

解读美国《2016 年科学与工程指标》报告 ——全球主要国家研发投入和产出

王 炼

(中国科学技术交流中心, 北京 100045)

摘 要: 美国国家科学理事会应国会要求, 每两年发布一次《科学与工程指标》报告, 向总统和国会报告美国的科学、技术和工程发展水平, 并与其他国家和地区进行综合比较。本文以 2016 年报告中的数据为基础, 分析全球科技发展的总体趋势, 并针对主要国家研发投入和产出, 分别从投入金额、投入强度、经费来源与执行和科研人员投入以及论文数量、知识产权、知识密集型产业和科研人员培养等方面进行比较, 对比我国在科研投入及产出上的优势和差距, 以期为我国研发投入政策的制定提供参考。

关键词: 美国; 科学与工程指标; 美国国家科学基金会; 研发投入

中图分类号: G323.712 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.06.009

2016 年 1 月 19 日, 美国国家科学基金会发布《2016 年科学与工程指标》报告。该报告是根据 1950 年《国家科学基金会法案》的要求, 由美国国家科学基金会定期向总统和国会就美国科学与工程指标的发展情况进行汇报而形成的权威性文件。《科学与工程指标》报告每两年发布一次, 由美国国家科学基金会下属的国家科学与工程统计中心编订, 经美国国家科学理事会审核, 以量化的指标和分析反映美国在科学、技术、工程、科学工程教育和学术研究, 以及产业和经济领域的发展水平, 为总统及国会决策提供参考。报告以事实和数据说话, 不提供任何政策选择或建议。

在 2016 年的报告中, 美国国家科学理事会选取了 7 个方面的 40 个科学和工程指标来评估美国科学和工程发展现状及当前的机遇和挑战, 并以创新能力为主线, 勾勒出全球背景下美国科学和工程指标的走势。此外, 报告还提供了美国与其他国家的科技实力对比及国际合作与竞争态势等方面的数据分析。本文根据报告提供的最新数据 (截至

2013 年), 重点解读全球研发趋势及近年来主要国家科研投入和产出情况。

1 全球科技发展总体趋势

报告认为, 全球正迅速进入知识密集型经济时代, 与之相伴的是科学和工程领域跨国合作的日益增长以及竞争的日趋激烈^[1]。对于知识密集型经济体, 科学和工程研究、商业化应用及智力成果的重要性愈发凸显。知识密集型经济体依赖高技术劳动力和持续的研发投入产生知识流, 并由此创造知识密集型生产和服务的核心技术^[1]。知识密集型产品和服务能够开创全新市场, 促进美国国内经济融入全球经济并抢占国际市场。许多发展中国家已认识到这一点, 将资源集中到研发、教育和知识密集型生产及贸易领域, 在经济和技术发展初期实现爆发式增长。

1.1 全球科技发展呈现多极化新格局

随着知识密集型经济的迅速发展, 世界科学和工程版图正发生引人注目的变化——社会发展和区

作者简介: 王炼 (1982—), 女, 硕士, 主要研究方向为美国基础科学研究动态。

收稿日期: 2016-05-04

域增长的差异引发全球科学和工程研究、教育及企业活动产生巨大变迁。在部分领域，发展中国家和地区开始迅速赶超发达国家和地区，导致多年来以美国、欧盟和日本为主导的全球科学和工程发展格局逐渐向多极化方向演变。

美国凭借其雄厚的基础和巨额投入，在科学和工程发展的多个指标上稳居世界第一位，包括：研发投入、论文引用率、科学和工程博士毕业生数量以及知识和技术密集型经济在国民经济中的比例等。然而，美国也日益感受到来自其他国家，尤其是新兴发展中国家的竞争和挑战，美国在全球研发总投入中所占的比例不断下降；且受金融危机影响，美国联邦政府财政紧缩，2011 年以后联邦政府对研发的投入呈现下降趋势。

