

# R & D 投入对 GDP 影响的时间延迟与贡献强度研究

——以上海市为例

李 旭

(复旦大学 管理学院,上海 200433)

**摘 要:**从 R&D 投入对经济系统的影响机理出发,考虑 R&D 投入的流量和存量两种作用方式,以 Cobb-Douglas 生产函数为基础,运用统计分析的原理和方法,提出了一个研究 R&D 投入对 GDP 影响的时间延迟和对 GDP 增长贡献程度的分析框架,并利用上海市的相关统计数据进行了实证检验。研究结果表明,上海市 R&D 活动本身的研发周期同其综合社会周期相同,流量影响的滞后周期为投资当年和投资后的第 8 年,存量影响的平均滞后周期为 6 年。基于流量影响的研究结果表明,以产业资本形态投入的资金产出弹性大于以 R&D 形态投入的资金产出弹性,以 R&D 形态投入的资金产出弹性大于以劳动力形态投入的资金产出弹性。基于存量影响的研究结果表明,以劳动力形态投入的资金产出弹性大于以 R&D 形态投入的资金产出弹性,以 R&D 形态投入的资金的产出弹性大于以产业资本形态投入的资金产出弹性。案例分析的基本结论同上海市的现实情况相符合,表明所提出的研究框架有较好的适用性。

**关键词:**R&D 投入;经济影响;时间延迟;研发周期;影响强度

**DOI:**10.6049/kjbydc.2011100432

**中图分类号:**F062.4

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-7348(2012)24-0072-07

## 0 引言

经济增长理论认为,经济增长的源泉可以归结为劳动和资本投入的增长以及技术进步,而世界经济的历史告诉我们,生产要素的追加带来的是线性的经济增长,技术进步则往往给经济带来指数式的增长<sup>[1]</sup>。同时,国内外大量研究表明,政府对企业 R&D 投入的资助政策会刺激其研发活动的开展,从而增强企业的创新能力,提高全社会的技术进步水平。因此近年来,政府对 R&D 投入绩效评价越来越重视,对科学研究进行了经常性、制度化的长期监测。评估涉及的方面由过去强调研究活动定量的近期直接产出,如发表论文、出版专著、申请发明专利等,扩展为更多地关注其影响覆盖学术界和经济社会诸方面的中期乃至长期的综合性成果,如国际合作水平、高水平人才的流向、技术创新形式、经济回报、对社会的整体贡献等<sup>[2]</sup>。在诸多经济回报中 GDP 是使用较多的一项指标。越来越多的国家和地区都在从全局的视角研究 R&D 活动对 GDP 的促进作用,并结合国家或地区经济发展的

要求制定科技战略,使得科技和经济协同发展。但是目前关于 R&D 投入同 GDP 之间数量关系的研究较多,关于时间关系的研究较少;而实际中二者之间的时间关系与数量关系同样重要,是政府对 R&D 活动和经济活动实施管理的重要信息。本文将侧重时间视角,研究 R&D 投入同 GDP 之间的关系。

## 1 相关研究评述

早在 20 世纪 60 年代,美国学者 Denison<sup>[3]</sup>在对美国经济增长因素的分析中,引入了一个新的因素即“知识进展”,认为“知识进展”包括技术知识和管理知识进展,是使得要素生产率保持长期增长的最重要和最基本的原因。但是 Denison 承认无法直接计算知识进展水平的变化,只能间接估算<sup>[1]</sup>。后来人们将 R&D 投入代表“知识进展”作为一个单独的生产要素放到 Cobb-Douglas 生产函数中,构造了一个新的函数,研究全要素生产率(TFP)和 R&D 投入之间的关系<sup>[4]</sup>。此后,以 R&D 投入代表“知识进展”,利用 Cobb-Douglas 生产函数研究 R&D 投入对 GDP 的促进作用成为许多学者的

收稿日期:2011-12-06

基金项目:国家自然科学基金项目(71071037);教育部人文社科基金项目(08JA630017);上海市哲学与社会科学基金项目(2011BGL013)

作者简介:李旭(1962—),男,辽宁锦州人,博士,复旦大学管理学院副教授,研究方向为技术经济与管理。

共识。

Lederman 和 Maloney<sup>[5]</sup> 使用 1975—2000 年间共 53 个国家的数据, 将 5 年作平均处理后得到的面板数据再进行回归, 发现全部 R&D 投入占 GDP 的比重提高一个百分点, GDP 增长率就提高 0.78 个百分点。Guellec<sup>[6]</sup> 则认为, 尽管许多因素如宏观经济冲击会在短期或中期内对生产率发展产生影响, 但只有技术的发展会对生产率的增长造成持续的影响。我国学者也在进行这方面的论述和实证检验。胡鞍钢<sup>[7]</sup> 认为, 包含于 TFP 中的无形因素分为结构因素和知识因素两大类, 其中知识和技术因素起长期决定性作用。王伟伟、成邦文<sup>[8]</sup> 运用 1990—2000 年的时间序列数据对我国 R&D 投入与 TFP 的关系进行了分析。研究表明, R&D 对 TFP 的产出弹性为 0.196, 即当其它因素不变时, R&D 经费增长 1% 将带来 TFP 增长 0.196%。唐三阳、田金信等<sup>[9]</sup> 从 R&D 投资经费对 GDP 影响的角度分地区对我国的区域经济增长进行研究, 结果表明 GDP 与 R&D 投入之间存在着显著的统计线性关系, GDP 随着 R&D 投入的增加而增长。

