

从《科学与工程指标》看中美科技创新实力

陈 钰, 玄兆辉

(中国科学技术发展战略研究院, 北京 100038)

摘 要: 本文综合分析美国《科学与工程指标》(SEI)报告的特点,并通过梳理最新的 2016 年报告结论,全面比较研究了中国和美国在教育、科研经费投入、论文发表数量及知识密集型产业等方面的科技创新实力。结果发现,美国依然是世界科技创新超级大国,在各领域拥有全面的绝对优势;中国创新投入产出规模稳居世界第二,在全球的地位日益突出,但与美国相比仍有较大差距。

关键词: 中美比较;科学与工程指标;科技创新;科技指标

中图分类号: G321 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2016.05.002

1 SEI简介

《科学与工程指标》(Science & Engineering Indicators, SEI)是美国国家科学基金会(NSF)受美国国会委托组织撰写的科技指标综合分析报告,以 NSF 的名义发布,自 1973 年以来每两年出版 1 期,至今已发布 22 期。该系列报告不仅描述了美国科学、工程和技术相关指标在全球背景下的动态变化,还囊括了在全世界科学技术领域有重要影响的主要国家的科技指标数据以及国际合作与竞争态势等方面的数据分析^[1]。SEI 已成为美国及各国政府科技管理与决策、科技指标研究以及国际竞争力评价和创新评价的重要数据信息参考源。

2 SEI背景介绍

2.1 SEI 的产生,源于美国科技评估的需要

1950 年,美国国会通过法案创建了 NSF,根据法案,NSF 的职能除了资助基础研究外,还“作为一个情报交换枢纽,收集、交换和分析有关美国科技资源方面的数据”,评价“国家科学资源和专业人力资源,在基础科学的重点研究领域取得的进步,以及可能会用于解决美国社会需求的科技

进步”。基于此,经过多年的讨论与研究,NSF 于 1973 年公布了首期报告《科学指标》(SI),受到广泛欢迎,许多国家和机构纷纷效仿。从 1987 年起,《科学指标》改名为《科学与工程指标》。美国政府高度重视 SEI,每期报告都由 NSF 报送美国国会和总统,经签批后正式对外发布。

2.2 SEI 高度关注 STEM 教育,全面反映研发投入产出变化

SEI 主体内容基本稳定,每期共 7 章或 8 章,大致可以分为以下方面:一是科学、技术、工程和数学(STEM)教育,包括:科学与工程领域中初等到高等教育、毕业生与留学生情况等;二是科学与工程劳动力,包括:从业人员数量与就业情况、性别和年龄结构、人员流动等;三是研发活动,包括:全社会研发经费投入及部门结构、科技著作和论文、专利等研发产出情况;四是科技与产业发展,包括知识密集型产业、创新经济的发展状况等;五是公民科学素养;六是地区科技发展。

自 SEI 发布以来,STEM 教育始终是报告的重要内容,反映出美国政府对 STEM 教育的高度重视。政府持续关注从小学、中学一直到大学的 STEM 教育,

第一作者简介:陈钰(1983—),男,助理研究员,主要研究方向为创新评价、区域创新、科技指标。

项目来源:科技部科技创新战略研究专项(ZLY2015111),科技统计基础性工作专项(2013 SE-02)。

收稿日期:2016-04-02

为相应领域的人才创造良好的就业机会，吸引全球优秀人才赴美留学并就业，这是美国创新能力引领全球的重要基础。世界一流的人才培养与就业环境造就了美国研发投入与产出能力的超级大国地位。

2.3 SEI 内容保持政策中性

政策中性是 SEI 的最显著特点。SEI 包含了美国和世界主要国家科技发展状况的数据，把分散的统计数据集中到一本报告当中，但是它仅提供数据，不提供政策选择，也不提供政策建议。报告通过表格、数据图、文字描述、专题介绍等形式总结归纳出亮点信息，列出参考文献清单等拓展内容，为具有不同数据需求的读者提供便利的数据支持。在数据分析方法方面，SEI 也坚持采用简单的统计分析方法，避免采用非常规的新的分析方法，以免提供给读者有倾向性的分析结论^[1,2]。

3 SEI 2016 对中美科技创新实力的分析

2016 年 1 月，美国 NSF 发布最新一期报告 SEI 2016，反映近年来美国与世界其他国家在教育、科研经费投入、论文发表数量及知识密集型产业等方面的概况和实力对比。美国依然是世界科技创新超级大国，在各领域拥有全面的绝对优势^[3]。中国创新投入产出规模稳居世界第二，在全球的地位日益突出。