欧洲的科技发展形势并无太多惊喜，整体实现稳步增长。欧盟成员国受金融危机影响，经济不振，使得欧盟在全球研发投入中的比例逐步下降，但其在论文数量及引用率、专利授权等传统领域依然保持优势地位。值得一提的是，欧盟新成员，如匈牙利、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克及斯洛文尼亚等发展迅速，论文引用率不断提高；北欧国家也逐渐成长为高影响力研究中心。

亚洲国家在世界科技竞争中的表现尤为突出。其中，中国研发经费投入跃居世界第二位，几乎等于欧盟所有国家研发经费的总和，2003—2013 年全球研发支出增长额的 1/3 来自于中国；韩国在研发投入强度上与以色列并列位居世界榜首；中国和印度在高技术制造和知识密集型商业服务方面发展迅速；东亚和东南亚国家在科学和工程出版物、论文引用率、科技人才数量等方面也都有大幅增长。

此外，澳大利亚、巴西、印度、俄罗斯等国家也都在多个科学和工程指标上奋起直追，科研论文数量、科研人才培养、高技术产品及知识密集型服务业出口等发展迅速。

1.2 全球更为关注能源安全和医疗健康

虽然各个国家和地区科技增长差异明显，但发达国家和地区以及发展中国家和地区都将人类在健康和能源领域所面临的紧迫挑战作为研发重点，不断积累新知识、创造新技术，用于治疗疾病和开发清洁能源。其中美国和欧盟更关注研究和知识创造，而中国则集中精力进行大规模商业制造。

在能源领域，面对能源需求不断增长、化石能源价格波动以及减少温室气体排放的需要，各国政府不仅出台各种补贴和减税政策，还在不断增加投入，鼓励公共和私营部门开发能效高、可负担得起的可替代能源。2013 年，全球清洁能源研发投入约 127 亿美元，主要来自于政府部门，2014 年全球清洁和可再生能源商业投资高达 2 810 亿美元。

在健康领域，美国和欧盟的科学和工程论文及专利申请都更多地聚焦于生物、医药和生命科学领域，其中美国有 48.7% 的科技论文都集中在上述领域。部分发展中国家也非常关注健康领域研发，印度在生物科学领域的出版物所占比例较高，中国在医药制造业产品数量上独占鳌头。

