

美国《2012年科学与工程指标》概论

—— 人力资源和科研能力分析

罗 青

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘要: 2012年1月,美国国家科学委员会发布了《2012年科学与工程指标》报告。报告对过去10年间美国及其他国家在科学、工程和技术、教育及经济领域的发展态势进行了定量分析。2012年科学与工程指标《概论》对报告内容进行了总汇。将概论分成3部分进行了编译,其第2部分主要涉及美、欧、中、日等国家和地区近年来高等教育、科研人力资源及科研能力的变化趋势。部分数据表明,衡量全球科学和工程劳动力的指标正在快速增长,尤其集中在发展中国家。这些国家培养的理工科学生的数量与发达国家的差距正在缩小。美国工科学生的数量占全球的比例近年来已降至惊人的程度,而半数以上的工科学生则出现在亚洲。

关键词: 美国;科学与工程指标;科研人力资源;科研能力

中图分类号: F204(712) **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2012.12.011

美国国家科学委员会(National Science Board, NSB)是美国国家科学基金会(NSF)的决策机构,每两年发布一次关于美国及全球的科学与工程指标报告。报告由NSF科学与工程统计中心编订,由美国国家科学委员会指导审定,是提交给总统和国会的重要参考文件。

2012年1月17日,美国国家科学委员会发布了最新一期科学与工程指标报告——《2012年科学与工程指标》(Science and Engineering Indicators 2012)^[1]。报告建立在无数研究、调查和分析的基础之上,对美国及其他国家在科学、工程和技术、教育及经济领域的发展态势进行了定量分析。

针对2012年科学与工程指标所做的《概论》(Overview)^[2],对《2012年科学与工程指标》报告的内容进行了整合,综合性地分析了美国及其他国家科学技术领域的重大进展情况。

现将报告概论编译成文,并分成3部分:研发投入,人力资源和科研能力及高技术制造业和知识密集型服务业。本文为第2部分——人力资源和科

研能力。

一、全球高等教育和劳动力趋势

全面衡量世界科学与工程劳动力的指标并不存在,但是部分数据可以表明其正在快速增长,尤其是集中在发展中国家,其中一些国家致力于提升其高等教育,希望向世界一流水准看齐。这些国家培养的理工科学生的数量与发达国家的差距正在缩小。^[3]美国工科学生的数量占全球的比例近年来已降至惊人的程度,而半数以上的工科学生出现在亚洲。

令西方许多国家以及日本的政府感到担忧的是,本国学生没有兴趣学习理工科,而正是理工科教育为知识密集型经济提供了必须的技能和知识。在发展中国家,本科是理工科的学生数量则日益增加。

特别需要提及的是中国。中国大力推动理工科方面的高等教育,每年毕业的理工科学生的数量从2000年的28万升至2008年的100万。中国的高等教育学科结构集中于工科,本科所有专业中工科占30%,在自然科学、社会科学、工科的

作者简介:罗青(1975-),男,工学博士,主要研究方向为美国基础科学、交通运输科技及社会科学等领域的政策和发展。

收稿日期:2012年9月26日

全部专业中工科占 60%，在自然科学和工科专业中工科占 70%，而美国相应的指标分别为 4%，14% 和 28%。

韩国、台湾地区和日本表现出相似的模式。这三个国家或地区的人口约 2 亿，其 2008 年毕业的理工科学生数量为 33 万，超过美国的 24.8 万人（尽管美国人口达 3 亿）。

理工科学生增长的现象不限于本科，而且还蔓延至更高的学位。自 2000 年以来，日本和印度毕业的理工科博士分别增至 7 100 人和 8 000 人。2008 年从中国大学毕业的理工科博士较 2000 年多了 2 倍，达到 26 000 人，超过了美国。

此外，与中国不同的是，美国相当多的理工科博士学位都由非美国人获得。美国在 2000 年后的理工科博士数量的增长大部分归功于此。2009 年有 24 700 人获得美国大学授予的理工科博士学位，其中持短期签证的外国学生就占了 10 900 人。不算拿到绿卡的外国学生，仅持有短期签证的外国学生就占了美国 2000 年以来授予博士学位人数的 39%~48%。这些学生中超过一半来自中国、印度和韩国。

这种情况在工科领域更为明显。2000 年以来，获得美国工科博士学位的持短期签证的外国学生的数量自 51% 升至 2005—2007 年的 63%，在 2009 年又下降至 57%（编注：因金融危机导致美国签证收紧）。获得美国工科博士学位的外国学生中接近 3/4 来自东亚和印度。

不少外国学生在获得博士学位之后会离开美国，不过大约 60% 的人会留在美国。尽管如此，自顶尖大学和研究机构毕业的外国博士生相对而言留下的比例要略少一些。

二、全球研究人员数量的扩张

全球研发投入的趋势和变迁，也可从研究人员数量上得到印证。全球研究人员的数量 1995 年为近 400 万，2008 年为 600 万左右。其中，美国和 27 个欧盟成员国分别拥有 140 万和 150 万，总共占全球的 49%，但是低于 10 年前的 51%。同期中国的研究人员则增加了两倍。

