

# 生命周期与科研行为：一个微观动态模型

王 勇 张宏伟\*

**内容提要** 在现代内生经济增长理论中,无论是技术进步的内生化还是人力资本的积累,本质上都归结为知识的内生问题。然而在绝大多数相关文献中忽略了最重要的知识生产主体,即科研人员的有意识科研行为,只是潜在假定知识的微观生产过程是在“科研部门”这一“黑盒”中完成的。本文构造了一个微观动态模型,分析了在既定的制度体系下,一位代表性科研人员从进入科研部门直至退休的整个学术生命周期中的科研行为及相关问题,从而为内生经济增长理论潜在的知识生产问题从一侧面提供更直接的微观解释。本模型还为一系列更深入的科研制度体系问题提供了一个理论分析框架。

**关键词** 内生经济增长 生命周期 科研行为

## 一、引言

### (一)问题的提出

在宏观经济学中,早期的增长理论受到广泛批评的主要原因在于这些模型未能将技术进步内生,20世纪80年代中后期新增长理论的主要贡献在于将“知识”内生地引入增长模型。这主要通过两个途径:1.将“知识”直接与技术进步结合放入生产函数(通常是哈罗德中性技术进步生产函数)。2.将知识与劳动投入相结合,从而通过人力资本这一新的要素投入进入生产函数(Lucas, 1988; Romer, 1990; Becker, Murphy, and Tamura, 1990)。这样知识的内生就转化成技术进步的内生化或是人力资本投资问题。那么知识究竟是怎么生产呢?

技术进步内生理论大都只是在宏观层面回答这一问题:如最早的“Learning by doing”(Arrow, 1962)模型是将技术进步率直接与象征经验积累的资本增长率之间建立线性关系,

Conlisk 模型则建立技术进步率与人均收入增长率之间的线性关系,这些模型甚至不出现独立的科研部门,因而没有对知识生产进行微观分析。而在 Uzawa-Phelps 模型中尽管出现了独立的科研部门,甚至得出科研水平的“黄金率”,但是仍未分析科研部门的微观知识生产与供给。20世纪80年代以后的新增长模型中技术内生许多是将创新活动(一种知识生产过程)模型化为产品种类的增加(即水平创新)或是质量的提高(即垂直创新)(Grossman, Helpman, 1991a, 1991b; Aghion, Howitt, 1992),然而这些研究的主体是追求利润最大化的企业,知识的生产与技术创新是在一个叫做“科研部门”的专门从事 R&D 的黑盒中完成

\* 王勇:北京大学中国经济研究中心 100871 电话:010-62762839 电子信箱:wangyong-pku@hotmail.com wangyong-sh@ccermail.net;张宏伟:山东大学中国经济研究中心 250100 电子信箱:avinarain@yahoo.com。

特别感谢两位匿名审稿人提出的细致且富启发性的意见。同时还要感谢北大中国经济研究中心各位老师理论宏观组成员的意见与建议。当然,文责自负。

的,因此这些模型或者完全隐匿了知识的微观生产过程,或者只做整个科研部门的投入产出分析。虽然这些模型有助于建立非完全竞争的一般均衡模型,然而这还不是知识生产的最微观的基础。而人力资本的投资本质上属于已有知识的传播过程,尽管它依赖于知识存量并且对于知识生产具有很重要的作用,但是这个过程本身并不是直接的新知识的生产过程。

基于上述认识,本文试图通过对最重要的知识生产主体,即科研人员的科研行为加以经济学分析,从而为内生经济增长理论所蕴含的知识生产问题从一个特定侧面寻求更为直接的微观行为基础。显然,对于微观知识生产行为的深刻理解将有利于分析一个国家或者地区的技术变迁的微观机制,从而对于研究经济增长有着极为重要的理论意义。理性科研人员的微观科研行为必然受制于相关的各种制度约束,进而要求我们必须对于相关的科研制度体系进行深入探索,而本文的分析将为这一系列的制度安排的研究提供一个初步的逻辑分析框架。

## (二)相关文献的简单回顾

对于知识生产的系统性分析可以追溯到 20 世纪 50 年代 Richard Nelson 以及 Arrow(1962) 等人。这些文献对知识具有的公共产品性质进行了初步界定(对知识技术性质的集中讨论还见于 Romer, 1990),以及由此派生出来的科研机构的资源配置问题。这些分析表明:如果具有公共品性质的科研成果无法转化成厂商的垄断租金,则科研活动只能主要由政府部门提供资助。知识具有的公共品性质是现代内生增长理论的重要建模基础,对于宏观上的科研融资决策有着十分重要的意义;对于单个科研人员,面临的科研条件往往是外生给定的,知识的外部性将主要影响科研知识存量的变化。

在知识生产的要素分析方面,Nelson(1982)在对知识投入进行具体分类的基础上着重分析了不同的知识形式在 R&D 中的不同作用;对于劳动投入问题,Phelps(1966)在宏观层次上讨论了均衡增长时科研部门占总人口的比例,而 Baumol(1990)人则对高才能者进行了分析;对于科研部

门的投资问题也有大量研究(代表性的有 Lach and Schankerman, 1989)。这些分析是我们理解知识生产过程的基础,亦将是本文模型假设的基础。

在知识生产过程特征的研究方面,Shell(1966)在其模型中考虑了发明行为中的不确定性以及知识折旧问题,但是由于分析是从宏观角度进行的,因而不足以解释知识生产的微观特征;还有许多分析或者只对知识生产过程本身的技术特点进行描述(Dosi, 1988),或者只是在企业利润最大化目标下分析 R&D 行为,显然没有将知识生产直接建立在科研人员的个人效用最大化的行为基础上,因此不够完整。

在对与知识生产密切相关的制度环境分析方面,大量研究集中在发明的专利制度并结合市场结构的分析(Judd, 1985 ; Pakes, 1985),以及科研机构分析(Nelson, 1986),知识生产的优先权制度分析,甚至是专门对发展中国家科研制度环境的分析(Eckaus, 1966)。但是到目前为止,对于知识生产的许多制度研究缺乏一个理论框架,而我们的模型通过对单个科研人员在整个生命周期中科研行为的分析,可将这一系列关系似乎比较松散的分析联系起来,从而为许多问题的进一步深入分析提供一个理论框架。

## 二、模型的假设

### (一)即期效用函数

影响科研人员效用的因素有很多,如科研成果带来的满足感,与科研成果有关的货币收入、名誉,与职称有关的福利待遇、工作的努力强度等等,我们将只选取科研成果与努力这两个最重要的变量进入效用函数。这不仅能带来分析上的方便,更重要的是因为无论是在以非市场机制为基础的优先权制度下,还是在以市场机制为基础的专利制度下,影响科研人员效用的大多数重要因素都是由科研成果派生出来的;同时,努力作为科研人员的选择变量,不仅是影响科研人员效用的重要因素,而且是本文所要分析的科研行为的直接度量。