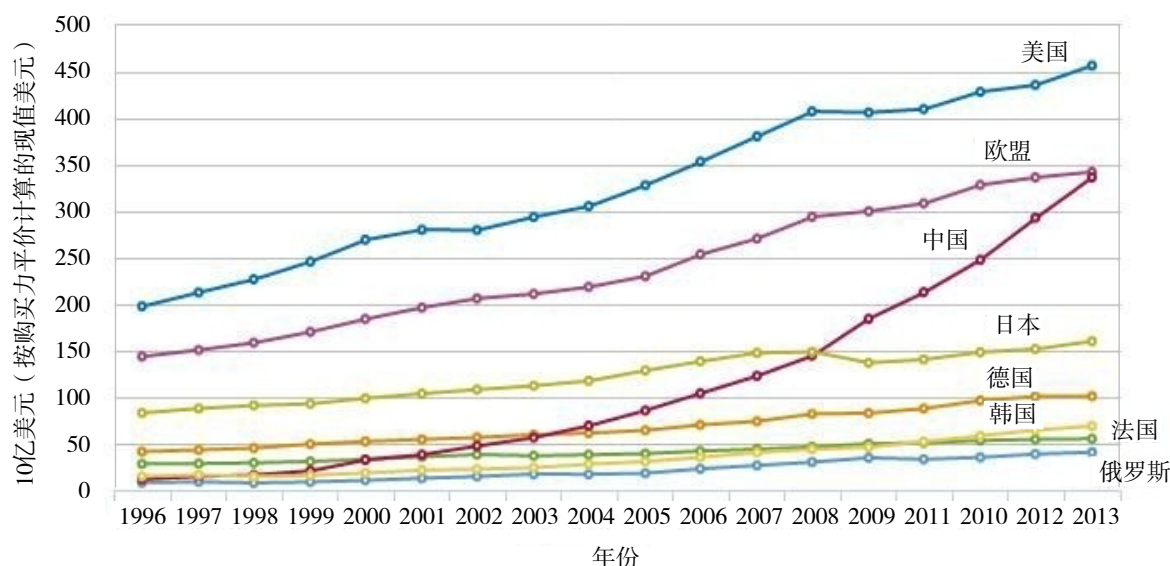
2 全球研发投入

全球研发经费继续保持大幅增长。2013 年，全球研发投入总额约 1.7 万亿美元，比 2003 年的 8 360 亿美元增长 1 倍多，过去 10 年的年平均增长幅度为 7.2%。全球研发投入高度集中于东亚、东南亚和南亚、北美及欧盟。2013 年，北美国家研发投入总额占全球的 29%，欧盟占 22%，东亚、东南亚和南亚地区占 40%，世界其他国家和地区仅贡献了全球研发投入的 9%。2013 年，全球研发投入最高的前 9 个国家为美国、中国、日本、德国、韩国、法国、俄罗斯、英国和印度，其研发投入之和占全球总额的 78%。

2.1 主要国家研发投入简况

美国依旧是研发投入最多的国家，2013 年研发投入 4 561 亿美元，占全球的 27%。中国在过去 10 年间研发投入飞速增长，2013 年研发投入 3 360 亿美元，跃居世界第二位，约占全球的 20%，已接近欧盟总体投入水平。日本和德国的研发投入分别占全球总额的 10% 和 6%，分列第三位和第四位。韩国、法国、俄罗斯、英国和印度处于第三梯队，其研发投入分别占世界总额的 2% ~ 4%。1996—2013 年部分国家和地区的研发投入如图 1 所示。

过去 10 年间，东亚和东南亚国家和地区的研发支出迅速增长，其中以中国最为突出，研发投入年平均增长幅度为 19.5%，其次为韩国，过去 10 年间年平均增幅为 11.1%。同一时期内，东亚和东南亚国家和地区，包括：中国大陆、日本、马来西

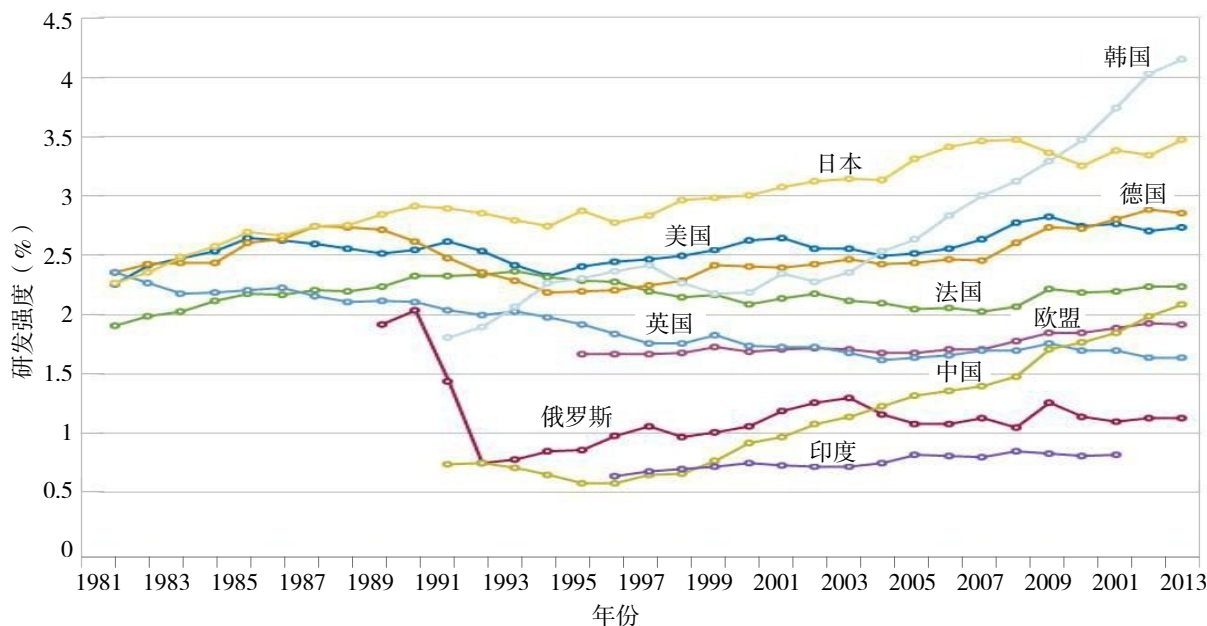
图1 1996—2013年部分国家和地区的研发投入^[1]

