

高技术产业研发效率增长及其区域收敛

林秀梅¹ 徐光瑞²

(1. 吉林大学商学院, 2. 吉林大学商学院)

摘要：本文利用 Malmquist 生产率指数分析法，对我国 27 个省市 1995 年至 2008 年高技术产业的研发效率增长及其收敛性进行了研究。结果表明我国高技术产业的研发效率增长是依靠技术进步和技术效率共同驱动，技术进步的作用更大；某些经济发展水平较高、高技术产业发展规模较大的地区其研发效率有所下降；各地区研发效率增长同时存在绝对收敛和条件收敛，我国高技术产业的研发效率增长最终将会达到相同的水平，但收敛速度较慢，即不发达地区的高技术产业研发效率需要较长的时间才能够完成对发达地区的追赶。

关键词：高技术产业；研发效率；Malmquist 指数；全要素生产率

中图分类号： F222 **文献标识码：** A **文章编号：**

Study on High-tech Industry's R&D Efficiency Growth and Its Convergence in China

Abstract: Based on the method of Malmquist index, the paper analyzes China's high-tech industry's R&D efficiency growth and its convergence in 27 provinces using the panel data from 1995 to 2008. The empirical results show that China's high-tech industry's R&D efficiency growth is driven by both technological progress and technical efficiency, the former's contribution to R&D efficiency growth is greater. Some certain areas' R&D efficiency where have higher level of economic development and large-scale of high-tech industry decreased to some extent. Both conditional convergence and absolute convergence exist, R&D efficiency growth of China's high-tech industry will eventually reach the same level with a slow speed, which means underdeveloped regions may take a long time to catch up with developed regions.

Key words: High-tech Industry; R&D Efficiency; Malmquist Index; Total Factor Productivity

[作者简介]: 林秀梅 (1956.3-), 女, 吉林省临江人, 吉林大学商学院博士生导师, 研究方向: 产业经济、数量经济。通讯地址: 吉林省长春市前进大街 2699 号, 吉林大学商学院 (130012)。电子邮箱: 77LXM@163.com。电话: 13596050698; 徐光瑞 (1984.11-), 男, 内蒙古乌兰浩特人, 吉林大学商学院博士研究生, 研究方向: 产业经济。

引言

高技术产业是人才、知识、技术、资本高度密集的产业,是推动我国产业结构升级、带动经济新一轮增长、提升国家整体创新水平的重要战略性新兴产业。内生经济增长理论认为,由技术创新引起的技术进步是经济增长的主要源泉。而对于高技术产业来说,技术创新和技术进步尤为重要,因为高技术产业创新不仅直接增加产出,而且将提高效率,但是如果在创新过程中一味地增加创新投入而忽视创新效率的话,不仅弱化了创新的意义^[1],也将损失创新的成果。因此,研究高技术产业创新研发效率具有重要意义。近几年,随着区域经济增长差距的拉大,以及区域间竞争的加剧,作为新的经济增长点的高技术产业,在区域间的竞争更加激烈,区域高技术产业研发效率增长变化如何?研发效率增长是否收敛?一直是政府和学界关心的问题。关于效率增长,国内外学者常用全要素生产率增长来刻画。全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP)主要用于宏观经济增长效率的评价,基于产业层面的生产率研究从20世纪80年代开始逐渐增多。Nishimizu 和 Page (1982)^[2]、Coelli (1996)^[3]、Bernard 和 Jones (1996)^[4]分别研究了南斯拉夫各行业、澳大利亚西部的农业、14个OECD国家制造业的TFP增长情况。随着研究问题的深入,部分学者逐渐将目光聚焦在了影响TFP增长的因素研究。Ferreira 和 Rossi (2003)^[5]研究了贸易自由化对巴西各行业TFP的影响,Cameron 等(2005)^[6]研究了R&D、国际贸易、人力资本对英国制造业TFP增长的影响,Girma、Gorg 和 Strobl (2007)^[7]研究了政府补贴对爱尔兰制造业TFP的影响,Bloch 和 Tang (2007)^[8]研究了出口、技术变化和利润对新加坡电子行业TFP的影响,我国台湾学者 Chang 和新西兰学者 Oxley (2009)^[9]研究了创新集聚对台湾四位数行业TFP的影响。

国内关于生产率的研究已经拓展到诸多领域,关于高技术产业的研究,朱有为和徐康宁(2006)^[10]利用随机前沿生产函数方法测算了中国高技术产业各行业的研发效率,并考察了企业规模等因素对研发效率的影响。王玲和 Szirmai (2008)^[11]利用基于内生增长理论的生产函数模型分析了中国高技术产业行业水平上技术投入和生产率变动的关系。谢伟等(2008)^[12]利用数据包络分析(DEA)方法对各省的高新技术产业研发效率、技术效率和规模效率进行了测算,并考察了市场竞争程度等因素对各效率的影响效应。官建成和陈凯华(2009)^[13]利用DEA的松弛测度模型和临界效率测度模型对中国高技术产业技术创新活动的技术效率、纯技术效率、规模效率、规模状态进行了测度。这些研究大多基于各细分的行业层面,变量大多为单投入和单产出,生产函数模型有假设条件,省际比较也仅关注影响因素,没有全面系统地研究区域高技术产业的研发效率水平和增长态势及其收敛性。本文利用基于DEA的Malmquist生产率指数分析方法,依据我国27个省份1995年至2008年高技术产业的多维投入和产出数据,研究了我国区域高技术产业的研发效率水平、结构及其增长²态势,检验了区域高技术产业研发效率增长的收敛性,为正确认识我国高技术产业研发效率水平,促进高技术产业研发效率提高和区域协调发展提供参考。