如果用  $I(t)$  代表科研人员在时刻  $t$  创造的科研成果；用  $m(t)$  代表科研人员在时刻  $t$  的努力程度（显然  $m(t) \geq 0$ ），则即期效用函数  $u(t)$  满足：

$$\frac{\partial u}{\partial I} > 0; \frac{\partial^2 u}{\partial I^2} < 0, \text{ 即表示科研成果带来的边际正效用递减;}$$

正效用递减；

$$\frac{\partial u}{\partial m} < 0; \frac{\partial^2 u}{\partial m^2} < 0, \text{ 即表示努力带来的边际负效用递增。}$$

用递增。

我们假定即期效用函数具有如下形式：

$$u(t) = \gamma \ln I(t) - \phi m^2(t) \quad (1)$$

其中系数  $\gamma > 0$ ，它衡量科研人员对于科研成果的评价， $\gamma$  体现了科研人员自身对于科研成就的偏好；也体现出与科研成本挂钩的物质报酬和精神奖励， $\gamma$  越大，则认为报酬系统对科研人员的激励作用越强，从而该制度也就越好。

系数  $\phi > 0$ ，它反映了科研人员吃苦耐劳的程度。 $\phi$  越小，即给定的努力程度带来的负效用越小，则表示科研人员越能吃苦。

### (二) 科技创新函数

一些经济学家将人力资本作为知识生产的要素投入之一（Romer, 1990; Becker et al, 1990; Grossman and Helpman, 1991a, 1991b），但在本模型中，我们将不采用人力资本这一比较宽泛的概念，而是将其分解为科技人员的主观努力与本身具有的知识存量，并且假定：当科研知识存量与努力中只要有一者为 0，则知识产出为 0。结合数学上的技术考虑，我们将采取如下函数形式<sup>①</sup>：

$$I(t) = B \cdot m^\alpha(t) e^{\beta S(t)} \cdot \epsilon_t \text{ (当 } s(t) > 0 \text{ 时)} \quad (2)$$

$$I(t) = 0 \quad \text{(当 } s(t) \leq 0 \text{ 时)}$$

其中变量  $s(t)$  表示  $t$  时刻科技人员掌握的与科研有关的“有用的知识存量”。

常数  $B$  表示科研的工作环境及条件，例如进行科研活动所需的资金设备以及科研学术氛围等。通常我们认为资金等要素应作为变量纳入科技创新函数，但本文的目的主要在于研究科研人员自身的科研行为，所以将资本等要素作为常量处理，这并不影响主要结论，而且可以带来分析上的方便。

$\epsilon_t$  的存在反映了科技创新具有的风险。对不

确定性的考察对于微观科技创新行为的研究是必不可少的，尽管在宏观层次上我们经常忽略这一点。设  $\ln \epsilon_t$  服从期望值为 0（即  $E(\ln \epsilon_t) = 0$ ）的某一分布（例如  $\epsilon_t$  可以是服从对数正态分布）<sup>②</sup>。

参数  $\alpha = \frac{I}{\partial m} \cdot \frac{m}{I}$ ，即它表示努力的创新产出弹性；如果其他条件一样， $\alpha$  越大，则表明科研人员的科研能力越强。参数  $\beta > 0$ ，为知识存量对科技创新的作用系数。

当  $s(t) > 0$  时，对 (2) 式两边取对数，得：

$$\ln I(t) = \ln [B m^\alpha(t) \cdot e^{\beta S(t)} \cdot \epsilon_t] = \ln B + \alpha \ln m(t) + \beta S(t) + \ln \epsilon_t \quad (2a)$$

对 (2a) 式两边取期望值：

$$E[\ln I(t)] = \ln B + \alpha \ln m(t) + \beta S(t) \quad (2b)$$

对 (1) 式两边取期望，再将 (2b) 代入，得：

$$E(u(t)) = \gamma \cdot \ln B + \alpha \gamma \ln m(t) + \gamma \beta S(t) - \phi m^2(t) \quad (1a)$$

### (三) 知识存量积累函数

影响科研创新的知识有各种不同的形式，如：选取研究对象所需的知识、与研究对象本身的性质有关的知识、寻求与研究对象有关知识等等（Nelson, 1982; Dosi, 1988）。我们将不对此做严格的区分，而采取如下函数形式<sup>③</sup>：

$$s(t) = s_0 + \int_0^t [\mu(\bar{s} - s(x)) - \delta x] dx \quad (3)$$

其中，常数  $\bar{s}$  为科研人员能吸收的知识存量极限值，它与科研人员的禀赋正相关。一般  $\bar{s}$  非常大，设  $\bar{s} > s(0) = s_0 > 0$ ， $s_0$  为初始存量，它是早期人力资本积累的结果。

系数  $\mu > 0$ ，反映的是科研人员对有关知识存量的吸收速度的大小，不仅与科研人员的禀赋有关，而且与其后天习得的科研、学习方法的优劣有关。它是科研人员早期人力资本积累的一个度量。

① 采用这种特殊的函数形式是考虑到知识存量可能为负、乘性随机项的设定，解析解的获取，计算量的节省等众多因素。

② 对于科研行为中不确定性的更深入考察可参见王勇 (2002a)。

③ 附录五给出了一个将“努力变量”（即变量  $m$ ）引入知识积累函数的模型，这将导致模型得不出具体的解析解，不利于静态比较分析。另外，附录五模型中许多结论与本模型一致，说明本模型结论是“稳健的 (robust)”。

另外学术交流也会对  $\mu$  产生影响。

系数  $\delta > 0$ , 为所掌握知识的“折旧率”, 反映知识的老化以及记忆力随年龄的衰退等因素。

(3)式两边对时间  $t$  求导, 得:

$$\dot{s}(t) = \mu(\bar{s} - s(t)) - \delta t \quad (3a)$$

(四)参与约束

假设一个人在期初决定是否成为一名科研人员时, 将考虑期初效用期望值  $E(u(0))$ , 只有当  $E(u(0)) \geq \underline{u}$ ,  $\underline{u}$  为最低效用, 才会选择科研这一职业; 否则将从事别的工作。即有:

$$\gamma \cdot \ln B + \alpha \gamma \ln m(0) + \gamma \beta s_0 - \phi m(0)^2 \geq \underline{u} \quad (4)$$

