

# 高技术产业生产率估算与生产效率分析

廖泽芳

(中国人民大学经济学院, 北京 100872)

**摘要:** 近年来, 中国高技术产业的投入和产出均有了较明显的增长。基于DEA方法, 利用2000-2008年的数据, 从行业和地区层面对我国高技术产业生产效率及生产率变动进行了实证分析。结果表明, 我国高技术产业5大行业之间存在生产效率上的差异, 不同地区之间效率水平各异, 平均水平较低, 还存在较大的提升潜能。总体上看, 全要素生产率的增长主要是纯技术效率改善的结果, 规模效率的贡献不大, 迟缓的技术进步在一定程度上束缚了生产率的增长。

**关键词:** 高技术产业; 生产效率; 生产率; 数据包络分析(DEA)

中图分类号: F416

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2011.02.003

## Analysis on Productivity and Productive Efficiency of High-tech Industries

Liao Zefang

(School of Economics, Renmin University of China, Beijing 100872)

**Abstract:** Input and output of China's high-tech industries have been increased rapidly in recent years. Based on DEA, this paper empirically analyzes productive efficiency and changes of productivity of different industries and different regions of high-tech industries during 2000-2008. The results show that difference in efficiency among high-tech industries exists, the efficiency of different regions also varies, the average efficiency level is relatively low, and there is still a huge potential to improve. On the whole, the growth of total factor productivity (TFP) results mainly from the improvement of pure technology efficiency, whereas the contribution of scale efficiency is not big, and slow technology progress prevents productivity growth to some extent.

**Keywords:** high-tech industry, productive efficiency, productivity, DEA

## 1 引言

高技术产业是以技术带动产业发展、提高经济增长效益的重点产业, 不仅体现了国家或地区的经济竞争力, 更显示了科技等综合竞争力。高技术产业在我国是一个新兴的、发展迅速的产业。近年来, 相关的投入明显增长, 其中, R&D经费内部支出从1995年的17.85亿元增加至2008年的655.2亿元, 科技活动内部经费支出相应地由59.62亿元增加为1011.92亿元, 科技活动经费

筹集同时从65.13亿元增加到1045.95亿元。高技术对我国经济的贡献程度也显著增加, 从1995-2008年, 我国高技术产业的总产值从4098亿元提高到57087亿元, 占GDP的比重从4.09%上升到18.99%<sup>[1-3]</sup>。高技术产业是高投入高产出行业, 需要大量的资本、先进的技术和优质的人力资源, 生产效率是影响高技术行业企业生存和发展的关键因素。基于此, 本文根据相关投入和产出指标, 运用数据包络模型(DEA)分析, 从行业和地区层面对中国高技术及其细分行业生产效率进

**作者简介:** 廖泽芳(1973-), 女, 四川渠县人, 广东海洋大学经济管理学院副教授, 中国人民大学博士研究生, 主要研究方向: 世界经济研究。

收稿日期: 2010年5月20日。

行探讨和分析。本文将利用 DEA 模型从行业和地区层面上对我国高技术产业生产效率水平进行分析, 并使用 Malmquist 指数实证分析高技术产业的全要素生产率及其分解因素。

## 2 文献回顾

自从 20 世纪 20 年代 (1928) C-D 生产函数问世以来, 学术界从企业和产业等微观层面对各要素的生产率贡献展开了分析和探讨。至今, 这方面的实证分析方法主要有两大类: 参数法和非参数法。参数法是通过估计生产函数 (如 C-D、CES 等) 来实现对所考察对象生产率的测算, 可进一步分为随机前沿法 (SFA)、不定分布法 (DFA) 和模糊边界法 (TFA)。非参数方法是一种数据包络分析方法, 它无需设定生产函数, 主要包括数据包络分析 (DEA)、自由处置包 (FDH) 等。索洛 (Solow) 于 1957 年在经济增长方程中提出索洛“余值”后, 研究者逐步从各个层面展开了对包含技术进步的全要素生产率 (Total Factor Productivity, TFP) 探讨, 并在这方面产生了丰硕的成果<sup>[4-7]</sup>。