1 研究方法

² 由于本文利用Malmquist生产率变化指数来研究高技术产业的研发效率增长,所选取的投入产出指标都体现了产业的研发水平,因此本文中高技术产业的全要素生产率与研发效率的含义等同。

DEA 方法是利用线性规划来评价决策单元 (Decision Making Unit, DMU) 的相对有效性, 其实质是借助于“前沿分析法”, 依据一定的标准构造一个前沿面, 用决策单元到前沿面的差距作为它的效率。在 DEA 中无论是 C^2R 模型还是 BC^2 模型, 都是对各决策单元在同一时点上的状况进行横向的比较分析, 缺乏动态比较。Malmquist 生产率指数分析克服了这一缺点, 不仅能够分析不同时期决策单元的效率演化, 还可以将全要素生产率 (TFP) 分解为技术进步和技术效率, 技术效率又可进一步分解为纯技术效率和规模效率, 这一方法可以从更深层次探讨高技术产业的研发效率及其结构。

Malmquist 指数是由瑞典经济学和统计学家 Malmquist 在 1953 年首先提出的。Caves 等 (1982a, 1982b) ^[14-15] 将 Malmquist 指数与 DEA 理论相结合, 利用 Malmquist 投入和产出距离函数定义了全要素生产率, 即 Malmquist 生产率指数。在实证分析中, 学者普遍采用 Färe 等 (1994) ^[16] 构建的基于 DEA 的 Malmquist 生产率变化指数。

基于产出³的 Malmquist 生产率指数可表示为:

$$M_o^t(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (1)$$

式中, D_o^t 为距离函数, 下标 o 表示基于产出的距离函数, x 和 y 分别表示投入和产出。式(1)的 Malmquist 指数测度了在 t 时期的技术条件下, 从 t 时期到 $t+1$ 时期的 TFP 的变化。同理, 可定义在 $t+1$ 时期的技术条件下从 t 时期到 $t+1$ 时期的 Malmquist 生产率指数:

$$M_o^{t+1}(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (2)$$

为避免时期选择的随意性导致的结果差异, 仿照 Fisher 理想指数的构造方法, 采用式(1)和式(2)的几何平均来衡量从 t 时期到 $t+1$ 时期的生产率变化, 即

$$M_o(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

该指数大于 1, 表明 t 时期到 $t+1$ 时期的 TFP 是增长的, 反之则下降。

而 Färe 等 (1989) 又将式(3)分解如下:

$$M_o(x^t, y^t; x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \times \left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

在式(4)中, 记

$$EFFCH = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)}, \quad TECHCH = \left(\frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \times \frac{D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \right)^{\frac{1}{2}}.$$

其中, $EFFCH$ (Technical Efficiency Change) 代表技术效率变化, $TECHCH$ (Technical

³DEA 模型分为投入导向和产出导向型的模型, 前者是在给定的产出水平下使投入最少, 后者是在给定的投入水平下追求产出最大化。因此, 基于 DEA 的 Malmquist 生产率指数可分为基于投入和产出的不同表示形式。

Change) 代表技术进步。根据 Färe 等 (1994) 在计算距离函数时增加约束 $\sum_{k=1}^K z^{k,t} = 1$, 允许规模收益可变 (VRS), 技术效率变化 (EFFCH) 进一步分解为纯技术效率变化 (PEFFCH, Pure Technical Efficiency Change) 和规模效率变化 (SECH, Scale Efficiency Change)。即:

$$EFFCH = PEFFCH \times SECH \quad (5)$$

其中,

$$PEFFCH = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)}{D_o^t(x^t, y^t | VRS)} \quad (6)$$

$$SECH = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | CRS)}{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1} | VRS)} \times \frac{D_o^t(x^t, y^t | VRS)}{D_o^t(x^t, y^t | CRS)} \quad (7)$$

综上所述, Malmquist 指数最终可分解为:

$$M_o = EFFCH \times TECHCH = PEFFCH \times SECH \times TECHCH \quad (8)$$

EFFCH 是规模报酬不变 (CRS) 且要素强可自由处置 (Strong Disposability) 条件下的效率变化指数, 测度了 t 时期到 $t+1$ 时期的 DMU 到最佳生产可能性边界的追赶程度, 称为“追赶效应”。EFFCH 大于 1 表明 DMU 的生产更接近生产前沿面, 相对技术效率有所提高。TECHCH 为技术进步指数, 测度了技术边界从 t 时期到 $t+1$ 时期的移动情况, 称为“增长效应”。TECHCH 大于 1 说明技术出现了进步或创新, 生产前沿面上移。

2 数据选取与指标计算

由于西藏、青海和新疆数据不全, 我们去掉这三个省份。为统一分析口径和时间连续, 重庆市数据并入四川省。这样我们最终确定 27 个省份为决策单元。投入与产出的多变量数据, 全部来源于《中国高技术产业统计年鉴》(2002~2009) 和《中国统计年鉴》(1996~2009), 并经过加工整理。

