

中国高技术产业研发的动态效率研究

方毅^{1, 2} 林秀梅^{1, 2}

(1. 吉林大学数量经济研究中心, 吉林长春, 130012;

2. 吉林大学商学院, 吉林长春, 130012)

摘要: 本文针对创新能力提升, 就 2001-2004 年、2004-2007 年两个不同时期的中国高技术产业不同行业的动态研发效率, 采用 Malmquist 指数, 展开了研究。根据 R&D 的特性, 本文的研发效率与传统的研发效率研究不同, 是基于创新能力的提升, 考虑了自主研发和技术引进两个方面的广义研发效率研究。结果发现: 在不同时期, 高技术产业研发的投入产出结构特征发生了明显的变化, 高技术产业研发效率特征发生了明显的变化; 同时, 在两个时期, 高技术产业的资源配置效率有较为明显的下降。

关键词: 高技术产业; 研发效率; Malmquist 指数

中图分类号: F224.0

文献标识码: A

Study on Dynamic Efficiency of Research and Development of Hi-tech Industries in China

FANG YI^{1, 2} Lin XiuMei^{1, 2}

(1. Center for Quantitative Economics, Jilin University, Changchun, 130012, China;

2. Business school, Jilin University, Changchun, 130012, China)

Abstract: In this paper, to enhance innovation capability, it use Malmquist Index to analyze the dynamic efficiency of research and development of Chinese Hi-tech industries in two different periods that is 2001-2004, and 2004-to 2007. According to the characteristics of research and development, it studies general efficiency of research and development which is different from traditional efficiency of research and development. The general efficiency takes into account two aspects of the independent development and technology introduction. It can be found: at different periods, the input-output structure characteristics of research and development in Hi-tech industry have changed significantly, and the input-output efficiency characteristics of research and development in Hi-tech industry have changed dramatically; at the same time, the efficiency of resource allocation has declined apparently, in the two periods.

Key words: Hi-tech industry; R&D efficiency; Malmquist Index

课题资助: 本文受国家自然科学基金项目“基于证券市场效率的投资者总体偏好非参数检验”(项目号: 71001044)。

中国高技术产业研发的动态效率研究

0 引言

对于技术进步的讨论已经成为了新经济增长理论的核心内容之一,有关于高技术产业技术进步的研發问题更是成为了被特别关注的领域。尤其是 R&D 对于生产力的研究,长期以来都是经济管理实证研究的重点关注方向。朱有为和徐康宁(2006)^[1]指出长期以来,国内外学者比较多地关注国家、区域、行业和企业层面的研发努力和能力问题,相对而言,对研发效率的研究较为缺乏。

以 2006 年全国科技大会为标志,中国在科技发展的政策和制度上做出了战略性调整,把增强自主创新能力作为推动科技进步核心和转变经济增长方式的中心环节,旨在提高自主创新能力,努力建设创新型国家。

从 1995 年以来我国高技术产业的研发投入与强度大大提升,其中 R&D 活动人员折合全时当量由 1995 年的 57838 人年增加至 2007 年的 248228 人年,R&D 经费内部支出由 1995 年的 178474 万元增加至 2007 年的 5453244 万元。这些人力和物力资源分布于多个不同的高技术产业。然而,我国高技术产业起步较晚,起点低,这些导致了现阶段研发水平低,创新能力不强,大大制约了高技术产业的发展。根据《中国高技术产业统计年鉴 2008》的相关数据测算,我国高技术产业的平均产值利润率仅 4.75%,低于制造业的平均产值利润率 5.55% 的水平。显然,我国高技术产业与发达国家高技术产业差距明显,现阶段我国高技术产业仍然处于国际高技术产业链的下游,附加值较低。可见,要成功实现国家的发展目标,针对提速技术进步,创新能力提升的研发效率研究显得日益迫切。

中国高技术产业的研发效率究竟如何呢?究竟配置在哪些行业的资源效率更高呢?究竟哪些因素决定了研发效率呢?这些问题都关乎中国未来高技术产业发展战略布局,关乎最大限度实现有限资源在高技术产业最优配置的重大现实问题。正基于此,本文针对创新能力提升,就中国高技术产业不同行业的动态研发效率,采用 Malmquist 指数,展开研究。

由于知识存量的特殊性质,技术进步的渠道一般有自主研发和模仿两类。模仿可以通过商业性的技术购买或者吸收 FDI 技术溢出等方式获得转移技术。许多学者认为对于技术落后的发展中国家,应该主要通过模仿学习而不是自主创新进行技术进步。然而,现实的经验表明国家技术进步的創新之路,可以是原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新。实际中,R&D 往往具有“两面性”,Cohen 和 Levinthal(1989)^[2]提出 R&D 不仅具有创新的功能,而且具有增加企业吸收能力和增加技术转移效率的功能。同时,我们也必须注意到,转移的技术在一定条件下,也能提升企业的 R&D 的水平,从而提升其自主研发效率。根据 R&D 的特性,本文的研发效率与传统的研发效率研究不同,基于创新能力的提升,考虑了自主研发和技术引进两个方面,是广义研发效率的研究。