亚、新加坡、韩国和中国台湾地区，其研发投入占全球总额的比例由25%上升至37%，而同一时期美国和欧洲的份额分别由35%和27%下降至27%和22%。

2.2 主要国家研发投入强度

研发投入占国民生产总值（GDP）的比例，即研发强度，往往被用于衡量一个国家或地区的创新能力。虽然美国研发总投入远远大于其他任何单一国家，但许多小国的研发强度则更高。欧盟明确提

出要在2020年将研发强度提高到3%。2013年，美国的研发强度为2.7%。以色列和韩国的研发强度并列世界第一，均为4.2%。中国总的研发投入虽仅次于美国，但研发强度仅为2%；日本和德国的研发强度分别为3.5%和2.9%。过去10年内，美国研发强度一直在小范围内波动，欧盟整体研发强度略有上升，韩国和中国的研发强度显著增长，均在过去10年实现翻番。1981—2013年部分国家和地区的研发强度如图2所示。

图2 1981—2013年部分国家和地区研发强度^[2]

2.3 研发投入的来源和执行情况

各国企业均既是研发投入的主要来源，又是研发支出的主要执行者。2013 年，美国研发投入的 61% 来自于企业；中国、日本和韩国等亚洲国家的企业研发投入比例更高，为 75% 左右；欧洲国家企业研发投入相对较低，德国为 66%，法国 55%，英国 47%，俄罗斯仅为 28%。2013 年部分国家研发投入的来源和执行情况如表 1 所示。

由于中国私有企业在研发投入中占有很大比例，因此，中国的企业研发投入更关注试验开发阶段。2012 年，中国有 84% 的研发经费用于试验开发，而仅有 5% 的研发经费用于基础研究；美国用于试验开发和基础研究的经费比例分别为 62% 和 17%。

各国企业研发支持的生产部门也不尽相同。制造业在德国、日本、韩国和中国等国家的企业研发中占到大约 86% ~ 88%，远高于美国（69%）、法国（50%）和英国（40%）。

2.4 科研人员投入

科研人员是从事科研活动、执行科研投入、实现科研产出过程中最为关键的因素。根据经济合作与发展组织（OECD）的数据，自 2000 年以来，全球从事科研工作的劳动力不断增长，其中中国和韩

国的增长速度最快，美国和欧盟实现稳定增长，而日本的科研人员数量在 2000—2013 年间没有太大变化，俄罗斯的科研人员数量则逐年下降。就各国研究人员在其劳动力总数中所占比例来看，北欧经济体最高，在 1% ~ 2% 之间；在科研人员超过 20 万的国家中，韩国（1.3%）、日本（1%）、美国（0.9%）和英国（0.9%）较为领先，中国虽然科研总人数高，但在全国劳动力中的比例仅为 0.2%^[3]。

3 主要国家研发产出

3.1 论文数量及引用率

同行评议论文是衡量一个国家或地区科研产出的实际且有效的指标之一。美国、欧盟及其他发达国家和地区依旧是科学和工程论文的产出大户，中国及其他发展中国家发表的论文数量显著上升，与研发支出的增长趋势一致。中国论文量占世界总量的比例已由 2003 年的 6% 增加到 2013 年的 18%，在论文总量上已接近美国，且在工程领域的论文数量居世界第一位。巴西、印度等发展中国家的论文数量也在迅速增长。

但从论文质量来看，发达国家仍旧占据绝对优势。美国科技论文被引用绝对次数最高；如果按各国研究规模平均，美国、加拿大、瑞士、英国和北

表 1 2013 年部分国家研发投入的来源和执行情况^[2]