我国对生产率的相关研究于 20 世纪 90 年代逐步兴起。在我国高技术产业生产率的已有研究中, 多数利用生产函数对全要素生产率或个别要素生产率进行分析与估计, 包括参数法和非参数法。刘建翠 (2007)、李晓钟 (2008) 等运用 C-D 生产函数, 对中国高技术产业企业的全要素生产率进行了分析与探讨。前者研究表明, 国内外研发的投入是促进我国高技术大中型企业 TFP 增长的主要因素; 后者则表明, 我国高技术产业总体上属于资本投资驱动型增长, 在不同高技术产业的三资企业中, 劳动力、资本和技术进步对产出增长的贡献份额是有差异的<sup>[8-9]</sup>。李明智等 (2005)、王玲 (2008) 和朱有为等 (2007) 还分别应用 C-D 生产函数分析并测算了 R&D 和资本累积对中国高技术产业的技术进步与生产率增长的积极作用<sup>[10-12]</sup>。刘志迎等 (2007) 和成力为等 (2008) 则利用生产函数研究了高技术产业的劳动生产率状况, 得出了我国三大经济区域内的高技术产业劳动生产率自身收敛的结论, 但它们之间的差距在扩大, 成为高技术产业的地域集中现象。同时, 内资高技术密集制造业资本配置效率低、劳

动生产率相对低下<sup>[13-14]</sup>。

使用非参数法的研究中, 主要使用 Malmquist 指数模型进行了分析。王大鹏等 (2009) 对全要素生产率的动态分析表明, 我国高技术产业发展主要由技术效率提高和要素利用率提高带动, 而技术进步率呈下降趋势<sup>[15]</sup>; 胡鹤 (2009) 对中国高技术产业和传统产业效率进行了比较分析, 结果表明我国高技术产业静态效率水平高于传统产业, 动态效率水平低于传统产业, 它们的技术效率水平都有待于提高, R&D、人力资本、物质资本对效率变化都具有一定影响<sup>[16]</sup>。黄佐钊 (2009) 则从区域层面上对长三角地区高技术新产品开发效率进行了测度分析, 技术进步率和资源配置效率对这一地区不同时期新产品开发效率的影响程度不同, 地区内的影响因素也存在差异<sup>[17]</sup>。

## 2 高技术生产效率的实证分析

### 2.1 研究方法 with 模型

数据包络分析 (DEA) 方法是运用一组输入 - 输出数据估计相对有效生产前沿面, 不受投入与产出之间的价值量关系所制约, 是绩效分析中应用最广的方法之一。Malmquist 指数能反映出产业的全要素生产率 TFP 的变化状况, 采用这一分解方法, 能进一步探讨 TFP 变化的原因。

Farrell (1957) 是采用 DEA 方法研究生产效率的先驱。他通过数学规划来确定经济上的最优点, 将位于前沿面上的生产单元视为有效, 位于生产前沿面之下的点为无效, 此时, 实际观察值与前沿面之间存在一定的距离。在此基础上, A Charnes、Cooper 和 Rhodes 于 1978 年提出了固定规模报酬的 CCR 模型分析法, 即效率 = 产出加权组合 / 投入的加权组合<sup>[4-5]</sup>。

模型假定有  $n$  个决策单元 DMU、 $m$  种输入和  $s$  种输出,  $X$ 、 $Y$  分别表示  $m$  维和  $s$  维的投入和产出向量, 每个 DMU 的效率值可通过以下数据包络模型得到:

$$\begin{aligned} & \text{Max} \theta_c^i (X_i, Y_i | C) \\ \text{s.t.} & \begin{cases} \sum_{j=1}^n \omega_j X_{jt} \leq X_i \\ \sum_{j=1}^n u_j Y_{jt} \geq \theta_c Y_i, j = 1, 2, \dots, n \\ \omega_j \geq 0, u_j \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

