

中国工业增长模式的转变

大中型企业劳动生产率的非参数生产前沿动态分析

涂正革

肖耿¹²

摘要：本文采用非参数生产前沿方法，将中国大中型工业企业 38 个行业的**劳动生产率**（人均工业增加值）的增长分解为资本深化、技术前沿进步、技术效率改进三个成分，发现：（1）1996-2002 年大中型工业企业劳动生产率平均每年以 15.9% 的速度增长，并呈逐年上升的趋势；（2）资本深化（人均固定资产净值）对劳动生产率增长的贡献平均每年为 12.9 个百分点，但呈下降趋势，从 1996 年的 23.2 个百分点降到 2002 年的 6.9 个百分点；（3）技术前沿进步对劳动生产率增长的贡献平均为 7 个百分点，总体低于资本深化的贡献，但技术前沿进步上升势头强劲，对劳动生产率增长的贡献在 2001、2002 年分别高达 19.8、29.0 个百分点，显著超过同期资本深化的贡献；（4）行业间技术效率的差距拉大导致整体工业劳动生产率平均每年下降 4 个百分点，2001、2002 年的下降幅度更分别达到 14.0、16.8 个百分点。这些实证研究的结果显示：中国工业劳动生产率的增长，至少在大中型企业这个层面，已经由转轨初期的单一资本扩张驱动模式，开始向以技术进步为主和资本深化为辅的多引擎推动模式转变，即由粗放型向集约型增长模式转变，而世纪之交似乎是一个转折点。

关键词：**劳动生产率 资本深化 技术进步 技术效率 增长模式**

文献分类代码：D24, C14, O33, O47, L60

¹涂正革，北京大学中国经济研究中心，华中师范大学；通讯地址：深圳市南山区西丽深圳大学城北大研究生院商学院 N-404，邮编：518055，电话：0755-26032021，13421370248，tuzhengge@163.com；肖耿，香港大学经济金融学院，xiaogeng@hku.hk

² 所有观点均属作者个人，不代表所在单位。作者感谢国家统计局邢俊玲、俞肖云、江源对数据处理的帮助，华中科技大学林少宫教授和王少平教授、日本神户大学王洪光博士、华中师范大学曹阳教授和郑承利博士等的宝贵建议，及香港大学策略性研究计划、香港政府大学及研究基金拨款委员会的资助（项目编号：HKU7167/98H 及 A0E/H-05/99）

一、 引言

(1) 增长模式的转变

改革开放之前，中国的劳动生产率（人均 GDP）只有 300 多美元。经过二十多年的发展，在 2003 年突破了 1000 美元大关，在 2005 年更达到 1700 多美元。中国劳动生产率的快速增长举世瞩目，体现了经济效率、生产力水平、综合国力和国民财富的不断提升。但是，中国领导人及专家学者在很多场合及文件中都再三强调需要通过改变经济增长模式，来加快推进经济结构调整及维持宏观经济的稳定，并将经济增长模式的转变当作目前经济转型过程中所面临的最紧迫的任务之一。为什么经济增长模式的转变这么重要？如何科学地定义、衡量经济增长模式？中国目前经济增长模式的现状如何？增长模式有没有开始发生变化？转折点在那一年？今后的发展趋势怎样？这些问题就是本文研究的重点。

中国需要转变经济增长模式的一个重要原因是自然资源及环境的约束。中国经济的高速增长已经导致国际矿物和能源等原材料价格大幅上涨，并对我国的经济安全构成威胁。自 1998 年以来，能源及原材料消耗高的重化工工业不断扩张，平均每年增长达 18.5%，重工业与轻工业之间的比重由工业 1998 年的 55:45 上升到 2004 年的 65:35。³ 在环境与资源的约束日渐严峻的今天，转变经济增长方式已经刻不容缓。

中国需要转变经济增长方式的另一个原因是中国的外贸形势，特别是对美国的巨大贸易顺差。中国持续的净出口增长已经引起美国、欧盟、日本等发达国家贸易保护情绪，认为中国的廉价出口产品威胁到了这些国家工人的就业，要求人民币升值的呼声不断。这就提醒我们必须重视产业的升级换代，特别是通过技术进步来提高产品的质量，而不是一味以价取胜。

中国需要转变经济增长方式还有一个原因，就是保证可持续发展的问题。上世纪 60 年代前苏联的经济增长速度一直高于美国，但是与美国的经济差距并没有缩小，而且在 90 年代初几乎崩溃，其根源在于其体制及经济增长方式有问题。中国目前虽然经济增长速度很快，但经济增长的质量并不高（吴敬琏，2005a）。因此，早在 1995 年，我国就已提出实现两个根本性的转变：体制转轨和增长方式转变。

到底我国当前经济增长方式有何特征？在经济转轨时期增长方式的动态变化趋势如何？对这些最基本的问题，大多数学者和研究机构主要根据一些宏观指标，如能源消耗、污染排放总量、固定资产投资等做出判断。主流观点认为，与工业化发达国家相比中国经济是典型的原材料高投入、能源高消耗、资本高积累的增长模式，而不是依靠技术进步和效率改进的增长模式。这些从宏观指标出发对经济增长模式的定义及测度非常重要，但是，却无法用来精确、细致地考察在微观层次企业资源配置效率的动态变化。而企业资源配置效率的高低从根本上决定了整体经济增长的素质。本文从企业生产率的角度考察中国工业的增长方式的特点及转变，填补了在微观层详细、准确地研究中国的经济增长方式及其动态变化的一个空白，对全面、科学、客观和准确地判断中国的可持续发展具有重要意义。

³ 《2005 中国工业发展报告——资源与环境约束下的中国工业发展》，经济管理出版社，2005

(2) 文献综述

自亚当斯密发表《国富论》以来，衡量财富创造的经济增长理论一直是经济学研究的核心内容。外生性增长理论模型的开创者 Robert Solow (1957) 指出技术进步是经济持久增长的源泉，同时强调资本积累是经济增长收敛的重要原因；而内生性经济增长理论的代表人物，如 Paul Romer (1986), Robert E. Lucas (1988) 等人则强调实物资本和人力资本是经济增长的主要引擎，国家或地区间的技术差距是经济收敛出现与否的关键。随着对技术进步测度研究的深入，研究者发现除了技术进步，技术效率及其变化对经济增长率也有重要的影响。Farrell (1957) 在经济学文献中引入技术效率的概念，并将技术效率的测度变成经济增长理论的一个重要领域。Nishinizu 和 Page (1982) 首次采用参数前沿方法，将全要素生产率(TFP)的增长分解成前沿技术变化和相对前沿的技术效率的变化。而 Fare 等人 (1994) 首次采用非参数方法计算并分解全要素生产率的增长。Kumar、Russell (2002) 用非参数方法构造了世界生产前沿，并将各国劳动生产率的增长分解为技术进步、技术效率变化和资本积累三大贡献，并据此讨论经济增长的收敛性。这些对生产率增长进行分解的研究方法值得我们借鉴，为深入研究我国经济增长方式的转变提供了一条崭新途径。

经济增长方式是指推动经济增长的各种生产要素投入及其组合的方式，其实质是依赖什么要素，借助什么手段，通过什么途径，怎样实现经济增长。著名经济学家吴敬琏教授 (2005a, 2005b, 2005c) 指出，粗放经济增长方式是计划经济的必然产物，与体制关系密切。我国在计划经济体制影响下，资源配置效率低有四大原因：政府操控的资源太多、政府官员的绩效考核体制以数量为核心、财政制度则以生产型增值税为主要税种、以及主要资源价格体制扭曲。因此，需要从机制、体制和制度这些最根本的源头入手解决中国经济增长方式问题。袁乾培 (2005) 等学者也指出了现有经济增长方式面临的一系列问题：片面追求经济增长数量、资源短缺、原材料的过度消耗及环境的破坏。蔡昉 (2005) 从人口角度提出了转变增长方式是可持续发展的源泉。上述研究从历史、社会、制度等宏观面对经济增长方式的现况、根源以及对策做出了非常有价值的理论概括和定性分析。

