

# 世界技术进步趋势与影响

刘小鲁

**摘要：**本文从世界技术进步整体变化趋势和分布领域角度分析了世界技术进步的趋势及其可能产生的影响。研究表明，自 2004 年以来，世界技术进步的整体趋势放缓。造成这种现象的主要原因可以以研发总支出占 GDP 比重增长速度的下降以及信息技术研发速度及其对相关技术领域带动作用下降。在技术创新的分布领域上，信息产业技术创新活动的增长速度虽然下降，但仍在整个创新活动中占据主导地位。未来一定时期内的技术进步将继续表现为信息技术为主导的平稳变化过程。在此背景下，本文进一步讨论了技术进步趋势对世界贸易格局的影响，以及中国贸易结构和技术研发分布领域的基本情况。

## 引言

技术进步作为经济持续增长的基本源泉，是改进经济绩效和社会福利的主要力量。从现实的经济过程来看，技术进步不仅可以推动生产效率的提升，而且能够显著改变产业结构与贸易结构。因此，探讨技术进步的整体趋势及其影响就具有重要的现实意义。

以信息通信技术为核心的高新技术成果的扩散使信息产业和以此为基础的服务业成为发达国家的主导产业。其一系列技术创新成果不仅改造着传统产业的生产方式，而且使得发达国家在经济全球化发展的背景下将传统主导产业在世界范围内重新配置。在此过程中，随发达国家中传统的劳动密集型产业以及某些低端技术的资本密集型产业向发展中国家迅速转移，并由此改变了世界贸易结构。

目前，世界经济正逐渐从危机的负面影响中恢复，而信息技术革命对世界经济的推动作用正在逐渐衰减。在这一背景下，需要对世界技术进步的未来趋势以及可能形成的影响进行分析。为此，本文从世界技术进步的整体变化趋势、技术研发活动的主要领域以及世界技术进步趋势对国际贸易所产生的影响几个方面展开讨论，并以此为背景分析了我国技术创新活动的发展方向以及世界技术进步与我国出口结构的联系。本文的分析结果表明，代替信息技术革命的新技术周期尚未形成，未来技术进步将表现出以信息技术为核心的平稳发展过程。这主要表现在：世界技术进步速度正在减缓；信息技术领域的研发活动在整体技术创新中占有显著地位，但增长速度显著下降，而生物工程和医药技术、新材料（纳米科技）及其应用等其他高新技术领域的专利申请活动也表现出同样的下降趋势；环境技术是高新技术中唯一保持持续高速增长的技术领域，但在整体研发活动中所占比重极小。此外，本文的研究还表明，主要发达国家贸易结构的变化仍然表现出制造业进口总额的快速增长，但中等技术制造业产品进口比重逐渐上升，这与我国目前出口结构的变化存在一定的对应关系。研究还表明，我国虽然在信息技术、医疗、制造等高新技术等领域的研发上取得了一定成绩，但环境技术同样没有在我国目前的专利研发活动中处于重要地位。

本文结构安排如下：第一部分里，本文将定量地分析世界技术进步变化的基本状况；第二部分里，本文将从技术创新角度分析创新活动的总体变化趋势，以及创新活动的分布领域和发展方向；第三部分将讨论技术进步对世界贸易进口结构的影响；第四部分中，本文将从中国的出口结构和技术研发的分布领域讨论世界技术进步对我国的影响；第五部分总结。

## 一、世界技术进步的一般性描述

### (一) 全要素生产率与技术进步

当决策单元 (DMU) 的面板数据可得时, 使用 DEA 非参数估计方法不仅可以求解各样本横截面的全要素生产率, 而且能够通过不同时间序列之间生产前沿面的比较估算技术进步的变化幅度。本文首先选取 OECD 主要国家投入与产出数据, 应用 Malmquist 指数方法对样本国家技术进步状况进行整体描述, 以便在一定程度上为分析国际技术进步状况提供分析依据。

对于每个时期  $t=1, \dots, T$ , 均可以定义一个联结投入与产出的生产可能性集合  $S_t$ 。如果  $x_t$  和  $y_t$  分别代表  $N$  维投入向量和  $M$  维产出向量, 则生产可能性集可以定义为  $S_t = \{(x_t, y_t) : x_t \in R_+^N, y_t \in R_+^M, x_t \text{ 可以生产 } y_t\}$ 。生产可能性集合的边界界定了位于生产可能性前沿面上的全部可行的投入与产出组合。当投入产出组合位于该边界上时, 则生产被认为是有效率的; 如果投入与产出组合位于生产可能性集合的内部, 则存在这生产上的技术非效率。

一种界定技术非效率的方法是引入距离函数。在基于产出的生产前沿面中, 对应于  $t$  时刻生产技术和投入产出向量  $x_t$  及  $y_t$  的距离函数可以定义为:

$$D_t(x_t, y_t) = \inf\{\theta : (x_t, y_t/\theta) \in S_t\} = (\sup\{\theta : (x_t, \theta y_t) \in S_t\})^{-1}$$

基于产出生产前沿面而定义的距离函数  $D_t(x_t, y_t)$  实际上衡量了相同投入下实际产出量与最有效率产出量之间的差距, 从这一定义上来说, 它反映了在时刻  $t$  投入向量  $x_t$  及  $y_t$  所对应的实际生产效率。当  $D_t(x_t, y_t) = 1$  时, 实际生产计划位于生产前沿面上, 从而具有完全的技术效率。

由于技术进步的存在, 不同时期的生产前沿面之间会发生移动。由此产生的一个结果是, 同一投入产出向量在和两个不同的时期里将具有不同的生产效率: 当技术进步发生时, 与原有技术想对应的投入和产出向量在新技术下将更无效率。Faere 等 (1994) 以此为出发点, 提出了如下以产出为基础的 malmquist 指数:

$$M(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \left[ \frac{d_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_t(x_t, y_t)} \cdot \frac{d_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_{t+1}(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

(1) 式的计算思路在于, 对于不同时期投入产出向量之间的生产效率比较, 需要确定比较的技术标准。例如, 可以选取时刻  $t$  的技术为基准。此时, 投入产出向量  $x_t$  和  $y_t$  与  $x_{t+1}$  和  $y_{t+1}$  的比较不仅反映了两个投入产出数据它们之间技术效率上的差异, 还包含了技术变化的影响。由于比较的技术基准既可以选择时期的技术也可以选取时期的技术, 因此 malmquist 指数由两种比较方法的集合平均值决定, 由此可以避免比较由于技术基准选择差异而造成的数值差异。由指数构建含义可以看出, malmquist 指数是对全要素生产率变化的度量。

Malmquist 指数可以进一步拆分为技术效率指数和技术变化指数, 前者用于衡量技术不变前提下生产效率的提升, 后者则单纯反映技术变化 (生产前沿面的移动) 对生产效率的影响:

$$M(x_t, x_{t+1}, y_t, y_{t+1}) = \frac{d_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_t(x_t, y_t)} \cdot \left[ \frac{d_t(x_t, y_t)}{d_{t+1}(x_t, y_t)} \cdot \frac{d_t(x_{t+1}, y_{t+1})}{d_{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}}$$

