

北京師範大學

学术硕士研究生 学位论文

论文题目：关于人力资本和技术进步与中国经济增长的理
论研究

作者：赵相尧

导师：杜育红

培养单位：教育学部

学号：202021010186

学科专业：教育经济与管理

完成日期：2023年5月

北京师范大学学位办

北京师范大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：赵相尧

日期：2023年6月3日

学位论文使用授权书

学位论文作者完全了解北京师范大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属北京师范大学。学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以允许采用影印、缩印或其它复制手段保存、汇编学位论文。保密的学位论文在解密后适用于本授权书。

本人签名：赵相尧

日期：2023.06.03

导师签名：杜育红

日期：2023.06.03

关于人力资本和技术进步与中国经济增长的理论研究

摘 要

在西方的主流经济增长理论中，劳动力是充分就业的，而技术进步主要由经济内部的人力资本内生决定。这一设定符合西方发达国家的情况，却无法反映改革开放后中国面临的情况。中国面临情况的独特之处在于，计划经济阶段在农业部门中积累了大量过剩劳动力，以及技术落后导致向发达国家购买技术比自行研发更为划算。为了对这两个独特情况进行理论分析，本文建立了两个经济学模型。

第一个模型包含两个部门，农业部门只投入劳动要素，工业部门投入人力资本和物质资本要素，并受技术的影响。劳动者初始位于农业部门中，不具有人力资本，教育是其获得人力资本跨过进入工业部门的门槛的唯一方法。模型的解使用了最优控制理论。模型获得的结论是教育的进步可以提高经济稳定状态时的工业化率以及加快到达这一稳定状态的速度，但是这一促进作用是有极限的，经济的进一步增长必须引进外生的技术进步。随后本文使用 1996-2014 年的中国总量数据对模型结论进行了验证。

第二个模型考虑了落后国家购买技术时技术的非竞争性部分和竞争性部分可以完美分离的抽象情况，落后国家的产出在消费、投资物质资本和购买技术之间分配，发达国家会为更接近自己最领先水平的技术收取更高的费用。模型的解使用了最优控制理论。模型获得的结论是，落后国家的技术增长率只能与发达国家看齐，而经济增长率则低于发达国家，否则会损失效用。教育可以增加增长路径下的效用和技术的水平值，但无法改变增长率的大小。随后本文使用世界银行提供的 1980-2018 年 G20 国家全要素生产率增长率数据对模型预言的情况进行了讨论。

结合两个模型的结论可以得出一个更深刻的结论，要想不受制于环境或他国，经济必须走向内生增长阶段。中国已经进入新发展阶段，因此本文主要可以促进对“来时路”的理解，也能对未来的某些后发国家有所启发。

关键词： 经济增长；人力资本；技术进步

A China Perspective on Economic Growth Mechanics: Incorporating Human Capital and Technological Change

ABSTRACT

In the orthodox growth theory of the West, labor is fully employed, while technological progress is mainly determined by the human capital within the economy. This setting is in line with the situation of developed countries, but it cannot reflect the situation faced by China after the reform and opening up. The unique aspect of China's situation lies in the accumulation of a large amount of surplus labor in the agricultural sector during the planned economy stage, as well as the backwardness of technology, which makes it more cost-effective to purchase technology from developed countries than to develop it on its own. In order to conduct a theoretical analysis of these two unique situations, this article establishes two economic models.

The first model includes two sectors. The agricultural sector only inputs labor, and the industrial sector, which is affected by technology, inputs human capital and physical capital. Workers are initially in the agricultural sector and do not have human capital. Education is the only way for them to obtain human capital and cross the threshold of entering the industrial sector. The solution of the model uses optimal control theory, and the conclusion is that the progress of education can improve the industrialization rate in the stationary state and accelerate the speed of reaching it. However, this effect is limited, and further economic growth must introduce exogenous technological progress. Subsequently, this article validated the conclusions of the model using China's aggregate data from 1996 to 2014.

The second model considers the abstract situation that the non-competitive part

and competitive part of technology purchasing can be perfectly separated. The output of backward countries is distributed between consumption, investment in physical capital and technology purchase. Developed countries will charge higher fees for technologies closer to their most advanced level. The solution of the model uses optimal control theory. The conclusion is that the technological growth rate of underdeveloped countries can only be aligned with that of developed countries, while the growth rate of GDP is lower in the former ones than in the latter ones, otherwise utility will be harmed. Education can increase the utility and technological level under the growth path but cannot change the growth rate. Subsequently, this article discussed the model's predictions using the total factor productivity growth rate data of G20 countries from 1980 to 2018 provided by the World Bank.

Combining two models can lead to a more profound conclusion that in order to avoid being constrained by the environment or other countries, the economy must move towards an endogenous growth stage. As China has entered the new development stage, the theoretical significance of reviewing history in this article is greater, but it may also provide inspiration for some later developing countries in the future.

KEY WORDS Economic growth, human capital, technological progress

目 录

第 1 章 引言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究内容	2
1.3 研究意义	3
第 2 章 文献综述与述评	5
2.1 考虑了人力资本与技术的西方现代经济增长理论梳理	5
2.2 考虑了人力资本与技术的西方现代增长理论述评	13
第 3 章 一个考虑劳动力迁移的模型	19
3.1 模型设定	19
3.2 模型求解	24
3.3 模型的动态学	26
3.4 模型的实证检验	30
第 4 章 一个考虑技术购买的模型	36
4.1 模型设定	36
4.2 模型求解及其动态学	38
4.3 模型结果的探讨	40
4.4 模型的现实探讨	42
第 5 章 结论	46
参考文献	48

第 1 章 引言

1.1 研究背景

20 世纪下半叶以来考虑了人力资本和技术进步的新古典增长理论是西方经济学界的主流思想，但若是直接将其用于解释改革开放后中国的经济增长奇迹，则有诸多水土不服之处。

1994 年，美国经济学家保罗·克鲁格曼提出了著名的“克鲁格曼质疑”，其主要论点为：东亚的增长主要来自投入的增加，而非技术（全要素生产率）的进步，这种增长是无法持续的。东方的经济学家们对此有所辩解。马克思曾批评走上了庸俗化道路的古典经济学将自己的假设视为普世且永恒的，没有认清社会的发展规律。新古典经济学对东方的看法也大抵如此。蔡昉（2013）就稍显尖刻地评价道，西方经济学对新古典经济学的关注达到了“不知有汉、无论魏晋”的地步，而这种经济学依赖的诸多教义多与中国现实不一致，不能圆满地解说中国的经济发展。不过，对西方经济学家没有注意到的理论与现实的差距的研究，反而可以帮助我们更好地明白中国经济的发展逻辑。通过总结樊纲（1996）、易纲（2003）、蔡昉（2013）等的观点，笔者可以对新古典经济学家未注意到的中国事实做出两点粗浅的概括。

第一点是改革开放后的中国存在大量的剩余劳动力，即在改革开放前长时间的计划经济阶段中累积在落后的农业中的人群，他们随时准备为现代工业提供近乎无限的劳动力。Lewis（1954）研究过这样的二元经济，但在主流经济学家的眼中却不存在这样一个阶段。这并不代表劳动力从农业部门转向工业部门的过程不存在，而是因为工业革命在西方孕育，劳动转移过程是缓慢而平滑的，没有产生突然的变化，所以不被主流增长理论所注意。在这个阶段中，劳动要素投入的增加带来的产出提升反而是一件好事，这说明我们将超过农业生产需求的劳动力置于了更有效率的地方，切实提升了人民的收入。结构的改进本身就是一种效率提升，要求发展中国家弃廉价劳动力的优势于不顾，不先提高收入水平，而是直接投入成本巨大的科技研发，与具有先发优势的发达国家竞争，是不切实际也不

公平的。

第二点是技术增长的隐蔽性。改革开放初期的中国在各种技术上都与世界先进水平存在巨大差距，从头开始自行研究这些技术成本巨大，模仿和购买技术是一个更好的选择。而这种技术引进通常以购买机器设备和专利的形式进行，在国民经济核算时被计为资本的投入，即被算作要素的增加。与之相对的，发达国家在出售技术时，因为知识产权保护，可以为非竞争性要素知识索取高额的附加值。因此人们将观察到，中国投入的资本要素更多，而发达国家的单位产品价值更高，自然会得出中国的全要素生产率没有得到多大提升的结论。

通过将这两点中国的独特之处与西方增长理论中有关人力资本与技术进步的理论结合起来，就可以得到适用于中国情况的、考虑人力资本与技术进步的增长模型。

在继续推进前必须要指出的是，改革开放后的中国经济增长奇迹的原因是多方面的，比如“改革开放”四字就已经暗示的体制的革新与国际贸易的增长。但是本文是一篇教育经济学研究，聚焦的问题是人力资本与技术进步，因此必须割舍这一部分因素，以免在分析中引入额外的复杂性。

1.2 研究内容

本文将基于 2.1 节即将介绍的理论和 1.1 节介绍的经济背景构建两个考虑了中国实际情况的经济学模型。因为本文是教育经济学研究，所以主要考虑人力资本和技术进步这两个因素，并关照教育在其中的作用。由于中国国情的独特性，这两个因素影响经济增长的方式与西方国家不尽相同。

第一个模型试图描述农业剩余劳动力向工业部门转移的过程，教育在其中充当促进转移的作用。西方先发国家的这一过程不用考虑教育，而改革开放后的中国需要考虑教育的关键原因是，二者面临的生产过程复杂度的不同。亚当·斯密是如此评价当时的生产过程的：“一个人的一生都花在做一些简单的操作上，这些操作几乎是一样的，他没有机会发挥自己的理解力或运用自己的发明来寻找解决从未发生过的困难的权宜之计。因此，他自然会失去这种努力的习惯，会变得像人类最可能的一样愚蠢和无知。”我们可以说当时的生产过程要求的人力资本是在教育没有介入的情况下就可以达到的，但改革开放后的中国面临的生产过程

已经超过人类天生所拥有的技能水平，因此教育的作用不容忽视。

第二个模型考虑了技术以购买的形式增长的过程。自第一次工业革命以来，科学技术的最高水平一直处于西方发达国家，对其而言并不存在一个可以学习的外部对象，因此西方的经济学自然考虑来自经济内部的技术进步。而中国作为后发国家，考虑来自外部的技术进步则是情有可原的。

本文没有考虑内生增长阶段的模型。原因主要是新发展阶段的中国面临的环境与西方发达国家已经开始靠拢，在此情况下，在考虑人力资本和技术进步的视角中，中国并没有独特的未被过去的理论的解释的现象，而构建那些理论的经济学家大师的水平是笔者远远无法触及的。实际上，笔者曾经对时下大语言模型带来的生产过程智能程度的提升颇感兴趣，根据 2.2 节的框架，其反映了机器对满足人类复杂需求的能力的提升，在生产函数中应该表现为一种人力资本节约型的技术。不过 Romer（1999）的模型已经考虑过了这一点，虽然对模型设定的解释可以因时代不同而有所不同，但模型的设定本身与结论将难以有不同之处。

蔡昉在其基于宏大经济史视域的增长理论框架中提到，世界仍呼唤着对中国经济增长有解释力的理论的出现，这是吸引笔者选定此题的原因之一。笔者一直明白并且在研究的过程中更加明白构建理论的复杂，这需要细致入微的观察、宏阔深远的视野、稳健扎实的理论功底和丰富多元的知识体系，这些都远超笔者目前的能力。本文虽自称理论研究，但成果远无法称得上“理论”二字，此二字仅代表了研究的视角。笔者将其称为在数理经济学的范式下，从教育经济学的视角出发，得出的一些与现实世界有联系的结论。

1.3 研究意义

习近平（2021）指出，我国进入新发展阶段，旧的生产函数组合方式已经难以持续，由科学技术和教育推动的全要素生产率的作用愈发凸显。我们走进了内生增长阶段，在此背景下，回过头去探究改革开放后古典与新古典阶段的经济增长对现实的指导意义似乎是有限的。但是本文模型的构建可以帮助我们更好地理解“来时之路”，并且也许对未来的某些后发国家能有所启发。

而在理论意义方面，笔者在搜集资料的过程中发现，仅限笔者所知范围内，中文学术界有关经济增长的宏观理论模型尤其是考虑了中国实际情况的理论模

型不是特别丰富，大多仅为计量经济学模型提供理论基础，聚焦于理论模型本身的较少。因此，本文至少为理解中国经济增长的理论做出了一点微小的边际贡献，向世界发出了一声小小的中国声音。

第 2 章 文献综述与述评

2.1 考虑了人力资本与技术的西方现代经济增长理论梳理

2.1.1 人力资本理论的提出

虽然在此之前已有相似思想的萌芽，但普遍认为教育进入现代经济增长领域始自 Theodore W. Schultz（1961）的人力资本理论。彼时美国的经济增长存在三个谜团，第一是（物质）资本的富余并未导致资本的深化，二是收入增长速度显著高于生产要素增长速度，三是劳动收入极大地提升了。Schultz 敏锐地注意到传统的分析中只考虑了劳动的数量维度，而没有考虑质量维度，其中数量维度指“拥有工作的人数及其投入的工时”，质量维度指“一切提高生产性劳动能力的知识和技能”。这很容易理解，拥有更高知识和技能水平的劳动者的生产效率通常更高，但所有人在增长核算中都同被记为一个单位的劳动力，因而被算入生产函数中的劳动要素必然比实际投入的少。

人力资本的概念符合古典经济学中对资本的定义，“帮助或支持劳动的事物”或者“失之则无法同等效率地生产的事物”，也符合 Irving Fisher 对资本的定义，“那些存储下来的、在未来提供满足的、过去的努力”。因此 Schultz 认为将其称为“资本”恰如其分。

但与物质资本不同的是，它内化于人而看不见摸不着，也正因如此，人力资本的测量比物质资本更加困难。可以从人力资本的积累方式出发思考如何对人力资本进行衡量。Schultz 将对人力资本的投资总结为“提升人类劳动质量和生产率”的行为，五种常见的人力资本投资行为是：医疗设施与服务、在职培训、正规教育、成人培训、人口迁移（可以看出其中三项均与教育有关）。由于只有正规教育的数据较为可得，因此 Schultz 使用正规教育的数据衡量人力资本水平，并测算得出人力资本的投资回报率接近甚至高于物质资本，且其存量可以解释 1929-1956 年美国经济增长的 18%-30%（60%无法用传统要素解释部分的 30%至 50%）。

劳动力的质量维度被逐渐认可，Edward F. Denison（1962）以更为详实的数

据使用收入法核算了 1929-1957 年美国的 GDP。这期间经济增长率为 2.93%，按质量调整后的劳动（即人力资本）占真实总收入的份额为 73.0%，若是其他要素保持不变，在考察期内人力资本 2.16% 的增长率引致了 1.57% 的经济增长率，贡献率为 53.58%。Denison 衡量人力资本的维度有三个，分别为工时、教育、劳动者性别年龄结构的改善，其中教育的贡献占 42%，引致了 0.68% 的经济增长率，对经济增长的贡献率为 22.87%。

虽然人力资本概念的引入大大增加了要素的数量，但经济增长中仍有未解释的部分，在 Denison 的核算中被称作“单位投入产出”，解释了 31.74% 的经济增长。为了解释这一部分，我们需要先回到奠定了新古典增长理论基础的 Solow 模型。