在实证研究方面，目前对中国经济增长方式的研究主要集中在通过对全要素生产率增长及其分解来做出判断。Kalirajan, Obwona 以及 Zhao (1996) 研究了中国各省的农业全要素生产率的变化及其源泉。胡鞍钢和郑京海 (2004) 基于固定规模报酬的非参数模型，借助中国省际数据用 DEA-Malmquist 指数方法对 TFP 的增长率进行了分解。Zhuobao Wei (2002) 等人用 1993 年 1036 家特大型工业企业的数据研究了所有制对中国制造业生产率的影响。Yanrui Wu (2000, 2003) 使用省市的面板数据通过生产率分解研究中国经济的可持续发展问题。颜鹏飞和王兵 (2004) 采用了非参数方法从技术进步及技术效率角度对中国经济 1978-2001 年期间生产率增长进行了研究。孙巍和张屹山 (2002) 采用非参数生产率指数方法，通过对独立核算工业企业全要素生产率增长的分解，对中国工业 1992-1998 年间经济增长方式的转变程度进行了定量研究。涂正革和肖耿 (2005, 2006) 采用生产率指数增长核算方法，对 1995-2002 年 37 个工业行业的全要素生产率进行了研究，并结合随机前沿模型方法，将全要素生产率的增长分解为技术进步、技术效率的改善、规模经济性和要素的配置效率的改进四个部分。王玲 (2003) 采用增长核算方法对我国 1978-2000 年的劳动生产率增长进行了实证研究，发现我国劳动生产率的变动中有 45% 归因于劳动力在产业间的流动。

上述研究的重点都放在全要素生产率增长及其分解，从方法体系看，大致可以分为三种方法：生产率指数方法、参数前沿方法和非参数前沿方法。生产率指数方法的特点是简单、

易于计算。但是，生产率指数的增长核算方法背后所包含的规模报酬不变以及完全竞争等假设，将全要素生产率都归结于技术进步的贡献，没有考虑生产者技术上与前沿的效率差距。参数前沿方法的缺点是模型的函数形式，包括技术是否中性、技术非效率是否存在、规模报酬、动态变化等等假定可能限制数据与模型的匹配效率。而基于 DEA 线性规划的非参数方法，并不利用任何函数形式的假设，是一种数据驱动方法，非常灵活及有效率，缺点是不能解释随机误差，在一定的情况下技术效率估计会产生偏差。但是在大量样本加总数据中，这个问题会被弱化，因为随机误差在加总过程中伴随着样本的加大而逐渐消失。因此，非参数前沿方法大量运用于宏观加总数据的分析。

(3) 本文研究内容及特点

本文开辟一条新的路径，采用非参数前沿方法，寻找劳动生产率增长的源泉，并解释经济增长模式的变化。劳动生产率的特点在于概念直观清楚、计算容易。另外，劳动生产率直接关系到社会福利的提高，持续的人均产出的增长是社会长期追求的共同目标之一。一国可持续经济增长速度取决于劳动力的增长速度加上劳动生产率的增长速度。因而，劳动生产率增长的研究对宏观经济决策非常重要。

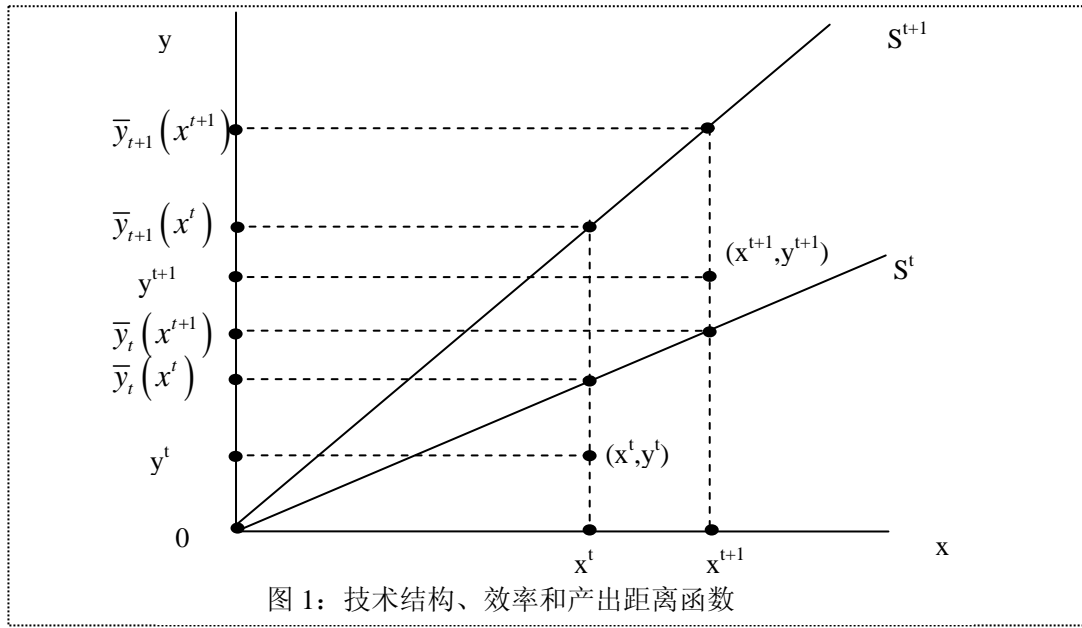
本文利用产出型距离函数和 Malmquist (1953) 指数思想来表达技术前沿结构和行业技术效率的动态变化，将劳动生产率的增长分解为资本深化、技术进步和技术效率改善三大成分，然后从劳动生产率的增长源泉来考察工业各行业增长方式的转变及其面临的挑战。

与现有对增长方式的研究相比，本研究具有这样几个特点：(1) 增长方式转轨关键时期的大样本数据。本文所用样本包括每年 2.2 万家大中型工业企业，是中国经济中一个非常重要的经济群体，其工业增加值占全国 GDP 的 15-19%。而 1995-2002 年是经济转轨的重要时期，研究结论具有重大政策意义。(2) 研究方法上，采用非参数前沿方法，避免了参数方法中模型结构设定等假设可能带来的限制及错误，特别是可以比较可靠地考察增长方式的动态变化。(3) 从劳动生产率角度研究，不仅可以补充从全要素生产率角度的研究，更对宏观经济具有实践指导价值。(4) 以 38 个两位数工业行业作为研究单位，信息量更丰富，比起以省市作为基本研究单位，更能发现经济增长方式的制度及行业环境因素。

本文的第二部分讨论劳动生产率增长的分解方法。第三部分是数据及变量说明。第四部分给出了实证分析结果。第五部分是结论及下一步研究的方向。附录部分包括有关技术结构、技术效率的理论，以及距离函数的数学规划计算方法。

二、 劳动生产率增长的非参数分解方法

考虑两种要素投入 (K, L) 生产一种产品 Y ，在规模报酬不变假设下，参照技术可以简化成两维空间来描述： (y, x) ；这里 $y=Y/L$ =劳动生产率， $x=K/L$ =资本深化， K, L 分别表示资本与劳动投入。值得强调的是，规模报酬不变假设仅仅提供了一个分析基准，并不妨碍进一步分析经济中可能存在的可变规模报酬的情况，规模报酬不变的参照技术下所得到的技术效率可以分解为可变规模报酬参照技术下的纯技术效率和规模效率。详细内容参见附录部分。图 1 说明了在规模报酬不变下，从 t 期 (y^t, x^t) 到 $t+1$ 期 (y^{t+1}, x^{t+1}) 资本深化及劳动生产率的变化。利用图 1，我们可以讨论劳动生产率与资本深化、技术结构变化及技术效率各因素之间的关系。



给定投入 x^t ，实际产出 y^t 与在参照技术 S^t 下可能达到的最大潜在产出 $\bar{y}_t(x^t)$ 的比率就是该生产的技术效率 $D_o^t(x^t, y^t)$ ， $D_o^t(x^t, y^t)$ 也被称为产出型距离函数。在 t 期的参照技术 S^t 下，潜在产出、实际产出和产出距离函数值之间的关系为： $\bar{y}_t(x^t) = y^t / D_o^t(x^t, y^t)$ 。

同样，在参照技术 S^{t+1} 下， $t+1$ 期的潜在的最大产出 $\bar{y}_{t+1}(x^{t+1}) = y^{t+1} / D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 。距离函数既衡量了生产者的技术效率，同时也暗含给定投入的前沿技术结构，即给定一个组投入，在前沿技术结构下就可以得到相对应的潜在最大产出。前沿技术结构 S^t 、 S^{t+1} 的定义以及 $D_o^t(x^t, y^t)$ 、 $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 的计算方法参阅附录。

在产出距离函数框架下，生产者 $t+1$ 期与 t 期劳动生产率的比率可以用距离函数和潜在产出来表达（以下生产者角标 k 省略）：

$$\frac{y^{t+1}}{y^t} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \frac{\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})}{\bar{y}_t(x^t)} \quad (1)$$

这样，劳动生产率的比率变成了两个时期生产效率比率与潜在最大产出比率的乘积。对(1)式右边上下同乘 $\bar{y}_t(x^{t+1})$ 。 $\bar{y}_t(x^{t+1})$ 表示在 t 期参照技术 S^t 下， x^{t+1} 投入所能够达到的最大潜在产出。于是，

$$\frac{y^{t+1}}{y^t} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \frac{\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})}{\bar{y}_t(x^{t+1})} \times \frac{\bar{y}_t(x^{t+1})}{\bar{y}_t(x^t)} \quad (2)$$