2.1 投入指标

我们从劳动、研发资本存量和流量三个方面刻画投入。

1. 劳动投入的选取。劳动时间能够准确刻画劳动投入的真实水平, 但由于该指标难以获得, 本文选取 R&D 人员折合全时当量来衡量劳动投入。

中国科学技术指标研究会给出了 R&D 活动折合全时工作量的近似计算⁴: R&D 活动的折合全时工作量=R&D 课题 R&D 人员折合全时工作量+为 R&D 活动提供直接服务的科技服务人员 R&D 人员折合全时工作量。R&D 全时与非全时人员的标准为: 在从事科技活动人员中, R&D 全时人员是指本年度从事 R&D 活动的工作量在 0.9 年以上 (含 0.9 年) 的人员数, R&D 非全时人员是指本年度从事 R&D 活动的工作量在 0.1-0.9 年之间的人员数, 工作量不到 0.1 年不计在内。

2. R&D 存量的估算。R&D 资本存量是衡量高技术产业研发资本投入水平的重要指标,

4 根据中国科学技术指标研究会的《科技统计与科技指标 (讲义)》, 2004 年 11 月。

其估算结果对于我国高技术产业研发效率评价结果的有效性、可靠性会产生非常重要的影响。我们采用王玲和 Szirmai(2008)的计算方法来估算我国高技术产业 R&D 存量,计算公式为:

$$R_0 = E_0 / (g + \delta) \quad (9)$$

$$R_t = E_{t-1} + (1 - \delta)R_{t-1} \quad (10)$$

其中, R_t 是第 t 期的 R&D 存量, E_0 是基期的 R&D 支出, g 是 E 的增长率, δ 是 R&D 存量的折旧率。在估算的过程中,首先需要构建 R&D 价格指数,把名义 R&D 支出缩减为真实的 R&D 支出,对于 R&D 价格指数的构建,大多数学者将劳务投入费用和仪器设备投入费用加以区分,通过不同价格指数的加权计算 R&D 价格指数。

关于 R&D 价格指数的具体计算,朱平芳和徐伟民(2003)^[17]通过消费价格指数和固定资产投资价格指数加权,权重分别为 0.55 和 0.45;朱有为和徐康宁(2006)通过消费价格指数和工业品出厂价格指数加权,权重分别为 0.25 和 0.75;王玲和 Szirmai(2008)采用的加权价格指数与朱平芳和徐伟民一样,但权重分别为 0.5 和 0.5。本文也采用消费价格指数 P_{1t} 来体现劳务投入费用的价格变化,由于在 R&D 价格指数中另外一部分要体现仪器设备投入费用的价格变化,这里采用工业产品出厂价格指数 P_{2t} 作为代表。以往学者均采用各年科技活动经费内部支出的“劳务费”和“仪器设备费”的多年平均比重作为统一的 R&D 价格指数对不同地区进行相同比例的价格缩减,主要缺陷有三,一是由于他们研究的时间区间不同,所以权重各不相同,并不统一;二是研究区间内各个时期权重都相同,不能体现“劳务费”和“仪器设备费”的比重变化;三是对于不同地区的权重都相同,未能加以区分。本文为了区分不同时期和地区,设计的 R&D 价格指数如下:

$$PR_t = W_{1t}P_{1t} + W_{2t}P_{2t} \quad (11)$$

其中, PR_t 代表在 t 时刻的 R&D 价格指数, W_{1t} 、 W_{2t} 分别代表在 t 时刻科技活动经费内部支出的“劳务费”和“仪器设备费”的比重。这不仅体现了不同时期“劳务费”和“仪器设备费”的比重变化,也体现了不同地区的差异。根据现有的相关研究本文取 $\delta = 0.15$, g 为 1995~2008 年全国高技术产业 R&D 支出的年平均增长率,经计算 $g = 0.2944$ 。

3. 新产品开发经费支出。R&D 存量反映的是研发技术资本的存量投入,新产品开发经费支出则体现了受市场价值影响的研发动态流量投入,是高技术产业研发投入的重要组成部分。本文的新产品开发经费支出采用的是 GDP 指数平减的 1995 年不变价数据。

2.2 产出指标

我们选取新产品销售收入和专利申请作为衡量高技术产业的研发产出。

1. 新产品销售收入。与产值相比,销售收入不仅能够体现产出规模,也能够体现创新产品的市场价值。我们采用工业品出厂价格指数将新产品销售收入平减为 1995 年不变价数据。

2. 专利申请量。专利分为申请和授权两项指标,数据易得,标准客观,且与技术创新关系密切,是衡量技术创新产出较为可靠的指标。国外学者常采用专利申请量来衡量技术创新产出,原因在于专利授权量会受到专利机构等人为因素的干扰,具有主观不确定性。因此,专利申请量比授权量在一定程度上更能真实地反映技术创新水平。同时我们也注意到,由于

我国高技术产业地区发展极不平衡，如果采用授权量指标将会出现较多的空缺，也不利于本文的数据分析，因此采用专利申请量更具理论上的可靠性以及现实上的可操作性。

表 1 1995~2008 年我国高技术产业研发效率增长测度投入产出数据

	R&D 活动人员折合全 时当量 (人年)	R&D 存量 (万元)	新产品开发经费支出 (万元)	新产品销售收入 (万元)	专利申请数 (项)
1995	57838	401606.9	322806.7	5383662.4	612
1996	90594	519840	375302.7	6789713.3	545
1997	96089	734394.1	437774.7	7848429.6	713
1998	70879	1016073	546352.6	12270705	1076
1999	92589	1398947	676746.1	15888602	1482
2000	91573.19	1840826	778553.7	25162169	2245
2001	111572	2632123	821084.1	29517443	3379
2002	118448	3743747	945577.6	35851196	5590
2003	127848.5	4999870	1055586	46318900	8270
2004	120830	6392277	1195526	58970663	11026
2005	173161.4	8098773	1738739	63734775	16823
2006	188986.5	10081139	1911303	73818015	24301
2007	248227.7	12522609	2162654	89429863	34446
2008	285079.2	15178202	2431720	104575500	39656