3.1 美国科学与工程专业学生快速增长，中国是美国留学生的最大生源地

2000 年以来，美国获得科学与工程专业学士学位的人数稳步增长，2013 年达到 61.5 万人，约占全部学士学位获得人数的 32%。2013 年，美国科学与工程专业硕士研究生毕业人数 16.6 万人，比 2000 年增长 73%，博士毕业人数 3.9 万人，比 2000 年增长 47%。美国是科学与工程博士学位授予量最大的国家，其后依次为中国、德国和英国。

留学生的流向反映了一个国家教育的水平和影响力。美国依然是最多人选择的留学目的地，2013 年，赴美留学人数占全球的 19%。美国高校本科生中，2014 年留学生人数比 2008 年增加了 50%，其中，来自中国的留学生数量最多，其次为沙特阿拉伯和韩国。在研究生教育阶段，2014 年，科学与工程领域的来美留学生增长了 18%，60% 的留学生选择学习科学与工程专业，超过 2/3 的学生来

自中国和印度。美国研究生教育留学生来源国家和地区分布如图 1 所示。

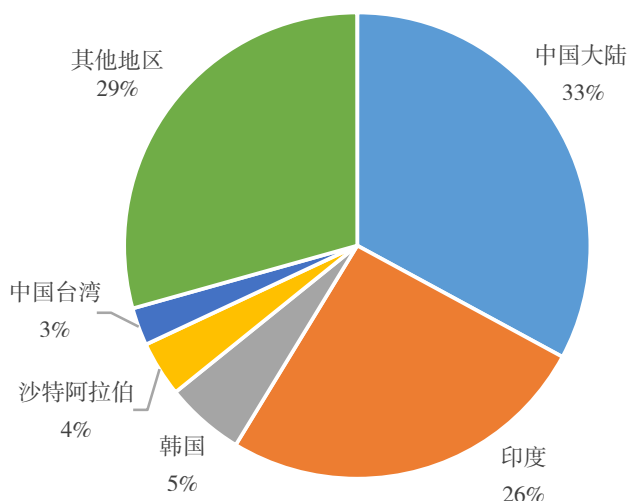


图 1 2014 年美国研究生教育留学生来源国家和地区分布

3.2 美国科技人才移民占比大，中国是世界科技人力资源第一大国

美国以科学与工程领域劳动力来反映国家科技人力资源的数量。2013 年，美国拥有科学与工程专业学位或者在科学与工程领域（大致相当于我国的科技人力资源）就业的人员约 2 100 万人，其中，科学与工程岗位就业人员约 600 万^[4]。美国科学与工程领域本科学历以上从业人员中，27% 是非美国出生的人，而且学位越高的人员中，非美国出生人员比例越高，其科学与工程学位国际学生分布（2013）如表 1 所示。在美国获得科学与工程博士学位的留学生中，有 66% 的人至少在美国工作了 5 年。

从全球来看，2013 年，中国科技人力资源总量达到 7 105 万人，每万人口中科技人力资源数为 522 人，规模上数倍于美国^[5]。从实际从事研发活动的 R&D 人员指标看，中国 R&D 人数也增长迅速，2013 年中国 R&D 人员总数为 353.3 万人，比欧盟国家 R&D 人员总数还高 50% 以上，稳居世界第一。

3.3 金融危机后美国 R&D 经费恢复较快增长，中国 R&D 经费增长迅速，但与美国差距明显

金融危机后，美国 R&D 经费增速在短暂下降

表 1 美国科学与工程学位国际学生分布（2013 年）

所有科学与工程学位获得者分布	所占比例（%）	科学与工程博士学位获得者分布	所占比例（%）
中国大陆	8.3	中国大陆	22.1
印度	19.9	印度	14.2
英国	2.9	英国	3.9
韩国	3.2	韩国	3.7
加拿大	3.5	加拿大	3.5
中国台湾	2.7	中国台湾	3.5
德国	2.9	德国	3.0
俄罗斯	2.0	俄罗斯	2.7
其他地区	54.6	其他地区	43.4