为了求解 Malmquist 指数，并进行技术进步和技术效率的分解，需要分别计算相应的距离函数  $D_j(x_t, y_t)$ ，（ $j = t, t+1$ ， $l = t, t+1$ ）。根据 DEA 线性规划问题的基本原理，当存在  $i$  个投入产出截面数据时，该求解问题可以归纳如下：

$$[D_j(x_t, y_t)]^{-1} = \max \theta, \quad j = t, t+1, \quad l = t, t+1 \quad (2)$$

$$s.t. \quad \lambda Y_l - \theta y_{it} \geq 0$$

$$x_{it} - \lambda X_l \geq 0$$

$$\lambda \geq 0$$

通过求解（2）式的相应的线性规划问题，我们可以得到计算 malmquist 指数所需的各项距离函数，并可以在此基础上计算技术效率指数和技术进步指数。为了使用这种分析方法估算世界主要国家技术进步的整体状况，本文从数据的可比性和可得性出发，选取了 1996-2007 年间部分 OECD 国家的投入产出数据构建 malmquist 指数计算所需的面板数据。<sup>1</sup> 在具体数据的选取上，本文以各国以美元计的实际 GDP 为总产出数据，以相应年份就业人口和实际资本存量为投入数据，由此求解的各国 malmquist 指数均值如表 1 和表 2 所示：

表 1 各国 malmquist 指数均值

国家	effch	techch	pech	sech	tfpch
澳大利亚	0.978	1.001	0.991	0.986	0.979
奥地利	0.989	1.001	1.015	0.974	0.99
比利时	1.003	1.001	0.987	1.017	1.004
加拿大	0.969	1.001	1.019	0.951	0.970
丹麦	0.921	1.001	0.929	0.991	0.922
芬兰	0.984	1.001	1.002	0.982	0.986
法国	0.988	1.001	0.983	1.005	0.989
希腊	0.937	1.001	0.964	0.972	0.939
爱尔兰	0.981	1.002	1.000	0.981	0.983
意大利	1.013	1.001	1.013	1.000	1.014
日本	1.067	1.001	1.006	1.060	1.068
荷兰	0.988	1.001	1.005	0.983	0.989
新西兰	0.971	1.001	0.961	1.010	0.972
葡萄牙	1.05	1.001	1.075	0.977	1.051
西班牙	1.003	1.005	1.015	0.988	1.008
瑞典	0.977	1.012	0.983	0.994	0.989
瑞士	1.028	1.008	0.997	1.031	1.036
英国	0.965	1.003	0.990	0.974	0.968
美国	0.995	1.002	0.992	1.003	0.996
均值	0.989	1.002	0.996	0.993	0.992

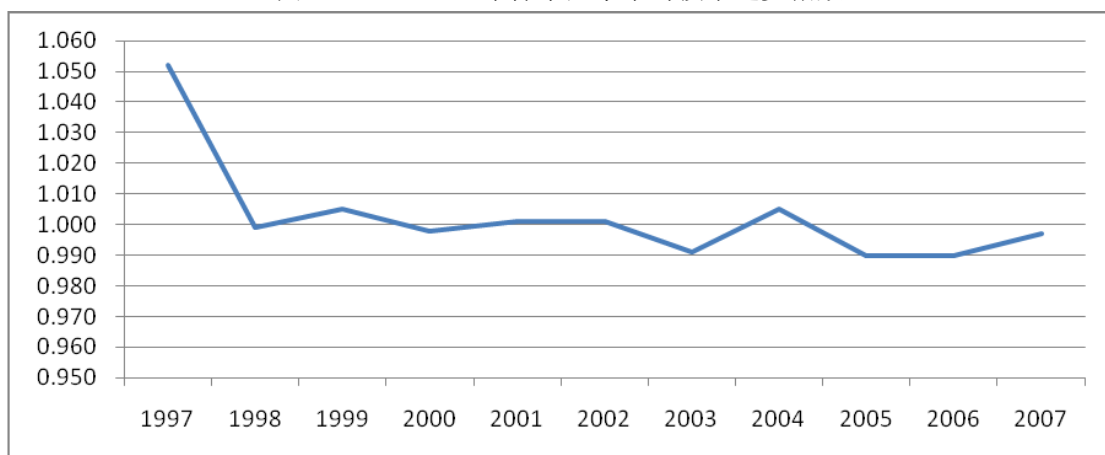
<sup>1</sup> 根据数据的可得性和可比性，这里分析所选取的样本国家为澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、丹麦、芬兰、法国、希腊、爱尔兰、意大利、日本、荷兰、新西兰、葡萄牙、西班牙、瑞士、瑞典、英国和美国。

表 2 1997-2007 各年 malmquist 指数均值

年份	effch	techch	pech	sech	tfpch
1997	0.954	1.052	1.012	0.942	1.003
1998	0.985	0.999	0.923	1.067	0.984
1999	1.022	1.005	1.018	1.004	1.027
2000	0.978	0.998	0.992	0.987	0.977
2001	0.987	1.001	0.987	1.000	0.988
2002	1.023	1.001	1.045	0.979	1.023
2003	0.963	0.991	0.952	1.012	0.954
2004	0.991	1.005	1.031	0.961	0.996
2005	1.025	0.990	0.986	1.040	1.015
2006	0.990	0.990	1.009	0.981	0.980
2007	0.967	0.997	1.005	0.962	0.965
均值	0.989	1.002	0.996	0.993	0.992

表 1 和表 2 分别体现了按时间和横截面平均所得的各国及各年份 malmquist 指数。其中，effch、techch、pech、sech 和 tfpch 分别对应于生产效率变化、技术效率变化、纯技术效率变化、规模效率变化和 TFP 变化。从图 1 可以看出，在 1991-2007 年之间，各国平均技术变化指数均超过 1，这表明，没有国家出现技术退步。从平均增长率数值上来看，瑞典和瑞士的技术进步幅度显著超过其他国家。在表 2 中，从技术变化指标的年度横截面平均值来看，在 1991-2007 年之间，技术进步平均速度出现了一定程度的下降，并且在 2005 年至 2007 年之间表现出明显的波动趋势。需要指出的是，技术进步指标取值小于 1 并不必然反映技术退步。通常而言，技术进步被认为是非可逆的。在此前提下，造成技术进步指标小于 1 的原因可以理解为，虽然各国技术进步都在进行，但是大部分国家技术进步的速度有所下降，从而影响了技术变化指标的取值。图 1 显示了表 2 中各年平均技术变化指数的波动情况。

图 1 1991-2007 年样本国家平均技术进步指数



从图 1 可以发现，在 1997 年至 1998 年中，技术变化均值出现了明显的下降。在此之后，

被考察国家技术进步均值的变化大致可以分为以下两个阶段：（1）在 1998-2002 年之间，技术进步指数的变化较为平稳，技术进步显示出平稳发展的状态；（2）在 2003-2007 年之间，技术进步指数呈现出较大幅度的波动，并且在 2005-2007 年之间始终小于 1。这表明在 2003 年以后，世界技术进步的整体趋势放缓。这一分析结果与下文即将展示的国际技术创新趋势有很高的相似性。