一旦成为科研人员, 由于存在职业刚性和高昂的沉淀成本, 使他无法中途转行。

(五)目标泛函

在本文的模型中, 我们假定在满足期初参与约束的前提下, 一位代表性的科研人员追求一生中科研成果带来的期望效用折现总值最大化, 即有如下目标泛函:

$$\text{Max} V = E \int_0^T u(t) e^{-\rho t} dt \quad (5)$$

其中  $T$  为科研人员的预期能从事科研活动的最长时间, 这里理解为法定退休年龄<sup>④</sup>。  $\rho > 0$ , 为时间偏好系数。

### 三、模型的推导

由(3a)式, 解一阶微分方程:  $\dot{s} + \mu s - \mu \bar{s} + \delta t = 0$ , 且  $s(0) = s_0$ , 得:

$$s^*(t) = (s_0 - \bar{s} - \frac{\delta}{\mu^2}) e^{-\mu t} + \bar{s} + \frac{\delta}{\mu^2} - \frac{\delta}{\mu} t \quad (6)$$

(6)式两边对时间求导, 得:

$$s'^*(t) = -\mu (s_0 - \bar{s} - \frac{\delta}{\mu^2}) e^{-\mu t} - \frac{\delta}{\mu} \quad (7)$$

并令(7)式大或等于零, 推得:

$$t \leq -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s} - s_0)\mu^2 + \delta} \quad (8)$$

由假设易知  $-\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s} - s_0)\mu^2 + \delta} > 0$ 。

通常科研人员的学术周期  $T$  较大, 我们做如下技术性假定:

$$T > -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s} - s_0)\mu^2 + \delta}$$

因此, 我们得到:

当  $t \in [0, -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s} - s_0)\mu^2 + \delta}]$  时,  $s^*(t)$  递增

当  $t \in [-\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s} - s_0)\mu^2 + \delta}, T]$  时,  $s^*(t)$  递减 (9)

在附录一中, 我们将证明在  $(0, +\infty)$  上, 存在惟一一点  $\bar{t}$  (我们将在第四部分说明:  $\bar{t}$  为科研人员的最优退休年龄), 满足  $s(\bar{t}) = 0$ 。

下面我们将分  $\bar{t} > T$  与  $\bar{t} \leq T$  两种情况进行讨论:

情形一: 当  $\bar{t} > T$  时, 即  $s^*(T) > 0$  时

在满足期初参与约束的前提下, 我们将(1a)式代入(5)式, 得到如下动态最优化问题:

$$\begin{aligned} \text{Max} V &= \int_0^T e^{-\rho t} [\gamma \ln B + \alpha \gamma \ln m(t) + \gamma \beta s(t) - \phi m^2] dt \quad \text{for all } t \in [0, T] \\ \text{s. t. } s^*(t) &= (s_0 - \bar{s} - \frac{\delta}{\mu^2}) e^{-\mu t} + \bar{s} + \frac{\delta}{\mu^2} - \frac{\delta}{\mu} t \\ m(t) &\geq 0 \end{aligned}$$

由观察可知, 目标泛函中的选择变量  $m(t)$  与  $s(t)$  互相独立, 所以该问题退化为古典最优化问题, 即最大化每一期的即期期望效用。本来按照惯例, 应对选择变量  $m(t)$  的非负性设置库恩-塔克条件, 设定参与约束不等式的拉格朗日函数。但为简化, 我们先不考虑这些约束, 再将运算结果与有关约束条件相对照。我们将发现运算结果恰好符合约束条件, 从而约束条件是松弛的。

现在最优化问题为:

$$\begin{aligned} \text{Max} L &= \gamma \ln B + \alpha \gamma \ln m + \gamma \beta s - \phi m^2 \\ \text{s. t. } m(t) &\geq 0 \end{aligned}$$

一阶必要条件:

④ 本文假定学术生命周期  $T$  为外生常数不但比较符合现实情形, 而且由于是固定终结点的最优控制问题, 所以能带来分析处理上的简化, 且不影响本文的主要结论。当然, 也可以进一步采用 Blanchard“永葆青春”模型的假设使真实学术生命周期内生, 但是将会引入更多的不确定性而使问题更加复杂。事实上, 在另一篇相关论文中, 笔者推导出内生的学术周期 (Wang Yong, 2002)。

$$\frac{\partial L}{\partial m(t)} = \frac{\alpha\gamma}{m(t)} - 2\psi m(t) = 0 \Rightarrow m^*(t) = \sqrt{\frac{\alpha\gamma}{2\psi}} > 0 \quad \text{for all } t \in [0, T] \quad (10)$$

二阶充分条件：

$$\frac{\partial^2 L}{\partial m^2(t)} = -\frac{\alpha\gamma}{m^2(t)} - 2\psi < 0 \quad \text{恒成立。}$$

由(10)式可知满足非负性约束，因而它是问题的最优解。

情形二：当  $\bar{t} \leq T$  时，即  $s^*(T) \leq 0$  时

目标泛函可分两段区间  $[0, \bar{t}]$  与  $[\bar{t}, T]$  分别求最大化

对于  $t \in [0, \bar{t}]$ ；类似于情形一，得：

$$\text{Max } L_1 = \int_0^{\bar{t}} e^{-\rho t} [\gamma \ln B + \alpha \gamma \ln m(t) + \gamma \beta s(t) - \psi m^2] dt$$

$$\text{并得到：} m^*(t) = \sqrt{\frac{\alpha\gamma}{2\psi}}$$

对于  $t \in [\bar{t}, T]$ ，有  $\text{Max } L_2 = \int_{\bar{t}}^T e^{-\rho t} E(u(t)) dt$

由(1)式可知， $\forall m \in [0, +\infty)$ ， $I(t) = 0$  时， $E(u(t)) \rightarrow -\infty$ ，

此时显然应取  $m^*(t) = 0$  (11)

#### 四、模型的比较静态分析

根据期初参与约束(4)式，我们很容易证明在其他条件相同的情况下，若一个人对科研越热爱，或越是能吃苦耐劳，或早期人力资本积累越多，或者择业时设立的效用标准越低，则这个人越容易成为一名科研人员。这些说明科研人员一般都比较耐吃苦；并解释了为什么一般科研人员都是高学历的人，因为他们的  $s_0$  比较大，更容易满足参与约束。上述结论恰好还与 William Baumol 的研究结果相一致：具有高才能的人职业选择的最低效用水平通常较高，且往往被吸引到诸如高智商犯罪、发动军事战争、操纵法律、争当宗教领袖等活动上来，而非从事科研活动。这反过来又可解释为何在一些科研制度不完善的国家和地区中，有许多从事科研的人能力并不强，因为他们设置的效用水平较低，更容易满足参与约束。以上主要讨

论了人自身因素对他是否能成为科研人员的影响。下面来分析外界因素的影响。

命题一：在其他条件相同的情况下，(1)如果科研创新更多的依赖于所掌握的知识存量，(2)或者科研条件与环境越优越，则一个人成为职业科研人员的可能性越大。(3)当科研机构的报酬制度足够好时，科研部门对科研能力越强的人吸引力越大，反之，对科研能力越弱的人吸引力越大，而努力产出弹性  $\alpha = \frac{2\psi}{\gamma}$  的人最不容易成为科研人员。