注：限于篇幅，未列出全部 27 个省份的投入产出数据，如有需要，可向作者索取。数据来源为作者计算整理所得。

3 分析结果

3.1 全要素生产率分析

根据我国 27 个省份 1995 年至 2008 年高技术产业的投入产出面板数据，利用 Malmquist 生产率指数，对我国高技术产业研发效率进行测度，结果见表 2 和表 3。为了更加清晰看到各省研发效率增长在全国的地位，利用表 2 的相关数据结果，以 0 和 10% 的增长率为界，将 27 个省份划分为三个类别，结果见表 4。

表 2 1995~2008 年 27 个省份高技术产业研发效率变化指数及其分解测算结果

省份	研发效率 变化指数	技术进步 变化指数	技术效率 变化指数	纯技术效率 变化指数	规模效率 变化指数
北京	1.169	1.074	1.088	1.073	1.015
天津	1.028	1.028	1.000	1.000	1.000
河北	1.038	1.040	0.998	1.001	0.997
山西	0.927	0.927	1.000	1.000	1.000
内蒙古	0.858	1.044	0.821	0.911	0.902
辽宁	1.050	1.022	1.027	1.004	1.023
吉林	1.069	1.098	0.974	0.978	0.995
黑龙江	0.956	1.061	0.901	0.899	1.002
上海	1.229	1.117	1.100	1.071	1.027
江苏	0.997	1.001	0.996	1.000	0.996

浙江	1.017	1.027	0.991	0.990	1.001
安徽	1.045	1.045	1.000	1.004	0.995
福建	1.070	0.988	1.083	1.086	0.997
江西	1.029	1.039	0.990	0.979	1.012
山东	0.981	1.008	0.973	0.968	1.006
河南	1.048	1.006	1.042	1.042	1.000
湖北	1.120	1.109	1.010	0.982	1.029
湖南	1.112	1.047	1.062	1.041	1.021
广东	1.052	1.052	1.000	1.000	1.000
广西	1.065	1.005	1.059	1.054	1.004
海南	1.358	1.152	1.180	1.000	1.180
四川	1.015	1.002	1.014	0.966	1.050
贵州	1.160	1.035	1.120	1.103	1.015
云南	1.010	1.030	0.980	0.983	0.997
陕西	1.127	1.053	1.070	1.033	1.036
甘肃	1.022	0.970	1.054	1.033	1.020
宁夏	1.181	1.017	1.161	0.987	1.176
均值	1.060	1.036	1.023	1.006	1.017

注：计算软件为 DEAP2.1 (Coelli T.J.)

表 3 1995~2008 年历年高技术产业研发效率变化指数及其分解测算结果

年份	研发效率 变化指数	技术进步 变化指数	技术效率 变化指数	纯技术效率 变化指数	规模效率 变化指数
1996	0.937	0.847	1.106	1.021	1.084
1997	1.200	0.973	1.233	1.107	1.114
1998	1.175	1.045	1.125	1.006	1.118
1999	1.166	1.209	0.965	1.029	0.937
2000	1.210	2.219	0.545	0.791	0.689
2001	0.979	0.946	1.035	0.869	1.191
2002	0.983	0.898	1.094	1.174	0.932
2003	1.167	1.634	0.715	0.863	0.828
2004	1.252	1.000	1.251	1.046	1.196
2005	0.785	0.885	0.887	1.109	0.800
2006	1.089	0.649	1.679	1.016	1.652
2007	1.069	1.627	0.657	0.950	0.691
2008	0.889	0.528	1.683	1.183	1.423
均值	1.060	1.036	1.023	1.006	1.017

注：表中年份为与上年的变化比较，例如 1996 年代表从 1995 年到 1996 年的变化。

表 4 1995~2008 年 27 个省份高技术产业研发效率变化指数及其分解分组统计结果

区间	研发效率变化指数	技术进步变化指数	技术效率变化指数
≥10%	海南、上海、宁夏、北京、贵州、陕西、湖北、湖南	海南、上海、湖北	海南、宁夏、贵州、上海
0-10%	福建、吉林、广西、广东、辽	吉林、北京、黑龙江、陕西、	北京、福建、陕西、湖南、

	宁、河南、安徽、河北、江西、天津、甘肃、浙江、四川、云南	广东、湖南、安徽、内蒙古、河北、江西、贵州、云南、天津、浙江、辽宁、宁夏、山东、河南、广西、四川、江苏	广西、甘肃、河南、辽宁、四川、湖北、广东、安徽、天津、山西
<0	江苏、山东、黑龙江、山西、内蒙古	福建、甘肃、山西	河北、江苏、浙江、江西、云南、吉林、山东、黑龙江、内蒙古

注：数据来源为作者整理。

1.从整体看,1995年至2008年,我国高技术产业全要素生产率(TFP)平均增长了6%,表明我国高技术产业研发效率整体有所提升。技术效率、技术进步、纯技术效率和规模效率四个指数全部大于1,表明技术效率和技术进步共同驱动了我国高技术产业研发效率的增长。其中,技术效率贡献了2.3个百分点,技术进步贡献了3.6个百分点,技术进步的作用更大。在技术效率方面,纯技术效率贡献了0.6个百分点,规模效率贡献了1.7个百分点,纯技术效率和规模效率共同促进了技术效率的提高,但规模效率的作用更大,是纯技术效率的近3倍,说明我国高技术产业更多的是以规模取胜。