后，恢复至 GDP 增速之上^[6]。2013 年，美国 R&D 经费投入 4 561 亿美元，比上年增长 3.2%，高于 GDP 2.2% 的增长率。美国企业是最大的 R&D 经费执行部门，占全部 R&D 经费的 71%。企业 R&D 经费集中于少数行业：医药制造、计算机和电子产品制造、交通装备制造（汽车和航空装备）、信息（软件）业、科学研究与专业服务（计算机系统设计、研发服务），这五大行业 R&D 经费占企业总量的 82%。

2013 年，全球 R&D 经费投入约 1.67 万亿美元。美国、中国、日本和德国是仅有的 R&D 经费投入超过 1 000 亿美元的 4 个国家；其中，美国 R&D 经费投入占全球总量的 27%，其次为中国（13%）、日本（12%）和德国（7%）。中国 R&D 经费高速增长，与美国的差距也在迅速缩小，从 2005 年不到美国 R&D 的 10% 增加到接近 50%。

从美国和中国 R&D/GDP 的历史变化（如图 2 所示）来看，中国在 R&D 经费投入强度和结构上与美国还有较大差距。从 R&D 投入强度看，美国自二战以来维持高强度的 R&D 经费投入。1957 年，美国 R&D/GDP 首次超过 2%，达到 2.09%，近 60 年来维持在 2% 以上，多年都在 2.5% 以上。中国 R&D/GDP 在 2014 年才实现了 60 年前美国的 2.09%。从 R&D 活动类型看，中美对基础研究、应用研究和试验发展的投入各有侧重。中国研发

资金用于基础研究的比例一直不足 5%，85% 左右的经费用于试验发展，美国基础研究占比自 1961 年以来在 10% 以上，近年来接近 20%^[7]。

3.4 国际合作研究论文越来越普遍，中国科学论文质量快速提高

2013 年，全世界约发表 220 万篇科学论文，各个国家科学与工程学科发表科学论文数所占比例如表 2 所示。其中美国和中国数量大致相当，美国发布科学论文数量占全球 18.8%，比 2003 年下降 8 个百分点，中国占 18.2%，比 2003 年上升近 12 个百分点。当前，科学研究的国际合作越来越普遍，2013 年，美国有 60% 的科技论文是多名作者署名，而且跨国合作发表论文占合作论文数比例也从 2000 年的 13.2% 增加至 19.2%。

从科技论文影响力指标看，美国科技论文影响力指标最高，为 1.8% ~ 1.9%。中国科技论文的影响力起点较低，但提速惊人，2001 年至 2012 年间增长了一倍，从 0.4% 提高到 0.8%。大部分国家科学论文来自国际的被引次数占比都有所增加，美国从 1996 年的 42.8% 增加到 2012 年的 54.5%，而中国是例外，从 51.5% 下降至 38.6%，说明中国科学论文大多还是被国内人引用^[8]。