上述研究是将 R&D 投入直接引入生产函数, 通过生产函数研究 R&D 投入同 TFP 或 GDP 之间的关系。以美国经济学家 Zvi Griliches<sup>[10]</sup> 为代表的研究者认为, R&D 投资, 即每年用于研究开发的费用支出, 是一种流量。支出主体用它来进行研究开发活动, 以产生新的技术知识。而总体所拥有的技术知识大部分是以往研究开发所生产的知识和经验的积累, 即技术知识存量。能够表明企业、产业或国家技术开发能力和潜力的, 不是各年的流量, 而是企业、产业或国家所拥有的知识和经验的存量, 这种存量构成了其后技术开发的基础, 是影响技术进步的一个重要因素。

各国学者又从不同视角出发, 寻求测量或计算技术知识存量的指标和方法。Adams<sup>[11]</sup> 运用不同学科学术性论文的数量作为技术知识存量的替代指标, 发现技术知识对 1953—1980 年间美国制造业 TFP 的增长具有明显的作用。除了用学术性论文的数量测量技术知识存量外, 还有学者用研发周期的概念对其进行测算。考虑 R&D 投入会产生新技术知识以及将其应用于生产的时间滞后, 在新知识形成的同时已有的技术知识也会老化, 在二者的综合作用下形成技术知识存量<sup>[12]</sup>。基于这种思想, 要测量技术知识存量, 一是要估计研发周期, 二是估计知识陈腐化率。研究开发周期的估计, 目前采用按照不同行业研发周期的加权平均值来计算。陈腐化率的估计, 通常采用两种方法, 一是把陈腐化率作为技术平均使用寿命的倒数; 二是利用专利登录后在册存量残存数量每年的减少率来计算<sup>[13]</sup>。我国学者通过对国内不同区域和行业的企业问卷调查及专家访谈, 来确定研发的时间滞后和技术的陈腐化率, 测算结果表明我国的研发周期为 4 年, 知识陈腐化率为 0.071 4<sup>[14]</sup>。我国学者的实证检验结果表

明, 我国各区域技术知识存量与其区域 GDP 产出之间存在很高的正相关, 且两者间存在明显的因果关系。其中北部沿海、长三角、东南沿海、长江中游、黄河中游和西南 6 个区域的技术知识存量与区域 GDP 之间存在双向因果关系, 即技术知识存量与区域 GDP 之间存在一种互动增减的关系<sup>[15]</sup>。

另外, 还有学者利用总量生产函数分析经济体内部的 R&D 投入及其相互渗透、教育水平、人力资源禀赋等 GDP 之间的关系<sup>[16]</sup>; 用 CGE 模型研究 R&D 投资对 GDP 的影响<sup>[17]</sup>; 采用其它综合性指标度量 R&D 投入的产出, 分析 R&D 投入的效果, 进而制定合适的科技政策<sup>[18]</sup>; 采用数学规划模型研究行业 TFP 同该行业 R&D 投入之间的关系等<sup>[19]</sup>。这些研究的范围和内容比较广泛, 是科技管理的研究范畴。

综上所述, 目前对 R&D 投入同 GDP 之间关系的研究, 基本思路可以概括为 3 种观点。一是直接将 R&D 投入作为一项生产要素引入经济系统, 利用经济系统模型来研究 R&D 投入与 GDP 之间的关系; 二是认为 R&D 投入要先转化为技术知识存量, 因而将技术知识存量作为生产要素引入经济系统, 然后研究技术知识存量同 GDP 之间的关系; 三是寻求其它替代指标度量 R&D 投入和响应的产出, 然后再寻求合适的方法研究它们之间的关系。

第一种研究思路是一种近似的处理, 因为没有很好地考虑 R&D 投入转化为现实生产力, 进而对 GDP 产生影响的延迟和积累过程; 第二种研究思路虽然考虑了延迟和积累过程, 但对延迟的估算是基于对已完成科研项目的抽样调查, 耗费大量的资源和时间, 并且样本选择对估算精度的影响较大; 第三种研究思路可以避免 R&D 投入的延迟和积累过程, 但是替代指标的选取和测量还是有较大的问题。

从实际管理的角度看, 研究 R&D 投入与 GDP 之间的关系必须回答两个问题: 一是影响程度, 二是影响的滞后时间。只有同时解决这两个问题, 管理者才能以此为依据科学地规划 R&D 投入, 获得 R&D 投入同经济增长的最佳匹配。本研究将以宏观统计数据为基础, 推测 R&D 投入对 GDP 的影响程度和影响的滞后时间。

