

· 资料信息 ·

## 世界各主要国家或地区科研投入与产出的比较分析

[编译者注] 本文根据美国国家科学基金会(NSF)2016年1月发布的《科学与工程指标》(National Science Board. 2016. Science and Engineering Indicators 2016. Arlington, VA: National Science Foundation, NSB-2016-1)摘要编译。该报告全文免费获取网址为:<http://www.nsf.gov/statistics/2016/nsb20161/#/report>。

### 1 各主要国家或地区科研投入的比较

#### 1.1 各主要国家(地区)的科研投入总量

全球科研投入总量呈现迅猛增长态势,2013年的全球科研投入资金高达1.67万亿美元(以目前的购买力平价美元计),为2003年836亿美元的2倍,年均增长率为7.2%。

科研投入量最大的3个地区是:东/南亚、北美、欧洲。2013年东/南亚地区国家(中国、日本、韩国、印度等)的科研投入量居于世界首位,占全球的40%(6600亿美元);北美地区国家(美国、加拿大、墨西哥)占全球的29%(4920亿美元);欧洲地区国家(包括欧盟成员国和其他国家)占全球的22%(3670亿美元)。中南美国家、中亚、中东、澳洲、大洋洲以及非洲国家的科研投入总共占世界的9%。

各主要国家(地区)之间科研投入强度的差异十分明显。2013年,美国科研总支出达4561亿美元,占全球的27%;中国以3365亿美元的科研支出占全球的20%;日本(1602亿美元,占全球的10%)和德国(1010亿美元,占全球的6%)分别位列世界第3和第4;排名世界前15位的其他11个国家(地区)分别是韩国、法国、俄罗斯、英国、印度、台湾、巴西、意大利、加拿大、澳大利亚和西班牙,其科研投入为690(韩国)—190(西班牙)亿美元。这15个国家(地区)2013年投入科研的资金占全球的87%。

2003年以来全球的科研投入长期保持增长的态势,显示世界各国的科技水平及经济竞争强度均在增加,其中东南亚国家(地区)的科研投入增长趋势较其他国家(地区)更为明显,北美地区的科研投入在全球中的占比从2003年的38%下降至2013年的29%,欧洲从2003年的27%下降至2013年的22%。东/东南亚和南亚国家科研投入的全球占比从2003年的27%上升至2013年的40%,并且亚洲地区科研投入增长的趋势将会继续。

2003—2013年中国的科研投入增长量一直保

持惊人的态势,以每年19.5%的速度增加(如考虑通货膨胀,增加量则为17.2%),这10年间中国的科研投入增量占全球总增量的34%(增长了2800亿美元),美国的增量占全球的20%(1630亿美元),欧盟地区的占16%(1340亿美元)。亚洲地区除中国以外,科研投入增长较为明显的另外两个国家分别为日本(480亿美元,全球占比6%)和韩国(450亿美元,全球占比5%),年均增幅分别为11.1%和3.6%。

尽管美国的科研投入依然保持在世界首位,但其在2003—2013年间的年增长率平均为4.5%,全球占比从35%下降至27%。欧盟国家科研投入总量在2003—2013年间以每年平均5%的比例增长,其中德国的年平均增长率为5.7%,法国为4.1%,英国为2.5%。欧盟国家科研投入总量的全球占比从2003年的25%下降至2013年的20%。

#### 1.2 各主要国家(地区)科研投入占其GDP比例

美国的科研投入占其GDP的比例在2009年达到最高点,为2.81%,随后呈逐年下降趋势,2013年降至2.72%。根据OECD和UNESCO的统计数据,2013年美国的科研投入/GDP比例在全球排第11位,以色列和韩国均以4.2%排世界首位,日本的科研投入/GDP比例为3.5%,排名第3,芬兰(3.3%)、瑞典(3.3%)、丹麦(3.1%)、台湾(3.0%)、瑞士(3.0%)、奥地利(3.0%)、德国(2.9%)分别排在全球第4至10位。其他排名靠前的国家(地区)包括法国(2.2%)、中国(2.0%)、英国(1.6%)、俄罗斯(1.1%)、印度(0.8%)。