国家	研发投入 (10 亿美元)	经费来源者和执行者及其所占比例 (%)							
		企业		政府		高校		私有非营利机构	
		执行	来源	执行	来源	执行	来源	执行	来源
美国	457.0	70.6	60.9	11.2	27.7	14.2	6.9	4.1	4.5
中国	336.5	76.6	74.6	16.2	21.1	7.2	不详	不适用	0.9
日本	160.3	76.1	75.5	9.2	17.3	13.5	6.7	1.3	0.5
德国	101.0	67.8	66.1	14.7	29.2	17.5	0.4	包含在其他 执行机构中	4.3
韩国	68.9	78.5	75.7	11.2	23.9	9.2	1.1	1.2	0.3
法国	55.2	64.8	55.4	13.2	35.0	20.8	2.0	1.4	7.6
俄罗斯	40.7	60.6	28.2	30.3	67.6	9.0	1.2	0.1	3.0
英国	39.9	64.5	46.6	7.3	27.0	26.3	5.8	1.9	20.7
印度 (2011)	36.2	35.5	不详	4.1	不详	60.5	不详	不适用	不详

欧国家所产生的高影响力论文最多。若将各个国家和地区在高被引论文（被引频次排名全球前1%的论文）中所占比例与其科技论文总量相比，标准值设为1%，则美国以标准值的1.8~1.9倍遥遥领先，欧盟由2001年的1个标准值上升到1.3个标准值；中国起步较晚，但发展速度快，由2001年的0.4个标准值上升到2012年的0.8个标准值。2003—2013年部分国家和地区科技论文占全球的百分比如图3所示。

统计结果显示，不同国家合作论文数量日益增多，体现了全球科技交流日渐增多，研发预算压力刺激了合作，且研究人员的国际流动性日益加剧。

3.2 知识产权

虽然不同技术领域的专利偏向性各异，且许多专利并未得到商业化利用或并未产生实际创新，但专利授权和应用仍是衡量创新的一项重要指标。

在专利申请数量上，亚洲经济体起点虽低但增长速度快。2014年，中国知识产权局受理的专利申请数超过美国和日本的总和^[4]，但报告显示，发达国家在专利授权上仍占有绝对优势。2014年，美国专利及商标局共批准专利30万项，其中美国本土占48%，日本占18%，欧盟占15%，中国在其中的比例多年来保持在3%左右。三方专利往往

更富有商业价值。在2003—2012年间，美国、欧盟和日本的三方专利均占总数的30%左右。虽然韩国和中国的三方专利比例有所增加，分别为6%和4%，但依旧远远落后于美、欧、日等传统的领先国家和地区。

知识产权交易能够体现以市场为基础的技术和创新推广，其中一个测度是专有技术的跨境版税和许可费。过去10年，全球版税及许可费的出口收入迅速增长，主要集中在拥有美国专利和三方专利较多的美国、欧盟和日本，也包括瑞士、新加坡和韩国等国家和地区。虽然发展中国家近年来在部分科学和技术指标上有极大突破，但其版税和许可费收入还非常有限，主要原因是，这些国家在美国专利及商标局授予的专利和三方专利中所占比例较低。2013年，印度的版税和许可费出口收入不足5亿美元，中国不足10亿美元。

3.3 高技术和知识密集型产业的比例

研发活动不仅要产出论文、专利及其他无形资产，其最终目标是成为国民经济活动中的有形部分，如产品、服务和工艺等，科学和工程知识日益成为市场生产不可或缺的要素。据OECD统计，全球知识和技术密集型企业的生产总量占全球经济产出的29%，范围覆盖制造业和服务业等多个产业部门^[5]。部分发达国家和地区知识和技术密集型经济