2.1.2 对技术的关注

在改进均衡条件严苛的 Harrod-Domar 模型的努力中，Robert M. Solow(1956) 提出了一种技术（希克斯）中性进步的增长模型：

$$Y = A(t)F(K, L)$$

需要注意的是，经济学中所称“技术”指生产过程中投入量与产出量之间的数量关系，以生产函数为表现。因此从 Solow 的原意来说，技术进步指的是在投入要素不变的情况下，整个产出 Y 的扩大，而 A 是用以扩大生产函数的比例因子。假设 A 以外部给定的增长率 g 恒定地增长，即 $A(t) = e^{gt}$ ，则在储蓄率 s 给定且不存在折旧、劳动 L 以给定速率 n 恒定增长、 F 为规模报酬不变 Cobb-Douglas 的情景下模型的基本微分方程为

$$\dot{K} = se^{gt}K^a(L_0e^{nt})^{1-a} = sK^aL_0^{1-a}e^{[n(1-a)+g]t}$$

其中， \dot{X} 表示 X 对时间 t 求导。上式的解为

$$K(t) = \left[K_0^b - \frac{bs}{nb+g}L_0^b + \frac{bs}{nb+g}L_0^be^{(nb+g)t} \right]^{1/b}$$

其中 $b = 1 - a$ 。上式中方括号内前两项为常量，因此资本存量的增长速率大体由第三项决定，其增长速率近似为 $n + g/b (= (nb + g)/b)$ ，则产出的增长率为 $n +$

ag/b ($= (n + g/b)a + bn$)^①。在不存在比例因子 A 的情形下，产出的增长率为 n ，与劳动增长率相同，因而人均产出将无法提升；在引入 A 的情形下，产出的增长率中加入了含有 g 的项，人均产出得以提升。

Solow (1957) 使用该模型核算了 1909-1949 年的美国经济增长。将生产函数写成增长率形式：

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + A \frac{\partial F}{\partial K} \frac{\dot{K}}{Y} + A \frac{\partial F}{\partial L} \frac{\dot{L}}{Y}$$

在完全竞争的条件下，要素的价格等于要素的边际产出，因而 K 获得的收入为 $\frac{\partial Y}{\partial K} K$ ， L 获得的收入为 $\frac{\partial Y}{\partial L} L$ ，所以我们可以定义物质资本收入占总收入的份额 $\omega_K = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y}$ ，

劳动收入占总收入的份额 $\omega_L = \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{L}{Y}$ 。则上式可以写为：

$$\begin{aligned} \frac{\dot{Y}}{Y} &= \frac{\dot{A}}{A} + A \frac{\partial F}{\partial K} \frac{\dot{K}}{Y} + A \frac{\partial F}{\partial L} \frac{\dot{L}}{Y} \\ &= \frac{\dot{A}}{A} + \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y} \frac{\dot{K}}{K} + \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{L}{Y} \frac{\dot{L}}{L} \quad (A \partial F = \partial Y) \\ &= \frac{\dot{A}}{A} + \omega_K \frac{\dot{K}}{K} + \omega_L \frac{\dot{L}}{L} \end{aligned}$$

若所有的要素都可以归结为物质资本和劳动，则 K 和 L 获得所有的收入，即 $\omega_K + \omega_L = 1$ 。

我们定义劳均产出 $y \equiv Y/L$ ，劳均物质资本 $k \equiv K/L$ ，那么劳均产出的增长率可以进一步写为

$$\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{Y}}{Y} - \frac{\dot{L}}{L} = \frac{\dot{A}}{A} + \omega_K \left(\frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} \right) = \frac{\dot{A}}{A} + \omega_K \frac{\dot{k}}{k}$$

其中劳动收入份额、劳均产出增长率与劳均物质资本增长率的时间序列数据都可由统计数据获得，进而可计算出 \dot{A}/A 的时间序列数据。通过设定 1909 年的 A 值为 1，Solow 计算出了 1949 年的 A 值为 1.809。因而 1949 年 1.275 美元的人均产出在除以 A 后为 0.705 美元，此为剔除了 A ，即单纯由资本深化带来的增长。相比 1909 年的 0.623 美元增加了 0.082 美元，占总增长 0.652 美元的 12.6%，约 1/8。这就是“7/8 的经济增长无法用投入要素的增加来解释”的由来。

Solow 模型中最令人不安的一点无疑是那个神秘的变量 A ，人们不能指望经

^① 原文如此。该增长率的计算并未考虑到 A 的增长。

经济增长的源泉由上天注定，这种经济增长行为由外部决定的模型被称为外生增长模型（*exogenous growth model*）。现在看来，这一模型是粗糙的，但它奠定了新古典增长理论的基础，激发了一系列后续研究，人力资本和技术也由此登上了经济增长研究的舞台。

Hirofumi Uzawa（1965）将 A 与教育联系在了一起。技术的变化仍然指投入不变的情况下产出的变化，但 Uzawa 假设所有的技术变化都经由劳动进入经济，或者说技术进步将提高劳动效率，且这种效率的提升不受物质资本存量的影响：

$$Y(t) = F[K(t), A(t)L_p(t)]$$

其中， A 是代表劳动效率的比例系数， L_p 指进入生产部门的劳动数量， AL_p 又被后人称为有效劳动。所有的产出要么被消费，要么被投资。 A 的增长不再外生给定，而是由教育部门提供。假设教育部门只投入劳动，其对劳动效率的促进作用由教育部门的劳动占总劳动的比例决定：

$$\dot{A}(t)/A(t) = \phi[L_E(t)/L(t)]$$

其中， L_E 是教育部门的劳动投入，而 L 是社会总劳动数量。可以很自然地认为，随着教育部门人数的增多，教育部门提供的劳动效率促进也更大，但存在边际回报递减，因而 $\phi'(x) \geq 0, \phi''(x) \leq 0, \forall 0 \leq x \leq 1$ 。

劳动仍与 Solow 的设定相同，以 n 的外生速率恒定增长。储蓄率则不再外生，且引入了固定的折旧率 μ ：

$$\dot{K}(t)/K(t) = I(t) - \mu K(t)$$

经济的增长路径由劳动在生产部门和教育部门间的分配与每期产出在消费与投资间的分配决定。经济的目标是人均消费现值最大化，外生给定折旧率 δ ，则要解的最大化问题为

$$\int_0^{\infty} \frac{C(t)}{L(t)} e^{\delta t} dt$$

通过解最优控制问题在平衡增长路径上可以找到最优的储蓄率与劳动在两部门间的分配，这两个值由这样的条件内生决定：劳动效率的增长率需要恰好等于人均物质资本的增长率。Uzawa 是数学专业出身的数理经济学家，因此该模型使用的多是抽象函数，理论性较强，论述过程与实际联系较少。不过其被认为最早考虑教育因素，因而也被认为是最早的人力资本增长模型。

2.1.3 从外生增长到内生增长

与此同时，致力于解决传统模型中要素边际收益递减问题的 Paul M. Romer (1986) 的工作也为A提供了新的解释。Romer 强调，他的模型不依赖任何外生的技术变化，这种模型可以被称为内生增长模型 (endogenous growth model)。Romer 的创新点在于他引入了一种新的生产要素——知识 (knowledge)：假设这种要素的积累由经济体内部的个体决定，假设其具有正的外部性——一个厂商创造的新知识也会促进其他厂商的生产，还假设该要素的边际产出递增。单个厂商 i 拥有的知识记为 k_i ，而经济体内总知识记为 $K = \sum k_i$ ，则知识的这种性质可以以如下的生产函数来体现：

$$F(k_i, K, \mathbf{x}_i)$$

其中， \mathbf{x}_i 是单个厂商 i 拥有的其他生产要素组成的向量。通过这种函数设定，所有其他厂商对创造知识的决策都会影响到厂商 i ，反之亦然。当 K 给定时， F 对 k_i 和 \mathbf{x}_i 是一次齐次的，这符合规模报酬不变要素的设定，而 K 则是收益递增的，因而对 $\forall \psi > 1$ ，有：

$$F(\psi k_i, \psi K, \psi \mathbf{x}_i) > F(\psi k_i, K, \psi \mathbf{x}_i) = \psi F(k_i, K, \mathbf{x}_i)$$

Romer 假设 K 的积累方式是直接从最终产品转换，并在一些为分析方便而作的假设条件下证明了竞争性均衡和社会最优的存在。我们可以看到，虽然 Romer 的知识在仍然是产出中没有被消费的那一部分这一点上没有与物质资本区分开来，但是其边际报酬递增与具有外部性的特征十分具有启发意义，为后续的研究开辟了道路。

在之前研究的基础上，Robert E. Lucas (1988) 提出了一个考虑人力资本的模型，其中人力资本的增长路径由经济体内部决定，并且具有外部性。人力资本的增长路径由这一核心思想决定，即劳动者将其努力分为两部分，一部分用于生产，另一部分用于积累人力资本，如接受教育。而人力资本的外部性则指一种由社会整体人力资本水平决定的要素，以类似 Romer 的知识的方式进入生产过程。

Lucas 假设存在一种广义的技能水平衡量 h ，技能水平为 $2h$ 的一个劳动者工作一小时，相当于两个技能为 h 的劳动者工作一小时，或一个技能为 h 的劳动者工作两小时。技能水平为 h 的劳动者数量为 $N(h)$ ，投入生产的努力为 $u(h)$ ，那么投

入总生产函数的有效劳动 N_e 为 $\int_0^\infty u(h)N(h)h dh$. 社会劳动总数为 $\int_0^\infty N(h) dh$, 社会技能水平总数为 $\int_0^\infty hN(h) dh$, 那么容易定义人均技能水平:

$$h_a = \frac{\int_0^\infty u(h)N(h)h dh}{\int_0^\infty hN(h) dh}$$

人力资本将通过两种方式进入生产过程, 生产函数为

$$AK(t)^\beta N_e(t)^{1-\beta} h_a(t)^\gamma$$

生产函数中仍存在乘数项 A , 只是其为常数, 不随时间改变。Lucas 对此没有过多解释, 从其只言片语中可以理解为一种对 Solow 的继承, 我们也可以将其理解成一种从技能水平到最终产品的转换系数。我们可以看到, 生产函数只对 K 和 N_e 的组合具有一次齐次性, N_e 的概念与 Uzawa 的模型中的有效劳动类似; h_a 由社会整体决定而非个体, 与 Romer 的模型中的知识类似。Lucas 将 $h_a(t)^\gamma$ 称为人力资本的外部效应 (external effect), 将 $N_e(t)^{1-\beta}$ 称为人力资本的内部效应 (internal effect)。我们可以看出, Lucas 并没有指定 γ 与1的关系, 因而人力资本的外部效应可以是边际收益递增的, 也可以是边际收益递减的。

人力资本的积累由技能的进步决定, 技能的进步又由已有的技能水平和劳动者投入积累人力资本的努力决定:

$$\dot{h}(t) = h(t)^\xi G(1 - u(t))$$

其中, G 是一种将努力比例转化到技能进步的转换函数, ξ 则决定了技能的进步是越来越快还是越来越慢。

在一个为便于分析而简化的框架中, $\xi = 1$ 而 G 是一个线性函数, 并且假设 u 是一个常数, 因而 h 呈指数增长。经济中的个体可以做的选择是每期最终产出在消费和储蓄间的分配, 以及努力在生产和积累人力资本间的分配。最优的分配可通过解消费效用现值最大化问题得到。由于存在外部性, 社会最优下的人力资本与竞争性均衡不同 (表现为最优化问题的约束不同), 因而当 $\gamma > 0$ 时, 最优人力资本增长速率会比均衡人力资本速率快一些。但无论如何, 在平衡增长路径上, 人力资本内部效应的收入弹性和人力资本外部效应的收入弹性之和与技能进步速度的积占据了 Solow 模型中 A 的外生增长率 g 的地位。这说明, 人力资本可以充当经济增长的“引擎”。

在此期间，Romer（1999）进一步发展了他知识的概念，提出了其经过深刻讨论的技术（technology）的概念，这里的技术相比之前讨论中的经济学术语拥有了更多现实含义，先前知识的外部性在技术这里通过非竞争性和部分排他性予以体现。我们以一个现实图景来解释这两个性质：现实中，很多专利都来自私人公司的研发，专利被提出后，若没有法律的约束，所有知晓它的人都可以同时零成本地使用它，因此它是非竞争性的；由于法律的保护，公司对专利享有知识产权，可以阻止别人使用其盈利，所以专利具有排他性，但是在科研领域，法律对专利的保护并不生效，人们可以在前人专利的基础上继续研究，因而更准确的说法是，专利具有部分排他性。

这两个性质相比之前的模型更自然地导向了模型的设定。非竞争性物品的边际成本为0，因此只需翻倍其他要素投入即可翻倍产出，并不需要为技术付出额外的成本，生产函数表现为

$$F(\lambda A, \lambda X) > F(A, \lambda X) = \lambda F(A, X)$$

其中 A 是技术，而 X 是其他竞争性要素。可以看出，这一设定相比知识边际收益递增的假设更为深刻和令人信服。

由于技术的边际成本为0，在完全竞争市场中，该要素的持有者无法为其索取任何价格，因而将没有动机提升供给。Romer又希望 A 的增长是内生的，此时部分排他性将发挥作用，也因此模型涉及的部门和个体行为将变得复杂。模型包含三个部门：研究部门、中间品部门、最终品部门。

研究部门使用人力资本和已有的技术存量作为投入，产出新的技术，该部门的生产函数设定为

$$\dot{A} = \delta H_A A$$

其中， H_A 是研究部门使用的人力资本量， δ 是转换用的比例系数。从该设定中我们可以看出，技术的增长率正比于投入研究的人力资本量。模型设定 A 体现为可用的中间品数量，例如， A 增加1说明一种新的中间品被研发了出来。

新产生的技术将被中间品厂商竞价获得，随后用于生产中间品。一个技术对应一种中间品，且一个中间品厂商只生产一种中间品，也就是说每个技术都由一个中间品厂商独占，因此中间品市场是一个垄断市场。中间品厂商 i 获得一项技术后，可以将 η 单位的最终产出转化为一单位的中间品 i 。

中间品将作为物质资本进入最终产品部门，由于前面区分了不同的中间品，因此最终产品的生产过程体现为 L 和 H 两种要素与各种中间品的互相作用的叠加：

$$Y = H_Y^\alpha L^\beta \int_{i=1}^A x_i^{1-\alpha-\beta} di$$

其中， H_Y 是投入最终产品部门的人力资本量， i 代表了中间品的种类， x_i 则指中间品 i 的投入量，前文提到过 A 表现为可用的中间品数量，因此积分上限为 A 。为了便于分析，本应离散的 i 被连续化了，但 Romer 也为此做了辩护，从微观来看一样样技术是离散的，可站在宏观角度远观它们就可被视为连续的了。除此之外还需要强调的是，最终品生产函数中同时投入了劳动 L 和人力资本 H 作为竞争性要素，因此需要明确 Romer 对两者的定义：劳动 L 指正常健全人类可以提供的基础性技能服务，而人力资本 H 则指的是人类为提升技能水平而累积的努力，如正式教育或者干中学。二者同时进入了生产函数，说明生产过程同时需要基础劳动和高技能水平劳动。

设定最终产品市场是完全竞争的，因而最终品厂商对资本品 i 的需求量将正好使其边际产出等于边际成本，这就形成了中间品厂商 i 面对的需求曲线：

$$p_i = (1 - \alpha - \beta) H_Y^\alpha L^\beta x_i^{-\alpha-\beta}$$

垄断的中间品厂商通过解自己的利润最大化问题来决定供给中间品 i 的数量 x_i ：

$$\max_{x_i} p_i x_i - r \eta x_i$$

其中， η 是前文所述的最终产品到中间品 i 的转化系数， r 是贷款利率，即资金的价格，因此 $r\eta$ 就是生产一单位中间品 i 的成本。这一问题的解得到厂商可以索取一个高于成本的加价 $\bar{p} = r\eta/(1 - \alpha - \beta)$ ，以及其对应的中间品数量 \bar{x} ，记此时垄断厂商的利润为 π 。

