**全球技术进步趋势与产业特征分析**

**——基于国别与行业视角**

一、引言

经济全球化的快速发展，使当今世界范围内技术进步呈现出与以往不同的趋势与产业特征，尤其是自金融危机以来，发达国家的“再工业化”战略与工业4.0战略的实施，使得全球技术进步呈现出更加复杂多元的变化趋势。着眼于全球技术进步与产业转型升级，本文从世界技术进步的定量分析出发，从技术研发与技术产出角度对国别、行业等方面进行分析，以此厘清当前全球技术进步的总体变化趋势特征与内在主要影响因素。

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。从现实的经济发展过程来看，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。本文通过DEA非参数估计定量分析发现，21世纪以来全球技术进步呈现放缓趋势，技术进步升级主要来自于技术效率的改进，而非技术变化。进一步对世界技术研发投入和专利创新分析发现，R&D行业支出规模呈现出显著的分化趋势，行业研发投入的下降对技术升级创新造成了显著的制约效应，新兴技术领域对技术变化促进效应不强。

本文结构安排如下：第一部分，本文将基于Malmquist指数方法，对世界技术进步进行总体的定量分析探讨；第二部分，本文将从国别、行业等角度技术投入角度，来对世界技术进步做总体的原因探讨和分析；第三部分，本文进一步从国别、行业等技术创新产出角度，对专利创新产生做总体的趋势分析，以进一步厘清专利技术进步的趋势与特征；第四部分，对当前世界技术进步特征与趋势做总体分析与阐述。

二、世界技术进步的总体趋势与特征

1. 世界技术进步的定量分析方法

本文对于世界技术进步的衡量，采用DEA非参数估计的Malmquist指数方法，基于此方法本文选取OECD主要国家投入与产出数据，对各国总体的全要素生产率的动态变化特征进行定量分析与阐述，进而为世界总体技术进步状况的分析提供证据。

Malmquist指数方法主要基于DEA非参数估计模型，主要利用距离函数的比率计算投入产出效率，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事实上，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，即同一产出向量在不同的时期将具有不同的生产效率，Faere等（1994）以此为出发点，提出了如下以产出为基础的malmquist指数：

 （1）

其中，向量及分别代表时刻投入向量与产出向量。是界定技术非效率的方法的距离函数。在基于产出的生产前沿面中，对应于时刻生产技术和投入产出向量及的距离函数可以定义为：

 （2）

基于产出生产前沿面而定义的距离函数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，它反映了在时刻投入向量及所对应的实际生产效率。

进一步将式（1）中技术进步分解，可得两部分：EF部分表示生产效率的变化，TC部分表示技术效率的变化。

 （3）

如果将式（1）与式（3）中的固定规模报酬的假设进一步放松，即在规模报酬的可变情况下，技术效率变化TC可进一步分解为纯技术效率变化与规模效率变化，得到如下公式：

 （4）

上式中注脚v表示变动规模报酬情况，注脚c表示规模报酬不变情况。其中，TC式中第一项表示变动规模报酬状况下纯技术效率变化，第二项表示规模效率变化。同样，与（3）式一致，EF式表示生产效率变化。

利用上述公式，Malmquist 指数方法可以利用多种投入与产出变量进行效率分析，且不需要相关的价格信息，也不需要成本最小化和利润最大化等的条件，更为重要的是它将生产率的变化原因分为技术变化与技术效率变化，并进一步把技术效率变化细分为纯技术效率变化与规模效率变化（刘秉镰等，2009）。

基于此，本文将各国全要素生产率的变化分解分为技术变化和技术效率变化，而技术效率变化包括纯技术效率和规模效率。指数分析的主要目的之一即是要找到纯技术效率与规模效率对技术效率变化的贡献程度。即如果一国出现非技术效率，那么根据Malmquist 指数方法可以进一步获取纯技术非效率和规模非效率对非技术效率的影响程度与大小，从而可以使得技术效率的提升得到有效的改善和提升。

1. 世界技术进步总体特征分析

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1990-2014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。[[1]](#footnote-1) 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。

1. OECD国家技术变化特征分析

从表1中OECD各国的Malmquist指数的横截面数据来看，1991-2014年间各国全要素生产率变化均值基本低于1，这说明各国的全要素生产率呈现出下降趋势，即OECD主要国家全要素生产率存在恶化趋势。其中，进一步从全要素生产率的分解结果来看，OECD主要国家全要素生产率的下降趋势主要来源于技术变化率（techch）的下降。根据技术变化率的分解结果，可以发现纯技术变化（pech）的基本高于规模效率变化(sech)，这说明技术变化率的降低主要来源于规模效率变化率的降低。总体而言，OECD国家全要素生产率的降低主要来源于技术变化改善速度的降低，而技术效率的提升对全要素生产率的降低起到了极大的改善效应，进一步分析发现各国规模效率的恶化是技术变化效率降低的主要因素。