1 效率评价方法

基于生产率理论,可以认为研发效率是研发投入和研发产出之间关系的测度。那么,从投入、产出的角度看,研发效率就是一种经济效率(Economic Efficiency),可以通过生产技术的距离函数加以刻画^[3]。当研发有效率时,研发活动处于其投入产出的生产前沿面上,这

意味着研发投入不变时, 研发产出最大(或研发产出不变时, 研发投入最小)。当研发活动偏离前沿面时, 就处于研发无效率, 研发活动偏离前沿面越远研发效率就越低。

对于效率测度问题, 目前学术界广泛采用的工具有两种。第一, SFA(Stochastic Frontier Approach), 这是一种参数方法, 它很好的引入了随机性假设, 采用计量方法对前沿生产函数进行估计, 但是 SFA 的函数形式设定和分布假设过于严格, 可能会陷入先入为主的错误。第二, DEA (Data Envelopment Analysis), 这是一种非参数方法, 可以不预先设定生产前沿的函数形式, 可以避免模型选择引起的错误。但是, 传统 DEA 方法仅仅进行了效率得分的点估计, 没有给出相应的统计推断, 因此无法消除样本偏误与随机误差的影响, 其结果的统计意义模糊。Simar 和 Wilson(1998a)^[4]利用 Bootstrap 方法提出了效率得分的区间估计, 克服了传统方法的不足。

基于DEA的效率测度, 有静态效率测度和动态效率测度两种。一方面, 某一时点上静态条件下, 实际生产资源配置状态和生产资源有效配置的前沿面状态总是存在差距, 即存在效率损失; 另一方面, 高科技产业发展迅速, 研发效率的动态特征似乎更为重要。在的DEA基础上, Caves等(1982a, 1982b)^[5,6]提出了全要素生产率(Total Factor Productivity, TFP), 相应的效率测度被定义为Malmquist指数。针对在产出过程中具有决定性的劳动投入和资金投入这两类可加总要素, 这一指数是动态上衡量要素投入产出经济效益增长的全方位综合指标测度。

根据 R&D 的特性, 由于技术进步的不同渠道, 本文的研发效率与传统的研发效率研究不同, 是针对创新能力的提升的广义研发效率的研究。这里的研发资金投入就是这种广义研发效率下的广义研发资金投入, 考虑了自主研发和技术引进两个方面的资金投入, 这就赋予了 TFP 动态增长率更加深刻的内涵。

Malmquist 指数是基于不同时期投入产出的效率测度, 反映了效率变化的动态特征。同时, 这种非参数测度消除了参数方法进行效率评价时具体函数形式的制约; 而且, Malmquist 指数非常灵活, 能够分解为不同的成分, 揭示了丰富的信息。

假定 V_{mn} 是时期 m 相对于时期 n 技术水平下的规模可变效率, C_{mn} 是时期 m 相对于时期 n 技术水平下的规模不变效率, 在先后不同的时期 s 和 t , Malmquist 指数, 即全要素生产率变化指数($TFPCH$), 可以表示为:

$$TFPCH = \left(\frac{C_{ts}}{C_{ss}} \times \frac{C_{tt}}{C_{st}} \right)^{1/2} \quad (1)$$

根据 Fare 等(1992)^[7]的 FGLR 分解, 可将 $TFPCH$ 分解为技术进步变化指数(TCH)和资源配置效率变化指数(ECH):

$$TFPCH = \frac{C_{tt}}{C_{ss}} \times \left(\frac{C_{ts}}{C_{tt}} \times \frac{C_{ss}}{C_{st}} \right)^{1/2} = ECH \times TCH \quad (2)$$

Fare 等(1994)^[8]提出了 FGNZ 分解, 进一步将 ECH 分解为纯资源配置效率变化指数($PECH$)和规模效率变化指数($SECH$):

$$TFPCH = \left(\frac{C_{ts}}{C_{tt}} \times \frac{C_{ss}}{C_{st}} \right)^{1/2} \times \frac{V_{tt}}{V_{ss}} \times \left(\frac{C_{tt}}{V_{tt}} / \frac{C_{ss}}{V_{ss}} \right) = TCH \times PECH \times SECH \quad (3)$$

Ray 和 Desli(1997)^[9]的 RD 分解分离出了纯技术进步变化指数($PTCH$), 以及规模效率变化和技术规模变化共同引起的成分(SCH):

$$TFPCH = \left(\frac{V_{ts}}{V_{tt}} \times \frac{V_{ss}}{V_{st}} \right)^{1/2} \times \frac{V_{tt}}{V_{ss}} \times \left(\frac{C_{ts}/V_{ts}}{C_{st}/V_{st}} \times \frac{C_{tt}/V_{tt}}{C_{ss}/V_{ss}} \right)^{1/2} = PTCH \times PECH \times SCH \quad (4)$$