研究人员的增长趋势在各个国家和地区差别很大。美国和欧盟在 1995—2002 年期间为 3%~4%

的温和增长，之后美国的增速明显下降，欧盟则继续保持温和增长。日本的增长在 ±1% 间波动，俄罗斯则持续萎缩。除了日本之外的亚洲主要经济体在 2002—2009 年间的增速较之前时期更高。其中，台湾地区、新加坡、韩国达到 8%~9%；中国大陆最高，达到年均 12%。

目前尚不清楚跨国公司在海外市场的研究人员的具体增长情况。不过就近些年的数据来看，美国跨国公司海外分公司所雇佣的研究人员每 5 年都有较大的增长。从 1994 年的 102 000 人到 2004 年的 138 000 人，而到 2009 年则几乎翻了一倍，达到 267 000 人。同样是从 2004—2009 年，美国跨国公司在美国的研究人员从 716 000 人增加到 739 000 人。这样，海外研究人员占这些公司所有研究人员总数的比例从 16% 升到 27%。这里的海外研究人员还仅指美国跨国公司控股的海外子公司所雇佣的人员，不包括那些跨国公司参股但不控股的公司，也不包括与跨国公司有合作研究协议但不存在股份关系的公司。

对于总部设在美国之外的跨国公司，其研究人员数据尚不可得，目前仅知其在美国境内工作的研究人员数目，这些人员的变化趋势类同于全美研究人员的变化趋势。

三、研究成果：期刊论文和专利

科研成果就是新的知识、产品或者流程。科研发表情况反映出对知识的贡献，专利反映出有用的产品发明，专利所引用的科学技术文献则反映出研究和实际应用之间的关联。

在使用同行评议的国际期刊上发表的科研论文，自 1988 年的 460 220 篇升至 2009 年的 788 300 篇。作者的地域分布情况作为一国或一地区的研究活力及产出水平的指标之一。

欧盟和美国长期雄踞论文发表的舞台，但两者论文之和所占全球比例自 1995 年的 69% 降至 2009 年 58%。期间，亚洲的国际论文所占比例从 14% 升至 24%，这主要归功于中国的国际论文以每年 16% 的速度增长。中国在 1995 年时发表的国际论文数量在世界上仅排名第 14，然而，自 2007 年起就超过日本，成为仅次于美国的世界第二大论文发表国。

印度科技论文至 1990 年代末仍原地踏步，但

是自 2000 年起开始增长，不过其世界排名也仅从第 12 名升至 2009 年的第 11 名。日本无论是从发表的数量还是份额都在下降。俄罗斯在经历了长达 10 年的下堕并从第 7 名降至第 13 名后，自 2005 年后出现企稳持平。

在各个领域一个国家所发表论文的分布情况，反映了该国在哪些领域是其优先的研究领域。美国大部分论文集中于生物医药及其它生命领域；亚洲和部分主要欧洲国家在物理学和工程学上论文有优势。近期，中国等国在化学上发表论文增多，韩国在生物医药上论文增多。这些变化体现了中国采取了加强其化学工业的政策，韩国则试图在生命科学领域内力争上游。

放眼全世界，工程学论文增长速度明显快于科学和工程学领域整体的论文增速，这一现象在除日本之外的亚洲地区尤其明显。美国和日本的平均增速低于 2%，欧盟约 4.4%。中国工程学论文则以年均 16% 的速度猛增，亚洲另外 8 个经济体（印度、印度尼西亚、马来西亚、菲律宾、新加坡、韩国、台湾地区、泰国）工程学论文之和的增速为 10%。

因此，发表工程学论文的领头羊已不再是原先的科技论文大国。美国的工程学论文占全球的比例自 1995 年的 25% 降至 2009 年的 13%，日本从 10% 降至 5%，欧盟从 25% 降至 19%。亚洲（不包括日本）的比例从 9% 升至 23%，其中，仅中国大陆就占了论文的一半。

工程学论文在亚洲经济体中的重要地位表明该地区正在建设其高科技制造能力。在美国和欧盟，约 7%~8% 的论文属于工程学领域，而亚洲则是 11%~20%。

专利体现了优先利用的科技知识领域。美国的专利越来越多地把科学论文作为引用源。专利对论文的引用率在美国之外的地区也在增长，这表明，其专利越来越多地在利用发表论文的研究成果。

四、变迁中的国际科研合作

科研合作日益成为常态，跨越国境的合作日渐增多，这反映在越来越多的研究论文是由不同国家及地区的作者合著。1988 年，只有 8% 的科学及工程学论文是国际合作的，而到了 2009 年这一比例升至 23%。同期，世界主要科技论文发表国的

国际合作论文比例从 27% 升至 42%。

中国大陆、韩国、台湾地区的趋势则有所不同，其国际合作论文早在 1990 年代初就占到各自论文总量的 20%~30%，并一直保持这一水平。

在 2009 年的国际合作论文中，合作者中来自美国的有 43%，来自欧盟的有 67%。同时，来自亚洲的合作者也在增多，说明其科研能力日臻成熟。

当然块头很重要——有赖于其快速增长的科研能力，中国可以比新加坡支持更多的国际合作。不过在经过校正后，可以使用特定的指标比较不同大小的国家和地区彼此间的国际论文合作紧密程度。该指标的数值愈高，表示合作程度愈高，反之则愈低。

