

美国STEM教育中社会组织的作用及对我国的启示*

蔡 苏^{1,2}, 王沛文²

(1.北京师范大学 未来教育高精尖创新中心, 北京 100875; 2.北京师范大学 教育学部 教育技术学院, 北京 100875)

摘要: 美国近年来高度重视科学、技术、工程和数学(STEM)领域的教育。在推进STEM教育的过程中, 美国充分利用企业、非营利机构等组织与政府部门共同建立了一个高效的跨部门合作的新模式。该文分析美国STEM教育中社会组织的类型、支持形式, 以及政府对STEM教育发展的顶层设计和组织定位, 并针对我国发展STEM教育提出开放办教育、加强顶层设计和跨部门协作以及发挥科技馆的作用等建议。

关键词: STEM教育; 社会组织; 非营利机构

中图分类号: G434 **文献标识码:** A

STEM是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、数学(Mathematics)的简称。STEM教育将原本分散的科学、技术、工程、数学学科融合, 形成现在日益受到关注的、跨领域的一个整体概念。STEM教育具有跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性、技术增强性等九种特性^[1], 它重点关注四种素养(Literacy): (1)科学素养是指学生运用科学知识理解自然界、解释自然现象、参与自然界有关决策的能力; (2)技术素养是指学生使用、管理、理解与评价技术的能力, 学生应当了解某种技术的发展历程, 并知道如何使用新技术来改造社会、国家乃至整个世界; (3)工程素养是指学生应当以工程的视角去理解项目的设计与开发过程; (4)数学素养是指学生对不同情境下数学问题的分析、推理和有效交流思想的能力, 学生应当主动发现问题, 并清晰表达对这些问题的分析。

STEM教育起源于美国, 最初是美国为保持其科技创新的国际领先地位提供充足的STEM劳动力储备, 以便这些技能娴熟的人才能够为美国提供更加持久而强盛的竞争力。美国近年来高度重视STEM教育, 联邦STEM教育进展报告显示美国在STEM教育领域的投资逐年增加, 2016年预算突破30亿美元^[2]。值得注意的是, 在大力发展STEM教育的同时, 美国充分利用企业、非营利机构等组织与

政府部门共同建立了一个高效的跨部门合作的新模式。我国现阶段也越来越关注STEM教育, 并取得一定进展, 但是相比美国充分调动社会各种力量共同开展STEM教育来说做得还远远不够。因此, 了解美国STEM教育发展, 尤其是其政府与社会力量合办STEM项目的情况, 对我国促进社会力量办STEM教育具有借鉴意义。

一、美国STEM教育中的社会力量

美国总统奥巴马认为, “我们的首席执行官都应该知道公司的未来取决于下一代员工的创新能力, 而这又取决于今天我们如何教育学生——尤其是在STEM方面……我们的成功不能单靠政府, 还要充分发挥教师、家长、企业、非营利机构和更广泛的社区等的作用”^[3]。因此美国的STEM教育项目在联邦政府、州、社会组织、公司企业等机构支持下开展得有声有色。

1. 美国STEM教育项目

美国STEM教育项目覆盖幼儿园到高中整个学段(K-12), 学科范围涉及电子、化工、环境、农业等众多工程领域, 以培养学生实践能力为核心, 关注学生创新意识和解决现实问题的能力。由于社会的大力支持, 大部分STEM教育项目都有相应的外界资助者和合作伙伴, 美国知名度较高的STEM教育项目如下页表1所示。