3.5 知识密集型产业是美国经济的支柱产业，中国经济在全球价值链中的地位提升缓慢

知识密集型产业包括高技术制造业和知识密

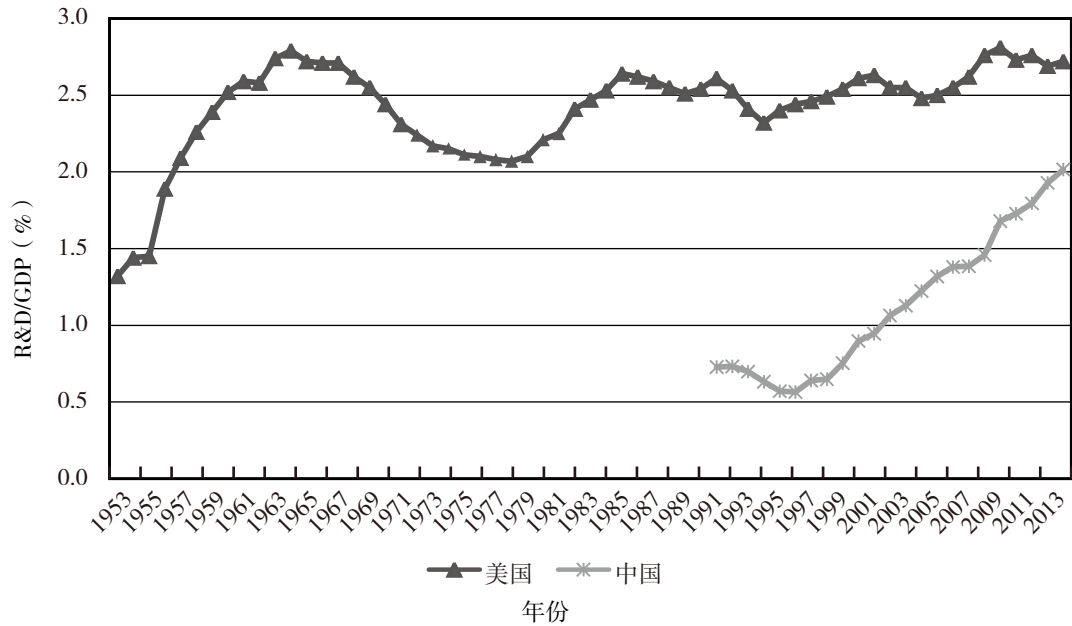


图 2 美国和中国 R&D/GDP 的历史变化

表 2 世界各个国家和地区科学与工程学科发表科学论文数所占比例 (%)

年份	美国	欧盟	日本	其他发达国家和地区	中国	印度	其他发展中国家和地区
2003	26.8	33.0	7.8	11.8	6.4	2.3	9.5
2004	26.6	32.0	7.4	12.1	8.5	2.3	9.6
2005	25.3	31.2	7.2	12.1	10.9	2.3	9.6
2006	24.2	30.7	6.9	12.3	11.9	2.5	10.2
2007	23.2	30.5	6.3	12.4	12.8	2.7	10.7
2008	22.3	30.0	6.0	12.3	14.0	2.9	11.3
2009	21.3	29.7	5.7	12.1	15.3	3.1	12.0
2010	19.9	27.9	5.1	11.9	17.1	3.9	13.1
2011	20.7	28.8	5.4	12.1	15.9	3.4	12.5
2012	19.4	27.9	4.9	11.9	17.4	4.1	13.4
2013	18.8	27.5	4.7	11.8	18.2	4.2	13.7

集型服务业，在全球经济发展中的地位越来越重要，增长迅速。2014 年，全球知识密集型服务业约 12.7 万亿美元，高技术制造业约 1.8 万亿美元。美国知识密集型服务业规模最大，占全球份额的 33%。美国知识密集型服务业增加值占美国

GDP 的 24%，从业人员占全国的 1/7，科学与工程人员占企业部门的 15.8%，其 R&D 经费支出占美国企业 R&D 经费的 29%。高技术制造业增加值总量虽然远小于知识密集型服务业，仅占美国 GDP 的 3%，但是科学与工程人员占企业部门

的 26.4%，R&D 支出占美国企业 R&D 经费支出的 45.5%。

中国知识密集型服务业增长迅速，2013 年超过日本，排名世界第三，占全球总量的 10%。中国高技术产品出口规模已位居世界第一，占全球总量的 24%。从国际高技术产品贸易的变化看，近年来，东南亚高技术产品出口额增长迅速，越南和印度表现最为突出，2014 年均比 2000 年增长 10 倍以上。这其中一部分原因是由于中国劳动力成本提高，很多手机等电子通信产品的组装工厂从中国转移到了越南等东南亚国家。中国高技术产业主要依靠组装加工的出口导向的特点没有改变，在全球产业链中的地位提升缓慢。

3.6 全球创新活动仍主要集中在美国，中国创新的国际影响力有待进一步提升

美国科工指标以有创新活动企业占比、三方专利数量以及风险资本规模等指标来反映创新。

美国企业研发与创新调查结果显示，2008—2010 年，美国制造业企业中，有产品或服务创新的企业占 23.3%，其中通信装备制造业创新最为活跃，55.2% 的企业有产品或服务创新。美国非制造业企业中，有产品或服务创新的企业占 9%，其中，软件服务业创新活跃，69.3% 的企业有产品或服务创新。

在专利指标方面，美国 2014 年授权专利近 30 万件，授予美国国内发明者的数量占 48%，国外发明人中，日本占 18%，欧盟占 15%，中、韩、印等亚洲国家增长较快，其中中国占 2.7%。从代表高应用价值的三方专利数量看，日本获得三方专利授权数量占全球的 30%，美国、欧盟相当，均占 26%，韩国占 5.5%，中国占 3.6%。

技术许可和技术转让收入反映技术流动和技术交易情况。2013 年，全球技术许可和技术转让出口贸易额为 2 550 亿美元，其中，美国占 50%，欧盟占 21%，日本占 12%，中国和印度占比均不到 1%（如图 3）。