表1 OECD各国malmquist指数均值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国家 | 效率变化（effch） | 技术变化（techch） | 纯技术变化（pech） | 规模效率变化(sech) | 全要素生产率变化（tfpch） |
| 澳大利亚 | 1.124 | 0.894 | 1.124 | 1 | 1.005 |
| 奥地利 | 1.088 | 0.879 | 1.088 | 1 | 0.956 |
| 比利时 | 1.072 | 0.88 | 1.072 | 1 | 0.943 |
| 加拿大 | 1.066 | 0.877 | 1.066 | 1 | 0.935 |
| 智力 | 1.068 | 0.88 | 1.068 | 1.104 | 0.94 |
| 捷克 | 1.053 | 0.881 | 1.053 | 0.955 | 0.928 |
| 丹麦 | 1.052 | 0.876 | 1.052 | 1.014 | 0.922 |
| 爱沙尼亚 | 1.043 | 0.873 | 1.043 | 1.052 | 0.91 |
| 芬兰 | 1.036 | 0.885 | 1.036 | 1.012 | 0.917 |
| 法国 | 1.039 | 0.878 | 1.039 | 1.009 | 0.912 |
| 德国 | 1.043 | 0.879 | 1.043 | 1.01 | 0.917 |
| 希腊 | 1.036 | 0.885 | 1.036 | 1.14 | 0.916 |
| 匈牙利 | 1.031 | 0.875 | 1.031 | 0.772 | 0.902 |
| 冰岛 | 1.032 | 0.88 | 1.032 | 1.084 | 0.909 |
| 爱尔兰 | 1.023 | 0.886 | 1.023 | 1.01 | 0.905 |
| 以色列 | 1.027 | 0.884 | 1.027 | 0.94 | 0.908 |
| 意大利 | 1.028 | 0.876 | 1.028 | 1.078 | 0.9 |
| 日本 | 1.027 | 0.876 | 1.027 | 1.003 | 0.899 |
| 韩国 | 1.025 | 0.882 | 1.025 | 0.931 | 0.904 |
| 卢森堡 | 0.875 | 0.891 | 0.877 | 1 | 0.78 |
| 墨西哥 | 0.911 | 0.88 | 0.912 | 1.083 | 0.801 |
| 荷兰 | 0.921 | 0.887 | 0.922 | 1.018 | 0.817 |
| 新西兰 | 0.923 | 0.884 | 0.924 | 1.01 | 0.816 |
| 挪威 | 0.934 | 0.877 | 0.936 | 1.01 | 0.819 |
| 波兰 | 0.94 | 0.88 | 0.941 | 0.909 | 0.827 |
| 葡萄牙 | 0.94 | 0.877 | 0.941 | 1.107 | 0.824 |
| 斯洛文尼亚 | 0.951 | 0.893 | 0.953 | 0.94 | 0.849 |
| 西班牙 | 0.954 | 0.881 | 0.956 | 1.084 | 0.84 |
| 瑞典 | 0.958 | 0.878 | 0.959 | 1.005 | 0.84 |
| 瑞士 | 0.963 | 0.883 | 0.965 | 0.939 | 0.851 |
| 土耳其 | 0.959 | 0.884 | 0.961 | 0.977 | 0.848 |
| 英国 | 0.963 | 0.881 | 0.965 | 0.997 | 0.849 |
| 美国 | 0.972 | 0.873 | 0.973 | 1.106 | 0.848 |



图1 1991-2014年样本国家效率变化与技术变化指数

从效率变化与技术变化二者散点图分布来看，部分国家如韩国、澳大利亚奥地利、比利时、加拿大、智力和丹麦等其技术变化和效率变化均处于较高水平，技术进步趋势较为显著。而挪威、瑞典等二者均处于较低水平，技术进步趋势较为缓慢。

1. 世界技术进步的年度趋势特征分析

根据傅勇等（2009）文献，在截面意义上，技术效率因素对全要素生产率具有决定性影响。根据本文的各年Malmquist指数均值来看，OECD国家全要素生产率变化呈现波动上升趋势，但是具有呈现出显著的阶段性特征：1991-1999年间全要素生产率上升速度最快，从0.597上升至0.912，进入2000年后全要素生产率基本保持在0.9左右徘徊，生产率效应改善不显著。进一步从效率变化（effch）和技术变化（techch）来看，1991-2014年间效率变化均值显著高于技术变化均值，这与表1结论基本一致，即各国全要素生产效率的总体提升主要由于技术效率的提高，而非技术的改进。

表2 1991-2014各年Malmquist指数均值

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| year | 效率变化（effch） | 技术变化（techch） | 纯技术变化（pech） | 规模效率变化(sech) | 全要素生产率变化（tfpch） |
| 1991 | 0.993 | 0.511 | 0.993 | 1 | 0.597 |
| 1992 | 1.029 | 0.654 | 1.036 | 0.993 | 0.642 |
| 1993 | 1 | 0.767 | 1.001 | 1 | 0.767 |
| 1994 | 1.001 | 0.813 | 0.999 | 1.002 | 0.814 |
| 1995 | 0.987 | 0.839 | 0.986 | 1 | 0.828 |
| 1996 | 0.977 | 0.889 | 1.003 | 0.974 | 0.869 |
| 1997 | 0.958 | 0.923 | 0.993 | 0.965 | 0.884 |
| 1998 | 0.992 | 0.904 | 1 | 0.993 | 0.897 |
| 1999 | 1.008 | 0.904 | 1.001 | 1.007 | 0.912 |
| 2000 | 1.006 | 0.908 | 0.999 | 1.007 | 0.913 |
| 2001 | 1.029 | 0.886 | 1.015 | 1.014 | 0.911 |
| 2002 | 0.962 | 0.971 | 0.984 | 0.978 | 0.934 |
| 2003 | 1.007 | 0.927 | 1.002 | 1.005 | 0.934 |
| 2004 | 1.009 | 0.932 | 1.004 | 1.005 | 0.94 |
| 2005 | 1.005 | 0.935 | 1.002 | 1.003 | 0.94 |
| 2006 | 1 | 0.939 | 0.997 | 1.003 | 0.939 |
| 2007 | 1.007 | 0.942 | 1.004 | 1.003 | 0.948 |
| 2008 | 1.012 | 0.945 | 1.004 | 1.007 | 0.955 |
| 2009 | 1.005 | 0.95 | 0.996 | 1.009 | 0.954 |
| 2010 | 1.006 | 0.96 | 1.006 | 1 | 0.965 |
| 2011 | 1.003 | 0.954 | 1.002 | 1.001 | 0.957 |
| 2012 | 1.002 | 0.957 | 1.001 | 1.001 | 0.959 |
| 2013 | 1.002 | 0.961 | 1.001 | 1.001 | 0.962 |
| 2014 | 1 | 0.961 | 0.999 | 1.001 | 0.961 |