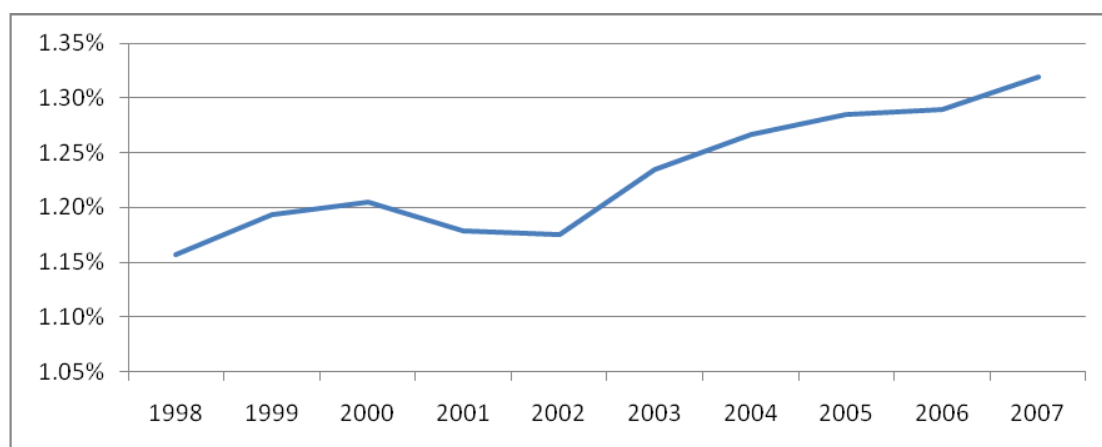
## 二、国际技术创新的变化趋势

技术创新的作用不仅仅体现在增长理论中所描述的推动技术进步，为经济增长提供持久动力上。新技术演变会引起经济生产方式的转变以及产业结构的调整。为了分析国际技术进步趋势对世界经济的影响，有必要进一步讨论技术创新的整体趋势，并在此基础上分析技术创新领域的发展方向。

### （一）技术创新的总体状况

R&D 活动是推动一国创新与技术进步的主要动力之一。在衡量国家 R&D 强度中，R&D 总支出（GERD）占 GDP 比重是一个较为重要的量化指标。为了从投入角度描述国际技术创新趋势，本文首先选择部分 OECD 国家 GERD 占 GDP 比重数据为基础绘制如下折线图：

图 2 部分 OECD 国家 R&D 总支出占 GDP 比重均值（单位：%）



- 注：1. 本表所选国家样本为奥地利、加拿大、丹麦、芬兰、法国、意大利、日本、荷兰、葡萄牙、西班牙、英国和美国。指标数值以各国相应年份 GDP 加权平均而得。
2. 数据来源：GDP 数据来自 OECD *Economic Outlook No.86*，GERD 占 GDP 比重数据来自 OECD.Stat 的 Main Science and Technology Indicators 数据库。

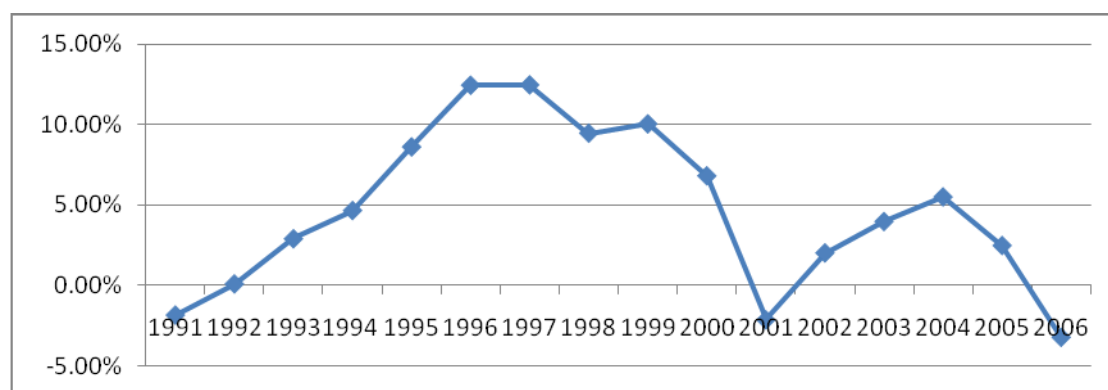
图 2 反映了 1998 年以来，部分 OECD 国家 GERD 占 GDP 比重的加权平均值变化趋势。从图中可以看出，2002 年前后，GERD 占 GDP 比重均值呈现出显著不同的变化趋势：在 2002 年之前，样本国家平均指标数值经历了先上升后下降的倒“U”型变化趋势；而在 2002 年后，就样本国家整体而言，R&D 支出强度又呈现出了一定幅度的上升。此外，从图 2 可以看出，在 2002 年之前，GERD 占 GDP 比重在 2000 年达到第一个定点，数值约为 1.2%；在

2002年至2006年之间，GERD占GDP比重虽然保持持续上升趋势，但增长速度逐渐下降；2006年之后，样本国家的研发强度增长趋势又有所上升。总体上来说，虽然受数据可得性的限制，这里无法展示2007年之后各国研发强度的变化趋势，但可以判断2002年之后GERD占GDP比重整体上呈现出上升趋势，在2002-2007年之间，其年均增长速度大约为2.3%。但是，从增长的速度来看，GERD占GDP的比重增长率表现出一定程度上的下降趋势。

GERD占GDP比重的均值变化趋势可能是造成前文分析中各国平均技术变化指数波动的主要原因之一。对比图1和图2折线图的变化趋势可以看出，技术变化指数波动在1998年、2003年和2005年前后有较大程度的波动，而GERD占GDP比重的指标在1998年和2002年要显著低于其他年份，其增长速度在2005年前后也出现了明显的下降。这种变化趋势上的对应关系表明，研发投入指标的变化对技术变化指数的变动有较强的解释力。

从创新的产出角度而言，专利申请活动同样可以反映技术研发的活跃程度。为了刻画世界专利申请的发展趋势，本文选择在欧洲专利局（EPO）和美国专利商标局（USPTO）两个主要专利系统提出申请的专利申请量进行分析。图3描述了1991-2006年EPO专利申请量的环比增长率：

图3 1991-2006年EPO专利申请量增长率（%）



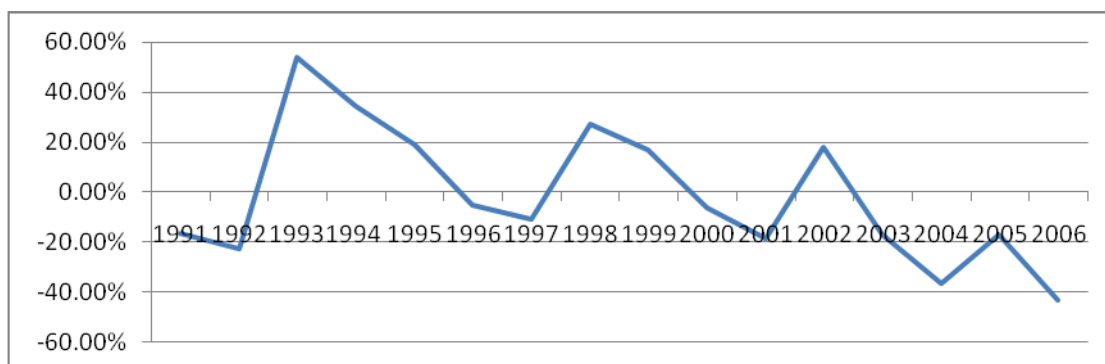
数据来源：根据 OECD.Stat 的 Main Science and Technology Indicators 数据库相关指标计算。

从图3可以看出，在2001年前后，EPO专利申请量增长率呈现出了两个倒“U”型的变化阶段。在1991-1996年之间，EPO专利申请总量呈现出持续加速递增趋势。但在1996年后，增长率逐渐下降，并在2001年表现出短暂的负的环比增长。在2001年之后，EPO专利申请总量环比增长率由负转正，并在2001-2004年之间逐年增长。但在2004年之后，这种增长趋势又出现了逆转。

