

技术进步内生化和中国经济的长期增长

庄子银

作者 庄子银, 武汉大学经济学院博士; 武汉, 430072。

关键词 内生技术 收益递增 经济增长

提要 中国近20年的经济快速增长的原因何在? 中国经济在未来能否保持这一增长势头? 本文通过构建一个内生技术创新诱致的长期经济增长模式说明, 中国未来经济的持续增长主要取决于其在知识和专业化人力资本等内生技术变化方面的努力。而这又有赖于建立一套有效的技术创新体系和运行机制, 以为技术创新提供充足的激励。

在近20年中, 中国经济在起伏波动中实现了持续高速增长, 这是一个“经济奇迹”。现在的关键问题是, 中国的这一经济增长趋势能否持续? 确保经济持续增长的根本源泉何在? 在本文的研究中, 我们在P. 罗默(P. Romer, 1986, 1990)研究的基础上, 建立了一个内生技术变化诱致的长期经济增长模式, 其中源于利润极大化的经济主体有意识投资决策的内生技术变化是经济长期增长的源泉。根据这一模式, 我们认为, 中国未来经济的持续增长很大程度取决于其在知识和专业化人力资本等内生技术变化方面的努力。

一、一个内生技术变化诱致的经济持续增长模式

(一) 模式的基本假定。(1) 技术变化——组合原材料的方法的改进——在经济增长中处于中心地位, 它提供了持续资本积累的动力, 并与资本积累共同解释了大量人时生产的产出增长。(2) 技术变化主要是人们应市场刺激而采取的有目的行动的产物, 且技术的全面增加是与其对其贡献的资源成比例的。因而本模式就是一个内生而不是外生的技术变化框架。(3) 技术(组合原材料的方法)内在地不同于其它经济产品。一旦人们承受了新技术的创新成本, 新技术就可以不追加成本地反复使用, 因此新技术的开发只有固定成本。(4) 知识或技术是非竞争性产品。这一假定有两个重要经济含义: 其一, 非竞争性产品可在人均基础上无限积累, 而诸如人的能力增加这样的人力资本却不能。其二, 视知识为非竞争性产品, 知

识就具有外溢效应，即它是不完全排他性的。(5) 假定知识不仅是竞争性的，而且是部分排他性的产品。排他性依赖于知识本身的性质以及管制产权的法律制度，一个产品的所有者如果具有对其产品的排他性使用权，那么这个产品就是排他性的。在这个意义上，它也不同于公共品，因为公共品既是非竞争性的，又是非排他性的，且不能由私人提供或在市场上交易。(6) 假定知识效应是非凸性 (nonconvexity) 的。这是知识非竞争性假设的一个自然延伸，知识的非竞争性暗示知识的生产和配置不可能完全由竞争性市场力量来控制。

(二) 模式的基本框架。经济中有四种基本投入：资本 (K)、劳动 (L)、竞争性人力资本 (H) 和非竞争性知识存量 (A)。资本以消费单位计，劳动服务是诸如得自健康身体的技能，人力资本是诸如正规教育和在职培训这样的活动的累积效应，而每一单位新知识则对应一个新产品设计，以产品设计数量计。经济中有三个部门。研究部门使用人力资本和既有的知识存量生产新知识或新中间产品的“设计”；中间品部门使用设计和资本生产用作最终产品部门投入的中间品；最终产品部门使用中间品投入、劳动和人力资本生产最终的产出。

假定在最终产品部门中，总劳动 (人口) L 和总人力资本水平 H 的市场供给是固定的，没有弹性的。在 t 时可获得的所有中间品总和就构成该时的可获得资本总量。假定资本可以分解成无穷不同种类的中间品 (用整数 i 表示)，但对 $x = \{x_i\}_{i=1}^{\infty}$ ，存在某个值 A，对所有的 $i \geq A$ ，有 $x_i = 0$ ，即在任何时间只能有有限的潜在投入可供使用。为分析方便起见，假定这些中间品是连续的，因此总资本就可表示成 $K = \eta \int_0^{\infty} x(i) di = \eta \int_0^A x(i) di$ ，生产函数采用扩展的柯布—道格拉斯形式：