欧盟在过去10年间,科研投入强度总体呈上升趋势,从2003年的1.7%上升至2013年的1.9%。欧盟成员国中,德国和法国的科研投入强度均呈逐年增加的趋势,而英国呈略微下降趋势。

在亚洲地区的国家中,日本的科研投入强度在2003—2013年之间主要呈上升趋势,从2003年的3.1%增加至2013年的3.5%,表明日本的GDP增

长缓慢。中国的科研投入强度10年间增加了1倍,从2003年的1.0%增至2013年的2.0%。韩国从2003年的2.4%增加至2013年的4.2%。

### 1.3 各主要国家(地区)的科研经费来源及执行部门

目前的科研投入量排名前11位的国家,企业担任中坚力量(表1)。2013年,美国企业科研投入占总投入的71%。亚洲地区的几个科研投入大国2013年企业科研投入的占比更高:中国的企业科研投入占全国总投入的77%,日本的占76%,韩国的占79%。德国2013年企业科研投入占总量的68%,与美国接近;法国和英国的均为65%。俄罗斯2013年企业科研投入占总量的61%。

2013年美国政府的科研投入占全国总投入量的11%,其中主要包括联邦政府在科研上的投入,也包括少量非联邦政府的投入。其他8个国家的政府科研投入占比在4%—30%之间,其中俄罗斯政府的科研投入比例最高,2013年占国家总量的30%。其次是中国(16%)、德国(15%)、法国(13%)和、韩国(11%)、日本(9%)和英国(7%)。

各国家高校和研究所的科研投入占总量的7%—61%之间。2013年美国高校和研究所的科研投入占全国总量的14%;中国的占比最低,为7%;韩国和俄罗斯均为9%左右;日本为14%;德国18%。法国和英国的高校和研究所科研投入占比较高,分别为21%和26%。

与其他国家不同的是,俄罗斯的科研资金来源主要是企业投资(表2)。美国2013年来源于企业的科研投入资金约占投入总量的61%。中国、日本、

100%。各国货币以购买力平价转换为美元计。

韩国企业研发投入所占比例更高,分别为75%、76%和76%。德国企业来源的科研资金较美国高,为66%;英国的为47%;俄罗斯的远远低于美国,约为28%。

除了俄罗斯之外,其他几个国家政府是科研投入资金的第二个主要来源。美国政府(包括联邦和非联邦)2013年的科研投入占总量的28%;德国和英国接近,分别为29%和27%;法国的较高,占35%;日本、中国和韩国分别为17%、21%和24%,均低于美国。俄罗斯2013年政府的科研投入占比是最高的国家,为68%。

海外的科研资金来源包括位于国外的公司、高校、政府、非盈利机构以及其他类型的组织。在科研投入排名靠前的几个国家(地区)中,英国的海外科研投入占比最高,2013年占全国科研投入总量的21%。法国的海外科研资金投入占全国总量的8%,德国和美国均为约4%,其他国家的较低。

另一个比较几个主要国家科研投入结构的指标是各国家每年在基础研究、应用研究和(实验性)研发上的科研投入量(未获得德国的科研投入分布数据)。各国家每年在基础研究上的科研投入占全国总投入的5%—24%之间(表3)。其中美国2012年在基础研究上的科研投入量为731亿美元,占全国总投入量的17%。法国2011年基础研究的科研投入为130亿美元,占总量的24%。中国2012年在基础研究上的科研投入为140亿美元,占全国总量的5%,在几个主要科研投入大国中排名最低。

表2 2013年世界主要国家科研投入执行部门和资金来源

国家	科研总投入 (购买力平价 美元/百万)	占总量比例(%)			
		商业	政府	国内其他机构	海外
美国 <sup>#</sup>	457.0	60.9	27.7	6.9	4.5
中国	336.5	74.6	21.1	NA	0.9
日本	160.3	75.5	17.3	6.7	0.5
德国	101.0	66.1	29.2	0.4	4.3
韩国	68.9	75.7	23.9	1.1	0.3
法国	55.2	55.4	35.0	2.0	7.6
俄罗斯	40.7	28.2	67.6	1.2	3.0
英国	39.9	46.6	27.0	5.8	20.7