同时,从技术进步变化指数来看,仅福建、甘肃、山西3个省份的技术进步变化指数小于1,其余24个省份均大于1,表明我国高技术产业的技术水平明显提高,并且是促进研发效率增长的最主要因素。出现这种情况可能的原因在于:第一,我国高技术产业起步较晚,初始技术水平较低,有利于充分发挥后发优势,通过引进先进的技术来加快我国高技术产业的发展;第二,国家投入了大量的人力、物力和财力用以发展高技术产业,同时加大了政策扶持的力度,鼓励技术创新,从而使得技术水平有了明显提高。但结合技术效率变化指数来看,现阶段我国高技术产业更应该注重管理水平的提高,重视产业组织的内部调整,从而实现技术进步和技术效率双轮驱动高技术产业研发效率持续提高的富有竞争力的发展态势。

2.从地区看,有22个省份的研发效率变化指数大于1,仅山西、内蒙古、黑龙江、江苏和山东5个省份小于1,表明经过14年的发展,我国区域高技术产业的研发效率普遍是增长的。其中,北京和上海位于前列,海南、宁夏、贵州等省份的研发效率变化指数也较高,除了表明这几个省份高技术产业研发效率有所提高外,更主要的原因在于这些省份的高技术产业规模较小,更容易靠近前沿面,从而表现出高效率。

3.从结构看,高技术产业研发效率增长较快的省份,实现了技术进步、技术效率、纯技术效率和规模效率的同步均衡增长;其它增长的省份,表现为技术进步的明显增长,技术效率、纯技术效率和规模效率的结构特点各不相同,说明技术进步是推动高技术产业研发效率增长的主要因素;而高技术产业研发效率下降的五个省份,全部表现为技术效率的下降,说明技术效率下降是导致高技术产业研发效率下降的主要原因。

4.从动态看,尽管1995年至2008年,我国高技术产业研发效率平均增长了6%,但是这期间也有波动。为更加清晰地看出Malmquist生产率指数的动态变化特征,绘制了图1和图2。

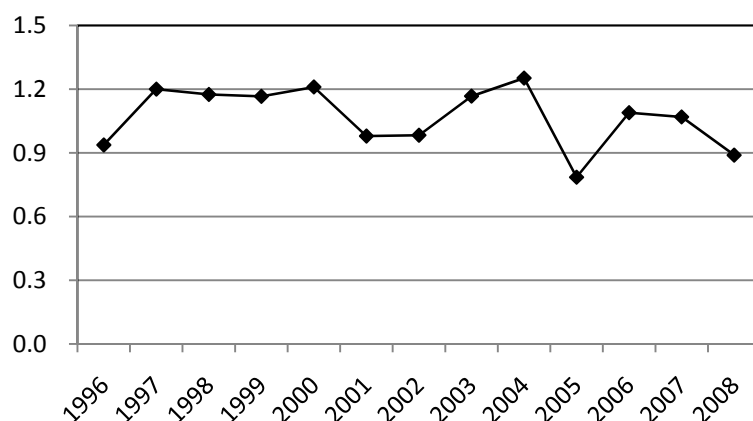


图 1 1996~2008 年我国高技术产业研发效率变化指数走势图

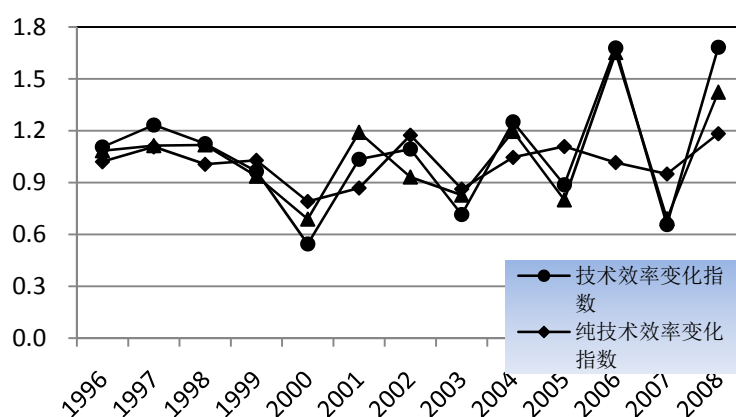


图 2 1996~2008 年技术效率变化指数、纯技术效率变化指数、规模效率变化指数走势图

从图 1 可以看出，Malmquist 生产率指数在 1996 年至 2000 年的是上升的，2001 年有一个下降，2002 年至 2004 年又上升，2005 年再次下降，2006 年回升后，2007 年至 2008 年又一次下降，周期性特征明显，且 3-5 年为一个周期。在周期性下降的年份，主要是技术进步下降，这进一步表明，技术进步是影响我国高技术产业研发效率增长的重要因素。

从图 2 可以看出，2001 年以前，纯技术效率、规模效率与技术效率走势基本一致，表明这段时间纯技术效率和规模效率共同驱动了技术效率的实现。而 2001 年以后，规模效率与技术效率走势几乎完全一致，纯技术效率与技术效率几乎不相关，这表明进入 21 世纪后，我国高技术产业规模扩张加快，由规模产出扩大引起的规模效率增加成为技术效率提高的主要因素。