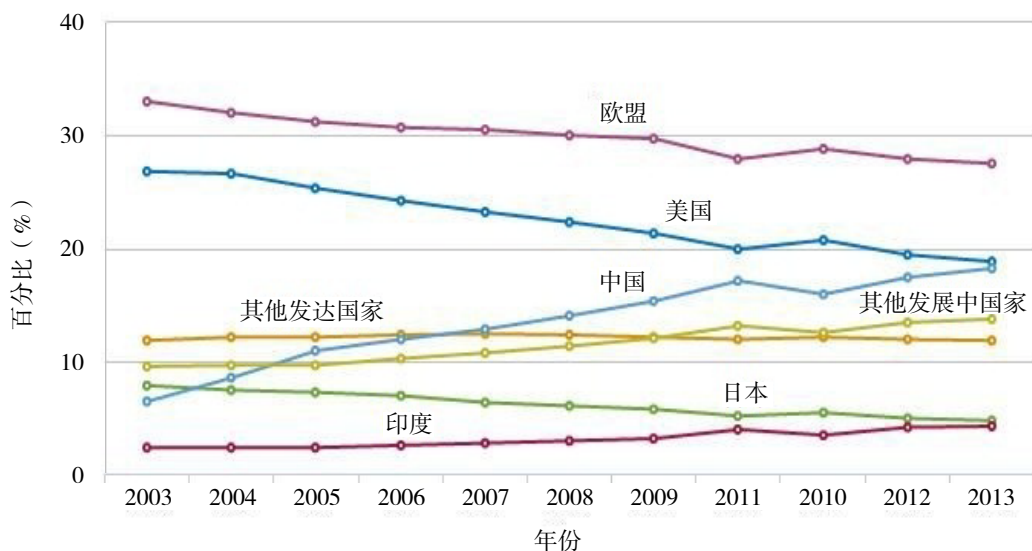


图3 2003—2013年部分国家和地区科技论文占全球的百分比^[1]

占国民经济的比例如图 4 所示。一直以来，高技术制造业和知识密集型服务业都集中在发达国家，在 GDP 中所占比例远超发展中国家，而美国以 39% 领先全球。但随着全球经济一体化和新兴国家的崛起，这一模式正逐渐发生变化。

2014 年，全球高技术制造业附加值为 1.8 万亿美元，其中美国占 29%，主要集中在飞机、航天器和科学仪器等领域；中国以 27% 位居第二位，在 2001—2014 年间增长 10 倍，成为最大的信息通

信产品生产国，并且制药业发展迅速；而欧盟和日本的高技术制造业在同期出现停滞甚至倒退。在全球高技术产品出口中，信息通信产品的比例超过一半，且大量集中在东亚和东南亚地区。中国约独占全球高技术产品出口份额的 1/4，巴西、阿联酋、印度和澳大利亚等国家的高技术产品出口自 2007 年以来也增长很快。越南的高技术产品出口增长速度最快，从 2007 年的 30 亿美元增加到 2014 年的 390 亿美元，成为低成本智能手机和信息、通信

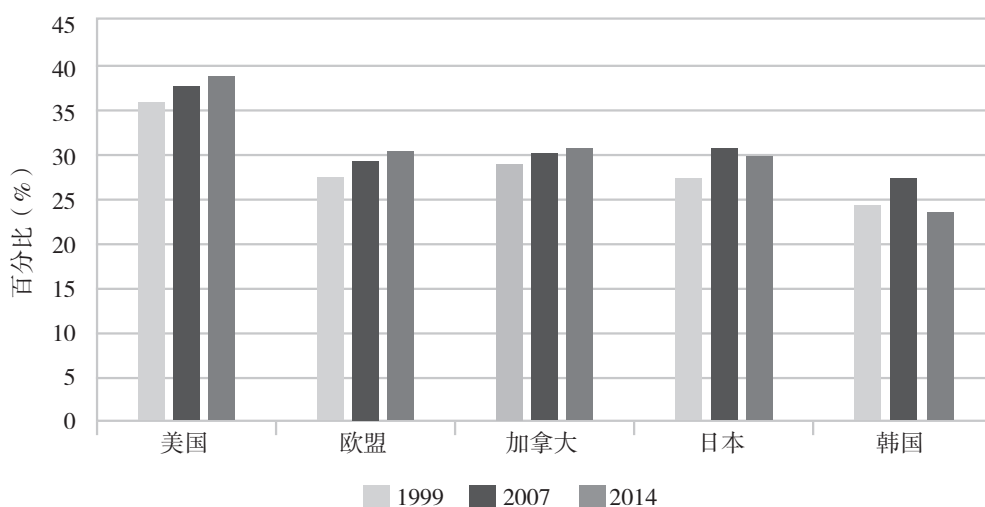


图 4 部分发达国家和地区知识和技术密集型经济占国民经济的比例^[1]