Simar 和 Wilson(1998b)^[10]的 SW 分解,将 $TFPCH$ 分离出了 $PTCH$ 、 $PECH$ 、 $SECH$, 以及由技术变化和纯技术变化共同引起的成分($TPTH$):

$$TFPCH = \left(\frac{V_{ts}}{V_{tt}} \times \frac{V_{ss}}{V_{st}} \right)^{1/2} \times \frac{V_{tt}}{V_{ss}} \times \left(\frac{C_{tt}}{V_{tt}} / \frac{C_{ss}}{V_{ss}} \right) \times \left(\frac{C_{ts}/V_{ts}}{C_{st}/V_{st}} \times \frac{C_{ss}/V_{ss}}{C_{tt}/V_{tt}} \right)^{1/2} \quad (5)$$

$$= PTCH \times PECH \times SECH \times TPTH$$

通过以上分解, 不仅可由 $TFPCH$ 这一综合效率指标, 能得到资源配置效率、规模、技术等某一方面单独变动引起的效率变化($PECH$ 、 $SECH$ 、 $PTCH$); 而且还能得到多个方面耦合形成交互作用的效率变化(TCH 、 ECH 、 SCH 、 $TPTH$)。

2 数据及其处理

由于从 2001 年开始, 我国政府决定把促进传统产业升级、推进高技术研究、加强基础研究和深化科技体制改革、建设国家创新体系作为国家科技工作的重点任务。在此情况下, 高技术产业的研发的重视程度大大提高。同时, 由于中国高技术产业统计年鉴中反映高技术产业企业生产情况的数据统计口径在 2000 之后发生了改变。因此, 这里进行研究的样本区间为 2001-2007 年。数据来源于历年《中国高技术产业统计年鉴》和《中国统计年鉴》。按照年鉴中的二级行业分类, 高技术产业行业共分为 17 个子类, 即化学药品、中成药、生物生化制品、飞机制造及修理、航天器、通讯设备、雷达及配套设备、广播电视设备、电子器件、电子元件、家用视听设备、其他电子设备、电子计算机整机、电子计算机外部设备、办公设备、医疗设备及器械、仪器仪表等。

(1) 研发产出的选取与估算

专利可以作为衡量研发产出水平的指标。可是, 专利申请或授权只是把研发投入转化为知识产出的中间产出。新产品销售收入可以看作研发最终产出的显性测度, 同时它还反映了研发创新受到市场接受和认可的程度, 则是一种容易测量的显性研发产出指标。因此, 本文采用新产品销售收入作为创新产出指标。为了消除价格影响, 对于不同年度的创新产出采用基期为 1995 年的工业品出厂价格指数进行平减。

(2) 劳动投入的选取

在年鉴中关于劳动投入指标包括劳动时间和人数两方面, 其中劳动时间指标更为全面的体现了研发过程中的劳动投入, 这里以 R&D 活动人员折合全时当量作为劳动投入指标。

(3) 资本投入的选取与估算

按照 OECD (2001), 进入生产函数的资本投入应该使用资本服务流量, 这里采用王玲和 Szirmai(2008)^[11]的方法, 假定资本服务与存量成比率, 使用 1995 年不变价资本存量作为资本投入。目前的中国高技术产业技术来源主要有三个渠道, 涉及自主研发与技术转移两个方面, 除 R&D 之外, 也包含来源于国外技术购买和国内技术购买。根据技术投入来源的不同, 我们分别采用 R&D 经费内部支出量、购买国内技术经费支出、技术引进经费分别作为 R&D、国内技术购买、国外技术购买的资本投入指标。对于资本存量的核算, 联合国 1993 年 SNA 建议使用 PIM, 我们采用这一思路对三种不同的资本投入进行估算。以 R&D 为例, 本期 R&D 存量的变化依赖于上期 R&D 存量和 R&D 投入, 即:

$$R_t = E_{t-1} + (1 - \delta)R_{t-1} \quad (6)$$

其中， E_{t-1} 表示在 $t-1$ 年经折现的研发经费投入， δ 是R&D知识存量折旧率。遵循现有的相关研究^[1, 11]， δ 取0.15。

为了更好的对 R_t 进行估算，需要构建R&D价格指数，将R&D的名义支出缩减为R&D的实际支出。有些学者将劳务投入费用和仪器设备投入费用加以区分对我国R&D价格指数进行构建，如朱平芳和徐伟民(2003)^[12]，朱有为和徐康宁(2006)^[1]，王玲和Szirmai(2008)^[11]。本文也采用这一思路，对于劳务投入费用采用消费价格指数 P_{1t} 体现其价格变动，对于仪器设备投入费用采用工业产品出厂价格指数 P_{2t} 体现其价格变动。然而，以往研究并不区分“劳务费”和“仪器设备费”比重的时变性，均采用多年的平均比重作为统一权重构建的R&D价格指数；而且，并不区分行业，对不同行业采用相同比例的价格缩减。本文在设计R&D价格指数时，不仅区分不同行业，还区分不同时期。假定在时刻 t ，行业 i ，科技活动经费内部支出包括“劳务费”和“仪器设备费”，其比重分别为 W_{1t}^i 和 W_{2t}^i ，那么其R&D价格指数 PR_t^i 为：

