

非参数成本前沿模型与中国工业 增长模式研究

涂正革 肖耿*

摘要 本文创建了面板数据下的非参数成本前沿模型框架,对转轨期间中国大中型工业的成本变化进行分解与分析。研究发现经济全球化、FDI、产权变革和有序竞争促进中国工业的前沿技术进步和资源配置效率提高,推动中国工业增长由粗放型向集约型转变。同时,行业间日益加大的技术效率差距已经对增长模式转变构成挑战。

关键词 非参数成本前沿模型,成本效率,配置效率,技术效率,成本节约指数

一、引言

改革开放以来中国经济发展的成就举世瞩目,人均GDP由改革初期的不足300美元,在2002年突破了1000美元大关,2006年接近2000美元。我国劳动生产率的快速增长体现了经济效率、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?转折点在哪一年?今后的发展趋势怎样?正确认识和评价当前的增长模式,总结以往的发展经验,对探讨和选择今后的发展道路具有非常重要的理论与实践指导意义。

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。中国需要转变经济增长方式的另一个原因是中国

* 涂正革,华中师范大学经济学院;通讯地址:湖北省武汉市珞瑜路152号,华中师范大学经济学院,邮编:430079;E-mail:tuzhengge@163.com。肖耿,清华大学-布鲁金斯研究中心,香港大学经济金融学院;E-mail:xiaogeng@hku.hk。国家社科基金项目“环境、能源约束下的中国工业增长模式研究”(项目编号:07BJY019)、湖北省社科基金项目《湖北省大中工业增长模式研究》(项目编号:2007-030)和华中师范大学“银桂计划”对本项目给予资助,作者对此表示感谢。

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发美国、欧盟、日本等发达国家的贸易保护情绪,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。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、固定资产投资等作出判断。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质量。

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 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 Romer (1986), Lucas (1988) 等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外,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 and 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 *et al.* (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 and 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。Atkinson and Cornwell (1994) 就提出了利用面板数据在成本前沿函数模型中估计技术效率与配置效率。Atkinson and Primont (2002) 在影子成本和距离函数框架下采用随机方法分解生产率的变化。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提供了一条新途径。

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(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、政府官员的政绩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。刘世锦（2006）对中国增长模式的若干问题进行了评述，将中国现阶段的增长模式的特征概括为“低成本竞争模式”。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，如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等。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、根源以及对策作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作出判断。Kalirajan, Obwona and 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，得出中国全要素生产率下降的结论。Zhuobao Wei（2002）等用 1993 年 1036 家特大型工业企业的数据研究了所有制改革对中国制造业生产率的积极影响。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 年的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, 2006a）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。涂正革、肖耿（2006b）采用非参数生产前沿的方法通过分析大中型工业企业劳动生产率的变化，考察了我国工业增长模式的特点。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% 可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，但是生产率指数方法完全忽略了要素的配置效率。从成本角度研究中国经济，特别是用非参数方法研究面板数据下的成本效率的有影响的文献尚未见到。

本文借助 Malmquist 指数思想和数据包络分析 (DEA) 技术，构造了面板数据下的非参数成本前沿模型，并基于成本前沿模型将成本变化分解为技术效率与要素配置效率改善、前沿技术进步、产出规模和要素价格变化五大成分。基于本文构建的非参数成本前沿模型，对 1995—2002 年中国大中型工业

38个行业的成本变化进行分解,从节约成本的途径考察工业各行业增长方式的特征及其面临的挑战。

与现有对增长方式的研究文献相比,本文具有这样几点贡献:(1)在方法上,创建了面板数据下的非参数成本前沿模型,考察增长方式的动态变化,避免了参数方法中成本前沿模型结构设定等假设可能带来的限制及错误。(2)基于非参数成本前沿模型,构建成本节约指数衡量工业增长模式,揭示了1999年是中国工业增长模式发生转变的拐点。(3)考察大中型工业企业要素资源的配置效率,补充了全要素生产率的研究,对于衡量我国经济的市场化程度也提供了一条新途径。(4)以转轨关键时期重要经济群体作为研究对象,考察了我国工业增长模式的转变面临的挑战,研究结论更具有政策指导意义。(5)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。

文章结构安排如下:第二部分,给出非参数成本前沿理论方法;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;最后即第五部分是文章的结论部分。

二、非参数成本前沿理论方法框架

无论是投入型还是产出型技术效率,都是从投入与产出之间的数量关系来衡量生产者的效率。然而,技术效率高,仅仅是企业获得良好经济效益的必要条件,而不是充分条件。比如,甲乙两家企业都生产同样一个单位的产品,甲厂需要投入1个单位要素 K ,2个单位的要素 L ,乙厂需要2个单位的要素 K ,1个单位的要素 L 。假若两个厂家的技术效率都为1,但并不能就此得出两个厂家的经济效率是最好的结论。问题就在于生产要素的价格对经济效率起着至关重要的作用。如果两个厂家面临的要素 K 与 L 的价格相同,都为1和2。显然,因为成本较低,乙厂的经济效率高于甲厂。要素资源的配置效率是问题的关键。成本效率研究在成本前沿基础上,既考虑投入与产出之间的技术效率,又要考虑要素价格因素所带来的配置效率。

(一)成本前沿方法述评

要素的配置效率和成本效率的计算都依赖于成本前沿函数。目前文献中广泛采用的方法可以归纳为两类:计量模型估计的参数方法和采用线性规划计算的非参数方法。参数方法的优点是在考虑随机因素下得到成本前沿函数的具体形式,并据此衡量生产者的配置效率和技术效率。但是最大的缺点是所有的计算都依赖于成本函数形式的设定及随机扰动项分布的假设,如技术是否中性、技术非效率是否存在、规模报酬、动态变化等假定可能限制数据与模型的匹配效率。超越对数成本函数模型形式虽然灵活,但是如果产出和

投入变量多，特别是对于面板数据，再加上技术变量与之交叉，会因模型中变量太多造成自由度大量损失，以及因变量之间高度共线性问题降低模型估计的有效性。如果根据 Shepard(1970)引理构建成本模型与要素需求模型的方程组系统，采用 SUR 估计方法，虽然可以提高模型估计的有效性，但是不能回避模型之间扰动项的相关性。另外，计算成本最小化的要素投入量(x^*)需要求解非线性方程(组)，加大了计算的难度和复杂程度。成本前沿的参数模型方法往往更适宜于大样本微观数据。¹

相反，而基于 DEA(Data Envelopment Analysis)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，非常灵活和有效率，缺点是不能解释随机误差，以及在一定的情况下成本效率的估计会产生偏差。但是在大样本加总数据中，这个问题会被弱化，因为随机误差对成本效率的影响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。²

本文借鉴 Malmquist 指数理论思想，利用数据包络分析(DEA)技术，构建面板数据下的非参数成本前沿模型，并依据成本前沿分解出成本效率、技术结构、生产规模和要素价格的变化对成本的边际效应。

(二) 非参数成本前沿与成本效率

本文将在投入型距离函数的基础上定义成本前沿。³ 距离函数的最大优点是可以衡量多投入-多产出情形的技术结构和技术效率。成本前沿是在投入产出数量之间的技术结构上施加投入要素的价格约束所得到的最优成本。

1. 参考技术与投入型距离函数

投入型距离函数是定义在要素投入集合 $L(y, t)$ 基础上，即：

$$D_I(y, x; t) = \max\{\rho: (x/\rho) \in L(y, t)\}, \quad (1)$$

这里， $L(y, t)$ 是 t 期能够生产的产出向量($y \in \mathcal{R}_+^m$)的所有投入要素向量($x \in \mathcal{R}_+^k$)的集合。投入型距离函数表示给定产出水平 y ，投入向量 x 能够缩小的最大倍数。投入型距离函数 $D_I(y, x; t)$ 对于要素 x 具有凹性、非递减性和正的线性齐次性，而对 y 具有非递增性。因此，如果投入向量 x 是要素可行集合 $L(y, t)$ 中的元素，那么投入型距离函数 $D_I(y, x; t) \geq 1$ 。如果 x 正好落在要素投入集合 $L(y, t)$ 的最内的边界，距离函数值就取 1。实质上，投入型距离函数包含了投入产出数量之间的技术结构。在投入要素集合 $L(y, t)$ 中，对于产出 y ，可以找到与之对应的最低投入量 x 。本文将 $L(y, t)$ 中所包含的这种投入