这样，劳动生产率的变化就分解为三部分：第一部分， $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}) / D_o^t(x^t, y^t)$ ，表示**技术效率**变化对劳动生产率增长的效应，衡量了技术落后者追赶先进的速度。如果该比

率大于 1，说明生产者在逐渐靠近前沿；相反，表示与前沿的距离越来越远。第二部分， $\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})/\bar{y}_t(x^{t+1})$ ，以 t+1 期的投入 x^{t+1} 作为基准，衡量了**技术前沿的进步对劳动生产率增长的效应**。第三部分， $\bar{y}_t(x^{t+1})/\bar{y}_t(x^t)$ ，衡量了沿着 t 期的技术前沿 S^t ，要素投入（人均资本）的变化对劳动生产率变化的贡献，本文称为**资本深化效应**。

显然，我们也可以 t 期的投入 x^t 作为基准，衡量技术进步，以 t+1 期的技术前沿 S^{t+1} 作为参照衡量要素投入变化对劳动生产率增长的效应。于是，对(1)式右边上下同乘 $\bar{y}_{t+1}(x^t)$ ，得到：

$$\frac{y^{t+1}}{y^t} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \frac{\bar{y}_{t+1}(x^t)}{\bar{y}_t(x^t)} \times \frac{\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})}{\bar{y}_{t+1}(x^t)} \quad (3)$$

(3)式的解释与（2）式基本上相同，唯一的区别是参照基准不同。用基期的投入 x^t 来衡量技术前沿变化对劳动生产率增长的贡献，以 t+1 期的技术作为参照来衡量要素投入的增长对劳动生产率增长的贡献。因此，劳动生产率变化的分解存在路径依赖问题。为避免分解路径选择的随意性，我们根据 Fisher (1927) 的指数理论思想，也参照 Caves 等人 (1982) 以及 Fare 等人 (1994) 指数方法，取两种分解路径所得指数的几何平均值。于是，

$$\frac{y^{t+1}}{y^t} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \left\{ \frac{\bar{y}_{t+1}(x^t)}{\bar{y}_t(x^t)} \times \frac{\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})}{\bar{y}_t(x^{t+1})} \right\}^{1/2} \times \left\{ \frac{\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})}{\bar{y}_{t+1}(x^t)} \times \frac{\bar{y}_t(x^{t+1})}{\bar{y}_t(x^t)} \right\}^{1/2} \quad (4)$$

利用 $\bar{y}_t(x^{t+1}) = y^{t+1} / D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ ， $\bar{y}_{t+1}(x^t) = y^t / D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ （参阅附录关于跨期距离函数的定义），并对（4）式两边取自然对数，于是将劳动生产率的增长率分解为经济意义不同但可以相加的三个部分：

$$\begin{aligned} \dot{LP} &= \ln\left(\frac{y^{t+1}}{y^t}\right) = \ln\left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{\bar{y}_{t+1}(x^t)}{\bar{y}_t(x^t)} \times \frac{\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})}{\bar{y}_t(x^{t+1})}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{\bar{y}_{t+1}(x^{t+1})}{\bar{y}_{t+1}(x^t)} \times \frac{\bar{y}_t(x^{t+1})}{\bar{y}_t(x^t)}\right) \\ &= \ln\left(\frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)}\right) + \frac{1}{2} \left\{ \ln\left(\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}\right) + \ln\left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}\right) \right\} \\ &\quad + \frac{1}{2} \left\{ \ln\left(\frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}\right) + \ln\left(\frac{D_o^{t+1}(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}\right) + 2\ln\left(\frac{y^{t+1}}{y^t}\right) \right\} \\ &= \overset{\square}{TE} + \overset{\square}{TP} + \overset{\square}{Kaccum} \end{aligned} \quad (5)$$

这里， $\dot{LP} = \ln(y^{t+1}) - \ln(y^t)$ ，是劳动生产率增长率的近似值；(5)式将劳动生产率的增长率分解为技术效率的追赶速度（ $\overset{\square}{TE}$ ）、技术进步率（ $\overset{\square}{TP}$ ）及资本深化率（ $\overset{\square}{Kaccum}$ ）之和。

本文的分析是以 38 个两位数工业行业为基本研究单位，因此，有必要分析行业结构的变化对整体劳动生产率变化的作用。我们用工业增加值作为权重，对各行业的劳动生产率的增长予以加权平均，得到整个工业的劳动生产率增长率。一方面，我们要了解纯粹的劳动生产率增长率，另一方面，我们也希望了解是否由于结构变化而导致资源流向生产率更高的行业，即所谓的“丹尼尔效应”。为此，我们对劳动生产率的平均增长率进行下列的分解：

$$\begin{aligned} \bar{LP}_t &= \sum_j w_{jt} * \bar{LP}_{jt} \\ &= \sum_j (w_{jt} - w_{j,t-1}) * \bar{LP}_{jt} + \sum_j w_{j,t-1} * \bar{LP}_{jt} \end{aligned} \quad (6)$$

这里，j 表示行业，j=1,...,38， \bar{LP}_t 表示 t 时期劳动生产率的平均增长率， w_{jt} 表示行业 j 的权重，衡量了工业的行业结构特征，本文中以工业增加值作为权重指标。(6) 式右边的第一项， $\sum_j (w_{jt} - w_{j,t-1}) * \bar{LP}_{jt}$ ，衡量了行业结构的变化对工业整体劳动生产率增长的贡献，即“丹尼尔效应”。该项如果大于 0，则表示行业结构的调整有利于总体劳动生产率水平的提高。第二项， $\sum_j w_{j,t-1} * \bar{LP}_{jt}$ ，是以基年的行业结构权重计算的行业平均劳动生产率水平变化，表示纯劳动生产率增长率。

三、 数据及变量说明

本文数据来源于国家统计局大中型工业企业 1995-2002 的年度统计数据，原始数据每年约 22,000 家企业。清除数据不完整、工业增加值为负值、有错误或开工不足等企业后，每年大约有 21,000 家企业，八年共 177,086 个观察样本。我们对 38 个两位数行业中的每个行业单独计算劳动生产率增长。大中型工业行业数据详见附表 1。⁴

大中型工业企业在整个工业乃至整个国民经济中占有十分重要的地位。从企业数量上看，占全部国有及销售收入规模在 5 百万人民币以上非国有企业总数的比例，大约每年为 12% 左右。以从业人数看，占整个工业从业人数的 16.7%。从每年创造的工业增加值来看，占整个工业 40% 以上，占国家总 GDP 的 15% 到 19%。因此，代表了中国先进生产力的大中型工业企业，其经济增长方式的特点在很大程度上体现了我国工业乃至整个经济的增长方式特点，这是我们以大中型工业企业为研究对象的意义所在。详见附表 2。

价格因素是生产率研究所必须面临的挑战。尽管 1995-2002 期间中国零售物价波动不大，但是各行业的产出及投入要素价格变动的差异却不容忽视。总体上看，能源及原材料价格上涨较快，而加工业产品价格下跌。工业增加值和固定资产净值都是采用 1990 年不变价。对价格的处理方法，我们参照了涂正革和肖耿（2006）的方法。两位数行业的产出以及固定资产的价格指数参见附表 3。

本文采用非参数前沿方法对行业加总数据进行分析，分解劳动生产率所涉及到的变量主要包括经价格调整后的工业增加值（Y=avalue）、固定资产净值年平均余额（K=nvfixa）、从业人员年均人数（L=labor）。我们构造的工业技术前沿，是以工业二位数行业为基本单位。没

⁴ 由于篇幅限制，所有的附录数据表格本文没有给出，有兴趣的读者可向作者索取。

有以单个企业作为生产前沿的基本单位，是因为企业样本的不平衡性。由于破产、兼并、新企业、企业的法人代码变化等原因，每年约有 10% 的企业退出样本，又约有 10% 企业进入样本。大中型工业企业的行业总体数据相对稳定。若对每个企业计算增长率，就会导致样本数据的大量丢失，从而使得研究结论可能出现偏差。另外，本文研究的目的在于探索中国工业劳动生产率的动态特征及其增长源泉，样本的非平衡性对行业平均劳动生产率增长的计算有一定影响，但不会影响我们对中国工业增长方式总体变化特征的判断。行业产出及投入要素的加总数据及其平均增长率详细结果参阅附表 4-5。