$$PR_t^i = W_{1t}^i P_{1t} + W_{2t}^i P_{2t} \quad (7)$$

这一指数会随着研究时间区间的不同而发生变化，一方面体现两种不同支出经费比重的时变性，另一方面体现了不同行业两种经费支出比重的差别。

通常假定 R 的增长率等于 E 的增长率为 g ，这样R&D知识存量的初值为 $R_0 = E_0 / (g + \delta)$ ，从而根据式(6)估算 R_t 。按照Hall和Mairesse(1995)^[13]的研究，本文的实证研究假定过去时期中R&D支出的平均增长率 g 为5%。

表1 处理后数据

	R&D 活动人员 折合全时当量 (万人年)	R&D 存量 (亿元)	国内技术购买 存量 (亿元)	国外技术购买 存量 (亿元)	新产品销售收 入 (亿元)
2001	11.15	261.52	17.22	133.30	2949.26
2002	11.81	377.76	18.70	188.61	3580.90
2003	12.58	509.58	21.52	254.86	4603.30
2004	12.00	650.13	26.51	308.74	5883.93
2005	17.27	824.43	30.47	366.72	6359.31
2006	18.77	1026.10	34.49	387.99	7362.44
2007	24.69	1272.31	38.34	398.96	8919.25
2001-2004 增长率	7.61%	148.59%	53.93%	131.61%	99.50%
2004-2007 增长率	105.80%	95.70%	44.63%	29.22%	51.59%

附注：根据《中国高技术产业统计年鉴》、《中国统计年鉴》数据整理并计算得到；各资金投入存量以及新产品销售收入，是以1995年为基期的不变价数额。

表1给出了以1995年不变价处理后的数据，在2001年至2007年间，我国高技术产业研发的劳动投入和资本投入有了极大的提高，新产品销售收入也由2001年的2949.26亿元增加到2007年的8919.25亿元，在资金投入中，R&D的存量最高，其次是国外技术购买存

量，国内技术购买存量最低。由于高技术产业发展迅速，为更好地揭示效率变化的动态变化过程，这里将样本区间分为 2001-2004 年、2004-2007 年两个阶段进行研究。

表 1 中还给出不同样本区间内各个指标的增长率。从中可以看出，在 2001-2004 年、2004-2007 年两个样本区间中，各个指标的变动有着显著的不同。代表劳动投入的 R&D 活动人员折合全时当量，在 2001-2004 年间的增长率仅 7.61%，而在 2004-2007 年期间增长率大幅度提高为 105.80%；代表资本投入的自主研发 R&D 存量，在 2001-2004 年间的增长率 148.58%，而在 2004-2007 年期间增长率大幅度降低为 95.70%；国内技术购买存量，在 2001-2004 年间的增长率 53.93%，而在 2004-2007 年期间增长率小幅下降为 44.63%；国外技术购买存量，在 2001-2004 年间的增长率 131.61%，而在 2004-2007 年期间增长率大幅下降为 29.22%；代表研发产出的新产品销售收入，在 2001-2004 年间的增长率 99.50%，而在 2004-2007 年期间增长率大幅降低为 51.59%。从结果可以看出，相对于 2001-2004 年期间，2004-2007 年期间的各项指标中，除劳动投入指标的增长率大幅提升外，资金投入指标的增长率有不同程度的下降，研发产出的增长率也出现了大幅下降。可见，在不同的两个样本区间中高技术产业研发的投入产出特征发生了明显的变化。

3 实证研究

方毅、徐光瑞（2010）^[14]发现从产业增长率和集聚水平两个指标的轨迹可以看出我国高技术产业在 2004 年发生了重要转折。而且从本文对表 1 的分析，可以看出在 2001-2004、2004-2007 的两个样本区间中，虽然都是间隔三年，但是包括 R&D 活动人员折合全时当量、R&D 存量、国内技术购买存量、国外技术购买存量、新产品销售收入等反映高技术产业研发投入产出的指标均表现出了显著的差异。因此，这一部分针对样本区间 2001-2004 年、2004-2007 年两个阶段进行研究，利用 Malmquist 指数，计算了不同样本区间内我国高技术产业不同行业的研发动态效率。在这里共计算 *TFPCH*、*ECH*、*TCH*、*PECH*、*SECH*、*PTCH*、*SCH*、*TPTH* 等八种效率指标得分，按照 Farrell 投入效率，相关指标的效率得分大于 1 表明该效率得到了提高，而效率得分小于 1 表示效率降低，而效率得分等于 1 表示效率不变。为了给出相应的统计推断，判断效率得分值的显著性，我们根据 Simar 和 Wilson(1998a)^[4]的思路，采用 Simar 和 Wilson(1999)^[15]的方法进行动态效率得分值的区间估计，并依据此给出效率得分是否显著大于或者小于 1，以考察效率是否发生了显著变化。