前文已述，中间品厂商从研究部门获得技术是竞价获得的，也就是说技术市场也是完全竞争的。设定中间品厂商一次性支付技术的购买费用，那么这个费用将等于该技术未来产生的所有利润的净现值：

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

其中， t 是技术 i 被提出的时间点。这一价格将被研究部门的人力资本获得作为收

入,也正是因为有了这一收入,才会有人力资本留在研究部门而非流向生产部门,经济才得以实现内生增长。Romer的这一系列设定,环环相扣,纵横三个部门,与其从对客观世界观察中抽象出来的性质高度契合,可谓十分精彩。

上式是A的进步路径,而另一条路径K的积累路径,与传统设定相同,所有未被消费的最终产品都将成为K。模型选择的变量是人力资本在研究部门和最终产品部门之间的分配,以及最终产品在消费和投资之间的分配。家庭希望消费效用的现值最大。人力资本则将流动直到在两个部门获得的收入相同。在一个便于分析的框架中,L保持恒定,所有可用的中间品都是对称的,即对 $\forall i$ 有 $x_i = \bar{x}$,在此情况下生产函数退化为

$$Y = (H_Y A)^\alpha (L A)^\beta K^{1-\alpha-\beta} \eta^{\alpha+\beta-1}$$

在平衡增长路径上经济的增长率为A的增长率(由于这里L并不增长,所以该结论实际上与Solow模型是一致的) δH_A ,而 H_A 则由下式决定:

$$H_A = H - \frac{1}{\delta} \frac{\alpha}{(1-\alpha-\beta)(\alpha+\beta)} r$$

其中,H是社会总的人力资本量。

对比之前的模型我们发现,该模型设定的现实支撑更多,这些丰富的设定也带来了一个有趣的不同点,在该模型中,人力资本的外部效应通过物质资本进入最终的生产过程,但是在最终生产函数中技术却表现为劳动力节约以及人力资本节约的。

2.2 考虑了人力资本与技术的西方现代增长理论述评

纵观这一系列理论模型我们发现,其实质在于都向生产函数中引入了技术和人力资本这两个新的变量,而各模型的不同之处在于技术和人力资本进入函数的方式以及各变量增长的方式。

当我们以生产函数作为分析工具时,这一系列理论的逻辑是显而易见的。在任何一本现代经济学教科书里,经济增长(growth)都被定义为以国内生产总值衡量的产出的增加,而从生产函数出发,产出只是投入要素在生产函数的映射下的像,所以经济增长要么是投入要素的正向变化,要么是映射关系的正向变化。当我们见到现实世界中的产出在投入要素没有增加的情况下增加时,要么考虑函数的参数或形式发生了变化,要么考虑我们描述这一过程的函数没有包含所有的

变量。因此，无论是人力资本还是技术，无论其具有竞争性还是非竞争性，在生产函数的角度下，本质都是增加了函数的输入，改变了函数的形式，使得函数的输出得以增加。

逻辑的简明背后却是思想的深刻，在笔者看来对人力资本和技术的考虑最大的突破在于人们开始重新思考经济活动中哪些东西可以被积累——人力资本和技术看不见也摸不着，却也成为了可以留存下来之物。

在古典经济学家的心目中，增长的源泉是物质资本的积累。而在储蓄和投资的概念逐渐深入人心的过程中，节约的美德还被认为是这一源泉的源泉。该观点的核心要义在于，消费掉的东西无法提高未来的生产能力（当然，消费确保了劳动的再生产），只有积累下来的东西才能做到这一点。这种对物质资本的关注仅看到了经济的物质部分，而没有看到经济的信息部分。

在当今人们的认识范围内，物质（能量）和信息是存在的两种形式，量子计算领域的开拓者之一 Seth Lloyd 就将物质和信息称为宇宙的两大主角。信息是物质结构的描述，已知范围内信息均由物质携带，尚不知其是否可以独立存在。可以知道的是信息不是物质，控制论创始人 Norbert Wiener 指出：“信息就是信息，既不是物质也不是能量。”当我们生产一件物品时，物质是守恒的，一台组装好的设备相比制造它的原材料并没有多出什么新的物质。而且大多时候甚至还需要从原材料中剔除我们不需要的部分，就像一尊从石块中凿刻出的雕像，去除了原材料大量物质后，才可以从毫无美感的石块变为能满足人类效用的艺术品。这些过程都需要投入能量，但这些能量并没有创造出物质，它们在其中的作用是改变了这些物质的结构，增加了信息。当我们加热生食以消灭寄生虫和细菌时，组成这些有害物的物质并没有消失，但它们的结构——信息发生了变化；当我们阅读一本书籍或观赏一段表演时，很少的物质与能量被消耗，但我们获得了效用，因为直接使我们快乐的是传达出的信息。杜冈—巴拉诺夫斯基的《政治经济学原理》中将经济定义为“人类以外部自然界为对象，为了创造满足我们需要所必须的物质环境……所采取的行为的总和”，若是使用信息与物质的框架，我们可以说，经济活动是人们改变自然物质的信息，使其适应自身需要的过程。自然的物质是天造的，只有少部分具有供养或取悦人类的能力，所以人们必须要去改造它们。在马克思的政治经济学中，生产包含人与自然之间的关系，人们要去征服自然、

改造自然，指的就是这一过程。

在笔者看来，经济发展（development）的本质在于人类对信息的复杂度的要求的增加，以及人类掌握的用以指导创造复杂度的信息的增加。

首先来看需求方面。在 Maslow 的需求层次理论中，存在从低到高的生理需求、安全需求、归属和爱的需求、尊重的需求、认知需求、审美需求、自我实现的需求和超越需求，当低级的需求被满足时，人们就会转向新的需求。而越高级的需求，明显要求更复杂的信息。将心理学运用于增长理论并不是胡乱的选择，发展经济学的先驱之一 Rostow 就善用心理因素分析法，他认为人的欲望更替是经济成长阶段依次更替的动力之一。笔者也赞成将人的心理因素引入经济学研究之中，这不是出于某种实然性的证明，而是来自规范性的观念。马克思指出，人是社会的主体，人们通过追求自己的目的而创造自己的历史，通过满足自身需要而实现自身的发展，推动社会的进步，社会发展实质是人的发展，人的发展是社会发展的根本目的和衡量尺度。设想一套全自动从自然界中摄取物质与能量，并消耗它们以维持自身存在的系统，它与人类巧妙地隔离开，无法做出任何影响到人类效用的行为，那么在人类看来，它就是没有意义的。

接下来看生产方面。从物质与信息角度来看，无论是物质资本还是人力资本，二者都是生产过程中创造复杂度的指导信息的依附物质。古典经济学时代对物质资本的关注是可以理解的，产品并没有复杂到需要复杂人类思维的介入，自动化运行的机械只要配上简单培训过的人工便足以源源不断地将产品生产出来。复杂度的提升主要依靠机器的引入，只要复制机器，便可以叠加复杂度。而另一种增加复杂度的方法——新机器的产生，则以斯密所谓“哲学家”式的少数人（科学家）在命运女神青睐下提出的“重大非连续性发明”的形式存在。技术进步是少数人的职责，而普遍的生产过程不需要过多人力资本的参与，这两者自然无法进入经济学家的考察视野中。不过，没有进入视野并不代表这两个因素没有发挥作用，实际上在那个时期机器带来的生产过程复杂度提升就已经呼唤着普遍的人类劳动的复杂度提升，最好的例证便是机器生产带来的初等教育普及压力导致的英国初等教育的发展。我们假设一种情况，自动化机械可以自行解决生产中的一切问题，那么人类的作用自然无足轻重。但现实情况是，经济活动是置于鲜活的实际环境中的，没有人能预先知晓所有的情况，这是一个 NP 问题。物质资本是

固化了的生产力，其所能解决的问题在其被制作出来后就已确定，只有通过引入人的部分，生产过程才能变成切实满足人类需求的能动的过程。“工具要通过人来创造，通过人来使用，通过人来革新……工具不同人结合，再好的自动机，永远也‘自动’不了。”因而，伴随着生产过程复杂度的提升，必然出现人类劳动的复杂度提升。

但是，为何人力资本的相对重要性在 20 世纪才逐渐凸显出来呢？笔者认为这有两方面的原因。

第一个原因是二战前生产过程对人力资本的要求未超过人类从日常经验中获得的知识技能。1.2 节中对《国富论》的引用可以作为一个例证，卓别林的《摩登时代》也提供了另一个生动的展示，一位普通工人只要会拧螺丝即可，这是仅依赖天赋的驱动肢体本能就可以做到的。但是，“人非生而知之者”，除了一些天生的本能，大部分适用于人类社会的技能都需要后天习得，可以想象某一历史时刻后，生产过程的最低复杂度要求也超过了人们的天生本能和日常经验。在这种限制下，人力资本的投资过程自然开始被专门强调了，没有人力资本投资，人们都无法越过进入生产过程的门槛。二战后，人类进入科技时代，生物、航天、信息等产业陆续出现，这些产业无不要求极高的个人能力。而随着尖端科技向普通生产过程的下渗，普遍的生产过程对人力资本的要求都逐渐提高了。例如，一份 2023 年的台积电普通操作工招聘启示就要求“具备基本的英文读写能力及电脑操作能力、认同并遵守台积电核心价值观(诚信正直、承诺、创新、客户信任)”，这些并非自然状态下人类保持生命所必须的技能，是需要专门学习的，因此公司会要求“高中（中专）及以上学历”。

第二个原因是生产过程复杂度提升与物质资本复杂度提升的速度不同。物质资本的创造在于人们将经过反复验证、使用次数频繁的生产过程固定下来自动化，其覆盖了生产过程中固定的一部分复杂度，而剩余的复杂度则由人力资本补齐。当物质资本复杂度提升速度快于生产过程复杂度提升速度时，人们自然更看重物质资本。但也许物质资本的复杂度提升存在一个机械上限，而生产过程复杂度的提升随着人类需求的提升是更快的。如果说前者相当于幂函数的话，后者可以被视作幂指函数。随着人们向着层次需求金字塔的上层移动，对于归纳、推理和情感这些人类独有能力的需求占比越来越大。最好的例证自然便是普遍将第三产业

占比的增加视为经济现代化的标志，我们甚至可以找出一些基本不需要物质资本投入就能满足人类效用的生产活动，如文字的创作过程、音乐舞蹈的表演过程、网络游戏道具的设计过程。当然，就在当下，大语言模型的风靡带来了对人工智能是否拥有这些能力的激烈讨论，我们不探讨这个问题，至少在人力资本理论提出的 20 世纪的末尾，1997 年 AI“深蓝”战胜国际象棋棋王卡斯帕罗夫使用的方法仍然是暴力搜索。在人类的高层次需求只能由人类解决的情况下，人力资本得到重视也不令人惊奇了。

现在我们回到最开始的问题，经济活动中哪些东西可以被留存下来？经过以上的探讨笔者可以给出自己的回答，留下来的东西同时包括物质与信息，但是因为信息必须依附于物质存在，人们往往忽视了信息的作用。假若所有的储蓄都兑为了贵金属存放在银行的金库内，经济的生产能力和财富其实并没有得到任何增加。信息通过依附于物质资本或人力资本留存在经济体中以扩大生产能力，而这两种依附物的相对重要性取决于它们所蕴含的信息与人类的心理需求的适配程度。

接下来我们需要谈谈在本节一直被冷落的技术了。在直观上似乎可以直接将技术的概念与本节的信息联系在一起，事实上在以描述为主的经济学研究中我们可以这么做。但是正如前文所反复强调的，在数理经济模型中 A 通常只是一个尴尬的调整系数。这与总量生产函数的固有缺陷有关，正如其名所示，它描述的是总量关系，有关结构的信息在加总过程中被消除了。如果我们能够详细描述每一单位物质资本和人力资本的能力，以及每一个生产过程中运用了哪些物质资本和人力资本，那么这一系数也就没有存在的必要了。优秀的经济学家可以通过具有微观基础的宏观模型为 A 赋予相对具体的含义，例如 Romer（1999）的模型。但在具体分析时又只能为其负上许多人为的枷锁，这是为分析的简便服务。这导向了笔者在本节想讨论的最后一个问题。

在经济理论模型的构建过程中，经济学家的地位堪比上帝，经济体只是按照其假设运行，而这些假设从而推论都很有可能不符合实际。这种不符合实际容易被人攻击为“闭门造车的学问”，也是很多大众对经济学误解的来源。这是一个观察视角的问题，现实世界无比复杂，就解释实际的经济现象来说，考虑了人力资本和技术的模型无法比考虑了地理、制度、行为的模型做得更好。这也是一个

方法论的问题，数理经济学也并无法做到比计量经济学更好。不过数理经济学给予了人们一种足以明确地在形式上被检验的理论，从否认主义出发，它也切实地为科学的进步做出了贡献。

让我们看看前文提及的经济学家们都是怎么为自己辩护的。Solow 强调，所有的经济理论基于的假设都会有那么一些不真实，但这也是其被称为“理论”的原因——每个理论都存在一些关键假设，这些假设的微小变动将导致结论的巨大变化，而一个成功的理论只在于关键假设与现实足够贴合，其余假设的真实与否与结论的可信程度则毫不相干。Lucas 则表示，对他来说经济理论只是一种数学定义完好的动态系统，甚至可以在计算机上运行，但是其意义在于帮助我们 from 纷繁的现实中分离出我们关切的因素，并且予以量化的分析，而非完全捕捉所有现实的表象。

总地来说，经济理论关注经济学家希望关注的核心问题，对其余因素都作简化，得出的结论无法完全贴合实际，但试图解释其他条件不变情况下，核心变量之间的逻辑。

第3章 一个考虑劳动力迁移的模型

3.1 模型设定

假设经济中存在传统农业和现代工业两个部门，其中传统农业部门只投入土地与劳动两种要素，并且不受技术进步的影响，而现代工业部门投入物质资本与人力资本两种要素，并且受技术进步的影响。因此可以写出两个部门的生产函数：

$$Y_1 = G(L_1)$$

$$Y_2 = AF(K, H_2)$$

其中， Y_1 表示农业部门的产出， L_1 表示农业部门投入的劳动量， A 代表技术， K 表示物质资本的存量， H_2 表示现代工业部门投入的人力资本量， G 和 F 则是抽象的生产函数，满足边际报酬递减。

在这里，我们与刘易斯一样谨慎：任何一个经济体都不可能无比明确地划分为这两个部门，尤其是在农业发展现代化的今天，投入重型机械设备和智能控制系统的农业生产模式随处可见，因此我们使用“传统”两字来抽象出一种落后的产业。我们在两个部门中都使用最终产品 Y 作为产出的衡量，即两个部门的产出是完全替代的，因此当某个具体的农业单位提升了其技术水平和资本使用，我们就认为它脱离了传统农业部门而进入了现代工业部门。在使用统计学模型进行数据分析时，这种假设可能会带来困扰，因为我们无法有效的将总量数据中的先进部分和落后部分分离开来，但在理论模型中，这一设定是可行的，并且也不会影响我们的主要结论。

李萍和靳乐山（2003）对中国传统农业的一项研究指出，我国传统农业效率提升在唐代便已达到顶峰，随后还有所下降，并且所用技术都停留在经验技术层。胡鞍钢（2014）指出，新中国成立后，灌溉技术的运用使农业生产率有了一定提高，但在1957年后还出现了一些负增长，改革开放后，国务院副总理李先念提到，中国人均粮食占有量只略高于1957年。因此，我们有理由假设，在传统农业部门中，生产效率已经达到了其生产模式的极值，不会再有所增加；又因为我们考虑的时期不包含传统农业生产效率上升的漫长岁月，所以在传统农业部门中，效率因子可以作为常数被生产函数 G 吸收，不用被显式表示出来。

