

# 美国 STEM 学习生态系统的构建

◆赵中建 龙 玫

**摘 要** 美国致力于提升STEM教育已近30年,但由于局限于单一的学校教育,多年来成效不甚显著。构建融正规教育、非正规教育与课外教育于一体,跨部门合作的STEM学习生态系统便被提上议事日程。STEM学习生态系统对于发挥不同环境的优点,为学生提供个性化、多样化的STEM学习具有无可比拟的优势;同时,它还与当前美国教育改革的前沿理念相契合。美国各地STEM学习生态系统的构建各有特色,而橘郡STEM计划和底特律地区科学与工程预科项目则是其出色的典范,这给我国基础教育改革提供了可资借鉴的启示。

**关键词** STEM学习生态系统 跨部门合作 STEM教育 美国 基础教育改革

DOI:10.14121/j.cnki.1008-3855.2015.05.012

2014年2月10-11日,美国国家研究委员会下属的教师咨询委员会(the Teacher Advisory Council of the National Research Council),联合加利福尼亚州教师咨询委员会(the California Teacher Advisory Council, CalTAC)共同主办了以“STEM学习无处不在:鼓励学校并授权教师整合正规、非正规及校外教育,以提高学前至八年级教学为主题”的大会。<sup>[1]</sup> 作为一次专门探讨STEM教育的全国性会议,与会者着重探讨了“STEM学习生态系统”的概念,并号召举各方之力在全美范围内构建STEM生态系统。那么,何为STEM学习生态系统?为何要构建STEM学习生态系统?这需从美国STEM教育的现状及其遭遇的瓶颈谈起。

## 一、美国为何要构建STEM学习生态系统

随着科学技术在社会生活中的不断渗透和深化,STEM教育的重要性也愈益凸显。然而美国STEM教育的现状却不容乐观,主要表现为:(1)STEM学习成绩不理想。如在2012年PISA测试结果的国际比较中,OECD的数学平均分为494分,美国仅为481分;<sup>[2]</sup> OECD的科学平均分为501分,美国则为497分。(2)STEM学位获得者偏少。如美国的科学与工程学位

在大学第一学位中的比例仅为1/3,而这一比例在日本和中国却占了一半甚或更多。此外,亚洲和欧洲大学培养的科学家和工程师数量也远远超过美国。(3)普通学生的STEM知识与能力储备欠缺。许多高中毕业生并未具备足够的知识与能力去从事STEM职业,抑或作为普通员工或市民去理解与STEM相关的问题。(4)STEM从业者的群体来源较为单一。STEM学位获得者及从业者中白人男性占据了绝对优势,接受STEM教育与从事STEM职业的女性和少数族裔群体比例显著偏低。<sup>[3]</sup>

既然近30年来美国提升STEM教育的呼声从未中断,造成上述现象的原因何在?正规与非正规学习中心(Learning in Informal and Formal Environments, the LIFE Center)的一项调查表明,一方面美国学生每年的在校时间十分有限,仅占他们清醒的时间的18.5%;<sup>[4]</sup> 另一方面,历年来提升STEM教育的相关举措主要局限于正规教育体系之中,即将发挥作用的舞台限制在这18.5%的时间内。因此,通过单一的学校教育来促进学生的STEM学习,即便学校管理者和教师均竭尽全力,其成效也不甚明显,再加上缺乏相关的STEM教学支持系统,更令教师感到力不从心,出现上述局面也就在所难免。相反,若能适当地利

赵中建 龙 玫/华东师范大学课程与教学研究所 国际与比较教育研究所 (上海 200062)

用剩余81.5%的时间,带给学生与课堂教学相配套的活动和体验,则将为学前和基础教育阶段的学生进入当今科技世界做好更充分的准备。于是,许多教育者意识到,利用非正规教育环境来促进STEM学习大有潜力。

如何利用非正规教育环境开展STEM教育?这有待于构建一个融正规教育、非正规教育与课外教育于一体的跨部门合作的STEM学习系统。在这个“三位一体”STEM学习系统中,每个机构都会对STEM学习做出各自的贡献,然而如何才能使得它们协同发挥作用,而非简单地将各个部门拼凑在一起?换言之,这里需要创建的是一个校内外STEM学习交融的学习系统,而不是一系列互不协调的活动的叠加。因此,STEM学习系统应当是一个类似于生态系统的复杂有机整体,即STEM学习生态系统(STEM learning ecosystem)。该系统应当具有生态系统的多样性特征,而各地构建的STEM学习生态系统应符合当地特色、突出地方优势,而非简单地将适合某一地域文化、管理与特质的模型复制到其他各地。这样的学习生态系统能充分发挥各个机构的优势,将STEM教育中其他的小问题一并消弭于无形之中。

## 二、STEM学习生态系统的含义及其优势

整合的STEM学习系统为何被称为STEM学习生态系统,这需从生态系统的特征说起。一个完整的生态系统具有整体性、开放性、动态平衡性、自组织和可持续进化等特征。同一个生态系统,在不同时期也会呈现出不同的形态。