从图2与表2来看，对于效率变化而言，1991-2014年间技术效率变化均值基本高于1，这说明各国技术效率存在波动上升趋势，进而对促进了总体全要素生产效率的提升。其中，1993-1997年间技术效率呈现出显著的下降趋势，而在1998年-2002年间进入快速上升期，自2003年后基本处于1左右徘徊，并未呈现出显著的上升趋势。



图2 1991-2014年样本国家效率变化指数

此外，从图3技术变化趋势来看，1991-2014年间各国技术变化均值均低于1，但是总体仍然呈现出波动上升趋势。其中，与全要素生产率变化趋势一致，1991-1999年间技术变化率呈现出显著上升趋势，而2000年后技术变化基本处于0.9左右徘徊，从而对全要素生产率的上升起到了极大的制约效应。其中，纯技术变化（pech）和规模效率变化(sech)趋势基本一致，但是纯技术变化（pech）在一定程度上高于规模效率变化。



图3 1991-2014年样本国家技术变化指数

总体来看，OECD国家全要素生产率变化呈现波动上升趋势，但是具有呈现出显著的阶段性特征。其中，1991-2014年间效率变化均值显著高于技术变化均值，即各国全要素生产效率的总体提升主要由于技术效率的提高，而非技术的改进。与全要素生产率变化趋势一致，1991-1999年间技术变化率呈现出显著上升趋势，而2000年后技术变化基本处于0.9左右徘徊，从而对全要素生产率的上升起到了极大的制约效应。

三、世界技术研发投入的趋势与特征分析

在对上述各国生产技术与生产率总体变化趋势分析基础上，本文进一步从世界技术进步的重要影响因素——研发投入角度，对各国生产技术的变化趋势的内在影响因素进行分析和阐述。

（一）世界技术进步的总体研发投入分析

R&D研发活动是推动一国技术研发创新的主要动力之一，其中R&D总支出（GERD）占GDP比重是研发活动的重要量化指标之一。基于此，本文从研发投入角度，对国际技术创新趋势以及内在驱动影响因素进行分析阐述。

从图2 OECD国家R&D总支出占GDP比重均值变化趋势来看，GERD占比呈现波动上升趋势，总体变化与技术效率变化趋势一致，但呈现出显著的阶段性特征：2000年前GERD占比呈现先下降后上升的“U”型变动，而在2000年-2008年间呈现波动平稳变化，2009年后GERD占比波动上升。具体来看，GERD占比从1992年的1.6%左右下降至1995年的1.4%，然后波动上升至2000年的1.65左右，这与上述技术效率变化趋势是一致的；2000年-2008年间GERD占比基本维持在1.75%左右，2009年后GERD占比基本在1.9%左右波动，2000年后变化趋势与技术变化基本一致。

因此，GERD占比变化趋势可能是造成上述生产技术与生产效率波动的主要因素之一。从变化趋势来看，技术变化指数在1998年、2001年、2011年前后具有较大程度的波动，而技术效率指数在1992年、1997年、2002年、2007年前后具有较大程度的波动，GERD占比显著变动基本与技术效率与技术变化趋势保持一致，这说明研发投入指标对技术变动趋势具有较好的解释力。



图4 OECD国家R&D总支出占GDP比重均值（单位：%）

数据来源： OECD.Stat的Main Science and Technology Indicators数据库。

进一步从GERD占比的样本国家分布来看，1990-2014年间GERD占比水平较高的国家，如德国、丹麦、法国、韩国、以色列、芬兰、冰岛等国，其全要素生产率变化均值均在0.9以上，其中在促进技术变化主因中的纯技术变化率均高于1。这说明GERD占比水平的上升在一定程度上极大促进了技术变化的升级，尤其是对纯技术变动的促进效应尤为凸显。

表3 OECD国家R&D总支出占GDP比重均值（单位：%）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 国家 | 研发占比 | 国家 | 研发占比 |
| 以色列 | 3.549 | 挪威 | 1.604 |
| 瑞典 | 3.319 | 卢森堡 | 1.531 |
| 日本 | 3.056 | 捷克 | 1.232 |
| 芬兰 | 2.959 | 爱尔兰 | 1.22 |
| 韩国 | 2.636 | 爱沙尼亚 | 1.155 |
| 瑞士 | 2.588 | 斯洛文尼亚 | 1.138 |
| 德国 | 2.444 | 意大利 | 1.092 |
| 丹麦 | 2.313 | 新西兰 | 1.07 |
| 法国 | 2.163 | 匈牙利 | 0.947 |
| 英国 | 2.152 | 葡萄牙 | 0.865 |
| 冰岛 | 2.117 | 波兰 | 0.67 |
| 澳大利亚 | 1.976 | 希腊 | 0.561 |
| 比利时 | 1.874 | 土耳其 | 0.542 |
| 荷兰 | 1.818 | 墨西哥 | 0.374 |
| 加拿大 | 1.786 | 智力 | 0.351 |

数据来源： OECD.Stat的Main Science and Technology Indicators数据库



图5 OECD国家R&D总支出占GDP比重与生产率分布散点图（单位：%）

同样，从GERD占比与全要素生产率分布的散点图来看，二者进步呈现出显著的正相关关系，即GERD占比使推动生产率提升的主要因素之一。进一步来看，GERD占比较高的国家，如法国、德国、丹麦、韩国、日本、芬兰等国家，其全要素生产率与研发投入均处于较高水平；而GERD占比较低的国家，如墨西哥、新西兰、波兰等国家，其全要素生产率也处于较低水平。

（二）不同产业结构下研发投入特征

从上述总体的研发投入水平来看，R&D总支出占比基本与效率变化与技术变化趋势保持一致，即研发投入指标对技术变动趋势具有较好的解释力。基于此，本文进一步从不同产业结构下研发投入规模变化趋势，以此分析世界技术进步的产业结构的主要影响效应。