式 (1) 即为 CCR 模型, 其中  $\omega_j$  和  $u_j$  分别为各决策单元中输入和输出对应的权向量。若  $\theta = 1$ , 说明对应生产点位于生产前沿面上, 生产在技术上有有效; 若  $\theta > 1$ , 则生产点在生产前沿面之下, 生产在技术上是无效的。

Malmquist 指数是由瑞典经济学家和统计学家 Sten Malmquist (1953) 提出, 在 Cave 等 (1982) 进一步发展的基础上, Fare (1989, 1990, 1992) 利用其基本原理, 运用 DEA 模型将投入产出指标融入 Malmquist (M) 生产率指数, 并于 1994 年将 M 进一步分解, 这一算法在经济分析中得到广泛应用<sup>[18-21]</sup>。

### 1. 距离函数

Fare 将距离函数定义为技术函数的倒数, 由式 (1) 可以得到基于 t 期技术条件下的距离函数为:

$$M_0(Y_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = \left[ \frac{D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1} | C)}{D_0^t(X_t, Y_t | C)} \times \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | C)}{D_0^{t+1}(X_t, Y_t | C)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

$$= \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | C)}{D_0^t(X_t, Y_t | C)} \times \left[ \frac{D_0^t(X_{t+1}, Y_{t+1} | C)}{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | C)} \times \frac{D_0^t(X_t, Y_t | C)}{D_0^{t+1}(X_t, Y_t | C)} \right]^{\frac{1}{2}} = EFFch \times TECHch$$

其中, 综合效率变化又可以进一步分解为规模效率变化 (SEch) 和纯技术效率变化 (PEch):

$$EFFch = \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | C)}{D_0^t(X_t, Y_t | C)}$$

$$= \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | C) / D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | V)}{D_0^t(X_t, Y_t | C) / D_0^t(X_t, Y_t | V)} \times \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | V)}{D_0^t(X_t, Y_t | V)} \quad (5)$$

$$= \frac{SE_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1})}{SE_0^t(X_t, Y_t)} \times \frac{D_0^{t+1}(X_{t+1}, Y_{t+1} | V)}{D_0^t(X_t, Y_t | V)} = SEch \times PEch$$

由式 (4) 和式 (5) 得:  $M_0(X_t, Y_t, X_{t+1}, Y_{t+1}) = TFPch = SEch \times PEch \times TECHch$  (6)

式 (6) 表明, 规模效率变化、纯技术效率变化和技术进步共同决定了生产率的变化, 其中, 前两项构成了综合效率变化。

### 3.2 样本和指标选取

由于地区经济发展程度不同, 我国各省市在高技术产业生产方面存在较大的差异, 结合数据的完整性, 以北京、上海、广东等 30 个省市为样本, 对它们的高技术及其细分的医药制造业、航空航天器制造业、电子及通信设备制造业、电子计算机及办公设备制造业、医疗设备及仪器仪表制造业 5 大行业的生产效率及生产率变动进行分析和探讨。借鉴其他行业已有研究的分析指标选择, 把从

$$[D_0^t(X_t, Y_t | C)]^{-1} = \theta^t(X_t, Y_t | C) \quad (2)$$

将基于 t 期既定投入的产出与基于 t+1 期技术的最大产出相比, 得到的混合距离函数为:

$$[D_0^{t+1}(X_t, Y_t | C)]^{-1} = Max \lambda_c$$

$$s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \omega_j X_{j,t+1} \leq X_t \\ \sum_{j=1}^n \omega_j X_{j,t+1} \geq \lambda_c X_t \\ \omega_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases} \quad (3)$$

Afriat 在式 (1) 中加入条件  $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$ , 得到了可变规模报酬条件 (VRS) 下的  $C^2GS^2$  模型, 其距离表示为  $(D_0^t(X_t, Y_t | V))$ 。