四、 主要实证结果

1. 转轨时期劳动生产率的增长势头迅猛

按 1990 年不变价计算，大中型工业企业的行业加权平均的劳动生产率（人均工业增加值）从 1995 年的 16 千元，增加到 2002 年的 45 千元，增幅达 1.8 倍。若按照现价工业增加值计算，则劳动生产率从 1995 年的 27 千元，增加到 2002 年的 79 千元，增幅为 1.9 倍；若采用现价工业产值，则相应的数据分别为 80 千元和 242 千元，增幅为 2 倍。因此，采用不同的指标都没有掩盖中国工业劳动生产率的大幅增长。但是，工业总产值是经济活动总量指标，其中很大部分是中间投入，而工业增加值是企业会计年度创造的价值，更能体现实际的财富创造。

1996-2002 年大中型工业企业劳动生产率增长速度的行业加权平均（工业增加值为权重）为 15.9%。1996-2002 年劳动生产率的行业平均增长率分别为：8.7%、6.3%、14%、16.7%、24.6%、15.4% 和 19%。可见，劳动生产率增长势头迅猛。

从行业分布看，劳动生产率增长最快的行业分别是交通设备制造业 24.8%、石油天然气开采 22.5%、仪器仪表 21.1%、印刷及记录媒介 20.6% 和造纸业 20.5%。增长最慢的五个行业分别是自然水 1.7%、木竹材采运 4.1%、电力 5.5%、煤炭采选 8.2% 和文体用品 8.4%。汽车和能源的巨大现实需求对于拉动行业生产率的大幅提高不可低估。

表 1a：劳动生产率平均增长速度最快和最慢的五个行业（上年=1.00）

行业及代码	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	加权平均
[37]交通设备制造	0.063	0.129	0.23	0.185	0.183	0.317	0.392	0.248
[07]石油天然气开采	0.274	0.106	0.115	0.122	0.817	-0.168	0.145	0.225
[42]仪器仪表	0.152	0.075	0.415	0.211	0.221	0.205	0.189	0.211
[23]印刷、记录媒介	0.296	0.185	0.232	0.244	0.085	0.277	0.15	0.206
[22]造纸业	0.108	0.08	0.127	0.271	0.224	0.284	0.239	0.205
平均（增加值为权重）	0.087	0.063	0.14	0.167	0.246	0.154	0.19	0.159
[24]文体用品	0.22	-0.04	0.203	0.048	0.067	0.051	0.071	0.084
[06]煤炭采选业	0.018	-0.027	0.002	0.064	0.144	0.161	0.167	0.082
[44]电力、蒸汽热水	-0.03	-0.066	0.047	0.049	0.086	0.105	0.088	0.055
[12]木、竹材采运	0.037	-0.017	0.136	-0.088	0.081	0.021	0.119	0.041
[46]自来水生产与供应	0.076	-0.067	0.082	-0.004	-0.057	0.03	0.063	0.017

用工业增加值作为权重，考察劳动生产率增长的行业结构变化。本文发现交通设备、烟草、

钢铁、油气开采、电子通讯、化学制品、石油加工以及电力 8 大行业劳动生产率的增长占整个大中型工业增长的份额，从 1996 年的 53.33%，上升到 2002 年的 65.79%。在整个大中型工业的经济增长中，8 大行业约占了三分之二的份额，无疑已成为中国工业的主导产业，也是当前中国经济成长的主力军。表 1b 给出了行业结构变化对总体劳动生产率增长的“丹尼尔效应”。

表 1b: 劳动生产率增长的“丹尼尔结构效应”

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
纯生产率增长效应	0.0768	0.0608	0.133	0.1641	0.2213	0.1382	0.1867
丹尼尔结构效应	0.0107	0.0107	0.0073	0.0031	0.0244	0.0159	0.0037
丹尼尔效应的比重 (%)	12.229	14.965	5.2031	1.8541	9.9308	10.318	1.9433

劳动生产率增长的“丹尼尔效应”都显著为正值。1996 年工业结构的调整对工业的劳动生产率增长的贡献率为 12.23%，1997-2002 年分别为 14.96%、5.2%、1.85%、9.93%、10.32% 和 1.94%。大中型工业结构的变化对工业总体生产率的增长具有积极的意义。

总之，大中型工业劳动生产率的总体增长速度不断提升，从行业结构分析发现，交通设备、烟草、钢铁等 8 大行业在整个工业、乃至整个国民经济增长中的主导地位日渐巩固，行业结构的变化对整个工业经济增长的作用不可低估。因此，政府应该鼓励市场化的、以效率与竞争为主导的行业结构调整。

2. 资本深化作为劳动生产率增长的主要动力逐渐减弱

我们将人均资本拥有量的不断增长现象，称作资本深化。按不变价格计算，大中型工业企业 38 个工业行业的固定资产净值平均从 1995 年的 25.7(十亿元)增长到 2002 年的 63.2(十亿元)，固定资产净值的年平均增长率为 12.3%。人均固定资产净值由 1995 年的 30 千元增长到 2002 年的 94 千元，增幅超过 2 倍。但是，固定资产净值的行业平均增长速度从 1996 年的 22.3%，下降到 2002 年的 7.7%，可以推测人均资本拥有量的增长幅度也成逐年下降。

资本深化对劳动生产率增长的贡献到底有多大呢？根据第二节我们导出的公式以及附录中计算的距离函数值，资本深化（或资本积累）对劳动生产率增长的贡献，1996-2002 年行业加权平均为 12.9 个百分点，折算成贡献率为 81%。1996-2002 年资本深化对劳动生产率增长的贡献分别为 23.2 个百分点、14.5 个百分点、18.1 个百分点、12.5 个百分点、12.6 个百分点、9.7 个百分点和 6.9 个百分点，相应的贡献率分别为 267%、230%、129%、74%、51%、63% 和 36%。⁵

从总体平均而言，研究结论表明中国经济增长的源泉仍然是依赖资本推动的粗放型增长模式，但值得注意的是，资本积累的贡献率逐年下降，这意味资本深化的作用在逐渐减弱。⁶

从行业分布看，1996-2002 年资本深化对劳动生产率增长平均贡献最大的五个行业分别是造纸业 24.5 个百分点(贡献率为 119%)、非金属矿采选业 20.1 个百分点(183%)、橡胶制品 19.7 个百分点(105%)、化学原料、化学制品 19 个百分点(116%)以及石油开采 18.8 个百分点(84%)。因此，无论从绝对数还是相对数看，除了石油开采业，其他四个行业的增长完

⁵ 资本深化对劳动生产率的贡献率为资本深化的贡献除以劳动生产率增长率。

⁶ 这个研究结论与涂正革和肖耿（2005）用随机前沿模型的方法所得出的结论基本一致。

全是依靠资本推动的粗放型增长模式。

资本积累对劳动生产率增长贡献最小的五个行业分别是皮革业-0.1 个百分点（贡献率-1%）、电力 0.1 个百分点（1.8%）、石油加工 4.3 个百分点（50%）、自来水 5.9 个百分点（347%）和文体制品 5.9 个百分点。

表 2：资本积累对劳动生产率增长贡献最大、最小的五个行业(上年=1.00)

行业及代码	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[22]造纸业	0.255	0.26	0.303	0.155	0.229	0.437	0.106	0.245
[10]非金属矿采选业	0.218	0.108	0.177	0.274	0.482	0.104	0.065	0.201
[29]橡胶制品	0.354	0.202	0.119	0.214	0.133	0.353	0.04	0.197
[26]化学原料化学制品	0.225	0.262	0.263	0.177	0.112	0.195	0.147	0.19
[07]石油天然气开采	0.259	0.128	0.167	0.175	0.471	0	0.081	0.188
平均（增加值为权重）	0.232	0.145	0.181	0.125	0.126	0.097	0.069	0.129
[24]文体用品	0.147	0.032	0.392	-0.141	0.016	-0.028	0.063	0.059
[46]自来水生产与供应	0.113	0.028	0.057	-0.04	0.117	0.006	0.137	0.059
[25]石油加工、炼焦业	0.134	0.075	0.086	0.087	-0.018	-0.008	0.006	0.043
[44]电力、蒸汽热水	0.021	-0.021	-0.012	-0.006	0.03	-0.006	-0.004	0.001
[19]皮革、皮毛	0.065	0.15	0.267	-0.148	0.013	-0.173	-0.024	-0.001

从行业分布看，电力、石油加工、自来水等垄断行业的资本积累对劳动生产率增长的贡献越来越小。从动态角度观察，资本积累对劳动生产率增长的贡献逐年下降，而劳动生产率的增长率却逐年上升，不难发现其他两大效率因素对生产率的贡献逐年增大。

