发投入中的资源替代性问题, 但是这些研究并未对这一问题进行系统的讨论, 例如, Baldwin, W. and Childs, G.^[3], Scherer, F. M.^[4]和 Edwin Mansfield^[5]只是在研究研发资源分配问题时, 顺便提到了资源的替代性问题, 并提出了研究这类问题的分析工具——“时间—成本平衡函数”。相对于国外的这些研究, 本文的不同之处在于: 首先, 本文认为可以用“时间—成本平衡函数”中的成本对时间的弹性来衡量研发投入中的资源替代性。其次, 本文的实证对象为我国的电子信息产业, 这扩展了以前研究的研究对象, 并且为以后的对比研究提供了素材。

时间—成本函数是研究研发投入中资源替代性问题的经典理论工具, 它由 Baldwin, W. and Childs,

收稿日期: 2005-09-20; 修回日期: 2005-11-05

作者简介: 胡隆基(1976-), 男, 湖北利川人, 浙江大学管理学院博士研究生, 主要研究方向: 技术经济与管理。

G.^[3], Scherer, F. M.^[4]和 Edwin Mansfield^[5]等提出。其基本思想是研发投入中的资源投入可以划分为两类:时间投入和成本投入(包括可以用资金来计量的人、财、物等投入),并且这两类资源投入可以相互替代,这种替代关系可以用时间—成本平衡函数的成本对时间的弹性 η 来描述。

利用时间—成本平衡函数来研究资源替代性问题,一般来说分为两步:首先,利用数据计算出时间—成本平衡函数的具体函数形式;然后,利用时间—成本平衡函数求出成本对时间的弹性。其数学描述形式如下。

假设一项技术开发项目的时间投入为 T 、成本为 C ,假定两者之间的函数关系为:

$$C = f(T) \quad (1)$$

则由于资源的替代性, C 和 T 两者之间满足:一阶导数 $\frac{dC}{dT} < 0$;二阶导数 $\frac{d^2C}{dT^2} > 0$ 。则成本对时间的弹性

$$\eta = \frac{dC}{dT} \cdot \frac{T}{C} \quad (2)$$

二、基于时间成本平衡函数的资源替代性实证研究

(一) 数据来源

我们的实证对象是我国的电子信息产业(主要是通信设备制造业和家用电子行业^①),数据来自于“中国电子信息产业技术研发研究课题”^②中的问卷调查数据,该调查收集了被调查企业在2003年中最重要的一项研发项目上的时间投入和资金投入数据。问卷总共发放了600份,其中通信设备制造业200份,家用电子行业400份。最后的有效问卷为125份,有效回收率为20.83%,其中通信设备制造业32份,家用电子制造业85份,其他8份^③。

(二) 实证结果

需要说明的是,为了精确的计算时间—成本平衡函数,严格来说需要所研究的企业是同一行业的企业。但是由于将样本按行业划分后,有的行业样本量太小的关系,我们在这里计算时间—成本平衡函数时就没有按行业分别计算,而是将家用电子和通信设备企业放在一起计算。虽然这种处理方法存在一定的缺陷,但是观察到国外相关研究常常将电子和信息技术两个行业作为一个行业来分析,认为它们具有相同的技术特性,例如 M. Hobday^[6]、Mathews J. A.^[7,8]和 Mathews J. A. 和 Cho, D.S.^[9]

在对东亚的电子行业技术赶超分析中,就是将这两个行业合并在一起进行研究的。所以我们认为我们的这种处理方法也是可以接受的。另外,我们的研究不是针对同一个研发项目的,而是针对某一类研发项目的时间—成本平衡函数。我们这里对研发项目类别的划分是以研发投入的金额大小为标准的,假定在相同金额区间内的研发项目具有相同的时间—成本平衡函数。对于这一假定是否合理,我们需要在后面作进一步的检验。在征求行业内专家意见的基础上,我们将所有的技术研发项目划分为三类:一类是项目投资额在100万元以下的项目;另一类是投资额在100—1000万之间的项目;最后一类是投资额在1000万元以上的的项目。

1. 对区间划分合理性的检验

图1是技术开发项目的时间和成本之间的散点图,从图中可以看到,在不同的投入金额区间上,时间和成本的关系有所不同。并且,大致可以分为三段:一段是研究金额在1000万以上的项目,另两段是在1000万元以下,其中的分界点大致在100万元左右。所以我们关于项目类型的划分是比较合理的。

图1 项目投入的时间成本关系

2. 各类研发项目的投入成本和投入时间的描述性统计

在样本中,投资在100万元以下的项目共有53个,其中项目的平均资金投入为58.47万元。投资在100万元以上1000万元以下的项目共有44个,其中项目的平均资金投入为412.84万元,平均时间投入为14.6个月。投资在1000万元以上的项目共有28个,其中项目的平均资金投入为3678.57万元,平均时间投入为18.25个月。表2至表4是各类研发项目的时间投入和成本投入的描述性统计。