表 2 给出了 2001-2004 年动态效率的效率得分值。根据 *TFPCH*，就总体而言，在此期间高技术产业的研发效率有所提高，在 17 个行业中有 5 个未发生显著变化，8 个显著提高，4 个显著降低。根据 *ECH*，总体而言，资源配置效率变化指数有所下降，在 17 个行业中 8 个未发生显著变化，没有一个显著提高，9 个显著降低。根据 *TCH*，总体而言，技术进步变化指数有所提高，17 个行业中有 4 个未发生显著变化，13 个显著提高，没有一个显著降低。根据 *PECH*，就总体而言，纯资源配置效率变化指数有所下降，17 个行业中 7 个未发生显著变化，没有一个显著提高，10 个显著降低。根据 *SECH*，总体而言，规模效率变化指数变化不显著，17 个行业中有 14 个未发生显著变化，3 个显著提高，没有一个显著降低。*PTCH* 中通信设备、家用视听设备找不到最优解，效率得分缺失，余下的 15 个行业，总体而言，纯技术进步变化指数有所提高，其中有 3 个未发生显著变化，12 个显著提高，没有一个显著降低。*TPTH* 中通信设备、家用视听设备也找不到最优解，效率得分缺失，余下的 15 个行业，总体而言，由技术变化和纯技术变化共同引起的成分变化不显著，其中有 13 个未发生显著变化，没有一个显著提高，2 个显著降低。*SCH* 中通信设备、家用视听设

备还是找不到最优解，效率得分缺省，余下的 15 个行业，就总体而言，规模效率变化和技术规模变化共同引起的成分变化不显著，其中有 6 个未发生显著变化，4 个显著提高，5 个显著降低。

表 2 2001-2004 年的动态效率

序号	<i>TFPCH</i>	<i>ECH</i>	<i>TCH</i>	<i>PECH</i>	<i>SECH</i>	<i>PTCH</i>	<i>TPTH</i>	<i>SCH</i>
1	0.90	0.58 **	1.54 **	0.66 **	0.88	1.52 **	1.01	0.89 **
2	1.24 **	0.75 **	1.66 **	0.80 **	0.93	1.55 **	1.07	1.00
3	1.14 *	0.75 **	1.52 **	0.48 **	1.56	1.79 *	0.85	1.33 **
4	0.80 **	0.45 **	1.77 **	0.52 **	0.87	1.63 **	1.09	0.95
5	5.41 **	3.58	1.51 **	0.29 **	12.44 **	2.26 *	0.67 **	8.34 **
6	1.21 **	0.92	1.32	1.00	0.92	-	-	-
7	1.63 **	1.02	1.60 **	0.55 **	1.87 **	2.29 *	0.70 *	1.30 *
8	0.19 **	0.13 **	1.46	0.96	0.14 **	1.86	0.79	0.11 **
9	0.51 **	0.41 **	1.23	0.45 **	0.92	1.20 *	1.03	0.94 **
10	0.98	0.73 **	1.34 *	0.76 **	0.96	1.30 *	1.03	0.99
11	1.41 **	1.08	1.31 *	1.00	1.08	-	-	-
12	1.10	0.79	1.38 *	0.29 **	2.72	1.29	1.07	2.91 **
13	0.99	1.00	0.99	1.00	1.00	0.68	1.44	1.44
14	2.71	1.00	2.71 **	1.00	1.00	2.27 **	1.19	1.19
15	1.70 **	1.00	1.70 **	1.00	1.00	1.99 **	0.85	0.85 **
16	1.33 **	0.79 **	1.68 **	0.93	0.85	2.01 **	0.83	0.71 **
17	0.77 **	0.44 **	1.75 **	0.43 **	1.01	1.67 **	1.05	1.06

附注：“*”表示在 90%的置信区间内显著不等于 1，“**”表示在 95%的置信区间内显著不等于 1；“-”表示针对该行业采用最优化方法未找到最优解，效率值得分缺失；按照《中国高技术产业统计年鉴》的分类，序号 1 至 17 分别代表化学药品、中成药、生物生化制品、飞机制造及修理、航天器、通讯设备、雷达及配套设备、广播电视设备、电子器件、电子元件、家用视听设备、其他电子设备、电子计算机整机、电子计算机外部设备、办公设备、医疗设备及器械、仪器仪表等。