技术（ICT）产品组装地。但是，包括中国在内的发展中国家和地区，其高技术制造业仍然主要是最终装配等低附加值生产活动，并未掌握核心技术；由于发达国家和地区拥有更多熟练工人和更有力的知识产权保护措施，因此，许多跨国企业继续将高附加值生产活动集中在发达国家和地区。

知识密集型服务业包括商业服务业和公共服务业，而最大的商业服务业是企业服务，包括计算机编程和研发服务等技术先进行业。2014 年，全球知识密集型商业服务的附加值为 12.8 万亿美元，同样集中在发达国家和地区，其中美国占 33%，欧盟占 25%。2008 年经济危机后，美国以企业服务和金融服务为首的知识密集型服务业出现反弹，其主要推动力是发展中国家大力发展基础设施，带动美国建筑、工程和咨询服务的发展。2014 年，部分发展中国家知识密集型产业占 GDP 的比例如图 5 所示。

中国在商业性知识密集型服务业方面力量依然较弱，仅占全球产出的 10%，但正在加速增长中。巴西和印度的知识密集型服务业发展也较为迅速，巴西主要发展的是金融和信息服务，而印度以企业服务为主，尤其是计算机工程。2013 年全球知识密集型商业服务业出口总额为 1.5 万亿美元，其中欧盟和美国共占近一半份额，中国和印度各占 7%^[6]。

3.4 科研人才培养

据《2016 年科学与工程指标》报告最新统计，2012 年全球获得科学和工程本科学历的人数约为 640 万，其中 46% 的学位由中国和印度授予，12% 由欧盟授予，9% 由美国授予。2012 年，中国近一半本科学位来自于科学和工程领域，而美国仅为 33%。2000—2012 年间，中国科学和工程本科学历人数增加了三倍以上，大大高于美国、欧盟和其他亚洲国家和地区。然而，在科学和工程博士学位授

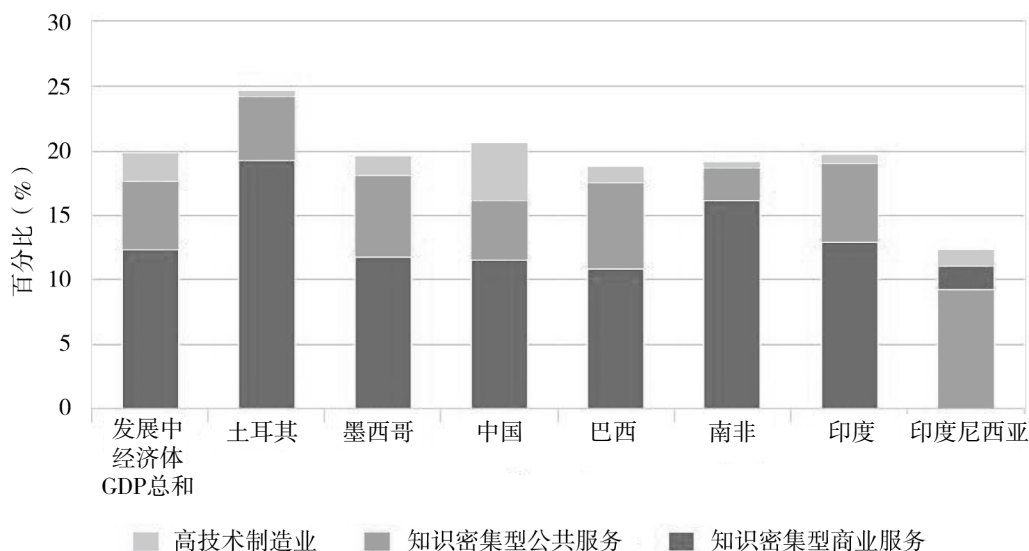


图5 2014年部分发展中国家知识和技术密集型产业占GDP的比例^[1]