比较图2和图3可以发现，R&D强度和EPO专利申请量呈现出一定程度上的对应关系。虽然图2没有描述1998年之前GERD占GDP比重的情况，但从图3中1998年后的数据可以看出，当1998-2001年间GERD占GDP比重发生波动时，EPO专利申请环比增长速度也出现了由高至低的变化；当2001-2006年GERD占GDP比重上升趋势减缓时，EPO专利申请量的环比增速则出现了先递增后递减的变化。

在1991-2006年里，USPTO专利年申请量的环比增长率则呈现出波动型的下降趋势，具体变化趋势如图4所示：

图4 1991-2006年USPTO专利申请量增长率(%)



数据来源：同图3。

总体而言，USPTO年均专利申请量增长速度在1991-2006年之间呈现出递减趋势。图4表明，在USPTO专利申请系统中，存在着三个阶段的专利申请高峰，这三个阶段分别对应于1992年至1997年、1997年至2001年以及2001年至2004年。其中，专利申请活动在1991年至1996年之间增长速度最快。在此期间内，不仅专利申请量的增长率在1993年达到了峰值53.93%，而且在1993年至1995年之间均保持在一个较高的水平。在2003年之后，USPTO专利申请量呈现出逐年递减的趋势，因此每年的专利申请量增长率均为负值。

对单一的专利系统专利申请量变化率的考察可能无法准确揭示实际的技术研发活跃程度，因为并非所有的专利申请都会同时出现在每个专利系统之中。正是考虑到这一点，本文在之前的分析中从研发的投入（GERD占GDP比重）变化趋势和两个主要的专利系统中专利申请量的变化进行分析，以便通过这些分析结果之间的综合比较得出较为可靠的结论。从之前的分析可以看出，尽管EPO和USPTO专利申请量的增长率波动幅度表现出较大差异，但是整体变化趋势上仍有相似之处。与EPO专利申请量相比，USPTO专利申请量的波动幅度更大，并且表现出更加明显的下降趋势。但是，两者在1991-1997年间以及1998-2001年的数值波动上存在时间上的一致性，并且在2004年之后均表现出明显的下降趋势。

另一种解释技术进步下滑趋势的可能原因在于信息技术革命对技术进步带动作用逐渐消退的背景下，新的主导性技术领域尚未形成。正如下文的分析将要指出的，生物技术、新材料技术（如纳米技术）等高新技术领域科技活动增长缓慢，甚至出现了倒退。这种技术更替的周期性变化可能是引起技术进步活动波动的一个影响因素。

## （二）技术创新的主要领域及变化趋势

在世界技术进步的整体背景下，信息技术所带来的技术革命效果已经逐步衰退，目前，处于新技术前沿领域的科学技术大致分布在生物技术、纳米技术以及新能源和低碳经济领域，与此同时，与3G通讯技术相联系的网络与电信技术同样处于快速发展阶段。对技术创新领域的结构分析可以帮助我们了解现有技术创新活动的分布领域以及新技术领域的发展趋势。为了对此问题进行分析，本文仍选取EPO和USPTO两个世界主要的专利体系为基准，在国际专利分类标准下讨论专利申请活动在各个技术领域的分布及变化趋势。由于专利申请可以从某种程度上反映出创新活动的活跃程度，因此对专利申请分布领域的分析可以体现出

研发活动对不同技术领域的侧重程度。表 3 首先展示了 1990-2006 年之间 EPO 专利申请的技术领域分布特征及增长率：

表 3 按国际专利标准分类的 EPO 年专利申请比重及平均增长率（单位：%）

技术领域	占总量的比重 (2006 年)	增长率 (1990- 2006)	增长率 (1990- 2000)	增长率 (2000- 2006)
生物技术	3.55	3.81	9.56	-5.10
网络与电信	23.79	5.01	8.40	-0.40
纳米技术	0.54	7.38	11.39	1.02
污染与废物管理	1.15	2.18	4.07	-0.90
应对气候变迁	0.41	13.49	10.98	17.80
人类生活需要	12.58	6.49	8.33	3.50
作业与运输	11.72	3.64	5.16	1.15
化学与冶金	9.07	1.85	3.92	-1.52
纺织与造纸	0.99	1.21	1.68	0.42
固定建筑物	2.09	4.13	5.12	2.51
机械工程与光热	6.66	5.56	6.56	3.91
物理	12.99	4.34	6.74	0.47
电学	14.45	6.23	9.15	1.54

数据来源：同图 3。

表 3 第一列数据描述了 2006 年 EPO 专利申请活动的技术领域分布。其中，申请比重排名前 5 的技术领域依次为网络与电信（ICT）、电学、物理、人类生活需要以及作业与运输。在这 5 个技术领域中可以观察到，ICT 领域的专利申请比重显著高于其它技术领域，这表明 ICT 仍然是目前技术研发的核心领域。与此同时，与新技术前沿相对应的生物技术、纳米技术、污染与废物管理以及应对气候变迁等技术领域内的专利申请比重较低，显示出这些领域仍然处于较不成熟的发展阶段。从技术年申请量的增长趋势上来看，在 1990-2006 年之间，具有最高年均增长率的 5 个技术领域依次为：应对气候变迁、纳米技术、人类生活需要、电学以及机械工程与光热；在 1990-2000 年之间，具有最高年均增长率的 5 个技术领域则表现为纳米技术、应对气候变迁、生物技术、电学以及网络与电信领域；而在 2000-2006 年之间，具有最高年增长率的 5 个技术领域则依次为：应对气候变迁、机械工程与光热、人类生活需要、电学以及作业与运输。

不同时间段之间个技术领域专利申请量变化率的比较可以揭示几个重要结论：（1）ICT 技术革新在创新活动中仍然占有显著地位；（2）2000-2006 年间，几乎各技术领域内的专利申请量都要显著低于 1990-2000 年；（3）从技术领域专利申请量增长率的排序来看，应对气候变迁是唯一持续保持高速增长的高新技术领域，并且比较 1990-2000 年以及 2000-2006 年之间专利申请量变化率可以看出，只有该技术领域的创新活跃程度表现出以递增速度上升的趋势，但是，该技术领域的创新活动尚不成熟，在整体创新活动中所占比重极小；（4）生物技术、纳米技术以及 ICT 等高新技术领域的高速发展时期在 1990-2000 年之间，在 2000-2006 年之间，这些技术领域内的技术创新活力明显下降。



表 4 进一步展示了 USPTO 年专利申请在各个技术领域的分布以及申请量的年均增长率：

表 4 各技术领域 USPTO 年专利申请比重及平均增长率（单位：%）

技术领域	占总量的比重 (2006 年)	增长率 (1990- 2006)	增长率 (1990- 2000)	增长率 (2000- 2006)
生物技术	1.97	-5.15	7.58	-23.10
网络与电信	21.80	-5.54	6.12	-22.19
纳米技术	0.37	-4.30	13.79	-28.28
污染与废物管理	1.02	-4.76	6.68	-21.17
应对气候变迁	0.17	-5.38	6.18	-21.92
人类生活需要	10.87	-5.11	6.72	-21.99
作业与运输	1.58	-5.23	7.58	-23.28
化学与冶金	14.31	-4.63	6.24	-20.34
纺织与造纸	9.52	-4.71	7.31	-21.83
固定建筑物	0.41	-5.09	7.46	-22.84
机械工程与光热	1.54	-4.32	6.36	-19.78
物理	2.77	-4.72	6.22	-20.50
电学	7.26	-4.65	6.13	-20.23

