

◆张东辉臧成伟<sup>1</sup>

Dong-huiZhang Cheng-weiZang

## 技术扩散、结构调整与落后国家发展

摘要：本文将技术扩散在部门之间的异质性以及结构调整引入传统的技术扩散模型，认为技术扩散的异质性引起部门生产率差异，从而加剧了结构调整；而结构调整又影响到经济接受技术扩散实现赶超的程度。当部门之间富有替代弹性时，较多接受技术扩散的部门扩张，从而促进了落后国家加速发展；当部门之间缺乏替代弹性时，较少接受技术扩散的部门扩张，从而削弱了落后国家接受技术扩散的程度，仅仅凭借技术扩散而不进行自主创新的经济体将无法实现赶超。本文采用六种计算国外知识资本对本国劳动产出外溢效应的方法，通过协整模型估算技术外溢系数，得出服务业部门无法通过国外技术进步提高自身生产效率的结论。

关键词：技术扩散；结构调整；条件收敛

中图分类号：F062.3 文献标识码：A

**Abstract:** In this paper, we introduce the technology diffusion heterogeneity between departments and structure adjustment into the traditional technology diffusion model and think that the technology diffusion heterogeneity has caused sector productivity difference, thus having intensified the structural adjustment; and in return, the structural adjustment has influenced the degree of the acceptance of the technology diffusion and the achievement of economic catch-up. When there is a rich elasticity of substitution between departments, more expansion by technology diffusion of department will promote the development of poor countries; when there is a lacking elasticity of substitution between departments, less expansion by technology diffusion of department will thereby weaken the degree of the acceptance of poor countries of the technology diffusion and the economic will not be able to catch up with the technology diffusion and no independent innovation. We use six method to calculate the spillover effect of foreign intellectual capital on the domestic output per worker. By cointegrating the spillover coefficient estimated by the model, we conclude that the service sectors can't

<sup>1</sup>作者简介：张东辉，山东大学经济学院；臧成伟，山东大学经济学院，邮编：250100

improve their production efficiency through the technological advances abroad.

**Key Words :** Technology Diffusion; Structural Adjustment; Conditional Convergence

## 一、引言及文献综述

中国经济的飞速发展与先进国家的技术扩散密切相关。林毅夫和张鹏飞（2005）认为技术引进是落后国家发挥后发优势，实现赶超增长的重要途径；中国经济增长与宏观稳定课题组（2006）将中国经济的持续高速增长解释为对外经济过程中吸收发达国家技术的“干中学”效应，并且认为没有这种技术进步，中国保持 30 年的高速增长是无法解释的。由于中国与发达国家的技术差距还将存在，“后发优势”便会为经济增长提供持续的动力，因此相当一部分学者认为，即使有足够的研发和人力资本投资，中国的经济依然会持续高速增长下去。

落后国家以高于先进国家的速度增长，在达到与先进国家相同经济水平之后，二者以相同的速度增长，这是一个典型的经济增长中的收敛问题。新古典增长理论认为由于资本的边际报酬递减，穷国会以一个快于富国的速度增长，并最终实现区域增长的趋同；新增长理论通过引入人力资本投资以及研发投入将技术进步内生化的形式，生产函数通常可以化为 AK 的形式，资本的边际报酬不一定递减。然而内生增长理论依然存在一种条件收敛——由于知识的溢出效用，落后国家可以以极低的成本吸收并采纳发达国家的已有技术，从而以一个更快的速度积累知识，并最终达到同发达国家相同的技术水平（Barro and Sala-I-Martin，1995）。在这一收敛过程中，技术扩散发挥着关键的作用。

技术扩散对落后国家发挥“后发优势”实现赶超的作用，取决于技术扩散的程度和吸收国外技术的能力：前者决定了有多少技术可供模仿，后者决定了模仿的效率。关于吸收国外技术的能力，很多学者都把技术差距作为影响技术扩散的主要变量。Jovanovic（1995）区分了研发新技术的研发成本以及将新技术应用到生产的采纳成本（adoption），并认为由于后者大于前者，很多国家都选择模仿而不是创新；Barro and Sala-I-Martin（1995）、Parente & Prescott（1994）、Chuang（1998）等认为模仿成本大于研发成本，是落后国家实现赶超的关键，但是模仿成本会随着技术差距的缩小而提高，并在两国技术差距相等时与研发成本相等，从而两国的增长率趋同。这种差距的拉大或许是由于随着技术差距的缩小，可供模仿的新技术种类也变小，或许是由于越接近于技术前沿，技术改进的余地就越小。关于技术扩散的程度，部分学者强调了国际贸易是技术扩散的重要渠道，部分学者强调 FDI 对技术扩散的意义。总之，国家的开放与否对技术扩散程度具有重大影响。

在此启发之下，本文提供了研究影响技术扩散程度的另一种思路，认为由于不同行业具有不同的开放程度，因此技术扩散程度在部门之间是不均衡的，这种不均衡产生或者加剧了生产率在部门间的差距，进而导致结构变化。随着产业结构发生变化，经济体整体的技术扩散程度也会发生变化。

特别的，工业部门吸收国外先进技术的能力大于服务业部门，随着经济结构向服务业主导转型，技术扩散对经济增长的拉动作用将会不断缩小。在考虑到技术扩散程度的不均等以及结构调整这两个因素之后，原有的关于条件收敛的结论需要改变，因为随着难以受到技术扩散影响部门的扩张，技术扩散对经济总体的影响逐渐萎缩，在极限情况下退化到没有技术扩散的封闭经济体，从而即使模仿成本极低，该国只有依靠自主研发才能摆脱经济的停滞。

近年来，虽然服务业外包、高新技术产业等迅速发展，以及中国服务业市场开放程度加剧，然而服务业由于其天然的属性，其可贸易程度大大弱于制造业，更不用说公共服务这种非但不可贸易，也难以市场定价的服务。服务业一般比工业品更加容易，也更加需要“本土化”，服务业可创新，从而可以接受技术扩散的程度也弱于工业，因此种种原因让我们相信，在接受技术扩散方面，服务业确实弱于工业部门，稍后本文将通过经验分析证明这种差距的存在。

本文强调结构调整对宏观经济增长率的作用，这与主流的增长理论具有显著差异。主流增长理论强调“平衡增长 (balanced growth)”，结构调整要么不存在，要么由于各部门面临着相同的技术条件，即使有结构调整也不会对宏观变量产生影响。部分学者强调了这种结构调整对宏观经济的影响：在工业化主导的结构调整中，一般强调工业部门扩张对宏观经济的促进作用，例如早期的“结构主义”发展经济学理论和“工业革命理论”(Lucas, 2000; Hansen & Prescott, 2002 等)；在服务业扩张主导的结构调整中，一般强调服务业部门的扩张对宏观经济增长的负面作用。后一类研究主要以关于生产率停滞的服务业部门扩张造成“成本病”问题的一系列讨论为代表。“成本病”问题自从 Baumol(1967)提出以来，得到一些证实，也引起很多争论。有些学者质疑服务业生产率是否停滞 (Griliches, 1992、Triplett & Bosworth, 2004 等)；有些学者承认这种停滞，但认为服务业消费可以通过作为中间产品进入生产 (Oulton, 2001) 或者促进人力资本积累 (Pugno, 2006) 等方式来间接推动生产率提高；有些学者同时考虑的服务业对生产率的正面以及负面影响 (Sasaki, 2012)。