¹ 详细内容参阅 Kumbhakar and Lovell(2000)的第四章。

² 详细内容参阅 Coelli *et al.* (1998)。

³ 距离函数的详细定义参阅 Kumbhakar and Lovell(2000)的第二章。

产出的技术结构称为 t 期的参考技术 S^T 。下面都将沿用这一术语。

2. 非参数成本前沿的表述及其性质

在投入型距离函数基础上,加上投入要素的价格约束便得到生产 y 的最优成本。于是,对应于产出向量 y 和要素价格向量 w 在参考技术 S^T 下的成本前沿可以表示为⁴:

$$C^T(y, w) = \min_{x^*} \{w'x^* : D_1(y, x; t) \geq 1, w > 0\}, \quad (2)$$

拉格朗日函数为 $L(x, \xi) = w'x + \xi(1 - D_1(y, x; t))$, 一阶条件为 $w_j = \xi(\partial D_1(y, x^*; t)/\partial x_j), 1 - D_1(y, x^*; t) = 0$ 。 $\partial D_1(y, x^*; t)/\partial x_j$ 表示 $D_1(y, x; t)$ 对 x_j 的导数在 $x_j = x_j^*$ 处的值。一阶条件 $1 - D_1(y, x^*; t) = 0$ 表示成本前沿必定在最低等产量投入前沿面上,也就是最优成本一定是技术上最优效率的; ξ 为拉格朗日乘子,根据欧拉公式和投入型距离函数对 x 的线性齐次性以及一阶条件,不难证明 $\xi = C^T(y, w)$ 。利用库恩-塔克条件,可以求解最小成本的影子投入向量 $x^* = (x_1^*, \dots, x_m^*)$ 。

基于投入型距离函数的特性和成本前沿的定义,成本前沿函数具有以下五条重要的性质⁵:

(1) 如果参考技术发生改进, $\min(L(y, t)) > \min(L(y, t+1)) > 0$, 对应于产出 y 的最小要素投入向量变得更小,那么 $C^{T+1}(y_i, w_i) < C^T(y_i, w_i)$; (2) 如果 $w_i^a \geq w_i^b$, $C^T(y_i, w_i^a) \geq C^T(y_i, w_i^b)$, 即成本前沿对要素价格具有非递减性; (3) 成本前沿函数对于要素价格具有线性齐次性,即 $C^T(y_i, \alpha w_i) = \alpha C^T(y_i, w_i)$, $\alpha > 0$; (4) $\partial C^T(y_i, w_i)/\partial w_{j,t}$ 对要素价格 w_i 为零阶齐次,其经济含义是要素的需求与所有要素的价格水平无关(即当所有要素的价格同比例增长或缩小一个比例,对于单个要素的需求没有影响); (5) 成本前沿对于产出规模具有非递减性,即如果 $y_i^a \geq y_i^b > 0$, $C^T(y_i^a, w_i) \geq C^T(y_i^b, w_i)$ 。成本前沿的这些性质是分解和解释成本变化因素的理论基础。

3. 成本效率、技术效率与配置效率

基于成本前沿,就可以评价生产者的成本效率。在参考技术 S^T 下,生产者 t 期的成本效率定义为:

$$CE^T(y_t, w_t, x_t) = \frac{C^T(y_t, w_t)}{C_t} = \frac{w'x^*(y_t, w_t)}{w'x^A}, \quad (3)$$

这里, $0 < CE^T(y_t, w_t, x_t) \leq 1$; $C_t = w'x$ 是实际总成本。成本效率也称为经济效率或总效率,是与生产业绩密切关联的指标。成本效率不仅考虑投入与产出之间的数量关系,也考虑投入要素之间的优化组合。采用 Farrell (1957)

⁴ 参阅 Coelli et al. (1998), 第 160—166 页。

⁵ 参阅 Kumbhakar and Lovell (2000), 第 51—54 页。

对经济效率（或总效率）的定义，成本效率可以分解为技术效率与配置效率的乘积：

$$CE^T(y_t, w_t, x_t) = \frac{w'(\theta x)}{w'x} * \frac{w'x^*}{w'(\theta x)} \\ = TE(y_t, x_t | S^T) \cdot AE(y_t, w_t, x_t | S^T), \quad (4)$$

在多投入、多产出生产结构下，技术效率的测度要采用距离函数衡量。投入型技术效率 $TE(y_t, x_t | S^T) = \theta = 1/D_I(y_t, x_t; t)$ 。配置效率 $AE(y_t, w_t, x_t | S^T) = CE(y_t, x_t, w_t) / TE(y_t, x_t | S^T)$ 。

图 1 说明了配置效率是在最小投入要素的数量组合中，按照要素价格考虑的最佳要素投入比例。因此，技术效率针对投入的数量，而要素的配置效率是针对最佳的要素投入比率。

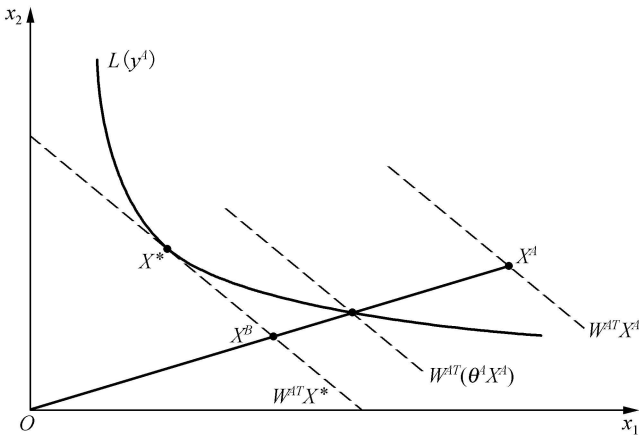


图 1 成本效率、技术效率与配置效率

（三）面板数据下的非参数成本前沿模型系统

成本前沿函数涉及参考技术、生产规模和要素价格三大因素。对于面板数据，为了衡量三大因素的变化对成本前沿的边际效应，不仅要计算参考技术、生产与要素价格同期的成本前沿，也必须测算参考技术、产出和要素价格在不同时期的跨期成本前沿。具体地，面板数据下的非参数成本前沿模型系统包括同期参考技术下的成本前沿、跨期参考技术下的成本前沿以及产出和要素价格跨期的成本前沿。

1. 同期参考技术下的成本前沿模型

考虑第 $i(i=1, \dots, N)$ 个生产者， t 时期投入 k 种要素 $x_{(k \times 1)}$ ，面对要素价格向量 $w_{(k \times 1)}$ ，生产 m 种产品 $y_{(m \times 1)}$ ，在规模报酬不变技术 S^T 下，其成本前沿为：

$$C_i^T(y_{i,t}, w_{i,t}) = \min_{x_{i,t}^*, \lambda} w'_{i,t} x_{i,t}^*, \quad (5)$$

$$\text{s. t. : } -y_{i,t} + Y'_i \lambda \geq 0, x_{i,t}^* - X'_i \lambda \geq 0, \lambda \geq 0, w_{i,t} > 0,$$

这里, X_i 和 Y_i 分别是所有生产者 t 期的 $(N \times k)$ 投入向量和 $(N \times m)$ 的产出向量; $x_{i,t}^*$ 是求解最小化问题所得到的要素投入 $(k \times 1)$ 向量; 向量 $\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_N)$ 反映决策单元在评价技术效率的权重, 也是衡量投入产出数量之间技术结构的参数。需要说明的是, 规模报酬不变的假设并不妨碍进一步分析规模报酬可变的生产技术结构。构造可变规模报酬的技术, 仅仅增加约束条件 $\sum_{i=1}^N \lambda_{i,t} = 1$ 。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 *et al.*, 1997)。

同样, 在 $t+1$ 期参考技术 S^{T+1} 下, 生产者 $t+1$ 期的最优成本 $C_i^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})$ 的计算与 (5) 式完全相同。为了表达简便, 下面省略生产者下标 i 。同期参考技术下的成本前沿是评价生产者当期成本效率的基准。如何计算跨期参考技术下的成本前沿呢?