<sup>#</sup>美国海外科研资金主要是来源于企业、高校和研究所;NA=无数据。

表1 2013年世界主要国家科研投入执行部门

国家	科研总投入 (购买力平价 美元/百万)	占总量比例(%)			
		商业	政府	高等教育	私立非盈利
美国	457.0	70.6	11.2	14.2	4.1
中国	336.5	76.6	16.2	7.2	na
日本	160.3	76.1	9.2	13.5	1.3
德国	101.0	67.8	14.7	17.5	* *
韩国	68.9	78.5	11.2	9.2	1.2
法国	55.2	64.8	13.2	20.8	1.4
俄罗斯	40.7	60.6	30.3	9.0	0.1
英国	39.9	64.5	7.3	26.3	1.9

\* \* = 在其他执行部门的数据中已包含;na 数据不适用。由于只取了小数点后一位,各项百分比的总和可能不是

几个科研投入大国在应用研究上的科研投入占比在 11%(中国)—48%(英国)之间,其中美国处于中间位置,为 21%。值得注意的是,美国在应用研究上的科研投入量最多,为 906 亿美元;其次是中国,331 亿美元;排第 3 的是日本,312 亿美元。

在实验发展方面,中国 2012 年的投入量为 2 459 亿美元,占全国科研投入总比的 84%,排世界首位。美国 2012 年在这方面的科研投入为 217 亿美元,占全国总量的 62%。日本和韩国在 2011 年试验发展上的科研投入均占全国总量的约 62%,但这两个国家在该方面投入的科研经费较中国和美国低。

## 2 各主要国家或地区的科研产出比较

科研产出包括人才培养和知识进步,其中知识的进步主要包括两个方面:科学与工程类的学术论文的发表,以及科研人员所获得的专利。

### 2.1 各主要国家(地区)的科技论文产出

本次分析的论文产出的计量数据均从 Elsevier 的 Scopus 数据库中获得。对于多个国家(地区)作者合作的文章,按照分数统计法(fractional counting),根据来源于不同国家(地区)或科研机构的作者所占的数量比例,将文章的影响因子分配给各国家(地区)或机构。统计结果表明,2013 年经同行评议期刊所发表的文章为 2 199 704 篇,中国以及其他一些发展中国家的科研产出增加速度与美国等发达国家相比较为迅猛,有超过美国的趋势(表 4)。

表 3 近年世界主要国家科研投入分布

国家	科研总投入 (购买力平价 美元/百万)	基础	应用	实验	其他
		研究	研究	发展	
占总量比例 (%)					
美国(2012) <sup>#</sup>	436.1	16.8	20.8	62.3	0.0
中国(2012)	293.1	4.8	11.3	83.9	0.0
日本(2011)	148.4	12.3	21.0	62.1	4.6
德国(2012)	100.7	NA	NA	NA	NA
韩国(2011)	58.4	18.1	20.3	61.7	0.0
法国(2011)	53.4	24.4	36.9	34.8	3.8
俄罗斯(2012)	40.7	14.4	NA	NA	NA
英国(2011)	39.1	14.9	48.2	37.0	0.0
印度(2009)	30.3	16.0	22.3	23.5	38.3

NA=无数据。由于只取了小数点后一位,各项百分比的总和可能不是 100%。括号里的数字代表年份。各国货币以购买力平价转换为美元计。

欧盟 2013 年发表科技论文的总量占世界的 27.5%,欧盟、美国和日本一直以来是科技论文的主要产出地区(表 4),2013 年发表论文总数占全世界的 51%。中国的科技论文产出量在 2003 年之后迅速增加,至 2007 年已经一跃成为世界主要的论文产出国之一。印度的科技论文产出呈逐年增加的趋势,至 2013 年增加至世界的 4.2%。2013 年占全世界 1/4 的 50 个国家(地区)产出的科技论文数量占全球总量的 96.3%(表 4)。