与上述理论侧重于服务业相对于工业部门增长率停滞不同，Duarte&Restuccia(2010)研究了相对于技术先进国家，落后国家的追赶速度在工业部门和服务业部门也是不同的，他们通过检验 29 个国家相对于美国的生产率变化，证明落后国家的工业部门相对于美国工业部门的生产率增长迅速，而服务业部门相对于美国服务业部门的生产率增长则增速不大，因此随着服务业部门的扩张，许多国家在追赶美国的过程中陷入了减速以至于停滞。Duarte&Restuccia 将之解释为可贸易程度较大的工业部门面临着更大的竞争压力，因而具有更高的增长率，本文则认为可贸易程度对技术扩散的影响才是问题的关键，在下一部分本文将证明部门之间技术扩散的异质性确实存在。

本文的结构如下：第一部分为引言及文献综述；第二部分提供支撑本文论点的经验证据；第三部分通过一个简单的均衡模型以及数值模拟，讨论部门之间技术扩散的异质性与结构调整的相互作用，以及其对经济增长的重要意义；第四部分提出模型的一些拓展；第五部分得出结论和政策

建议。

## 二、经验分析

上述理论的成立依赖于两个前提：第一、部门之间技术扩散的异质性；第二、结构调整以接受技术扩散能力较弱部门的扩张为特征。

关于第一点，需要估算国外研发对工业以及服务业溢出效应的大小。本文采用最为普遍的，以Coe&Helpman（1995）为起点的研究方法，将国内知识资本和国外知识资本作为解释变量，通过协整估算二者与人均产出增长的长期均衡关系建立计量模型：

$$\ln(Y_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(S_{D,t}) + \beta_2 \ln(S_{F,t}) + \varepsilon_t \quad (1)$$

其中 $Y_t$ 为被解释变量，在这里我们取工业部门和服务业部门的劳均产出； $S_{D,t}$ 和 $S_{F,t}$ 分别为国内知识资本和国外知识资本。 $S_{F,t}$ 由各国知识资本通过一定权重加总得到，由于本文假定计算扩散通过贸易进行，技术接受国进口的技术扩散国产品越多，权重越大。

Coe&Helpman（1995）通过以下方式计算国外知识资本：

$$S_{F,t} = \sum_i \frac{m_{i,t}}{m_t} S_{i,t} \quad (2)$$

其中， $i$ 为国别， $S_{i,t}$ 为 $i$ 国的知识资本， $\frac{m_{i,t}}{m_t}$ 为 $i$ 国进口额与进口总额的比例。Lichtenberg & Potterie

（1998）认为这种计算方式具有加总问题，并对其进行改进；Falvey、Foster & Greenaway（2002）按照知识在扩散国家和接受扩散国家的公共品或者私人品性质，提出了六种测度方式。为了保证稳健性，本文将这六种方式测度出的国外知识资本分别带入模型中。

数据上时间跨度为1991年——2011年。各国的R&D支出来自NSF，分别采取了与中国贸易关系往来密切，并且技术水平较为发达的几个国家（美国、日本、韩国、英国、德国、法国），按照永续盘存法计算知识资本存量，折旧率5%。进口总量、对各国的进口量、各部门实际GDP以及从业人员等数据来自历年《中国统计年鉴》，国外GDP数据来自世界银行，全部数据以PPP折算为2005年美元价格。《中国统计年鉴》第二产业和第三产业分别有一个折算实际价格的指数，由于第三产业的价格增长远远大于第二产业（这也符合Baumol(1967)的理论），按照不同的价格指数分别折算也就导致了产业结构比例的不合理；而按照GDP指数折算GDP，然后乘以各产业产值占比也能得到两部门的实际产出，然而这也就导致了纵向可比性的降低。同样为了保证稳健性，本文将这两种方法测度的部门产出分别带入模型中进行测度。

限于篇幅，本文正文只报告国内研发和国外研发对第二、第三产业劳均产出影响系数及显著性水平，结果如下：

表1 国内外知识资本对各部门劳均产出影响系数表

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
国外知识资本 计算方法	$\sum_i \frac{m_{i,t}}{m_t} S_{i,t}$	$\sum_i \frac{m_{i,t}}{y_t} S_{i,t}$	$\sum_i \frac{m_{i,t}}{y_{it}} S_{i,t}$	$\sum_i m_{i,t} S_{i,t}$	$\sum_i \frac{m_{i,t}}{m_t y_{it}} S_{i,t}$	$\sum_i \frac{m_{i,t}}{y_t y_{it}} S_{i,t}$
$\beta_{DM1}$	0.56***	0.39***	0.24***	0.26***	0.49***	0.4***
$\beta_{DS1}$	0.13***	0.52***	0.75***	0.74***	0.27***	0.49***
$\beta_{FM1}$	-0.50***	0.16***	0.26***	0.21***	-0.31***	0.19***
$\beta_{FS1}$	1.29***	-0.27***	-0.43***	-0.36***	1.12***	-0.31***
$\beta_{DM2}$	0.50***	0.35***	0.24***	0.26***	0.27***	0.36***
$\beta_{DS2}$	0.29***	0.52***	0.63***	0.63***	0.37***	0.49***
$\beta_{FM2}$	-0.41***	0.12***	0.20***	0.15***	0.81**	0.15***
$\beta_{FS2}$	0.75***	-0.15***	-0.22***	-0.18***	-0.58***	-0.15***

其中三颗星代表 0.01 的显著性水平，两颗星代表 0.05 的显著性水平。每一列为一种计算国外知识资本的方法，具体公式在第一行给出， $y_t$ 、 $y_{it}$  分别代表本国和  $i$  国的产出水平。 $\beta$  为使用 Johansen 的 MLE 方法估计的协整方程系数，衡量国内知识资本、国外知识资本与部门劳均产出的长期均衡关系，下标 D 和 F 分别代表国内知识资本以及国外知识资本，下标 M 和 S 分别代表对第二产业劳均产出以及对第三产业劳均产出的外溢作用，下标 1 和 2 分别代表以部门各自的价格指数折算的实际产出以及以实际 GDP 乘以各部门占比计算的实际产出。