与此相类似,当前美国各地努力构建的STEM学习系统同样具有生态系统的上述特点。首先,它也是各种因子的复合体,与STEM学习相关的学校和社区环境全都囊括其中,如课后项目、暑期项目、科学中心、博物馆、在家及在各种环境中的非正规教育经历等,具有开放性。其次,它能够以共生的方式,利用上述所有环境的独特贡献来为所有学生提供横向与纵向相贯通的完整的STEM学习体验<sup>[9]</sup>,因而具有整体性。再者,因为它为每个学生提供长时期、个性化的学习机会,这无论对于学生个体还是系统整体而言,都将是一个动态的、可持续的进程。

STEM学习生态系统的目标在于,通过正规教育、非正规教育与课外教育的融合,真正达到“STEM学习

无处不在”的效果。特拉法根和特拉伊尔(Kathleen Traphagen and Saskia Traill)两位学者调查了15个STEM学习生态系统,发现这些系统虽然所处的发展阶段不同,但都具有三项共同特征:强有力的领导压阵,以合作的胸怀与实践领航;关怀所有合作方的利益;灵活且能随机应变。而且,这些学习系统都有着无限的发展潜力,具体包括如下各项潜在优势<sup>[9]</sup>。

1.让孩子理解前沿理念,并有意识地让这些理念逐渐在不同环境中得到拓展和深化。

2.通过各种活动和体验,培养孩子的科学实践知识与技能,孩子们在其中拥有犯错和从错误中学习的自由,而这原本就是科学熔炼与科学实验的一部分。

3.不仅将科学课程带入蕴含着丰富的STEM学习环境的生活中,例如博物馆展览、生物实验室、录音室、海军研究船只中,而且让孩子接触STEM专业人员,了解各种各样的STEM职业路径,从而逐渐激发、培养孩子对STEM学习的兴趣与热情。

4.确保孩子习得复杂的技能,包括在不同环境中体验STEM学习时,如何锻炼自己的能力、解决真实的问题、与成人和同伴交往,以及考验自己的领导能力与团队合作能力。

5.有意识地支持STEM领域历来弱势的群体,如女孩、少数族裔、家庭贫困的孩子,以形成多样化而又相互关联的STEM学习经验。

6.通过各种学习环境中持续的信息传达、指导与资源供给,增强家长及看护人员支持孩子学习的能力。

7.实行多样化、创新型评价方法,为年轻人提供各种机构认可并通用的证书、徽章、记录袋或其他能表明他们掌握了相关技能和知识的证据。

STEM学习生态系统的构建,对STEM学习的提升具有无可比拟的优势。对学习者的而言,可以整合不同机构的独特作用来为所有学生提供STEM学习,从而为学生提供就业和生活所需的技能;对教师而言,校际合作及学校与其他机构组织的合作能够帮助教师利用校外资源,为STEM教学提供有效支持。保障学生拥有大量丰富而便捷的STEM学习机会,尤其是个性化的学习机会,这将在很大程度上确保学生未来的STEM成就。一项关于数学天才学生的近期研究发现,“与同伴相比,拥有大量快捷、强化且个性化的

STEM学习机会的学生,后期取得的STEM成就更为显著。”<sup>[7]</sup>

STEM学习生态系统也有助于将财政及其他资源引向最亟需的地方,以缓解经济不平等带来的教育问题。研究发现,美国孩子到12岁时,比起富裕的同龄人来,贫困儿童的学习时间就已经少了6000小时,富裕家庭对孩子学习及相关活动的支出则已经多出9万美元。缺乏丰富的非正规学习环境的孩子,发掘其对STEM领域的兴趣以及发展STEM相关能力的机会也更少。<sup>[8]</sup>

建立STEM学习生态系统,还有助于落实美国制定的共同核心州际标准、新一代科学标准以及学前至12年级科学教育框架。这正如非正规科学教育促进中心(Center for Advancement of Informal Science Education, CAISE)在2010年的一份报告中断言,科学教育框架对科学素养的要求包括各种各样的概念理解、思维方式、出于个人用途和社会用途运用科学知识的能力,以及对科学与日常生活的关系的理解,没有一个部门能够独自达成这些要求。<sup>[9]</sup>而在STEM学习生态系统中,通过每个阶段的正规教育 and 非正规教育,年轻人的经验可以横向地连接起来,而通过逐步积累,日益深化和复杂化,经验之间又能形成纵向的连接。

以上所述优势,蕴含着美国构建STEM学习生态系统的原因。同时,调查显示,在全美、各州及各地区构建STEM学习生态系统并非幻景,实践并深化STEM学习生态系统理念的机会已经出现。首先,除已经建立的STEM学习生态系统外,各地的非正规教育及课外教育系统均有着扎实的基础设施,这为广泛构建STEM学习生态系统奠定了良好的硬件基础。其次,学生参与校外STEM学习的积极性很高。以每年参观科学博物馆和科学中心的人数为例,参与亲手操作STEM学习体验的人数就超过9000万。良好的基础设施和蓬勃的公众热情,为美国各地构建STEM学习生态系统提供了重要的先决条件。