证明：

令  $\Phi = \frac{1}{\gamma\beta} \left[ u + \frac{\alpha\gamma}{2} - \gamma \ln B - \alpha \gamma \ln \sqrt{\frac{\alpha\gamma}{2\psi}} \right]$ ，有  $\frac{\partial \Phi}{\partial \beta} < 0$ ； $\frac{\partial \Phi}{\partial \beta} < 0$ ，从而  $\beta$  或  $B$  越大，(4)式参与约束越容易得到满足。由于  $\frac{\partial \Phi}{\partial \alpha} = -\frac{1}{2\beta} \ln \frac{\alpha\gamma}{2\psi}$ ，所以当  $0 < \frac{\alpha\gamma}{2\psi} < 1$ ，即  $\gamma < \frac{2\psi}{\alpha}$  时， $\frac{\partial \Phi}{\partial \alpha} > 0$ ；而当  $\frac{\alpha\gamma}{2\psi} > 1$ ，即  $\gamma > \frac{2\psi}{\alpha}$  时， $\frac{\partial \Phi}{\partial \alpha} < 0$ ，由上述讨论可知，当  $\alpha = \frac{2\psi}{\gamma}$  时，(4)式最不容易得到满足 Q. E. D

这里子命题(1)表明如果某种科研活动主要是靠记识性知识进行，由于相对而言比较省力，所以从事这种科研活动就越容易。这也许可以部分解释为什么在应用操作类的研究活动要比理论上大突破相对容易一些，因为前者更主要是靠记识性知识进行的；子命题(3)说明科研机构中好的报酬制度能吸收高能力的科研人员，而拒绝低能力的科研人员。反之，则会“劣币驱逐良币”，这在很大程度上解释了发展中国家“智力外流”的现象，而且，本命题还说明假如每个人的耐吃苦程度一样，则在给定科研机构的报酬体系下，其中的科研人员要么能力都比较高，要么能力都比较低。

接下来分析科研活动对于努力程度的要求。

命题二：一旦从事科研活动，只要科研人员认为自己“有用的知识存量”没有枯竭，科研人员的最优努力水平将始终保持稳定不变，而且努力程

度的大小与创新活动中努力的作用程度正相关；与科研人员对科研成果的评价正相关；与科研人员能否吃苦耐劳相关，越能吃苦，则越努力。一旦科研人员发现自己“有用的知识存量”枯竭了，将迅速选择完全偷懒(即努力程度至此以后始终为零)。

证明：由前面第三部分中的讨论，综合情形一

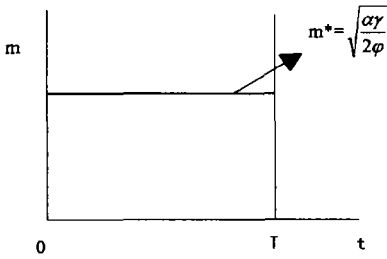


图 1a 当  $\bar{i} > T$  时选择变量(努力程度)的最优时间路径

命题二的结论可以解释为什么越是杰出的科研人员( $\alpha$  越大)工作越是努力,简而言之,是因为对于他们而言,相同的努力程度能取得更大的科研成果,其效用将足以抵消努力带来的负效用;从这个意义上讲,在其他条件相同时,从一个人的工作努力程度可以反推出这个人本身的科研能力。由本命题的结论还可以推测,如果一个人完全偷懒,说明他“有用的知识存量”已经枯竭,再无能力进行科研创新,此时应该退休(我们将在命题六中分析科研人员的最优退休年龄问题)。

下面分析知识存量  $s(t)$  的有关情况。

由图 2 可知,  $s(t)$  先升后降, 且当  $t = -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta}$  时, 有  $s_{Max} = \bar{s} + \frac{\delta}{\mu^2}$   
 $\ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta}$  易证:  $s_{Max} < \bar{s}$ ,  $\frac{\partial s_{Max}}{\partial s_0} > 0$ ,  $\frac{\partial s_{Max}}{\partial s} > 0$ ,  $\frac{\partial s_{Max}}{\partial \mu} > 0$ ,  $\frac{\partial s_{Max}}{\partial \delta} < 0$ 。后面的两式证明较繁, 见附录二。  
 Q. E. D.

与情形二, 当  $0 \leq t \leq \min\{\bar{i}, T\}$  时, 已得出(10)式:

$$m^* \equiv \sqrt{\frac{\alpha\gamma}{2\phi}} = const, \text{ 且 } \frac{\partial m^*}{\partial \alpha} > 0; \frac{\partial m^*}{\partial \gamma} > 0; \frac{\partial m^*}{\partial \phi} < 0$$

当  $\bar{i} \leq T$  时, 对于  $t \in [\bar{i}, T]$ , 由(11)式, 知  $m^*(t) = 0$  Q. E. D

做出选择变量  $m$  的最优时间路径图(见图 1)。

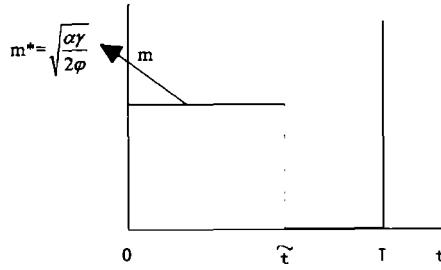


图 1b 当  $\bar{i} \leq T$  时选择变量(努力程度)的最优时间路径

命题三: 科研人员的生命周期中, 掌握的知识存量并非单调变化, 且有极大值。科研人员掌握的知识存量将永远达不到极限值  $\bar{s}$ , 且如果初始知识存量  $s_0$  越大, 或知识存量极限值  $\bar{s}$  越大, 则科研人员能达到的最大知识掌握量越大; 当新知识吸收速度  $\mu$  越快, 或知识折旧率  $\delta$  越小, 则最大知识掌握量也越大。

证明: 由(6)式以及相关分析(见第三部分)我们可以做出  $s(t)$  的时间路径图(见图 2)

推论: 科技创新的期望值在  $0 \leq t \leq \min\{\bar{i}, T\}$  时大于 0, 且先增后减, 并且在  $t^* = -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta}$  时达到最大。如果  $T > \bar{i}$ , 则在  $t \in [\bar{i}, T]$  上, 科研成果的期望值为 0。

证明: 根据第三部分中的有关分析:

$$\text{当 } 0 \leq t \leq \min\{\bar{i}, T\} \text{ 时, } E(\ln I(t)) = \ln B + \alpha \ln m(t) + \beta s(t)$$

又由(10)式,  $m(t) \equiv \sqrt{\frac{\alpha\gamma}{2\psi}}$

故  $E(\ln I(t)) = \ln\{B \cdot \left(\frac{\alpha\gamma}{2\psi}\right)^{\frac{\alpha}{2}} \cdot e^{\beta S(t)}\}$