$$Y = H_Y^\alpha L^\beta \int_0^A x(i)^\gamma di \quad (1)$$

其中 $\gamma = 1 - \alpha - \beta$ 。方程 (1) 表示，产出是所有的不同种类的资本品的一个可加可分函数，这意味着所有的不同种类的资本品之间是相互独立的，没有替代关系。进一步地，由于本模式是对称的，所有可获得的中间品资本存量都以同样的水平 x 供给，这就意味着总资本可以表达成 $K = \eta Ax$ ，那么生产函数就可写成：

$$Y = A^{\alpha+\beta} K^\gamma \eta^{-\gamma} H_Y^\alpha L^\beta \quad (2)$$

在这里，技术进步采取 A 扩大的形式 (即可获得的专业化中间品数目增加)。对既有的 A，生产函数是关于 H_Y 、L 和 Ax (中间投入总量) 的不变规模收益函数。对既定的 H_Y 、L 和 x 数量， $A^{\alpha+\beta}$ 项表示 Y 随 A 的增加而增加，而 Ax 随 A 的增加而增加，这就避免了收益递减趋势，因此这一生产函数提供了内生增长的基础。与标准新古典增长模式一样，定义总资本 K 为被放弃产出的积累，则总资本积累就是总产出与总消费之差：

$$\dot{K} = Y - C = \eta^{-\gamma} K^\gamma A^{1-\gamma} H_Y^\alpha L^\beta - C \quad (3)$$

假定最终产品部门的厂商是完全竞争者，因此，在既定的中间品价格序列 $\{p(i); i \in R_+\}$ (包括中间品生产为零时 $p(i) = \infty$ 的价格) 下，一个有代表性的最终产品厂商就会选择生产所需的每一中间品水平 x (i)，以极大化其利润。给定 H_Y 和 L，极大化问题为：

$$\max_x \int_0^A [H_Y^\alpha L^\beta x(i)^\gamma - p(i)x(i)] di \quad (4)$$

对 (4) 进行微分可得到 p (i) 的表达式，即是中间品 x (i) 的反需求函数：

$$p(i) = \gamma H_Y^\alpha L^\beta x(i)^{\gamma-1} \quad (5)$$

每个生产 $x(i)$ 的中间品厂商都视这一反需求函数为既定的。给定 H_Y 、 L 和利率 r ，一个典型的中间品厂商的极大化问题为：

$$\pi = \max_x p(x)x - r\eta x = \max_x \gamma H_Y^\alpha L^\beta x^\gamma - r\eta x \quad (6)$$

由此可知，垄断价格只是取决于需求弹性的边际成本 r 的简单加价，即 $p(i) = r\eta/r$ 。

研究部门是人力资本相对密集的，其中生产设计的厂商也是竞争性的。假定每一厂商可免费获取总知识存量，因为知识是非竞争性的，即所有厂商可同时利用 A ，那么第 j 个研究者的产出就是 $\delta H^j A$ ，其中 H^j 是第 j 个研究者使用的人力资本存量。加总所有的研究者的产出，则总设计量的变动方程为：

$$\dot{A} = \delta H_A A = \delta(H - H_Y)A \quad (7)$$

其中 H_A 是研究中使用的总人力资本，则在总体上有 $H = H_Y + H_A$ 。

方程 (7) 表示，研究中的人力资本投入越多，则新设计的生产率越高；既有的设计和知识总存量越大，则一个在研究部门工作的工程师的生产率就越高。进一步地，当其他要素不变时，设计的产出分别是 H_A 和 A 的线性函数。这里定义的知识会以两种不同的方式进入生产：一个新设计使可用来生产产出的新产品的生产成为可能；一个新设计还会提高总知识存量，并进而提高研究部门的人力资本的生产率。设计的所有者只对设计在新的中间品生产中的应用，而不是对其在研究中的应用拥有产权。