数据来源：同图 3。

从表 4 第一列数据可以看出，在 2006 年 USPTO 专利申请技术领域分布中，ICT、化学与冶金、人类生活需要、纺织与造纸以及电学是专利申请较为密集的技术领域。就增长率而言，在 1990-2006 年之间，各技术领域年专利申请量的增长率均为负值。与 EPO 专利体系相类似，在技术领域分布上，可以看出 ICT 行业专利申请比重显著高于其它领域。从 1990-2000 年以及 2000-2006 年专利申请量变化情况来看，这种负增长率现象是因为在 2000-2006 年之间，各技术领域内年专利申请量的数量出现了较大幅度的下降。在 1990-2000 年之间，USPTO 体系内各技术领域年专利申请量仍出现了较高幅度的增长。在此期间，纳米技术专利申请量的年均增长率显著高于其它技术领域，而其它技术领域专利申请量的增长速度则大致相当。与此同时，可以观察到在 2000-2006 年之间，纳米技术专利申请量较其它技术领域而言则呈现出了较为明显的下降，这表明纳米技术虽然在 1990-2000 年之间得到了较大发展，但是在 2000-2006 年之间，该技术领域内的研发活动有较为明显的下降。

### （三）小结

本节内容试图从技术创新的投入和专利申请的分布领域两个方面进一步讨论世界技术进步的发展趋势，对比本节分析结果与第一节分析结果可以得到以下启示：

（1）本文第一节分析指出，世界技术进步变化指数在 2004 年后呈现出波动与下降趋势。从本节分析结果来看，对这种变化趋势存在两种可能的解释。首先，在同一时期内，GERD 占 GDP 比重的增长速度出现了下降趋势。其次，2000 以来，以网络和电信为代表的各大技术领域专利申请活动年均增长率较 2000 年之前均出现了不同程度的下降。这些可能是造成世界技术进步趋势减缓的主要原因。

(2) 结论(1)的分析结果很有可能也表明,信息技术革命对技术进步的推动作用已经逐渐消失。这一方面表现在2000-2006年之间网络与电信专利申请量的负向增长,还表现在其他技术领域中专专利申请活跃程度增长率的普遍下降,这可能表明信息技术对其他技术领域的技术外溢效果也在逐渐消退。

(3) 但是,需要肯定的是,网络与电信领域的专利创新活动仍然在整体技术创新中占据主导地位,与此相对应的是其他高新技术领域较低的专利申请比重。因此,本节数据的综合分析表明,信息技术革命在技术进步中的推动作用趋于平缓,但新的技术周期尚不具备新技术领域的支撑条件,信息技术及相关产业在未来的一定时期内仍然会是支撑经济发展的主导力量。

### 三、技术创新与贸易结构

技术进步不仅是生产效率提升的主要推动力量之一,还可以直接影响国民经济发展的主导产业,推动产业结构的演变,是国家产业竞争力的决定性因素。自信息技术革命以来,以微电子、网络技术、计算机和通信为代表的信息产业逐渐成为支撑全球经济发展的主导力量。在此基础上,发达国家的传统主导产业逐渐被信息产业和以此为基础的第三产业所取代。随之而来的是经济全球化背景下的产业结构转移与贸易结构的改变。

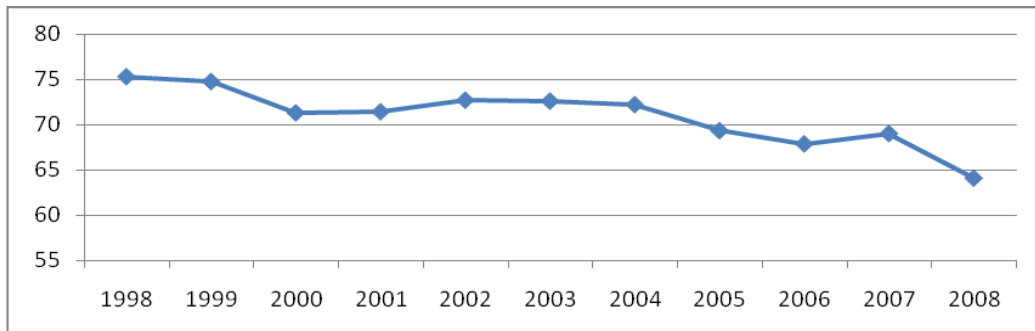
因此,分析世界技术进步趋势及其影响的一个主要问题在于讨论当前技术创新趋势对全球贸易结构的影响。由于中国对外贸易对GDP增长有显著的贡献度。该分析不仅能够描述世界贸易结构的演变趋势,也能为分析世界技术进步趋势对我国的影响提供基础。

#### (一) 技术创新与进口结构的变化

技术进步对国民经济的主要影响作用之一在于推动产业结构演变,改变产业竞争力。由此带来的直接影响是改变一国在全球经济中的比较优势,从而进一步影响该国在世界贸易中的角色和地位。正如前文所述,信息产业革命已经显著地改变了发达国家的传统经济结构,信息产业和服务业逐渐成为这些国家经济发展的主导产业。与这一产业格局演变相对应的是发达国家制造业向世界范围的转移。从贸易格局上来说,这种全球范围内产业结构的调整结果对国际贸易的影响表现为发达国家制造业进口比重的上升。例如,美国在2000-2004年间,其制造业进口总额的年均增长率约为4.37%,而在2004-2008年间,这一增长率提高至6.63%;而在相同的时期内,日本制造业进口总额年均增长率则从4.21%上升至8.29%。在前文分析中,本文指出目前世界技术制造业仍将表现为信息技术为主导的平稳变化过程,而这里的数据表明,世界范围内的制造业分工和产业转移趋势也仍在进行。

但是,尽管制造业进口总额不断增长,但其进口额在进口总额中所占的平均比重却出现下降趋势,具体情况如图5所示。

图5 OECD各国制造业进口占进口平均比重(单位:%)

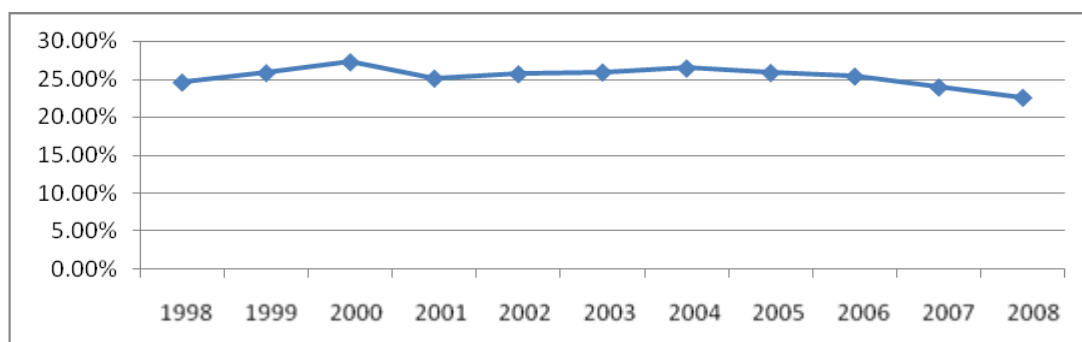


- 注：1. 本图指标计算所选取的样本国家为 OECD 各国，指标计算以各国进口总额加权平均所得  
2. 数据来源：OECD.Stat STAN Bilateral Trade 数据库。