风险投资是创新创业活动的助推器。2014 年，全球风险资本投资 790 亿美元，其中，美国吸引风险投资 490 亿美元，中国 130 亿美元，欧盟 90 亿美元，印度 50 亿美元。虽然美国风险投资占比从 2005 年的 75% 下降至 2014 年的 62%，但

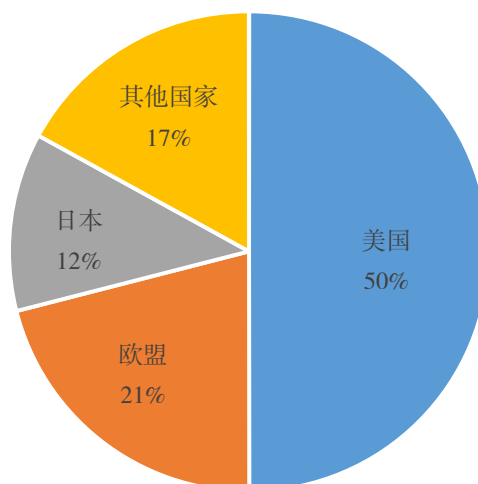


图 3 世界技术许可和技术转让收入国家和地区分布
(2013 年)

仍是世界风险投资的主要集中地。中国风险投资额占世界份额从 2005 年的 3% 猛增至 2014 年的 17%。

4 结论

SEI 以其系统的数据信息和全球化的视野对美国科学管理与决策发挥了重要的作用，对我国创新驱动发展战略的实施有着深刻的启示。

中国依靠人口优势和后发优势短期内实现了科技创新实力的跃升。目前，中国研发资源投入的当年绝对规模与美国不断接近，R&D 经费投入接近美国的一半，研发人员数量居世界第一，但是中国研发投入的积累相比美国还很薄弱，从历史比较看，中国 2014 年水平仅相当于美国 60 年前的水平。这充分反映在中国科技创新产出在总量和质量的分化表现上，如，中国国际科学论文数量已经接近美国，但论文影响力差距巨大；中国高技术产品出口已位居世界第一，但主要处于全球价值链低端；中国发明专利申请量居世界第一，授权量居世界第二，但是反映高经济价值的三方专利数量仅为美国的 1/7 左右，反映技术创新国际影响的技术许可和技术转让收入不到美国的 1/50。中国未来必须要全面实施创新驱动发展战略，保持战略定力，在深化科技体制机制改革的同时，

保障高强度的科技创新投入不动摇，最终实现向创新驱动的动力转换。■

参考文献：

- [1] National Science Board. Science and Engineering Indicators 2016[R]. Arlington, 2016.
- [2] National Science Board. Science and Engineering Indicators 2014[R]. Arlington, 2014.
- [3] Archibugi D, Filippetti A, Frenz M. Economic crisis and innovation: Is destruction prevailing over accumulation [J] Research Policy, 2013, 42(2): 303-314.
- [4] OECD. Main Science and Technology Indicators[R].

Paris, 2015.

- [5] 党亚茹, 赵铨劫. 基于美国《科学与工程指标》的中外科技比较 [J]. 科技管理研究, 2007 (4): 71-74.
- [6] 罗青. 美国《2014 年科学与工程指标》概论——知识技术密集型产业和研发投入 [J]. 全球科技经济瞭望, 2014 (4): 11-15, 20.
- [7] 《科技日报》编辑部. 数据说话: 中国稳居世界第二研发大国 [N]. 科技日报, 2016-02-23.
- [8] 余惠敏. 中国稳居世界第二研发大国位置——从《2016 年美国科学与工程指标》评价看中国科技新形象 [EB/OL].[2016-02-13]. http://www.ce.cn/xwzx/gnsz/gdxw/201602/23/t20160223_9028863.shtml.

Comparative Study on Science, Technology and Innovation Strength Between China and U.S. Based on SEI Report

CHEN Yu, XUAN Zhao-hui

(Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038)

Abstract: After analyzing the characteristics of the US SEI report and studying the conclusion of the latest 2016 report, this paper does a comparative study between China and the United States in science, technology and innovation performance, including education, research funding, the number of published papers and knowledge-intensive industries development. It is found that U.S. remains highest scientific and technological innovation super power, with a comprehensive absolute advantage in all areas. China's innovation input-output ranks the second in the world, with an increasingly prominent position, but there is still a large gap compared with the United States.

Key words: Sino-US comparison; science and engineering indicators; science, technology and innovation; science and technology indicators