就总体而言，2001-2004 年期间，我国高技术产业研发的全要素生产率得到了提高，根据 FGLR 分解，可以发现大多数行业的资源配置效率变化指数是下降了，而导致全要素生产率提高的原因是技术进步指数的提高；根据 FGNZ 分解，我们不难得出纯资源配置效率指数的降低导致了资源配置效率变化指数的减小；根据 RD 分解，高技术产业中的大部分行业的纯技术变化指数有所增加，同时其中的少数行业的规模效率变化和技术规模变化共同引起的成分有所增加，而其它行业基本没有变化；根据 SW 分解个别行业由技术变化和纯技术变化共同引起的成分有所降低，而其它行业基本没有变化。可见，2001-2004 年期间，综合看我国高技术产业的研发能力有了显著提高，而提高的原因主要在于技术进步，但资源配置效率有所下降。

就单个行业而言，8 个研发效率显著提高的行业，按照效率提高由大到小排列依次是航天器、办公设备、雷达及配套设备、家用视听设备、医疗设备及器械、中成药、通信设备、生物生化制品，其中大多数行业的研发效率提高的原因与总体行业效率的提高的原因一致，其中效率航天器、雷达及配套设备两个行业不仅纯技术进步指数有显著提高，而且规模效率变化指数显著提高，规模效率变化和技术规模变化共同引起的成分也显著提高。这表明这两

个行业的全要素效率的提高在于技术、规模，以及两者形成的集聚效应共同推动。4 个研发效率显著降低的行业，按照效率降低由大到小排列依次是广播电视设备、电子器件、仪器仪表，它们研发效率下降的主要原因在于资源配置效率明显下滑。

表 3 2004-2007 年的动态效率

序号	<i>TFPCH</i>	<i>ECH</i>	<i>TCH</i>	<i>PECH</i>	<i>SECH</i>	<i>PTCH</i>	<i>TPTH</i>	<i>SCH</i>
1	0.88 *	1.50	0.59 **	1.51	0.99	0.63	0.95	0.94 **
2	1.00	1.66 *	0.60 **	1.17	1.42 **	1.02	0.59 **	0.84 **
3	0.44 **	0.76 *	0.58 **	0.63 **	1.21	1.73 **	0.33 **	0.40 **
4	0.79 **	1.11	0.71 **	1.08	1.02	0.74 *	0.96	0.98 **
5	0.21 **	0.35 **	0.60 **	0.45 **	0.78	3.32 **	0.18 **	0.14 **
6	1.53 **	2.44	0.63 **	1.00	2.44	-	-	-
7	0.19 **	0.29 **	0.65 **	0.47 **	0.61 **	1.29	0.51 **	0.31 **
8	0.63 **	1.00	0.63 **	1.00	1.00	1.47	0.43 *	0.43 **
9	1.87 **	1.53	1.22	1.53	1.00	1.22	1.00	1.01
10	1.24 **	1.10	1.12	1.13	0.98	1.09	1.03	1.01
11	1.35 **	1.18	1.14	1.27	0.93	0.94	1.21	1.12
12	0.51 **	0.71 *	0.72 **	1.00	0.71	2.41 **	0.30 **	0.21 **
13	0.72 **	1.00	0.72	1.00	1.00	0.69	1.04	1.04
14	1.11	1.04	1.06	1.04	1.00	0.93	1.14	1.15
15	1.75 **	1.05	1.67 **	1.00	1.05	1.63	1.02	1.07
16	0.61 **	0.80	0.77	0.67 **	1.19	1.47	0.52 **	0.62 **
17	0.51 **	0.71 **	0.72 *	0.75	0.94	0.66 **	1.08	1.02

附注：“*”表示在 90%的置信区间内显著不等于 1，“**”表示在 95%的置信区间内显著不等于 1；“-”表示针对该行业采用最优化方法未找到最优解，效率值得分缺失；按照《中国高技术产业统计年鉴》的分类，序号 1 至 17 分别代表化学药品、中成药、生物生化制品、飞机制造及修理、航天器、通讯设备、雷达及配套设备、广播电视设备、电子器件、电子元件、家用视听设备、其他电子设备、电子计算机整机、电子计算机外部设备、办公设备、医疗设备及器械、仪器仪表等。

表 3 给出了 2004-2007 年动态效率的效率得分值。根据 *TFPCH*，总体而言，在此期间高技术产业的研发效率有所降低，在 17 个行业中有 2 个未发生显著变化，5 个显著提高，10 个显著降低。根据 *ECH*，总体而言，资源配置效率变化指数有所下降，在 17 个行业中 11 个未发生显著变化，1 个显著提高，5 个显著降低。根据 *TCH*，总体而言，技术进步变化指数有所下降，17 个行业中有 6 个未发生显著变化，1 个显著提高，10 个显著降低。根据 *PECH*，总体而言，纯资源配置效率变化指数有所下降，17 个行业中 13 个未发生显著变化，没有一个显著提高，4 个显著降低。*SECH*，就总体而言，规模效率变化指数变化不显著，17 个行业中有 15 个未发生显著变化，1 个显著提高，1 个显著降低。*PTCH* 中通信设备找不到最优解，效率得分缺失，余下的 16 个行业，总体而言，纯技术进步变化指数变化不显著，其中有 13 个未发生显著变化，3 个显著提高，1 个显著降低。*TPTH* 中通信设备也找不到最优解，效率得分缺失，余下的 16 个行业，总体而言，由技术变化和纯技术变化共同引起的成分有所降低，其中有 9 个未发生显著变化，没有一个显著提高，7 个显著降低。*SCH* 中通信设备还是找不到最优解，效率得分缺失，余下的 16 个行业，总体而言，规模效率变化和技术规模变化共同引起的成分有所降低，其中有 7 个未发生显著变化，没有