从表4与图6不同产业结构下R&D支出状况来看，1990-2014年间R&D行业支出分布均呈现出先上升后下降的倒“U”型变化特征，其中1990-2008年间R&D行业支出呈现波动上升趋势，但是自2008年后呈现出显著的下降趋势。这在一定程度上解释了21世纪全要素生产率中技术变化与效率变化的平稳变化趋势，即行业研发投入的下降对技术升级创新造成了显著的制约效率。

从不同产业结构来看，1990-2014年间制造业R&D行业支出最高，其次是服务业、建筑业、采矿业与农业。其中，服务业的R&D行业支出上升速度显著高于制造业，农业R&D行业支出下降趋势最为显著，从2007年峰值8.4亿美元下降至2013年的0.8亿美元。

表4 OECD企业R&D行业支出分布状况（单位：亿美元）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 农业 | 采矿业 | 制造业 | 电力、煤气、自来水供应 | 建筑业 | 服务业 |
| 1990 | 2.495 | 4.059 | 2136.49 | 13.71 | 16.45 | 172.48 |
| 1991 | 3.356 | 8.063 | 2550.74 | 14.97 | 16.81 | 222.42 |
| 1992 | 2.44 | 4.176 | 2094.11 | 17.03 | 17.81 | 257.56 |
| 1993 | 5.087 | 8.148 | 2412.97 | 19.56 | 19.21 | 378.96 |
| 1994 | 2.326 | 3.761 | 1975.36 | 16.81 | 15.84 | 451.06 |
| 1995 | 3.91 | 5.603 | 2492.78 | 19.54 | 24.29 | 493.21 |
| 1996 | 2.404 | 4.935 | 2135.26 | 18.88 | 23.94 | 500.8 |
| 1997 | 4.351 | 8.136 | 2578.94 | 20.79 | 24.79 | 522.91 |
| 1998 | 4.19 | 10.79 | 2342.23 | 20.55 | 19.03 | 567.77 |
| 1999 | 5.566 | 10.91 | 2900.72 | 19.53 | 26.05 | 639.81 |
| 2000 | 2.578 | 9.061 | 3037.68 | 11.64 | 25.26 | 663.56 |
| 2001 | 4.829 | 12.3 | 3114.82 | 13.89 | 24.59 | 948.7 |
| 2002 | 4.172 | 12.07 | 3041.81 | 13.19 | 30.94 | 1074.17 |
| 2003 | 4.991 | 26.23 | 3097.78 | 13.58 | 26.55 | 1202.49 |
| 2004 | 4.344 | 16.94 | 3180.27 | 14.49 | 28.12 | 1228 |
| 2005 | 5.901 | 20.89 | 3155.22 | 16.09 | 26.95 | 1294.01 |
| 2006 | 6.331 | 29.14 | 3475.58 | 20.37 | 28.09 | 1372.5 |
| 2007 | 8.381 | 34.68 | 3978.93 | 22.15 | 45.12 | 1379.56 |
| 2008 | 5.839 | 40.68 | 3804.39 | 19.35 | 41.79 | 1307.5 |
| 2009 | 3.944 | 28.03 | 3267.43 | 17.56 | 43.73 | 1252.32 |
| 2010 | 2.462 | 37.84 | 3121.65 | 14.8 | 29.45 | 1008.54 |
| 2011 | 2.97 | 36.2 | 3240.61 | 13.18 | 24.79 | 1021.29 |
| 2012 | 0.8482 | 0.6941 | 3136.37 | 11.31 | 20.36 | 164.49 |
| 2013 | 0.4678 | 0.6459 | 1405.43 | 7.922 | 19.59 | 150.08 |
| 总计 | 94.18 | 373.98 | 67680 | 390.86 | 619.57 | 18270 |

数据来源： OECD.Stat的Business enterprise R-D expenditure数据库。行业分类标准按照ISIC revision 3.1，其中研发支出数据按2005年不变价计算而来。



图6 OECD国家制造业与服务业研发支出趋势图（单位：亿美元）

从样本国R&D行业支出规模来看，**行业支出规模呈现出显著的分化趋势**，即部分国家制造业支出规模仍然最高，但是部分国家服务业支出规模最高。其中，部分传统工业强国，如美国、日本、德国、韩国、意大利、加拿大、荷兰和西班牙等国，制造业R&D行业支出规模远高于服务业，但是澳大利亚、法国、以色列、奥地利、墨西哥、捷克、瑞士和丹麦等国家，服务业R&D行业支出高于制造业支出。这一方面反映出OECD国家技术进步趋缓的主因在于制造业行业研发支出增速的降低，另一方面也由于对于服务业研发支出的提升，并未能够带来总体技术变化的显著改善。