### 2. 生产率分解

基于上述距离函数就可以得到 Malmquist 生产率指数及其组成——技术进步 (TECHch) 和综合效率变化 (EFFch):

业人员的年平均数、年末固定资产原价、投资额作为投入项, 将当年价总产值作为产出项。

样本区间为 2000-2008 年, 其中, 2000-2003 年数据来自《2005 年中国高技术产业统计年鉴》, 2004-2008 年数据来自《2009 年中国高技术产业统计年鉴》。

### 3.3 实证结果分析

#### 1. 高技术产业生产效率<sup>①</sup>水平分析

表 1 考察期内我国高技术产业 5 大行业的生产效率水平, 有效水平为 1.000。从行业层面

① 生产效率指综合效率值, 该值在 0~1 之间变动, 值越小生产效率越低。生产点位于生产前沿面上的有效水平为 1, 生产点位于生产前沿面之下表示生产的低效, 效率值小于 1, 存在改进空间。

看，只有电子计算机及办公设备制造业的生产是有效的，其他行业的生产效率都比较低。医药、航空航天器和医疗设备及仪器仪表这三大行业的生产效率都呈现出增长趋势，前两项增长率超过一倍；但电子及通信设备制造业生产效率有所下降。从行业的平均水平看，我国高技术产业生产效率呈U型变动趋势，由2000年的0.555下降至2002年的0.434，之后又逐渐上升至2008年的0.615。除了电子计算机及办公设备制造业外，其他行业的生产效率还比较低，仍有较大的发展空间，尤其是效率最低的航空航天器制造业。

从区域层面的生产效率水平看（表2），全部位于生产前沿面上的只有北京、福建和江西，期间这些省市的高技术产业生产有效。此外，江苏、天津、广东、上海、浙江等东部沿海地区的生产效率相对较高，宁夏、青海、陕西等西部地区高技术产业平均生产效率水平较低。总体上，

我国高技术产业的区域生产效率与经济发展水平一致，从东部、中部、西部呈现出逐步下降的趋势，且东部地区明显领先于其他地区。

## 2. 高技术产业全要素生产率变化及分解

### （1）产业总体分析

从整体上看，2000-2008年期间，中国高技术产业的平均全要素生产率（TFP）增长率为3.0%，其中，综合效率（总效率）变动率为4.1%，而生产技术进步率为-1.1%；纯技术效率变动（3.3%）和规模效率变动（0.8%）共同促进了综合效率的改进。纯技术效率变动是TFP的主要贡献者，而生产技术变化（-1.1%）阻碍了TFP的增长，表明我国高技术产业技术进步迟缓；而在已有技术进步水平下，纯技术效率的改进和规模效率的提高促成了TFP的增长。

在考察期内，高技术产业TFP的增长呈倒U型变化趋势，2005年的TFP增长最快，增长率高

表1<sup>（注）</sup> 2000-2008年我国高技术产业各行业实际产量与前沿产量<sup>①</sup>差异表

行业	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
医药制造业	0.255	0.265	0.251	0.250	0.270	0.326	0.374	0.446	0.523
航空航天器制造业	0.140	0.166	0.152	0.166	0.176	0.248	0.270	0.327	0.382
电子及通信设备制造业	1.000	0.523	0.459	0.455	0.439	0.461	0.524	0.530	0.538
电子计算机及办公设备制造业	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
医疗设备及仪器仪表制造业	0.381	0.448	0.307	0.345	0.450	0.504	0.605	0.583	0.632
平均	0.555	0.480	0.434	0.443	0.467	0.508	0.555	0.577	0.615