此外，从表 3 中我们也可以看到，技术效率和技术进步均呈现波动趋势，但技术进步的变化幅度更大。主要原因在于，高技术产业的技术进步是一个不稳定的发展过程，其采用的一般都是较新的技术，研发难度较大，周期长短不一，如生物医药行业与航空航天领域的研发很有可能在未来的几年内才能够收到成效，从而导致了较大的波动。

通过分析我们发现，第一，经济发达地区的高技术产业研发效率增长并不一定快，例如高技术产业发展最好的广东省，1995-2008 年其研发效率增长为 5.2%，并不是最高的。高技术产业总体实力较强的江苏省，其研发效率处在下降的态势，从而揭示了该地区高技术产业

发展的问题，即高技术产业规模的扩大不应以牺牲效率为代价，应该通过合理的规划和布局来提高技术产业竞争实力；第二，研发效率增长较快的省份其高技术产业实力并不一定强，从表 2 中可以看到，贵州、宁夏等高技术产业规模较小的省份，其研发效率变化指数较高，实现了较快的增长，但笔者认为，只有规模和效率兼备的省份才能够称其为高技术产业具有竞争力的强省，如北京、上海等省市，其高技术产业整体规模和研发效率均位于全国前列，是高技术产业最具竞争实力的强省，且具有稳定的发展趋势和良好的发展前景；第三，我国高技术产业研发效率的前沿面趋向稳定，“增长效应”逐渐减弱，技术效率将会发挥更大的作用，“追赶效应”逐渐显现，这也预示着我国在发展高技术产业的过程中，后发技术优势渐渐丧失，自主创新、结构调整、效率增进是高技术产业下一轮发展的核心内容。

3.2 收敛性检验

高技术产业研发效率增长在区域间存在差异，但是效率增长最终是否趋同呢？借鉴经济增长中的收敛理论，我们对我国区域高技术产业的研发效率增长进行收敛性检验。

Barro 等（1991）指出，收敛包括 σ 收敛和 β 收敛， β 收敛又包括绝对收敛和条件收敛。根据收敛的最初定义， σ 收敛是指不同经济系统间人均收入或产出的离散程度随着时间的推移而逐渐降低； β 收敛是指初期人均收入或产出较低的经济系统要比水平较高的经济系统具有更快的增长速度。如果每个经济系统的人均收入或产出都能达到完全相同的稳态水平，就是绝对收敛，如果每个经济系统都朝着各自不同的稳态水平趋近，就是条件收敛。

1. σ 收敛性检验。根据 σ 收敛定义，我们计算 1995 年至 2008 年全国⁵及东部、中部、西部⁶高技术产业 TFP 变化指数的历年变异系数⁷并作下图：

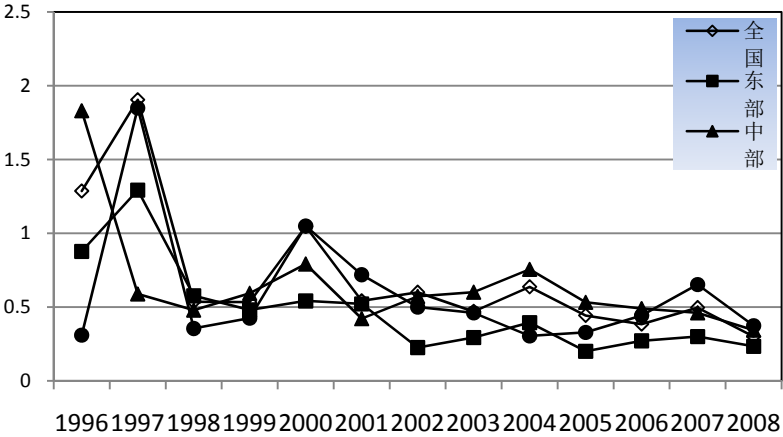


图 3 1996~2008 年全国及东中西三大地区高技术产业研发效率增长的变异系数

可以看出我国高技术产业 TFP 增长率的变异系数明显下降，说明全国各地区之间的差异明显减小，存在 σ 收敛。

2. β 收敛性检验。绝对收敛检验参考吴延兵（2008）^[18]的做法，用增长率对常数项和初

⁵ 由于海南省高技术产业发展规模较小，且其 TFP 变化指数在 1995~1996、2003~2004、2005~2006 等多个年份出现奇异值，因此在本部分的收敛性分析中，将其排除，参与分析的省份共计 26 个。

⁶ 本文中，东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东；中部地区包括山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南；西部地区包括广西、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏。

⁷ 变异系数为样本标准差与样本均值之比。

始水平进行回归分析，回归方程为：

$$TFPg_i = \alpha + \beta TFP_{i0} + \varepsilon_i \tag{12}$$

其中， $TFPg_i$ 代表 1995 年至 2008 年期间第 i 个省份的 TFP 年平均增长率， TFP_{i0} 代表第 i 个省份 TFP 的初始水平。如果式(12)中系数的估计值 β 显著为负，则表示存在绝对收敛。

条件收敛检验运用 Panel Data 固定效应估计法（Miller and Upadhyay，2002）^[19]，模型为：

$$TFPg_{it} = \gamma + \beta TFP_{it-1} + \mu_i + \mu_t + \varepsilon_i \tag{13}$$

其中， $TFPg_{it}$ 代表第 i 个省份第 t 年 TFP 的增长率， TFP_{it-1} 表示第 i 个省份 TFP 滞后一期的增长率， μ_i 、 μ_t 分别表示个体效应和时间效应。如果式(13)中系数的估计值 β 显著为负，则表示存在条件收敛。