* 本文受北京市教育科学“十三五”规划青年专项课题“增强现实游戏在自闭症儿童生活技能习得的应用及影响研究”(课题编号: CCHA16120)资助。

表1 美国知名度较高的STEM教育项目

名称	项目类型	年 级	简介	资助者和 合作伙伴
设计小组 (Design Squad)	课程/教学; 材料; 实践/ 基于项目; 非正式/校外	6-8	为中学阶段的学生所设立的多媒体实践项目,包括在公共广播公司播放的一档系列电视节目、一个交互式网站和学生参与的各种工程实践活动等	国家科学基金会(主要来源)、诺斯洛普-格鲁曼基金会等
工程的未来 (Engineering the Future)	课程/教学材料; 实践/ 基于项目	9-12	在四个不同的长期项目中,学生团队运用数学和科学知识,解决一系列连续的问题。在面对面工作坊中,四周的在线课程和会议将为教师提供专业发展	波士顿科学博物馆;国家科技素养中心;洛克希德·马丁公司等
FIRST	实践/ 基于项目; 非正式/校外	K-12	通过校外机器人项目为K-12学生提供有趣、有参与感的体验,并提供发展21世纪工作与生活技能(如合作、处理问题、解决冲突、坚持、时间管理)的机会,为从事STEM工作做准备	IBM、英国宇航系统公司、贝克特尔、波音公司等
项目引路 (Project Lead The Way)	课程/教学材料; 实践/ 基于项目; 大学预科	K-12	为美国各地的教师和学生提供了一种变革的教学经验。通过引人入胜的环境,促使学生发展急需的知识和必要的技能,让他们在不断变化的环境中茁壮成长	雪佛龙、洛克希德·马丁等100家企业和近300个大学、研究机构
科学之种/ 阅读之根 (Seeds of Science/Root of Reading)	课程/ 教学材料	K-5	项目旨在让学生沉浸于对自然世界的深度学习中。学生从第一手的经验和资料中寻找证据,来支持他们建构更加准确、更加完整的自然世界	美国国家科学基金会、Noyce基金会

注:表中项目来源于变革方程网站<http://changetheequation.org/stemworks>页面中“All Location”下拉条选择“Nationwide”所列举出来的部分项目。

2.支持STEM教育的组织类型

美国白宫、国会、教育部以及各州教育立法、行政部门统筹颁布法令,不同背景的官方机构、非营利机构、大学、行业协会,甚至专门成立的STEM教育组织如STEM教育联盟(<http://www.stemedcoalition.org>)、项目引路^[4]、变革方程^[5]等均积极参加STEM战略的制定和实施。这些组织越来越多,以STEM连接平台上的数据显示,截至2015年12月,该平台已拥有了超过5000家与STEM教育相关的组织的信息,并提供一个可分类搜索的数据库以供查询。该平台还与各组织机构紧密合作,提供一系列的资源以支持各组织机构在STEM学科发展的投资和建设。参与STEM教育的社会机构分类如表2所示。

表2 参与STEM教育的社会机构

机构类型	机构名称
政府	国会、白宫、教育部、国家科学基金会(NSF)、国家海洋与大气管理局(NOAA)、国家航空航天局(NASA)
大学	哈佛大学、麻省理工学院、加州大学伯克利分校、约翰·霍普金斯大学
非营利机构	美国国家科学院(NAS)、工程院(NAE)、美国科学促进会(AAAS)、考夫曼基金会、史密森学会
专业协会	工程教育协会(ASEE)、国防工业协会(NDIA)、美国建筑协会(AIA)

续表2

专业 STEM机构	STEM教育联盟(STEM Education Coalition),主要为美国国会、政府和机构提供相关决策的咨询机构 项目引路(Project Lead The Way, PLTW),专门致力于在初高中提供严格、创新的科学、技术、工程和数学课程计划的机构 变革方程(Change the Equation),由一百多位企业CEO创建的致力于在中小学推广STEM教育的公益机构
企业	主要的高技术和教育公司等,这些社会团体通过各种途径为STEM教育的开展提供广泛的研究、咨询等多项服务

上述种类丰富、数量众多的社会组织构成了美国开展STEM教育的中坚力量,也使美国的科技人才培养有了坚实的组织保障。

3.各组织对STEM教育的支持形式

如此众多的社会组织在推动着美国STEM科学教育的发展,他们所起的作用受到联邦政府的极力肯定。一般来说,社会组织对于美国STEM科学教育发展的支持方式主要有以下几种。