注：原始数据来源于《中国高技术统计年鉴》（2005，2009）；表中的数据由DEAP2.1软件计算得到；文中所有表格的数据来源同此。

表2 我国各省市高技术产业实际产量与前沿产量差异表

地区	东部地区	中部地区	西部地区	北京	天津	河北	山西	内蒙古	辽宁	吉林	黑龙江
综合效率值	0.653	0.304	0.287	1.000	0.782	0.286	0.337	0.299	0.484	0.268	0.342
地区	上海	江苏	浙江	安徽	福建	江西	山东	河南	湖北	湖南	广东
综合效率值	0.759	0.975	0.705	0.389	1.000	1.000	0.461	0.278	0.381	0.287	0.775
地区	广西	海南	重庆	四川	贵州	云南	陕西	甘肃	青海	宁夏	新疆
综合效率值	0.601	0.605	0.517	0.333	0.305	0.751	0.237	0.345	0.262	0.172	0.607

① 实际产量指实际生产效率水平，前沿产量指生产有效水平1，与表2涵义同。

达13.1%，其中规模效率增长达12.9%，是增长的主要源泉，纯技术效率变动对增长也具有1.8%的贡献，但生产技术落后减缓了生产率的增长（表3）。

### （2）行业内部分析

从行业层面看（表4），全要素生产率（TFP）增长最快的是航空航天器制造业，其次是医药制造业，它们的平均增长率分别达14.2%和13.4%，也是我国发展潜力最大的两大高技术行业；效率变动和技术进步同时构成了它们增长的源泉，这两大因素同时也导致了电子计算机及通信设备制造业的平均TFP达11.6%的下降。电子计算机及办公设备制造业的增长缓慢，TFP仅为0.2%，技术进步是促使其生产率变动的唯一因

素，表明该行业的发展已趋于饱和。规模效率增加（6.5%）是促进医疗设备及仪器仪表制造业TFP变动（1%）的主要因素，生产技术则阻碍了该行业生产率的进步。

### （3）地区层面分析

从区域层面上看（表5），东部、中部、西部三大地区的平均全要素生产率（TFP）分别增长3.7%、8.0%和9.5%，增长最快的是西部地区，最慢的是东部地区，技术进步和效率变动同时促进了TFP的改善，效率改进是主要的影响因素。内蒙古、吉林、上海、湖南、宁夏、四川、河南这7个省区在2000-2008年期间平均TFP都有较显著的增长，其中增长最快的吉林省增长率达15%，效率改善和技术进步共同

表3 历年我国高技术产业 Malmquist 生产率指数及分解表<sup>①</sup>

年份	综合效率(EFFch)	生产技术(TEChch)	纯技术效率(PEch)	规模效率(SEch)	全要素生产率(TFPch)
2000-2001	0.946	0.803	1.054	0.898	0.760
2001-2002	0.878	1.152	1.111	0.791	1.012
2002-2003	1.039	1.056	1.028	1.010	1.097
2003-2004	1.075	1.051	1.008	1.067	1.130
2004-2005	1.150	0.983	1.018	1.129	1.131
2005-2006	1.112	0.962	1.007	1.104	1.070
2006-2007	1.071	1.022	1.017	1.052	1.094
2007-2008	1.085	0.924	1.021	1.063	1.002
均值	1.041	0.989	1.033	1.008	1.030

表4 高技术产业各行业的 Malmquist 生产率指数及分解表

行业	EFFch	TEChch	PEch	SEch	TFPch
医药制造业	1.094	1.037	1.101	0.994	1.134
航空航天器制造业	1.134	1.007	1.066	1.063	1.142
电子及通信设备制造业	0.925	0.955	1.000	0.925	0.884
电子计算机及办公设备制造业	1.000	1.002	1.000	1.000	1.002
医疗设备及仪器仪表制造业	1.065	0.948	1.000	1.065	1.010

① 表中数据是DEAP2.1软件分析结果（部分存在误差），表示全要素生产率及其影响因子的变动情况，表中所有数值同时减去1所得即表示对应变量的变动率；以表中的均值变动为例，存在如下等式关系：（1）（全要素生产率变化TFPch）（1.030-1）=（综合效率变化EFFch）（1.041-1）+（生产技术变化TEChch）（0.989-1）；（2）（EFFch）（1.041-1）=（PEch）（1.033-1）+（SEch）（1.008-1）；（3）（TFPch）（1.030-1）=（PEch）（1.033-1）+（SEch）（1.008-1）+（TEChch）（0.989-1）；理论原理见生产率分解中的式（4）~（6）。表4与表5数值涵义同表3。