图 5 描述了 OECD 各国在 1998-2008 年之间各年制造业进口占进口总额比重的截面平均值。从中可以看出，OECD 制造业占进口总额的比重在 1998 年后呈现出显著的下降趋势，由 1998 年的逐渐下降至 2008 年的。实际上，在 1998 年至 2008 年之间，OECD 制造业平均进口总额始终保持着上升趋势，但是其增长速度要低于其他产业。在此期间，其他产业（农业、电力、燃气和水等）的进口比重始终保持稳定，而采矿和洗选业在被考察时期内出现了较大幅度的增长。例如，美国 1998 年采矿和洗选业进口仅占进口总额的 9.50%，但截至 2008 年，这一比重已经上升至 26.79%。采矿和洗选业进口额的快速增长最终使得制造业进口在进口总额中的比重下降。

制造业进口占进口总额变动的同时，其内部组成部分也在发生改变。自信息技术革命以来，ICT 产品的进出口逐渐成为制造业贸易的主要类别之一。图 7 反映了 1998 年至 2008 年之间 OECD 各国 ICT 进口的平均比重。

图 6 OECD 各国 ICT 进口占制造业进口平均比重（单位：%）

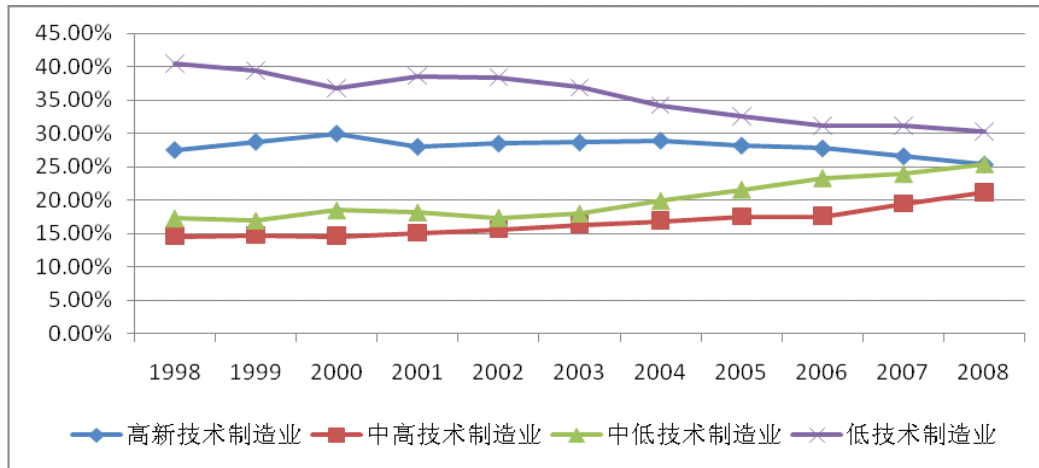


数据来源：同图 5。

从图 6 可以看出，在 1998 年至 2008 年之间，OECD 的 ICT 进口在整个进口总额中占有较大的比重。在被考察年份里，该指标数值始终在 25% 附近波动。从指标的变化趋势上来看，ICT 进口的平均比重基本保持在一个较为稳定的水平，但在 2004 年之后呈现出逐年递减的趋势。

与此同时，OECD 各国制造业进口的技术构成也出现了较大变化。通常而言，制造业进口品一般可以划分为高新技术制造业产品、中高技术制造业产品、中低技术制造业产品和低技术制造业产品四种。图 8 反映了 1998 年至 2008 年之间 OECD 各国制造业进口的平均技术构成情况。

图 7 OECD 各国制造业平均进口技术构成（单位：%）



数据来源：同图 4。

图 7 表明，OECD 各国制造业进口的平均技术构成表现出均等化的趋势。在 1998 年，低技术制造业在 OECD 制造业进口中所占的比重高达 40%；高新技术制造业进口比重则为 27.5%；而中高技术制造业和中低技术制造业进口比重相近，分别为 14.5% 和 17.0%。从 1998 年均值来看，低技术制造业、高新技术制造业以及中高中低技术制造业进口比重有较大差异。

在 1998 年-2008 年之间，低技术制造业进口比重出现了明显的下降。中高技术制造业和中低技术制造业进口比重则出现了较大幅度的上升。高新技术制造业进口比重虽有波动，但幅度不大。这一变化的结果是，在 2008 年，低技术制造业、高新技术制造业以及中高中低技术制造业比重较为接近。从实际技术构成上来看，中等技术（中高技术和中低技术）制造业进口比重的上升是引起这种变化的主要原因。

## （二）计量分析

为了进一步揭示前文所描述的制造业进口技术构成的变化的影响因素，本文将进一步选取相关变量进行计量分析。该分析的基本逻辑在于，引起贸易结构变化的主要原因应当来自国内产业结构的调整以及产品竞争力的变化。通常而言，引起产业结构变化的主要原因可以归结为人均收入的变化以及技术进步。以此为基础，本文令  $P_{it}$  表示时期  $t$  中高技术制造业和中低技术制造业在样本国制造业进口中所占的平均比重，令  $NI_{it}$ 、 $SI_{it}$  和  $R_{it}$  分别表示各样本国家的人均国民收入、服务业产值占国民经济总产值的比重以及 R&D 总支出在 GDP 中所占的比重，并构建如下面板模型：<sup>2</sup>

$$P_{it} = c_i + \alpha NI_{it} + \beta SI_{it} + \gamma R_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

受部分数据缺失的限制，本文选取 1998-2007 年之间某些 OECD 国家的数据构成面板数

<sup>2</sup> 区分固定效应模型和不变系数模型可以使用 F 统计量进行检验；而区分随机效应和不变系数模型则可以使用 LM 检验。如果检验结果表明固定效应模型和随机效应模型均显著优于不变系数模型，则需要进一步通过 hausman 检验来区分固定效应和随机效应。本文使用 STATA 9.2 进行检验。其中，STATA 对固定效应模型的估计能够直接给出区分固定效应模型和不变系数模型的 F 检验结果，该结果为  $F(17,159)=22.42$ ， $\text{Prob} > F = 0.00$ ，即在固定效应模型和不变系数模型之间应该选择前者；LM 检验结果为  $\text{chi2}(1)=156.55$ ， $\text{Prob} > \text{chi2} = 0.00$ ，表明随机效应模型优于不变系数模型；而 Hausman 检验结果为  $\text{chi2}(3)=96.65$ ， $\text{Prob} > \text{chi2} = 0.00$ ，表明应该接受固定效应模型的假设。

据。<sup>3</sup> 其中，中高技术制造业和中低技术制造业在样本国制造业进口中所占的平均比重由 OECD.Stat STAN Bilateral Trade 数据库中各国中高技术制造业进口额、中低技术制造业进口额以及制造业进口总额计算而得，人均国民收入数据来自格罗宁根大学增长与发展中心的 Total Economy 数据库，R&D 总支出占 GDP 比重和服务业产值占国民经济总产值比重的数据则分别来自 OECD.Stat 的 STI 数据库和 STAN 结构分析数据库。在此基础上，使用 EIEWS 6.0 对（3）式进行估计所得结果如下表所示：

表 5 面板估计结果

参数	估计值	t 值	Prob.(t)
$\bar{c}$	-0.21	-2.22	0.03
$\alpha$	0.17	8.83	0.00
$\beta$	0.38	2.15	0.03
$\gamma$	0.04	2.37	0.02
统计值	Adjusted R <sup>2</sup> =0.86	F=58.06	Prob.(F)=0.00