显然  $E(I(t))$  与  $s(t)$  具有同步的单调性, 因而在  $t^* = -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta}$  时, 创新成果的期

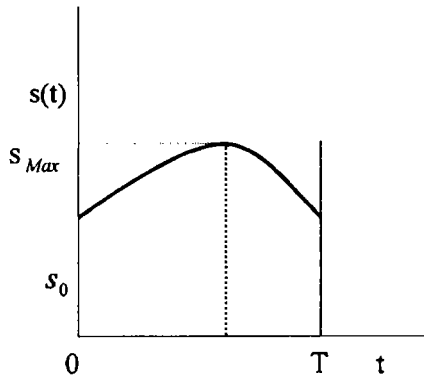


图 2a 当  $i > T$  时知识存量的时间路径

望值达到最大。之前期望值随时间递增, 之后递减。

而在  $t \in [\tilde{t}, T]$  上, 由(2)式及(11)式,  $E(I(t)) = 0$  Q. E. D

做出科研成果期望值的时间路径(见图 3)。

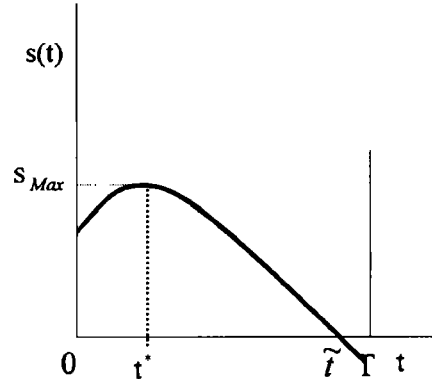


图 2b 当  $i \leq T$  时知识量的时间路径

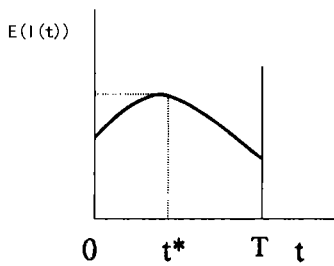


图 3a 当  $i > T$  时科研成果期望值的时间路径

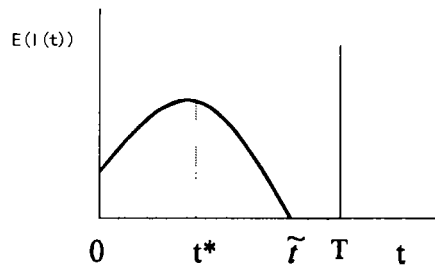


图 3b 当  $i \leq T$  时科研成果期望值的时间路径

由上述命题及推论可知, 科研人员永远不可能发挥出其科研能力的最大潜力(因为  $s_{Max}$  总小于  $\bar{s}$ ), 但是科研成就将与科研人员的禀赋( $\bar{s}$ )呈现很强的正相关性。本命题及其推论还表明如果加强学术交流(提高), 则能提高科研成果。另外, 我们还由此可知: 为什么在科技发达的国家科研人员的科研成就一般要高于科技落后国家的科研人员, 这可能是因为前者享有更好的教育制度( $s_0$  较大), 并有机会学习最新的知识(从而  $\delta$  较小)。

以上我们考察了科研人员的知识存量的变化对于科研成就的影响, 除此之外还有一些因素也会发生作用。

命题四: 在其他条件相同的情况下, 科研条件越好, 或者科研人员对科研成果的评价越高, 或者科研人员越能吃苦, 则他的最大科研贡献亦将越大(不考虑不确定因素)。

证明:

$$E(I(t))_{Max} = B \cdot \left(\frac{\alpha\gamma}{2\psi}\right)^{\frac{\alpha}{2}} \cdot e^{\beta S^*(t)}$$

$$t^* = -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta} = B \left(\frac{\alpha\gamma}{2\psi}\right)^{\frac{\alpha}{2}} \cdot e^{\beta s}$$

$$\left[\frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta}\right]^{\frac{\beta\delta}{\mu^2}};$$

$$\frac{\partial E(I)_{Max}}{\partial \gamma} > 0; \frac{\partial E(I)_{Max}}{\partial B} > 0; \frac{\partial E(I)_{Max}}{\partial \psi} < 0;$$

Q. E. D

这一结论是平凡的,含义却是重要的:科研成就的大小与科研条件、学术环境是密切相关的,在一个完善的制度安排下,科研人员的科技成果也将越高,反之,在科研成就与相关报酬不对称的制度下,科研成果就越低。这可以直接解释为什么发达国家的学术水平往往高于欠发达国家。由此可见制度环境因素对于微观科技供给是极为重要的。

命题五:最佳科技创新年龄  $t^*$  随知识的折旧率  $\delta$  的增加而提前,随知识极限值  $\bar{s}$  的提高而延后,随初始知识存量  $s_0$  的提高而提前。当

$\mu < \sqrt{\frac{\delta(1-x^*)}{(\bar{s}-s_0)x^*}}$  时,  $t^*$  随吸收速度  $\mu$  的提高而延后,反之则随吸收速度的提高而提前,其中,  $x^*$  是  $g(x) = \ln x + 2 - 2x$  方程的最小正数根。

证明:因为  $t^* = -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta} \frac{\partial t^*}{\partial \delta} > 0$ ;  $\frac{\partial t^*}{\partial \delta} < 0$ ;  $\frac{\partial t^*}{\partial s_0} < 0$ ; 最后一个子命题的证明见附录三。Q. E. D

命题五的结论表明科研人员早期人力资本的积累对他尽早做出最大的科研贡献有重要作用,其天赋决定的知识存量的极限值则能延缓学术研究能力的衰退;知识老化或遗忘的速度越快,科研人员学术衰退期就会越来越提前。最后一个子命题表明提高对新知识的吸收速度(如加强学术交流)对于最佳科技创新年龄的作用是不定的(见图4)。

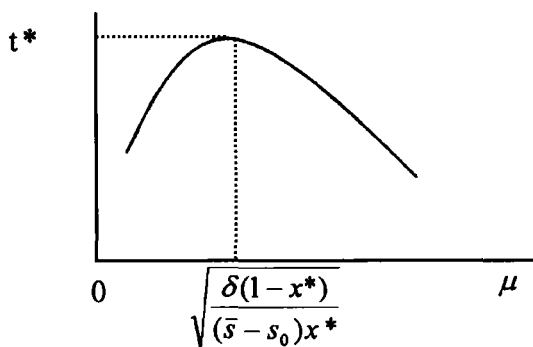


图4 最佳科技创新年龄  $t^*$  与知识吸收速度  $\mu$  的关系

如果  $\mu = \sqrt{\frac{\delta(1-x^*)}{(\bar{s}-s_0)x^*}}$ , 则  $t^*$  最大,即学术衰退期被最大程度的推迟。该子命题还可以解释为什么发达国家的科研人员的学术巅峰期一般要早于发展中国家:对于两个智力潜在水平( $\bar{s}$ )和期初人力资本积累( $s_0$ )都相当的科研人员而言,如果处于科技领先的发达国家,从而能学到更多最新的科研知识,这些知识的“折旧率”较低,从而使得