表 5 2000-2008 年各区域和省市平均 Malmquist 生产率指数及分解表

地区或省市	EFFch	TECHch	PEch	SEch	TFPch
东部地区	1.025	1.012	1.000	1.025	1.037
中部地区	1.064	1.016	1.060	1.004	1.080
西部地区	1.079	1.015	1.082	0.997	1.095
北京	1.000	1.050	1.000	1.000	1.050
天津	1.021	1.061	1.021	1.001	1.083
河北	1.057	1.030	1.056	1.001	1.088
山西	0.963	0.984	0.961	1.002	0.947
内蒙古	1.156	0.979	1.115	1.036	1.131
辽宁	1.043	1.047	1.043	1.000	1.092
吉林	1.135	1.013	1.128	1.006	1.150
黑龙江	1.021	1.023	1.018	1.003	1.044
上海	1.030	1.093	1.030	1.000	1.126
江苏	0.952	1.028	1.000	0.952	0.979
浙江	1.008	0.956	1.010	0.998	0.964
安徽	1.035	0.975	1.029	1.006	1.010
福建	1.000	0.977	1.000	1.000	0.977
江西	0.913	1.019	0.915	0.998	0.931
山东	1.085	0.994	1.091	0.995	1.079
河南	1.094	1.010	1.092	1.001	1.104
湖北	1.021	0.994	1.019	1.002	1.015
湖南	1.098	1.017	1.091	1.006	1.116
广东	1.032	0.982	1.000	1.032	1.014
广西	1.066	1.016	1.058	1.007	1.083
海南	1.045	1.002	1.007	1.037	1.048
重庆	1.018	1.054	1.019	0.999	1.073
四川	1.095	1.012	1.093	1.001	1.108
贵州	1.056	1.028	1.058	0.998	1.085
云南	0.984	0.987	0.985	1.000	0.972
陕西	1.064	1.006	1.064	1.000	1.070
甘肃	0.972	1.027	0.989	0.982	0.998
青海	1.100	0.963	1.000	1.100	1.060
宁夏	1.087	1.035	1.095	0.992	1.125
新疆	0.912	1.073	0.988	0.923	0.978

促进了 TFP 的增长。其次是内蒙古，增长率为 13.1%，效率改善是其中的主要因素。这些增长较快的省市是考察期间高技术产业发展较快、潜力较大的地区。

还有 TFP 出现负增长的省份，如江西（-6.9%）、山西（-5.3%）、浙江（-3.6%）、新疆（-2.2%）、福建（-2.3%）、江苏（-2.1%）等，浙江和福建主要受技术进步不足的束缚，江西、新疆

和江苏则主要受效率水平下降的影响,受管制、制度等方面影响所导致的纯技术使用效率的降低是其中的关键影响因素。上述两种因素同时促使了山西省高技术产业 TFP 的降低。

#### 4 结论

本文根据 DEA 分析法测算了 2000-2008 年我国高技术产业及 5 大细分行业和 30 个省市的生产效率水平、全要素生产率及其影响因子——技术进步、纯技术效率和规模效率的变动。实证结果表明,高技术产业各行业之间的生产效率存在较大差距,全国各地区之间生产效率也各不相同,呈现东、中、西三大区域逐步降低的趋势。生产效率的平均水平还比较低,除电子计算机及办公设备制造业外,其他高技术产业的生产效率还有较大的提升空间。总体上,我国高技术产业的全要素生产率呈现增长态势,但电子及通信设备制造业出现了负增长,各地的全要素生产率变化及其原因也各不相同,纯技术效率是全要素生产率变化的主要因素,技术进步乏力束缚了全要素生产率的进一步增长。因此,要提高我国高技术产业的生产效率,还应该继续加大对高技术产业科技研发的投入,推动高技术产业的技术进步;同时要重视高技术产业的规模经济效应,通过产业集聚,改善高技术产业的规模效率,发挥北京等地在高技术产业方面的比较优势。