表5 OECD国家企业R&D行业支出（单位：亿美元）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国家 | 农业 | 采矿业 | 制造业 | 电力、煤气、自来水供应 | 建筑业 | 服务业 |
| 美国 | 0.61 | 39.57 | 31880.00 | 55.67 | 76.07 | 11570.00 |
| 日本 | 11.98 | 34.33 | 18260.00 | 151.44 | 290.49 | 1699.22 |
| 德国 | 11.17 | 9.80 | 5406.14 | 15.33 | 9.00 | 431.81 |
| 韩国 | 4.65 | 3.14 | 4125.31 | 54.42 | 141.93 | 413.10 |
| 意大利 | 0.06 | 10.84 | 1385.74 | 25.15 | 5.23 | 333.23 |
| 加拿大 | 10.76 | 44.15 | 1145.47 | 16.58 | 3.06 | 651.53 |
| 荷兰 | 13.70 | 13.96 | 715.78 | 3.28 | 7.27 | 149.41 |
| 西班牙 | 11.58 | 5.25 | 645.79 | 17.94 | 17.17 | 369.01 |
| 瑞典 | 2.17 | 1.42 | 518.94 | 4.42 | 0.33 | 127.33 |
| 芬兰 | 0.23 | 1.08 | 443.91 | 3.96 | 4.26 | 97.90 |
| 比利时 | 3.26 | 0.44 | 434.22 | 1.59 | 7.72 | 186.71 |
| 澳大利亚 | 6.54 | 183.35 | 347.13 | 13.61 | 40.49 | 443.82 |
| 法国 | 1.58 | 0.10 | 305.93 | 7.80 | 2.32 | 191.61 |
| 以色列 | 0.00 | 0.00 | 294.01 | 6.39 | 0.00 | 452.52 |
| 奥地利 | 0.19 | 0.66 | 197.80 | 0.91 | 1.45 | 76.11 |
| 墨西哥 | 0.23 | 4.41 | 180.68 | 1.83 | 0.68 | 62.46 |
| 捷克 | 0.89 | 1.27 | 172.18 | 0.40 | 2.91 | 96.23 |
| 瑞士 | 0.00 | 0.00 | 163.49 | 0.00 | 0.00 | 32.58 |
| 土耳其 | 0.82 | 0.88 | 159.99 | 1.58 | 0.61 | 48.48 |
| 爱尔兰 | 0.45 | 0.05 | 115.29 | 0.03 | 0.01 | 26.74 |
| 丹麦 | 0.23 | 0.00 | 102.11 | 0.48 | 0.48 | 64.61 |
| 匈牙利 | 4.97 | 0.05 | 98.13 | 0.93 | 0.46 | 32.03 |
| 挪威 | 2.73 | 13.84 | 91.45 | 0.93 | 2.27 | 102.86 |
| 新西兰 | 3.00 | 0.16 | 23.11 | 0.04 | 0.18 | 18.70 |
| 斯洛伐克 | 0.54 | 0.00 | 22.53 | 0.00 | 0.14 | 31.17 |
| 冰岛 | 0.32 | 0.01 | 5.98 | 0.28 | 0.18 | 9.16 |
| 卢森堡 | 0.00 | 0.00 | 5.91 | 0.00 | 0.00 | 7.39 |
| 智力 | 0.48 | 0.49 | 2.29 | 0.04 | 0.13 | 7.50 |
| 爱沙尼亚 | 0.01 | 0.02 | 1.79 | 0.13 | 0.00 | 4.23 |

注：同表4，部分样本国数据缺失。

（三）制造业分行业结构下研发投入特征

从上述不同产业结构的研发支出趋势来看，制造业研发支出呈现出显著的倒“U”型变化特征，基于此，本文进一步着眼于制造业分行业结构下研发趋势，以此揭示制造业研发趋势变动的分行业特征，为世界技术进步趋势提供进一步的分行业经验证据。

首先，从表6与图7制造业分行业研发支出规模最高的石油化学品等行业、金属制品和机械设备等两大行业支出规模来看，其变动趋势基本与制造业总体变化趋势一致：以2008年峰值为界，同样呈现出显著的倒“U”型变化特征。金属制品和机械设备行业较石油化学品行业而言，其规模与变动幅度远远高于机械设备行业。**其中，在1990-1998年间金属制品和机械设备行业变动趋势呈现出显著的“U”型特征，这与技术变化特征趋势一致，进一步证明了技术效率变化的趋势很大程度上来源于，制造业中金属制品和机械设备行业的研发支出变动。**



图7 OECD国家制造业分行业研发支出趋势图（单位：亿美元）

其次，从图8制造业其他分行业研发支出规模变动趋势来看，分行业研发支出变动趋势与总体行业变动趋势均呈现出一致的倒“U”型变化特征。其中，食品饮料纺织品行业和基本金属行业在剩余分行业中的占比最高，其他制造业分行业研发支出水平基本相当。其中与**金属制品和机械设备行业变动一致，在1990-1998年间食品饮料纺织品行业研发支出变动趋势呈现出显著的“U”型特征，这进一步验证了1990-1998年间技术变化的特征趋势主要来源于制造业上述两个分行业研发推动。**



图8 OECD国家制造业分行业研发支出趋势图（单位：亿美元）

表6 制造业分行业研发支出分布状况（单位：亿美元）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 1990 | 1993 | 1996 | 1999 | 2002 | 2003 | 2006 | 2009 | 2013 | 合计 |
| 食品、饮料和烟草纺织品、 | 23.42 | 46.83 | 29.76 | 50.46 | 62.38 | 69.61 | 84.18 | 85.89 | 24.86 | 1255.83 |
| 毛皮和皮革 | 7.746 | 10.44 | 7.836 | 16.65 | 16.03 | 14.28 | 22.99 | 23.39 | 15.49 | 383.17 |
| 木材、纸张、印刷、出版 | 10.95 | 14.41 | 12.51 | 19.51 | 18.7 | 21.63 | 24.51 | 41.86 | 6.14 | 421.13 |
| 焦炭、石油、核燃料、化学品和产品,橡胶和塑料 | 181.09 | 268.38 | 221.04 | 578.63 | 590.31 | 639.3 | 921.82 | 824.32 | 266.75 | 11180 |
| 基本金属 | 47.55 | 49.23 | 33.64 | 42.84 | 38.01 | 42.72 | 52.3 | 50.85 | 31.47 | 1072.79 |
| 金属制品、机械和设备、工具和运输 | 1482.66 | 1565.65 | 1691.46 | 2107.09 | 2084.03 | 2170.75 | 2610.83 | 2304.27 | 1030.9 | 43610 |
| 家具、其他制造业 | 6.508 | 8.185 | 8.975 | 13.2 | 13.75 | 15.34 | 18.81 | 41.5 | 13.3 | 353.84 |

注：同表4。

进一步从表7样本国制造业分行业R&D支出规模来看，样本国制造业分行业支出规模最高的两个行业仍为金属制品机械设备行业与石油化学品行业，部分传统工业强国，如美国、日本、德国、韩国、意大利、加拿大和西班牙等国，金属制品机械设备行业R&D支出规模高于石油化学品行业的6倍以上。此外，荷兰、瑞典和西班牙等国家，金属制品机械设备行业与石油化学品行业R&D支出规模差距较小。这一方面反映出OECD国家制造业技术进步的主因在于金属制品机械设备行业与石油化学品行业研发，另一方面也由于对于制造业分行业研发支出的提升，并未能够带来总体制造业技术变化的显著改善。

