

美国 STEM 教育计划 对我国科技创新人才培养的启示及建议

丁明磊

(中国科学技术发展战略研究院, 北京 100038)

摘要: 在分析美国推动 STEM (科学、技术、工程和数学) 教育的时代背景、发展特点和成效的基础上, 研究美国集合社会各方面力量、多部门协同推进 STEM 教育的组织协调机制, 为我国创新型人才培养和工程技术、创新教育开展提供经验借鉴。就确立创新型人力资源在国家未来发展中的战略地位、部门协同和动员全社会资源参与、加快我国教育和科技体制改革步伐等三个方面提出政策启示和建议。

关键词: STEM 教育; 创新型人才; 教育和科技体制改革; 政策建议

中图分类号: G327.712 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2015.07.004

2007 年《美国竞争力行动》计划提出: 美国如果在今后的经济领域中竞争不过其他对手, 应该归咎于今天对 STEM (科学、技术、工程和数学) 的忽视和对这一领域劳动力发展的投入不足。2011 年《美国创新战略》报告强调, 要用 21 世纪技能来教育美国人并培养出世界一流的劳动力, 推动社会各界关注教育改革。2013 年 5 月美国推出《联邦 STEM 教育五年战略计划》。STEM 教育已经不单是学科或课程层面的事情, 在美国创新战略指导下, STEM 教育已经成为美国应对 21 世纪挑战的国家利器, 是其科技人力资源开发和创新型人才培养的重要内容。

1 STEM 教育产生的背景及进展

美国的 STEM 教育有三个维度: 强调 K-12 (美国大学前基础教育的统称, 指从幼儿园到 12 年级的教育) 阶段的科学和数学教育的重要性和教学有效性, 促进大学中 STEM 相关专业的教学质量的提升, 以及提高学生综合运用 STEM 领域知识解决问题的能力。STEM 教育是美国人才、教育和科

技融合发展的重要战略举措。

1.1 适应新一轮科技革命与产业变革的发展趋势, 科技领域的交叉渗透与融合互动, 极大推动了 STEM 教育模式的兴起

STEM 教育更加重视学科之间的交叉, 在 STEM 领域的专业人才是一种复合型人才, 应该可以融会贯通多个学科。而就 STEM 教育本质特征, 科技教育正是工程数学教育的落脚点和归宿。对 STEM 教育的重视正是表现出美国面临日趋激烈的全球科技竞争, 对于科学研究和科技创新的重视。

1.2 美国各界对 STEM 教育重视的根本是要确保美国在全球科技领域的领先地位

在美国, 教育一直是州及地方政府的管辖范围, 联邦政府一般以经费资助、教育立法等方式参与教育事业, 而近年来, 尤其是金融危机以来, 美国联邦政府积极推动 STEM 教育改革, 逐步加大对教育, 尤其是 STEM 教育的介入力度, 如提升资助额度, 出台专项计划等。^[1] 通过政府和媒体的宣传, 美国各界认识到, STEM 教育和 STEM 人才是美国保证其持续领先地位的基础, 如果缺乏有效

作者简介: 丁明磊 (1976—), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为科技政策与战略, 区域与产业创新, 创新与创业管理。

基金项目: 国家软科学研究计划“国家科技计划管理改革重大举措跟踪研究”(编号 2012GXS6D144) 研究成果之一。

收稿日期: 2015-05-14

措施来保持并强化 STEM 教育，必将威胁到美国的未来发展与竞争优势。

1.3 近年来以联邦政府主导，带动州政府及社会投入大量经费到 STEM 教育中

作为联邦研发支出的一个组成部分，STEM 教育支出呈逐年增加趋势。例如，在联邦政府 2016 财年（2015 年 10 月 1 日至 2016 年 9 月 30 日）的研发经费预算中，计划为 STEM 教育投入 31 亿美元，较上一年增长了 3.6%（1.02 亿美元）。奥巴马还承诺将利用 40 亿美元的争先计划（Race to Top）基金来鼓励各州把 STEM 教育作为其教育改革工作的中心。在政府的号召和带动下，一批社会资源也被充分调动起来，如，Adobe 公司就成立了基金会支持 STEM 教育。

1.4 STEM 教育已经取得了积极的成效

美国的 STEM 教育，在提升国民素质、劳动就业及收入分配均衡化、促进民族平等与性别平等、增强国家经济实力、驱动创新等方面均具有显著作用，迄今为止，美国已经培养了大量的 STEM 人才，目前每年的 STEM 学士和副学士毕业生约为 30 万。^[2]