#### 参考文献

- [1] National Bureau of Statistics, National Development and Reform Commission, Ministry of Science and Technology. China Statistics Yearbook on High Technology Industry 2009 [M]. Beijing: China Statistics Press, 2009. (in Chinese)  
〔国家统计局,国家发展和改革委员会,科学技术部.中国高技术产业统计年鉴 2009[M].北京:中国统计出版社,2009.〕
- [2] National Bureau of Statistics, National Development and Reform Commission, Ministry of Science and Technology. China Statistics Yearbook on High Technology Industry 2005[M].Beijing: China Statistics Press, 2005. (in Chinese)  
〔国家统计局,国家发展和改革委员会,科学技术部.中国高技术产业统计年鉴 2005[M].北京:中国统计出版社,2005.〕
- [3] National Bureau of Statistics of China. China Statistics Yearbook 2009[M]. Beijing: China Statistics Press, 2009. (in Chinese)  
〔中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴 2009[M].北京:中国统计出版社,2009.〕
- [4] Farrell M J. The Measurement of Productive Efficiency[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957,120: 253-290.
- [5] Charnes A, Cooper W W, Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units[J]. European Journal of Operational Research, 1978 (2): 429-444.
- [6] Raymond J Kopp. The Measurement of Productive Efficiency: A Reconsideration[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1981, 96:477-503.
- [7] Solow R. Technical Change and the Aggregate Production Function[J]. Review of Economics and Statistics, 1957, 39(3): 312-320.
- [8] Liu Jiancui. Quantitative Analysis on Effect of R&D to Total Factor Productivity of High-tech Industry in Our Country[J]. Industrial Technology & Economy, 2007 (5): 51-54. (in Chinese)  
〔刘建翠. R&D 对我国高技术产业全要素生产率影响的定量分析 [J]. 工业技术经济, 2007 (5): 51-54.〕
- [9] Li Xiaozhong, Zhang Jun. Estimating and Analyzing the Total Factor Productivity of Joint Venture in Chinese Hi-tech Industry[J]. Journal of International Trade, 2008 (12): 90-95. (in Chinese)  
〔李晓钟,张军.我国高新技术产业三资企业全要素生产率的估算和分析 [J]. 国际贸易问题,2008(12): 90-95.〕
- [10] Li Mingzhi, Wang Yali. Quantitative Analysis on Total Factor Productivity of High-tech Industry and Its Influencing Factors in Our Country[J]. Science and Technology Management Research, 2005(6): 34-38. (in Chinese)  
〔李明智,王娅莉.我国高技术产业全要素生产率及其影响因素的定量分析 [J]. 科技管理研究, 2005(6): 34-38.〕
- [11] Wang Ling, Adam Szirmai. Technological Input and Growth in China's High-Tech Industries[J]. China Economic Quarterly, 2008(4): 913-932. (in Chinese)  
〔王玲,Adam Szirmai. 高技术产业技术投入和生产率增长之间关系的研究 [J]. 经济学(季刊),2008(4): 913-932.〕

(下转第 33 页)