一个新的专业化投入的生产决策取决于净收益的贴现量与设计的初始投资成本 $p_A(t)$ 的比较。因设计市场的竞争性，则 t 时每一设计的价格就等于原有垄断者可获得利润现值：

$$p_A(t) = \int_t^\infty \pi(\tau) e^{-\int_t^\tau r(s) ds} d\tau \quad (8)$$

(三) 均衡。假定消费者具有贴现的不变弹性的偏好：
$$\int_0^\infty U(C) e^{-\rho t} dt \quad (9)$$

其中 C 是消费， ρ 是贴现率，且 $U(C) = (C^{1-\sigma} - 1) / (1-\sigma)$ ， $\sigma \in [0, \infty)$ 为跨时替代弹性。在其预算约束下定义一个汉密尔顿函数：

$$H = U(C)e^{-\rho t} + \lambda(rK + w_H H + w_L L - C)e^{-\int_0^t r(s) ds} \quad (10)$$

由一阶条件可得：
$$\dot{C}/C = (r - \rho) / \sigma \quad (11)$$

(四) 均衡增长。在均衡增长中，变量 K 、 C 、 Y 和 A 以共同的指数率增长：

$$g = \dot{C}/C = \dot{Y}/Y = \dot{K}/K = \dot{A}/A = \delta H_A \quad (12)$$

由消费动态方程可得均衡增长率为：

$$g = (\delta H - \Lambda\rho) / (\sigma\Lambda + 1) \quad (13)$$

其中 $\Lambda = \alpha/\gamma (\alpha + \beta)$ ，是取决于技术参数的常数。

(五) 几点结论。第一，本模式强调技术变化是源于企业利润极大化动机的产物，从而给出了技术变化的一个内生解释。尽管某些特定技术突破或许是随机出现的，但大多数技术变化是源于利润极大化的经济主体因应市场刺激而作出的有目的投资决策的产物，技术的全面增长是与人们投入的资源成比例的。如果把社会作为一个整体来看，就可以清楚地看到，探索发现活动不论是找金矿还是开发新技术，是我们为其付出多少努力的函数。第二，知识具有与众不同的特性，它既不是传统的私人经济产品，也不是公共品，它是介于两者之间的非竞争性的、部分排他性产品。知识的这一特性会导致递增的边际产出，并破坏完全竞争均衡。

从而突破了垄断力量是对完全竞争准则相悖的传统观点，强调了垄断力量在技术创新中的重要作用。第三，本模式强调内生技术变化是经济增长的源泉。这种技术变化源于人们有意识的投资。具体地，它是由研究部门生产的，并以两种不同方式进入生产：首先，它会用于中间品生产，并进而通过中间品数量和种类的不断扩大提高最终产品产出；其次，它会增加总知识存量，通过外溢效应提高研究部门的人力资本生产率，通过这两种途径，经济就可以实现长期增长。第四，增长率是人力资本存量的递增函数，且不依赖劳动力或总人口的规模。研究部门具有递增收益，人力资本和知识存量的倍增会导致研究中人力资本的边际产品提高，结果人口中人力资本存量的持久增加导致 A/K 比率的上升，并使投入研究部门的人力资本以更大比例增加，由均衡增长率方程可知，经济中有更高的增长率。一个极端的情形是，如果总人力资本存量过低，经济就可能出现停滞。这就解释了人均收入和增长率广泛而持久的跨国差异：拥有大量人力资本的发达国家具有快速的增长，而过低的人力资本则使发展中国家久陷停滞。第五，本模式讨论了自由贸易对研究和增长的效应。较大的市场规模，尤其是参与国际贸易和经济一体化，不仅会影响收入和福利水平，而且会影响增长率。这是因为较大的市场会诱致更多的研究，使人力资本存量，尤其是研究部门的人力资本存量递增，从而产生更快的增长。值得一提的是，模式指出，人口并不是市场规模的正确测度，因而像中国和印度这样的人口大国的巨大的国内市场并不能替代与世界其余国家的贸易。第六，这一政府政策具有增长效应。由于知识的非竞争性，它具有外在效应，研究部门的研究是次优的，因此通过提高积累补贴，降低利率，补贴教育，就会提高增长率。