上表所有系数都很显著，且国内知识资本对两部门劳均产出的影响都为正。国外知识资本对第二产业部门溢出效应 ( $\beta_{FM1}$ 、 $\beta_{FM2}$ ) 除 (1) (5) 种方法以外全部为正，第 (1) (5) 种方法计算出的系数符号反常现象，和李小平和朱钟棣 (2006) 是一致的。(1) 是 Coe&Helpman (1995) 采用的方法，(5) 类似于该方法，因此他们认为这或许证明 Coe&Helpman (1995) 确实有缺陷。

值得注意的是，国外知识资本对第三产业部门溢出效应 ( $\beta_{FS1}$ 、 $\beta_{FS2}$ ) 除了 (1) (5) 之外全部为负，这意味着国外的技术进步非但没有促进国内第三产业劳均 GDP 增长，反而与其显著负相关。这意味着第三产业部门没有有效利用国外技术进步，促进本部门内部劳动生产率的提高。因此技术扩散在不同的部门具有不同的意义。

关于第二个前提 (“结构调整以接受技术扩散能力较弱部门的扩张为特征”)，产业结构的这种变化通常被认为是发展中国家发展的一般规律。将中国改革开放以来三大产业的产值占比以及就业占比做成趋势图：

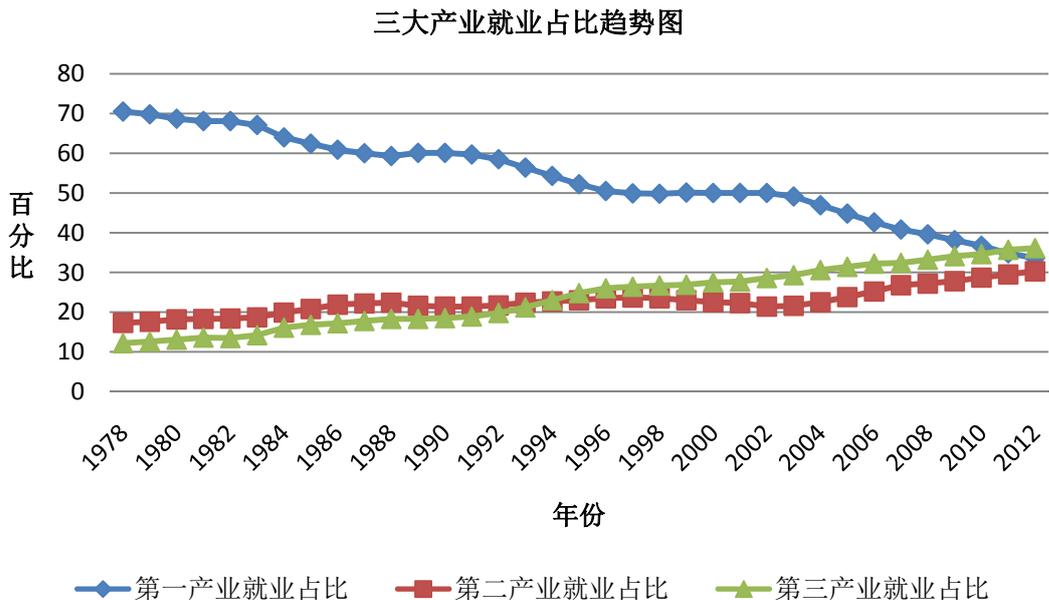
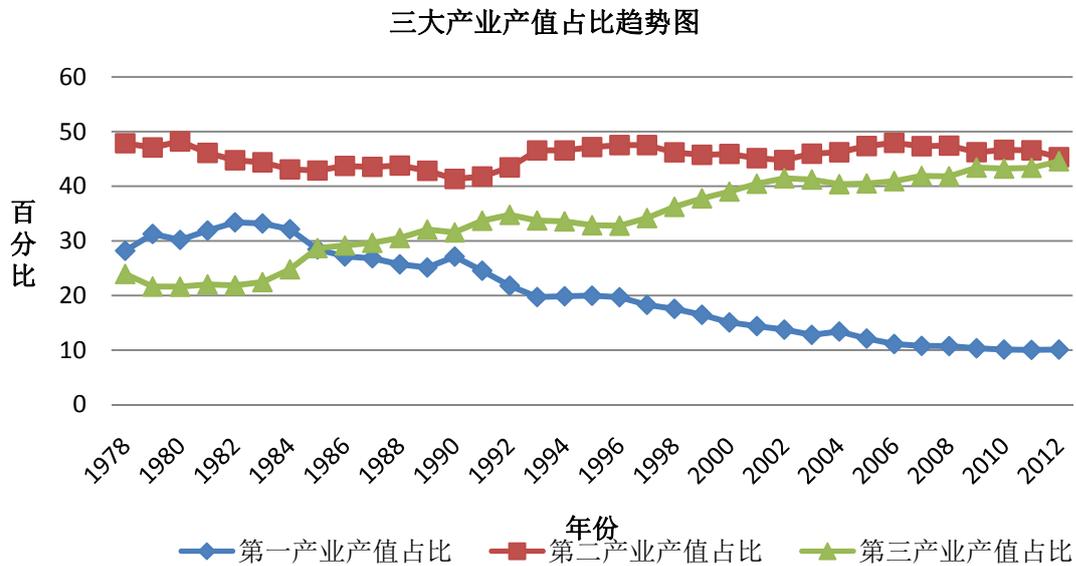


图 1：三大产业占比变化趋势图

由上图可知，中国产业结构的调整符合“第一产业持续下降，第三产业持续上升，第二产业先上升，后下降”的一般规律。并且可以预见，第二产业的占比已经逐渐达到顶峰，开始进入下降的阶段。

此外，中国政府推行的经济转型升级政策，无论是推动城镇化、鼓励发展现代服务业，还是拉动消费需求，都无疑会对服务业的发展产生巨大的促进作用。可以预见，未来的中国将是服务业飞速发展的时代。与之而来的问题是，这种服务业占比的逐渐提高对宏观经济有什么深刻的影响？这

也正是本文试图回答的问题，而本文的答案是，它将使得技术扩散带动的增长越来越困难，而自主创新的重要性日益凸显。

### 三、模型及数值模拟

描述结构调整的模型主要有两类，一类强调偏好对结构调整的作用（Kongsamut et al.(2001)、Rogerson(2008)、Duarte&Restuccia(2010)），认为由于部门产品之间的收入弹性不同，随着收入的增加消费者会更加偏好某一部门的产品，因此带来结构的调整；一类强调技术对结构调整的作用（Baumol（1967）、Ngai&Pissarides(2007)、Acemogluand&Guerrieri (2008)），认为生产率增长在部门之间的差异是结构调整的动力。

由于本文目的在于研究技术扩散带来的生产率差异与结构调整的关系，因此采取后一种形式。参照 Acemoglu&Guerrieri (2008)、陈体标（2012），建立一个三部门模型，其中包括两个中间产品部门和一个最终产品部门，中间产品部门包括工业品部门和服务业部门，最终产品可以作为消费或者投资，最终产品和中间产品市场都是完全竞争的；假设有无限生命的消费者做连续时间的最优化，购买消费品并通过劳动和投资获得报酬。