以上回归结果表明，人均国民收入、第三产业比重以及 GERD 支出占 GDP 的比重在解释 OECD 国家中等（中高中和低）技术制造业进口比重变化上均表现显著。与前文的图 7 相结合可以发现，这种变化是与低技术制造业产品和高新技术制造业产品进口比重下降相对应的。因此，人均国民收入、第三产业比重变化以及 GERD 占 GDP 的比重对中等技术制造业进口比重的影响可能通过以下几种途径实现：首先，技术进步、居民收入的变化以及国内产业结构的变化引起了 OECD 国家产品需求结构的变化，而这使得低技术制造业的需求比重逐渐下降；其次，技术进步可能提升了 OECD 国家高新技术制造业产品的生产效率，增强了它们在该类产品生产上的比较优势，从而使得高新技术制造业的进口比重相对下降；最后，技术进步和第三产业的发展使得 OECD 国家进一步向外转移本国制造业，而这可能是引起中等技术制造业产品进口额迅速增长的主要原因。

#### 四、世界技术进步趋势对我国的影响

探讨世界技术进步趋势对中国的影响，可以从两个方面展开。首先，正如前文分析中所提到的，技术进步除提高一国生产率外，还可以推动国民经济主导产业的演变，改变贸易结构。由于出口对我国 GDP 增长具有较高的贡献率，因此有必要考察世界技术进步趋势对我国出口可能产生的影响。其次，世界技术进步趋势也反映了未来世界经济增长点和产业结构变化的方向，在这一背景下分析中国技术进步的状况，也可以反映我国目前技术研发的主要领域，以及我国科技研发在世界中的相对水平。

##### （一）中国的出口结构

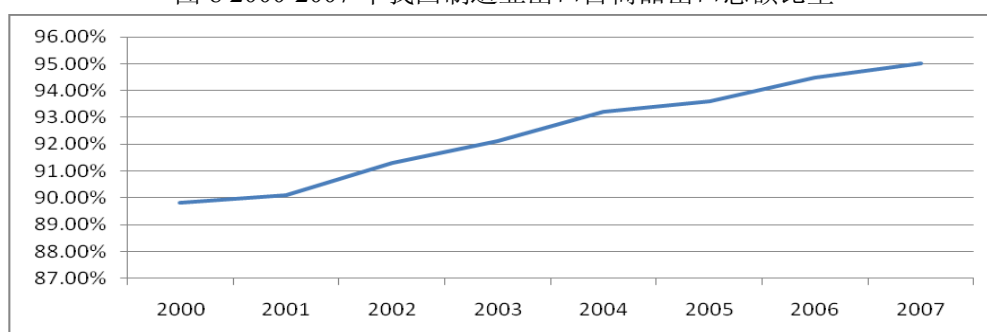
在前文的分析中，本文已经选取 OECD 主要国家为样本分析了世界技术进步趋势下各

<sup>3</sup> 由于一些国家部分数据缺失，这里选取部分 OECD 国家为分析样本。这些样本国家为奥地利、加拿大、丹麦、芬兰、法国、德国、匈牙利、冰岛、意大利、日本、韩国、荷兰、波兰、葡萄牙、斯洛伐克、西班牙、英国和美国。

国进口结构的平均变化状况。从中我们发现：（1）信息技术革命所带来的产业竞争力和贸易结构变化使 OECD 主要国家制造业进口额迅速上升；（2）ICT 产业的进口在 OECD 国家进口总额中所占比重较高，但呈现下降趋势；（3）中等（中高和中低）技术制造业产品进口是 OECD 国家制造业进口的主要组成部分，并且其比重呈现出显著的上升趋势。在本部分研究中，本文以这三方面的分析结论为背景，讨论中国出口结构变化的发展趋势。

首先，在发达国家向发展中国家转移传统制造业的过程中，中国的制造业及其出口得到了迅猛的发展。中国制造业出口占商品出口总额的比重在 2007 年达到 95%，并始终呈现上升趋势。2000-2007 年我国制造业出口占商品出口比重如图 8 所示。

图 8 2000-2007 年我国制造业出口占商品出口总额比重

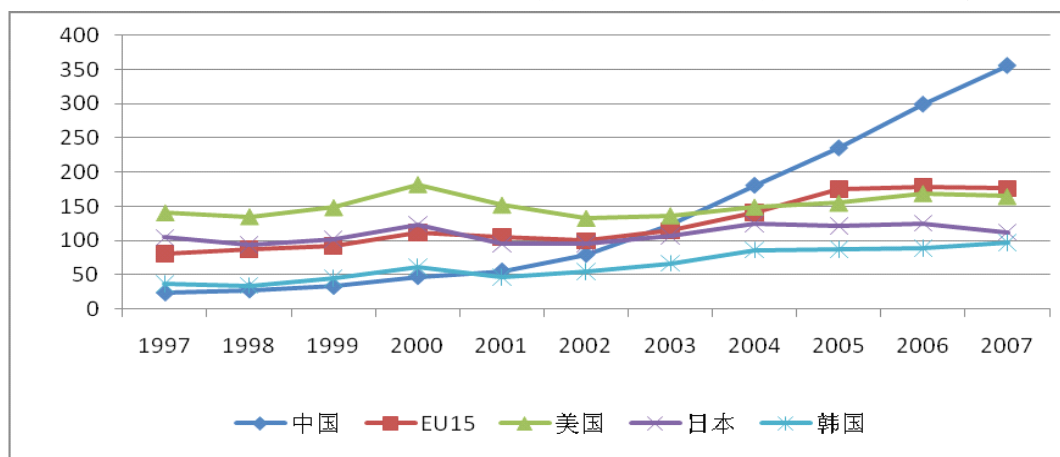


数据来源：《2008 年中国科技统计年鉴》，中国统计出版社。

我国制造业发展与出口呈现出相辅相成的关系。尽管前文对 OECD 国家进口状况的分析表明 OECD 主要国家制造业进口比重呈现出下降趋势，但是之前的分析也指出，一些主要的 OECD 国家（如美国和日本），制造业进口绝对额的增长速度却呈现出上升趋势。这与发达国家传统产业结构向全球范围转移是密切的相关的，并且表明我国制造业出口绝对值还有继续增长的空间和条件。

ICT 产品的出口对于推动我国制造业出口起到了重要作用。前文分析已经指出，1998 年以来，ICT 产品的进口在 OECD 国家制造业进口中所占比重一直保持在 20% 以上。这表明 ICT 产品出口有广泛的市场空间。图 9 列举了五个代表性经济体 1997-2007 年 ICT 产品出口的基本情况。

图 9 1997-2007 年 ICT 产品出口前 5 大经济体出口情况（单位：10 亿美元，现值）

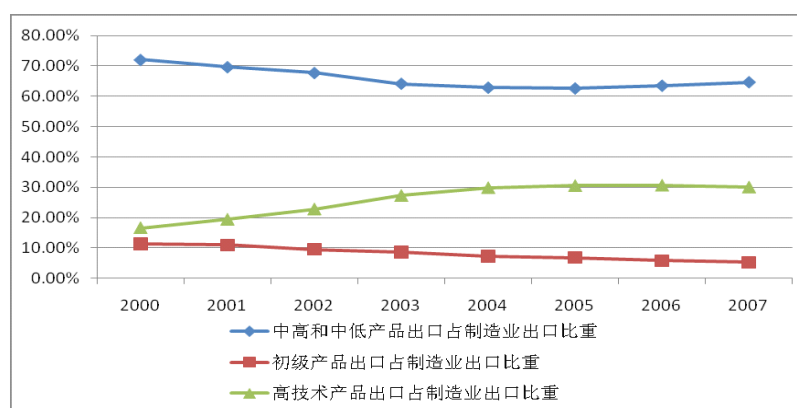


数据来源：OECD, *STI Scoreboard 2009*, <http://dx.doi.org/10.1787/744650503541>。

图9列举了ICT出口位列前5的经济体在1997-2007年之间ICT出口的变化情况。在1997年,中国ICT出口为230亿美元。自1997-2007年以来,该项指标出现了迅速增长。在此期间内,我国ICT产品年均增长速度达到30.50%,并在2007年达到3560亿美元,占当年中国商品出口总额的29.23%。相比而言,其他四大ICT出口经济体的ICT产品出口额变化较为平稳,除EU15和韩国的ICT出口呈现出较为明显的上升趋势外,美国和日本ICT产品的出口基本维持在一个较为稳定的水平。