2. 跨期参考技术下的成本前沿模型

本文借鉴 Malmquist 生产率指数的思想, 构造参考技术跨期的成本前沿模型。以基期 (t) 的技术 S^T 作为参照, 构造当期 ($t+1$) 生产者面临要素价格 w_{t+1} , 生产 y_{t+1} 的成本前沿:

$$C^T(y_{t+1}, w_{t+1}) = \min_{x_{t+1}^*, \lambda} w'_{t+1} x_{t+1}^*, \quad (6)$$

$$\text{s. t. : } -y_{t+1} + Y'_t \lambda \geq 0, x_{t+1}^* - X'_t \lambda \geq 0, \lambda \geq 0, w_{t+1} > 0.$$

同样, 可以构造当期技术 S^{T+1} 为参照的基期成本前沿 $C^{T+1}(y_t, w_t)$ 。通过比较成本前沿 $C^{T+1}(y_t, w_t)$ 和 $C^T(y_t, w_t)$ 或 $C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})$ 和 $C^T(y_{t+1}, w_{t+1})$, 我们可以观察技术变化对成本的边际影响。因为控制了产出规模和价格变量对成本前沿的影响, 两者的差异体现了技术结构变化对成本前沿的边际效应。

3. 生产规模和价格跨期的成本前沿模型

为了衡量生产规模变化对成本前沿的边际效应, 我们以当期的技术 S^{T+1} 和当期的要素价格 (w_{t+1}) 作为参考, 构造基期生产规模 (y_t) 的成本前沿:

$$C^{T+1}(y_t, w_{t+1}) = \min_{x_{t+1}^*, \lambda} w'_{t+1} x_{t+1}^*, \quad (7)$$

$$\text{s. t. : } -y_t + Y'_t \lambda \geq 0, x_{t+1}^* - X'_t \lambda \geq 0, \lambda \geq 0, w_{t+1} > 0.$$

考察 $C^{T+1}(y_t, w_{t+1})$ 与 $C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})$, 或 $C^T(y_t, w_t)$ 与 $C^T(y_{t+1}, w_t)$ 之间的变化, 即通过控制技术结构、价格因素来单独考察产出规模 y 对成本的

边际效应。为了衡量价格的变化对成本的边际影响，我们同样可以构造成本前沿 $C^{T+1}(y_{t+1}, w_t)$ 与 $C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})$ ，或者 $C^T(y_t, w_t)$ 与 $C^T(y_t, w_{t+1})$ 进行比较。

这种控制其他因素分析某一种因素的比较方法，与成本函数中偏导数的经济解释基本相同。这也正是 Malmquist (1953) 指数方法的精髓。下面以成本前沿为基础，通过分解成本变化的因素，界定增长模式。

(四) 成本增长的分解与增长模式的界定

1. 成本增长的分解

生产者的实际成本变化取决于成本效率和成本前沿的综合变化。而成本前沿的变化涉及三大因素：技术结构、产出规模和要素价格。本文利用实际成本与成本前沿以及成本前沿与技术结构、生产规模和要素价格之间的边际关系分解实际成本的变化。实际成本的变化首先分解为成本前沿和成本效率的变化的乘积：

$$\frac{C_{t+1}}{C_t} = \frac{CE^T(y_t, x_t, w_t)}{CE^{T+1}(y_{t+1}, x_{t+1}, w_{t+1})} \cdot \frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^T(y_t, w_t)} \quad (8)$$

(8)式将生产者实际成本的变化分解为相互独立的两部分：成本效率的变化和成本前沿的变化。等式右边的第一部分反映了成本效率的变化对实际成本的影响，若该项大于1表示成本效率下降导致成本升高。成本效率的高低取决于技术效率与要素配置效率两大因素的变化。第二部分反映了成本前沿的变化对成本的影响。三大因素决定成本前沿的变化方向：技术结构、要素的价格和生产规模的大小。根据成本前沿函数的性质，在其他条件不变的条件下，技术水平提高降低成本前沿，生产规模的扩大提高成本前沿，要素价格水平的上涨提高成本前沿。对(8)式右边乘以 $C^T(y_{t+1}, w_{t+1})/C^T(y_{t+1}, w_{t+1})$ ，并将成本效率分解为投入型技术效率和配置效率的乘积。于是，有

$$\begin{aligned} \frac{C_{t+1}}{C_t} &= \frac{TE(y_t, x_t | S^T)}{TE(y_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})} \cdot \frac{AE(y_t, w_t, x_t | S^T)}{AE(y_{t+1}, w_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})} \\ &\quad \cdot \frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^T(y_{t+1}, w_{t+1})} \cdot \frac{C^T(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^T(y_t, w_t)} \end{aligned} \quad (9)$$

(9)式右边的前两项分别表示技术效率和配置效率的变化对成本的影响；等式右边第三项衡量了在产出规模和要素价格保持不变条件下，技术结构的变化对成本的边际影响；而第四项则是保持技术结构不变条件下，产出规模和要素价格对成本的共同影响。因此，有必要进一步分解产出规模和要素价格变化对成本前沿的影响。

将(9)式右边最后一项的分子、分母同乘 $C^T(y_{t+1}, w_t)$ ，得到：

$$\frac{C_{t+1}}{C_t} = \frac{TE(y_t, x_t | S^T)}{TE(y_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})} \cdot \frac{AE(y_t, w_t, x_t | S^T)}{AE(y_{t+1}, w_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})} \cdot \frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^T(y_{t+1}, w_{t+1})} \cdot \frac{C^T(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^T(y_{t+1}, w_t)} \cdot \frac{C^T(y_{t+1}, w_t)}{C^T(y_t, w_t)} \quad (10)$$

(10)式右边最后的两项分别表要素价格的变化和生产规模的变化对成本的影响。这样,成本的变化分解为五个相互独立的部分:技术效率、配置效率、技术、生产规模和要素价格水平的变化对成本的边际影响。

2. 参照基准的考量与 Fisher 理想指数

衡量单个因素的变化对成本的影响,又涉及参照基准选择问题。在衡量技术结构变化对成本前沿的影响,可以以 t 期的产出和要素价格作为基准,观察 $C^{T+1}(y_t, w_t)$ 和 $C^T(y_t, w_t)$ 的变化。但是,也可以 $t+1$ 期的产出和要素价格作为参照基准,比较 $C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})$ 和 $C^T(y_{t+1}, w_{t+1})$ 的变化。为避免参照基准选择的随意性,根据 Fisher (1922) 的指数理论思想,也参照 Caves *et al.* (1982) 以及 Fare *et al.* (1994) 指数方法,取两种基准所得成本前沿变化指数的几何平均值。于是,有

$$\begin{aligned} \frac{C_{t+1}}{C_t} &= \frac{TE(y_t, x_t | S^T)}{TE(y_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})} \cdot \frac{AE(y_t, w_t, x_t | S^T)}{AE(y_{t+1}, w_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})} \\ &\quad \cdot \left\{ \frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^T(y_{t+1}, w_{t+1})} \cdot \frac{C^{T+1}(y_t, w_t)}{C^T(y_t, w_t)} \right\}^{1/2} \\ &\quad \cdot \left\{ \frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^{T+1}(y_{t+1}, w_t)} \cdot \frac{C^T(y_t, w_{t+1})}{C^T(y_t, w_t)} \right\}^{1/2} \\ &\quad \cdot \left\{ \frac{C^T(y_{t+1}, w_t)}{C^T(y_t, w_t)} \cdot \frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^{T+1}(y_t, w_{t+1})} \right\}^{1/2} \\ &= \text{TECH} * \text{AECH} * \text{TP} * \text{PCH} * \text{SCCH}. \end{aligned} \quad (11)$$

将 (11) 式两边取自然对数,并对技术效率、配置效率和技术进步的符号稍作调整以便于理解,得到:

$$\begin{aligned} \dot{C}_{t+1} &= \ln\left(\frac{C_{t+1}}{C_t}\right) = -\ln\left(\frac{TE(y_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})}{TE(y_t, x_t | S^T)}\right) \\ &\quad - \ln\left(\frac{AE(y_{t+1}, w_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})}{AE(y_t, w_t, x_t | S^T)}\right) \\ &\quad - \frac{1}{2} \left\{ \ln\left(\frac{C^T(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}\right) + \ln\left(\frac{C^T(y_t, w_t)}{C^{T+1}(y_t, w_t)}\right) \right\} \\ &\quad + \frac{1}{2} \left\{ \ln\left(\frac{C^{T+1}(y_t, w_{t+1})}{C^{T+1}(y_t, w_t)}\right) + \ln\left(\frac{C^T(y_t, w_{t+1})}{C^T(y_t, w_t)}\right) \right\} \\ &\quad + \frac{1}{2} \left\{ \ln\left(\frac{C^T(y_{t+1}, w_t)}{C^T(y_t, w_t)}\right) + \ln\left(\frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^{T+1}(y_t, w_{t+1})}\right) \right\} \end{aligned}$$

$$= -TE\dot{E}_{t+1} - A\dot{E}_{t+1} - T\dot{P}_{t+1} + \dot{P}_{t+1} + S\dot{C}_{t+1}. \quad (12)$$

于是成本增长率分解为对成本增长贡献可以直接累加的五大因素：技术效率和配置效率变化的效应、技术变化的效应、价格效应和生产规模效应。注意这里技术进步、技术效率和配置效率效应表示成本节约率，与生产函数中的解释稍有不同。

3. 成本节约指数与规模经济性的定义

(1) 成本节约指数。技术效率、配置效率和技术边际效应不受生产规模和要素价格因素变化的影响。基于此，我们构造成本节约指数来衡量行业增长模式。定义 $CSI = TE\dot{E}_{t+1} + A\dot{E}_{t+1} + T\dot{P}_{t+1}$ ，CSI 表示在产出规模和要素价格保持不变的条件下，因技术进步（退步）、技术效率和配置效率的改善（恶化）节约（浪费）成本的总比率。CSI 反映经济效率的高低。如果 CSI 大于零，我们就确定该行业为成本节约型行业；小于或等于零，就定义为非节约型行业。