- Beijing: China's Development Publishing House, 2002. (in Chinese)  
〔吴敬链. 发展中国高新技术产业：制度重于技术[M]. 北京：中国发展出版社，2002. 〕
- [7] Deng Ronghui, Wang Yaowu. Evaluation of Competitive Performance of Construction Companies Based on Artificial Neural Network[J]. Harbin: Journal of Harbin Institute of Technology, 2006(3):490-494.  
〔邓蓉晖，王要武. 基于神经网络的企业竞争力评估方法研究[J]. 哈尔滨：哈尔滨工业大学学报，2006(3):490-494. 〕
- [8] Zhou Chunxi. The Competitiveness of Business Goals Fuzzy Comprehensive Evaluation[J]. Quantitative & Technical Economic Research, 2002(3):17-19. (in Chinese)  
〔周春喜. 企业目标竞争力模糊综合评判[J]. 数量经济技术经济研究，2002(3):17-19. 〕
- [9] Song Yuhua. The Study of USA New Economy—The Transformation of Economy Normal Formulas and Institution Evolution[M]. Beijing: People's Press, 2002. (in Chinese)  
〔宋玉华. 美国新经济研究——经济范式转型与制度演化[M]. 北京：人民出版社，2002. 〕
- 
- (上接第22页)
- [12] Zhu Youwei, Xu Kangning. The Influence of Cumulation of R&D Capital on Productivity Growth: A Test on Chinese High-tech Industry (1996-2004)[J]. China Soft Science, 2007(4): 57-67. (in Chinese)  
〔朱有为，徐康宁. 研发资本累积对生产率增长的影响——对中国高技术产业的检验(1996-2004)[J]. 中国软科学，2007(4): 57-67. 〕
- [13] Liu Zhiying, Bi Libo. Analysis on Regional Convergence in Labor Productivity of China's High-tech Industry [J]. China High Technology Enterprises, 2007(4): 14-15. (in Chinese)  
〔刘志迎，毕丽博. 中国高技术产业劳动生产率地区收敛性分析[J]. 中国高新技术企业，2007(4): 14-15. 〕
- [14] Cheng Liwei, Wang Yaowu, Meng Xue. The Low Efficiency of Capital Allocation, the Relative Low Level of Labor Productivity and the Absolute Reduction of Employment Scale: A Phenomena in Domestic Capital High-tech Intense Manufacturing Industry[J]. Journal of Harbin Institute of Technology: Social Sciences Edition, 2008(1):103-108. (in Chinese)  
〔成力为，王要武，孟雪. 资本配置低效、劳动生产率相对低下与就业规模绝对减少——我国内资高技术密集型制造业的一个现象[J]. 哈尔滨工业大学学报：社会科学版，2008(1):103-108. 〕
- [15] Wang Dapeng, Zhu Yingchun. Analysis on Estimate of Dynamic Decomposition about the Change of Total Factor Productivity of High-tech Industry in Our Country[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2009(9):104-106. (in Chinese)  
〔王大鹏，朱迎春. 我国高技术产业全要素生产率变化动态分解评价研究[J]. 科技进步与对策，2009(9): 104-106. 〕
- [16] Hu He. Comparative Study on Total Factor Productivity between Hi-tech and Traditional Industries of China[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2009:47-52. (in Chinese)  
〔胡鹤. 中国高技术产业与传统产业全要素生产率比较研究[D]. 合肥：合肥工业大学，2009:47-52. 〕
- [17] Huang Zuoxing. Research of Development Efficiency of High-tech New Products Based on Malmquist Productivity Index: Taking the Yangtze River Delta Regions as an Example [J]. Science & Technology and Economy, 2009(12):22-24. (in Chinese)  
〔黄佐铎. 基于 Malmquist 生产率指数的高技术新产品开发效率研究——以长三角为例[J]. 科技与经济，2009(12):22-24. 〕
- [18] Malmquist S. Index Numbers and Indifference Surfaces [J]. Trabajos de Estadística, 1953(4): 209-242.
- [19] Fare R, Grosskopf S. A Non Parametric Cost Approach to Scale Efficiency[J]. Journal of Economics, 1985, 87: 594-604.
- [20] Fare R, Grosskopf S, Lindgren B, et al. Productivity Change in Swedish Pharmacies 1980-1989: A Nonparametric Malmquist Approach[J]. Journal of Productivity Analysis, 1992(3):85-102.
- [21] Fare R, Grosskopf S, Norris M, et al. Productivity Growth, Technical Change and Efficiency Change in Industrialized Countries[J]. American Economic Review, 1994(1):66-83.