二、中国经济持续增长的前景

近半个世纪，尤其是自改革开放以来，我国在技术创新、教育和人力资本投资、医疗卫生保健等方面取得了巨大的成就，具体体现在：

1. 科技队伍不断扩大。国有企事业单位各类专业技术人员由 1980 年的 527.6 万人增加到 1997 年末的 2914 万人；科研机构从 1990 年的 18772 个增加到 1997 年的 20800 个；从事科技活动人员由 1993 年的 244.97 万人增加到 1997 年的 262 万人，其中科学家和工程师相应地由 135.50 万人增加到 168 万人；1997 年引进外国专家 8.2 万人，比上年增长 2.5%。

2. 建立了比较完整的教育培训体系，教育结构不断改善。全国普通高等学校由 1980 年的 675 所增加到 1997 年的 1020 所，招生人数由 24.7 万人增加到 100 万人，在校学生由 114.4 万人增加到 317 万人。根据世界银行 1997 年《世界发展报告》，1993 年中国初等女生入学率为 116%，男生入学率为 120%^①，中等学校女生入学率为 51%，男生入学率为 60%，超过了许多低收入国家和中等收入国家。社会文化普及程度有所提高，如 1995 年中国女性文盲率为 27%，男性为 10%，均低于许多下中等收入国家和中等收入国家，培养了一支数量可观的各级各类专业人才和专业技术人员队伍。

3. 教育经费和科技经费投入不断增加。国家财政性教育经费由 1980 年的 114.2 亿元增加到 1995 年的 1193.8 亿元。科技活动经费支出由 1990 年的 369.13 亿元增加到 1997 年的 961 亿元，其中研究与发展经费支出由 125.43 亿元增加到 368 亿元，相当于国内生产总值的 5%；大中型工业企业技术开发经费支出额由 1990 年的 133.1 亿元增加到 1995 年的 366.2 亿元，

其中开发新产品用款由 52.7 亿元增加到 165 亿元。

4. 技术创新取得了很大的成就,技术进步对经济增长的作用增强。主要表现在:其一,重大科学技术研究成果从 1980 年的 2687 项增加到 1997 年的 30566 项,其中达到国际先进水平的科技成果 5267 项,获国家奖励的成果 626 项。三种专利申请受理量由 1985 年的 14372 件,增加到 1997 年的 11.4 万件,授权专利从 138 件增加到 5.1 万件。其二,国家技术创新工作取得了新进展,1997 年组织完成了 115 项技术创新项目,组织实施了 1296 项国家级新产品试产,完成了 34 项重大技术装备的研制及鉴定验收。其三,技术市场活跃,全国技术市场成交额由 1989 年的 814639 万元增加到 1995 年的 2683447 万元,1997 年全国共签订技术合同 25 万件,成交金额 351 亿元,分别比上年增长 10.4% 和 17%。其四,技术创新经济效益显著,1994 年全国开发区高新技术企业总产值达 8527163 万元,出口总额 126.99 亿美元。

5. 医疗、卫生保健等人力资本状况得到了改善。根据世界银行 1997 年《世界发展报告》,1995 年中国的婴儿死亡率为 34‰,预期寿命为 69 岁,这两个数据表明中国的医疗保健水平明显超过属于同一范畴的低收入发展中国家,也高于中等收入发展中国家,甚至高于上中等收入发展中国家。中国医疗保健工作的一个特点是,其防治重点已从低水平的疾病类型(如传染病、寄生虫病、肠道病、呼吸道病等)转为发达国家疾病类型(如心脏病、脑血管病、癌症等)。

由此可见,我国已具备经济持续增长的一定基础。因此,只要政府能一如既往地和技术创新和人力资本积累方面采取有力措施,促进专业化知识和人力资本存量不断增加,那么未来经济持续增长的前景就是乐观的。但是,也应看到,中国的经济增长主要源于制度创新的激励效应和投入因素增加的扩张效应,维持经济持续增长的技术创新和知识积累效应不足:

1. 教育水平仍然偏低。中国的教育部门是国民经济中最薄弱的部门之一,虽然世界银行对中国的初等学校和中等学校的入学率统计数字较高,但是,根据中国第三次人口普查的资料,初、中级教育普及率低于整个发展中国家,学生人数占 5~19 岁人口的比例为 51.6%,比同期发展中国家平均水平 64.2% 低 12.6 个百分点。虽然小学适龄人口入学率比较高,但受经济水平、升学体制和就业体制的影响,辍学及失学状况还相当严重,尤其是在经济落后的老少边穷地区,童农、童工和童商的数量以及文盲人口数量随着人口增长而绝对地增加。