(2) 规模成本经济性。另一方面，从产出规模对成本的边际效应计算规模成本经济性也可以考察增长模式的特点。定义单一产出结构下，生产规模对成本弹性 $\epsilon_{cy}(y, w) = \partial \ln C(y, w) / \partial \ln y$ 。将 (11) 式中产出规模对成本增长的边际贡献作适当的变换：

$$\begin{aligned} S\dot{C}_{t+1} &= \frac{1}{2} \{ (\ln C^T(y_{t+1}, w_{t+1}) - \ln C^T(y_t, w_{t+1})) \\ &\quad + (\ln C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1}) - \ln C^{T+1}(y_t, w_{t+1})) \} \\ &= \frac{y_{t+1} = y_t + \Delta y}{2} \{ (\ln C^T(y_t + \Delta y, w_{t+1}) - \ln C^T(y_t, w_{t+1})) \\ &\quad + (\ln C^{T+1}(y_t + \Delta y, w_{t+1}) - \ln C^{T+1}(y_t, w_{t+1})) \} \\ &= \frac{1}{2} \{ (\ln C^T(y_t + \Delta y, w_{t+1}) - \ln C^T(y_t, w_{t+1})) / (\Delta y / y_t) \\ &\quad + (\ln C^{T+1}(y_t + \Delta y, w_{t+1}) - \ln C^{T+1}(y_t, w_{t+1})) / (\Delta y / y_t) \} \cdot (\Delta y / y_t) \\ &\approx \frac{1}{2} \{ \epsilon_{cy}(y, w_{t+1} | S^T) + \epsilon_{cy}(y, w_{t+1} | S^{T+1}) \} \cdot \dot{y}_{t+1}. \quad (13) \end{aligned}$$

于是，将产出规模对成本的边际贡献分解为产出对成本的平均弹性与产出增长率的乘积。因此，由 $t+1$ 期生产规模增长 \dot{y}_{t+1} 和规模成本的边际贡献 $S\dot{C}$ ，可导出生产规模对成本的平均弹性为 $\bar{\epsilon}_{cy} = S\dot{C} / \dot{y}_{t+1}$ 。规模成本弹性小于 1，就说明产出增长的比率高于成本增长的比率。如果规模弹性值逐渐变小，就说明经济效率提高。这样，我们可以通过观察规模成本弹性的变化，来评价经济增长的质量的变化。

非参数成本前沿模型应用广泛，最重要的是该方法框架适用于多产出-多

投入生产结构的效率变化研究。借助面板数据下的非参数成本前沿模型,还可以讨论某一种产品或某一要素的价格的变化对成本的边际效应。比如有新产品和传统产品,可以分别考察新、老产品规模的变化对总成本的弹性和边际效应。这对于优化产出结构也有重要的意义。同样可以单独考查某一要素的价格对成本的边际效应,对于优化投入结构非常有价值。

从上面成本增长因素的边际效应分析看,参数方法中对函数模型的偏导数完全可以在非参数框架下实现。

三、数据及变量的定义

(一) 样本的来源及价格因素

本文数据来源于国家统计局大中型工业企业 1995—2002 年的年度统计数据,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的企业后,每年大约有 21 000 家企业,八年共 177 086 个观察样本。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 500 万人民币以上非国有企业总数的比例,大约每年为 12%。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。

价格因素是生产率研究所必须面临的挑战。尽管 1995—2002 年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,参照了涂正革和肖耿(2006a)的方法。本文采用 Matlab 6.5 程序实现 Panel data 下非参数成本前沿的计算。本文以两位数行业中为基本单位,通过分析中国工业成本的变化及其源泉,探讨中国工业各行业增长模式的特点及构建节约型社会所面临的挑战。

(二) 变量定义及其统计描述

关于投入产出变量的选择。反映企业产出的变量大致有三类:工业总产值(现价和不变价格)、销售收入和工业增加值。投入要素变量包括:固定资本、土地、劳动力、原材料和能源等。工业总产出与这些所有要素投入相对应,但是工业增加值却只与固定资本、土地和劳动相关。因为工业增加值不包括中间投入。支付土地的租金应该是增加值的一部分,但是大中型企业大

多是国有企业，或由国有企业转制而来，土地资本都归属固定资产。另外，由于各行业的原材料的要素和能源要素及其价格的数据很难得到。因此，本文只考虑增加值作为真正财富创造的产出指标，相应地，投入要素主要选择劳动和包含土地在内的固定资产。

本文研究工业成本增长及其源泉所涉及的变量主要包括，经价格调整的行业增加值 ($avalue$)、固定资产净值年平均余额 ($nvfixa$)、从业人员年均人数 ($labor$)，以及资本与劳动的行业平均价格 (pk, pl)。要注意的是本文研究的成本仅仅包括与工业增加值直接相关联的资本和劳动力的成本，这与一般意义上的产品成本有些区别。

表1 主要变量的统计描述

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
$avaluep$ (十亿 RMB)	304	17.51	18.82	0.14	130.03
$nvfixap$ (十亿 RMB)	304	44.70	56.90	0.78	429.77
$labor$ (百万人)	304	0.81	0.85	0.04	4.18
pk	304	0.22	0.07	0.07	0.45
pl (千元/人)	304	12.35	5.12	4.57	45.23

资料来源：根据大中型工业企业数据库整理。

劳动力价格，或者称劳动工资通过劳动总成本计算得来，与劳动相关的成本主要包括工资总额 ($wageb$)、奖金 ($pbonus$)、劳动福利 ($lwelf$) 以及劳动保险 ($linsur$) 支出。固定资本成本主要包括两方面：一方面是利息 ($rfee$) 支出，一般来讲，企业的长期贷款主要用于固定资产投资，自有资金用于流动资金，因此，利息支出可作为固定资产的成本之一；另一方面是固定资产的当年折旧 ($currdd$)，固定资产的折旧是固定资本的另一项成本，反映资本的自然磨损和技术磨损。我们将这两项费用作为资本要素投入的成本来计算资本的平均价格。(pk, pl)的计算采用行业劳动总成本和行业资本总成本分别除以劳动总人数和不变价格的固定资产净值。因此，要素价格是分别以劳动人数和固定资产净值为权重的行业加权平均价格。

需要说明的是，本文中计算的产出增长率(\dot{y})与要素投入增长率(\dot{k}, \dot{l})也是按两位数行业计算的。没有对每个企业分别计算增长率的原因在于样本的不平衡性，由于破产、兼并、新企业、企业的法人代码变化等原因，每年有许多企业退出样本，又有许多企业进入样本。因此，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发现中国工业成本前沿及成本效率动态特征，样本的非平衡性对行业成本增长分解的计算影响不大。⁶

⁶ 行业产出及投入要素的平均增长率、行业平均劳动及资本的价格计算详细结果可向本文作者索取。

四、实证分析结果

(一) 成本平缓增长与产出大幅增长

本文以工业增加值作为产出指标、以劳动力和固定资本净值为投入要素指标,从成本的结构分析要素价格、生产技术结构以及效率的变化对投入成本的影响。本文采用每一个行业在资本与劳动投入的总成本计算该行业成本的变化率,然后以不变价格的工业增加值作为权重进行加权平均,得到整个大中型工业的平均成本增长率。工业增加值的平均增长速度也采用不变价格的工业增加值为权重。分析结果显示,研究期间成本增长率平均为6.3%,1996年至2002年的年增长率分别为9.2%、5.7%、1.4%、5.2%、4.3%、8.9%和8.1%。而不变价格的工业增加值的增长率分别为:7.2%、6.4%、9.6%、15.4%、11.9%、20.4%和21.9%,七年的平均增长率为14.7%。⁷

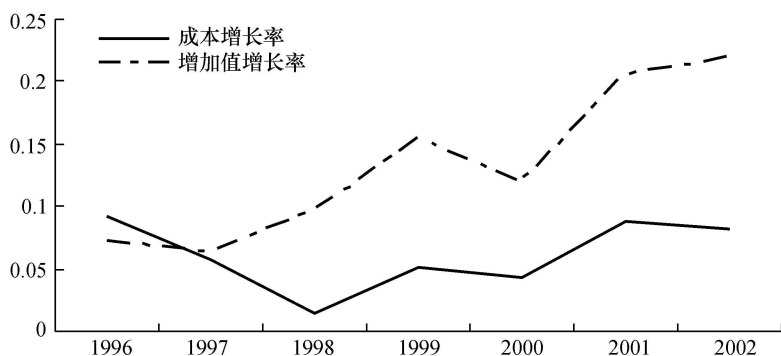


图2 投入、产出增长趋势比较

如图2所示,1996年的成本增幅大于产出增幅,1997年产出增幅大于成本增幅,此后两者差距逐渐拉大,2002年产出增幅高出成本增幅13.7个百分点。从生产效率角度,全要素生产率的增长不断加快,经济效率从总体上不断提高。⁸