发展中国家科技论文产出数量增加尤为迅速,2003—2013 年的 10 年间,全世界科技论文产出量平均每年增加 7.0%,发展中国家的论文产出量以每年 14.6%的比例增加,是世界年均增长量的 2 倍。2003 至 2013 年中国的论文数量年均 18.9%的比例增加,有效带动了发展中国家科技论文数量的增长(从全球占比的 18.2%增加至 36.1%)。近 10 年论文产出增加速度较快的国家还有:印度以每年 13.6%的比例增加至全球占比 4.2%,巴西年均增加 11.8%至全球占比 2.2%。

表 4 2003 年和 2013 年世界主要国家(地区)科技论文产出情况

排名	国家 (地区)	2003 年	2013 年	年均 增幅 (%)	2013 年 全球 占比 (%)
1	美国	299 876	412 542	3.2	18.8
2	中国	71 113	401 435	18.9	18.2
3	日本	87 389	103 377	1.7	4.7
4	德国	67 491	101 074	4.1	4.6
5	英国	69 741	97 332	3.4	4.4
6	印度	26 100	93 349	13.6	4.2
7	法国	49 850	72 555	3.8	3.3
8	意大利	39 096	66 310	5.4	3.0
9	韩国	21 802	58 844	10.4	2.7
10	加拿大	35 740	57 797	4.9	2.6
11	西班牙	27 657	53 342	6.8	2.4
12	巴西	15 874	48 622	11.8	2.2
13	澳大利亚	23 274	47 806	7.5	2.2
14	俄罗斯	24 487	35 542	3.8	1.6
15	台湾	14 415	34 331	9.1	1.6
16	伊朗	3 459	32 965	25.3	1.5
17	荷兰	18 739	30 412	5.0	1.4
18	土耳其	12 689	30 402	9.1	1.4
19	波兰	14 424	28 753	7.1	1.3
20	瑞士	12 436	21 060	5.4	1.0
<b>世界总量</b>		<b>1 117 866</b>	<b>2 199 704</b>	<b>7.0</b>	<b>100</b>

注:数据来源于美国国家科学基金会的国家科学与工程统计中心(NCSES),斯坦福国际研究所,Science-Matrix 科研评估机构,Elsevier 的 Scopus 摘要和引文数据库(www.scopus.com)。以下同。

近10年,发达国家的科技论文产出增加速度(4.5%)低于发展中国家(14.6%),其中美国的论文产出增加速度(3.2%)低于发达国家的平均水平,美国的论文数全球占比由26.8%下降至18.8%(图1)。欧盟作为世界首位的科技论文产出地区,比所有发达国家的增长速度都快(其中法国、德国和英国的论文产出量增加缓于其他小国家)。尽管欧盟的论文产出增长速度较美国快,由于发展中国家产出论文的数量剧增,欧盟产出论文的全球占比从2003年的33.0%下降至2013年的27.5%。科技论文产出量全球排名第4的日本近10年增长的速度缓慢,以平均每年1.7%的比例增加,因此日本的论文产出量从2003年的7.8%下降至2013年的4.7%。