## 2 研究设计和研究方法

### 2.1 研究的总体思路

R&D 投资带来技术进步, 技术进步能引起 GDP 的增长, 但是 R&D 投资有时间滞后。设 R&D 投资完全作用于经济中, 并体现在 GDP 的增长上所需时间为 T, 那么滞后 T 期的 R&D 投资与其对应年度的 GDP 之间的相关性应该最高。设 R&D 投资转化为技术知识存量的平均时间为  $\theta$ , 即平均研发周期为  $\theta$ , 那么按照延迟时间  $\theta$  转换的技术知识存量同其对应年度的 GDP 之间的相关性应该最高。本文将前一种情况称为基于 R&D 投

入流量的影响方式,后一种情况称为基于技术知识存量的影响方式。本文的总体研究思路如图 1 所示。

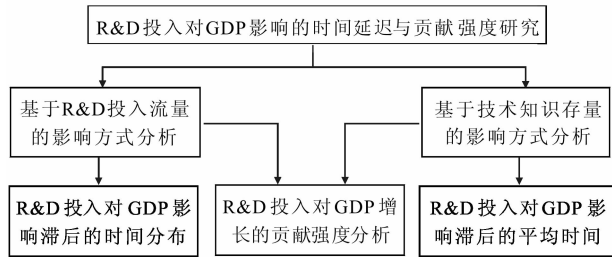


图 1 总体研究思路

本研究基于上述推理,首先考虑基于 R&D 投入流量的影响方式,计算 GDP 同滞后  $t(t=1,2,\dots)$  期的 R&D 投资之间的相关关系,确定 R&D 投资对 GDP 的影响滞后的时间分布;其次考虑基于技术资本存量的影响方式,将 R&D 投资按照不同的研发周期  $\theta(\theta=1,2,\dots)$  转化为技术知识存量,计算 GDP 同技术知识存量之间的相关关系,确定 R&D 投资对 GDP 影响滞后的平均时间;最后分别建立两种情况下包含 R&D 投入要素的总量生产函数,估计 R&D 投入对 GDP 的影响程度。通过滞后时间分析和影响程度分析,为评价和规划 R&D 投资提供决策支持。

## 2.2 研究方法

### 2.2.1 影响滞后时间分析

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (1)$$

其中,  $n$  为样本数;  $y$  和  $x$  分别为两个相关变量的变量值,本文中为 GDP 和以不同研发周期计算的 R&D 投入流量和技术知识存量。

偏相关分析采用偏相关系数。若变量  $X_1, X_2, X_3$  之间存在相关关系,要分析  $X_1$  同  $X_2$  之间的净相关,当控制了  $X_3$  的线性作用后,  $X_1$  同  $X_2$  之间的净相关关系可用一阶偏相关系数来描述。同理,变量  $X_1, X_2, X_3, X_4$  之间存在相关关系,要分析  $X_1$  同  $X_2$  之间的净相关,当控制了  $X_3$  和  $X_4$  的线性作用后,  $X_1$  同  $X_2$  之间的净相关关系可用二阶偏相关系数来描述,其它以此类推。各阶偏相关系数的计算方法如下:

$$r_{12.3} = \frac{r_{12} - r_{13}r_{23}}{\sqrt{(1-r_{13}^2)(1-r_{23}^2)}}; \quad (2)$$

$$r_{12.34} = \frac{r_{12.3} - r_{14.3}r_{24.3}}{\sqrt{(1-r_{14.3}^2)(1-r_{24.3}^2)}}$$

其中,  $r_{ij}$  表示  $X_i$  和  $X_j$  之间的相关系数;  $r_{ij.k}$  表示  $X_i$  和  $X_j$  之间控制  $X_k$  后的一阶偏相关系数;  $r_{ij.kl}$  表示  $X_i$  和  $X_j$  之间控制  $X_k$  和  $X_l$  后的二阶偏相关系数。

如果研究 GDP 同前面所述两种情况下 R&D 流量和存量之间的相关程度,则简单相关系数反映了资本投入、劳动力投入和 R&D 投入同时变化时, GDP 同

R&D 活动之间的相关关系;二阶偏相关系数反映了当资本投入和劳动力投入不变时, GDP 同技术知识存量之间的相关程度。

一般来讲, R&D 投入对 GDP 的作用路径一是通过研发过程本身的成果实现,即 R&D 活动的成果直接带来的劳动生产率提高。偏相关系数所反映的影响恰好体现了这一特点,所以本文将偏相关系数所反映的 R&D 活动对 GDP 的影响称为直接影响;二是通过在更大范围内改善生产设备、改善过程组织,以及改善人力资源的素质和结构等来体现。即研发活动结束后,人们要对这一成果进行消化和理解,将相关技术运用到产品、设备和生产工艺中,同时培训操作者、改善管理,使得这项研发成果能有效地转化为生产力。“简单相关系数”恰好反映这一特点,因此本文将简单相关系数所反映的 R&D 活动对 GDP 的影响称为综合影响。直接影响的周期为 R&D 活动本身的研发周期,而综合影响的周期为 R&D 活动的社会周期。