在表2中,我们发现1996—2002年平均成本增长突出的五个行业分别是电子通讯业(增长17.6%)、煤气生产与供应业(增长15.2%)、电力(增长13.5%)、文体用品(增长13.3%)和自来水(增长12.9%),相对应的工业增加值的增长率分别为29.1%、24.8%、9.2%、20%和4.5%。除了自来水

⁷ 本文所有的平均值都以不变价格的工业增加值作为权重,这与作者其他文章中使用现价工业增加值所得出的平均值略有所不同。

⁸ 这与涂正革、肖耿(2005,2006a,2006b)用随机前沿模型和指数方法所得出的结论基本一致。

外，其他四个行业的成本增长都伴随着产出的更高速度增长。成本出现微弱负增长的五个行业的工业增加值的增长率分别为：非金属矿采选 4.3%、专用设备 9.6%、有色金属矿采选业 2.9%、纺织 8.6%，以及木材采运 -3.2%。可见，除木材采运业外，投入成本下降时，产出仍然以较高的速度增长。

上面实际成本的分析没有考虑要素价格因素。本文所计算的要素价格因素对成本的边际效应指数实质上也是要素投入综合价格指数。因为成本对价格具有线性齐次性。价格因素的变化对成本前沿的影响导致成本平均下降 0.4%。1996—1999 年要素综合价格下降导致成本分别下降：5.6%、4.5%、6%和 2.3%。但是，2000 年之后要素价格开始回升，2000 年成本因此上升 2%、2001 年上涨 2.5%、2002 年上涨 4.1%。从行业看，综合要素价格指数上涨快的行业都属于国家垄断行业，如烟草、电力、石油天然气开采业、自来水和煤矿采选业。而竞争性行业，如食品加工、木材加工、工艺品制造等行业要素的价格呈下降态势。

以大中型工业 2002 年的总体平均情况为例，不变价格的工业增加值增长 21.9%，现价成本增长 8.1%，扣除要素价格因素 4.1%，实际投入成本增幅仅为 4%。因此，综合考虑产出规模、投入成本和价格因素，大中型工业增长质量和生产力在大幅提高。

表 2 成本增长最快和最慢的五个行业

IND2	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[41]电子及通讯设备	0.092	0.115	0.129	0.1	0.174	0.208	0.24	0.176
[45]煤气生产与供应	0.272	0.075	0.396	0.109	0.300	0.093	-0.06	0.152
[44]电力、蒸汽热水	-0.033	0.085	0.276	0.184	0.092	0.145	0.155	0.135
[24]文体用品	0.346	0.055	0.119	0.009	0.088	0.235	0.106	0.133
[46]自来水生产与供应	0.147	0.232	0.102	0.082	0.135	0.011	0.207	0.129
平均	0.092	0.057	0.014	0.052	0.043	0.089	0.081	0.063
[10]非金属矿采选业	-0.129	0.042	0.016	-0.024	-0.115	0.137	0.015	-0.006
[36]专用设备制造	0.042	-0.035	-0.046	-0.074	0.025	-0.047	0.029	-0.013
[09]有色金属矿采选业	-0.122	0.053	-0.166	0.076	0.057	-0.066	0.005	-0.017
[17]纺织业	0.002	-0.007	-0.148	-0.043	0.008	-0.024	0.011	-0.025
[12]木、竹材采运	0.033	-0.014	0.018	-0.213	-0.101	-0.142	0.038	-0.048

资料来源：根据大中型工业企业数据库计算。

(二) 规模经济性逐年提高

工业增长效率提高的结论可以从生产规模增长对成本的弹性看出。规模成本弹性反映了生产规模的扩大对前沿成本的边际效应，如果规模弹性小于 1，产出的增长导致成本节约或较慢的增长，就说明规模对成本具有经济性。相反，则说明规模成本不经济。

生产规模的扩大会导致成本的提高。根据式(13)，产出规模变化对前沿成本变化的边际效应为：

$$S\dot{C} = \frac{1}{2} \left\{ \ln \left(\frac{C^T(y_{t+1}, w_t)}{C^T(y_t, w_t)} \right) + \ln \left(\frac{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^{T+1}(y_t, w_{t+1})} \right) \right\}.$$

以电子通讯行业 2002 年为例, 计算四个前沿成本 $C^T(y_{t+1}, w_t)$ 、 $C^T(y_t, w_t)$ 、 $C^{T+1}(y_{t+1}, w_t)$ 和 $C^{T+1}(y_t, w_t)$, 就可以计算出 2002 年电子通讯行业的产出规模增长导致成本增长的边际效应。将各行业规模成本效应加权平均即可得到当年生产规模变化的成本的边际效应。1996—2002 年产出增长对成本增长的边际贡献分别为: 6.1%、5.9%、8.6%、14%、11.1%、17.8% 和 19.4%, 七年平均为 13.1%。如果不考虑其他因素, 14.7% 的产出增长带来成本增长为 13.1%。从行业分布看, 电子通讯、交通设备和塑料制品业的生产规模扩大对成本增长的边际贡献超过了 20%; 但是石油加工、木材采运因减产, 边际成本下降 0.3% 和 3.7%。

研究产出对成本的边际贡献必须联系产出的增长, 求产出对成本的弹性指标。根据(13)式推导出规模对成本的近似弹性公式: $\bar{\epsilon}_{cy} = S\dot{C}_{t+1}/\dot{y}_{t+1}$, 就可以计算每一行业每年产出规模对成本的弹性值。

表 3 中, 从总体平均看, 中国大中型工业的产出规模对成本前沿(注意这里不是实际成本)的弹性为 0.938, 且呈下降趋势。产出成本弹性从 1996 年的 0.984 下降到 2002 年的 0.907。从行业分布看, 电子通讯、交通设备、医药等行业的规模经济性特别突出。相反, 石油加工、专用设备和木材采运等行业则显示规模不经济。

上面从产出与成本, 以及规模经济性的变化特点, 本文发现工业增长的质量逐年提高。但是工业经济效率好转到底是哪些因素在背后推动呢? 下面分别从前沿技术进步和成本效率角度分析成本节约的源泉。

表 3 规模成本弹性最小和最大的五个行业分布

IND2	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[41]电子及通讯设备	0.988	0.913	0.833	0.93	0.924	0.822	0.868	0.881
[37]交通设备制造	0.959	0.955	0.925	0.923	0.945	0.86	0.839	0.898
[30]塑料制品	0.84	0.956	0.961	0.876	0.914	0.841	0.932	0.900
[27]医药制造	0.904	0.914	0.9	0.897	0.919	0.903	0.902	0.905
[45]煤气生产与供应	0.986	0.836	0.712	0.98	0.934	0.995	0.903	0.908
平均	0.984	0.971	0.959	0.932	0.946	0.915	0.907	0.938
[06]煤炭采选业	1.01	1.029	1.032	0.994	0.961	0.954	0.936	0.985
[09]有色金属矿采选业	1.086	0.953	1.065	0.908	0.958	1.001	0.985	0.990
[36]专用设备制造	1.307	0.984	1.02	0.933	0.949	0.98	0.886	0.994
[25]石油加工、炼焦业	1.045	1.013	1.024	0.985	1.091	0.933	0.939	1.002
[12]木、竹材采运	0.998	1.011	0.973	1.121	1.007	1.049	0.992	1.019

资料来源:根据大中型工业企业数据计算。

(三) 技术进步对降低成本的贡献日渐突出

前沿技术进步，是指在保持成本效率、生产规模和要素价格不变条件下，因技术改进使得前沿成本降低的比率。本文定义的前沿技术进步衡量了对成本的边际贡献率：

$$T\dot{P} = \frac{1}{2} \left\{ \ln \left(\frac{C^T(y_{t+1}, w_{t+1})}{C^{T+1}(y_{t+1}, w_{t+1})} \right) + \ln \left(\frac{C^T(y_t, w_t)}{C^{T+1}(y_t, w_t)} \right) \right\}.$$

从上式可以发现，如果 t 到 $t+1$ 期出现技术进步，那么在要素价格 W 不变条件下，参照 $t+1$ 期技术生产 y 所用的成本肯定要小于参照 t 期技术生产同样产量 y 的成本。为了避免参照标准选择的随意性，采用不同参照标准就可以从成本前沿的变化计算出技术进步对降低成本的平均大小。