(1)立法和决策支持

美国国土安全局(DHS)2008年4月提出并通过STEM OPT法案,即STEM相关专业的留学生毕业后可被允许进行临时工作延长至29个月(一般为12个月)^[6]。2009年奥巴马政府实施“为创新而教计划”,其目标是让美国学生能够在STEM方面深入学习,并养成批判性思维,希望未来10年内美国所有学生的STEM水平从中等水平达到顶峰,同时也强调妇女和儿童等其他弱势群体也能够接受到良好的STEM教育,从而获得就业的机会。再以STEM教育联盟为例,其主要职责是为美国国会、政府和机构提供相关立法起草和决策咨询,并督促美国STEM教育发展。该机构参与了《STEM教育机会法案》《美国创新法案》《STEM网络法案》《STEM项目重组改进计划》等诸多与STEM教育有关的立法咨询工作。这些法案为美国政府在STEM教育上的财政投入、政策支撑等提供了法律保障。

(2)财政支持

一般这些提供财政支持的机构为政府部门的附属机构和企业赞助的基金会。以上述“为创新而教计划”为例,美国五个公共部门承诺在未来五年内提供超过2.6亿美元的财政和实物支持,包括为一万余名未来教师提供培训和现有的10万余名STEM领域教师的专业发展^[7]。美国国家科学基金会(NSF)通常以项目招募的方式征选合适的项目计划,并与递交该项目的社会组织进行合作,给予其资金支持促进STEM科学教育发展。STEM教育联盟在比尔·盖茨基金会和卡内基公司的支持下,动员大量社会资源和力量,聘请民间企业家为州级STEM教育项目代言。政府非常鼓励企业成立基金会支持STEM教

育,在总统奥巴马的支持和号召下,前英特尔公司董事会主席克雷格·贝瑞特、第一位女性宇航员萨莉·莱德和时代华纳总裁格伦·布里特等美国科技领域的杰出人士和企业家组成了一个STEM教育民间联盟,其成员英特尔公司承诺10年内捐赠两亿美元推动数学和科学教育的发展,时代华纳公司宣布投入一亿美元制作STEM相关影片,并在其知名栏目“探索”“芝麻街”上播放。在美国经济持续低迷的情况下,社会各企业和基金会仍对STEM教育项目大力资助,从而帮助STEM教育活动迅速筹集到大量资金,并得以开展或延续。

(3)基础设施支持

STEM学科的学习不仅仅需要基础的学科知识,更需要学生进行实验和动手实践。一些社会组织例如科技馆、博物馆也积极参与STEM教育建设,创设STEM相关模拟实验室或提供STEM学科的设备。探索世界(Discovery World)博物馆专门建立了完全向学生开放的STEM实验室,学生可体验从设计到开发应用的全过程,在真实的实验环境中感受科学的魅力,以此激发对STEM学科的学习兴趣。“全国实验室日”活动也得到一些基金会和其他民间团体的承诺支持,为教师配备相应的硬件服务和教学资源,鼓励学生在实验室里进行探究学习,并自己创作软件或网页。

(4)人才培养支持

奥巴马在STEM人才培养方面提出了短期目标,即希望美国政府和社会能够在2020年前培养出至少10万名STEM教育专业教师。美国科学促进会(AAAS)作为全球最大的科学和工程联合会,不遗余力地开展活动以支持STEM教育人才建设。在基础教育方面,美国科学促进会与资深科学家和高级工程师协会联合发起了“资深科学家和高级工程师参与STEM志愿计划”^[8],旨在支持美国中小学STEM学科教育,培养学生STEM素养,鼓励学生从事STEM相关职业。该计划招募了华盛顿地区科学、工程学、医学方面退休专家和部分在职专家,利用专家们在相关领域积累的专业知识和素养,每周或每两周一次去学校协助中小学STEM学科教师开展课堂教学。在高等教育方面,美国科学促进会组织近50家机构联合讨论高校STEM学科教育的有效教学手段,总结出多种衡量教师STEM教学成效的检测方式,出版相关的专著供高校参考,以此提高高等院校STEM学科教学质量,促进本科生作好STEM领域就业准备。IT巨头Adobe公司成立了专门培养多媒体软件设计与开发人才的基金会。爱荷华州立STEM咨询委员会与微软公司联合创办微软IT学院项目,为学生提供就业能力、数字能力和聚焦