在收敛检验中，根据 Mankiw 等(1992)^[20]做法，收敛速度 λ 计算公式为： $\beta = -(1 - e^{-\lambda n})$ ， β 为式(12)和式(13)中的系数估计值， n 代表年数。

由于 1996~1997 年河北和宁夏的 TFP 增长率出现奇异值，而河北和宁夏分属东部和西部地区，为避免对分析结果造成影响，全国及东部和西部地区条件收敛检验的时间区间为 1997 年至 2008 年。利用 EViews6.0 计量分析软件，得到我国高技术产业研发效率增长的绝对收敛检验和条件收敛检验的估计结果见表 5 和表 6。同时，将计算的收敛速度也列在表中。

表 5 绝对 β 收敛检验

	常数项	β	F 值	观测数	λ
TFP	0.088727*** (4.945658)	-0.044893*** (-6.619361)	43.81594***	13	0.0035

注：括号中为 t 统计量，*、**、***分别代表参数估计值在 10%、5%、1%的显著水平上显著。

表 6 条件 β 收敛检验

	全国	东部	中部	西部
常数项	0.8647*** (7.56)	0.9284*** (6.98)	1.9216*** (6.39)	0.6280** (3.06)
β	-0.3662*** (-5.99)	-0.6139*** (-6.32)	-0.9510*** (-5.20)	-0.1350* (-1.72)
F 值	1.5591**	3.8554***	2.1428***	1.4887
观测数	286	110	108	77
λ	0.0380	0.0793	0.2513	0.0121

注：同表 3。

从表 5 可以看到，回归系数在 1%的水平上显著为负，表明我国各地区的高技术产业研发效率增长存在绝对收敛，即各省份的研发效率增长最终会达到一个相同的稳态水平。但 λ 值显示，全国各地区高技术产业研发效率增长的趋同速度较慢，年收敛速度为 0.35%。

从表 6 可以看到，除西部地区的系数在 10%的水平上显著外，全国及东、中地区的系数均在 1%的水平上显著，说明存在条件收敛，即我国三大区域高技术产业研发效率增长都在向各自的稳态水平趋近。从 λ 值来看，全国以及东、中、西三大区域高技术产业研发效率增长的收敛速度分别为 3.8%、7.93%、25.13%、1.21%，即中部地区收敛速度最快，其次

是东部地区，两个地区的收敛速度均高于全国的收敛速度，从而表明东部经济发达地区的高技术产业之间存在着较为明显的技术扩散，而中部地区在享受临近东部地区天然地理优势的同时，加强了内部联系和沟通以及外部的合作与交流，高技术产业研发效率趋同加速。而西部地区由于地理位置较差，且发展环境尚未构建完善，因此其收敛速度较慢，同时也延缓了全国高技术产业研发效率增长趋同的步伐。这一结果与图 3 中所显示的西部地区变异系数走势也是吻合的。

从上述分析我们看到，经过十几年的快速发展，在国家政策的作用下，我国高技术产业的研发效率增长不仅存在东中西三大地区内部的条件收敛，也存在全国范围内的绝对收敛。

4 结论及对策建议

综合全文分析，得到如下结论：

(1)高技术产业研发效率整体是增长的。高技术产业研发效率无论从全要素还是技术进步、技术效率、纯技术效率和规模效率，1995 年到 2008 年全部呈现增长态势。其中技术进步是推动研发效率增长的主要因素，规模效率是推动技术效率增长的主要因素。

(2)高技术产业研发效率增长呈周期性特征。1995 年到 2008 年，高技术产业研发效率增长呈现出明显的 3-5 年周期性特征，周期性下降主要是技术进步下降。这一方面揭示了技术进步的周期性特点，另一方面也揭示了技术进步是影响高技术产业研发效率增长的主要因素。

(3)地区高技术产业研发效率增长存在差异。大部分地区高技术产业研发效率是增长的，少数地区下降，高技术产业研发效率增长与经济发展水平关系不大，研发效率增长快的地区主要是技术进步推动，研发效率下降主要是技术效率下降所致。

(4)地区高技术产业研发效率增长长期是收敛的。无论从全国还是东、中、西三大区域，高技术产业研发效率增长都存在 σ 收敛和 β 收敛，表明我国高技术产业研发效率前沿面趋向稳定，“增长效应”逐渐减弱，“追赶效应”逐渐增强，但追赶速度较慢。

根据分析，笔者认为我国高技术产业要提高研发效率，实现新一轮快速增长，应注意以下几点：

(1)增强自主创新能力，提升技术进步水平

创新是经济增长的不竭动力和源泉。高技术产业集中了最为先进的科学技术，其发展必须依靠强大的技术进步和技术创新，特别是自主创新。分析显示，技术进步是推动我国高技术产业研发效率增长的主要因素，但是由于我国的高技术产业起步较晚，基础薄弱，在产业发展的过程中，引进了大量国外的技术，尽管注重引进质量和不断消化吸收，可以促进技术进步，但是大部分核心技术仍然控制在外国人手中，我国高技术产业仍处于世界高技术产业价值链的低端，技术束缚的瓶颈时刻出现。因此，我们要摆脱技术束缚，提升技术进步水平，就必须自主创新。要增强自主创新能力，既要有国家创新体系和创新投入的支持，也要有企业的创新动力和创新投入。只有增强了自主创新能力，提升了技术进步水平，才能保证我国高技术产业快速发展。