分析结果显示，1996 年至 2002 年大中型工业企业因技术进步年均节约成本 9%，特别是 2001 年和 2002 年，因技术进步节约成本高达 20.3% 和 28.3%。

表 4 技术进步对降低成本的边际贡献最大和最小的五个行业

IND2	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[41]电子及通讯设备	-0.13	0.093	0.041	-0.074	0	0.204	0.284	0.116
[45]煤气生产与供应	-0.022	0.089	0.073	-0.043	0.021	0.204	0.284	0.111
[37]交通设备制造	-0.11	0.092	0.051	-0.071	-0.001	0.204	0.284	0.109
[16]烟草加工	-0.045	0.089	0.069	-0.056	0.012	0.204	0.284	0.102
[27]医药制造	-0.13	0.093	0.044	-0.071	-0.001	0.204	0.284	0.101
平均	-0.11	0.092	0.046	-0.074	-0.004	0.203	0.283	0.09
[09]有色金属矿采选业	-0.124	0.093	0.045	-0.075	-0.006	0.203	0.283	0.069
[25]石油加工、炼焦业	-0.108	0.092	0.05	-0.07	0.002	0.204	0.284	0.067
[07]石油天然气开采	-0.12	0.092	0.05	-0.078	-0.014	0.203	0.283	0.065
[17]纺织业	-0.161	0.095	0.022	-0.089	-0.016	0.203	0.283	0.064
[12]木、竹材采运	-0.102	0.093	0.035	-0.083	-0.013	0.203	0.283	0.05

资料来源：根据大中型工业企业数据计算。

如何理解前沿技术进步对成本的效应？首先要明确的是这里的技术概念具有非常广泛的内涵，不仅包括先进的工艺、专利、技术创新、高科技设备与人才等直接技术因素，还包括经济周期，以及经济、社会、法律制度的变迁等非技术因素，如私有企业发展、国企改革进展、税制改革、外商投资、加入 WTO 等等都会对产出有深远的冲击，并影响生产率的提高。值得注意的是，技术进步对成本节约的巨大贡献正好发生在中国加入 WTO 之后，国外投资与国内廉价的劳动力的结合，再加上巨大的国际国内市场，为中国工业特别是大中型工业的发展提供了广阔的空间和难得的历史机遇。

因此，我们认为将前沿技术进步的贡献称为 WTO “红利” 更为恰当。初步分析发现，可以归纳出以下四大因素对前沿技术进步可能产生重要的影响：

第一,行业内各企业间的激烈竞争是前沿技术进步的市场压力。随着中国市场经济改革的深入,经济由供给短缺转向供给过剩,加上关税保护措施逐渐减少,市场竞争日趋激烈,迫使企业引入先进技术、工艺,加大技术的投入,以保持在市场中的优势。因此,激烈的竞争却极大地促进了行业的前沿技术进步。我们研究的38个行业中前沿技术进步缓慢的行业,如煤气、自来水、电力、石油加工与石油开采业等都属于国家高度垄断、缺乏竞争的行业。而前沿技术进步对生产率增长影响大的行业,如电子通讯设备、交通设备、食品加工制造、医药制造业等,都是开放度高、竞争激烈的行业。

第二,全球化与外商直接投资是前沿技术进步的源泉。中国加入WTO为中国企业提供了更广阔的市场,也提出了更高的技术及质量要求,同时外商的大举进入极大地加快了技术引进及更新的步伐。大中型工业企业中,外商投资企业由1995年的1000家增加到2002年的2935家,短短八年仅从数量上增加约两倍。港澳台投资企业由1995年的936家企业增加到2002年的2495家。外资特别是日本、欧美企业的投资是推动行业技术水平提高的源泉。

第三,所有制结构的变革是前沿技术进步的内在动力。明晰的产权关系确保技术创新所得内在化,是前沿技术进步的内在动力。1995年至2002年间大中型工业企业所有制结构发生了巨大的变化。私有企业的数量由1995年的5家增长到2002年的1302家,混合制企业由1233家增加到6135家,外商与港澳台企业比重增加将近两倍,国有企业却由15361家下降到7215家,集体企业也由4008家下降到2138家。产权关系模糊的国有企业和集体企业的比重下降超过一半,而产权清晰的企业大幅度上升,这是前沿技术进步大幅提高的制度改革因素。

第四,经济扩张期营造了前沿技术进步的外部环境。经济的复苏,会带来大规模的需求,企业要素的少量投入会得到巨大的额外产出,这样生产率提高了。相反,在经济衰退期,需求的大幅减少,导致产出相应减少,但是,劳动力和固定资本的减少是非常困难的,特别是固定资产。这样,生产率就会明显的下降。按照我们的计算,经济扩张效应就体现在技术进步效应中。另一方面,1996年至2002年间,全国GDP的增长率保持在8%左右的速度、全社会的固定资产投资率大都保持两位数的速度增长,特别是国际市场的开拓,市场需求规模扩大,无疑为大中型工业企业加大研发投入和技术创新提供了良好的外部环境。

前沿技术代表大中型工业中投入与产出间的最优技术结构,前沿技术进步的贡献是假定其他因素不变条件下,最优秀工业行业的前沿成本可能降低的比率,没有考虑偏离前沿的许多行业相对成本前沿在技术上的低效率和要素配置的低效率。在实际中,许多行业往往在成本前沿之上达不到最优成本效率。

因此,在研究前沿技术对成本的边际贡献的同时,还必须考虑行业的实

际成本与前沿成本之间的差距，即成本效率对实际成本的效应。

(四) 成本效率及其变化对成本影响

成本效率反映实际成本水平与成本前沿水平的差距。行业间成本效率差距拉大就会导致总体成本上升。因此，在保持成本前沿下降的同时，缩减与成本前沿间的差距、提高成本效率是节约成本一个重要环节。根据公式 (8)，成本效率变化对成本的边际效应 $CE\dot{C}$ 为：

$$CE\dot{C} = \ln \left[\frac{CE^T(y_t, x_t, w_t)}{CE^{T+1}(y_{t+1}, x_{t+1}, w_{t+1})} \right].$$

这里，如果行业的成本效率提高，则在其他条件不变的情况下实际成本下降。研究成本效率对成本变化的影响，首先得确定前沿成本，才能对单个行业的成本效率进行评价。

本文分析发现，烟草加工业在七年间成本效率一直是 100%。因此，烟草业是评价其他行业成本效率水平高低的标尺，也是“最佳实践者”。当然，这与烟草业国家垄断专卖、高价格和高税收分不开。1995—2002 年 38 个行业的成本效率平均水平只有 0.24，说明烟草业与其他行业发展的巨大差距。

标尺对成本效率的水平测度有一定影响，但是对成本效率变化的测度影响不大。成本效率水平的高低只是反映该行业与前沿水平间的差距大小，但是成本效率的变化对成本变化起决定性作用。因此，我们分析成本增长及其效率因素得出结论与烟草这个特殊行业没有太大的关联。

成本效率的变化直接影响成本的变化。成本效率提高 1%，成本就可以节约 1%。从表 5 可以看出，1996 年至 2002 年行业之间成本效率差距拉大导致成本上升 2.7%。1996—2002 年成本效率的变化波动较大，特别是 2000 年后前沿技术的进步推动成本前沿大幅向下移动，相应地，2001 年、2002 年行业间成本效率差距拉大导致成本上升 8.9% 和 12.9%。

表 5 成本效率增长最快与最慢的五个行业

IND2	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[37]交通设备制造	-0.052	-0.142	0.021	0.152	0.088	0.021	0.056	0.035
[42]仪器仪表	0.064	-0.139	0.168	0.225	0.17	-0.122	-0.148	0.013
[23]印刷、记录媒介	0.241	-0.04	0.055	0.204	0.025	-0.013	-0.185	0.012
[34]金属制品	0.067	-0.124	0.042	0.129	0.15	-0.075	-0.071	0.005
[16]烟草加工	0	0	0	0	0	0	0	0
平均	0.022	-0.134	-0.034	0.139	0.091	-0.089	-0.129	-0.027
[10]非金属矿采选业	0.062	-0.126	-0.104	0.129	-0.268	-0.11	-0.154	-0.083
[18]服装、纤维制造业	0.206	-0.274	-0.026	0.071	0.111	-0.122	-0.387	-0.083
[44]电力、蒸汽热水	-0.052	-0.149	-0.148	0.027	-0.015	-0.22	-0.227	-0.121
[46]自来水生产与供应	-0.021	-0.215	-0.046	0.038	-0.133	-0.179	-0.312	-0.125
[25]石油加工、炼焦业	-0.114	-0.233	-0.269	-0.016	-0.076	-0.11	-0.095	-0.131