$\mu > \sqrt{\frac{\delta(1-x^*)}{(\bar{s}-s_0)x^*}}$  在发达国家中的可能性要大一些,因此在这些国家中加强学术交流(使上升)能促使学术巅峰期提前到来;而在科技落后的国家中  $\mu < \sqrt{\frac{\delta(1-x^*)}{(\bar{s}-s_0)x^*}}$  的可能性相对较大,所以加强学术交流反而会推迟学术高峰期的到来,当然这同时也意味着学术衰退期将会向后推延。

最后让我们来讨论最优退休年龄问题(我们定义当科研成就的期望值刚开始为零时,即  $\bar{i}$  为最优退休年龄)。在前面的分析中,我们发现常常会发生下列情形:到一定阶段以后,科研人员完全偷懒,且效用极低,且仍留在科研机构;或者,科研人员尚有能力做出新的科研贡献,却由于法定退休年龄的存在不得不过早的离开科研机构。亦即,最优退休年龄常常与法定退休年龄  $T$  不一致。下面我们首先分析影响最优退休年龄有哪些因素。

命题六:在其他条件相同的情况下,初始知识存量  $s_0$  越大,或知识存量极限值  $\bar{s}$  越大,或知识折旧率  $\delta$  越小,则最优退休年龄  $\bar{i}$  越晚。

证明:见附录四。

将命题五与命题六进行对比,我们发现:决定最优退休年龄的因素与决定最佳科技创新年龄的因素大致相同,但作用方向并非总是一致。较高的初始人力资本积累和较强的学术交流不但能使科研人员尽快进入创新高峰期,而且还能延长科研人员的整个学术生命;而学术潜力越高的科研人员( $\bar{s}$  较大)似更容易“大器晚成”(  $t^*$  很大),而且学术生命会很持久( $\bar{i}$  很大)。

由于每个人的具体情况不同,所以最优退休



年龄也不同,因此在这个意义上,我们认为在科研部门不应制定统一的退休年龄,而是应该根据其科研成果的期望值是否开始稳定地等于零来决定最优退休年龄;当然也可以适当选择一个大于零的下限作为退休的临界点,此时的最优退休年龄将小于  $\bar{i}$ 。如果非要有一个统一的法定退休年龄,则我们认为它应该比其他一般工作的法定退休年龄要晚些,这是因为由命题一可知科研人员大都是高学历者,因而在其生命周期中开始进入科研部门比较晚,所以由命题六可知他们的  $\bar{i}$  也较大。

### 五、结语

以上我们主要分析了既定的制度体系下,一位代表性科研人员从进入科研部门直至退休的整个周期中的科研行为及相关问题。诚然,一国的技术进步不能完全归因于科研人员有意识的知识创新,还应包括无意识的知识学习(如 learning by doing, learning by using),技术的外溢、传递与模仿,以及教育的普及等等。但是就世界知识技术进步的总体态势看,发达国家保持科技领先地位的根本源泉在于科研部门有意识的创新;发展中国家虽然要大量依赖发达国家已有知识和技术的吸收与模仿,但这一过程涉及合适技术的甄别、选择、修改等,在很大程度上与新知识的生产有一致之处(Grossman and Helpman, 1991a)。因此本模型的适用性不只限于对发达国家中新知识生产的分析。

另外,尽管有些研究表明科研部门投入过高可能会缺乏效率(Aghion and Howitt, 1992),甚至有些计量研究表明无法证实科研投入与经济增长之间的相关性(Jones, 1995),或至少两者之间存在较长的时滞(Adams, 1990),但是我们认为这些都不足以否认知识生产的重要性,因为一方面有大量研究表明科研创新的难度在不断加大因而创新成果(比如专利数目)与科研投入并不呈线性的正比关系;大量的经验检验表明人力资本的积累对于经济增长具有重要的作用(Mankiw, Romer and Weil, 1992),而人力资本积累的基础就是教育和科研投入。上述一些实证结论也可能

由于知识转化为直接的生产力的机制尚未充分完善造成的,随着知识的进一步细化和知识应用部门的发展,科技创新对于经济增长的作用将愈加明显与重要(另外一些辩护意见可参见 Griliches, 1988)。

在上述分析中,我们已经看到本文的微观模型还涉及许多深层次的问题:如何改进知识生产的报酬系统(即如何提高  $\gamma$ );如何增加科研投入,优化科研条件(即如何提高  $B$ );如何在信息不对称条件下解决科研人员的激励问题(即如何提高  $m'(t)$ );如何增加科研人员的科技成果(即如何提高  $I(t)$ );如何解决科研人员的新老交替问题(即起初参与约束  $s_0 \geq \Phi$  与最优退休年龄  $\bar{i}$  问题)等等。本文的模型揭示了这一系列重要问题之间的内在联系并做了一定的分析,但这些问题都需要专门的更深入的分析。

#### 数学附录:

附录一:求证:  $\exists \bar{i} \in (0, +\infty)$  使得  $s(\bar{i})=0$ , 且  $\bar{i}$  唯一

证明:由于  $s_0 > 0$  且由(9)式,在  $t \in [0, -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta}]$  上,  $s(t)$  递增,故在此区间上,  $s(t) > 0$ , 令  $t > -\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta}$ , 则由(6)式,显然  $s(t) < 0$ 。而在  $t \in [-\frac{1}{\mu} \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta}, \bar{i}]$  上,  $s(t)$  为连续单调递减函数。故在  $(0, +\infty)$  上必存在惟一点  $\bar{i}$ , 满足  $s(\bar{i})=0$ , 证毕。

附录二:求证:  $\frac{\partial s_{Max}}{\partial \mu} > 0$ ,  $\frac{\partial s_{Max}}{\partial \delta} < 0$

证明:先证明引理:当  $x \in (0, 1)$  时,  $\ln x + 1 - x < 0$ 。令  $f(x) = \ln x + 1 - x$ , 显然,  $f(1) = 0$ , 对  $f(x)$  求一阶导数:  $f'(x) = \frac{1}{x} - 1 > 0$  (因为  $x \in (0, 1)$ ), 故:当  $x \in (0, 1)$  时,  $f(x) < f(1) = 0$

$$\begin{aligned} \text{因为 } s_{Max} &= \bar{s} + \frac{\delta}{\mu^2} \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta} \\ \frac{\partial s_{Max}}{\partial \mu} &= -\frac{2\delta}{\mu^3} \left[ \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta} + \frac{(s-s_0)\mu^2}{(s-s_0)\mu^2 + \delta} \right] \\ \text{令 } x &= \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta}, \text{ 显然 } x \in (0, 1), \text{ 得:} \\ \frac{\partial s_{Max}}{\partial \mu} &= -\frac{2\delta}{\mu^3} f(x) > 0. \end{aligned}$$