STEM方面的培训。该项目成立了一个大型专业IT学院,为爱荷华州150个高中和社区大学提供微软办公软件专家(Microsoft Office Specialist)考证培训。

4.以顶层设计对各组织进行定位

尽管众多机构对STEM教育进行了投资、推动,这种如火如荼的运动在某种程度上显得无序。美国政府也已经意识到,开始考虑如何明确各机构在推动STEM教育中的作用以及协调这些机构的关系。2013年5月,奥巴马政府制定了《联邦科学、技术、工程与数学教育五年战略规划》(以下简称“五年规划”)^[9]。该规划对提高美国STEM教育质量、保证和增加青少年及公众对STEM教育的参与、加强在校大学生的STEM学习等方面进行了详尽的部署。不仅如此,该规划还提出要充分利用企业、非营利机构等组织与政府部门的协助,以期建立一个高效的跨部门合作的新模式。

“五年规划”第四章提出要统筹协调各方机构,具体的两种协调方法是:(1)利用资产和专业知识建立新的组织模型;(2)定义、使用和分享基于证据的研究方法(Evidence-based Approaches)。这样做的目的是要建立STEM教育投资的协调,以便最有效地部署和最大化利用联邦政府如此大规模的投资,并在优先发展领域鼓励新机构与现有机构的有效协同合作。同时,在推动STEM教育的过程中,在预算、管理和决策中使用基于证据的方法,并严格考核,建立内部绩效制度。“五年规划”还明确提出要确立牵头机构来协同各种类型的社会力量。牵头机构将负责召集其他联盟机构,与他们一起促进项目规划的制订和修订,并跟踪其负责的优先发展领域的进度。在每一个优先领域,所有机构都允许被邀请参加。以下是“五年规划”中被指定的最初三个牵头机构:

(1)教育部:作为“改善STEM教学”领域的牵头组织。初期将围绕如何更好地调动国家政府资源向STEM教师后备力量和持续的教师专业发展,如何协调联邦政府和州政府的政策衔接,如何建立众多组织之间更协调的伙伴关系。

(2)国家科学基金会:作为“提升大学生STEM经验”领域的牵头组织。它将通过推行基于证据的改革来提升大学生STEM教育的体验。国家科学基金会还将和国立卫生研究院、农业部以及其他STEM联盟组织研究提升研究生奖学金事宜。在学士到博士后阶段分享STEM劳动力需求信息,帮助国家将资源正确有效配置到所需要的地方。

(3)史密森学会:作为“提高和保持青年和公众的STEM参与感”领域的牵头组织,史密森学会将与美国国家科学基金会、教育部、美国国家航空航

天局、美国农业部等和其他科学合作伙伴更好地挖掘各机构优势和专长,鼓励学习者从事STEM领域的工作,探讨现有的和潜在的方法来改善STEM教育的基础设施。

二、对中国的启示

在我国,STEM教育与创客教育是紧密相联的。创客教育来源于创客运动,它的具体形式是创客空间^[10]。创客教育是创客理念在教育中的具体实施,它强调通过动手操作,将创意和想法转化为实实在在的作品,并在亲手创造的过程中发现、感悟和学习。STEM教育与创客教育都需要将原本孤立的学科进行交叉整合,都属于跨学科教育。与创客教育不同的是,STEM教育注重STEM素养的提升,重点围绕学生科学、技术、工程和数学等知识与能力开展,以学业成绩优化作为目标,进而为创新人才的培养和发展奠定基础。在我国,越来越多的教育工作者开始关注STEM教育与创客教育的结合,他们认为创客教育能够让学生在自主探究的过程中提升创造能力和STEM综合素养^[11]。上海在2010年开办了中国第一家创客空间——“新车间”;2011年,北京创客空间(前身为Flamingo EDA)在中关村成立;北京师范大学承办了2012年STEM教育国际会议^[12],会上探讨了创客教育;2015年1月南京创客联盟在创意中央科技文化园正式成立;2015年5月由中国教育报等机构发起,温州中学、北京广渠门中学、深圳市第二高级中学、天津14中等35所学校组成的中国青少年创客教育联盟宣布成立;上海史坦默国际科学教育研究中心、上海STEM云中心、中国STEM人才资源网也相继成立。2015年11月,中庆集团和美国创新学习系统公司在美国正式签署协议,双方将以合资的形式共同拓展中国的STEM教育市场。