资料来源：根据大中型工业企业数据计算。

从行业看, 仅仅交通设备、仪器仪表、印刷媒体和金属制品四个行业的平均成本效率略有提高, 对成本下降有一定的贡献, 绝大部分行业的成本效率呈下降态势。成本效率整体呈下降趋势, 反映了行业之间生产效率差距的扩大和行业发展的不平衡。

成本效率的变化取决于技术效率和要素的配置效率变化的综合结果。技术效率的变化对成本的边际效应为:

$$TE\dot{E} = \ln \left(\frac{TE(y_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})}{TE(y_t, x_t | S^T)} \right).$$

技术效率的变化与成本变化是一一对应的关系, 技术效率上升 1%, 实际成本就会额外降低 1%。从技术效率的变化情况看, 1996—2002 年行业间技术效率差距拉大导致成本上升 3.6%, 2001 年和 2002 年尤为突出, 技术效率水平下降导致成本分别上升 12.6% 和 15.2%。38 个行业中仅有皮革、交通设备、食品加工等 7 个行业相对前沿的技术效率水平提高而降低成本, 其他行业的技术效率都呈下降态势。石油加工、造纸业、电力和自来水等 5 个行业与前沿的技术效率差距不断加剧, 成本因此上升 10—14 个百分点。

表 6 技术效率变化突出的五个行业

IND2	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[19]皮革、皮毛、羽绒	0.434	-0.202	-0.2	0.282	0.127	0.067	-0.188	0.022
[37]交通设备制造	0.033	-0.295	0.012	0.143	0.133	-0.018	0.013	0.014
[13]食品加工	0.211	-0.268	-0.104	0.334	0.144	-0.014	-0.161	0.012
[42]仪器仪表	0.114	-0.183	0.177	0.217	0.197	-0.141	-0.19	0.005
[34]金属制品	0.141	-0.177	0.041	0.161	0.154	-0.162	-0.044	0.001
平均	0.064	-0.189	-0.031	0.141	0.119	-0.126	-0.152	-0.036
[25]石油加工、炼焦业	0.196	-0.202	-0.304	0.077	0.003	-0.052	-0.026	-0.102
[22]造纸业	0.117	-0.299	-0.096	0.178	0.053	-0.342	-0.166	-0.104
[10]非金属矿采选业	0.206	-0.189	-0.085	0.086	-0.393	-0.226	-0.164	-0.114
[44]电力、蒸汽热水	0.261	-0.14	-0.171	0.006	-0.006	-0.104	-0.197	-0.121
[46]自来水生产与供应	0.147	-0.15	-0.099	0.1	-0.126	-0.179	-0.375	-0.139

资料来源: 根据大中型工业企业数据计算。

成本效率区别于技术效率的核心在于考虑要素的配置效率。生产要素资源的优化配置能够降低生产成本提高成本效率。企业根据劳动力和资本要素的价格合理确定其使用量, 以达到成本最小化, 效益最大化的目标。但是并不是每一个生产者都能够实现成本最小化, 选择的要素投入量可能偏离最佳投入量, 造成成本上升。这就是资源配置的效率损失。配置效率水平反映了要素的市场化程度。人才、资本的自由流动为资源配置效率的提高提供了可能。从宏观角度看, 随着中国经济市场化程度的加深, 社会资源配置效率的提高是中国经济迅猛发展的重要因素。从微观上, 到底我国工业转轨时期市场化进程如何? 配置效率是否有所改善? 从配置效率的变化对成本的边际效应

的计算公式：

$$AE\dot{E} = \ln\left(\frac{AE(y_{t+1}, w_{t+1}, x_{t+1} | S^{T+1})}{AE(y_t, w_t, x_t | S^T)}\right).$$

$AE(\cdot)$ 的计算在前面已经说明。表 7 中，从平均来看，1996—2002 年要素配置效率的改善节约成本仅仅为 0.8%。但是，从变化趋势看，配置效率不断改善。1996 年要素配置效率下降导致成本上升 4.2%，而 2001、2002 年配置效率改善节约成本 3.7% 和 2.2%。从行业分布看，造纸业、木材加工橡胶制品、非金属矿采选和化学原料制品业的配置效率提高的相对较快，而服装、石油加工、油气开采、文体用品和皮革业的配置效率出现较大的下降。

表 7 要素配置效率变化突出的五个行业

IND2	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[22]造纸业	-0.06	0.098	0.028	0.008	0.033	0.165	0.041	0.054
[20]木材加工制品业	-0.063	0.115	0.033	0.047	0	0.051	0.043	0.036
[29]橡胶制品	-0.047	0.102	-0.008	0.042	-0.049	0.148	-0.006	0.031
[10]非金属矿采选业	-0.143	0.063	-0.019	0.042	0.125	0.116	0.01	0.03
[26]化学原料化学制品	-0.094	0.093	0.006	0.03	-0.009	0.068	0.052	0.027
平均	-0.042	0.055	-0.003	-0.001	-0.028	0.037	0.022	0.008
[18]服装、纤维制造业	-0.082	0.014	0.023	-0.107	-0.058	-0.008	0.005	-0.029
[25]石油加工、炼焦业	0.082	-0.031	0.035	-0.093	-0.08	-0.059	-0.069	-0.029
[07]石油天然气开采	-0.09	0.048	-0.044	0.049	-0.035	-0.071	-0.106	-0.036
[24]文体用品	-0.121	-0.004	-0.042	-0.143	-0.019	-0.037	-0.018	-0.051
[19]皮革、皮毛、羽绒	-0.124	-0.038	-0.051	-0.177	-0.086	-0.109	-0.012	-0.079

资料来源：根据大中型工业企业数据计算。

总之，市场配置资源的功能在逐渐显现，工业的配置效率在逐渐好转，但是各行业要素配置效率的差距仍然很大，提高配置效率是降低成本改善经济增长质量的一条有效的途径。

(五) 世纪之交也是中国工业增长模式发生变化的转折点

区分前沿技术进步、相对前沿的技术效率和配置效率对成本节约的贡献具有其独特的经济和政策含义。前沿技术进步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；相对前沿技术效率反映了实际产出水平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、产权结构、经营体制的转变和企业的治理结构等因素，而配置效率一方面衡量了企业在面对要素价格选择要素最佳投入量的能力，另一方面反映市场的要素资源配置功能的强弱。因为配置效率提高的前提是生产资源要素的自由流动。因此，配置效率的高低从某种程度上反映了市场化的程度。

前沿技术进步、相对前沿的技术效率和要素资源的配置效率三者关系紧

密不可分。将技术进步、技术效率和配置效率结合在一起是衡量经济效率、节约成本的重要指标。根据本文构造的成本节约指数 CSI, 1996—2002 年加权平均的成本降低率分别为 -9%、-4%、1.2%、6.5%、8.7%、11.4% 和 15.4%。

从行业数量看, 发现 1996 年 38 个行业中, 27 个属于非节约型行业, 仅 11 个是节约型行业。但是到了 1999 年, 整个大中型工业中, 约三分之二的行业转变为节约型行业, 到了 2002 年 38 个行业中 34 个为节约型行业, 仅仅黑色金属矿选业、服装业、家具制造业和自来水 4 个行业属于非节约型行业。

表 8 成本节约指数及节约型行业的数量分布

IND2	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	平均
[37]交通设备制造	-0.162	-0.05	0.072	0.081	0.088	0.224	0.34	0.144
[23]印刷、记录媒介	0.142	0.052	0.108	0.136	0.025	0.19	0.099	0.112
[45]煤气生产与供应	-0.125	0.091	0.47	-0.043	-0.052	0.103	0.18	0.111
[42]仪器仪表	-0.06	-0.046	0.213	0.151	0.163	0.082	0.136	0.105
[16]烟草加工	-0.045	0.089	0.069	-0.056	0.012	0.204	0.284	0.102
平均	-0.09	-0.04	0.012	0.065	0.087	0.114	0.154	0.063
[10]非金属矿采选业	-0.043	-0.034	-0.058	0.055	-0.265	0.094	0.13	-0.012
[12]木、竹材采运	-0.031	-0.028	0.018	-0.118	-0.077	-0.006	0.073	-0.024
[44]电力、蒸汽热水	-0.107	-0.059	-0.087	-0.042	-0.015	-0.016	0.056	-0.028
[46]自来水生产与供应	-0.05	-0.126	0.026	-0.021	-0.127	0.025	-0.028	-0.041
[25]石油加工、炼焦业	-0.222	-0.141	-0.219	-0.085	-0.075	0.093	0.189	-0.064
非节约行业(CSI≤0)	27	28	22	13	7	5	4	
节约型行业(CSI>0)	11	10	16	25	31	33	34	