本文采用二阶偏相关系数研究在控制资本投入和劳动力投入变化情况下 GDP 同 R&D 活动之间的相关关系;采用简单相关系数研究资本投入、劳动力投入和 R&D 投入同时变化情况下, GDP 同 R&D 活动之间的相关关系。基于式 (1) 和 (2) 可以分析 R&D 投入对 GDP 影响的滞后时间。

### 2.2.2 影响程度分析

首先是基于 R&D 投入流量的影响方式分析。设第  $t$  年投入的 R&D 资本分别在之后的第  $i, j, \dots, n$  年等转化为现实生产力对 GDP 产生影响。将 R&D 投入作为一项生产要素,根据 Cobb-Douglass 生产函数可得:

$$\ln Y_t = \ln A + rt + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t + \lambda_{t-i} \ln RF_{t-i} + \lambda_{t-j} \ln RF_{t-j} + \dots \quad (3)$$

首先是基于技术知识存量的影响方式分析。设 R&D 投资转化为技术知识存量的平均时间为  $\theta$ , 即平均研发周期为  $\theta$ 。将技术知识存量作为一项生产要素,根据 Cobb-Douglass 生产函数可得:

$$\ln Y_t = \ln A + rt + \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t + \lambda \ln KS(\theta_0) \quad (4)$$

上述两式中,  $Y_t, K_t, L_t$  分别代表时间  $t$  上的产出、资金投入量和劳动力投入量。  $A, r, \alpha, \beta, \lambda$  为参数,其中,  $r$  为技术进步率,  $\alpha$  为资金投入的产出弹性,  $\beta$  为劳动投入的产出弹性,  $\lambda$  为 R&D 投入的产出弹性。  $RF_{t-i}$  为滞后  $i$  期的 R&D 投入流量,滞后时间  $i$  可以根据前面的滞后时间分析确定;  $KS(\theta_0)$  为按照研发周期  $\theta_0$  计算的技术知识存量,  $\theta_0$  可以根据前面的滞后时间分析确定。

关于技术知识存量的计算,本文采用蔡虹<sup>[14]</sup>和杨鹏<sup>[15]</sup>的方法。考虑研发周期  $\theta_0$  和技术知识陈腐化率  $\sigma$  两个因素,可得技术知识存量的计算公式:

$$KS_t = RF_t + (1 - \sigma)KS_{t-1} \quad (5)$$

$$RF_t = \sum_{i=1}^n \mu_i IR_{t-i} \quad (6)$$

其中,  $RF_t$  为  $t$  期 R&D 流量;  $IR_{t-i}$  为  $t-i$  期的 R&D 投资额;  $n$  为 R&D 投资形成技术知识的最长滞后年限;  $\mu_i$  为 R&D 投资在第  $i$  年形成 R&D 知识的份额。 $RF_t$  是在此之前支出的 R&D 投资中, 由于时间滞后而在该期形成的技术知识的和。但由于滞后的分布情况没有现实可用的信息, 只能采用平均滞后时间  $\theta$  来推算。假定:

$$\mu_i = \begin{cases} 1 & i = \theta \\ 0 & i \neq \theta \end{cases} \quad (7)$$

由此可得  $RF_t = IR_{t-\theta}$ 。即设某年的 R&D 投资在平均滞后  $\theta$  年后全部形成技术知识, 即 R&D 投资转换成技术知识的延迟方式为管道延迟。则  $t$  期的技术知识存量增量等于  $\theta$  期前的 R&D 活动投入量。

式(3)和(4)中各变量对应的系数, 即产出弹性, 表明了该变量对 GDP 的影响强度。基于式(3)~(7), 可以分析 R&D 投入对 GDP 增长的贡献程度。

### 3 实证研究

#### 3.1 上海市基本情况概述

上海市的 R&D 投入相对比较大, 继 2002 年上海市全社会 R&D 经费投入突破百亿元后, 2004 和 2005 年的 R&D 经费投入加速增加。本文以 1978—2008 年上海市的相关数据为基础进行分析。由于要考虑滞后期, 所以有效数据为 1990—2008 年。整理后的数据见表 1。