#### 1、家庭

家庭最大化其一生的总效用，假设家庭的瞬时效用函数为 CIES 形式，当主观贴现率为  $\rho$ ，跨期替代弹性为  $\theta$  时，其总效用可以表示为：

$$U = \int_0^{\infty} e^{-\rho t} \frac{c^{1-\theta} - 1}{1-\theta} dt \quad (3)$$

家庭的收入包括劳动所得工资  $w$  以及资本所得利息  $r*a$ ，其中  $r$  为利率， $a$  为家庭所持有的资本量，由此：

$$\dot{a} = w + ra - c \quad (4)$$

满足横截条件：

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \mu(t) * a(t) = 0 \quad (5)$$

其中  $\mu(t)$  为资本的影子价格，该条件保证经济体内不会出现庞氏骗局。

这是一个典型的最优控制问题。容易知道（Barro and Sala-I-Martin，1995），消费者优化满足欧拉方程：

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{r-\rho}{\theta} \quad (6)$$

#### 2、厂商

中间产品厂商分为工业部门和服务业部门，采用劳动和资本进行生产，每个部门厂商的生产函

数相同，为科布-道格拉斯型：

$$Y_i = A_i K_i^\alpha L_i^{1-\alpha} \quad i = m, s \quad (7)$$

其中， $Y$  为生产的中间产品数量， $A$  为技术水平， $K$  为资本投入， $L$  为劳动投入， $\alpha$  衡量资本与劳动在生产中的份额，下标  $i$  可以取  $m$  和  $s$ ，分别表示工业部门和服务业部门。

最终产品厂商的生产函数为 CES 型：

$$Y = (\lambda_m Y_m^\varepsilon + \lambda_s Y_s^\varepsilon)^{\frac{1}{\varepsilon}} \quad (8)$$

我们假设最终产品是由工业品和服务业品结合而成的，其生产并不需要劳动。这其实是一个抽象的部门，它概括了经济体中任何一个商品或者投资，都必须同时由工业品和服务业品结合才能生产出来，服务的提供需要场地、设备等，工业品也需要物流、销售等环节才能最终被消费者获得，资本的形成不但需要机器、设施的建立，也需要金融部门为其提供投融资的服务。因此最终产品部门可以看做是一个表现工业品和服务业品最终结合想象中的部门， $\lambda$  则反应了两个部门产品在这种结合中的相对重要程度。从消费上看， $\lambda_m$  较高意味着人们更加偏好工业品，从投资上看， $\lambda_m$  较高则意味着工业品在投资中的作用远远大于金融等服务业品的作用。

$\varepsilon$  反应了两种商品之间的替代弹性，可以证明，替代弹性为  $\frac{1}{1-\varepsilon}$ 。当弹性小于 1 时，我们认为两种商品的替代缺乏弹性，当弹性大于 1 时，我们认为两种商品的替代富有弹性。稍后可以看出，替代弹性在本模型中具有非常重要的作用。

### 3、技术扩散

我们假设先进国家和落后国家除了技术水平之外其他条件全部相同，技术扩散是单向的，发达国家的增长率完全来自其研发，发展中国家则可以通过模仿等方式接受发达国家技术扩散，从而实现更快的增长速度（条件收敛）。工业部门由于可以充分享受技术扩散的好处，因此其增长率快于发达国家的总体增长率，但是随着技术差距的缩小，最终与发达国家趋同。因此有：

$$g_m = \frac{\dot{A}_m}{A_m} = T^\delta g = \left(\frac{A_F}{A_M}\right)^\delta g \quad (9)$$

其中， $A_F$  为发达国家的技术水平， $T$  代表落后国家与先进国家的技术差距， $g$  为发达国家的增长率， $\delta$  为衡量技术差距影响增长率程度的参数，如果将  $\left(\frac{A_F}{A_M}\right)^\delta$  看做两国研发成本和模仿成本之比，则（9）与 Barro and Sala-I-Martin（1995）关于技术扩散下两国增长率关系相同。可以证明：

$$\frac{\partial \left(\frac{\dot{A}_m}{A_m}\right)}{\partial A_m} = -\delta \left(\frac{\dot{A}_m}{A_m}\right) \delta^{-1} A_m^{-2} g \quad (10)$$

$$\lim_{A_m \rightarrow A_F} \frac{\dot{A}_m}{A_m} = g \quad (11)$$

（10）式表明技术扩散所带来的本国技术进步随着本国技术水平的提高而边际递减，这或者是因为随着本国技术水平的提高，能够带来外溢效应的技术越来越少，或者是因为随着本国技术水平

的提高，能够学习的技术越来越先进，模仿成本与适应成本也越来越高。(11)式表明当本国技术水平收敛到发达国家技术水平时，本国和发达国家技术水平按照同一个速率增长。(10)和(11)共同体现了技术扩散带来的条件收敛：落后国家以一个比先进国家更高的速率增长，并随着技术水平的提高而减速，最终与先进国家趋同。

相应的，服务业部门增长率为 $g_s$ ，且 $g_s = \frac{\dot{A}_s}{A_s} = T'\delta'g = \left(\frac{A_s}{A_M}\right)\delta'g$ 。由于服务业部门受到技术扩散的影响较小，我们有 $\delta' \leq \delta$ 。当等号成立时，两部门接受技术扩散的能力相同，技术扩散在部门之间是同质的；当 $\delta' = 0$ 时， $g_s = g$ ，意味着服务业部门技术进步速度与先进国家相同，技术落后既没有促进其增长，也没有阻碍其增长；当 $\delta' < 0$ 时， $g_s \leq g$ ，服务业部门技术进步速度落后于先进国家，且直到其技术水平与先进国家相等时，技术进步速度才能与先进国家相等，因此本国既无法享受技术扩散的好处实现快速发展，又因为自身落后的技术在生产新技术方面处于劣势。