同理,  $\frac{\partial s_{Max}}{\partial \delta} = \frac{1}{\mu^2} \left[ \ln \frac{\delta}{(s-s_0)\mu^2 + \delta} + \frac{(s-s_0)\mu^2}{(s-s_0)\mu^2 + \delta} \right] = \frac{1}{\mu^2} f(x) < 0$ , 证毕。

附录三:  $\frac{\partial x^*}{\partial \mu} = \frac{1}{\mu^2} \left[ \ln \frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta} + \frac{2(\bar{s}-s_0)\mu^2}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta} \right]$

令  $g(x) = \ln x + 2 - 2x$ ; 显然  $g(1) = 0$ , 另一根为  $x^* \in (0, 1/2)$ 。

求一阶导数:  $g'(x) = \frac{1}{x} - 2$

当  $x \in (0, \frac{1}{2})$  时,  $g'(x) > 0$ ; 当  $x \in (\frac{1}{2}, 1)$  时,  $g'(x) < 0$

令  $x = \frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta}$ , 显然  $x \in (0, 1)$ ,

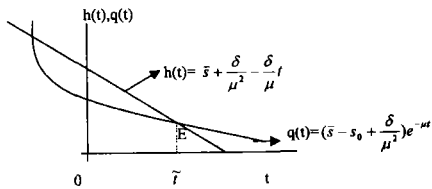
则当  $x = \frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta} \in (0, x^*)$  时, 即

$\mu > \sqrt{\frac{\delta(1-x^*)}{(\bar{s}-s_0)x^*}}$  时,  $\frac{\partial x^*}{\partial \mu} < 0$

反之, 当  $x = \frac{\delta}{(\bar{s}-s_0)\mu^2 + \delta} \in (x^*, 1)$  时, 即

$\mu < \sqrt{\frac{\delta(1-x^*)}{(\bar{s}-s_0)x^*}}$  时,  $\frac{\partial x^*}{\partial \mu} > 0$ , 证毕。

附录四: 证明: 令  $h(t) = \bar{s} + \frac{\delta}{\mu^2} - \frac{\delta}{\mu}t$ ;  $q(t) = (\bar{s} - s_0 + \frac{\delta}{\mu^2})e^{-\mu t}$ , 见下图。



由(6)式,  $s^*(t) = h(t) - q(t)$ , 根据  $\tilde{t}$  的定义,  $s^*(\tilde{t}) = h(\tilde{t}) - q(\tilde{t}) = 0$

给定原来的  $\tilde{t}$ , 若  $s_0$  上升, 将使  $q(t)$  曲线下移, 从而 E 点右移,  $\tilde{t}$  增大, 即  $\frac{\partial \tilde{t}}{\partial s_0} > 0$ 。

给定原来的  $\tilde{t}$ ,  $\frac{\partial s^*(\tilde{t})}{\partial s} = 1 - e^{-\mu \tilde{t}} > 0$ , 从而说明在  $t = \tilde{t}$  竖直线上,  $h(t)$  比  $q(t)$  上升得快, 交点 E 将右移,  $\tilde{t}$  增大, 即  $\frac{\partial \tilde{t}}{\partial s} > 0$ 。

同理:  $\frac{\partial [s^*(\tilde{t})]}{\partial \delta} = \frac{1}{\mu^2} (1 - \mu \tilde{t} - e^{-\mu \tilde{t}}) < 0$ , (因  $\mu \tilde{t} > 0$ ), 说明在  $t = \tilde{t}$  竖直线上,  $h(t)$  没有  $q(t)$  变化得快, 所以交点 E 左移,  $\tilde{t}$  减小即  $\frac{\partial \tilde{t}}{\partial \delta} < 0$ , 证毕。

附录五: 本文主体模型的一个“最优控制论”比较模型

假定:

$u(t) = \ln I(t) - m(t)$  (1)

$I(t) = B \cdot m^\alpha e^{\beta s(t)} \cdot \epsilon_t$  (2)

$\dot{s}(t) = \mu(\bar{s} - s(t)) - \delta t + \eta m$  (3)

说明: 这里各字母代表的意义与原文模型完全一致。但要注意: 这里为简化计算, 即期效用函数与原模型相比略有变动。另外, 我们将直接用  $I(t) = B \cdot m^\alpha e^{\beta s(t)}$ 。代替(2)式进行计算, 因为只要对  $I(t)$  取期望就可以去掉白噪音了。知识积累函数比原模型中多出的一  $\eta m$  项中, 常系数  $\eta > 0$ , 该项表明努力对知识积累的显性作用。

目标泛函:

Max  $V(t) = \int_t^T e^{-\rho t} E(u(t)) dt$

建立汉弥尔顿函数:

$H = [\gamma \ln B + \alpha \gamma \ln m + \beta \gamma s(t) - \psi m(t)] e^{-\rho t} + \lambda [\mu(\bar{s} - s) - \delta t + \eta m]$

根据最大值原理:

$\frac{\partial H}{\partial m} = (\frac{\alpha \gamma}{m} - \psi) e^{-\rho t} + \lambda \eta = 0$  (4)

$\frac{\partial H}{\partial s} = \gamma \beta e^{-\rho t} - \mu \lambda = -\dot{\lambda}$  (5)

$\frac{\partial H}{\partial \lambda} = \mu(\bar{s} - s) - \delta t + \eta m = \dot{s}$  (6)

横截性条件(transversality condition):  $\lambda(T) = 0$  (7)

由(5), (7)解得:  $\lambda(t) = -\frac{\beta \gamma}{\mu + \rho} e^{-(\mu + \rho)T} e^{\mu t} + \frac{\beta \gamma}{\mu + \rho} e^{-\rho t}$  (8)

由(4)式得,  $m(t) = \frac{\alpha \gamma}{\psi - \eta e^{\rho t} \frac{\beta \gamma}{\mu + \rho} [-e^{-(\mu + \rho)T} e^{\mu t} + e^{-\rho t}]}$   
 $= \frac{\alpha \gamma}{\psi + \frac{\beta \gamma \eta}{\mu + \rho} [e^{-(\mu + \rho)T} e^{(\mu + \rho)t} - 1]} > 0$  (9)

这里假定  $\psi > \frac{\beta \gamma \eta}{\mu + \rho}$ , 可以对最优努力  $m^*(t)$  做充分的比较静态分析。

由(9)式显见:

$\dot{m}(t) < 0$ , 这说明科研人员的努力水平将越来越小(与原文模型不同)。

由(6)式:

$\dot{s} = \mu \bar{s} - \mu s - \delta t + \eta m(t)$  (10)