与美国目前已经有规模、成体系和具有典型合作模式的STEM教育不同,我国还主要处在学术界对STEM教育的理念解读、政界的政策初步出台、商界初步试水阶段。2014年11月,李克强总理在杭州参加互联网大会,在与业界代表的座谈中,他这样评价创客:“创客充分展示了大众创业、万众创新的活力。这种活力和创造,将会成为中国经济未来增长的不熄引擎。”2015年3月,全国两会上,发展“创客教育”被写入了政府工作报告。教育部《教育信息化“十三五”规划》^[13]中正式提出要“探索信息技术在STEM教育、创客教育等新的教育模式中的应用”。尽管如此,我们的一些政策尚未制定详细的实施纲要,在支持STEM教育与创客教育的社会力量支持方面还远远不足。我国企业

界、学术界等社会组织机构等虽然都已经在密切关注着STEM发展的动向,但缺乏联动支持,尚未能将学术成果有效的与教育产业相结合。社会力量以企业和营利性组织机构为主,并且大多集中在北京、上海、深圳等一线城市。在我国大力开展STEM教育的初级阶段,或许我们从美国的STEM教育中社会组织发挥的作用得到几点启示。

1. 解放思想, 开放办教育

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》明确指出,要“充分调动全社会力量关心和支持教育,完善社会力量出资兴办教育的体制和政策,不断提高社会资源对教育的投入”,但是调动社会力量往往具体表现在办学经费来源的社会化,会被指责是“急功近利”“教育产业化”,这导致在调动社会力量时有点放不开手脚。因此我们应该大力解放思想,突破只有学校才能办教育的局限。要充分肯定社会组织参与STEM教育的价值,营造STEM教育的社会文化环境,让社会主体直接参与教育内容的供给,有效发挥现有社会资源的教育功能,加大对非营利的民间教育组织的支持。开放的教育办学理念应是今后教育改革的方向之一。

2. 加强顶层设计和跨部门协作

我国政府应借鉴美国《五年规划》中提出的统筹协调各方机构的做法,在STEM教育开展之初就通过科学的顶层设计协调STEM教育资源的部署和投资。确立不同层面的牵头机构来协同各种类型的社会力量。牵头机构将负责召集其他联盟机构,共同开展项目规划的制订和修订,并跟踪其负责的优先发展领域的进度。(1)在政府层面,以教育行政部门牵头,工作范围包括如何更好地调动政府资源投向STEM教师后备力量和持续的教师专业发展;(2)在专业机构层面,以科技协会牵头,推动各协会、非营利机构对基础教育、高等教育等不同领域STEM教育的活动;(3)在企业界,挖掘一些科技领军企业对STEM教育尤其是创客教育的投资、培育,鼓励中小学生和大学生对创客空间的兴趣。

在发动地方力量、学校和企业开展STEM教育方面也不可对美国模式生搬硬套,因为在中国办教育与美国不一样。美国的学校较之中国学校而言有更多的自主权,并且美国的第三方教育机构一直都有相对独立的地位和话语权,在很大程度上可能影响其教育部门和学校的决策。根据中国国情,具体操作上可由教育行政部门授权成立STEM教育专家委员会;开展STEM教育相关的学术研讨会,形成松散的STEM教育学术研究聚合体。这两种组织再去引导、带动企业界参与,并且在预算、管理

和决策中严格考核,建立内部绩效制度。经过缜密的顶层设计,各方任务明确,职责清晰,积极投身于推动STEM教育事业发展中,形成良好的协同创新氛围,我国的STEM教育就会走上良性发展的道路。