由于该微分方程没有解析解，我们通过数值模拟的方式把握各部门技术进步率的变化趋势。

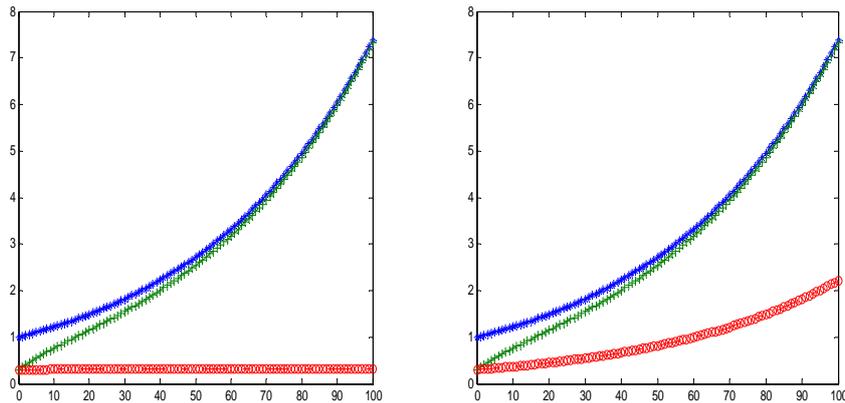


图2 图3

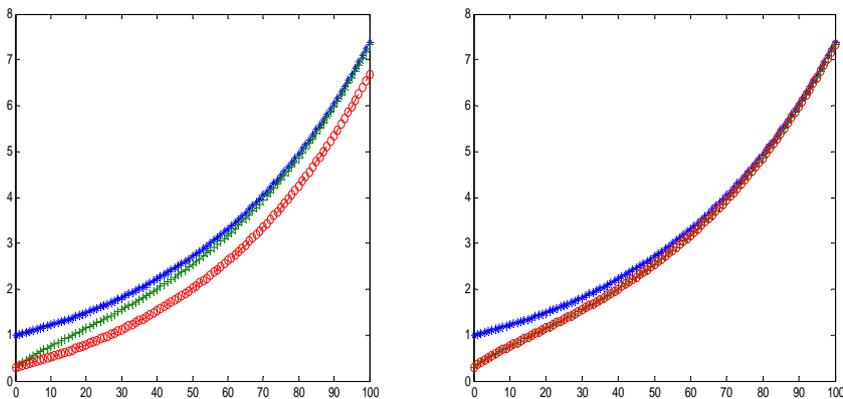


图4 图5

取 $\delta$ 为2, 先进国家的技术进步率为2%, 初始技术水平标准化为1, 落后国家初始技术水平位发达国家的三分之一, 图2到图5依次反映了 $\delta'$ 取-2、0、1、2时先进国家、落后国家工业部门、落后国家服务业部门的技术增长趋势。图中横轴为时间, 纵轴为技术水平, 三条线从上往下依次为先进国家、落后国家工业部门、落后国家服务业部门技术水平。

图5落后国家两部门技术水平重合, 代表技术扩散在两部门是同质的; 图4代表服务业部门接受技术扩散的能力弱于工业部门, 因此其增速较慢, 然而在技术扩散的推动下, 图4和图5两部门都在逼近发达国家的技术水平; 图3和图2分别表示技术扩散为0以及为负的技术水平变化趋势, 此时工业部门由于技术扩散的作用可以以较快速度逼近发达国家, 而服务业则增速较慢甚至停滞。

#### 4、均衡

最终产品厂商最大化其利润:

$$\max p (\lambda_m Y_m^\varepsilon + \lambda_s Y_s^\varepsilon)^{\frac{1}{\varepsilon}} - p_m Y_m - p_s Y_s \quad (12)$$

其中,  $p$ 、 $p_m$ 、 $p_s$ 分别为最终产品、工业品和服务业品的价格。由于市场是完全竞争的, 容易知道其一阶条件满足:

$$\frac{Y_m}{Y_s} = \left( \frac{p_s \lambda_m}{p_m \lambda_s} \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (13)$$

中间产品生产中, 由于劳动和资本可以自由流动, 可以证明在均衡时劳动和资本的边际转换率相等, 这要求两部门的资本劳动比相等:

$$\frac{K_m}{L_m} = \frac{K_s}{L_s} = \frac{K}{L} \quad (14)$$

其中,  $K$ 与 $L$ 分别为总资本和总劳动力, 为了简化分析, 我们假设人口并不增长。

此时两种产品的相对价格完全取决于技术水平  $A$ , 满足:

$$\frac{p_s}{p_m} = \frac{A_m}{A_s} \quad (15)$$

(15)可以直观的看出, 当服务业部门技术水平停滞时, 工业部门生产率的提高将会提高服务业部门的相对价格, 这便是 Baumol(1967)所谓的“成本病”。

将(14)(15)带入(13)并化简, 可以得到两个部门就业比例的关系:

$$\frac{L_m}{L_s} = \left( \frac{A_m}{A_s} \right)^{\frac{-\varepsilon}{1-\varepsilon}} \left( \frac{\lambda_m}{\lambda_s} \right)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \quad (16)$$

因此, 工业部门和服务业部门就业比例, 取决于二者相对技术水平、二者产品的替代弹性以及对二者在最终消费和投资中的偏好的差异。由此我们得到:

**命题1:** 工业部门和服务业部门就业比例的变化受二者产品的替代弹性影响。当二者富有弹性时, 工业部门不断扩张而服务业部门不断萎缩; 当二者缺乏弹性时, 服务业部门不断扩张而工业部

门不断萎缩。

证明：

对（16）求时间  $t$  的导数可得：

$$\frac{\dot{L}_m}{L_m} - \frac{\dot{L}_s}{L_s} = \frac{-\varepsilon}{1-\varepsilon} (g_s - g_m) = \left(1 - \frac{1}{1-\varepsilon}\right) (g_s(T', \delta') - g_m(T, \delta)) \quad (17)$$

由于我们已经假设服务业部门的技术增长率低于工业部门，因此等式右边第二个括号小于零，当替代弹性大于 1 时（富有弹性），等式右边第一个括号小于零，从而等式左边为正，因此工业部门就业人数以快于服务业部门的速度增长；同理，当替代弹性小于 1 时（缺乏弹性），等式左边为负，服务业部门就业人数以快于工业部门的速度增长。注意各部门的增长率是技术差距以及吸收技术扩散能力的函数，在本模型中，由于技术扩散及其在部门间的不均衡所带来的增长率差异是结构调整的原因；在现实中，还有其他因素影响了部门间生产力的差异，然而并不影响本文的结论。因为开放经济下技术扩散的不均衡使得部门差异更加巨大，本文可以看做是这一现象的简化版。

由（16）可以得到两部门就业人数占总人口的比例：

$$\frac{L_m}{L} = \frac{(A_m)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_m)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}}{(A_m)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_m)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + (A_s)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_s)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}} \quad (18)$$

$$\frac{L_s}{L} = \frac{(A_s)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_s)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}}{(A_m)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_m)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + (A_s)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_s)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}} \quad (19)$$

令  $\frac{K}{L} = k$ , 表示人均资本，将（18）（19）带入最终产品的生产函数（7）并化简得：

$$Y = \left( (A_m)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_m)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + (A_s)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_s)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}-1} k^\alpha L \quad (20)$$

结合消费者最优化的欧拉方程（5），可以得到：

**命题 2：**该经济体收敛到一个平衡增长路径，在长期，主要总体经济变量的增长率取决于总体的技术进步增长率，该增长率与中间产品替代弹性、两部门在最终产品上的重要程度以及技术扩散的影响程度相关。在两种中间产品缺乏弹性时，技术扩散对总体增长率同时具有促进作用和阻碍作用，并最终导致增长率的下降。