抽象函数 G 中的要素只考虑了简单人类体力劳动 L 。不考虑人力资本的原因是显而易见的，多余的技能水平是无用的。在一个典型的传统农业图景中，劳动者提供的主要是体力劳动，所需要的知识皆来自口耳相传，即上文所提到的“经验技术”。体力劳动的效率来自人类的自然躯体，由自然决定的要素一般符合中心极限定理，因而可以认为个体之间的差异较小。《中国教育报》一项援引国家统计局数据的报道指出，2016年全国农业生产经营人员中大专及以上学历占比仅为1.2%，初中及以下学历占比最高，2018年农村居民具备基本科学素质的比例仅为4.93%，远低于全国公民8.47%的平均水平。而关于物质资本的使用量，国务院发展研究中心农村研究部的一篇文章显示，建国前地产在农户的平均总资产中占到75%，生产资料则主要包括牲畜和农具，只占总资产的2%左右，另有15%的资产以货币形式存在。焦长权和董磊明（2018）的一项研究指出建国后我国农业机械化发展得到初步发展，但改革开放后经历了一次冲击，水平有所下降，且增速较缓。因此，我们有理由假设， K 在传统农业部门中是占比较低且数值较为恒定的。而土地要素则在传统经济学分析中一般被认为是不变的从而省略。在中国的发展实际中，结合李秀彬（1999）的研究、中国自然资源统计公报和世界银行农业用地面积数据，自可信度最高的1996年国家土地调查后，我国耕地面积存量在十亿亩数量级，每年耕地增减则在十万亩数量级，因此可以认为土地要素的投入量是不变的。

现代工业部门的生产函数则大体与Lucas的设定相当，但不考虑人力资本的外部效应。其主要原因是，在劳动力转移的时期，一个经济体（如改革开放后的中国）的生产大部分仍由要素推动。并且外部效应也与我们此处考虑的问题不相关。在中国的改革开放中，市场经济体制改革后竞争带来的效率提升和入世后从外部吸收的管理等各种知识都带来了要素组合并未改变的情况下的产出增加，这些因素自然放在竞争性要素的抽象函数 F 之外。但我们在此处并不考虑其变化，即 A 外生给定并且不随时间变化，这是为了分析的简便，并且在接下来的分析中我们将会看到将 A 改变的比较静态分析。 F 中的要素考虑人力资本而非劳动是非常自然的，本文是一项教育经济学的研究，并且在前文的讨论中我们已经看到，改革开放后的中国面临的工业生产复杂度已需要人力资本介入。张国强等（2011）一项基于1978-2018年中国省级面板数据的研究结果显示，人力资本与工业和服

务业都呈显著的正相关关系，而与农业部门则无显著相关关系。

假设传统农业部门中的个体天生不具有额外的技能（这是自然而然的），其必须支付一定的教育费用才能获得技能 h 。其概念与 Lucas 的设定相同，技能水平为 $2h$ 的一个劳动者工作一小时，相当于两个技能为 h 的劳动者工作一小时，或一个技能为 h 的劳动者工作两小时，因而 h 也可以直接作为有效劳动的衡量。设教育费用 E 的大小与要获得的技能水平 h 和技术水平 A 有关：

$$\begin{cases} E = E(h, A) \\ \frac{\partial E}{\partial h} > 0, \frac{\partial E}{\partial A} < 0 \end{cases}$$

这点是显而易见的，想要获得更高的技能水平就需要支付更多的教育费用，而随着技术的进步，想要获得同样的技能水平所需支付的费用会变少。想象一下牛顿时期的微积分是只有极高教育水平的人才掌握的知识，而现代的日本等发达国家的高中课程里已经包含了微积分的内容，这种费用的降低可能是由于对知识理解的加深简化了教学过程以及教育技术的提升带来的成本下降。

个体拥有人力资本后进入现代工业部门。虽然在现实中这一情况不一定成立，文盲或许也可以在工业企业中找到工作，但是我们要注意，这里的现代工业部门是抽象出来的使用人力资本而向人力资本支付报酬的部门，同时模型并不阻止文盲进入现代工业部门，其 $E = 0$ 而 $h = 1$ ，工业部门按照简单劳动对其支付报酬。对理性经济人来说，支付了教育成本就必然进入现代工业部门，因为其教育成本不会在只对简单劳动支付报酬的传统农业部门获得补偿。与之相应的，在现代工业部门中获得的工资更高，所以个体有动力支付一定教育成本以进入现代工业部门，这可以被明瑟收益方程所证明。张五常《新卖桔者言》“神州初放”一章中有一个生动的案例：1980年代，在大城市的补鞋生意很赚钱，而在县里农闲时间干的粗活也不过四十元不到，黄岩县的县长想出一个好主意，教会孩子们补鞋，让他们离开家乡到处挣钱，一个普通孩子学会补鞋需要耗费一年的精力，但当他们学会该技能外出打工后，刨去自身费用开销每月能向家里寄将近一百元。这里农闲时的粗活可以理解成一种向简单劳动支付报酬的非农业，而在抽象的理论中，我们只考虑部门的性质而非实际，尽可以将其归入传统农业部门。

为了分析的简便，假设经济体中存在同质的个体和教育，即所有个体都支付同样的教育成本 E ，获得同样的人力资本 h ，这是惯用的简化方法，且并不改变模

型的结论。

该模型所描述的经济体的资源累积过程可以被描述成这样两句话——所有未被消费的传统农业部门收入都会成为教育成本，所有未被消费的现代工业部门收入都会成为物质资本：

$$\dot{L}_1 = -\frac{Y_1 + T - C_1}{E}$$

$$\dot{K} = Y_2 + I - C_2 - T$$

其中 C_1 是传统农业部门的消费， C_2 是现代工业部门的消费， T 是收入在两部门之间的流动。前文已经描述过，最终产品是完全替代的，因此没有任何理由阻止收入在两部门之间的流动。从现实来看，也存在先进城打工挣钱的哥哥姐姐寄钱供家中弟弟妹妹上学的情况，在补鞋青年的故事中，黄岩县许多新建的房屋都是由那些青年资助的。虽然在上式中， T 出现在了两个累积量的变化项中，但实际上这部分钱被用于消费还是人力资本投资都是可以的， T 增加了农业部门实际可支配资金的总额，因而会影响其中个体的消费决策。

假定传统农业部门中未被消费的部分都成为了人力资本投资也是一个需要解释的假设。在抽象设定中，传统农业部门中不存在其他要素累积的形式，所以未被消费的部分只能流向人力资本储备下来，如果其累积了物质资本，则可以认为是向现代工业部门进行了一笔转移。从现实角度来看，前文引用的国发院研究指出，农民的资产除了田产和房产外，主要以现金形式储存，而 $I = S$ 的基本条件是存在银行这样的机构将储蓄转变为投资，以现金形式存在的储蓄无法提高生产能力。在这里，我们将其视为一种对现金的消费，这样做确实存在瑕疵，因为这笔现金在未来还会被用来消费，但暂时也并无更好的设定方法，并且考虑到改革开放初期中国农民贫困而普遍没有存款的现状，这种假设也是可以接受的。

\dot{L}_1 是当期因接受教育而从传统农业部门中转移出去的个体数， L_1 的值等于未被消费的收入除以个体的教育成本。这一设定照应了一个微观研究的事实，刘泽云（2007）指出，（当时）家庭贫困仍然是农村儿童不能接受教育的重要原因，在一定程度上体现为家庭内用于教育的资源是稀缺的，兄弟姐妹之间面临着竞争。在这里，也是省下来的钱被用于让一部分人先上学。

假定现代工业部门的收入不被用于消费就被用于投资是一种无奈之选，这暗含了经济体是封闭的假设，而改革开放最大的特征之一就是开放，存在大量的净

出口成为外汇储备，而这种储备是难以变成物质资本的。但是对开放经济建模无疑更加复杂，超出了笔者的能力和时间限制，并且这也与我们关心的个体的流动决策问题关系不大，所以做出了此假设。不过有一项来自经济体外部的因素是可以被纳入模型的范畴的，改革开放后经济发展的一大重要动力是我们接受的大量外商直接投资，大幅拉高了资本存量和现代工业部门的劳动边际产出，提升了外出打工的工资，成为农民进城的一大动力。在这里我们用 I 来表示外商直接投资，假设 I 由外部给定，为常数。这一设定与 Solow 假设 A 的增长率 g 类似，但此处的 I 并不神秘，因为它确实来自外部，并且我们没有对外商建模，不知道其最优 I 水平是多少，将其视为常数是一个合理的选择。若是由我们的经济体内部给定， I 可以被视为是凭空出现的，那么 I 将直接趋向于 ∞ ，导致无限大的增长率。

这一假设其实还暗含了另一层假设，即经济体中的个体拥有所有的厂商。在笔者了解的考虑了人力资本的经济模型中，大多没有考虑生产资料的所有情况，主要考虑的都是产出的分配问题。在笔者所知范围内，例如 Ramsey 模型考虑了家庭拥有初始物质资本禀赋而后续只获得工资收入的预算约束，这可能是后续改善模型的微观基础的一个方向。同时，这一微观基础从本质上也并未改变未消费掉的产出会变成物质资本的事实，我们实际上并不能将厂商理解成由具体的人组成的组织，而是应该将其理解为马克思认为的寻求自身增殖的资本的人格化，所以其与经济中的个体是对立的，是经济中拿走了人的收入的那一非人部分。这样，从宏观角度考虑整个经济体时，未被人消费的部分被资本用于增殖也可以说是合理的。从现实来说，转轨初期的中国经济仍有大量物质资本存量属于国家，新增的物质资本很多也属于外国人，而如果考虑政府和外国人模型将变得复杂，因此出于简化的目的也不得不做出此假设。

我们假设社会的总人口 L 不变，这是一个纯粹出于分析简化考虑的假设，但在两部门模型中这一假设比较常见，如 Romer 的技术内生进步模型，以及 Harris 和 Todaro 的模型。由于我们主要考虑的是人口流动问题，这一假设对我们的影响并不大。

模型不考虑折旧，这亦是一种惯用的简化。

社会最优化目标是无限期消费效用的现值最大：

$$\max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C_1 + C_2) dt$$

其中 U 是消费的效用函数，由于假定总人口恒定不变，我们直接使用总的消费水平和其效用。将两个消费 C_1 与 C_2 直接相加与前文的 T 是相照应的，我们提到过，两部门之间的收入转移可以作为投资，也可以作为消费，这说明经济中的个体决策考虑的是整体消费水平，因此其享用整体消费水平的效用，这也正是“寄钱回家”这一充满了温情的举动的模型体现。

由于模型中不存在外部性，我们考虑社会最优而非竞争性均衡。

3.2 模型求解

综上所述，该模型的路径由如下问题决定：

$$\begin{aligned} \max \int_0^{\infty} e^{-\rho t} U(C_1(t) + C_2(t)) dt \\ \text{s. t. } \dot{L}_1(t) &= -\frac{Y_1(t) + T(t) - C_1(t)}{E} \\ \dot{K}(t) &= Y_2(t) + I - C_2(t) - T(t) \end{aligned}$$

其中，

$$Y_1(t) = G(L_1(t))$$

$$Y_2(t) = AF(K(t), H_2(t))$$

$$H_2(t) = h(L - L_1(t))$$

其中， U 、 G 、 F 是抽象函数， t 是时间变量， $T(t)$ 、 $C_1(t)$ 、 $C_2(t)$ 是控制变量， $L_1(t)$ 、 $K(t)$ 是状态变量。

在求解连续无限时间模型时，传统的方法计算过程十分庞大，且也让经济学的含义消失了转而成了纯数学计算的过程，而最优控制方法在解决无穷自治问题时计算过程十分简洁漂亮，并且协状态变量可以理解为资源的影子价格，所以我们采用最优控制方法解决该问题。写出 Hamiltonian 函数：

$$\begin{aligned} H(t; L_1, K; T, C_1, C_2; \lambda_1, \lambda_2) &= e^{-\rho t} U(C_1(t) + C_2(t)) \\ &+ \lambda_1 \left(\frac{C_1(t) - T(t) - Y_1(t)}{E} \right) \end{aligned}$$

$$+\lambda_2(Y_2(t) + I - C_2(t) - T(t))$$

其中, λ_1 和 λ_2 是协状态变量。接下来的分析中为了行文方便暂且省略时间变量 t 。横截性条件这里暂不讨论, 根据 Pontryagin 最大值原理, 该问题的一阶条件为:

$$\frac{\partial H}{\partial T} = -\frac{1}{E}\lambda_1 - \lambda_2 = 0 \quad (3-1)$$

$$\frac{\partial H}{\partial C_1} = e^{-\rho t}U'(C_1 + C_2) + \frac{1}{E}\lambda_1 = 0 \quad (3-2)$$

$$\frac{\partial H}{\partial C_2} = e^{-\rho t}U'(C_1 + C_2) - \lambda_2 = 0 \quad (3-3)$$

通过化简这三个式子可以得到

$$\lambda_1 = -Ee^{-\rho t}U'(C_1 + C_2) \quad (3-1')$$

$$\lambda_2 = e^{-\rho t}U'(C_1 + C_2) \quad (3-2')$$

从中我们可以看出实际上 T 是不需要的, 这表明在不存在 T 的情况下, 系统也能自由地走上最优路径。这是因为考虑 $C_1 + C_2$ 就暗含了存在转移的假设, 如一个家庭的收入由进城打工的青年和在老家务农的老人孩子组成, 在总消费水平不变的情况下, 若是老家的消费水平增加了, 必然是城里的青年缩减了自己的消费水平, 对老家进行了转移。

两个协状态变量的变化率由协状态方程给出

$$\dot{\lambda}_1 = -\frac{\partial H}{\partial L_1} = \frac{\lambda_1}{E}\frac{\partial Y_1}{\partial L_1} - \lambda_2\frac{\partial Y_2}{\partial L_1} \quad (3-3)$$

$$\dot{\lambda}_2 = -\frac{\partial H}{\partial K} = -\lambda_2\frac{\partial Y_2}{\partial K} \quad (3-4)$$

解的目的在于消去 λ_1 、 λ_2 、 $\dot{\lambda}_1$ 、 $\dot{\lambda}_2$, 将(3-1')(3-2')两式代入(3-3)(3-4)两式以消去 λ_1 和 λ_2 :

$$\dot{\lambda}_1 = -e^{-\rho t}U'(C_1 + C_2)\left(\frac{\partial Y_1}{\partial L_1} + \frac{\partial Y_2}{\partial L_1}\right) \quad (3-3')$$

$$\dot{\lambda}_2 = -e^{-\rho t}U'(C_1 + C_2)\frac{\partial Y_2}{\partial K} \quad (3-4')$$

将(3-1')和(3-2')对时间求导可以得到另一组协状态变量变化率的方程:

$$\dot{\lambda}_1 = Ee^{-\rho t}[\rho U'(C_1 + C_2) - U''(C_1 + C_2)(\dot{C}_1 + \dot{C}_2)] \quad (3-5)$$

$$\dot{\lambda}_2 = e^{-\rho t}[U''(C_1 + C_2)(\dot{C}_1 + \dot{C}_2) - \rho U'(C_1 + C_2)] \quad (3-6)$$

由(3-3')(3-5)两式得:

$$\frac{U''(C_1 + C_2)}{U'(C_1 + C_2)}(\dot{C}_1 + \dot{C}_2) = \rho + \frac{1}{E} \left(\frac{\partial Y_1}{\partial L_1} + \frac{\partial Y_2}{\partial L_1} \right) \quad (3-7)$$