经对比可以发现，韩国、台湾地区、加拿大和以色列与美国合作程度很高；中国大陆、日本、印度与美国的合作程度也高于美国和世界其他地方合作的平均水平。美国的国际合作程度在过去 10 年保持稳定，但是与中国大陆的合作在增加，与其他一些亚洲经济体则有所削弱。

欧盟的国际合作程度总体上有所加强，部分原因是欧盟鼓励其成员国之间加强合作。欧盟与亚洲的合作程度并不高，其中，与中国大陆的合作程度比与印度的还要低一些。

亚洲地区内部的国际合作程度较高，特别是在中国大陆、日本、韩国、新加坡和台湾地区之间。中国大陆和印度之间的合作程度不高，但印度和韩国、日本的合作较多。亚洲内部日渐增加的合作论文是其知识与技术密集型经济活动频繁的信号之一。

五、国际引用率反映出的研究能力

文献被他人引用的次数是文献价值的重要指标。在多数地区，国际文献引用率增加的同时，国内文献引用率就会下降。国际引用率占了日本所引用论文的 70%，占了亚洲 8 个经济体所引用论文的 65%。在美国、欧盟和中国大陆，大约有一半被引用的论文至少包括一名非本国的作者。

中国大陆作者对亚洲地区内部的论文引用中，对本国及上述亚洲 8 个经济体的引用率在增加，同时，亚洲 8 个经济体对其内部及中国论文的引用率也在增长。但是，它们对日本的引用率总的来说都在逐渐降低。

高水平研究不只在美国、欧盟、日本，而且在

更多地区都在增多。这体现在非美国地区所引用的论文中美国论文的比例在下降,同样的趋势也出现在前1%的最高端论文中。

六、专利体现出的发明创造活力

专利保护新的、有用的发明。美国专利商标局为全世界的发明者授予专利,因此,美国授予专利的数量和美国市场的重要性可以让美国所授专利成为衡量世界各地发明创造活力的有用指标。

1992年,美国专利商标局所授专利有54%是给了在美国的发明者,到了2010年这一比例降至49%。这说明美国之外的地区的发明活动在增加。在授给非美国发明者的专利中,欧盟和日本缩水了9%~11%的份额,亚洲8个经济体上升了15%,主要归功于韩国和台湾地区。中国大陆的份额从0.5%升至3%。不过,中国大陆在其国内授予的发明专利从2001年的5000件骤升至2009年65000件,而且来自中国大陆籍发明者的专利在中国所授全部专利中所占的比例从33%升至50%以上。

需要说明的是,并非所有的专利都有同样的价值。美国、欧盟、日本对发明专利的审查要求较高,需要申请者出具所申请发明对其确实有价值的实质性材料。

2008年,美国和欧盟的发明者在高价值发明中均各占了30%的份额。日本在高价值发明中的份额则从2000年开始走下坡路,而亚洲8个经济体则呈上升态势,这主要归功于韩国强劲的发明创造活动。与之恰成对照的是中国,它在高价值发明中仅占了1%的份额。■

参考文献:

- [1] National Science Board. Science and Engineering Indicators 2012 [OL]. (2012-01). <http://www.nsf.gov/statistics/seind12/>.
- [2] National Science Board. Overview of Science and Engineering Indicators 2012 [R/OL]. (2012-01). <http://www.nsf.gov/statistics/seind12/pdf/overview.pdf>.
- [3] Burrelli J, Rapoport A. Reasons for International Changes in the Ratio of Natural Science and Engineering Degrees to the College-Age Population, NSF 09-308 [R]. Arlington, VA: National Science Foundation, 2009-01.
- [4] Finn M G. Stay Rates of Foreign Doctorate Recipients From U.S. Universities, 2007 [R]. Oak Ridge, TN: Oak Ridge Institute for Science and Education, 2010-01.
- [5] Science and Engineering Indicators 2012—List of Figures [EB/OL]. [2012-06-20]. <http://www.nsf.gov/statistics/seind12/figures.htm>.

Overview of Science and Engineering Indicators 2012 — Human Resource and Research Capacity

LUO Qing

(The Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: U.S. National Science Board issued the report of *Science and Engineering Indicators* in January of 2012, analyzing quantitatively the development trend of science, technology & engineering, education and economies in the United States and some other countries in last decade, with an overview briefing the report. As the second part of the trilogy of the overview of the report, this article concerns itself with trends of the higher education, R&D human resources and research capacities of U.S., EU, China, Japan and some other economies. Data show that the global science and engineering workforce is increasing rapidly, especially in the developing countries. The gap of the number of science and engineering students between developed countries and developing countries is narrowing. The proportion of engineering students from the United States has astonishingly reduced in recent years, and more than half of the engineering students graduates from Asia.

Key words: U.S.; Science and Engineering Indicators (SEI); R&D human resources; research capacities