证明：

令  $A = \left( (A_m)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_m)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + (A_s)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_s)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} \right)^{\frac{1}{\varepsilon}-1}$ 。由（20）可以将人均产出  $y$  表示为：

$$y = Ak^\alpha \quad (21)$$

因此经济体均衡由微分方程组（22）决定：

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{r-\rho}{\theta} \dot{k} = Ak^\alpha - c \quad (22)$$

这是一个典型的新古典增长模型，容易得知其平衡增长率由 $\frac{\dot{A}}{A}$ 决定。

对 A 求时间的导数得：

$$\frac{\dot{A}}{A} = g = \frac{(A_m)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_m)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} g_m + (A_s)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_s)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} g_s}{(A_m)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_m)^{\frac{1}{1-\varepsilon}} + (A_s)^{\frac{\varepsilon}{1-\varepsilon}} (\lambda_s)^{\frac{1}{1-\varepsilon}}} \quad (23)$$

由于一个更高的技术扩散会带来一个更高的工业部门增长率，以及一个更高的工业部门技术水平，因此它会同时提高 (23) 式的分子和分母，因此对增长率具有相反的作用。

为了直观的理解这一点，将 (18)、(19) 带入 (23) 得：

$$g = \frac{L_m}{L} (\delta, \delta') g_m (T, \delta) + \frac{L_s}{L} ((\delta, \delta')) g_s (T', \delta') \quad (24)$$

这和 Pugno (2006) 关于总体增长率公式是一致的。这意味着，总体增长率有两种力量决定：部门增长率和部门占经济总体的比率。部门的增长率受到技术差距以及接收技术扩散能力影响，而部门占经济总体的比例受到部门之间接受技术扩散能力的差异影响。在替代弹性极低的情形下，由于技术扩散同时带来工业部门增长率的提高以及工业部门占经济总体比率的降低，对总体的经济增长率既有正的影响，也有负的影响。因此我们分情况讨论技术扩散与结构调整的关系，及其对落后国家发挥后发优势，实现跨越增长的作用。

**命题 3：**当技术扩散在两部门之间均等时，技术扩散不会引起结构调整，结构调整也不会影响技术扩散，落后国家以一个高于先进国家的速度增长，并最终实现条件趋同。

证明：当 $g_m = g_s = g_d$ 时，(17) 式右边为 0，也就意味着工业部门和服务业部门没有相对变化，当技术扩散为影响结构调整的唯一因素时，结构调整不会发生。当结构调整受到国内两部门固有的增长率差距，或者偏好改变等其他因素的影响而发生调整时，由 (24) 可知， $g = \frac{L_m}{L} g_m + \frac{L_s}{L} g_s = g_d$ ，也就是由于技术扩散在每个部门都相等，部门之间的结构调整不会影响到整体的技术扩散，落后国家仍然以一个较高的速率增长。由于此时两部门模型退化成单部门模型，落后国家按照传统的条件趋同逻辑进行增长。

**命题 4：**当技术扩散在两部门之间不均等，且部门之间富有替代弹性时，较多受到技术扩散影响的工业部门扩张，无论服务业接受技术扩散的能力如何，总体的技术进步增长率都会快于先进国家，最终达到条件收敛。

证明：

当 $\frac{1}{1-\varepsilon} > 1$ 时，由 (17) 可知， $\frac{L_m}{L}$ 会持续扩张，除非 $g_s = g_m$ 。在极限情况下， $g_m$ 趋于  $g$ 。

如果  $\delta' \leq 0$ ,  $g_s < g_m$  恒成立, 则  $\frac{L_m}{L}$  会趋于 1, 由此:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} g = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_m}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_m + \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_s}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_s = g \quad (25)$$

如果  $\delta' > 0$ , 极限情况下  $g_s = g_m$  则两部门劳动份额都会趋于一个常数, 由此

$$\lim_{t \rightarrow \infty} g = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_m}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_m + \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_s}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_s = \left( \frac{L_m}{L} + \frac{L_s}{L} \right) g \quad (26)$$

注意到工业部门只有在技术水平与发达国家相同时增长率才会相同, 因此在增长率回落到发达国家水平的同时, 技术水平也达到了相应的发达国家水平。也就是说, 结构调整使得工业部门逐渐占据主导地位, 因此无论服务业部门多么难以受到技术扩散, 最终技术扩散也能推动落后国家实现赶超。

我们同样以数值模拟的方式直观理解这种增长趋势。令  $\lambda_m = 0.6$ ,  $\lambda_s = 0.4$ , 仍然先进国家的速率为 2%, 初始技术水平位 1, 落后国家的初始技术水平为先进国家的三分之一,  $\delta = 2$ , 为了表现产品极富替代弹性, 我们将弹性设为 3。则不同服务业接受技术扩散能力下的技术水平变化趋势如下:

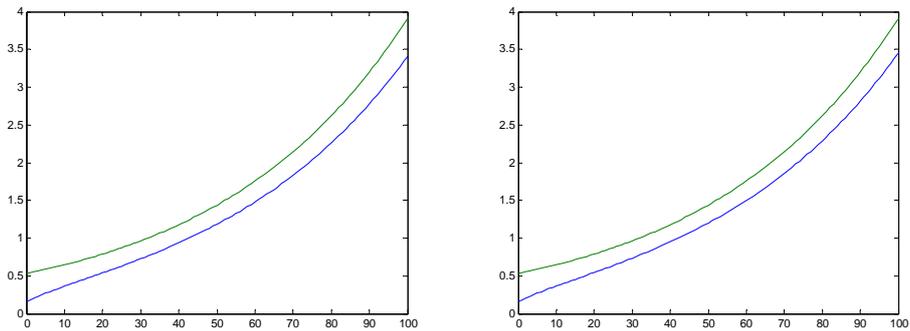


图 6 图 7

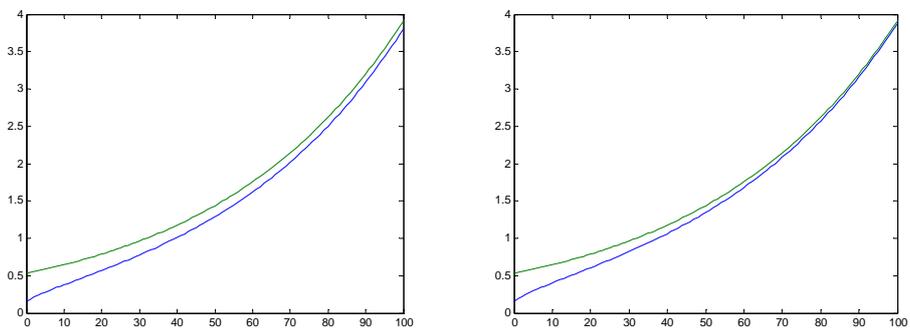


图 8 图 9

图 6 到图 8 分别为  $\delta'$  取 -2、0、1、2 时先进国家和落后国家的技术水平变化趋势。横轴为时间, 纵轴为技术水平, 两条曲线从上往下依次为先进国家和落后国家的总体技术水平变化趋势。从图中