其中, $U''(C_1 + C_2)/U'(C_1 + C_2)$ 是相对风险厌恶系数, 但接下来可以看到它在模型中并不起作用。

由(3-4')(3-6)两式得:

$$\frac{U''(C_1 + C_2)}{U'(C_1 + C_2)}(\dot{C}_1 + \dot{C}_2) = \rho - \frac{\partial Y_2}{\partial K} \quad (3-8)$$

由(3-7)(3-8)得:

$$\frac{\partial Y_1}{\partial L_1} + \frac{\partial Y_2}{\partial L_1} = -E \frac{\partial Y_2}{\partial K} \quad (3-9)$$

接下来需要做一些变形, $\partial Y_1/\partial L_1$ 很自然的是传统农业部门中劳动的边际产出, 简记为 MPL_1 , $\partial Y_2/\partial K$ 则是现代工业部门中物质资本的边际产出, 简记为 MPK_2 . 至于 $\partial Y_2/\partial L_1$ 则注意到 $\partial Y_2/\partial L_1 = \partial Y_2/\partial L_2 \cdot \partial L_2/\partial L_1 = -\partial Y_2/\partial L_2$, 由于现代工业部门不使用简单劳动作为投入要素, 因此我们这里要强调 $\partial Y_2/\partial L_2$ 是一个“人”进入该部门带来的边际产出, 但我们仍将其简记为 MPL_2 .所以(3-9)可写为更易懂的形式, 并且补上时间变量 t

$$MPL_2(t) - MPL_1(t) = E \cdot MPK_2(t) \quad (3-10)$$

该式的直接经济含义是, 在最优增长路径的每个时点上, 现代工业部门与传统农业部门中个体的边际产出之差, 等于教育成本和现代工业部门中物质资本的边际产出的乘积。

3.3 模型的动态学

接下来可以为抽象函数赋予具体的形式进一步求解出最优路径上简单劳动和人力资本的分配情况, 以讨论模型的动态学, 但就算是最简单的 Cobb-Douglas 生产函数假设下, 该方程都是没有解析解的^①, 因此我们采用图解法分析经济体的路径。

MPL_1 的图像较容易画出, 在设定中 L_1 的边际产出递减, 易得 MPL_1 是一条向右下方倾斜的曲线。刘易斯在《经济增长理论》一书中提到了过剩劳动力的概念, 当时的印度农业人口有 1/4 的人力是过剩的, 他们的边际产出为 0, 就算没有他们, 产出也是一样多的, 因此可以预见 MPL_1 曲线将随着 L_1 的增大迅速缩减至 0。

^① 此时求解两部门中的人数需要解方程 $x^a + c(L-x)^b = d$, 该式无解析解。

MPL_2 与 MPL_1 的差值在图中表现为垂直于横轴的直线与两条曲线的交点之间的线段的长度,所以寻找某一时刻个体在两个部门间的分布就是寻找两条曲线垂直距离为要求值时的横坐标大小。

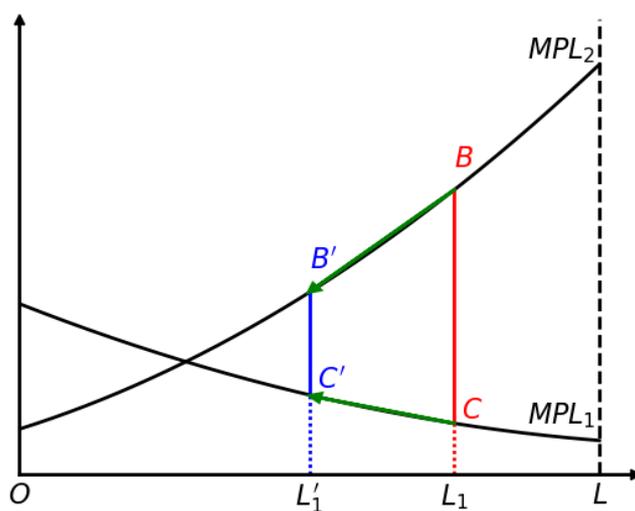


图 3-1 每一时点处最优边际条件的寻找过程

如图 3-1 所示,当 $E \cdot MPK_2$ 缩小时,竖直线将向左移动, L_1 减小, $L - L_1$ 增大,代表着有更多的个体离开传统农业部门进入现代工业部门。通过观察我们发现,随着竖直线向左移动,两曲线间的垂直距离是单调递减的(在两曲线交点的左侧,认为距离的值为负数),因而个体的分布状态与 $E \cdot MPK_2$ 的值是一一对应的。由此我们可以描绘出模型的路径,在最开始时,经济中大部分个体都处于传统农业部门中,即 L_1 很大, $L - L_1$ 很小, K 也很小,因而 $E \cdot MPK_2$ 很大,随后消费按照(3-7)或(3-8)增长,这给出了用于储存累积性要素的产出的大小,而这种累积的分配由这样的图解决定:物质资本的累积导致 $E \cdot MPK_2$ 下降,人力资本的累积导致 MPL_2 的减少和 MPL_1 的上升,而这三个变化的结果使得变化后的各值正好满足(3-10)。即人力资本的积累使得图 3-1 中 B 点沿着 MPL_2 曲线左移, C 点沿着 MPL_1 曲线左移,物质资本的积累使得 \overline{BC} 缩小,而移动的结果正好使得缩小后的 \overline{BC} 等于 $\overline{B'C'}$, B' 、 C' 都在曲线上。

由于经济体的产出完全依赖于要素的增加,而 A 和 L 在这里是恒定的,因此经济体存在稳定状态(stationary state)。令(3-8)式等于 0 就可以反解出 K^* 的大小,即当消费不再增长时,物质资本的量将正好使得其边际产出等于折现率的大小

$MPK_2 = \rho$. 当 K 不变时

$$\dot{K}(t) = Y_2(t) + I - C_2(t) - T(t) = 0 \quad (3-11)$$

$$Y_2 + I = C_2 + T \quad (3-11')$$

而 MPK_2 保持不变时个体在两部门间的流动也停止了, 所以

$$\dot{L}_1(t) = -\frac{Y_1(t) + T(t) - C_1(t)}{E} = 0 \quad (3-12)$$

$$Y_1 + T = C_1 \quad (3-12')$$

将(3-11')(3-12')相加可得

$$Y_1 + Y_2 + I = C_1 + C_2 \quad (3-13)$$

也就是说, 经济最终稳定下来的场景是这样的: 经济体接受来自的外界的投资, 但是并不会将其用于增加物质资本了, 而是将其也用于消费, 否则会破坏最优的稳定状态 K^* . 积累性要素不再增加, 产出也不再增加, 消费量也保持不变。

我们可以想象在到达稳定状态后 I 自然会变为 0, 因为外商不愿意自己的投资变成一种捐赠。模型展示出了这一点, 但这并不能简单地与现实中一些外商将生产线撤离中国联系起来, 因为模型并没有对外商的决策进行建模。不过模型告诉我们的一点是, 外商的投资加速了中国的城市化进程和产业升级, 但其并不能改变最终到达的结果。这一结果是由经济体自己决定的, 在本模型中决定的方式为教育。利用稳态的条件 $MPK_2 = \rho$ 可得

$$MPL_2(t) - MPL_1(t) = E\rho$$

即稳态的位置受 E 影响。

我们考虑两种提高教育水平的方式。第一种方式是在其他条件不变的情况下降低教育成本 E , 这将使 $E\rho$ 缩小, 也就是说在同样的消费水平(储蓄水平)下, 图 3-1 中的竖直线可以左移得更多。第二种方式是提高教育提供的技能水平 h , 由前面对 MPL_2 曲线的讨论可知 h 的增加相当于 MPL_2 曲线的向上膨胀。但由于 h 的增加将导致 E 的增加, 在变化之初竖直线的变化是不确定的: 当 h 与 E 呈线性关系或 E 呈现出随 h 的增加边际成本递减时, 竖直线为左移; 当 E 呈现出随 h 的增加边际成本递增时, 竖直线的膨胀将更大一些, 这有可能导致其右移。

李仁宇(2017)对比东部地区与中部地区的研究给出了的可以支撑此结论的证据, 东部地区取得同等教育水平所需要的投入相对更多, 这抑制了该地区的人力资本积累。其研究的另一个结论也可以被本章模型解释, 人力资本要求低的岗

位数量的提升将抑制人力资本的积累，这体现为 MPL_1 的上移，进而导致稳态的右移。

总体来说，教育的发展可以促进个体积累人力资本和人口向现代工业部门的转移，并且这种促进作用不仅可以影响路径，还可以影响终值。但是我们也要看到，教育水平的进步对稳定状态下人口在工业部门中的比例的促进是有极限的，在最理想的条件下， E 降低为 0，人口分布被限制在两部门的劳动边际产出相等的情况下（即图 3-1 中两曲线的交点）。

通过使 A 发生变化，我们可以分析本模型在新古典下会呈现什么样的动态，但是我们并不需要重新去推导新的表达式，在此处的图解分析就可以让我们了解这一动态。

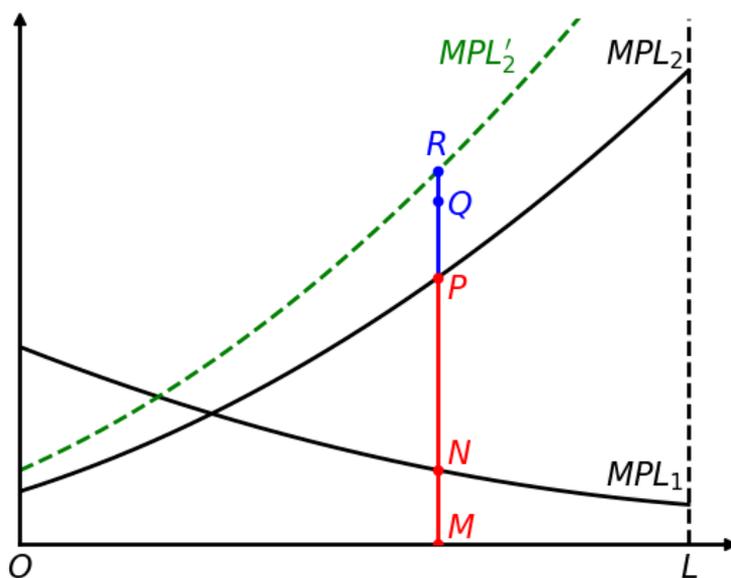


图 3-2 A 的增长导致模型稳态的变化

如图 3-2 所示。假设在 A 增加前，稳定时的人口分布对应图中的 M 点， MPL_2 的值对应图中的线段 \overline{MP} 。当 A 增加了比率 g 时， $MPL_2' = (1 + g)AF_2(L - L_1)$ ，对应图中的曲线 MPL_2' ，作 \overline{AC} 的延长线交 MPL_2' 于 R 点，有关系 $\overline{MR} = (1 + g)\overline{MP}$ 。先假设 E 不随 A 改变，新的距离要求 $E \cdot MPK_2'(t) = E \cdot (1 + g)A \cdot F_1$ ，所以新的距离为在在 \overline{NP} 延长线上找 Q 点使得 $\overline{NQ} = (1 + g)\overline{NP}$ 。所以 $\overline{PQ} = g\overline{NP}$ ， $\overline{PR} = g\overline{MP}$ ，可以知道 $\overline{PQ} < \overline{PR}$ 。同时我们注意到前文描述 E 随着 A 的增加而减少，所以 Q 点的

实际位置还要更靠下一些。在这种情况下， \overline{NQ} 就必然要左移寻找新的稳定点。综上所述，我们得出了结论， A 的增加会导致平稳点的左移，即技术的进步会促进人口从传统农业部门向现代工业部门的转移。

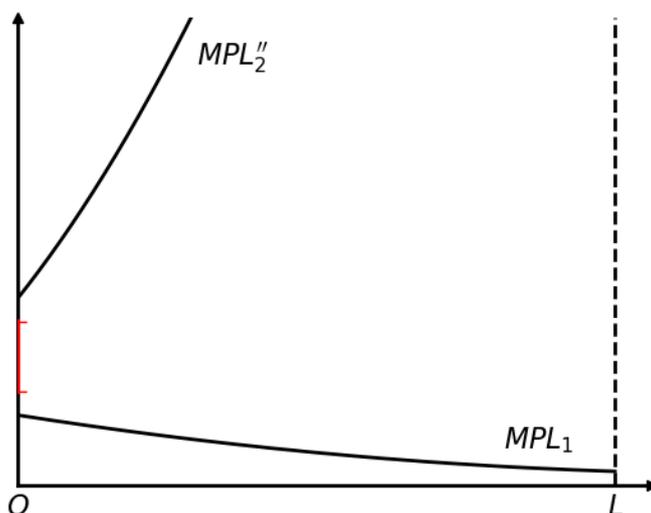


图 3-3 A 外生增长下模型的平衡增长路径

假设 A 遵从 Solow 的外生增长，即 $A = A_0 e^{gt}$ ，我们来探讨一下模型最终的平稳状态，或者说“平衡增长路径”。随着 A 的不断膨胀， MPL_2 曲线会被拉得越来越高，直至趋于无穷。因此在某个时刻以后，当所有的人口都进入现代工业部门时，两曲线的垂直距离仍然高于平稳的距离要求。此时，经济完全进化为了一个新古典的 Solow 模型，其增长率为 g 。传统农业部门则消失了，从现实角度看这似乎是不可能的，因为人需要最基本的粮食。但是前文已经强调过，其实两部门的划分考虑的是生产时使用的要素而非产品的种类，因此这可以理解为传统的农业生产方式消失了，现代化的农业生产开始占据主流。Hansen 和 Prescott(2002)也得到了类似的结论。

3.4 模型的实证检验

我们检验模型在每个时点上成立的边际条件，即式(3-10)。

用于检验的计量经济学模型为

$$empk2_t = \beta_0 + \beta_1 mpl1_t + \beta_2 mpl2_t + \mathbf{Z}_t \boldsymbol{\gamma} + \varepsilon_t$$

其中 \mathbf{Z}_t 为控制变量。我们希望见到 β_1 的符号为负且显著，而 β_2 的值为正且显著。由于代理变量并非理论变量，以及统计误差和量纲差异等现实因素，我们只检测系数的方向性。

我们需要两部门的劳动与物质资本边际产出。在完全竞争的条件下，劳动和资本的边际产出分别等于工资率和利率。因此我们使用“城镇居民人均可支配收入”和“农村居民人均可支配收入”作为传统农业部门和现代工业部门劳动边际产出的代理变量，而物质资本的边际产出则使用“贷款利率”作为代理变量。教育的价格则使用“学杂费”除以“在校学生数”的商。

我们通过替换变量进行稳健性检验。自然地，使用下式来估计边际产出：

$$\begin{aligned}\overline{MPL}_1 &= \frac{\Delta Y_1}{\Delta L_1} \\ \overline{MPL}_2 &= \frac{\Delta Y_2}{\Delta L_2} \\ \overline{MPK}_2 &= \frac{\Delta Y_2}{\Delta K_2} = \frac{\Delta Y_2}{I_2}\end{aligned}$$