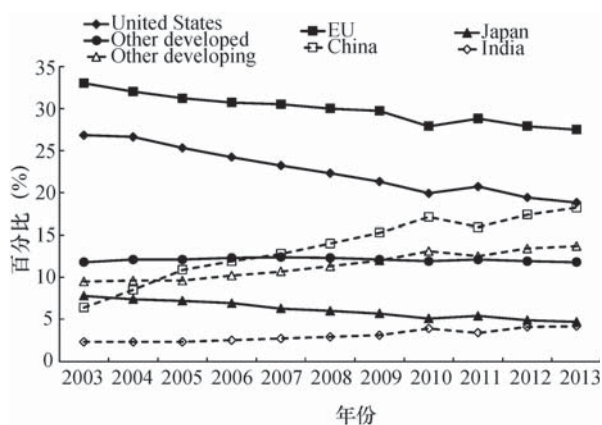


图1 2003—2013年世界主要国家(地区)/经济体科技论文产出变化

## 2.2 主要国家(地区)不同学科论文的产出情况

世界各国(地区)在不同学科产出的论文份额可反映其优先资助和重点发展的科学领域。全球前5个论文产出大国(地区)——美国、欧盟、中国、日本和印度——产出论文的学科分布差别较大(表5)。其中美国48.7%的论文集中在生物学、医学以及其他生命学科,而全球论文的38.2%属于生命学科。美国在物理学和社会学领域发表的论文也较其他国家多。需要注意的是,Scopus数据库收录的论文都是有英文摘要的,而社会学的很多论文不是用英文撰写的。

美国和欧盟发表的科技论文主要集中在生物学、医学和其他生命科学,在这几个学科发表的论文总数所占比例均高于世界总体水平(40.8%)。而欧盟在物理学、化学和工程学这几个领域发表的论文占比高于美国。日本发表的论文主要集中在化学、医学、物理学,且占比均高于世界总体水平。

中国发表的科技论文主要集中在工程和化学领域,均高于世界平均水平,其中2013年在工程学科发表的论文占全国总数的37.7%,化学领域的占比10.6%,在计算机科学和物理学领域发表的科技文章数量也高于世界平均水平。

2013年印度发表的工程类学术科技论文也高于世界平均水平,占全国总论文数的20.6%。在生物领域的论文产出量在全球处于首位,占全国总量的19.6%。另外,印度在化学和计算机科学领域发表的论文数量也高于世界平均水平。

表5 2013年世界各国家(地区)/经济体不同学科论文的比例(%)

学科领域	世界	美国	欧盟	中国	日本	印度
工程	19.8	12.4	13.9	37.7	19.3	20.6
天文学	0.6	0.9	0.9	0.2	0.5	0.4
化学	7.9	5.6	7.0	10.6	9.7	12.5
物理	9.2	7.9	9.4	9.9	14.0	8.5
地球科学	5.3	4.8	5.3	6.1	3.7	4.7
数学	2.5	2.0	2.7	2.5	1.7	2.1
计算机科学	8.1	6.2	8.8	9.3	8.0	10.4
农业科学	2.2	1.2	2.0	1.9	1.7	2.9
生物学	15.8	19.2	15.4	12.1	14.8	19.6
医学	21.2	27.2	24.2	8.7	24.5	16.4
其他生命科学	1.2	2.3	1.2	0.1	0.3	0.2
心理学	1.7	3.5	2.1	0.2	0.5	0.1
社会学	4.5	6.7	6.9	0.7	1.2	1.5
论文总数(n)	2 199 704	412 542	605 536	401 435	103 377	93 349



总体来看,在全世界主要国家(地区)中,美国在医学领域发表的科技论文数量处于首位,其次是欧盟和日本;印度和美国在生物学领域发表的论文数量最多;中国在工程领域发表的论文数量最多,其次是印度。

### 2.3 主要国家(地区)在科技论文方面的合作

在发表科技论文上的合作是来自不同国家(地区)或不同科研机构的科研人员之间协作的标志,也是科研人员能够利用多种技术从多角度研究复杂科学问题能力提高的证明。协作研究能够促进科研人员、不同机构以及各国家(地区)之间的知识传播与共享。2000—2013年间,科研合作逐年增加,来自不同组织和国家(地区)的科研人员作为科学论文共同作者的现象也越来越多。

不同国家(地区)之间合作论文的比例从2000年的13.2%增加至2013年的19.2%,表明全球的研发水平以及科研人员的数量都在增加,并且国际间通讯技术也发生了飞速的发展。这些科研上的协作也反映了国际上学术交流网络逐渐庞大,尤其是气候变化、食品、水以及能源安全这些科学问题变成全球共同面对的课题,而非是某个独立国家的问题。