一个显著提高，9个显著降低。

就总体而言，2004-2007年期间，我国高技术产业研发的全要素生产率下降了，根据FGLR分解，可以发现部分行业的资源配置效率变化指数下降了，绝大多数行业技术进步指数也都下降了，这些导致全要素生产率的下降；根据FGNZ分解，高技术产业中的少数行业的纯资源配置效率指数减小了，而且其中少数行业的规模变化效率指数也减小了；根据RD分解，高技术产业中的个别行业的纯技术变化指数增加了，而其中的绝大部分行业的规模效率变化和技术规模变化共同引起的成分有所减少；根据SW分解，部分行业由技术变化和纯技术变化共同引起的成分有所降低，而其它行业基本没有变化。可见，2004-2007年期间，综合看我国高技术产业的研发能力有了显著下降，而下降的原因是多方面的。

就单个行业而言，5个研发效率显著提高的行业，按照效率提高由大到小排列依次是电子器件、办公设备、通信设备、家用视听设备、电子元件，这些行业中除办公设备的科技进步指数有显著提高，其余行业的任何分解出来的指数都没有显著提高，可见这些行业的效率提升是多种因素的集聚效应形成的，而就单独因素而言，并未有任何大的改进。10个研发效率显著降低的行业，按照效率降低由大到小排列依次是雷达及配套设备、航天器、生物生化制品、仪器仪表、其它电子设备、医疗设备及器械、广播电视设备、电子计算机整机、飞机制造及修理、化学药品，根据FGLR分解，可以发现这些行业中很大一部分的资源配置效率变化指数是下降了，绝大多数的技术进步指数下降了，这些都导致了全要素生产率的下降；根据FGNZ分解，不少行业的纯资源配置效率指数下降，只有雷达及配套设备的规模变化效率指数下降；根据RD分解，可以发现的只有生物生化制药、航天器、其他电子设备的纯技术变化指数有所上升，与此同时，其中的大部分行业的规模效率变化和技术规模变化共同引起的成分有所下降；根据SW分解绝大多数行业由技术变化和纯技术变化共同引起的成分有所降低。可见，2004-2007年期间，大部分行业的研发效率下降了，在这些行业中绝大多数指数是显著下降或不变的，只有少数行业的个别几个效率有显著的提升，而且这些显著提高的指数，并未与行业中其它决定全要素生产率的要素结合推动行业效率的提升，不同行业由于各种原因导致了行业研发效率的降低。

4 结论与分析

通过以上的数据分析与实证研究，我们可以有以下结论：

第一，将2001-2004年和2004-2007年的结果加以比较，高技术产业研发的投入产出结构特征发生了明显的变化，2001-2004年劳动投入的增长率较低，资金投入的增长率较高，研发产出有较高的增长率；2004-2007年劳动投入的增长率较高，资金投入的增长率较低，研发产出增长率较低。

第二，将2001-2004年和2004-2007年的结果加以比较，高技术产业研发效率特征发生了明显的变化，2001-2004年研发效率总体得到了明显的提高，技术进步是这一阶段效率得以提高的主要原因；但是2004-2007年研发效率总体出现了明显的下滑，其中资源配置、技术、规模等方面在这一阶段没有得到显著提升，而且技术进步效率出现了明显的下滑。

第三，在2001-2007年间高技术产业的资源配置效率和规模效率都有较为明显的下降。

从以上结论，我们认为

第一，高技术产业研发投入产出结构特征的显著变化，伴随了研发产出的下降和研发效率的降低，因此就投入而言，需要对劳动和资金投入的比例进行权衡，适当增加资金投入

比例。邓进(2007)^[16]的研究表明研发人员投入产出弹性低于资本投入弹性,国际经验也表明研发经费投入在提升科技创新能力地位突出。高技术产业不同于传统劳动密集型工业产业,新技术、新产品需要在相关领域展开大量的研究,支持相关研究的资金投入至关重要。而且,对于高端的科技产品的研发,不仅仅需要人力资本投入,更重要的是具有高素质创新人才投入,这些都需要在前期的资金投入。为适应高技术产业研发的现实情况,我国应适当加大研发经费投入,政府不仅应加大对企业研发产品的支持力度,还应加大对高等院校和科研院所科研活动的资助力度,全面加强科学技术的基础研究工作,致力于培养高素质的创新人才。