表 1 上海市基础数据

年份	以当年价格计算的 GDP (亿元)	以 1978 年价格计算的资本存量 <sup>[20]</sup> (亿元)	就业人数 (万人)	以当年价格计算的 R&D 投资 (亿元)
1990	781.66	1 002.13	763.80	10.13
1991	893.77	1 083.88	773.00	12.64
1992	1 114.32	1 196.77	764.10	17.48
1993	1 519.23	1 346.26	740.30	23.04
1994	1 990.86	1 590.13	763.20	27.61
1995	2 499.43	1 931.07	768.00	32.60
1996	2 957.55	2 320.65	764.30	40.96
1997	3 438.79	2 709.12	770.20	49.76
1998	3 801.09	3 085.55	670.00	55.69
1999	4 188.73	3 448.86	677.30	63.75
2000	4 771.17	3 830.37	673.10	76.73
2001	5 210.12	4 235.38	692.42	88.08
2002	5 741.03	4 694.40	742.80	102.36
2003	6 694.23	5 190.68	771.50	128.92
2004	8 072.83	5 772.73	812.30	170.28
2005	9 247.66	6 450.80	855.90	213.77
2006	10 572.24	7 231.91	865.55	258.84
2007	12 494.01	8 129.65	876.58	307.50
2008	14 069.87	8 968.54	896.00	362.30

注: GDP 和 R&D 投资来源于《上海市统计年鉴 2011》; 就业人数来源于《国家统计数据库》; 资本存量来源于参考文献<sup>[20]</sup>

#### 3.2 滞后时间分析

基于表 1 中的数据, 按照 GDP 指数将 GDP 和

R&D 投资指标调整为以 1978 年价格计算的相应指标, 根据式(5)~(7) 计算技术知识存量, 再根据式(1)和(2)计算 GDP 同 R&D 投入流量和存量之间的简单相关系数和偏相关系数。技术知识存量计算过程中要确定技术知识的陈腐化率和基年的技术知识存量初值。本文采用蔡虹<sup>[14]</sup> 和杨鹏<sup>[15]</sup> 得出的基本结论, 根据技术的平均使用年限为 14 年, 取其倒数得到陈腐化率  $\sigma=0.0714$  的思路确定。基期  $t=0$  年的技术知识存量采用  $KS_0 = IR_1 / (g + \sigma)$  计算, 式中  $g$  为 R&D 投资在基年以后的平均增长率。

本文采用 SPSS 软件进行统计分析, 结果如图 2 和图 3 所示。

图 2 中,  $RF_0 - RF_{12}$  分别为当年到第 12 年的 R&D 投入流量。可见, GDP 同 R&D 投入的偏相关程度分别在投资当年和第 9 年出现两次峰值, 而 GDP 同 R&D 投入的简单相关程度分别在投资当年和第 8 年出现两次峰值。一般来讲, R&D 活动本身的研发周期应小于其综合社会周期, 而上述结果恰恰相反。在此基础上, 再结合回归分析(影响强度分析部分)的结果, 将偏相关分析的结果调整为 8 年。因此, 从流量影响的角度看, 上海市 R&D 活动本身的研发周期同其综合社会周期基本相同, 均为 8 年。这一结果在一定程度上表明, 上海市的 R&D 活动总体上可以分为两大类。一类是投资当年见效的实验开发与技术改造项目, 这类项目针对性较强且影响面较小, 同时其活动成果同 GDP 之间的相关程度不是很高, 从图 2 中也能看到这一点; 另一类为研究周期较长的基础性应用研究或应用研究, 这类研究没有具体的针对性且影响面较大, 其活动成果同 GDP 之间的相关程度较高, 从图 2 中也能看到这一点。我国 2009 年基础研究、应用研究和试验发展的比例为: 4.7 : 12.6 : 82.7, 美国 2008 年的相应比例为: 17.3 : 22.4 : 60.3, 日本 2005 年的相应比例为: 12.7 : 22.2 : 65.2。上海市 2000 年的比例为: 6.5 : 23.7 : 69.8, 2009 年为: 6.8 : 16.7 : 76.5, 基础研究和应用研究的比重高于全国平均水平, 基础研究与应用研究之和在总经费中的比重接近日本 2005 年和美国 2008 年的水平。可见上海市的 R&D 活动比较重视基础研究和应用研究。

图 3 中,  $KS_1 - KS_{12}$  分别为按研发周期  $\theta = 1, 2, \dots, 12$  年计算的技术知识存量。可见, GDP 同  $\theta_1 = 6$  年的研发过程的偏相关程度最高, 而 GDP 同  $\theta_2 = 6$  年的研发过程的简单相关程度也最高。说明上海市的两类 R&D 活动(周期分别为投资当年和 8 年)的平均研发周期为 6 年。

根据上述分析可知, 上海市 R&D 活动本身的研发周期同其综合社会周期相同, 而我国的平均情况为 R&D 活动的综合社会周期比其本身的研发周期多 2 年<sup>[21]</sup>。产生这一现象的原因, 一是上海市的科技管理水平较高, 主要表现为科技政策、知识产权保护, 以及

研发模式等方面;二是上海市社会吸收科技成果的水平较高,主要表现在企业的综合管理水平和对科技的重视程度较高;三是上海市 R&D 活动本身的特殊性,上海市的研发活动可以概括为企业层面针对具体问题