表7 R&D制造业分行业支出（单位：亿美元）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 国家 | 美国 | 日本 | 德国 | 韩国 | 意大利 | 加拿大 | 荷兰 | 瑞典 | 西班牙 |
| 食品、饮料和烟草纺织品、 | 400.32 | 465.66 | 38.93 | 58.57 | 24.57 | 19.87 | 50.31 | 4.35 | 30.04 |
| 毛皮和皮革 | 59.27 | 164.36 | 29.63 | 30.37 | 23.22 | 9.83 | 3.18 | 0.77 | 15.65 |
| 木材、纸张、印刷、出版 | 42.76 | 181.14 | 24.74 | 13.57 | 8.4 | 51.42 | 5.76 | 15.57 | 11.08 |
| 焦炭、石油、核燃料、化学品和产品 | 4030.93 | 3823.43 | 1029.99 | 459.94 | 280.63 | 189.23 | 237.5 | 94.54 | 178.83 |
| 基本金属 | 140.59 | 606.36 | 46.04 | 78.65 | 17.87 | 30.03 | 8.69 | 9.76 | 13.5 |
| 金属制品、机械和设备、工具和运输 | 18640 | 12510 | 3764.73 | 3432.3 | 1071.61 | 820.91 | 401.43 | 379.4 | 371.07 |
| 家具、其他制造业 | 49.68 | 195.92 | 20.09 | 15.37 | 10.06 | 9.95 | 2.54 | 1.28 | 9.32 |

注：同表4

（四）世界技术研发投入总体特征

总体而言，从世界技术进步研发投入角度来看，研发投入对世界技术进步的影响趋势主要有以下几大特征：

第一，**世界GERD占比呈现出显著的阶段性特征，研发投入指标对技术变动趋势具有较强的解释力**：2000年前GERD占比呈现先下降后上升的“U”型变动，而在2000年-2008年间呈现波动平稳变化，2009年后GERD占比波动上升。具体来看，GERD占比从1992年-2000年变动与总体技术效率变化趋势是一致的；2000年-2008年间GERD占比变化趋势与技术变化基本一致。因此，GERD占比变化趋势可能是造成上述生产技术与生产效率波动的主要因素之一。

第二，从GERD占比的样本国家分布来看，**GERD占比水平的上升在一定程度上极大促进了技术变化的升级，尤其是对纯技术变动的促进效应尤为凸显**。具体而言，1990-2014年间GERD占比水平较高的国家，如德国、丹麦、法国、韩国、以色列、芬兰、冰岛等国，其全要素生产率变化均值均在0.9以上，其中在促进技术变化主因中的纯技术变化率均高于1。

第三，从不同产业结构下R&D支出状况来看，**行业研发投入的下降对技术升级创新造成了显著的制约效应**。具有而言，1990-2014年间R&D行业支出分布均呈现出先上升后下降的倒“U”型变化特征，其中1990-2008年间R&D行业支出呈现波动上升趋势，但是自2008年后呈现出显著的下降趋势。这在一定程度上与21世纪全要素生产率中技术变化与效率变化的平稳变化趋势一致，即行业研发投入的下降对技术升级创新造成了显著的制约效率。

第四，**R&D行业支出规模呈现出显著的分化趋势**，即部分国家制造业支出规模仍然最高，但是部分国家服务业支出规模最高。其中，部分传统工业强国，如美国、日本、德国、韩国、意大利、加拿大、荷兰和西班牙等国，制造业R&D行业支出规模远高于服务业，但是澳大利亚、法国、以色列、奥地利、墨西哥、捷克、瑞士和丹麦等国家，服务业R&D行业支出高于制造业支出。这一方面反映出OECD国家技术进步趋缓的主因在于制造业行业研发支出增速的降低，另一方面也由于对于服务业研发支出的提升，并未能够带来总体技术变化的显著改善。

第五，从制造业分行业来看，**技术效率变化的趋势很大程度上来源于，制造业中金属制品机械设备行业和食品饮料纺织品行业的研发支出**。具体来看，研发支出规模最高的石油化学品等行业、金属制品和机械设备等两大行业支出规模来看，其变动趋势呈现出显著的倒“U”型变化特征。其中，在1990-1998年间金属制品机械设备行业与食品饮料纺织品行业变动趋势呈现出显著的“U”型特征，这与技术变化特征趋势一致，进一步证明了技术效率变化的趋势很大程度上来源于制造业中金属制品和机械设备行业的研发支出变动。

四、世界技术专利创新的趋势与特征分析

在对上述各国研发投入变化趋势分析基础上，本文进一步从对世界技术进步的重要产出指标——专利研发角度，对各国生产技术的变化趋势主要领域进行分析和阐述。

1. 世界专利创新的总体状况

从技术创新的产出角度而言，专利创新能够极大的反映技术进步的状况。基于此，本文从以欧洲专利局（EPO）系统数据库对世界专利创新进行阐述与分析。

从图9专利申请量趋势来看，在2001年前后EPO专利申请量呈现出显著的阶段性特征：1990-2000年间专利申请量呈现显著的波动上升趋势，自1990年的6.7万件上升至2000年的12.96万件；但是自2001年后，EPO专利申请量在13万件左右平稳波动变化，并未呈现出显著的上升趋势，甚至在部分时期内呈现出下降趋势。总体来看，2001年后的专利申请量增长趋势进一步佐证了21世纪以来技术效率与技术变化的低速增长态势。