予方面，发达国家和地区依然领先。2012年，全球授予20万科学和工程博士学位，其中，美国占17.5%，中国占16%，印度占7%，欧盟占30%。自2007年起，中国超过美国成为授予自然科学博士学位最多的国家。

过去20年间，学生的国际流动性不断增强。根据OECD数据，2000—2012年间，高等教育国际学生数量增长了一倍，达到450万人。总体来说，国际学生从发展中国家流向发达国家，从欧洲和亚洲流向美国。但澳大利亚、中国、韩国和南非逐渐成为本地区的留学中枢。全球约一半国际学生流向美国、英国、澳大利亚、法国和德国。

4 几点思考

根据《2016年科学和工程指标》报告，美国依然在科学和工程领域处于世界领先地位，但全球科技格局正在向“多极化”方向发展，新兴经济体正在奋起直追。其中，我国已成为世界第二研发大国，在研发投入、科技论文产出、高技术制造增加值等方面已位居世界第二位，在科学和工程教育方面也大踏步前进，成为全球科技发展中不可忽视的“一极”。

但报告详实的数据说明，我国更多是在衡量科

技发展“量”的指标上（研发支出、论文数量、科学工程类本科生数量等）接近甚至赶超发达国家和地区，而在体现“质”的指标上（论文引用率、三方专利、高技术产业比例等）与美欧等国家和地区相比还有较大差距，存在的主要原因包括：

（1）研发经费支出结构不合理。企业研发经费支出占比不断升高，导致大部分研发经费支出用于试验开发阶段，基础研究所占比例很小，科技创新的着眼点停留在“用”上，原始创新能力和投入不足，导致核心专利数量较少，大部分行业的核心技术和元器件仍掌握在发达国家手中。

（2）高素质科研人才缺乏。我国虽然科研人员总数高，但在全国劳动力总数中所占比例较低；所培养的理工科人才本科生居多，而赴美留学获得博士学位后选择回国的比例较低。

因此，我国要建设创新型国家，除了要继续保持科研投入稳定增长外，还须调整和优化科研支出结构，增加对基础研究的投入并鼓励企业开展基础性研究；同时加大培养科技人才的力度，创造更优越的环境吸引高素质人才回国服务，这样才能提高原始创新能力，突破和掌握核心技术，挑战发达国家传统科技优势领域，在全球科技“多极化”竞争中脱颖而出。■

参考文献：

- [1] National Science Board. Science & Engineering Indicators 2016, Overview[R/OL]. (2016-01-19) [2016-03-04]. <http://www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/#/report/overview/science-and-technology-in-the-world-economy>.
- [2] National Science Board. Science & Engineering Indicators 2016, Chapter 4[R/OL]. (2016-01-19)[2016-03-04]. <http://www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/#/report/chapter-4/cross-national-comparisons-of-r-d-performance>.
- [3] OECD. Main Science and Technology Indicators[R/OL]. [2016-03-04]. <http://www.oecd.org/sti/msti.htm>.
- [4] OECD. World Intellectual Property Indicators[R/OL]. [2016-03-04]. http://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2015.pdf.
- [5] OECD. OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2001: Towards a Knowledge-based Economy[R]. Paris, 2001.
- [6] World Trade Organization. International Trade and Tariff Data[R/OL]. [2016-03-04]. http://www.wto.org/english/res_e/statis_e/statis_e.htm.

Analysis on 2016 Science and Engineering Indicators: Research Input and Output of Major Countries

WANG Lian

(China Science and Technology Exchange Center, Beijing 100045)

Abstract: At the request of the Congress, the National Science Board of American formulates the report of Science and Engineering Indicators every two years to report US progress in science, technology and engineering to the President and the Congress. This paper analyzes global trend in science and technology development based on the data of the Science and Engineering Indicators 2016, and compares research input and output of major countries from the following aspects, like total input, intensity, sources and implementation, research personnel, scientific papers, intellectual property, knowledge-intensive industries and training of professionals, reflecting the advantages and gap of China in the above mentioned aspects and providing reference to decision makers for research input in China.

Key words: U.S.; Science and Engineering Indicator; NSF; research input