(很难由此求出  $s(t)$  的解析解)

由利普希兹条件, 可以设定  $\forall L > \mu$  作为利普希兹常数, 从而(10)式的解存在且惟一。可以证明: 存在惟一的极大值:  $s_{Max}(t) = \frac{1}{\mu} [\mu \bar{s} - \delta t^* + \mu m^*]$  (因为  $\dot{s}$  在  $s=0$  处恒小于 0), 这里  $t^*$  为一常数。

由于  $s_0 > 0$ , 且可证明,  $s^*(0) > 0$ ,  $s^*(t)$  先增后减。这与原文模型的结论完全一致。

易知:  $s_{Max} = s^*(t) = \bar{s} - \frac{\delta}{\mu} t^* + \frac{\eta}{\mu}$

$$\psi + \frac{\beta\gamma\eta}{\mu+\rho} [e^{-(\mu+\rho)T} e^{(\mu+\rho)t^*} - 1]$$

可见  $t^*$  越大,  $s_{Max}$  则越小。

对本模型与原文中的模型进行比较,我们发现:两者最重要的区别在于:本文模型关于知识积累函数的假设中多出  $\eta m$  一项,从而使得知识的积累更具“主动性”(注意:原模型中虽无显性的努力进入知识积累函数,但并不表明努力对于知识积累不起作用)。但这样做的代价是:该微分方程组的解析解无法求出,从而不能进行充分的比较静态分析。另外,我们已经发现,增加这一项并没有改变状态变量(即最优知识存量  $s^*(t)$ )先增后减的形状。所以许多基本结论都不变。最重要的区别在于新模型中的控制变量  $m(t)$  的最优路径是递减的。如果生命周期  $T$  足够长,则原模型中也有类似的结论,但  $m^*(t)$  是阶越的。

因此综合地看,原文中的模型更可取。

#### 参考文献:

王勇(2002):《不确定性下的动态科研行为:一个代表者模型》,《世界经济文汇》第2期。

Adams, James D (1990): “Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth”. *Journal of Political Economy* 98, no 4, pp. 673—702.

Aghion, Philippe, and Howitt, Peter (1992): “A Model of Growth through Creative Destruction.” *Econometrica*, Vol. 60, No. 2, pp. 323—351.

Arrow, Kenneth J. (1962): “The Economic Implications of Learning by Doing”. *Review of Economic Studies*, No 29, June, pp. 155—173.

Baumol, William (1990): “Entrepreneurship: Productive, Unproductive, and Destructive”. *Journal of Political Economy* 98, October, Part 1, pp. 893—921.

Becker, Gary S, Kevin M Murphy, and Robert Tamura (1990): “Human Capital, Fertility, and Economic Growth”. *Journal of Political Economy* 98, October, Part 2, S12—S37.

Dosi, Giovanni. (1988): “Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation”. *Journal of Economic Literature*. Vol. XXVI (September 1988), pp. 1120—1171.

Eckaus, Richard (1966): “Notes on Invention and Innovation In Less Developed Countries”. *American Economic Review* 56 (May), pp. 98—109 and Discussions, pp. 110—117.

Griliches, Zvi (1988): “Productivity Puzzles and R&D:

Another Nonexplanatoion. ”*Journal of Economic Perspectives*. No2, pp. 9—21.

Grossman, Gene M, and Elhanan Helpman (1991a): “Innovation and Growth in the Global Economy. Cambridge.” MIT Press.

— (1991b): “Quality Ladders in the Theory of Growth”, *Review of Economic Studies*, Vol. 58, pp. 43—61.

Jones, C, I (1995): “R&D — Based Models of Economic Growth”, *Journal of Political Economy*, Vol. 103, pp. 759—784.

Judd, Kenneth L (1985): “On the Performance of Patents”. *Econometrica*, Vol. 53, No. 3 May, pp. 567—585.

Lach, Saul, and Mark Schankerman (1989): “Dynamics of R&D and Investment in the Scientific Sector”. *Journal of Political Economy* 97, December, pp. 880—904.

Lucas, Robert E Jr. (1988): “On the Mechanics of Economic Development.” *Journal of Monetary Economics*, No 22, July, pp. 3—42.

Mankiw, N. Gregory, David, Romer, and David N. Weil (1992): “A Contribution to the Empirics of Economic Growth.” *Quarterly Journal of Economics*, 107, May, pp. 407—437.

Nelson, Richard R (1982): “The Role of Knowledge in R&D Efficiency”. *The Quarterly Journal of Economics*, August, pp. 453—470.

Nelson, R. R (1986): “Institutions Supporting Technical Advance in Industry”. *American Economic Review. E. R. papers and proceedings*, 76, 2, pp. 186—189.

Pakes, Ariel (1985): “On Patents, R&D, and the Stock Market Return,” *Journal of Political Economy*, 93, pp. 390—409.

Phelps, Edmund S (1966): “Models of Technical Progress and the Golden Rule of Research.” *Review Of Economic Studies*, 33, pp. 133—146.

Romer, Paul M (1990): “Endogenous Technical Change?”. *Journal of Political Economy* 98, S71—S102.

Shell, Karl (1966): “Toward a Theory of Inventive Activity and Capital Accumulation.” *American Economic Review* 56 pp. 62—68.

Wang, Yong (2002): “Endogenizing Endogenous Technical Change: A Model of Optimal Research Behavior With Endogenous Time Preference”, *Annals of Economics and Finance*, Forthcoming.

(截稿:2002年9月 实习编辑:付克华)

---

---

## **A Proposal for Asian Monetary Co-operation**

*Li Xiao Ding Yibing*

The paper discusses the specific measures of East Asian regional currency and monetary cooperation. We propose that Asian Monetary co-operation should be carried on following three steps; first is information sharing and policy coordination, second is a regional finance facilities system, the last and most important is the reform of the current exchange rate regime in East Asia and the establishment of a regional exchange rate arrangement. The paper focuses on the third part and discusses that a common currency basket should be introduced.

## **The Premature Structure of China's International Balance of Payment**

*Yang Liuyong*

China has kept current account surplus of balance of payments for more than 10 years. It means China's balance of payments structure is pre-structure; A poor country like China is actually lending to other countries. This means in China the balance of payments structure is ahead of schedule and differs from most developing countries. China has likely entered into a phase of "new creditor Country". The characteristic, reason, and trend of the pre-structure of the balance of payments in China were discussed in the paper. Some suggestions were also put forward.

## **Life Cycle and the Behavior of Research**

*Wang Yong*

Most of the existent literature on the endogenous growth theory implicitly assumes that the intentional technical progress takes place automatically within a black box called "research sector" so long as some inputs are invested. However, the behavioral micro-foundation of technical change has received inadequate treatment. The paper examines the optimal research behavior of a representative researcher during his academic life cycle. Some analyses are also made on the related institutional problems.