3. 技术进步刚刚开始对劳动生产率增长有明显贡献

技术进步率是指保持投入组合不变的情况下，产出的额外增长率。这里的技术进步是一个广泛的概念，不仅包括技术、工艺的创新和引进，还包括制度改革所带来的红利。技术进步表现为生产前沿面向上移动。从总体来看，技术进步对大中型工业企业劳动生产率增长的贡献，1996-2002 年行业加权平均为 7 个百分点，换算成贡献率为 44%。1996-2002 年技术进步对劳动生产率增长的贡献分别为-19.3 百分点、9.9 百分点、-0.8 百分点、9 百分点、-1.4 百分点、19.8 百分点和 29 百分点。可见，技术进步对劳动生产率增长的贡献率在 2001 年和 2002 年都超过了 100%。这些统计分析指标说明中国工业的增长模式在世纪之交正发生显著的变化。

从行业分布看，电力、石油加工、烟草、化学原料和电子通讯五个行业技术进步对劳动生产率的贡献 7 年平均超过 8 个百分点，电力更高达 17 个百分点，特别是 2002 年上述五个行业的技术进步对劳动生产率的贡献高达 29 个百分点。但是，木材采运几乎没有技术进步，专用设备、纺织业、非金属矿采选业和有色金属矿采选业技术进步对劳动生产率的贡献平均仅为 2 个百分点。

表 3：技术进步对劳动生产率增长的贡献最大和最小的五个行业

行业及代码	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[44]电力、蒸汽热水	0.234	0.08	0.196	0.068	0.094	0.204	0.294	0.17
[25]石油加工、炼焦业	0.023	0.09	0.108	-0.012	0.092	0.209	0.287	0.12
[16]烟草加工	-0.021	0.092	0.073	-0.028	0.021	0.2	0.288	0.1
[28]化学化纤制造业	-0.011	0.103	0.058	-0.029	0.037	0.197	0.288	0.09
[41]电子及通讯设备	-0.275	0.103	-0.052	-0.121	-0.051	0.194	0.288	0.08
平均（增加值为权重）	-0.193	0.099	-0.008	-0.09	-0.014	0.198	0.29	0.07
[09]有色金属矿采选业	-0.278	0.103	-0.05	-0.119	-0.052	0.196	0.289	0.02
[10]非金属矿采选业	-0.276	0.105	-0.05	-0.118	-0.05	0.195	0.286	0.02
[17]纺织业	-0.276	0.102	-0.049	-0.12	-0.051	0.195	0.287	0.02
[36]专用设备制造	-0.275	0.101	-0.052	-0.122	-0.051	0.195	0.288	0.02
[12]木、竹材采运	-0.275	0.101	-0.051	-0.12	-0.053	0.196	0.288	0

技术进步在劳动生产增长中的贡献率平均达到 44%，但在 2001 年以前的贡献并不显著，只是到了 2001、2002 年技术进步才呈现强劲增长的势头。这是否说明中国经济增长模式开始发生根本性的转变？我们认为还有待进一步观察。另外，值得注意的是 2001 年和 2002 年中大型工业企业的技术进步对劳动生产率的贡献率超过 100%，这说明其它因素在减慢劳动生产率的增长，这就是行业间技术效率的差距变化。

4. 行业间技术效率差距拉大已经严重影响劳动生产率的增长

技术效率指数是相对于技术前沿的效率指数，前沿技术进步固然值得称道，但如果大多数行业跟不上前沿技术的推进，就会导致行业间的技术效率差距拉大，工业整体的技术效率水平下降。相反，若前沿技术向前大幅推进的同时，大多数行业都及时跟进，这样整体技术效率水平就会上升，生产率因此得到提高。行业间技术效率到底在怎样变化呢？从总体情况看，1996-2002 年技术效率对劳动生产率增长的贡献平均为负 4 个百分点，特别是在 2001 年和 2002 年，技术效率差距拉大导致劳动生产率的增长分别减慢 14.0 和 16.8 个百分点，已经成为劳动生产率增长所面临的严重障碍和挑战。⁷

从行业分布看，技术效率改善对劳动生产率增长有积极贡献的五个行业为：皮革业 4 个百分点、食品加工业 2.3 个百分点、金属制品业 1.3 个百分点、交通设备制造业 1.2 个百分点，以及纺织业 0.6 个百分点；但是自来水导致劳动生产率下降 13.5 个百分点、电力下降 12.2 个百分点、非金属矿采选下降 11.3 个百分点、造纸业下降 9.4 个百分点、以及煤炭采选业下降 9.1 个百分点。⁸

总体而言，在技术前沿大幅推动生产率增长的同时，行业间的技术效率差距对劳动生产率的增长构成了严重的挑战。因此，各行业在引进先进设备、强调技术工艺创新的同时，还

⁷非参数生产前沿方法与涂正革和肖耿（2005）的随机前沿模型的参数方法所得出研究结论基本一致，所不同的是参数方法得出的技术效率对全要素生产率的增长的贡献为负 7 个百分点。

⁸本文用非参数方法构造一个整个工业生产的技术前沿，来评价其中的每一个行业的生产效率。涂正革和肖耿（2005）采用随机前沿生产函数模型估计每一行业的生产前沿，然后对行业内的每一企业的技术效率予以评价。显然，两者方法有一定的差异。由于评价尺度不一样，所以企业或行业的技术效率的得分会不一样。参数模型方法采用小尺子对微观企业的效率进行衡量，而非参数生产前沿方法却是用大尺子对每一行业的总体效率水平进行评估。因此，两者计算出的数值有些差异。

必须通过竞争、制度改革、利用资本市场、学习国际国内成功经验来提高技术效率，缩小与技术前沿的差距，来发掘劳动生产率增长潜力。

表 4：技术效率对劳动生产率增长的贡献最大和最小的五个行业

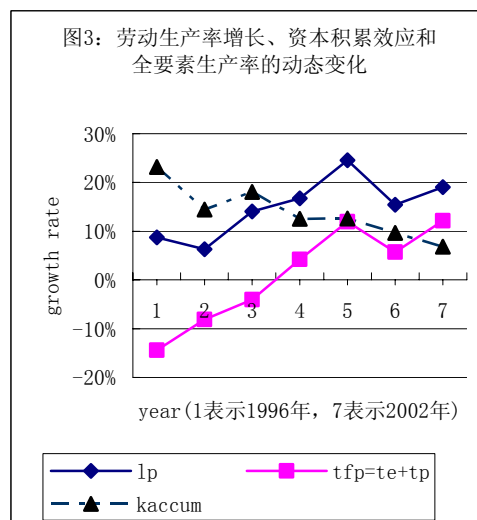
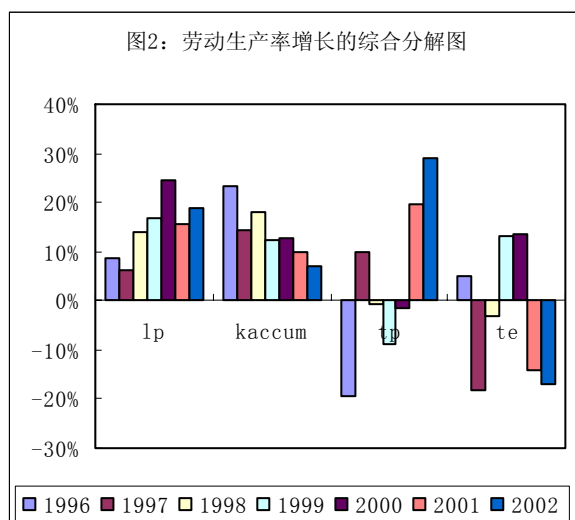
行业及代码	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[19]皮革、皮毛、羽绒	0.443	-0.186	-0.16	0.284	0.149	0.076	-0.169	0.04
[13]食品加工	0.158	-0.228	-0.082	0.367	0.193	-0.003	-0.178	0.023
[34]金属制品	0.109	-0.17	0.061	0.176	0.204	-0.141	-0.057	0.013
[37]交通设备制造	0.017	-0.293	0.022	0.153	0.14	-0.011	0	0.012
[17]纺织业	0.232	-0.136	-0.052	0.253	0.177	-0.177	-0.184	0.006
平均（增加值为权重）	0.049	-0.18	-0.033	0.132	0.134	-0.14	-0.168	-0.04
[06]煤炭采选业	0.033	-0.277	-0.053	-0.018	0.08	-0.071	-0.249	-0.091
[22]造纸业	0.128	-0.282	-0.126	0.238	0.047	-0.347	-0.154	-0.094
[10]非金属矿采选业	0.15	-0.15	-0.067	0.041	-0.354	-0.221	-0.166	-0.113
[44]电力、蒸汽热水	-0.284	-0.125	-0.137	-0.012	-0.038	-0.094	-0.202	-0.122
[46]自来水生产与供应	-0.151	-0.178	-0.102	0.156	-0.126	-0.179	-0.362	-0.135