其中， Δ 表示序列的一阶差分。但从最终结果来看，用劳均产出作为农业劳动边际产出的代理变量是更准确的。由于现实中的农业实际上引入了物质资本的进步，提高了劳动效率，使得农业在劳动力迁出的情况下仍然获得了产出的提升，用上式计算出的劳动边际产出便为负值，这反而无法体现劳动效率提升的事实。若是将生产函数全微分展开我们可以知道，这种计算方式引入了一个 $\partial F/\partial K \cdot \Delta K/\Delta L$ 的误差，由于 ΔL 与 ΔK 异号，因此该误差为负，而 $\partial F/\partial K$ 则引入了非线性的成分。使用劳均产出是一个可行的替代选择，假设生产函数取 Cobb-Douglas 形式 $K^\alpha L^\beta$ ，则劳动边际产出为 $\beta K^\alpha L^{\beta-1}$ ，劳均产出为 $K^\alpha L^{\beta-1}$ ，二者相差一个系数 β ，在线性回归中这种线性变化不会影响系数的 t 检验结果。但是这并不是决定性的理由，农业部门的劳均产出具有现实的经济意义：在工业部门中，劳动者不是物质资本的拥有者，因此其获得的收入是其提供的劳动的边际产出；但是在农业部门中，农户同时也是物质资本的拥有者，其也拥有这一部分要素的收入，所以劳均产出才能更准确地反映农业部门劳动者的收入情况。工业部门则仍使用差分方法进行计算，这不仅不用担心负边际产出的问题，还可以直接使用固定资产投资的数据，避免了使用永续盘存法估算物质资本存量。

为了计算这些边际量，传统农业部门的产出使用“第一产业增加值”，现代

工业部门的产出使用“第二产业增加值”与“第三产业增加值”的和；传统农业部门的劳动力数量使用“农业人口数”，现代工业部门的劳动力数量使用“非农业人口数”；现代工业部门的物质资本变化量使用“城镇固定资产投资额”。

模型中未考虑到的经济个体为外国人和政府，考虑如下两个可能的混杂因素：第一是对外贸易，改革开放后其发展极大地推动了国内生产能力的提高，对劳动和资本的边际产出都有促进作用；第二个是政府对教育的补贴，其在其他条件不变的情况下降低了个人的学费负担，提高了实际教育水平，推高了劳动的边际产出。故考虑如下两个控制变量：第一是外贸依存度，计算方法为净出口占总产出的百分比，其中净出口使用“进出口差额”，总产出为各产业增加值之和；第二是财政性教育经费占 GDP 的比例，计算方法为“国家财政性教育经费”除以总产出。

本节数据中，“各类学校教育经费学杂费”“国家财政性教育经费”“城镇居民人均可支配收入”“农村居民人均可支配收入”“进出口差额”数据来自国家统计局^①。“第一产业增加值”“第二产业增加值”“第三产业增加值”“农业人口数”“非农业人口数”“城镇固定资产投资额”“在校学生数”数据来自中国知网大数据研究平台^②，其原始数据来源为各年度的各统计年鉴。“贷款利率”则来自世界银行。

据各数据可得年份的重叠区间，考察期从 1996 年开始。而考察期的结束年份则借助描述城乡劳动力转移的“刘易斯拐点”判断——在刘易斯第二拐点之前，经济体都处于劳动力在两部门间转移的阶段。易定红（2020）的综述指出，主流观点认为中国的刘易斯第一拐点出现在 2016 年之前的某个时间点。而根据王必达和张忠杰（2014）的研究结果，截至 2012 年中国都尚未越过刘易斯第二拐点。薛继亮（2016）的研究则认为在 2014 年，刘易斯第二拐点已经开始发生，但并不彻底。故本节选择的考察期以 2014 年为止。

所有以货币量为单位的代理变量都使用“GDP 指数”固定至 1996 年价格。

原始数据及处理完毕后的关键变量的名称和描述性统情况如表 3-1 所示。

^① <https://data.stats.gov.cn/>

^② <https://data.cnki.net/>

表 3-1 变量描述性统计

变量名	含义	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值	单位
avgincome1	农村居民人均可支配收入	19	1748.13	195.29	1506	2146.29	元
avgincome2	城镇居民人均可支配收入	19	5013.96	440.56	4552.15	5902.14	元
tuition	学费与杂费总额	19	6280776	2063161	2610361	8478919	万元
stunum	在校学生数	19	32232.31	1249.32	30401	36904.1	万人
E	教育成本	19	194.39	63.13	85.86	261.53	元/人
r	贷款利率	19	6.24	1.23	5.31	10.08	%
Er	被解释变量	19	1176.4	356.6	630.4	1824	元/人×%
Y1	传统农业产出	19	11055.04	1145.14	9500.81	13878.3	亿元
Y2	现代工业产出	19	83207.65	22741.04	57935.3	120305.3	亿元
L1	传统农业劳动力数量	19	89856.29	2240.31	87252.8	94244	万人
L2	现代工业劳动力数量	19	39723	7121.8	29139	50438.91	万人
I2	现代工业的物质资本变化量	19	44925.44	29127.27	17561.02	102570.2	亿元
apl1	农业部门劳动边际产出的平均估计	19	0.12	0.01	0.1	0.15	万元/人
dpl2	工业部门劳动边际产出的差分估计	19	3.39	3.14	0.03	10.71	万元/人
dpk2	工业部门的物质资本边际产出	19	0.09	0.06	0	0.2	—
Edpk2	替换的被解释变量	19	1698.89	1299.64	9.61	4772.43	元/人
edufund	国家财政性教育经费	19	3050	1370	1670	5480	亿元
edufundrate	财政性教育经费占 GDP 比例	19	3.09	0.64	2.33	4.3	%
nx	净出口	19	3265.23	1946.59	1019	7498.33	亿元
nxrate	外贸依存度	19	3.39	1.82	1.42	7.53	%

回归结果如表 3-2 所示，所有的系数都至少在 5% 的显著性水平上显著。第 (1) 列不包括常数项和控制变量，完全符合理论方程 (3-10)。该回归结果的各项系数符号都符合理论模型预测，且决定系数为 0.970，解释力度相当之高。第 (2) 列的模型加入了常数项，虽然其决定系数有所下降，但解释变量的系数都非常接近理论模型预测的大小。第 (3) 列的模型加入了控制变量，其解释变量系数更加接近理论语言的情况，且决定系数的大小相比第 (2) 列有所上升。表 3-2 的结果说明了本章的理论模型可以较好地被现实数据验证。

表 3-2 回归结果

	(1)	(2)	(3)
	Er	Er	Er
avgincome1	-1.275*** (0.372)	-1.137*** (0.278)	-1.090** (0.423)
avgincome2	0.682*** (0.130)	0.979*** (0.123)	1.023* (0.507)
常数项		-1,743*** (451.1)	-1,981* (1,104)
控制变量	否	否	是
观测数	19	19	19
R ²	0.970	0.807	0.825

括号内为标准误差

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

由于所有回归的变量都是时间序列数据，因此我们对模型（1）至（3）的残差序列进行单位根检验，确保没有出现伪回归现象。检验结果如表 3-3 所示，对于所有的残差序列，都可以拒绝有单位根的原假设，因此这三个序列都是平稳的。Johansen 检验的结果（表 3-4）进一步说明了关键变量（“Er”“avgincome1”“avgincome2”）之间至少存在一个协整关系。这些都减少了伪回归的风险。

表 3-3 回归残差序列的单位根检验

模型	H0	DF 统计量	1%临界值	5%临界值	10%临界值	p-value
(1)	带漂移的随机游走序列	-3.432	-4.38	-3.6	-3.24	0.0473
(2)	不带漂移的随机游走序列	-4.010	-3.75	-3.0	-2.63	0.0014
(3)	不带漂移的随机游走序列	-4.414	-3.75	-3.0	-2.63	0.0003

表 3-4 Johansen 协整检验

最大秩	参数	对数似然值	特征值	跟踪统计量	5%临界值
0	12	-284.408	.	41.1786	29.68
1	17	-268.517	0.84579	9.3980*	15.41
2	20	-263.955	0.41535	0.2735	3.76
3	21	-263.818	0.01596		

* 选择的秩

最后，我们进行稳健性检验，结果呈现在表 3-5 中。在第（1）至（3）列中，我们替换了关键自变量和因变量，几乎所有的系数都在 1% 的显著性水平上显著，并且它们的符号都满足理论模型的预测。我们注意到，这些系数的大小与理论系数相差较多，但这可能与代理变量的量纲以及计算过程中引入的测量误差有关。这些系数的有效数字均为三位，且十分接近，这可以从一定程度上反映出-1 与+1 的相对关系。三个回归结果的决定系数都高于 0.84，展现出较高的解释力度。这进一步说明了理论模型揭露了各变量之间的深层次关系。

表 3-5 稳健性检验结果

	(1)	(2)	(3)
	Edpk2	Edpk2	Edpk2
apl1	0.331 (0.213)	-3.665*** (0.991)	-3.615*** (0.949)
dpl2	0.0365*** (0.00577)	0.0365*** (0.00416)	0.0380*** (0.00450)
常数项		-4,973*** (1,218)	6,054*** (1,345)
控制变量	否	否	是
观测数	19	19	19
调整后R ²	0.884	0.840	0.875

括号内为标准误差

* p<0.1, ** p<0.05, *** p<0.01

第 4 章 一个考虑技术购买的模型

4.1 模型设定

1962 年, Gerschenkron 提出了后发优势假说: 发展中国家可以通过引进外源技术加速技术进步和经济增长, 从而在科技和经济方面缩小与发达国家的差距。本模型的核心思想也源于此, 一个经济体可以直接向外界购买新的技术, 在我国这一设定对应的现实现象是 1980 年代“造不如买, 买不如租”的主流思想。

对国外科技的购买大体可以体现在物质资本和非竞争性要素 A 上。在改革开放初期, 新技术随着外商直接投资进入中国, 为了与这些物质资本配合, 我们被迫提升了与之相对应的生产、管理、法律、贸易等知识, 此时物质资本和 A 的增加明显是交织的。当中国加入世界贸易组织, 初步建立起自己的现代工业体系后, 则可以看清这两条路径的一些区别。有时我们需要的是生产某种东西的方法, 此为可以以专利的形式体现的非竞争性要素, 例如 CRH1 动车组就采用了庞巴迪运输公司的设计。有时我们需要的技术与物质资本紧密结合, 此时又要分两种情况: 第一种情况下, 购买的物品是资本品, 如中芯国际购买 ASML 的光刻机, 此时对技术的购买可以直接视为物质资本的增加; 第二种情况是购买的物品是中间品或消费品, 如华为公司委托台积电生产其设计的芯片, 此时可以理解为对物质资本的租借。两种情况的不同在于, 租借是无法被累积下来的, 当国际局势发生变化时, 这种租借随时有可能被中断。但是我们的经济模型无法考虑这些外在因素, 我们假设经济处于和平的环境中, 因而也将第二种情况视为累积行为。前一种情况的另一个特点是, 对购买的物质资本的研究也必然导致非竞争性要素技术的增加, 例如中国通过研究购得的瓦良格号, 积累了建造航空母舰的知识, 随后独立建成山东舰和福建舰。而后一种情况则显然无法增加非竞争要素技术的水平。

由于前文所述的现实情况的错综复杂, 在现实中我们无法区分两条路径, 但在理论中认为对国外技术的购买能被明确区分为物质资本的积累和技术水平的提升。我们着重关注提升技术水平的那一部分, 剩余的部分则与传统的物质资本积累没有任何区别。这种处理方法与上一节对假设的处理是一致的。

随着西方发达国家在多个关键领域施行对华技术封锁, 人们逐渐认识到这一

技术增长模式是无法持续。习近平总书记指出：“我国面临的很多卡脖子技术问题……关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的……”某一追赶经济体的技术水平与世界领先水平越接近，先发国家就越不愿意出售其技术。

综上所述，我们可以为购买技术的过程做出如下设定。记经济体本身的技术发展水平为 A ，世界先进技术水平为 W 。与 Nelson 和 Phelps 的技术扩散模型(1966)中的理论技术水平和实践技术水平接近后实践技术水平进步会变得困难类似，当一个经济体的技术水平与世界先进水平差距变小时，其自身技术的发展会变得更加困难。在这里这种过程体现为外国技术价格的增加，当 A 与 W 十分接近时，价格甚至会趋于无穷大，在现实中表现为外国对技术的禁售。记技术的价格为 P ，可以写出：

$$P = \frac{W}{W - A} p$$

其中， p 是比例系数。当 A 逼近 W 时， P 趋于无穷大。我们假设 A 的初始值小于 W ，并且 A 的积累方式只有购买外国技术，所以 $P > 0$ 。分子上的 W 是为了保证平衡增长路径存在，但除此之外，我们也可以想象，随着绝对技术水平的提高，外国对技术索取的价格越来越高。假设每期用于购买外国技术的金额为 B ，则 B 满足：

$$B = \int_A^{A+\Delta A} \frac{Wp}{W - a} da$$

解得：

$$Wp[-\ln(W - A - \Delta A) + \ln(W - A)] = B$$

所以：

$$\Delta A = (W - A) \left(1 - e^{-\frac{B}{Wp}} \right)$$

也就是说，当花费 B 元购买外国技术时，技术的增加值为 $(W - A) \left(1 - e^{-\frac{B}{Wp}} \right)$ 。

假设世界先进水平以外生的增长率 g 增长，即 $W = W_0 e^{gt}$ 。人口以外生增长率 n 增长，即 $L = L_0 e^{nt}$ 。生产函数使用的要素投入为物质资本 K 和劳动 L ，这是因为本章问题与人力资本关系不大，且在常见的人力资本等于技能水平乘以人口且技能水平同质化分布的假设中， $H = hL$ ，二者只相差一个系数 h ，因此这里也可以认为模型考虑了人力资本。假设生产函数对竞争性要素取规模报酬不变的 Cobb-Douglas 函数，对非竞争性要素技术取（原始的）Solow 式的设定，即：

$$Y(t) = A(t)K(t)^\beta L(t)^{1-\beta}$$

每期的总产出在消费、投资、购买外国技术间分配，假设每期选定用于购买外国技术的产出额为 B ，人均消费为 c ，总消费为 $L(t)c$ ，则经济体按照如下的路径发展：

$$\dot{A}(t) = (W(t) - A(t)) \left(1 - e^{-\frac{B(t)}{W(t)p}} \right)$$

$$\dot{K}(t) = A(t)K(t)^\beta L(t)^{1-\beta} - B(t) - cL(t)$$

假设消费的效用函数为常风险厌恶系数效用函数，风险厌恶系数为 r ：

$$u(c) = \frac{c^{1-r} - 1}{1-r}$$

注意到 $u'(c) = c^{-r}$ ， $u''(c) = -rc^{-r-1}$ ， $u'(c)/u''(c) = -r/c$ 。社会的目标是消费效用折现最大化：

$$\max \int_0^\infty e^{-\rho t} L(t)u(c(t)) dt$$

其中， ρ 是折现系数。

4.2 模型求解及其动态学

我们仍然使用最优控制方法解该问题，为了行文方便，这里暂时省略时间变量 t ，并使用现值 Hamiltonian 函数：

$$H = Lu(c) + \theta_1 \left[(W - A) \left(1 - e^{-\frac{B}{Wp}} \right) \right] + \theta_2 [AK^\beta L^{1-\beta} - B - cL]$$

其中， c 和 B 是控制变量， A 和 K 是状态变量， θ_1 和 θ_2 是协控制变量。写出最优控制问题的一阶条件：

$$\frac{\partial H}{\partial c} = Lu'(c) - \theta_2 L = 0 \quad (4-1)$$

$$\frac{\partial H}{\partial B} = \theta_1 (W - A) (Wp)^{-1} e^{-\frac{B}{Wp}} - \theta_2 = 0 \quad (4-2)$$

解得：

$$\theta_1 = c^{-r} (W - A)^{-1} W p e^{\frac{B}{Wp}} \quad (4-1')$$

$$\theta_2 = c^{-r} \quad (4-2')$$

两个协控制变量的变化情况可由协状态方程给出：

$$\dot{\theta}_1 = \rho \theta_1 - \frac{\partial H}{\partial A} = \rho \theta_1 + \theta_1 \left(1 - e^{-\frac{B}{Wp}} \right) - \theta_2 K^\beta L^{1-\beta} \quad (4-3)$$

$$\dot{\theta}_2 = \rho\theta_2 - \frac{\partial H}{\partial K} = \rho\theta_2 - \theta_2\beta AK^{\beta-1}L^{1-\beta} \quad (4-4)$$