资料来源:根据大中型工业企业数据计算。

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 8 给出了 1996—2002 年不同工业增长模式的定量分析及其不同增长模式行业数量分布变化状况。

五、主要结论及存在的问题

本文借助 Malmquist 指数理论思想和数据包络方法 (DEA) 技术, 构造了面板数据下的非参数成本前沿模型, 并基于成本前沿模型将实际成本的变化分解为技术效率、配置效率、前沿技术进步、产出规模和要素价格变化五大因素。基于本文构建的非参数成本前沿方法, 本文对 1995—2002 年间中国大中型工业 38 个行业进行分析, 研究发现:

(1) 产出规模大幅增长的同时, 成本平缓增长。1996—2002 年不变价格的工业增加值增长 14.7%, 增幅逐年上升, 实际成本的增长分别为 9.2%、5.7%、1.4%、5.2%、4.3%、8.9% 和 8.1%, 平均为 6.3%。产出与投入增长的差异反映生产效率的提高。

(2) 规模经济性显著。规模成本的经济性不断好转，规模成本弹性由1996年的0.984下降到2002年的0.907。

(3) 前沿技术进步逐渐成为工业增长模式转变的主要动力。前沿技术的进步年均节约成本9%，特别是2001年和2002年技术的推进节约成本高达20.3%和28.3%。

(4) 行业间技术效率的差距是增长模式转变面临的巨大挑战。行业之间成本效率差距拉大导致成本上升2.7%，成本效率下降主要归咎于行业间技术效率差距拉大所致，技术效率差距拉大导致成本增长3.6%，2001年和2002年增加成本高达12.6%和15.2%。

(5) 要素资源的配置效率逐渐改善。要素配置效率的改善导致成本下降了0.8%，值得注意的是，2001、2002年配置效率改善致使成本下降3.7%和2.2%。工业的配置效率的好转体现了市场配置资源功能的强化。

(6) 1999年是中国大中型工业增长方式转变的拐点。本文根据技术进步和成本效率改善节约成本的贡献大小判断行业增长模式。根据成本节约指数CSI，1996—2002年加权平均的成本节约率分别为-9%、-4%、1.2%、6.5%、8.7%、11.4%和15.4%。相应地，1996—1998年38个行业中非节约型行业占绝大多数，直到1999年节约型行业的数量转变为25个、2000年31个、2001年33个、2002年34个。

随着中国逐渐融入国际经济的大舞台，市场竞争环境的改善一方面刺激前沿技术的进步，促进要素资源配置效率的改善，加剧行业之间效率的差距；另一方面行业间效率差距反过来又会成为技术进步的潜在动力。因此，是竞争环境下技术进步和技术效率之间的交互作用推动中国工业经济增长由粗放型向集约型转变。综合上述分析，本文认为，至少在大中型工业层面，中国增长模式的转变在世纪之交已经显现，但是我们这样一个人口大国的工业化过程中出现的问题和挑战一定独具中国特色，需要深入分析和探索。

本文采用非参数成本前沿模型对大中型工业的增长模式，特别是前沿技术进步、相对前沿的技术效率和要素资源的配置效率进行了分析，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) 构造总的工业成本前沿会忽略了单个行业成本前沿的特征。本文构造整个工业的成本前沿衡量单个行业的成本效率和技术进步，带来的问题是，将行业的成本前沿、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成本效率的不同。

(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成本效率最高的行业效率的提高。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) 虽然大中型工业企业是代表中国工业生产最前沿的群体,但是其样本仅仅是每年两万两千多家企业,相比每年约二十万家规模以上工业企业,仅占其中的12%左右。因此,不能完全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以及一部分行业要素价格的非完全市场性。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,但是由于数据资料的缺乏,本文的研究未能给予区分。另外,烟草、电力、石油业等垄断行业的要素(特别是劳动力)价格远远高于其他行业,显然要素价格不完全由市场决定。这样带来的后果是将所有这些差异都归咎于成本效率的差异。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以及能源消耗,或者对单个行业企业数据进行研究,会得出更有针对性的建议和更准确的结论。

参 考 文 献

- [1] Atkinson S., and C. Cornwell, "Parametric Estimation of Technical and Allocative Inefficiency with Panel Data", *International Economic Review*, 1994, 35(1), 231—243.
- [2] Atkinson S., and D. Primont, "Stochastic Estimation of Firm Technology, Inefficiency, and Productivity Growth Using Shadow Cost and Distance Functions", *Journal of Econometrics*, 2002, 108(2), 203—225.
- [3] 蔡昉, "经济增长方式转变与可持续性源泉", 《宏观经济研究》, 2005年第12期, 第34—71页。
- [4] Caves, D., L. Christensen, and E. Diewert, "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity", *Econometrica*, 1982, 50(6), 1393—1414.
- [5] Coelli, T., D. Rao, and G. Battese, *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [6] Fare, R., S. Grosskopf, M. Norris, and Z. Zhang, "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries", *American Economic Review*, 1994, 84(1), 66—83.
- [7] Fare, R., S. Grosskopf, and M. Norris, "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Reply", *American Economic Review*, 1997, 87(5), 1040—1044.
- [8] Farrell, M., "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, 120(3), 253—281.
- [9] Fisher, I., *The Making of Index Numbers*, 3rd edition. Boston: Houghton Mifflin, 1922.
- [10] 胡鞍钢、郑京海, "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》, 2004年第15期(总第431期)。
- [11] 刘世锦, "关于我国增长模式转型的若干问题", 《管理世界》, 2006年第2期, 第1—11页。
- [12] Kalirajan, K., M. Obwona, and S. Zhao, "A Decomposition of Total Factor Productivity Growth: The Case of China's Agricultural Growth before and after Reform", *American Journal of Agricultural Economics*, 1996, 78(2), 331—338.

- [13] Kumar, S., and R. Russell, "Technological Change, Technological Catch-up, and Capital Deepening: Relative Contributions to Growth and Convergence", *American Economic Review*, 2002, 92(3), 527—548.
- [14] Kumbhakar S., and C. Lovell, *Stochastic Frontier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2002.
- [15] Lucas, R., "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1), 3—42.
- [16] Malmquist, S., "Index Numbers and Indifference Surfaces", *Tradajos de Estadistica*, 1953, 4, 209—242.
- [17] Nishimizu, M., and Page, J., "Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia 1965—1978", *Economic Journal*, 1982, 92(368), 920—936.
- [18] Romer, P., "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 1990, 98 (5), S71—102.
- [19] Shephard, R., *Theory of Cost and Production Functions*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1970.
- [20] Solow, R., "Technical Change and Aggregate Production Function", *American Economic Review*, 1957, 39(3), 312—320.
- [21] 涂正革、肖耿, "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》, 2005 年第 3 期, 第 4—16 页。
- [22] 涂正革、肖耿(a): "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》, 2006 年第 2 期, 第 2—10 页。
- [23] 涂正革、肖耿(b): "中国工业增长模式的转变——大中型工业企业劳动生产率的非参数生产前沿动态分析"。《管理世界》, 2006 年第 10 期, 第 57—68 页。
- [24] 王玲, "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, 2003 年, No. 200310。
- [25] 吴敬琏(a), "思考与回应: 中国工业化道路的选择", 《学术月刊》, 2005 年第 12 期, 第 38—45 页。
- [26] 吴敬琏(b), "'十一五' 必须认真解决增长模式问题", 《中国物流与采购》, 2005 年第 8 期, 第 10—12 页。
- [27] 吴敬琏(c), 《中国经济增长模式抉择》。上海: 上海远东出版社, 2005 年。
- [28] Wu, Y., "Has Productivity Contributed to China's Growth?" *Pacific Economic Review*, 2003, 8(1), 15—30.
- [29] Wu, Y., "Is China's Economic Growth Sustainable? A Productivity Analysis", *China Economic Review*, 2000, 11(3), 278—296.
- [30] 颜鹏飞、王兵, "技术进步、技术效率与中国生产率增长", 《经济研究》, 2004 年第 12 期, 第 55—65 页。
- [31] 袁乾培, "转变增长方式: 协调持续发展的必由之路", 《宏观经济管理》, 2006 年第 1 期, 第 50—52 页。

An Application of the Non-parametric Cost Frontier Model to Chinese Industrial Growth

ZHENGGE TU

(*Huazhong Normal University*)

GENG XIAO

(*Brookings-Tsinghua Center*)

Abstract This paper establishes a non-parametric cost frontier model to decompose cost growth of Chinese large and medium-size industrial firms, and finds that globalization, property rights reform, and moderate competition promote technological progress and allocative efficiency. This means that the Chinese growth model is shifting from an extensive one to an intensive one at the turn of the century. In the meantime, gaps among sectors are being enlarged, constituting a challenge for the Chinese economy.

JEL Classification D24, C14, O33