5. 世纪之交也是中国工业增长模式发生变化的转折点

区分技术前沿进步和相对前沿的技术效率变化对劳动生产率增长的贡献具有其独特的经济和政策含义。前者反映了最高技术水平的变化，前沿技术水平的提高往往依赖于先进技术、工艺的创新和引进，需要大量的投入；而后者反映了与最高技术水平的差距状况，缩短与前沿技术水平的差距往往更注重企业内部的管理、经营体制的转变和企业的治理结构等等因素。两者关系紧密不可分割。将技术进步率与技术效率增长率结合在一起就是全要素生产率的增长率。全要素生产率是衡量资源配置效率的最重要的单一指标。

本文根据全要素生产率增长对劳动生产率增长的贡献大小来判断增长模式的特征及其转变。综合考察技术进步和技术效率的行业动态变化特点，我们发现 1999 年是大中型工业经济增长模式发生变化的转折点。1996-1998 年劳动生产率增长率分别为 8.7%、6.3%和 14%，但是在这期间的资本积累效应分别为 23%、14.4%和 18%，全要素生产率的增长（技术进步率和技术效率增长率之和）都为负数：-14.4%、-8.1%和-4.0%。显然，在这期间，中国工业的增长模式是典型的粗放型增长。

但是，这种情况在 1999 年发生了变化，1999 年至 2002 年劳动生产率仍然保持强劲的增长势头，增长率分别为 16.7%、24.5%、15.4%和 19%。与此同时，资本深化效应逐年下降，而全要素生产率增长的贡献由 1999 年的 4.2%，上升到 2002 年的 12.2%，这是增长模式发生变化的表现。图 2 给出劳动生产率增长的综合分解图。图 3 则勾勒出了劳动生产率、资本积累以及全要素生产率的动态变化。



如果劳动生产率增长中超过 50% 的贡献来自于全要素生产率的提高，那么定义该行业为高度集约型增长模式；如果全要素生产率的贡献率在 0 至 50% 之间，我们定义为一般集约型增长模式；如果全要素生产率的贡献率在 0 与 -50% 之间，定义为一般粗放型增长模式；全要素生产率的贡献小于 -50%，定义为高度粗放型增长模式。根据本文对增长模式的定量界定，我们发现 1996 年 38 个行业中 30 个行业属于粗放型增长，其中 21 个严重粗放型增长，但是 2002 年，集约型增长的行业为 33 个，高粗放型增长的行业仅有 5 个，而且高集约型增长的行业数量增加到 18 个。不同增长模式的行业分布清楚地表明了 1999 年是工业增长模式的转折点。表 5 给出了 1996-2002 年不同工业增长模式的行业数量分布变化状况。

表 5: 不同增长模式的行业数量分布变化

增长类型	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
高粗放增长(<-50%)	21	26	21	6	4	5	5
粗放增长 (-50%~0)	9	9	5	5	4	2	
集约增长 (0~50%)	7	1	10	13	9	18	15
高集约增长(>50%)	1	2	2	14	21	13	18

6. 那些行业主导各个时期的中国工业增长方式？

上面根据全要素生产率对劳动生产率增长的贡献率来判断行业的增长模式，但是，决定整个工业的增长方式必须还要看行业在整个工业中的份额大小。本文通过分析各行业对整个工业增长模式转变的贡献，来确定哪些行业在主导中国工业增长模式的变化。两大因素决定行业的贡献大小：行业的工业增加值比重以及行业的全要素生产率增长率。由于市场、制度、国际贸易、资源环境等因素的影响，这两大因素存在动态变化。综合技术进步率和技术效率的分析结果，我们发现主导中国工业增长方式的行业：1999 年为黑色金属冶炼、电力、纺织、食品加工和电气机械与器材，这五大行业的全要素生产率的增长占全部行业的 65.8%；2000 年为石油天然气开采、黑色金属冶炼、化学原料及化学制品、电力、交通设备以及纺织业，这六大行业的全要素生产率的增长占全部行业的 66.8%；2001 年为交通设备、烟草、电力、石油加工和食品加工，这五大行业的全要素生产率增长占全部行业的 81.6%；2002 年为交通设备、烟草、电力、石油加工、电子通讯和黑色金属冶炼，这 6 大行业的全要素生产率增长占全部行业的 64.1%。可见，这些创造工业增加值大户的生产效率的提高对整个工业增长模式的改变具有举足轻重的作用。

五、 结论

本文以 1995-2002 年中国经济中的一个重要微观群体——大中型工业企业为样本数据,采用距离函数构造非参数生产前沿,将 38 个工业行业的劳动生产率增长分解为三个成分:资本深化效应、技术前沿的进步、技术效率的追赶效应,发现:

(1)大中型工业企业劳动生产率的增长平均每年为 15.9%,超过同期工业增加值每年 11.5% 的增长速度。1996-2002 年劳动生产率的增长率分别为 8.7%、6.3%、14%、16.7%、24.6%、15.4% 和 19%。1998 年以后劳动生产率都保持两位数的速度增长,而且呈现出加速增长的趋势,体现了我国经济效率和生产力发展水平的快速提升。

(2)资本深化(人均固定资产净值)对劳动生产率增长的贡献平均每年 12.9 个百分点,但是资本积累效应明显放缓,对劳动生产率增长的贡献从 1996 年的 23.2%、1997 年 14.9%、1998 年 18.1%、1999 年的 12.5%、2000 年的 12.6%、2001 年的 9.7%,下降到 2002 年的 6.5%,在劳动生产率快速增长的同时,资本积累效应的下降说明经济增长的模式开始转变。

(3)前沿技术进步对劳动生产率增长的贡献为平均每年 7 个百分点,2001、2002 年技术进步的贡献分别为 19.8、29 个百分点,显著超过资本积累效应。技术进步逐渐成为劳动生产率增长的主要力量。

(4)行业间技术效率的差距拉大导致劳动生产率增长平均每年减慢 4 个百分点,2001 年和 2002 年尤为突出,导致生产率减慢 14 和 16.8 个百分点。

(5)1999 年是中国大中型工业增长方式转变的拐点。本文根据劳动生产率增长中全要素生产率的贡献大小判断行业增长模式。38 个行业中,1999 年集约型行业的数量为 27 个、2000 年 30 个、2001 年 31 个、2002 年 33 个。另外,本文发现电力、交通设备、钢铁、电子通讯等工业增加值比重较大、全要素生产率增长较快的行业是大中型工业增长方式转变的主力军。

综合上述分析,中国大中型工业劳动生产率的增长,已经由 90 年代中主要依靠资本积累的单一动力推动,发展到世纪之交以技术进步为主、资本积累为辅的多引擎驱动,表明中国工业增长方式已经出现由粗放型向集约型转变的迹象。但是,行业间技术效率的差距拉大,也成为劳动生产率增长的一个障碍,是转变经济增长模式必须面对的一个挑战。

需要说明的问题

本文采用非参数技术前沿方法对大中型工业的增长模式,特别是前沿技术进步和相对前沿的技术效率进行了分析,并得出了一些结论。但是,作者认为有必要澄清下列几个问题,以便于更好地理解本文所得出的结论:

(1)构造工业总的技术前沿会忽略了单个行业的技术前沿特征。本文构造整个工业的前沿生产模型来衡量单个行业的技术效率和技术进步,带来的问题是,将行业的技术前沿、资源、地理位置、竞争性等特征所导致的效率差异都归咎到了技术效率的不同。

(2)技术进步是**前沿技术**的进步率。前沿技术是整个工业中投入产出比最高的行业技术结构,或者说,前沿技术进步代表了效率最高的行业生产效率的提高。各行业计算前沿技术进步率时假定行业的技术效率保持不变,仅仅只有投入水平的不同。因此,技术进步是具有共性的“前沿”技术进步。

(3)本文所使用的数据样本仅仅是每年 2 万 2 千多家大中型工业企业,相比每年约 20 万

家规模以上工业企业，仅占其中的 12%左右，因此，不能将本文的结论作为对整个工业生产效率状况的判断。

(4) 资本、劳动力要素的异质性。不同行业资本的新旧程度不同，而且劳动力素质肯定有很大的差异，但是本文的研究由于数据资料的缺乏，不能够给予区分。这样带来的后果是将所有这些差异都归咎于生产效率的差异。因此，今后进一步的研究将要考虑人力资本、企业用于技术创新、技术引进的无形资产，对劳动生产率增长作更深入的研究。另外，可以考虑用非参数的成本前沿来对经济效率进行衡量。非参数的成本前沿不仅要用到投入产出的数据，而且要用到要素的价格信息，利用反映企业多方面信息的数据肯定会得出更有价值的结论。