可以看出, 无论 $\delta'$ 取何值, 也就是无论服务业部门接受技术扩散的能力如何, 落后国家都可以以一个较高的速度追赶发达国家的技术进步, 然而服务业接受技术扩散的能力越弱, 追赶的速度也越慢, 相同时点能够达到的技术水平也越低。

**命题 5:** 当技术扩散在两部门之间不均等, 且部门之间缺乏替代弹性时, 较少受到技术扩散影响的服务业部门扩张。当 $\delta' > 0$ 时, 工业部门和服务业部门都能受到技术扩散的推动作用, 随着技术差距的缩小, 在极限情况下产业结构趋于一个不变的比例, 并可以以较慢的速度实现条件趋同; 当 $\delta' = 0$ 时, 产业结构仍然趋于一个不变的比例, 而 $\delta' < 0$ 时, 在极限情况下两部门退化成一个服务业部门, 只要 $\delta' \leq 0$ , 由于落后国家高于先进国家的增长速度过快的回落, 在技术水平没有达到先进国家水平时, 增长速度降到或者低于先进国家的水平, 无法实现条件趋同。

证明:

当 $\frac{1}{1-\varepsilon} > 1$ 时, 由(16)可知,  $\frac{L_m}{L}$ 会持续扩张, 除非 $g_s = g_m$ 。在极限情况下,  $g_m$ 趋于 $g$ 。

如果 $\delta' > 0$ , 极限情况下 $g_s = g_m$ , 则两部门劳动份额都会趋于一个常数, 由此

$$\lim_{t \rightarrow \infty} g = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_m}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_m + \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_s}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_s = \left( \frac{L_m}{L} + \frac{L_s}{L} \right) g \quad (27)$$

由于产业结构调整和技术扩散只在两个部门的技术水平均等于先进国家技术水平时才会停止, 因此这种情况下能够实现条件趋同。值得注意的是, 在这种情况下增长率在两种因素的作用下下降, 一种是传统理论所强调的技术差距带来的技术扩散成本的提高, 一种是本文所强调的由于结构调整接受技术扩散较多部门的萎缩。

如果 $\delta' = 0$ , 极限情况下 $g_s = g_m$ , 则两部门劳动份额依然会趋于一个常数, 由此:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} g = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_m}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_m + \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_s}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_s = \left( \frac{L_m}{L} + \frac{L_s}{L} \right) g \quad (28)$$

也就是说, 由于服务业部门至少能够达到发达国家的增长率水平, 由于工业部门获得的技术扩散依然可以带来落后国家的较快增长。从技术水平上看, 由于产业结构只有在两部门增长率相等时才停止调整, 此时工业部门的技术水平与发达国家相同; 而由于服务业部门无法受到技术扩散的影响, 没有一个高于发达国家的增速, 所以其技术水平无法实现赶超, 当服务业扩张时, 总体的技术水平也就无法实现与发达国家的趋同。

如果 $\delta' < 0$ ,  $g_s < g_m$ 恒成立, 则 $\frac{L_s}{L}$ 会趋于1, 由此

$$\lim_{t \rightarrow \infty} g = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_m}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_m + \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_s}{L} \lim_{t \rightarrow \infty} g_s = 0 * g + 1 * g_s < g \quad (29)$$

也就是说, 结构调整使得能够充分接受技术扩散的部门逐渐萎缩, 最终消耗掉了所有接受技术扩散的机会, 落后国家经济增长率回到封闭且相对停滞的水平, 从而赶超失败。特别的, 当在没有自主创新的情况, 模仿发达国家是其经济增长的唯一来源, 虽然在初期它可以因为技术扩散而获得

增长，但是最终由于结构调整重新返回停滞状态。

仍然采用数值模拟的方式，令替代弹性为 0.3，则不同服务业接受技术扩散能力下的技术水平变化趋势如下：

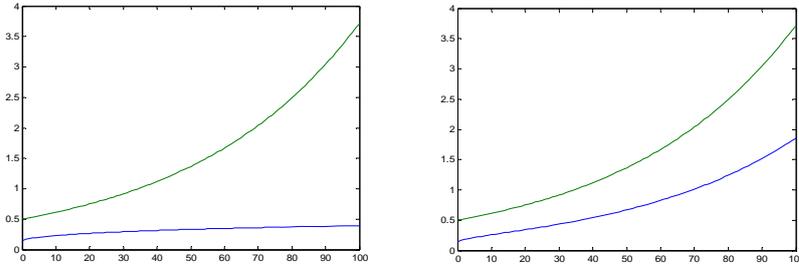


图 10 图 11

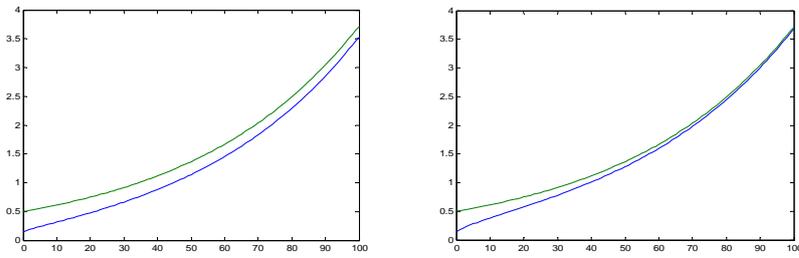


图 12 图 13

图 10 到图 13 分别为  $\delta'$  取 -2、0、1、2 时先进国家和落后国家的技术水平变化趋势。横轴为时间，纵轴为技术水平，两条曲线从上往下依次为先进国家和落后国家的总体技术水平变化趋势。图 13 与图 9 是一样的，当技术扩散在两部门之间同质时，没有结构调整，两部门均以较快速度增长，总体的技术进步速度也较快，最终实现对先进国家的追赶；图 12 中服务业接受技术扩散能力弱于工业部门，因此整体的技术进步速度也弱于图 13；图 11 服务业只能以同发达国家相同的速度增长，因此服务业技术差距无法减少，随着服务业的扩张，整体的技术进步速度也被拉低，从而无法实现追赶；图 10 服务业增长陷入停滞，也无法实现追赶。

#### 四、讨论

由于本文目的在于探讨将结构调整引入传统的条件收敛理论并与之比较，做了很多技术上的简化，因此仍然具有一些有趣的拓展空间。

1、关于  $\lambda$ 。我们假设两部门在最终产品的重要程度是不随时间变化的，因此结构调整完全取决于技术水平的差异，然而考虑到随时间改变的  $\lambda$ ，也就可以刻画需求拉动的结构调整。随着收入水平的提高，消费者更加偏好服务业品，而消费更少的工业品和农业品；而随着经济发展，金融服务等融资手段在投资中的作用日益重要，因此一个随时间递增的  $\lambda$  是合理的。考虑到需求因素，