各学科领域产出的国际合作论文数量都呈上升趋势。天文学领域是国际间合作最密切的学科,超过一半(52.7%)的科技论文都是属于国际合作论文(图2)。另外,地球科学、数学、生物学、物理学国际合作论文的比例均高于20%。不同学科的国际合作程度受到是否存在正式的国际合作项目以及是否使用昂贵的科研仪器(例如原子对撞机和望远镜)的影响,以上这些因素促进国家之间实验费用的共同分担以及相互的合作。

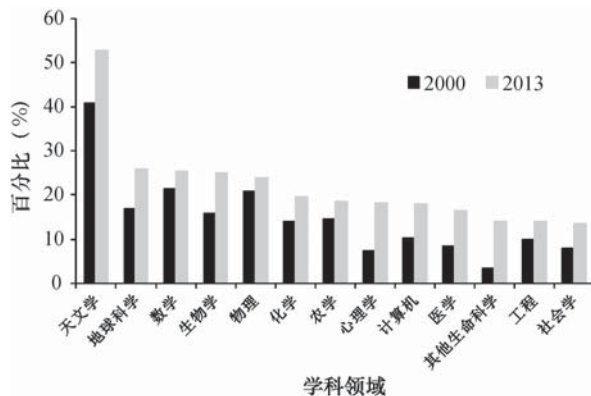


图2 2000年及2013年不同学科领域产出科技论文的国际合作情况

不同的国家(地区)产出国际合作论文的比例不同,拥有较大规模研究人员的国家更倾向于进行国内合作研究,而研究人员较少的国家更多地寻求国际合作。

2013年发表科技论文最多的国家(地区)国际合作情况如图3所示。其中欧盟的3个国家:英国、法国和德国产出国际合作论文的比例最高。从2000年至2013年间,各国家(地区)论文国际合作比例都呈增加趋势,但中国和印度产出论文国际合作增加的程度缓于其他国家(地区),且低于世界平均水平。

### 2.4 科技论文的引证

论文被其他国家发表的文章所引用,即为国际引证(international citation),代表着其在国际上的影响力。美国的论文被国际引用的比例从1996年的42.8%增加到2012年的54.5%。大多数国家的科技论文被国际引证的比例都在增加,但中国是例外(图4),1996年中国产出的科技论文有51.5%是被国外引用,但截至2012年,国际引证的比例下降至38.6%。这表明中国产出的科技论文大多数是在国内被引用。导致这种现象的原因之一可能是语言上的障碍,一些以中文撰写的论文更多的是被中文文章所引用。

俄罗斯在2013年科技论文产出排在世界第14位,在2007—2012年间,随着论文产出全球占比的减少,其国际引证率也呈下降趋势。这是由于俄罗斯研发经费的减少导致的,由1996年的110万美元下降至2013年的82.7万美元。