的研发和政府层面针对共性问题的研发,再加之政府较高的管理水平和企业对科技成果较好的吸收和消化能力,使得上海市 R&D 活动的综合社会周期与其本身

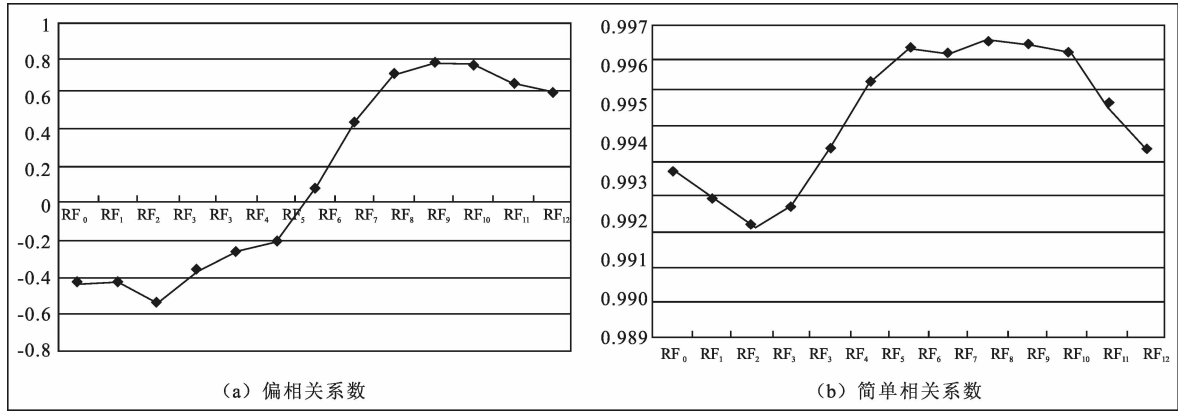


图2 GDP同R&D投入流量之间的相关系数

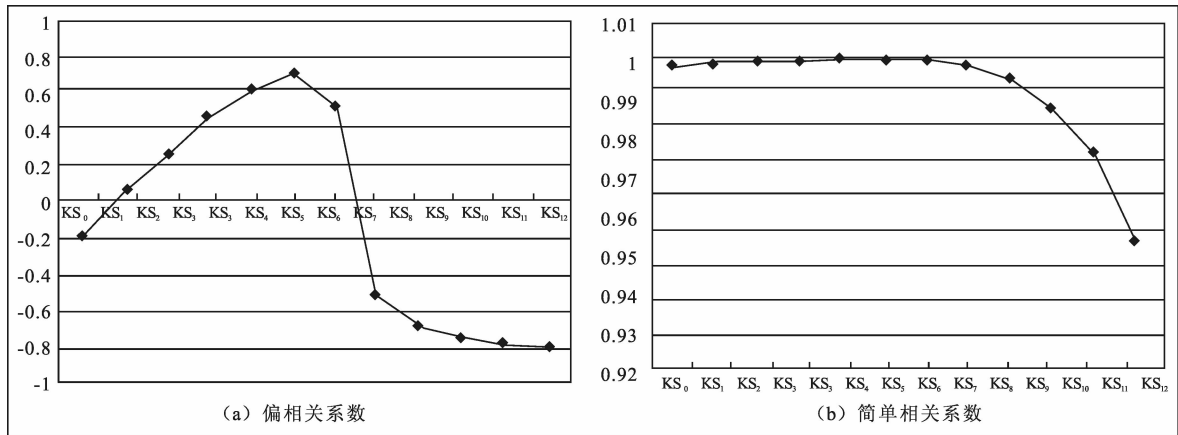


图3 GDP同技术知识存量之间的相关系数

### 3.3 影响强度分析

通过滞后时间影响分析可知,上海市 R&D 活动的滞后情况从流量的角度看为投资当年和 8 年两个滞后期,从存量的角度看为平均 6 年。这里根据式(3)和式(4),分别对这几种情况进行回归分析。本文利用 SPSS 软件对模型进行统计分析。基于 R&D 投入流量分析的结果如表 2 所示。

回归分析结果表明,RF<sub>0</sub> 进入回归方程后,劳动力(L)的产出弹性出现负值。这与实际情况不符,表明投

资当年的 R&D 投入尽管对 GDP 有一定的贡献但不显著,因此 RF<sub>0</sub> 不能进入回归方程。另外,RF<sub>9</sub> 进入回归方程后,劳动力(L)的产出弹性也出现负值。从表 2 可见,RF<sub>8</sub> 的回归结果较好。

将式(3)对时间微分,并将表 2 中的系数(B)代入,则资本投入(K)、劳动力投入(L)和 R&D 投入(KS)对 GDP 增长的贡献可以表示为:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = 0.05\Delta + 0.33 \frac{\Delta K}{K} + 0.18 \frac{\Delta L}{L} + 0.222 \frac{\Delta RF_8}{RF_8} \quad (8)$$