在替代弹性较高的情况下，结构的变化是不确定的；而在替代弹性较低的情况下，结论与我们的相同。

2、关于  $\varepsilon$ 。我们用比较静态的方法分析了不同替代弹性下结构变化和技术扩散的不同，但是在通常情况下，工业品和服务业品的相互替代也是随时间而变的。王恕立和胡宗彪（2012）试图证明中国消费者有用工业品替代昂贵服务业品的倾向，这与程大中（2009）等证明“鲍尔默模型”适用于中国的结论相违背。Pugno（2006）通过将两种商品的偏好内生为收入的函数，得到了较低的替代弹性。假如在经济发展的初期，消费者更加偏好于工业品，因此用工业品去替代昂贵的服务业品；而在经济发展的后期，消费者更加偏好服务业品，因此即使工业品更加便宜也难以替代服务业品，因此替代弹性是随时间而变的。这样我们就可以得到一个驼峰型的增长路径：在经济发展的早期，由于替代弹性较高，产业结构利于工业部门发展，因此技术扩散的作用非常重要，落后国家以较高的速率增长；在经济发展晚期，由于替代弹性较低，产业结构利于服务业发展，因此技术扩散的作用越来越小，最终落后国家增速下降。这也与 Duarte&Restuccia(2010)发现的在追赶发达国家的途中，一些国家先是加速，然后减速甚至停滞的结论是一致的。

3、技术进步的内生化。为了便于分析，本文没有考虑将研发或者人力资本投资内生。在考虑到研发部门之后，会有一些有意思的结论，例如当工业部门模仿的成本大大低于服务业部门研发成本时，研发会向工业部门集聚，这加剧了两部门增长率的不平等；而如果国内部门之间的外溢效应非常大，则自主研发情形下两部门技术差距很小甚至趋同，那么当技术扩散完全无法影响服务业部门时，即使自主研发要耗费一定成本，其带来的增长率也是大于完全依靠技术扩散的增长率，并且由于外溢效应的存在，在竞争均衡中帕累托最优是达不到的。

## 五、结论及政策建议

本文试图证明将结构调整和技术扩散的不均等纳入传统的条件收敛模型中，会得出不一样的结论，当结构调整有利于服务业，且服务业较少受到技术扩散影响时，条件收敛是达不到的。这既可以看作是一个鲍尔默模型在技术扩散领域的应用，也可以看作是一个包含着两部门结构调整的技术扩散模型。

落后国家通过模仿和吸收先进国家的技术对于本国经济增长具有重要意义，然而这种技术扩散在部门之间的分布是不均匀的，工业品可贸易程度较高，吸收技术扩散的能力也较高，服务业品可贸易程度较低，吸收技术扩散的能力也较低。当两种商品的替代弹性较高时，资源会向工业品流动，从而两部门退化为一个只有工业部门的单部门经济体，可以以较高的速度吸收技术扩散，实现对先进国家的赶超；当随着收入的提高人们更加偏好服务业品时，工业品的相对低价并不能带来对服务业品的替代，反而带来服务业部门的扩张，两部门退化为一个只有服务业部门的单部门经济体，技术扩散带来的本国经济增长将会降到极低。

中国正处于战略转型的攻坚期,原有的“模仿+资本积累”的发展战略已经遇到瓶颈,一方面,技术扩散带来的红利随着结构调整的加剧而越来越小,另一方面,物质资本的回报也趋于减少。因此只有采取“自主创新+人力资本积累”的新型战略,才能够跨越中等收入陷阱,实现持续增长。

## 参考文献

- [1] 陈体标. 技术进步、结构变化和经济增长[M]. 上海人民出版社, 2012.
- [2] 程大中. 收入效应、价格效应与中国的服务性消费[J]. 世界经济, 2009, (3).
- [3] 林毅夫、张鹏飞. 后发优势、技术引进和落后国家的经济增长[J]. 经济学(季刊), 2005, (5).
- [4] 王恕立、胡宗彪. 中国服务业分行业生产率变迁及异质性考察[J]. 经济研究, 2012, (4).
- [5] 中国经济增长与宏观稳定课题组. 干中学、低成本竞争和增长路径转变[J]. 经济研究, 2006, (4).
- [6] Acemoglu, D. and Guerrieri, V. Capital Deepening and Non-Balanced Economic Growth[J]. Journal of Political Economy, 2008, Vol.116, pp.467-498.
- [7] Barro, R. J. and Sala-i-Martin. Economic Growth[M]. New York: McGraw-Hill, 1995.
- [8] Baumol, William J. Macroeconomics of Unbalanced Growth[J]. American Economic Review, 1967, Vol.57, pp.415-426.
- [9] Chuang, Yih-chyi. Learning by Doing, the Technology Gap, and Growth[J]. International Economic Review, 1998, Vol.39, pp.697-721.
- [10] Coe D. and E. Helpman. International R&D Spillovers[J]. European Economic Review, 1995, Vol.39, pp.859-887.
- [11] Duarte, D. and Restuccia, D. The Role of the Structural Transformation in Aggregate Productivity[J]. Quarterly Journal of Economics, 2010, Vol.125, pp.129-173.
- [12] Falvey Rod, Neil Foster and David Greenaway. North2South Trade, Knowledge Spillovers and Growth[J]. European Economy Group, 2002.
- [13] Hansen, G.D. and Prescott, E.C. Malthus to Solow[J]. American Economic Review, 2002, Vol.92, pp.1205-1217.
- [14] Jovanovic, Boyan. Learning and Growth[J]. NBER Working Paper 5383, 1995.
- [15] Kongsamut, P., Rebelo, S. and Xie, D. Beyond Balanced Growth[J]. Review of Economic Studies, 2001, Vol.68, pp.869-882.
- [16] Lichtenberg F and B. van Pottelsberghe de la Potterie. International R&D Spillovers: A Comment[J]. European Economic Review, 1998, Vol.42, pp.1483-1491.
- [17] Lucas R.E.Jr. The Industrial Revolution: Past and Future[M]. Harvard University Press, 2000.
- [18] Ngai, R., Pissarides, C. Structural Change in a Multi-Sector Model of Growth[J]. American Economic Review, 2007, Vol.97, pp.429-443.
- [19] Oulton N. Must the Growth Rate Decline? Baumol's Unbalanced Growth Revisited[J]. Oxford Economic Papers, 2000, Vol.53, pp.605-627.
- [20] Parente, Stephen and Edward, Prescott. Barriers to Technology Adoption and Development[C]. Journal of Political Economic Theory, 1994, Vol.63, No.2, pp.346-69.
- [21] Pugno M. The Service Paradox and Endogenous Economic Growth[J]. Structural Change and Economic Dynamics,

2006, Vol.17, pp.99–115.

[22] Rogerson, Richard. Structural Transformation and the Deterioration of European Labor Market Outcomes[J]. Journal of Political Economy, 2008, Vol.116, pp.235–259.

[23] Sasaki H. Endogenous Phase Switch in Baumol's Service Paradox Model[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 2012, Vol.23, pp.25-35.