此外，STEM 教育在其他方面也取得了积极的成效。首先，形成了加强 STEM 教育的社会共识。通过联邦政府的不懈努力，美国教育界、科学界与工商界达成这样一个共识：国家的经济增长取决于国人的创新思想以及将这种思想转化为创新产品与创新服务的能力，而这些创新能力的发挥，正是依赖于人力资源应当普遍具备的 STEM 素养。其次，美国社会内部推动 STEM 教育的社会组织不仅类型多样，而且组织数量也在近年来呈现出不断增长态势。^[3]但从 STEM 教育联盟的发展来看，自成立至 2013 年，该联盟已吸收了全国 500 多家教育、经济等专业机构，共同为国家 STEM 教育发展而努力。第三，美国 eSchool News 评选的“美国 2014 年最具影响力十大教育技术”，其中三项就与 STEM 教育直接相关，包括：“STEM 教育加强版”、“创客行动和创客空间”、“程序设计”。eSchool News 认为，STEM 教育已经逐渐成为美国教育的主流，是未来具有代表性和影响力的教育科技创新方向。

虽然 STEM 教育已经取得了积极的成效，但仍然面临一些现实问题。如缺乏教授 STEM 课程优秀师资队伍，难以保证相应的教学质量，STEM 教育还存在种族、性别与社会地位的差距，以及如何设计引人入胜的课题，使学生建立起对 STEM 相关学科的兴趣等。为此，总统行政办公室和总统科技顾问委员会提出了五项建议：广泛采纳经证实有效的教学实践；提倡并支持用探索研究课替代标准试验课；开展全国性的高等数学教育，填补数学差距；鼓励利益相关者合作探索 STEM 职业途径；创设 STEM 教育委员会，指导学术与商业机构，为 STEM 本科教育提供持续的变革措施。^[4]

2 美国推进 STEM 教育的典型做法

2.1 出台法律和制定政策，为推进 STEM 教育和协同创新营造环境

美国先后通过了若干与 STEM 教育直接或间接相关的法案：如，2005 年《国家创新法》、2006 年的《国家创新教育法》、2007 年的《美国竞争法》、2010 年的《美国竞争再授权法》等。尤其是《美国竞争法》，该法强调创新需要雄厚的研发投入和对 STEM 教育计划的切实执行，批准从 2008 年到 2010 年间为联邦层次的 STEM 研究和教育计划投入 433 亿美元，在能源部、教育部和国家科学基金设立了若干新的 STEM 计划，还要求美国国家自然科学基金为 STEM 提供奖学金、支持计划、K-12 的 STEM 师资培训和大学层面的 STEM 研究计划。联邦政府此后对该法的修订，还使各联邦机构相互协调地促进 STEM 领域的研究。奥巴马政府根据《美国竞争再授权法》成立了专门的 STEM 教育委员会（CoSTEM），主要负责协调联邦项目和活动，研究教育和劳动力政策问题，同时研究各个阶段的 STEM 教育、STEM 劳动力需求等问题。

2.2 联邦政府为推进 STEM 教育进行了精细的战略规划和路线图设计

早在 2013 年《联邦 STEM 教育五年战略规划》发布之前的 1986 年，美国国家科学委员会的《本科的科学、数学和工程教育》报告，就首次提出 STEM 教育的纲领性建议。^[5]1996 年美国国家科学

① STEM 加强版更加关注女生和少数族裔的学生，鼓励他们在理工科领域能够有所建树。

基金会《塑造未来：透视 STEM 的本科教育》提出推动 STEM 教育的行动指南和政策建议。2005 年美国国家科学院等四家机构的《驾驭风暴：美国动员起来为更加辉煌的未来》提出确保 21 世纪美国继续在科学和工程方面保持领先的对策。2006 年《美国竞争力计划》提出知识经济时代教育目标之一是培养具有 STEM 素养的人才。2007 年美国国家科学委员会《国家行动计划：应对 STEM 教育系统的紧急需要》提出行动计划的措施建议。2011 年美国国家科学院研究委员会发布了《成功的 K-12 阶段 STEM 教育》报告，进行了实施路线图设计。

2.3 针对美国教育体制特点，积极推动建设 STEM 教育体系

STEM 教育体系包括：民众、学生及家长的积极参与交流协作，各类利益相关者之间应组成各种联盟，共同关注 STEM 需求；建设高素质的师资队伍；为 STEM 教师提供世界一流的资源和支持；促进儿童尽早接触 STEM，STEM 的核心理念和思想应当包含在提前教育和其他各种早期教育计划中，优先考虑提高小学 STEM 教育的范围和质量；联邦政府协调 STEM 教育研究和大规模的教育宣传等活动等。应当看到，尽管美国教育系统有分散管理的特点，但在 STEM 计划中提出 STEM 教育要有明确的教育目标和统一的评估机制。