参考文献

1. 蔡昉 (2005): “经济增长方式转变与可持续性源泉”, 宏观经济研究, 12:34-71。
2. 胡鞍钢和郑京海 (2004): “中国全要素生产率为何明显下降”, 北京大学中国经济研究中心政策性研究简报, 15(总第 431 期)。
3. 涂正革和肖耿 (2005): “中国的工业生产力革命——用随机前沿生产模型对中国大中型工业企业全要素生产率增长的分解及分析”。经济研究, 3:4-16。
4. 涂正革和肖耿 (2006): “中国经济的高速增长能否持续—基于大中型工业企业生产率的分析”, 世界经济, 2:2-10。
5. 王玲 (2003): “增长核算及对我国劳动生产率增长的实证分析”, 清华大学中国经济研究中心工作论文, No.200310。
6. 吴敬琏 (2005a): “思考与回应: 中国工业化道路的选择”, 学术月刊, 12:38-45。
7. 吴敬琏 (2005b): “‘十一五’必须认真解决增长模式问题”, 中国物流与采购, 8:10-12。
8. 吴敬琏 (2005c): 中国经济增长模式抉择, 上海远东出版社。
9. 颜鹏飞和王兵 (2004): “技术进步、技术效率与中国生产率增长”, 经济研究, 12: 55-65。
10. 袁乾培 (2006): “转变增长方式: 协调持续发展的必由之路”, 宏观经济管理, 1:50-52。
11. Caves, Douglas W.; Christensen, Laurits R. and Diewert, Erwin. (1982): “The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity.” *Econometrica*, 50:6 1393-1414.
12. Fare, Rolf; Grosskopf, Shawna; Norris, M; and Zhang, Z. (1994): “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries.” *American Economic Review*, 84:1, 66-83.
13. Fare, Rolf; Grosskopf, Shawna; Norris, Mary (1997): “Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: reply.” *American Economic Review*, 87:5, 1040-1044.
14. Farrell, M. J. (1957): “The measurement of productive efficiency.” *Journal of the Royal Statistical Society*, 120:253-281.
15. Fisher, Irving. (1927): *The making of index numbers*, 3rd Ed. Boston: Houghton Mifflin
16. Kalirajan, K.P.; Obwona, M. B.; and Zhao, S. (1996): “A decomposition of total factor productivity growth: The case of China’s agricultural growth before and after reform.” *American Journal of Agricultural Economics*, 78(2):331-338.
17. Kumar, Subodh and Russell, Robert R. (2002): “Technological Change, Technological Catch-up, and Capital Deepening: Relative Contributions to Growth and Convergence.” *American Economic Review*, Vol. 92(3): 527-548.
18. Lucas, R. E. (1988): “On the Mechanics of Economic Development.” *Journal of Monetary Economics*, 22:3-42.
19. Malmquist, S. (1953): “Index Numbers and Indifference Surfaces.” *Tradajos de Estadística*, 4:209-42.
20. Nishimizu, M. and Page, J. M. (1982): “Total factor productivity growth, technological progress and technical efficiency change: dimensions of productivity change in Yugoslavia 1965-78.” *Economic Journal*, 92:920-936.
21. Romer, P. M. (1990): “Endogenous technological change.” *Journal of Political Economy*, 98 (2):71-102.
22. Shephard, Ronald W. (1970): “Theory of cost and production functions.” Princeton, NJ: Princeton University Press.

23. Solow, R. M. (1957): "Technical change and Aggregate production function." *American economic Review*, 39(3): 312-20.
24. Wu, Yanrui(2000): "Is China's Economic Growth Sustainable? A Productivity Analysis." *China Economic Review*, 11:278-296.
25. Wu, Yanrui (2003): "Has Productivity Contributed to China's Growth?" *Pacific Economic Review*, 8:15-30.

附录：技术结构、技术效率的非参数构造方法

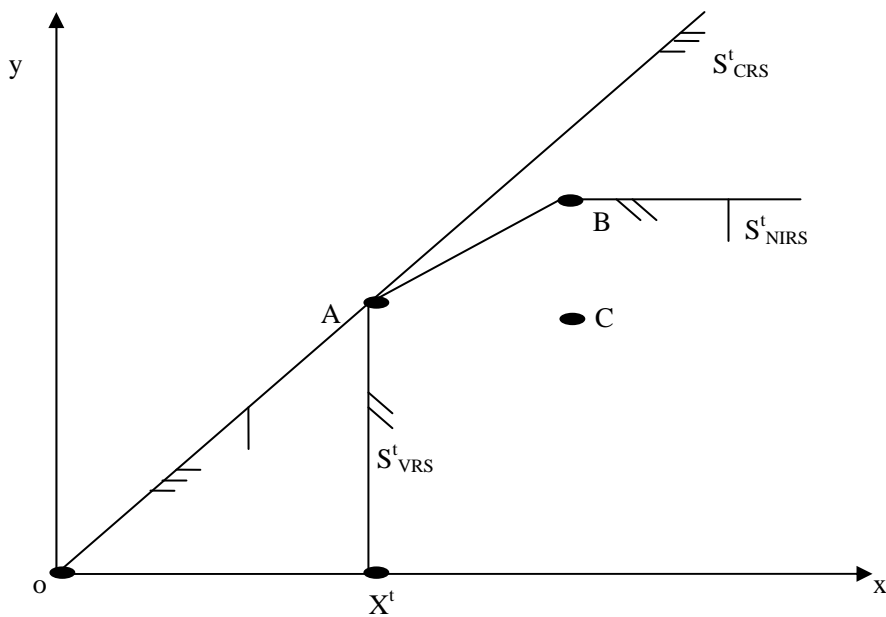
生产前沿（边界）是判断生产者个体生产效率高低的基准。落在生产前沿上的生产点被称为“最佳实践者”，落在生产前沿“内部”的生产点，称为在技术上存在效率损失。数据包络分析(Data Envelopment Analysis, 缩写为 DEA)技术是一种应用非常广泛的非参数方法，通过数学规划计算生产技术前沿、评价生产者的技术效率。非参数方法的最大优点是不需要设定生产者最优行为目标，诸如成本最小化、利润最大化等，而且也不需要设定生产函数的形式作特殊的假定。DEA 技术的概念最初由 Farrell（1957）提出，其基本思想是用“最小的”或“匹配最紧密”的凸面球壳包络投入产出数据集，所得到数据集的边界就代表“最佳实践”的技术前沿。DEA 是一种数据驱动(data-driven)方法，依靠投入产出的数据挖掘出两大信息：技术前沿和相对于参照技术的效率评价。

1. 技术前沿的定义

按照 Farrell(1957)关于技术结构和技术效率的概念，假定有 $k=1, \dots, K$ 个决策单位,每一时期 $t=1, \dots, T$ 使用 $n=1, \dots, N$ 种要素 $x_n^{k,t}$ ，生产 $m=1, \dots, M$ 种产品 $y_m^{k,t}$ 。每一观察值 $\left\{ \left(x^{k,t} \right)_{N \times 1}, \left(y^{k,t} \right)_{M \times 1} \right\}$ 都严格为正值。观察的生产者个数每一时期都保持一致。用样本数据集构造第 t 期规模报酬不变 (CRS) 的技术前沿 S^t ：

$$S^t = \left\{ \left(X^t, Y^t \right) \in \mathfrak{R}_+^2 \mid y^{k,t} \leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y^{k,t}, x^{k,t} \geq \sum_{k=1}^K z^{k,t} x^{k,t}, z^{k,t} \geq 0, \forall k \right\} \quad (A1)$$

技术 S^t 包含了第 t 期所有投入、产出向量 (X^t, Y^t) 的可行集合。(A1) 所构造参照技术的特征是规模报酬不变，而且投入要素具有可处置性（生产相同的产品，所需投入要素的组合可以改变，比如减少资本，增加劳动力）。变量 z^k 是强度变量，既反映决策单元在评价技术效率的权重，同时也是衡量技术结构的参数。构造可变规模报酬的技术，仅仅增加约束 $\sum_{k=1}^K z^{k,t} = 1$ 。固定规模报酬技术下的技术效率可以分解为可变规模报酬技术下的纯技术效率和规模效率。从构造参照技术的约束条件看，固定规模报酬的技术包括可变规模报酬和非递增规模报酬的技术特征 (Fare 等人, 1997)。图四说明了可变规模报酬、非递增规模报酬和固定规模报酬的参考技术示意图。



图四、参考技术的构造示意图

图四描述了单一要素投入、单一产出的简单生产，根据式 (A1) 定义的技术结构 S^t 。假定只有三个生产单位：A、B、C。如果增加约束条件，限定强度变量 $\sum_{k=1}^K z^k_j \leq 1$ ，即考虑了非递增 (nonincreasing) (递减、固定) 规模报酬的技术结构。图中可以看出直线 oA 代表了规模报酬不变的技术结构，但是 oAB 则表示非递增的规模报酬参考技术，而 x^tAB 则表示可变规模报酬的技术结构。从约束的逻辑上看，固定规模报酬的技术结构包括其他两种技术结构，因为其对强度变量的约束条件最少。