第二,技术进步对于高技术产业的研发支持减弱了,需要将自主研发与技术引进相结合共同推动我国高技术产业的技术进步。改革开放以来,我国高技术产业的技术进步主要源于技术转移和技术引进,缺乏具有自主知识产权的技术创新。中国利用发达国家的技术,拥有后发优势。但是,经历了多年的经济增长,随着改革开放的深入我们已不满足于简单的技术转移和技术引进,而对核心技术的需求不断加大,与此同时发达国家对这类技术的控制却越来越强,使得我们原本拥有的后发优势日渐势微。因此,技术进步必须依靠自主研发。但必须承认,我国高技术产业的自主创新能力相当不足,对技术的消化、吸收能力差,企业常常陷入“引进-落后-再引进”的怪圈,当前处于爬坡上坎的阶段,必须面对现实,实现突破,走出自主创新之路。但是,在这一过程中,并不能忽视技术引进,要发挥 R&D 吸收能力和增加技术转移效率的功能,将自主研发与技术进步有机结合,加速我国高技术产业的技术变迁。

第三,除技术进步外,我国高技术产业资源配置能力没有显著提高,需要加强政府引导、企业管理,从宏观和微观层面共同作用,注重高技术产业创新制度建设和创新环境建设,形成不同要素的集聚作用,提高研发效率。杨小凯 2001 年在《天则双周》的讲座中提出了后发劣势的观点,认为落后国家模仿发达国家的制度容易而模仿发达国家的制度难。落后国家倾向于模仿发达国家的制度和管理而不去模仿发达国家的制度,这样落后国家虽然可以在短期内经济获得快速的增长,但是会强化制度模仿的惰性,给长期增长留下许多隐患。从而,落后国家在高技术产业的发展过程中,一定不能忽视相关制度建设,尤其发展到技术模仿的瓶颈期,更应该着眼于破除产业发展的桎梏。在这一阶段,必须将培育具有自主创新核心竞争力的制度建设摆到产业发展的重要位置,使不同的创新要素汇聚形成合力。一方面,就政府而言,随着高技术产业的发展,政府经历了“解制型政府→服务型政府→参与型政府”的转变,作为“参与者”,他们不仅提供制度供给,而且还创造制度需求。因此,在制度建设中需要政府通过产业规划、政策推动等做出引导和鼓励自主创新的制度安排。另一方面,就微观主体而言,企业必须从内部管理出发,通过提高管理水平,实现各创新元素的高效结合,优化资源配置。

参考文献

- [1] 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.
- [2]Cohen, W., and Levinthal, D. Innovation and Learning: The Two Faces of R&D. *Economic Journal*, 1989, 99, 569-596.
- [3]Farrell, M.J. The Measurement of the Productive Efficiency [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1957, Series A, CXX, Part 3: 253-290.
- [4]Simar, L. and Wilson, P.W. Sensitivity Analysis of Efficiency Scores: How to Bootstrap in Nonparametric

- Frontier Models [J]. *Management Science*, 1998a, 44: 49-61.
- [5]Caves, D.W., Christensen, L.R. and Diewert, W.E. Multilateral Comparison of Output, Input and Productivity Using Superlative Index Numbers [J]. *Economic Journal*, 1982a, 95: 73-86.
- [6]Caves, D.W., Christensen, L.R. and Diewert, W.E. The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output and Productivity [J]. *Econometrica*, 1982b, 50: 1393-1414.
- [7]Fare, R., Grosskoff, S., Lindgren, B. and Roos, P. Productivity Changes in Swedish Pharmacies 1980-89: A Nonparametric Malmquist Approach [J]. *Journal of Productivity Analysis*, 1992, 3: 85-101.
- [8]Fare, R., Grosskoff, S., Norris, M. and Zhang, Z. Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrialized Countries [J]. *American Economic Review*, 1994, 84: 66-83.
- [9]Ray, S.C. and Desli, E. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Comment [J]. *American Economic Review*, 1997, 87: 1033-1039.
- [10]Simar, L. and Wilson, P.W. Productivity Growth in Industrialized Countries, Working Paper, 1998b, Université Catholique Louvain, Belgium.
- [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: 913-932.
- [12]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。
- [13]Hall, B.H. and Mairesse, J. Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms [J]. *Journal of Econometrics*, 1995, 29: 263-293.
- [14]方毅、徐光瑞. 我国高技术产业增长路径研究[J]. *经济管理*, 2010(10): 36-45。
- [15]Simar, L. and Wilson, P.W. Estimating and Bootstrapping Malmquist Indices [J]. *European Journal of Operational Research*, 1999, 115: 459-471.
- [16]邓进. 中国高新技术产业研发资本存量和研发产出效率[J]. *南方经济*, 2007(8): 56-64.