由(4-4)得:

$$\frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2} = \rho - \beta AK^{\beta-1}L^{1-\beta} \quad (4-4')$$

另将(4-2')对时间求导得:

$$\dot{\theta}_2 = -rc^{-r-1}\dot{c} \quad (4-5)$$

将(4-5)除以(4-2')得到:

$$\frac{\dot{\theta}_2}{\theta_2} = -r\frac{\dot{c}}{c} \quad (4-6)$$

记 $\dot{c}/c = \kappa$. 由(4-4')(4-6)两式得:

$$\rho + r\kappa = \beta AK^{\beta-1}L^{1-\beta} \quad (4-7)$$

将约束条件中的 \dot{K} 除以 K 得:

$$\frac{\dot{K}}{K} = AK^{\beta-1}L^{1-\beta} - \frac{B + cL}{K} \quad (4-8)$$

将(4-7)代入(4-8)得到:

$$\frac{\dot{K}}{K} + \frac{B + cL}{K} = \frac{\rho + r\kappa}{\beta} \quad (4-8')$$

我们寻找平衡增长路径是需要寻找 \dot{Y}/Y 为常数的路径, 进而就是寻找各种积累性要素的增长率为常数的路径, 所以 \dot{K}/K 为常数, 进而 $(B + cL)/K$ 为常数, 进而 $B + cL$ 的增长率需要与 K 相同, 即也为常数。我们写出 $B + cL$ 的增长率:

$$\frac{(B + \dot{c}L)}{B + cL} = \frac{\dot{B} + (\dot{c}L)}{B + cL} = \frac{B}{B + cL} \frac{\dot{B}}{B} + \frac{cL}{B + cL} \frac{(\dot{c}L)}{cL}$$

当 B 的增长率与 cL 的增长率相同且为常数时, $B + cL$ 的各部分百分比不变, 增长率也不变, 由于 cL 的增长率为 c 的增长率加上 L 的增长率, 所以:

$$\frac{\dot{B}}{B} = \frac{\dot{c}}{c} + \frac{\dot{L}}{L} = \kappa + n \quad (4-9)$$

接下来还有另外一条路径决定了 B 的增长率, 即 A 的增长率也为常数, 将约束条件中的 \dot{A} 除以 A 得:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \left(\frac{W}{A} - 1\right) \left(1 - e^{-\frac{B}{Wp}}\right) \quad (4-10)$$

要想使 A 的增长率不变，需要使 W 与 A 的比值和 B 与 W 的比值都不变，即：

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{B}}{B} = \frac{\dot{W}}{W} = g \quad (4-11)$$

由(4-9)(4-11)可以得到 $\kappa = g - n$.

进而我们知道 K 的增长速率也为 g ，所以经济的增长速度为

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \beta \frac{\dot{K}}{K} + (1 - \beta) \frac{\dot{L}}{L} = (1 + \beta)g + (1 - \beta)n \quad (4-12)$$

而在各期各变量的水平值可以通过(4-10)(4-11)和(4-7)式解得。

4.3 模型结果的探讨

首先，我们探讨一下技术的增长速度是否会收敛于平衡增长路径。由(4-10)容易看出，当 A 的增长速率高于 W 的增长速率时， W/A 变小，这将会降低 A 的增长速率；反之当 A 的增长速率低于 W 的增长速率时， W/A 变大，提高 A 的增长速率。因而 A 的增长速度将会收敛于平衡增长路径。

接下来我们考虑教育对经济的影响。王希元（2018）的研究指出，人力资本水平的提高可以促进对购买外国技术的吸收。在这里，教育的进步可以理解为 p 的减少，即支付更少的成本就可以得到相同的科技进步。一个具体的例子是出国留学的留学生因国内教育的进步学会相同的知识所需的时间更少，如本科教育的进步使其在国内就可以接受同等国外的教育，只需去国外攻读研究生即可。我们还可以从更广泛的角度想象，教育水平的提升节省了大量的沟通、理解成本，增加了推理能力从而使我们能从更少的资料中得出更多的结论。由(4-10)(4-11)我们可以知道，在其他条件不变的情况下， p 的减少可以降低 B 的值，也可以增加 A 的值。但是，这一影响只有水平效应，而无增长效应，即无法改变平衡增长路径上的增长率。因而在购买技术阶段，我们要想超过发达国家的科技增长率必须偏离最优增长路径，造成效用的损失。

模型的另一个关键结论在于，落后国家的技术水平与世界先进水平的比值被初始值牢牢锁定了，如果其想要改变这一比值就要遭受社会福利的损失。随着 A 和 W 的增大，二者的差值会越来越大。同时，落后国家的资本积累速度也被发达国家锁死了。由于本章模型的设定形式类似 Solow 模型，因此我们假设发达国家遵从 Solow 模型，由第 2.1.2 小节可知，发达国家的物质资本累计速度为 $n + g/\beta$ ，

而 $\beta < 1$ ，故发达国家的物质资本积累速度快于追赶国家。

进一步来看最终产出的增长速度。若是使用 Solow 原文的结果，发达国家与追赶国家的增长率差值为

$$n + \frac{\beta}{1-\beta}g - [(1+\beta)g + (1-\beta)n] = \frac{\beta^2 + \beta - 1}{1-\beta}g + \beta n$$

绘制出函数 $y = (x^2 + x - 1)/(1 - x)$ 的图像（图 4-1），在 $(0.618, 1)$ 区间上该函数都为正。而经验上 β 取值在 0.7 附近，故该差值大概率为正。

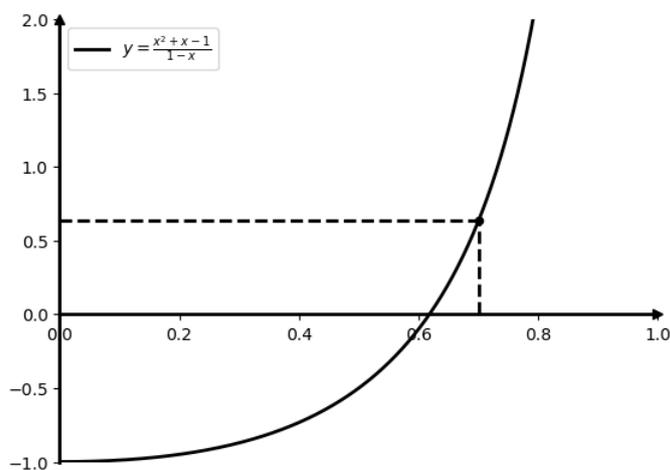


图 4-1 函数 $y = (x^2 + x - 1)/(1 - x)$ 的图像

但是正如第 2 章所述，Solow 的原文未考虑 A 的增长，若是将该因素考虑进来，则发达国家与追赶国家的经济增长率差值实际应为 $\beta^2/(1 - \beta) \cdot g + \beta n$ ，在 β 的取值范围内恒为正。因此发达国家拥有比追赶国家更高的经济增长率。

从第二次世界大战以后的事实看，通过引进技术实现经济追赶只发生在少数国家，技术差距和后发优势仅仅为落后国家提供了追赶的机遇和可能性，但并非所有落后国家都能抓住机遇实现追赶。据 Maddison（2001）的研究，1950-1998 年，最富裕的国家和最贫穷的国家人均收入差距不但没有缩小，反而扩大了 1.75 倍。为此学者从追赶国家的吸收角度给出了解释，如 Abramovitz（1986）认为能否实现追赶取决于各国吸收国外新技术的“社会能力”；Keller（1998）的研究表明，单纯引进技术而不改变本国的吸收能力无法提高东道国的经济增长率；唐未兵等（2014）强调引进技术最终能否形成生产技术受吸收消化能力的制约。^①

^① 本段内容转引自王希元（2018）。

本文则对该事实给出了另一个角度的解释：发达国家对追赶国家的技术惜售锁死了追赶国家的技术进步速度和物质资本积累速度，使后者的速度无法超过前者的速度，在水平值上二者的差距则将越来越大。这也解释了中等收入陷阱的形成，追赶国家的技术虽然仍在进步，但实际上是被锁死的。该解释与“消化吸收能力”解释并不矛盾，本章的模型并未考虑内生增长因素，因而本文解释了为何“消化吸收能力”的缺失无法导致经济增长能力的提高。若是一国具有“消化吸收能力”，则它就并不满足本章模型的 A 只能靠向外国购买而进步的假设。

由于 B 的增长速度慢于 Y 的增长速度，所以向外国购买技术的金额在产出中的占比将越来越少。当这一占比降低到一定程度，如剩余下来用于消费的部分足以满足人们的消费需求时，经济体将有余裕对本国的“消化吸收能力”进行提升。这将损害社会的眼前福利，不过随着消费的边际效用递减，这种牺牲也许是值得的，且这能够使经济体最终走上另一条增长路径，即内生增长。在这条路径上，经济体将获得相比购买技术更高的效用。不过对于大多数国家来说，等待这一占比降低的过程是漫长的，而在此过程中，技术差距的绝对值将越来越大，走上内生增长路径后的追赶路途也将更加遥远。因此在本模型的预言中，若是发达国家不改变对先进技术的惜售，则越落后国家的处境将越发艰难。

从发达国家角度来说，若是其真的希望帮助发展中国家，促进全世界的共同富裕，就应该降低发展中国家的技术获取成本，或帮助发展中国家发展教育，即主动降低 p 。在承认克鲁格曼质疑所述的一些情况在中国客观存在的同时，樊纲（1996）也毫不避讳地指出了这一点：“克鲁格曼这位著名的国际经济学家简单地指责发展中国家增长不快，而不提倡发达国家向发展中国家提供更多的免费或低价的技术援助，是一种典型的从发达国家立场出发考察问题的结果。”

4.4 模型的现实探讨

该模型的设定相比上一个模型更加抽象。由于前文所述的技术购买的隐蔽性，将该模型与其他模型区分开来的关键变量 B 难以找到代理变量，因此进行严格的探讨是困难的，所以本节只进行一些浅显的探讨。

本章模型预言各国的技术进步速度将趋向一致，我们以全要素生产率作为技术水平的代理变量，观察各国的技术进步情况。

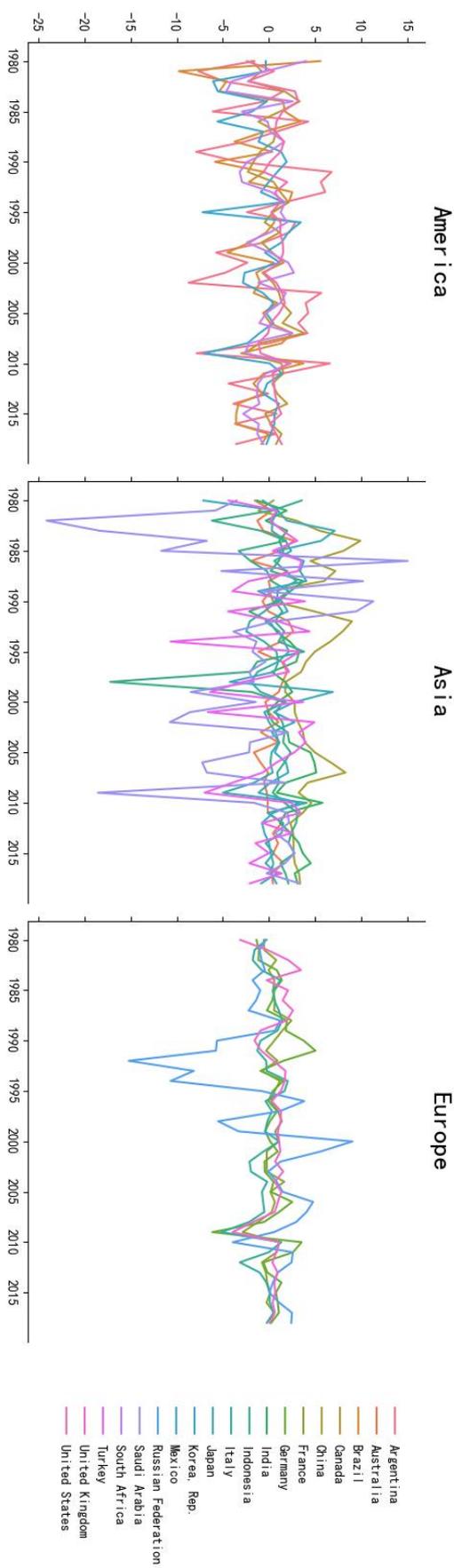


图 4-2 1980-2018 G20 国家全要素生产率增长率

世界银行的生产率计划估计了 1980 年至 2018 年世界各国的全要素生产率水平，在该计划建立的 Global-Productivity-Aggregate-Database^①中提供了全要素生产率的对数增长率值，我们使用该数据观察 G20 国家（不含欧盟）的技术增长率情况。G20 成员国涵盖面广，代表性强，构成兼顾了发达国家和发展中国家以及不同地域利益平衡，人口占全球的 2/3，国土面积占全球的 55%，国内生产总值占全球的 86%，贸易额占全球的 75%，因此是一个比较好的样本选择。

图 4-2 展示了数据可得期内 G20 国家的全要素生产率的增长率情况，为作图方便南非被归入了美洲，澳大利亚被归入了亚洲。从图中可以看出除了少数波动较大的国家如阿根廷、沙特阿拉伯、俄罗斯等，大部分国家的 TFP 增长率都处于一个较为集中的区间，彼此之间的差距并不算大。中国在亚洲国家中属于增长率较高的国家，并不处于集中区间内。但这不影响模型的核心观点，技术购买的存在，使得各个国家的技术增长率可以趋向一致。

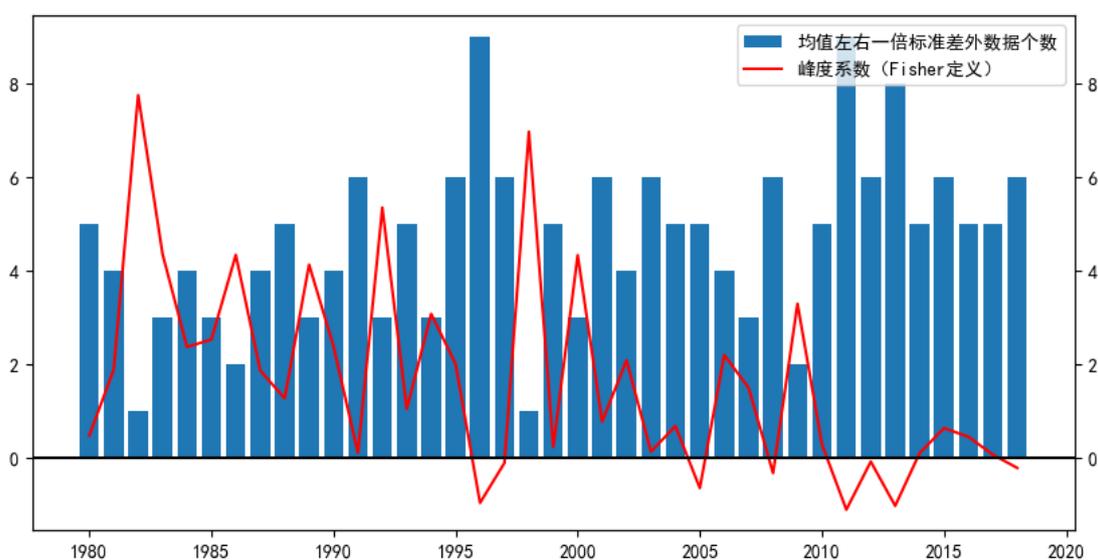


图 4-3 各国 TFP 增长率的集中情况

从一个更量化角度去关注各国 TFP 增长率的集中情况。图 4-3 中的柱形图展示了计算出的考察期的每年内落入均值两侧一倍标准差外的数据点的个数，从图中可以看出约有 2/3 的年份中，该个数小于等于 5，即只有 1/4 的国家落入了