2.4 根据国家战略目标，多部门协同推进 STEM 教育

应当看到，美国在推动 STEM 教育的过程中，从来就不认为这只是教育部及学校的职责，而是力图协同各个联邦部门和机构，发动全社会的力量特别是企业界的力量来共同推动 STEM 教育的普及和深入发展。美国参与实施 STEM 计划的部门众多，包括：教育部、国防部、能源部、农业部、卫生部、内务部、交通部、商业部、国土安全部、环保局、国家航空航天局以及国家自然科学基金会等，其他还有州政府的相关机构，高等学校以及企业、个人和各种民间的协会组织等，并在国家科学技术委员会（NSTC）下成立了跨部门协调机构 STEM 教育委员会（CoSTEM）。根据国家战略需求，高等学校主要从事的是学生的 STEM 教育以及 STEM 领域中的科学研究，联邦政府的科技咨询顾问机构如

总统科技顾问委员会、国家研究理事会等，主要是为 STEM 的实施提供政策建议，国家自然科学基金会主要是为 STEM 领域中的科学研究提供资金支持等。^[6] 各参与部门要根据国家战略部署制定和实施目标明确的实施计划（而不是孤立的教育活动），相关部门教育计划的目标在考虑到各部门的局部特点的基础上，还要兼顾 STEM 的整体要求，体现了高度的灵活性和统一性。

2.5 联邦 STEM 经费纳入到联邦政府研发预算体系，由白宫科技政策办公室（OSTP）进行组织协调

奥巴马政府认为，STEM 战略成功的关键在于协调联邦教育投资，加强合作创造新的协同效应，提高投资效率，为此联邦政府在 STEM 优先投资领域指定牵头机构和合作机构，建立跨部门协调一致的投资组合，放大资产和技术的效用，并且建立了 STEM 教育考核评估体系，公开评估结果以促进 STEM 教育投资效率。^[7]

在美国联邦预算体系中，STEM 教育预算是在《美国竞争法》和《联邦 STEM 教育五年战略规划》框架下，一般当年由白宫科技政策办公室（OSTP）和预算与管理办公室（OMB）联合发布下一财年“研发预算优先方向”备忘录，以指导各联邦机构编制下一财年研发预算。该备忘录确定了各类研发领域、STEM 教育等的优先发展方向。这些优先方向立足于政府以往的预算以及《美国创新战略》等文件中所体现的工作任务和重点方向。在预算制定过程中，OSTP 对涉及多个政府部门的 STEM 计划起到了重要的组织协调作用。

2.6 以“美国州长协会”、“变革方程”为代表的一批社会组织和团体在推动 STEM 教育的过程中扮演了极为重要的角色

社会组织和团体被视为是推动 STEM 教育发展的不可或缺部分，是衔接政府、社会力量与学校教育的重要桥梁。以非营利组织“美国州长协会（NGA）”为例，NGA 在 2007 年制定了《创新美国：拟定 STEM 议程》的共同纲领，2011 年继续发布了《制定 STEM 教育议程：州级行动更新》的报告，为协同联邦政府制定和推进 STEM 相关政策发挥了重要作用。除了联邦部门机构，一批企业、社会组织、个人纷纷致力于 STEM 教育的推动工作。

以“变革方程”为例，是在盖茨基金会和纽约卡内基公司的支持下，由一百位商界精英和社会名流创办起来的。它动员美国的商界通过利用他们的投资、独特的资源和影响力来推动 STEM 教育，并承诺不断扩大优秀的 STEM 教育项目在学校和社区中的使用范围。^[8]

3 启示及建议

美国政府在强烈的竞争意识下，认识到本国发展的症结所在，以国家计划形式对教育、科技、人才培养进行统筹规划。美国联邦政府通过一整套完善的制度设计，使 STEM 战略计划和创新成为一种全国性的、一以贯之的努力，而不是局部的和时断时续的应对，突出表现在形成一个全面提升美国竞争力的国家意识和行动框架，进而形成一个有计划、有系统的执行网络。^[9] 美国 STEM 计划的推行是一项由政府、国会、企业和社会团体、公众共同参与、共同努力的系统工程，呈现出战略上的高度重视，资金上的大力投入，以及多部门协同行动等特点。这些值得我们借鉴。

其一，全社会统一思想和认识，确立以科技人才和创新创业人才为主的创新型人力资源在国家未来发展中的战略地位。

——国家的核心竞争力究其根本是人才的竞争，包括科学家、工程师、技术工人、创新创业人才在内的复合型、创新型人力资源，是 21 世纪决定国家竞争优势的人力资源。

——十八大以来，在人才问题上，习总书记强调创新驱动实质上是人才驱动，要把人才资源开发放在科技创新最优先的位置，明确了人才在我国实施创新驱动发展战略中的重要地位和关键作用。需要我们进一步落实到行动，以创新能力为导向改革人才培养模式，着力增强受教育者的创新精神、实践能力和社会责任感。