在我国制造业出口比重迅速提高的同时,制造业出口内部的技术构成结构也在逐渐调整。图10反映了2000-2007年我国制造业出口技术构成的基本变化情况。

图10 2000-2007年我国制造业出口技术构成



数据来源: 同图8。

从图10可以看出,我国制造业出口技术构成结构中中等(中高中低)技术产品出口始终保持着较高的比重。虽然在2000-2005年之间,该指标呈现下降趋势,但其数值始终保持在60%以上。从图中可以看出,这种中等制造业产品出口比重的下降主要是由于高技术产品出口的迅速增长造成的。此外,我国制造业中初级产品出口始终只占很小的比重,并且出口份额呈现出逐年下降的趋势。这些变化趋势均说明我国制造业出口的技术水平正在迅速提高。

在前文的分析中,本文曾经指出,OECD国家制造业技术构成变化中,中等技术产品进口的比重增长迅速,而低技术制造业和高新技术制造业进口所占比重均呈现出下降趋势。对比我国制造业出口技术构成可以发现,由于我国在中等技术制造业出口上一直表现出较高的比重,因此我国制造业出口技术构成与世界制造业进口技术构成的变化趋势存在某种程度上的契合。

## (二) 中国技术研发结构

最后,本文试图从我国专利申请的分布领域状况讨论我国技术创新活动与世界相比所处的水平,并在此基础上分析我国技术研发活动的重点领域。表6反映了各技术领域,我国专利申请量在世界同领域中所处的地位,以及在我国专利申请总量中所占的比重。

表6 中国2002-2006年年均专利申请量的技术结构(单位: %)

技术领域	占世界同领域总量比重	占中国申请总量比重	技术领域	占世界同领域总量比重	占中国申请总量比重
电子机械、能源	4.28	4.76	食品化学	13.47	3.39

视听技术	3.54	3.46	基本材料化学	7.99	4.06
电信	6.11	6.51	材料与冶金	9.79	3.78
数码通讯	9.30	4.71	纺织面料	3.77	1.61
基本通讯过程	2.78	0.59	微观结构、纳米	5.22	0.17
电脑技术	4.17	5.49	化学工程	5.11	2.5
IT 管理方法	2.03	0.48	环境技术	6.42	1.87
半导体	2.88	2.47	操作	2.26	1.16
光学仪器	2.78	2.53	机械工具	4.72	2.02
测量仪器	5.06	3.98	引擎、泵、涡轮	3.09	1.46
生物分析仪器	4.06	0.77	纺织造纸机械	3.53	1.69
控制设备	3.97	1.49	其它特种机械	4.96	2.94
医学设备	7.25	8.78	热加工仪器	7.64	2.22
有机化学精炼	4.40	3.02	机械原理	2.78	1.5
生物技术	5.49	2.74	运输	2.09	1.6
制药技术	9.37	7.63	其他技术领域	4.66	6.75
高分子与聚合	4.77	1.88			

数据来源：WIPO 统计数据库，2009 年 7 月。

表 6 列举了中国 2002-2006 年年均专利申请量的两项结构指标，用于反映中国专利研发活动在各技术领域的分布情况，以及各技术领域中国专利申请数量在世界专利申请中所占的比重。从技术领域分布上来看，我国专利申请分布最为密集的前 5 大技术领域依次为：医学设备、制药技术、电信、电脑技术以及电子机械和能源。<sup>4</sup> 从我国专利申请活动占世界同技术领域专利申请总量的比重来看，前 5 大技术领域为食品化学、材料与冶金、制药技术、数码通讯和基本材料化学。但是，和世界主要国家相比，我国在这些领域的专利申请量申请比重仍然较小。在以上 5 个领域中，日本和美国所占比重分别为 21.05%和 20.68%、10.36%和 39.40%、39.16%和 15.41%、23.12%和 32.77%以及 29.78%和 25.70%。

以上结果表明，我国国内专利研发活动的领域分布在某些高新技术领域（如医学设备、制药和电信）有突出表现。但是，与世界同技术领域的专利申请量相比，我国在这些领域中的专利申请比重仍处于较低水平。并且，在世界环境技术领域专利申请活动持续高速增长背景下，我国在该领域的专利申请量虽然达到世界申请量的 6.42%，但是该技术领域专利申请只占我国专利申请总量的 1.87%。显然，无论是从世界平均角度来说，还是从我国的专利研发活动来说，环境技术都还没有成为一个重点的技术发展方向。

## 五、结语

在分析世界技术进步总体趋势的背景下，本文讨论了世界技术进步的主要分布领域，以及技术进步对各国进口结构变化的影响。在此基础之上，本文进一步结合中国出口结构的变化以及中国专利申请活动的分布领域探讨了世界技术进步趋势对中国可能产生的影响，以及我国研发活动在其中所处的地位与发展方向。总结本文分析，可以得出以下基本结论：

(1) 自 2004 年以来，世界技术进步发展趋缓。形成这种发展趋势的主要原因可能在

<sup>4</sup> 从表 6 中可以看出，我国专利活动在未能具体划分的其他技术领域中的分布比重较高。在排序时，本文并未考虑该类专利申请活动。这时考虑到“其他技术领域”可能包含了许多未能清晰归类的技术领域，从而在专利申请活动上有较高比重。



于，一方面，研发投入占 GDP 的比重这一指标增长速度下降，另一方面，信息技术革命的带动力量逐渐消失，而其他高新技术领域研发进展缓慢。

(2) 在高新技术领域中，信息技术领域内的技术创新活动仍占主导地位。在其他高新技术领域中，只有环境技术科研创新活动始终保持良好的发展趋势，但该技术领域内的研发活动占总量比重却极小。从变化趋势上来看，电子与信息技术、生物工程和医药技术、新材料（纳米科技）及其应用等技术领域专利申请活动不仅增长率呈现出下降趋势，而且部分领域在专利申请的绝对量上出现了下降。从我国专利申请状况来看，一方面，我国专利申请量较世界主要国家而言还相对薄弱，另一方面，环境科技在我国专利申请量中所占比重同样较低。

以上分析表明，未来一定时期内的世界技术进步将表现为以信息技术为主导的平稳变化过程。这一方面表现为处于创新活动主导领域的信息技术领域内创新活力的下降，另一方面还表现在其他高新技术领域技术成果的薄弱状态。无论是世界技术进步的总体变化趋势还是技术研发活动的结构变化均表明，新技术周期的实现仍然缺少必要的技术基础。

(3) 信息技术革命所引起的发达国家传统主导产业向全球范围的转移还在持续，这使得主要发达国家制造业进口总额增长率呈上升趋势。与此同时，中等技术制造业产品进口比重亦表现出上升趋势。这些贸易结构的变化与我国出口结构变化形成了一定的对应关系。在相同时期内，我国制造业出口比重持续提高，并且技术构成水平不断上升。而中等技术水平制造业产品出口在我国制造业出口总额中始终占有较高比重。