图9 1990-2011年EPO专利申请量 单位（万件）

1. 世界专利创新的行业分布状况

从1990-2011年专利申请的行业分布来看，专利申请量主要集中在网络电信、电力、物理与作业运输等5大领域。在这5个技术领域中可以观察到，网络电信（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，专利申请量呈现显著的阶段性特征：在1990-1999年间专利申请增长率显著高于2000-2011年。总体来看，具有最高年均增长率的5个技术领域依次为：纳米技术、医疗技术、电力、机械工程与光热和人类生活需要。但从分期来看，在1990-1999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、生物技术、医疗技术、电力和人类生活需要领域；而在2000-2011年之间，上述5个技术领域增长率基本均低于1990-1999年间。此外，在增长率较高的行业中仅有电力行业与人类生活需要行业专利申请量规模较大，剩余专利申请量较高的行业，其专利年均增长率均低于4%。

总体而言，各技术领域专利创新活动呈现出以下特征与趋势：

第一，保持快速增长的技术领域，如纳米技术、医疗技术、电力等领域，其技术创新活动往往尚未成熟，创新活动在总体专利创新规模占比较低，因而对于技术进步尤其是技术变化的促进效应不显著，导致21世纪以来全球技术进步趋势放缓，验证了上文中技术变化趋势。

第二，专利技术领域呈现出显著的阶段性特征，即1990-1999年间的专利创新增长率往往显著高于2000-2011年间技术创新增长率，这也与本文得出的世界技术进步的趋势特征即全要素生产率变化特征相符，即21世纪以前技术提升特征十分显著，21世纪后全球技术进步趋势放缓，尤其以技术变化和技术效率的平稳波动特征密切相关。

第三，在全球技术进步放缓背景下，信息技术所带来的技术革命效果逐步衰退，生物技术、纳米技术等技术前沿领域处于快速上升趋势。网络电信技术仍然在专利技术领域占据主导地位，但是其技术创新增长呈现快速下降趋势。

表8 1990-2011年EPO专利申请量行业分布

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 申请量（万件） | | | | | 增长率（%） | | |
| 1990-1994 | 1995-1998 | 1999-2003 | 2004-2007 | 2008-2011 | 1990-1999 | 2000-2011 | 1990-2011 |
| 网络与电信 | 9.54 | 11.32 | 17.59 | 18.35 | 20.52 | 9.21 | 2.62 | 2.31 |
| 电力 | 4.91 | 6.24 | 9.22 | 10.08 | 12.52 | 10.29 | 5.49 | 5.12 |
| 物理 | 5.41 | 5.69 | 8.46 | 9.59 | 10.83 | 6.52 | 3.79 | 3.37 |
| 人类生活需要 | 4.55 | 5.41 | 7.75 | 9.18 | 10.8 | 9.40 | 4.71 | 4.73 |
| 作业与运输 | 5.92 | 6.09 | 7.62 | 8.49 | 10.15 | 5.18 | 3.09 | 2.85 |
| 化学与冶金 | 5.59 | 5.39 | 6.47 | 6.94 | 7.89 | 3.94 | 1.58 | 1.45 |
| 机械工程与光热 | 2.52 | 2.77 | 3.79 | 4.52 | 6.39 | 6.99 | 5.34 | 5.07 |
| 生物技术 | 1.83 | 2.4 | 3.68 | 3.28 | 3.42 | 11.37 | 3.49 | 3.42 |
| 医疗技术 | 1.91 | 2.3 | 3.48 | 4.2 | 5.14 | 10.41 | 5.91 | 6.05 |
| 固定建筑物 | 0.96 | 1.03 | 1.23 | 1.42 | 2 | 6.36 | 4.43 | 3.93 |
| 纺织与造纸 | 0.67 | 0.62 | 0.71 | 0.76 | 0.83 | 2.50 | 0.98 | 0.75 |
| 纳米技术 | 0.18 | 0.21 | 0.45 | 0.57 | 0.51 | 11.83 | 6.20 | 6.20 |

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



图9 1990-2011年EPO专利申请量 单位（万件）

1. 世界专利创新的国别分布状况

从世界专利创新活动来看，在1990-2011年间专利申请量主要集中的网络电信、电力、物理与作业运输、人类生活需要等5大领域中，美国、德国、日本和法国等传统工业强国专利申请量占据主导地位，但是在新兴技术快速增长领域，比如纳米技术、医疗技术、电力、机械工程与光热和人类生活需要等5大领域，上述国家专利申请量均处于较低水平，甚至低于其他国家如英国、韩国等。

从研发占比、研发行业支出与EPO专利申请量二者对比来看，美国、日本、德国、法国、英国等国家研发占比均处于2%以上，而这些国家往往研发支出集中在制造业领域，对服务业研发支出往往远低于制造业，并且研发支出增速呈现放缓趋势，间接导致传统工业专利创新增长率出现下降趋势，新兴技术领域创新主导力不足。

表9 1990-2011年EPO专利申请量 单位（万件）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 行业 | 总量 | 德国 | 美国 | 日本 | 法国 | 意大利 | 英国 | 瑞士 | 瑞典 | 韩国 |
| 网络与电信 | 77.32 | 9.96 | 24.2 | 18.05 | 4.59 | 1.35 | 3.78 | 1.23 | 1.65 | 3.14 |
| 电力 | 42.96 | 6.35 | 11.53 | 10.15 | 2.85 | 0.89 | 1.86 | 0.65 | 1.14 | 2.21 |
| 物理 | 39.98 | 5.66 | 12.57 | 9.03 | 2.45 | 0.78 | 2.08 | 0.92 | 0.63 | 1.2 |
| 作业与运输 | 38.26 | 10.31 | 7.66 | 6.57 | 3.07 | 2.17 | 1.65 | 1.19 | 0.87 | 0.34 |
| 人类生活需要 | 37.69 | 5.63 | 13.97 | 3.47 | 2.7 | 1.65 | 2.2 | 1.24 | 0.78 | 0.44 |
| 化学与冶金 | 32.28 | 5.71 | 10.67 | 5.92 | 1.89 | 0.85 | 1.63 | 0.75 | 0.33 | 0.46 |
| 机械工程与光热 | 19.98 | 5.92 | 3.6 | 3.39 | 1.64 | 1 | 0.95 | 0.46 | 0.46 | 0.38 |
| 医疗技术 | 17.04 | 2.15 | 7.73 | 1.71 | 0.75 | 0.48 | 0.84 | 0.53 | 0.45 | 0.15 |
| 生物技术 | 14.62 | 1.57 | 6.5 | 1.56 | 0.79 | 0.27 | 0.84 | 0.28 | 0.22 | 0.18 |
| 固定建筑物 | 6.64 | 1.97 | 0.99 | 0.27 | 0.63 | 0.47 | 0.47 | 0.25 | 0.17 | 0.05 |
| 纺织与造纸 | 3.59 | 0.88 | 0.69 | 0.46 | 0.2 | 0.32 | 0.13 | 0.18 | 0.1 | 0.14 |
| 纳米技术 | 1.91 | 0.22 | 0.69 | 0.44 | 0.12 | 0.03 | 0.09 | 0.03 | 0.02 | 0.07 |