2. 距离函数与技术效率

距离函数被引入到生产率研究领域是因为，距离函数不仅可以描述多产出-多要素投入的生产前沿技术，也可以对不同生产者、不同时期生产活动的生产效率进行比较评价。距离函数分为产出型和投入型距离函数。产出型距离函数衡量了给定投入下，实际产出向量相对于所参照的技术前沿能够扩张的最大比例。

根据 Farrell(1957)对产出型技术效率的定义，在给定技术结构特征和要素投入，实际产出于最大产出的比例。同期产出距离函数 (t 期的生产 $\{x^t, y^t\}$ 属于 t 期的生产可行集 S^t) 的倒数正好是产出型技术效率。Farrell 定义的技术效率有两大局限：一是不能用基期 (或当期) 的技术前沿评价当期 (基期) 生产的技术效率；二是其技术效率的取值在 $\{0, 1\}$ 之间。用距离函数评价生产效率就不受这两大约束限制。为了表达方便，下面计算的距离函数的口径与产出技术效率一致。按照 Shephard(1970)，相对于参照技术 S^t ，生产者在 t 期的产出距离函数可以定义为：

$$D_o^t(x^t, y^t) = \min_{\kappa} \{ \kappa : (x^t, y^t / \kappa) \in S^t \} = \left(\max_{\theta} \{ \theta : (x^t, y^t \theta) \in S^t \} \right)^{-1} \quad (A2)$$

这里产出距离函数定义了给定投入 x^t , 产出向量 y^t 在技术 S^t 范围内能够扩张的最大比例的倒数。求解(A2)中最小化所得到的目标函数值 κ 表示, 给定投入 x^t 下实际产出与最大产出的比率。这正是产出技术效率的概念。(A2) 中求解最大化所得到的目标函数值 θ , 表示实际产出向量相对于所参照的技术前沿能够扩张的最大比例, 其倒数正是技术效率值。产出距离函数 $D_o^t(x^t, y^t) \leq 1$, 与产出技术效率的取值范围一致。 $D_o^t(x^t, y^t)$ 一方面衡量生产个体的技术效率, 另一方面暗含了技术前沿 S^t 的特征, 即对于每一种投入组合, 都对应着一组最优的产出组合(对于多产出)。当 $(x^t, y^t) \in S^t$, 距离函数值等于 1 表明该生产者最佳实践者。(A2) 式定义了 t 期生产参照于 t 期技术前沿的距离函数。

为了利用 Malmquist 生产率指数思想⁹, 下面定义用 t 期的生产技术作为参照衡量 t+1 期生产 (x^{t+1}, y^{t+1}) 效率的产出距离函数:

$$D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) = \left(\max \{ \theta : (x^{t+1}, y^{t+1} \theta) \in S^t \} \right)^{-1} \quad (\text{A3})$$

这个距离函数描述了 t+1 期的投入 x^{t+1} , 参照于 t 期的技术前沿 S^t , y^{t+1} 所能够扩张的最大比例的倒数。当技术前沿向上大幅推进, 生产点 (x^{t+1}, y^{t+1}) 可能落在第 t 期生产前沿面的外部, 那么该距离函数衡量的技术效率值就大于 1。同样, 可以考察 t 期的生产 (x^t, y^t) 参照于 t+1 期技术 S^{t+1} 的距离函数 $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ 。下面讨论距离函数的具体测算方法。

3. 产出距离函数值的测度

Caves、Christensen 和 Diewert (1982, 简称 CCD) 提出了投入型、产出型和生产率 Malmquist 指数的经济理论。Fare 等人 (1994) 在 CCD 理论研究的基础上, 采用非参数线性规划方法测算距离函数。

基于固定规模报酬的技术前沿定义, 接下来用数学规划来求解四个与生产率变化有关的产出型距离函数值: $D_o^t(x^t, y^t)$ 、 $D_o^{t+1}(x^t, y^t)$ 、 $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 和 $D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})$ 。在固定规模报酬的技术 S^t 下, 生产者 $(x^{k,t}, y^{k,t})$ 在 t 期的产出型距离函数:

$$\begin{aligned} \left(D_o^t(x^{k,t}, y^{k,t}) \right)^{-1} &= \max_{\theta^k, z^{k,t}} \theta^k \\ \text{st: } \theta^k y^{k,t} &\leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y^{k,t}, \quad x^{k,t} \geq \sum_{k=1}^K z^{k,t} x^{k,t}, \quad z^{k,t} \geq 0 \quad \forall k \end{aligned} \quad (\text{A4})$$

⁹ Malmquist 指数思想是比较两个生产函数、投入与产出都不相同经济体的生产率的差异, 这与跨期生产率评价类似。

距离函数 $D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 的计算与此完全相同，仅仅将 t 换成 $t+1$ 。跨期距离函数稍微复杂一点，参照技术与生产活动不属于同一时期。用 t 期的参照技术评价 $t+1$ 期生产的效率，其距离函数为：

$$\begin{aligned} \left(D_o^t(x^{k,t+1}, y^{k,t+1}) \right)^{-1} &= \max_{\theta^k, z^{k,t}} \theta^k \\ \text{st: } \theta^k y^{k,t+1} &\leq \sum_{k=1}^K z^{k,t} y^{k,t}, \quad x^{k,t+1} \geq \sum_{k=1}^K z^{k,t} x^{k,t}, \quad z^{k,t} \geq 0 \quad \forall k \end{aligned} \quad (\text{A5})$$

值得注意的是，这个距离函数的计算涉及到了 t 期和 $t+1$ 期的观察值，用 t 期的技术作为参照去评价 $t+1$ 期生产 (x^{t+1}, y^{t+1}) 的技术效率。因为 (x^{t+1}, y^{t+1}) 并不一定属于技术 S^t 的生产可行集，所以在技术进步情况下 $D_o^t(x^{k,t+1}, y^{k,t+1})$ 的取值可能大于 1。用 $t+1$ 的技术 S^{t+1} 作为参照衡量 t 期的生产 $(x^{k,t}, y^{k,t})$ 的效率，其距离函数为：

$$\begin{aligned} \left(D_o^{t+1}(x^{k,t}, y^{k,t}) \right)^{-1} &= \max_{\theta^k, z^{k,t+1}} \theta^k \\ \text{st: } \theta^k y^{k,t} &\leq \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} y^{k,t+1}, \quad x^{k,t} \geq \sum_{k=1}^K z^{k,t+1} x^{k,t+1}, \quad z^{k,t+1} \geq 0 \quad \forall k \end{aligned} \quad (\text{A6})$$

上面我们讨论了非参数方法构造生产技术前沿及距离函数的计算。

The Shift of China's Industrial Growth Mode

Non-Parametric Production Frontier Analysis of the Labor Productivity Growth Dynamics in
China's Large and Medium-sized Industrial Enterprises

Tu Zhengge
Peking University

Xiao Geng
The University of Hong Kong

Abstract:

Using the method of non-parametric production frontier analysis, this paper decomposes the labor productivity growth of 38 industries of large and medium-sized enterprises in China into three components: increase of capital intensity, technological progress, and improvement of technical efficiency. Its findings include: (1) During 1996-2002, the labor productivity of large and medium-sized industrial enterprises grew on average 15.9% per year, with a rising trend of growth rate; (2) The increase of capital intensity contributed on average about 12.9 percentage points per year to the labor productivity growth, but with a declining trend, falling from 23.2 percentage points in 1996 to 6.9 percentage points in 2002; (3) The Technological Progress contributed on average 7 percentage points to the growth of labor productivity, lower than the contribution by the increase of capital intensity. However, the momentum of technological progress has been very strong in late years with its contribution to the growth of labor productivity achieving 19.8 percentage points in 2001 and 29 percentage points in 2002, much higher than the contribution by the increase of capital intensity; (4) The worsening of technical efficiency lowered the growth of labor productivity by 4 percentage points per year on average. In 2001 and 2002, it even lowered the growth of labor productivity by 14.0 and 16.8 percentage points respectively. These empirical evidences show that China's industrial labor productivity growth, at least for the large and medium-sized enterprises sector, has started to shift from the single-driver mode of capital expansion to the multi-driver mode which includes technological progress as the main driver and capital expansion as the complementary driver. In summary, at the turn of the century, China's industry seems starting to grow from extensive to intensive mode.

Key words: labor productivity, capital intensity, technological progress, technical efficiency, growth mode

JEL code: D24, C14, O33, O47, L60