2. 教育结构不合理。高等教育入学率太低,据世界银行 1997 年《世界发展报告》,中国 1993 年高等学校入学率仅为 4%,在低收入国家中居于后列,比中等收入国家的平均水平(22%)低 18 个百分点,比上中等收入国家的平均水平(16%)低 12 个百分点,比发达国家的平均水平(56%)则差距更为悬殊。这种不合理的结构造成教育深化,致使教育成为“应试教育”,忽视德智体全面发展,教育质量下降。

3. 教育经费渠道单一,教育经费偏低。1980 年国家财政性教育经费全部由预算内支出,1985 年至 1990 年全口径教育经费的 88.2% 仍由国家财政开支。教育经费绝对数量虽有增加,但其相对比例却增长缓慢,与经济发展水平所要求的差距很大,据世界银行 1997 年《世界发展报告》,中国在 1991~1995 年间,教育支出仅占国家总支出的 2.4%,大大落后世界其他国家的水平。中国人均教育经费水平更低,在世界各国排名中居于后列。由于经费不足,使教师工资水平不仅远远落后于发达国家和地区,甚至还不如许多发展中国家。再加上,沿海与内地收入差距的影响,致使教育资源地区性结构配置不当。

4. 用于研究与发展的经费过低。研究与发展经费虽从 1990 年的 125.43 亿元增加到 1997

年的 368 亿元,但其占 GNP 的比例却由 0.71% 下降为 0.5%,而 1995 年美国为 2.9%、日本为 3.0%、韩国为 2.1%、德国为 2.8%、法国为 2.4%。从大中型企业技术开发经费支出占销售收入的比重看,比例年年下降,由 1990 年的 1.38% 下降为 1995 年的 1.19%。

5. 智力外流现象严重。改革开放以来,中国派出了大量留学人员,他们当中不少的人已学成回国,在各个领域发挥了积极作用。但更多的人则滞留不归,形成了大量的智力外流。智力外流减少了国家花大气力培养出来的高知识密集的稀缺人力资本,这在当今以知识和人力资本为竞争内容的世界经济竞争中,将使我们处于不利的地位。

6. 在卫生保健等人力资本投资方面仍然存在不少问题。例如,我国人民营养水平总体上还限于保障基本生活需要,近年来虽然肉禽蛋的消费水平有了明显提高,但在整个食物结构和一般生活质量上与发达国家还有相当大的差距;公共卫生保健还处于初级阶段,主要是防治严重影响人民健康的疾病,对因高强度紧张工作和非常环境工作等引起的职业病和劳动保护还关注不够;医疗费用和药品价格不断上涨,计划经济体制下形成的公费医疗往往不能兑现,低收入的公职人员和职工往往因治病而感到困难;由于经济体制转型的影响,在相当一段时间,农村出现了医疗卫生保健的真空,现在情况虽有所改善,但占人口 80% 的广大农民仍很难得到有效的卫生健康保障。

三、实现中国未来经济持续增长的思路

内生技术变化诱致的长期增长模式的分析表明,技术进步决定着经济增长的长期趋势,知识和专业化人力资本是比物质资本更重要的推动经济增长的生产要素。因此,要实现中国未来经济的持续增长,就必须改变传统的粗放型增长方式,致力于通过内生技术进步诱致长期经济增长的集约型增长方式上来。而这又有赖于建立一套有效的技术创新体系和运行机制:

1. 必须建立健全的技术创新的激励机制。技术创新不是自然而然发生的,各国技术创新水平的差距悬殊,关键在于激励机制完善与否。这包括:其一,技术创新就其本质不是市场现象,而是制度现象。其二,技术中包含的知识具有完全可扩散性、不可排他性等公共品特征,抑制了创新动力。因而通过专利、版权、商业秘密等特殊法律制度,界定和保护知识产权,赋予新技术的生产者以排他的使用权和收益权,是重要的产权安排。其三,政府通过公共财政向独立的厂商提供补贴或减免税安排,给予研究基金资助或奖励,以帮助创新厂商承担创新所需的巨大的固定成本。其四,政府可与私人机构或创新企业订立契约,组织联合科研创新,确保创新的供给价格不致太高,以维持足够的创新需求。其五,技术创新还需要适当的市场结构。竞争性市场无法有效地把社会资源配置到创新活动中去,因此要促进创新,至少在一段时间内要允许创新企业保持垄断地位。