表 2 基于流量分析的模型参数及其检验

R=0.999, DW=0.949

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
Const.	-88.81	35.16			-2.53	0.02
年份	0.05	0.02	0.40		2.81	0.01
K	0.33	0.16	0.33		2.04	0.06
L	0.18	1.04	0.02		0.17	0.87
RF8	0.22	0.06	0.26		3.48	0.00

式(8)表明,对于促进 GDP 增长,就流量的情况来看,以产业资本形态投入资金的效果优于以 R&D 形态

投入资金的效果,以 R&D 形态的投入优于以劳动力形态的投入。但需要指出的是,式中的 R&D 投入是 8 年

前的投入。这一结论提示我们在进行相关规划时,一方面可以允许我们根据 8 年的 R&D 投资进行综合规划,另一方面要求我们必须充分考虑到这 8 年的时间滞后。

另外,此时由于反映技术进步因素的( $r$ )仍然存在于回归方程,表明 R&D 流量并不能完全表述技术进步。

基于 R&D 投入存量分析的结果如表 3 所示。

表 3 基于存量分析的模型参数及其检验

$R=0.999, DW=0.750$

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error	Beta			
Const.	-10.45	11.77			-0.89	0.39
K	0.30	0.16	0.29		1.80	0.09
L	1.12	1.17	0.10		0.95	0.35
KS6	0.54	0.08	0.61		6.67	0.00

在基于存量的分析中,在 Cobb-Douglass 生产函数中引入 R&D 投入因素后,即 KS(6) 进入回归方程后,反映技术进步的参数  $r$  不再进入回归方程,表明技术知识存量可以较全面地表述技术进步。将式(4)对时间微分,并将表 3 中的系数(B)代入,则资本投入(K)、劳动力投入(L)和 R&D 投入(KS)对 GDP 增长的贡献可以表示为:

$$\frac{\Delta Y}{Y} = 0.30 \frac{\Delta K}{K} + 1.12 \frac{\Delta L}{L} + 0.54 \frac{\Delta KS(6)}{KS(6)} \quad (9)$$

式(9)表明,对于促进 GDP 增长,从技术知识存量的角度来看,以劳动力形态投入资金的效果优于以 R&D 形态投入资金的效果,以 R&D 形态的投入优于以产业资本形态的投入。但需要指出的是,式(9)中的 KS(6)是技术知识存量而不是 R&D 投资额,并且这个存量是 6 年间各年 R&D 投入共同作用的结果。这一结论提示我们在进行相关规划时,一方面可以允许我们权衡 6 年的 R&D 投资进行综合规划,另一方面要求我们必须充分考虑到这 6 年的时间滞后。另外,在 Cobb-Douglass 生产函数中引入 R&D 投入因素后,劳动力投入的产出弹性在资本、劳动力和技术知识存量三者中最高,表明上海市随着 R&D 投入带来的技术知识积累。人力资本的积累及其对经济产出的贡献逐渐增加,表明了人力资源在服务型经济中的重要性。

R&D 投入的流量和存量是两种不同性质的变量,其对 GDP 增长的贡献也受不同作用方式的影响,因此前面的式(8)和式(9)之间不存在相互替代和包含的关系,只是从两个不同视角来分析 R&D 投入对 GDP 的影响,适用于不同情况的 R&D 投入规划和评价。

## 4 结语

本文以定量分析为基础,利用相关分析和 Cobb-Douglass 生产函数,提出了一个分析 R&D 投入对 GDP 影响的方式及延迟时间的研究框架和方法,并以上海市的统计数据为基础进行了实证检验。

时间滞后的研究表明,R&D 活动有其本身的活动周期和综合社会周期,在进行科技规划时所考虑的研发周期不是研发活动过程本身的周期,而应该是各项生产要素综合作用的社会周期。而上海市 R&D 活动本身的研究周期同其综合社会周期相同,基于流

量影响的滞后时间为投资当年和投资后的第 8 年,基于存量影响的平均滞后为 6 年。

影响强度的研究表明,R&D 投入流量对 GDP 增长的贡献,在目前的资源配置条件下,以产业资本形态投入资金的效果优于以 R&D 形态投入资金的效果,以 R&D 形态投入的效果优于以劳动力形态投入的效果。R&D 投入存量对 GDP 增长的贡献,在目前的资源配置条件下,以劳动力形态投入资金的效果优于以 R&D 形态投入资金的效果,以 R&D 形态的投入优于以产业资本形态的投入。

本研究的意义在于,提出了一个基于流量和存量分析 R&D 投入对 GDP 影响的时效和强度的研究框架,可以解释 R&D 投资对 GDP 的影响过程、影响幅度和影响滞后时间。研究得出的基本结论同上海市的现实情况相符合,表明本文提出的研究框架有一定的适用性。另外,这个研究框架也可以用于对 R&D 投入的评价,还可以应用到预测方面,判断 R&D 投入中试验开发、应用研究和基础研究的比例是否恰当,为决策者进行 R&D 投资规划提供决策支持。