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

五、世界技术进步的主要结论

通过DEA非参数估计的Malmquist指数方法，本文发现世界技术进步21世纪以来总体呈现放缓趋势，基于此，本文进一步从技术研发投入与研发产出角度，从不同行业、不同国家、不同技术领域对世界技术进步特征进行原因分析与趋势探讨。总体而言，本文可以得出如下结论：

第一，自2000年以来世界技术进步发展缓慢。全要素生产率变化总体呈现波动上升趋势，但自2000年以来生产率增速缓慢。其中全要素生产效率的总体提升主要由于技术效率的提高，而非技术的改进。与全要素生产率变化趋势一致，自2000年后技术变化进步趋势缓慢，对全要素生产率的上升起到了极大的制约效应。

第二，世界研发占比呈现出显著的阶段性特征，研发投入指标对技术变动趋势具有较强的解释力：2000年前GERD占比呈现先下降后上升的“U”型变动，而在2000年-2008年间呈现波动性平稳变化，2009年后GERD占比波动上升。具体来看，GERD占比从1992年-2000年变动与总体技术效率变化趋势是一致的；2000年-2008年间GERD占比变化趋势与技术变化基本一致。因此，GERD占比变化趋势可能是造成上述生产技术与生产效率波动的主要因素之一。

第三，GERD占比水平的上升在一定程度上极大促进了技术变化的升级，尤其是对纯技术变动的促进效应尤为凸显。同时，从制造业分行业来看，技术效率变化的趋势很大程度上来源于金属制品机械设备和食品饮料纺织品等两大行业。具体而言，1990-2014年间GERD占比水平较高的国家，如德国、丹麦、法国、韩国、以色列、芬兰、冰岛等国，其全要素生产率变化均值均在0.9以上，其中在促进技术变化主因中的纯技术变化率均高于1。在1990-1998年间金属制品机械设备行业与食品饮料纺织品行业变动趋势呈现出显著的“U”型特征，这与技术变化特征趋势一致，

第四，R&D行业支出规模呈现出显著的分化趋势，行业研发投入的下降对技术升级创新造成了显著的制约效应。具有而言，1990-2008年间R&D行业支出自2008年后呈现出显著的下降趋势，一定程度上与21世纪全要素生产率中技术变化与效率变化的平稳变化趋势一致。此外，部分国家制造业支出规模仍然最高，但是部分国家服务业支出规模高于制造业支出规模。这一方面反映出OECD国家技术进步趋缓的主因在于制造业行业研发支出增速的降低，另一方面也由于对于服务业研发支出的提升，并未能够带来总体技术变化的显著改善。

第五，从技术创新的产出角度而言，专利技术领域呈现出显著的阶段性特征，2001年后的专利申请量缓慢增长趋势进一步佐证了21世纪以来技术效率与技术变化的低速增长态势。1990-2000年间专利申请量呈现显著的波动上升趋势，但是自2001年后，EPO专利申请量在13万件左右平稳波动变化，并未呈现出显著的上升趋势，甚至在部分时期内呈现出下降趋势。此外，1990-1999年间的专利创新增长率往往显著高于2000-2011年间技术创新增长率，与本文得出的世界技术进步的趋势特征即全要素生产率变化特征相符。

第六，新兴技术领域对技术变化促进效应不强。在保持快速增长的技术领域，如纳米技术、医疗技术、电力等领域，其技术创新活动往往尚未成熟，创新活动在总体专利创新规模占比较低，因而对于技术进步尤其是技术变化的促进效应不显著。在全球技术进步放缓背景下，信息技术所带来的技术革命效果逐步衰退，生物技术、纳米技术等技术前沿领域处于快速上升趋势。网络电信技术仍然在专利技术领域占据主导地位，但是其技术创新增长呈现快速下降趋势。

参考文献：

[1]陆剑,柳剑平,程时雄.中国与OECD主要国家工业行业技术差距的动态测度[J].世界经济,2014,09:25-52.

[2]陈一博.中国从世界制造中心向技术创新中心转变的路径研究[D].中国社会科学院研究生院,2010.

[3]徐全勇,肖文彬.当代世界技术贸易的地理格局初探[J].世界地理研究,1998,01:30-34.

[4]沈伯明.跨国公司与世界技术转让[J].世界经济,1996,03:48-51.

[5]林兰,曾刚.技术扩散与全球技术二元现象研究初探[J].世界经济研究,2006,04:23-29.

[6]王忠宏.全球技术创新现状趋势及对中国的影响[J].发展研究,2013,09:4-8.

[7]“产业技术进步中的公共财政政策”课题组.全球技术进步的总体趋势、产业特征及各国政策走向[J].中国工业经济,2001,11:9-17.

1. 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、智力、捷克、丹麦、爱沙尼亚、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、以色列、意大利、日本、韩国、卢森堡、墨西哥、荷兰、新西兰、挪威、波兰、葡萄牙、斯洛文尼亚、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国和美国。 [↑](#footnote-ref-1)