2. 必须完善技术创新的扩散机制。这里具体包括:其一,创新与扩散的动态反馈机制。技术的内生创新与外在扩散之间互为联动。有些激励创新的政策,如知识产权保护,会提高人们获得创新成果的成本,负向地影响技术扩散;但是有时也存在正反馈效应,即促进新技术采用的动力导致了创新速度进一步加快,这反过来又拓宽了技术扩散的范围。其二,扩散中的风险机制。技术扩散中,创新者和接受者都有风险。对于前者,熟悉新技术的科学技术人员可能流向其他企业、产业,带来创新成果被泄露的风险;对于后者,在市场上得到的只

是技术中的标准化知识,而大量的隐含知识却无法获得,带来新技术不能成功引入的风险。其三,扩散中的模仿机制。新技术或新生产工艺的最初形态往往存在许多设计上或制造上的缺陷,技术使用者的模仿、吸收及由此积累的信息反馈,有助于矫正这些缺陷,使得技术沿着与其扩散相关的轨迹而经历一个逐步演进的发展。这个过程被称为与“边干边学”(learning by doing)类似的“边用边学”(learning by using)。

3. 必须建立有效的技术创新的人力资本积累机制。主要内容包括:其一,内在人力资本积累与内在技术创新的因果效应。大量事实表明,技术创新的长期推进,不是由间断的研究突破带来的,而是大量小改进累积的结果,而这些小改进又是生产者、使用者人力资本积累的结果。其二,人力资本积累的“边干边学”机制。人力资本可以通过正规的和非正规的方式来积累,但是尤为值得注意的是在实际生产过程中,在使用者、制造者和销售者之间重复交互作用中得到的技术培训、专门教育和经验积累,这也就是内在的“边干边学”过程。其三,产学研合作的人力资本积累机制。技术进步与科学研究之间的反馈带来了组织效应,使产学研各方进行合作,在许多基础科学、应用科学和企业研究与开发活动中,所需的科学设备、人力资源十分庞大,这笔沉淀成本可能很难由单个机构承担,因此把高等院校、研究所和企业界联合起来,共同进行人才培养、人才引进和流动、人力资本积累,形成一种聚集效应,可以更快地促进科学发展及其向生产力的转化。

4. 建立合理的新技术国际传播机制。发达国家和发展中国家在技术水平上存在很大缺口,对双方贸易和增长都有显著影响。这里主要包括:其一,国际间技术缺口和技术流动机制。一国知识存量的增长对该国的企业有正的外部性,在国际的溢出效应则不那么迅速。但是,新技术最终会在发展中国家得到转移、模仿并应用到可贸易品的生产上,进而带来技术创新与模仿的国际专业化。其二,技术引进中的人力资本引进机制。技术知识有标准化的与隐含的知识之分,对于前者,通过模仿、反向技术分解就可以得到,但是对于后者,则难以直接得到。生产工艺、产品设计越复杂,企业间在生产上的差距越大,隐含知识问题越严重。因此在引进高新技术时,要伴随技术人员的共同培养、国外人才的引进等措施,以便成功地移植新技术。其三,技术引进中的“学会引进”(learning to borrow)机制。成功引进的技术越多,越是能积累起隐含技术知识,使其他类似的、相关的创新的引进更为便宜或风险更小。信息技术的发展还会使得潜在的技术引进者更能区分出最有能力的创新企业,从那里找到获取最新相关技术的捷径。这个机制被称为“学会引进”。

注 释:

① 入学率之所以超过百分之百,是因为有一部分学生超过或低于规定的入学年龄。

(文中数据未注明出处者均来自1995、1996年《统计年鉴》及《1997年国民经济和社会发展统计公报》)

(责任编辑 邹惠卿)