本研究的不足之处在于没有考虑 R&D 投入的溢出效应,没有考虑产业结构和就业等问题。实际中 R&D 投入对经济系统和社会系统的影响是综合和深远的,在考核 R&D 投入的绩效时要有整体、综合和长远的观点。

## 参考文献:

- [1] MARIO COCCIA. What is the optimal rate of R&D investment to maximize productivity growth? [J]. *Technological Forecasting & Social Change*, 2009, 76(3): 433-446.
- [2] ABEL A B, BERNANKE B S, CROUSHORE D. *Macroeconomics* [M]. 6th-edition. New York: Pearson Addison-Wesley, 2008.
- [3] EDWARD F DENISON. The sources of economic growth in the United States and the alternatives before us [M]. New York: Committee for Economic Development, 1962.
- [4] ZVI GRILICHES. R&D and the productivity slowdown [J]. *American Economic Review*, 1980, 70(2): 343-348.
- [5] LEDERMAN D, MALONEY W F. R&D and development [EB/OL]. World Bank Policy Research Working Paper No.

3024. <http://ssrn.com/abstract=402480>.
- [6] GUELLEC D, BRUNO B P. R&D and productivity growth: panel data analysis of 16 OECD countries[C]. OECD Science Technology and Industry Working Papers, 2001, No. 3.
- [7] 胡鞍钢. 如何认识中国的技术追赶效应[J]. 科学中国人, 2004(6):34-38.
- [8] 王英伟, 成邦文. 我国研究与发展对全要素生产率影响的定量分析[J]. 科技管理研究, 2005(6):39-42.
- [9] 唐三阳, 田金信, 李捷. 区域 R&D 投入与 GDP 增长关系及差异研究[J]. 中国管理科学, 2005(10):527-530.
- [10] ZVI GRILICHES. R&D and productivity [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1998.
- [11] ADAMS J D. Fundamental stocks of knowledge and productivity growth[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(4):673-702.
- [12] (日)後藤晃. 日本の技術革新と産業組織[M]. 东京: 东京大学出版社, 1993.
- [13] D L BOSWORTH. The rate of obsolescence of technical knowledge—a note[J]. The Journal of Industrial Economics, 1978, 26(3): 273-279.
- [14] 蔡虹, 许晓雯. 我国技术知识存量的构成与国际比较研究[J]. 研究与发展管理, 2005(8):15-20.
- [15] 杨鹏, 许晓雯, 蔡虹. 我国区域 R&D 知识存量与 GDP 的实证检验[J]. 科学学与科学技术管理, 2005(12):23-26.
- [16] ALESSANDRO STERLACCHINI. R&D, higher education and regional growth: uneven linkages among European regions[J]. Research Policy, 2008, 37(6-7): 1 096-1 107.
- [17] YUNGCHANG JEFFERY BOR, YIH-CHYI CHUANG, WEI-WEN LAI, et al. A dynamic general equilibrium model for public R&D investment in Taiwan[J]. Economic Modelling, 2010, 27(1): 171-183.
- [18] LOET LEYDESDORFF, CAROLINE WAGNER. Macro-level indicators of the relations between research funding and research output[J]. Journal of Informetrics, 2009(3): 353-362.
- [19] AREGA D ALENE. Productivity growth and the effects of R&D in African agriculture[J]. Agricultural Economics, 2010, 41(3-4): 223-238.
- [20] 王桂新, 陈冠春. 上海市物质资本存量估算[J]. 上海经济研究, 2009(8):65-76.
- [21] 李旭, 于璐玥. 我国 R&D 投入对 GDP 贡献的时效和强度研究[J]. 研究与发展管理, 2011, 23(4):59-65.

(责任编辑: 陈晓峰)

## Research on the Delay Time and Impact Intensity of R&D Investment on GDP: A Case Study of Shanghai

Li Xu

(School of Management, Fudan University, Shanghai 200433, China)

**Abstract:** According to the mechanism of R&D investment impacting on the economic system, considering the flow and stock two kinds of impact modes, using Cobb-Douglas production function, combining with the principles and methods of statistical analysis, this paper proposed a framework to study the delay time and impact intensity of R&D investment on GDP, and develops a empirical test using the relevant statistical data of Shanghai to verify the framework. The empirical test results show that the cycle of the R&D activities per se in Shanghai is same with the cycle of comprehensive social function. The cycle of R&D investment flow on GDP is first year and 8th year while the cycle time of comprehensive social function of R&D input stock on GDP is 6 year, and under the current resource allocation conditions, the invest performance of industrial capital is better than that of R&D activities while the latter is better than that of labor force based on the R&D input flow impact, and the performance of input on labor force is better than that of R&D activities while the latter is better than that of industrial capital based on the R&D input stock impact. The basic conclusions from the case study consistent with the reality of Shanghai, indicating that the research framework proposed in this paper have well applicability.

**Key Words:** R&D Investment; Economic Impact; R&D Cycle; Impact Intensity