其二，创新型人才教育培养必须强调创新驱动发展战略下部门的协同，动员全社会资源在共识基础上的积极参与、交流协作和多元投入。

——必须打破传统的教育模式。借鉴美国 STEM 教育计划的理念和组织实施机制，基于自身科技教育哲学传统，发展中国特色的创新型人才培养模式，实现从人口大国向人力资源强国的转变，

充分发挥“创新人才红利”。

——创新型人才的培养教育不是孤立的某个部门的活动，是一项政府、学校、企业、社会团体、公众共同参与、共同努力的系统工程。因此，需要按照创新驱动发展顶层设计和全面深化改革的总体部署，各个部门和机构统一思想、协同配合，充分调动全社会的积极性和创造性，使国家创新人才战略得以全面贯彻。

——放宽门槛，鼓励工业企业、社会团体等多元主体都能够以产学研、战略联盟、联合基地、PPP 等模式参与到创新型人才教育、工程技术教育和创新创业教育中来。例如“LUPA 人才芯片工程”通过针对性的培养中小企业转型升级急需的技术开发与应用人才，探索出一套“政府主导、企业运营、院校实施”的新教育模式。

其三，以推动创新型人才培养和工程教育、创新创业教育为抓手，加快我国教育和科技体制改革步伐。

——结合《关于深化中央财政科技计划（专项、基金等）管理改革的方案》（国发[2014]64 号文）实施，进一步将创新型人才培养和工程技术教育、创新创业教育纳入到国家科技管理平台的工作框架内，统筹人才、科技和教育等方面工作，组织开展面向未来的发展规划和路线图设计。

——推动现代教育技术，如自带设备、虚拟现实、云计算、物联网、数字校园等在工程技术教育与创新创业教育的应用，拓展众创空间，促进大众创业、万众创新，同时也为解决西部和偏远地区教育均等化，以及农村转移人口再教育问题作出贡献。■

参考文献：

- [1] 李函颖. 美国 STEM 教育的困境与走向 [J]. 比较教育研究, 2014, (5): 53-58.
- [2] 龙玫, 赵中建. 美国国家竞争力: STEM 教育的贡献 [J]. 现代大学教育, 2015, (2): 41-49.
- [3] 佚名. 美国社会组织推进 STEM 教育概况 [EB/OL]. www.myrobotc.com/news/1e/140.html.
- [4] Executive Office of the President, President's Council of Advisors on S&T. Engage to Excel: Producing One Million Additional College Graduates with Degrees in Science,

- Technology, Engineering, and Mathematics[EB/OL]. <http://eric.ed.gov/?id=ED541511>. 2015-2-16.
- [5] 赵中建. STEM: 美国教育战略的重中之重[J]. 上海教育, 2012, (11): 16-19.
- [6] 张燕军, 李震峰. 21 世纪美国高等教育科学、技术、工程和数学教育的问题及其应对[J]. 比较教育研究, 2013, (3):19-22.
- [7] 刘若霞, 张加民. 美国 STEM 教育战略及其对中国人才培养的启示[J]. 中国注册会计师, 2015,(2):112-116.
- [8] 钟柏昌, 张丽芳. 美国 STEM 教育变革中“变革方程”的作用及其启示[J]. 中国电化教育, 2014,(4):18-24.
- [9] 朱学彦, 孔寒冰. 科技人力资源开发探究[J]. 高等工程教育研究, 2008,(2): 21-25.

Analysis on American STEM Education Plan and its implication to the Chinese Innovative Talents Cultivation

DING Ming-lei

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

Abstract: Based on the analysis of the background of the American STEM (science, technology, engineering and mathematics) education plan, its characteristics and implementation effects, the paper gives a research on the organization and coordination mechanism of the STEM plan, which integrates strength and coordination from various social sectors. All of these experiences will provide references for our innovative talents cultivation and engineering technology, innovation, innovation education. Finally, it puts forward policy implications and suggestions in three aspects: to take the construction of innovative human resources as a national strategy for the future development; to enhance the trans-department coordination, and mobilize all social resources to participate in the strategy; to speed up the pace of reform on China's education and science and technology system.

Key words: STEM education; innovative talents; reform on education and S&T system; policy suggestion

(上接第 4 页)

Development of American IT Infrastructures Based on New Technologies

QIAO jian

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

Abstract: This article briefly introduces the overall development of the IT technology in the US, studies several key domains in IT infrastructures based on latest technologies, such as the spectrum sharing, distributed antenna systems and network function virtualization, etc, and also analyzes the future IT R&D trends according to the perspective of US academia.

Key words: information technology; infrastructure; research and development; the United States