^① <https://thedocs.worldbank.org/en/doc/351491594482906845-0050022020/Global-Productivity-Aggregate-Database>

这个范围。图 4-3 中的折线图展示了计算出的考察期的每年内各国数据分布的峰度系数，Fisher 定义下正态分布的峰度系数为 0，因此峰度大于 0 的分布相较正态分布是较为陡峭的，即数据更向平均值集中。在考察期内，只有七个年份的峰度系数落入了 0 以下，不到考察期长度的 1/5。

除此之外，我们关心中国的 TFP 增长率与其他国家的共同变化情况，Pearson 相关系数是衡量两个序列共同变化情况最简单也是最好的方法，因此我们计算了中国与其他各国数据的 Pearson 相关系数。图 4-4 展示了计算的结果，柱状图呈现了相关系数的大小，折线图则反映了其对应的伴随概率大小情况，图中两条灰色的虚线分别位于纵坐标等于 0.05 和 0.10 的位置。从图中可以看出，中国与大多数国家呈现出正相关的共变关系，在 10% 的显著性水平下，韩国、英国、美国、加拿大、意大利、俄罗斯、澳大利亚、阿根廷和巴西与中国的共变关系都是显著的，占样本国家的 50%，并且以发达国家居多，其中只有俄罗斯与中国的共变关系为负相关，其他都是正相关。

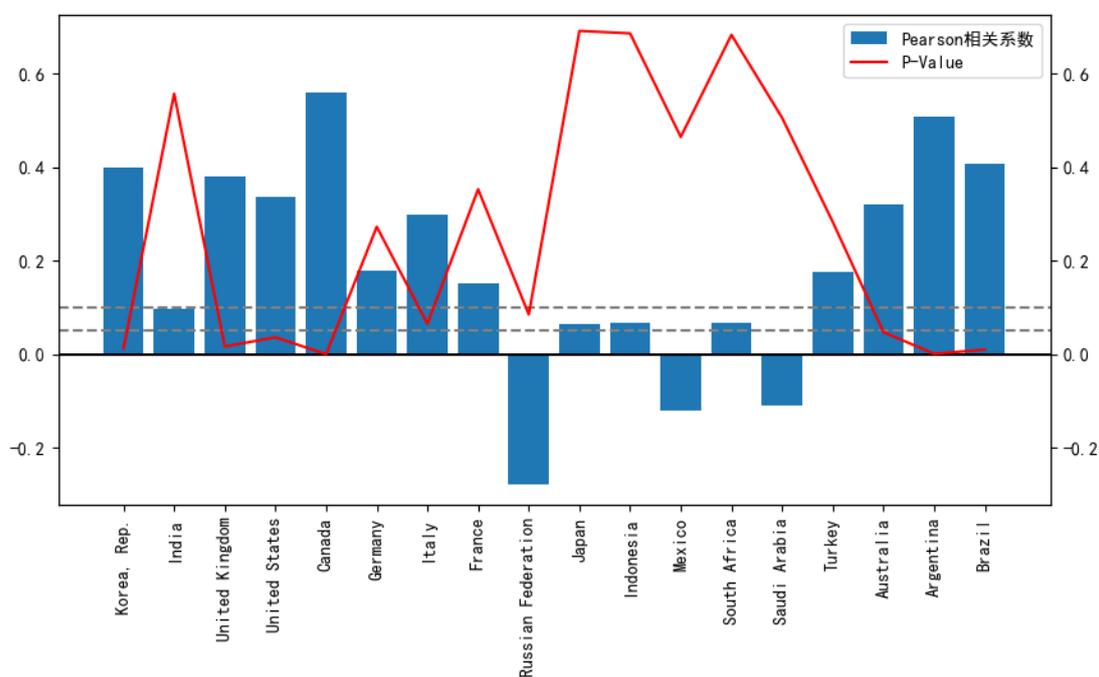


图 4-4 1980-2018 中国与其他 G20 国家 TFP 增长率共变情况

第5章 结论

至此,本文对为考虑中国改革开放后面临的实际情况而作的两个模型的探讨已经结束,现将两个模型与教育有关的主要结论复述于此。

教育的进步可以提高经济稳定状态时的工业化率,并且由于教育在模型每个时点的最优边际条件中出现,教育的进步还可以加快到达这一稳定状态的速度。但是教育进步对稳定状态下工业化率的提高仍然是有限的,为了使经济进一步增长,必须引进外生的技术进步。

一种引进外生技术进步的方法是直接向发达国家购买技术,在发达国家惜售的情况下,落后国家的技术增长率只能向发达国家看齐,更低或更高的增长率都会损害终身效用。教育可以降低购买技术的成本,增加增长路径下的效用和技术的水平值,但无法改变增长率的大小。发达国家与落后国家的差距会逐渐变大。

在两个模型中,增长都具有极限,这两个结论引向了一个更深刻的结论,即发展阶段的重要性,要想不受制于环境或他人,经济必须走向内生增长阶段。

本文建立的两个模型考虑了中国改革开放后经历的独特情况,即二元经济阶段就出现的对人力资本的需求,以及技术落后国家通过购买技术获得的貌似外生的技术增长率,这是一直处于领先地位的西方发达国家难以考虑的。因此,本文的模型在探讨上虽并非特别新奇,却也有其独特之处。中国目前已经跨过了本文所描述的阶段,进入了新发展阶段,故本文只能称是对中国改革开放前半段历史的理论性回顾,对当下现实的指导意义业已不大。但也许对未来的某些后发国家能有所启发,本文给出如下的政策建议:

第一,在农业人口大量剩余的二元经济阶段,政府应优先降低教育成本,当劳动转移速度下降后再逐步转向提高教育质量。在3.3节的讨论中,提高教育质量对应 h 的增加,其瞬时效应是不确定的,盲目提高教育质量可能反而拖慢人口转移的进程。降低教育成本的效应是确定的,可以切实促进农业人口向工业的转移,但这一促进作用存在极限,而教育质量的提升可以延缓这一极限的到达。所以对教育的发展应遵循先普及、再提高的原则。

第二,政府须同步提高需要人力资本的岗位的供给。即使供给侧提高了教育的供给,但需求端未提供相应的岗位时,相比岗位完全供给时传统农业的劳动边

际产出仍较高，现代工业的劳动边际产出则较低，理性的个体不会选择积累人力资本，而是直接在农业中劳动，这将抑制人力资本的积累。

第三，在工业人口比例上升至一定程度后，政府需加大对技术的投入。在人口转移初期，对技术进行投入是性价比较低的，其只影响占比较小的现代工业部门的产出，此时对教育投入更为值得。但教育对人口转移和经济增长的促进作用存在极限，只有技术进步可以突破这一极限，因此在人口转移的后期，政府需加大对技术的投入。

第四，对于关键领域的技术，即使牺牲大量的短期效用也需要尽快提高自主研发能力。在发达国家对关键领域存在技术封锁的情况下，直接向发达国家购买技术将导致本国技术与发达国家的水平值差距越来越大，自主研发越发困难。

第五，非关键领域的技术最终也会走上自主研发道路。随着追赶进程的发展，购买技术的金额在总产出中的占比将逐渐下降，消费的边际效用也将随着其增加而逐渐下降，当其低于自主研发的带来的安全感、民族自豪感等的边际效用时，经济将自发开展自主研发。

第六，发达国家若是真心希望促进全世界共同发展，需要改变自己惜售的态度，尽可能地降低落后国家的技术获取成本。

参考文献

- [1]杜育红,赵冉.教育对经济增长的贡献——理论与方法的演变及其启示[J].北京师范大学学报(社会科学版),2020(04):5-16.
- [2]陈洪安,曾招荣.西方人力资本与经济增长理论研究综述[J].财贸研究,2009,20(02).
- [3]Schultz T W. Investment in human capital[J]. The American economic review, 1961, 51(1): 1-17.
- [4]Marshall A. Principles of Economics[M]. Eighth edition. Palgrave Macmillan, 2013 :647-651.
- [5]Solow R M. A contribution to the theory of economic growth[J]. The quarterly journal of economics, 1956, 70(1): 65-94.
- [6]高鸿业. 西方经济学:微观部分[M]. 中国人民大学出版社, 2004.
- [7]戴维·罗默. 高级宏观经济学[M]. 上海财经大学出版社, 2014.
- [8]Uzawa H. Optimum technical change in an aggregative model of economic growth[J]. International economic review, 1965, 6(1): 18-31.
- [9]王明杰,郑一山.西方人力资本理论研究综述[J].中国行政管理,2006(08):92-95.
- [10]Romer P M. Increasing returns and long-run growth[J]. Journal of political economy, 1986, 94(5): 1002-1037.
- [11]Lucas Jr R E. On the mechanics of economic development[J]. Journal of monetary economics, 1988, 22(1): 3-42.
- [12]Romer P M. Endogenous technological change[J]. Journal of political Economy, 1990, 98(5, Part 2): S71-S102.
- [13]W.W.罗斯托. 经济增长理论史[M]. 浙江大学出版社, 2016.
- [14]佚名. Matter[EB/OL]. [2023-05-01]. <https://en.wikibooks.org/wiki/Nature/Matter>.
- [15]本书编写组. 政治经济学基础知识[M]. 上海人民出版社, 1975.
- [16]哈里·兰德雷斯, 大卫·C.柯南德尔, 兰德雷斯,等. 经济思想史[M]. 人民邮电出版社, 2011.

- [17]习近平. 把握新发展阶段, 贯彻新发展理念, 构建新发展格局(在省部级主要领导干部学习贯彻党的十九届五中全会精神专题研讨班上的讲话)[R]. 北京, 2021年1月11日
- [18]蔡昉. 理解中国经济发展的过去、现在和将来——基于一个贯通的增长理论框架[J]. 经济研究, 2013, 48(11): 4-16+55.
- [19]樊纲. 东亚经济是否能够持续地增长? ——关于“克鲁格曼质疑”的分析与思考[J]. 国际经济评论, 1996(Z5): 23-27.
- [20]易纲, 樊纲, 李岩. 关于中国经济增长与全要素生产率的理论思考[J]. 经济研究, 2003(08): 13-20+90.
- [21]Adam Smith. An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations[M]. 芝加哥: University Of Chicago Press, 1977. 309-309.
- [22]李萍, 靳乐山. 中国传统农业生产水平变迁的技术分析[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2003(01): 38-43+49.
- [23]胡鞍钢. 走中国特色农业现代化道路(1949~2012年)[EB/OL]. 2014[2023年04月16日]. <http://theory.people.com.cn/n/2014/0803/c83867-25392268.html>.
- [24]曹建. 农业现代化, 高素质农民咋培养 ——职业教育助力产业转型升级系列观察之二[EB/OL]. 2020-09-28[2023-04-16]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/moe_2082/zl_2020n/2020_zl52/202009/t20200928_491982.html.
- [25]崔晓黎. 中国的传统农业社会与小农经济[J]. 发现, 1994(4): 14.
- [26]焦长权, 董磊明. 从“过密化”到“机械化”: 中国农业机械化革命的历程、动力和影响(1980~2015年)[J]. 管理世界, 2018, 34(10): 173-190.
- [27]李秀彬. 中国近 20 年来耕地面积的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报, 1999(04): 329-333.
- [28]张国强, 温军, 汤向俊. 中国人力资本、人力资本结构与产业结构升级[J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(10): 138-146.
- [29]易定红. 中国的刘易斯拐点: 问题、影响与对策[J]. 中国劳动, 2020, No.434(02): 5-19.
- [30]王必达, 张忠杰. 中国刘易斯拐点及阶段研究——基于 31 个省际面板数据[J]. 经济学家, 2014, No.187(07): 16-26.

- [31]薛继亮.从供给侧判断“刘易斯拐点”:到来还是延迟[J].中央财经大学学报,2016,No.349(09):83-91.
- [32]张五常.新卖桔者言[M].中信出版社,2010.
- [33]刘泽云.农村儿童为何失学?——基于多层模型的经验研究[J].北京师范大学学报(社会科学版),2007,No.200(02):70-80.
- [34]Harris J R. Migration, unemployment and development: a two-sector analysis[J]. American economic review, 1970, 60(1): 126.
- [35]Lewis W A. Theory of economic growth[M]. Routledge, 2013.
- [36]Hansen G D, Prescott E C. Malthus to solow[J]. American economic review, 2002, 92(4): 1205-1217.
- [37]蒋中一, 凯尔文·温赖特. 数理经济学的基本方法[M]. 北京大学出版社, 2006.
- [38]李仁宇. 中国贸易开放、人力资本与人口转变的理论与实证[D].湖南大学,2017: 84-85.
- [39]Nelson R R, Phelps E S. Investment in humans, technological diffusion, and economic growth[J]. The American economic review, 1966, 56(1/2): 69-75.
- [40]侯建国. 把科技自立自强作为国家发展的战略支撑[EB/OL]. 2021[2023-05-28]. http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2021-03/16/c_1127209161.htm.
- [41]Durlauf S, Blume L E. The new Palgrave dictionary of economics[M]. Springer, 2016.
- [42]王希元.技术引进、吸收能力与中国经济增长——理论逻辑研究及省际面板数据的门槛回归分析[J].国际商务(对外经济贸易大学学报),2018,No.181(02):28-42.

学术成果

[1]赵相尧. 高等教育学费差异化之探讨[J]. 教育争鸣, 2023(09).

致谢

在完成本篇硕士论文后，我终于可以找出时间收拾自己的心情，审视转眼而逝的三年硕士时光。回首望去，这三年仿佛一场跌宕起伏、未有停歇的幻梦，如今终于可以稍稍清醒，却转眼又要投入下一场梦境之中。

这是有生以来我对对立统一规律认识最为深刻的三年。恩格斯说事物发展的环节是否定之否定的环节，我亦感觉我的成长是被无数相反的作用力拉扯的过程。这三年里，我失去了很多，失去了我的踌躇满志、远大理想以及我爱和爱我的人。我也获得了许多，获得了新的人生意义、欲成之事和未来机遇。我想，我首先要感谢的是我自己，感谢我在否定整个世界和被整个世界否定的螺旋中咬紧了牙关，以开放的心态去接受所有我想感谢的人的帮助和改造，没有就此堕落下去。

我要感谢北京师范大学。感谢她浓厚的文史哲氛围为曾觉得理性可以战胜一切的我注入感性的力量，感谢她丰富的心理学藏书和周到的咨询服务为我带来精神分析和人本主义的启迪，感谢她完善的基础设施让我在心绪难宁之时免于生活琐事的烦扰。

我要感谢我的父母。对他们的感谢是无论怎样强调都不为过的。仅就硕士的这三年间，我要感谢他们成为了我精神上的支柱和物质上的底气，让我能勇敢地追寻新的可能性。在与同学的交流中，我越来越明白成为他们的孩子是一件多么幸运的事。

我要感谢我的导师杜育红老师和我的师姐赵冉老师，他们不仅给予了我许多学术上的指导，也给予了我很多生活上的关怀和个人规划的帮助。

我还想感谢很多很多人。感谢教育经济研究所可爱的同学们，他们在高压的环境下撑起了一片没有恶性竞争的净土。感谢所有教过我的授课教师们，感谢所有负责与我有关事务的行政老师们，感谢所有参加我的论文评阅和答辩的专家们，他们的辛勤工作让我得以顺利完成学业。

所有与他者的互动都成为了我的硕士生涯的一部分，都塑造了此刻的我，再次衷心地感谢出现在我的这段生命中的所有人！