3.发挥科技场馆在STEM教育中的重要作用

我国现有一定量的科技馆、博物馆,在青少年的课外科技活动开展中发挥了重要作用。如前文提到的美国将拥有很多科技场馆的史密森学会作为“提高和保持青年和公众的STEM参与感”领域的牵头组织,期望借助该组织的科技场馆优势,使社会非正规的STEM教育与学校教育保持一致性。我国也应充分发挥科技场馆、博物馆对STEM教育,特别是非正规环境下的科学教育的重要作用。一方面,可以对现有科技博物馆进行升级改造,使其软硬件资源与STEM教育相配套;另一方面,可借鉴相关城市的已有做法,考虑对旧工业场所或遗留体育场馆设施进行翻修改造,扩大STEM教育场所的空间。另外,还要加强科技场馆、博物馆的服务能力和水平建设,切实发挥好它们在STEM教育中的重要作用,将不同特色的STEM教育资源更好地传递给广大受众。

参考文献:

- [1] 余胜泉,胡翔. STEM教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究, 2015,(4):13-22.
- [2] Holdren, J.P. Progress Report on Coordinating Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education[EB/OL]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_ed_budget_supplement_fy16-march-2015.pdf, 2016-06-11.
- [3] Katelyn, S. Changing the equation in STEM education[EB/OL]. <https://www.whitehouse.gov/blog/2010/09/16/changing-equation-stem-education>, 2016-06-11.
- [4] 钟柏昌,张祿. 项目引路(PLTW)机构的产生、发展及其对我国的启示[J]. 教育科学研究, 2015,(5):63-69.

- [5] 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.
- [6] USCIS. Extension Of Optional Training Program For Qualified Students[EB/OL]. <http://www.uscis.gov/archive/archive-news/questions-and-answers-extension-optional-practical-training-program-qualified-students>.
- [7] Secretary, T.W.H.O.o.t.P. President Obama Launches “Educate to Innovate” Campaign for Excellence in Science, Technology, Engineering & Math (Stem) Education[EB/OL]. <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/president-obama-launches-educate-innovate-campaign-excellence-science-technology-en>, 2016-06-11.
- [8] AAAS. Senior Scientists and Engineers: STEM Volunteer Program[EB/OL]. <http://www.aaas.org/senior-scientists-and-engineers/programs-de>, 2016-06-11.
- [9] Holdren, J.P. Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education 5-Year Strategic Plan[EB/OL]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf, 2016-06-11.
- [10] 谢作如. 如何建设适合中小学校的创客空间——以温州中学为例[J]. 中国信息技术教育, 2014,(9):13-15.
- [11] 王旭卿. 面向STEM教育的创客教育模式研究[J]. 教育科学文摘, 2015,(5):92-93.
- [12] 丁杰,蔡苏,江丰光等. 科学、技术、工程与数学教育创新与跨学科研究——第二届STEM国际教育大会述评[J]. 开放教育研究, 2013, 19(2):41-48.
- [13] 教育部. 教育部关于印发《教育信息化“十三五”规划》的通知[EB/OL]. http://www.moe.edu.cn/srcsite/A16/s3342/201606/t20160622_269367.html, 2016-06-07.

作者简介:

蔡苏: 博士, 讲师, 研究方向为STEM教育、虚拟现实教育应用(caisu@bnu.edu.cn)。

王沛文: 硕士生, 研究方向为STEM教育、虚拟现实教育应用(pei6964012@163.com)。

The Role of Social Organizations to STEM Education in the U.S. and Enlightenment to China

Cai Su^{1,2}, Wang Peiwen²

(1.Beijing Advanced Innovation Center for Future Education, Beijing Normal University, Beijing 100875; 2.School of Educational Technology, Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract: In recent years, the United States attaches great importance to Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education. In process of promoting STEM education, the U.S. government builds an efficient inter-departmental model through cooperating with enterprises, Non-Profit Organizations and other organizations. This paper analyzes the type of social organizations, forms of support in STEM education in the U.S., as well as top-level design and localization of the government and social organizations. Finally, some suggestions are given to China's development of STEM education, such as opening up the provision of education, strengthening top-level design and cross-departmental cooperation, and taking full advantage of science and technology museums.

Keywords: STEM Education; Social Organizations; Non-Profit Organization

收稿日期: 2016年7月13日

责任编辑: 赵兴龙