(2)全方位提高效率，保持研发效率快速稳定增长

快速稳定增长历来是增长的目标，我国高技术产业研发效率同样需要快速稳定增长。提升技术进步水平，可以促进高技术产业研发效率更快增长，但是如果忽视了技术效率，特别

是纯技术效率，将影响研发效率的增长。分析显示，我国高技术产业的技术效率主要是规模效率决定的，特别是 2001 年以后，说明我国高技术产业发展仍以规模取胜，这不符合创新驱动的发展规律。因此，我们在提升技术进步水平的同时，一定要注重技术效率，特别是纯技术效率和规模效率的同步提高。这就要求高技术产业不能单单追求规模产出，要更加注重技术的体现，既要注重技术的传播，也要注重技术的使用，提高产品的技术含量，用技术带动规模，用规模促进技术，从而保持增长。

(3)促进产业集群，进一步提高技术效率

产业集群是带动产业结构升级、促进经济增长十分有效的方式。产业集群内部的企业之间通过知识溢出效应可形成相互学习、竞争与合作并存的良性发展状态，产业集群的优胜劣汰功能可以有效地分配资源，促使企业形成适度的生产规模，产业间实现合理的分工，从而提高集群企业的组织管理水平，进而提升整个产业的技术效率。因此，我国高技术产业应走集群化发展道路，发挥集群优势，使高技术产业的研发效率产生强大的“竞争效应”和“追赶效应”，从而实现共同增长。

(4)加强政策扶持，发展地区特色产业

分析显示，我国各地区高技术产业研发效率增长存在绝对收敛和条件收敛，但收敛的速度较慢，收敛速度也有区域差异。为了使区域间高技术产业协调发展、共同进步，受资源约束、管理成本、人力资本等诸多方面限制的“大而全”的发展模式将行不通，“高”、“精”、“专”才是高技术产业的发展方向。因此，各地政府应大力扶持和鼓励地方特色产业的发展，发挥地区比较优势，依托自身优势将特色产业做大做强，从而促进整个高技术产业的发展。

参考文献

- [1] 薛娜,赵曙东.基于 DEA 的高技术产业创新效率评价——以江苏省为例[J].南京社会科学, 2007 (5): 135-141.
- [2] Nishimizu, M., Page, J.M. Total Factor Productivity Growth, Technological Progress and Technical Efficiency Change: Dimensions of Productivity Change in Yugoslavia, 1965-78 [J]. Economic Journal, 1982, 92(368):920-936.
- [3] Coelli, T.J. Measurement of Total Factor Productivity Growth and Biases in Technological Change in Western Australian Agriculture [J]. Journal of Applied Econometrics, 1996, 11(1):77-91.
- [4] Bernard, A.B., Jones, C.I. Comparing Apples to Oranges: Productivity Convergence and Measurement Across Industries and Countries [J]. American Economic Review, 1996, 86(5):1216-1238.
- [5] Ferreira P.C., Rossi, J.L. New Evidence from Brazil on Trade Liberalization and Productivity Growth [J]. International Economic Review, 2003, 44(4):1383-1405.
- [6] Cameron, G., Proudman, J., Redding, S. Technological Convergence, R&D, Trade and Productivity Growth [J]. European Economic Review, 2005(49):775-807.
- [7] Girma, S., Gorg, H., Strobl, E. The Effect of Government Grants on Plant Level Productivity [J]. Economics Letters, 2007(94):439-444.
- [8] Bloch, H., Tang, S.H.K. The Effects of Exports, Technical Change and Markup on Total Factor Productivity Growth: Evidence from Singapore's electronics industry [J]. Economics Letters,

2007(96):58-63.

[9] Chang, C.L., Oxley, L. Industrial Agglomeration, Geographic Innovation and Total Factor Productivity: The Case of Taiwan [J]. Mathematics and Computers in Simulation, 2009(79):1787-2796.

[10] 朱有为, 徐康宁.中国高技术产业研发效率的实证研究[J].中国工业经济, 2006(11):38-45.

[11] 王玲, Szirmai, A.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, 7(3):913-932.

[12] 谢伟, 胡玮, 夏绍模.中国高新技术产业研发效率及其影响因素分析[J].科学学与科学技术管理, 2008(3):144-149.

[13] 官建成, 陈凯华.我国高技术产业技术创新效率的测度[J].数量经济技术经济研究, 2009(10):19-33.

[14] Caves, D.W., Christensen, L.R., Diewert, W.E. Multilateral Comparison of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers [J]. Economic Journal, 1982a, 92(365):73-86.

[15] Caves, D.W., Christensen, L.R., Diewert, W.E. The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity [J]. Econometrica, 1982b, 50(6):1393-1414.

[16] Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., Zhang, Z. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries [J]. American Economic Review, 1994, 84(1):66-83.

[17] 朱平芳, 徐伟民.政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响[J].经济研究, 2003(6):45-53.

[18] 吴延兵.用 DEA 方法评测知识生产中的技术效率与技术进步[J].数量经济技术经济研究, 2008(7):67-79.

[19] Miller, S.M., Upadhyay, M.P. Total Factor Productivity and the Convergence Hypothesis [J]. Journal of Macroeconomics, 2002, 24, 267-286.

[20] Mankiw, N.G., Romer, D., Weil, D.N. A Contribution to the Empirics of Economic Growth [J]. Quarterly Journal of Economics, 1992, 107(2):407-437.