表1 100万元以下研发项目的投入成本和投入时间的描述性统计

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Q(万元)	53	10.00	100.00	58.4717	29.13866
T(月)	53	1.00	12.00	5.6226	2.32235

表2 100-1 000万元研发项目的投入成本和投入时间的描述性统计

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Q(万元)	44	120.00	1 000.00	412.840 9	238.374 82
T(月)	44	8.00	24.00	14.590 9	3.052 40

表3 1 000万元以上研发项目投入成本和投入时间的描述性统计

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Q(万元)	28	1 400.00	10 000.00	3 678.571 4	2 381.465 02
T(月)	28	12.00	24.00	18.250 0	3.647 68

3. 各类研发项目的成本对时间的弹性估计

为了估计出成本对时间的弹性 η ,我们首先需要拟合出各类研发项目的时间成本平衡函数。

在研究中,常常使用两种函数形式来描述

$$C = f(T): C = b_0 e^{(b_1 \cdot T)} \quad (3)$$

和

$$C = b_0 + b_1 \frac{1}{T} \quad (4)$$

其中 b_0 和 b_1 为常数。对于具体采用哪一种函数形式取决于研究者的实际经验和函数的拟合情况,我们在研究中,利用统计软件SPSS中的曲线模拟功能对各类研发项目同时使用这两种函数形式进行了拟合。其拟合情况如表4所示。

从表4可以看到:对于100万元以下的研发项目, $C = b_0 + b_1 \frac{1}{T}$ 这种形式不适合,因为显著性水平为0.383 > 0.05,所以我们选用 $C = b_0 e^{(b_1 \cdot T)}$ 这种函数形式,其具体的形式为

$$C = 125.74e^{(-0.1684 \cdot T)} \quad (5)$$

表4 各类研发项目的时间—成本平衡函数模拟结果

项目类别	函数形式	b_0	b_1	R^2	F	Sigf
100万元以下	$C = b_0 e^{(b_1 \cdot T)}$	125.740	-0.168 4	0.319	23.84	0.000
	$C = b_0 + b_1 \frac{1}{T}$	52.754 2	26.363 9	0.015	0.78	0.383
100-1 000万元	$C = b_0 e^{(b_1 \cdot T)}$	3 716.61	-0.162 8	0.637	73.55	0.000
	$C = b_0 + b_1 \frac{1}{T}$	-453.35	12 083.3	0.669	84.89	0.000
1 000万元以上	$C = b_0 e^{(b_1 \cdot T)}$	34 149.1	-0.131 6	0.682	55.84	0.000
	$C = b_0 + b_1 \frac{1}{T}$	-6 130.1	17159 6	0.816	115.17	0.000

而对于100-1 000万元之间的研发项目, $C = b_0 + b_1 \frac{1}{T}$ 这种形式更适合,因为这种函数形式模拟后的 R^2 和F值都要大于另外一种函数形式模拟后的

结果。所以我们选用了

$$C = -453.35 + 12 083.31 \cdot \left(\frac{1}{T}\right) \quad (6)$$

作为这类研发项目的具体时间—成本函数形式;对于1 000万元以上的研发项目,同理分析,我们选择了

$$C = -6 130.1 + 171 596 \cdot \left(\frac{1}{T}\right) \quad (7)$$

作为具体的函数形式。

得到具体的时间—成本平衡函数的具体形式后,我们就可以结合成本对时间弹性的计算公式(2),求出各类研发项目的成本对时间的平均弹性 η ,以了解两类资源的替代大小,表5的前三项报告了计算结果。

表5 各类项目成本对时间的平衡弹性值及国际比较

	100万以下项目	100-1 000万元之间项目	1 000万元以上项目	美国	日本
η	1.087 7	14.6	3.363 3	3.3	9.0

从中可以看到:100万元以下研发项目的 $\eta = -\frac{dC}{dT} \cdot \frac{T}{C}$ 的平均值为1.087 7。也就是说企业为了将时间降低1个月,愿意多支付1.087 7 $\frac{C}{T}$ 的投入,或者说,时间降低1%,成本将上升1.087 7%;100-1 000万元之间的研发项目的 η 为14.6,也就是说企业为了节约1个月的开发时间,愿意多支付14.6 $\frac{C}{T}$ 的成本,同100万元以下的开发项目相比,企业为了节约时间更愿意支付更多的成本,这说明在这一阶段,技术开发项目上的时间竞争远大于前一阶段技术开发项目上的时间竞争;1 000万元以上的研发项目的 η 为3.363 3,也就是说企业为了节约1个月的开发时间,愿意多支付3.363 3 $\frac{C}{T}$ 的成本,这介于前两类之间。