1996—2012年间,欧盟多数国家产出科技论文的国际引证比例呈上升趋势,从1996年的37.5%增加至2012年的46.9%。欧盟国家之间的引用超

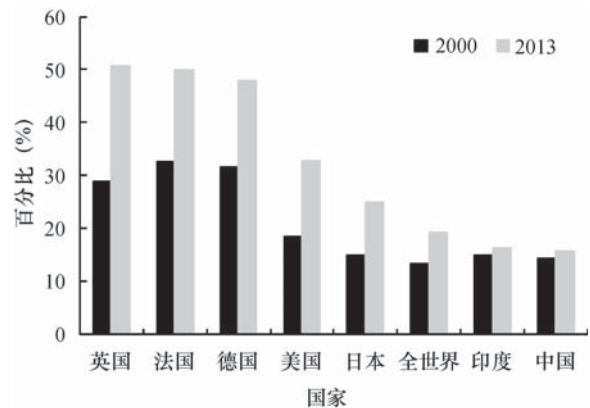


图3 2000年及2013年主要国家(地区)产出科技论文的国际合作情况

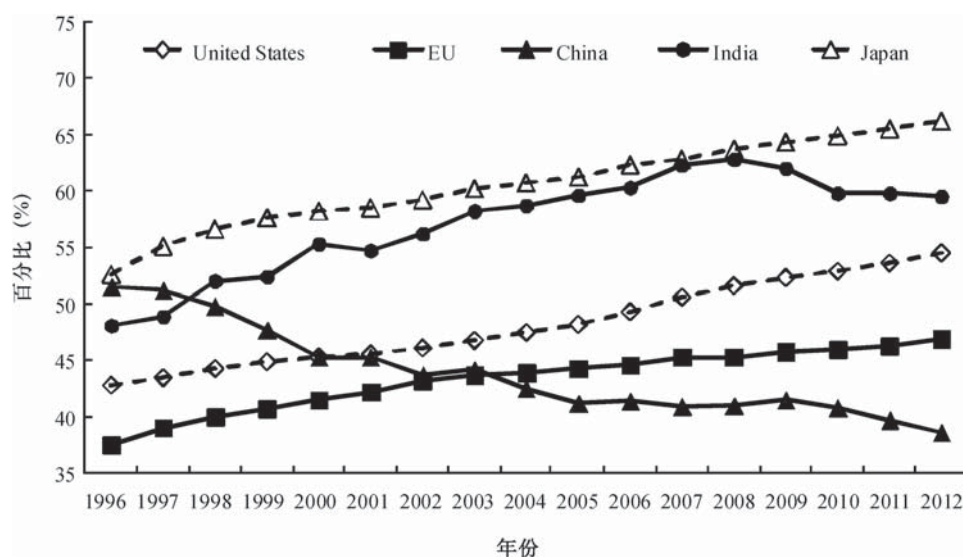


图4 1996—2012年间主要国家(地区)论文被引情况

过所有引证量的一半以上,可能与欧盟国家的科研实力比较强大、且受到促进欧洲科研发展的框架项目的支持有关。

各学科论文的被引次数位居前1%的文章属于高被引论文,其在全球范围的学术影响力也最高,可以根据高被引论文的作者单位来判断哪些国家(地区)产出的科技论文在全球具有最高的影响力。美国在各个学科领域发表的科技论文都具有较高的影响力,2012年,美国被引前1%的论文指数为1.94。2002至2012年间,中国和欧盟发表的高被引论文数量呈快速增加趋势(中国发表的世界前1%的论文指数从0.5增加至0.8)。

除了高校直接申请专利外,在专利中引用科技论文也反映了学术研究在科研产出中的作用。2014年美国72435份专利中引用了302485篇科技论文。美国专利中引用国外文章的比例(54%)高于美国国内发表的文章(44%)。这可能与美国专利越来越多地授予国外的研究人员以及发表的国际合作论文数量增多等因素有关。

2014年美国专利中主要引用了以下几个领域的科技论文:生物学(34%)、医学(22%)、计算机科学(13%)、工程(12%)、物理(9%)以及化学(8%),这6个领域的论文占有被引用论文数量的98%。

### 3 小结

美国在过去的几十年间在科研上的投入呈逐年增加的趋势,但在2013—2014年间增加较为缓慢。而在论文产出量及被引频次上,美国都是处于世界领先水平,尤其是在生命科学领域,由此看来美国是在世界范围内具有最强学术影响力的国家。从科技论文产出的数量上看,中国与美国旗鼓相当。科技论文产出的上升趋势反映了一个国家在全世界范围内经济和社会发展的速度,包括美国、欧盟、日本在内的发达国家,科技论文产出的上升趋势都较为缓慢。

从科技论文被引证的情况看,发展中国家以及欧盟的一些国家逐渐成为科学研究的中心。国际合作科技论文数量的增加,以及被全球引用的增强,表明产出的科技论文在充实着全世界的知识库。科学研究的国际合作增强,反映出传统的以及新兴的跨国研究体系在不断增加。这种国际合作以及全球引证的增强,表明科技工程领域的知识正在全球范围内普及。

(国家自然科学基金委员会 杂志社 刘灿 编译,  
任胜利 审核)