同时为了较好的了解我国研发投入的资源替代性情况,我们将本文计算出来的我国电子信息产业的成本对时间的平均弹性 η 与Mansfield^[5]计算出的美国和日本两国电子和仪器设备行业的值进行了比较,美国和日本两国电子和仪器设备行业的值见表5的后两项。

从表5也可以发现,同美国与日本相比较,在100万元以下的技术开发项目的弹性要小于美国,远小于日本。而在100-1 000万元内的技术开发项目,其弹性要大于美国和日本。在1 000万元以上的技术开发项目,则与美国的弹性相差无几。

由于美国和日本的数据是二十世纪七十年代的企业数据,此时日本的企业是该行业的技术赶超者,从事的技术活动多是一种创新型模仿活动,而美国企业是该行业技术领先者,从事的技术活动多是一种创新活动。另外对于我国的研发项目来说,100万元以内项目多是一种复制性模仿技术项目,100—1 000万元内的项目多是一种创新型模仿性质的研发项目,而1 000万元上的项目却多是一种创新研发项目。因此结合数据,我们就可以猜想:成本对时间的弹性 η 会随着技术赶超阶段的变化而呈现一种倒U型变化。其可能的解释是:处于复制性模仿阶段的企业大部分是一些中小企业,资金相对缺乏,企业在从事技术活动时,愿意以更多的时间来节约相对稀缺的资金;处于创新性模仿阶段的企业竞争逐渐加剧,企业竞争的焦点是进入市场的时间,同时企业的资金相对充裕,因此企业愿意投入更多的资金成本以节约市场进入时间;当企业进入创新阶段时,由于研发项目是一种创新性质,不确定性增大,企业难以用资金来换取时间,也难以用时间来换取资金,因此其弹性值介于两者之间。而当然这一猜想是否合理有待更严格的检验。

注释:

- ① 通信设备制造业包括:通信发射设备、通信传输设备、通信交换设备;家用电子行业包括:家用视听设备行业 and 白色家电、个人计算机。
- ② 该课题由“浙江大学技术创新和产业研究中心”与“中国电子信息产业研究院战略研究中心”联合课题组共同承担。
- ③ 产生“其他”的原因主要是企业在调查前为通信设备制造业和家用

电子业,但是调查时企业已经转为其他行业。

- ④ 作者感谢中国电子信息产业研究院战略研究中心主任董云庭教授在论文数据收集上的帮助。

参考文献:

- [1] 马庆国,汪蕾. 科技成果成熟度的度量与科研开发的要素替代[J]. 科学学研究, 2000(4): 25-28.
- [2] 汪蕾. 科技成果成熟度量中的几个问题再讨论[J]. 科研管理, 2001(4): 126-131.
- [3] Baldwin W, Childs G. The fast second and rivalry in research and development [J]. Southern Economic Journal, 1969(1): 18-24.
- [4] Scherer F M. Research and development resource allocation under rivalry [J]. Quarterly Journal of Economics, 1967(3): 359-394.
- [5] Mansfield E. The speed and cost of industrial innovation in Japan and the United States: external vs. internal technology[J]. Management Science, 1988(10): 1157-1168.
- [6] Hobday M. The Electronics Industries of the Asia-Pacific: Exploiting International Production Networks for Economic Development[J]. Asian-Pacific Economic Literature, 2001(1): 13-29.
- [7] Mathews J A. High-technology industrialization in east Asia: the case of the semiconductor industry in Taiwan and Korea [A]. Chung-Hwa Institution for Economic Research[C]. Taiwan, 1995.
- [8] Mathews J A. A Silicon Valley of the east: creating Taiwan's semiconductor industry[J]. Californian Management Review, 1997(7): 26-54.
- [9] Mathews J A, Cho D S. Tiger technology: the creation of a semiconductor industry in east Asia[M]. Cambridge University Press, 2000.

Study on resource substitution of technology efforts Based on time-cost trade off function ——China's electronics and information industry

HU Long-ji, LI Ai

(School of Public Management, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Employing the time-cost trade off function, this paper studies the resource substitution of technology efforts. The elasticity of cost with respect to time is used to label the substitution of technology efforts. After a detailed analysis of firm level data of China's electronics and information industry, this paper gets the form of time-cost trade off function in R&D, based on the function form, this paper finds out the elasticity of cost with respect to time.

Key words: time-cost trade off function; the elasticity of cost with respect to time; China's electronics and information industry

[编辑:汪晓]