### 三、美国构建STEM学习生态系统的策略

在当前美国的实践中,构建STEM学习生态系统的策略主要包括以下六个方面:<sup>[10]</sup>

1.利用STEM专业机构、学校、课外项目、暑期项目的资源和专长,培养所有机构中教育者的能力

无论何种教育机构,教育者的知识与技能都是影响STEM学习质量的关键要素。随着学校开始采用新的STEM相关学科课程标准,教师需要懂得如何将这些标准转化为教育实践并深化教学内容。校外机构的教育者也需要获得训练和支持,才能自主地开展STEM活动。这类培训措施能让教育者达到上述要求,并理解如何通过跨部门合作让所有参与方都取得更好的成效。而STEM专家组织则能同时为学校教师、课外机构的教育者以及这两类机构提供专业发展指导。

2.为各个机构的教育者提供合作工具和方法,促成长期规划与持久合作

要寻找有效的方式将学校与校外教育机构的课程、教学联系起来并非易事。已经有一些STEM学习生态系统为引导这些合作提供了合作工具与合作体系,从而能让教育者更有效地利用时间和资源。例如,橘郡STEM计划就为合作方提供了合作框架,包括需求评估模板、协议书样本、工作规划开发指南以及网页素材和支持等,便于各方开展合作。

3.逐渐将STEM校内学习与校外学习相融合

2011年,一项关于正规教育与非正规教育体验的研究指出,正规科学教育与非正规科学教育的目标有同有异。这些联合项目带来的启示是合作方应当理解彼此的目标,并在联合项目的设计与实施中兼顾各方的需求。尤为重要的是,双方实践者应就一切规划的议程,共同讨论各自的学习期望,明晰课堂学习的呈现顺序。<sup>[11]</sup>将日常的校内外STEM学习结合起来,既需要校外教育机构改变日程,与学校协作规划并一以贯之地坚持下去,同时学校也应欢迎非正规机构的教育者加入其领导团队,参与学校规划的制定。

4.为年轻人设定学习进阶目标,将STEM经验连接起来并逐步深化

一些项目能够随着年轻人的成长与发展,建构他们的校内外STEM经验,培养他们的知识与技能。他们不断地将这些STEM路径融会贯通,这就为新一代科学标准中提及的学习进阶的实现做好了准备,即“在若干年中,而不是几周或几个月中,拥有不间断的机会去学习深层次的理念并理解这些理念之间的内在关联。”<sup>[12]</sup>

5.课程与教学注重探究学习、项目学习及与真



实世界的联系,增强实用性

新一代科学标准指出:“在所有的探究式科学教学方法中,我们期望学生能自主地参与实践,而非仅仅做一个二手的学习者。学生不亲身体验这些实践,就无法理解科学实践,也不能充分理解科学知识本身的属性。”<sup>[13]</sup>良好的STEM学习生态系统,既整合了自主、亲手操作的STEM校内外学习,又不断向学生强调所参与的活动与他们的生活、周围世界以及未来职业的联系。

6.借助项目活动、沟通交流和公众意识,争取家庭和社区对STEM学习的理解与支持

家庭和社区也是STEM学习生态环境的重要组成部分。STEM学习过程较为枯燥,因而家人的支持尤为重要,家长同时也是长期以来造就STEM校外教育需求的中坚力量。然而让家长理解并支持STEM学习,却是现有的STEM生态系统中发展尚不成熟的领域。

特拉法根和特拉伊尔研究的15个STEM学习生态系统,目前均未能同时实现上述六个方面的内容,但它们的举措却有重合之处。例如,课外教育机构都为教师提供了协同工作、尝试并检验新方法的机会。对于行之有效的新方法,教师们之后就能带回正规课堂中去推广实施。跨部门合作还为不同的机构讨论同样的事情、建立信任提供了机会。以下的例子可以为此予以佐证。

橘郡STEM计划(the Orange County STEM Initiative, OC STEM)<sup>[14]</sup>在为教育者提供工具和方法、融合校内外学习、争取家庭和社区的理解与支持等方面,堪称一个范例。该计划始自2012年,代表了从幼儿园到12年级的学校、课后教育机构与科学机构三个STEM教学圈子的地方性整合,参与者包括学生、家长、教师、企业、资助者(从萨穆埃利基金会到波音公司),重要的实施合作方包括探索科学中心、圣安娜的一所科学院(当地规模最大的非营利性教育资源)、橘郡教育局、一起思考(提供课后教育的非营利性机构),以及泰格·伍兹基金会。项目开展过程中,合作各方带来各自的资源和技术,互为补充。例如探索科学中心在5.9万平方米的博物馆中办有120多个互动展览,同时还通过延伸项目和实地考察项目长期服务于拓展社区的科学教育。而对于缺乏扎实的STEM专业技能教师的学校,探索科学中

心还提供一系列的动手操作、探究式教学活动。博物馆还为准备实施这些项目的一线教师提供资源、课程及专业培训。探索科学中心的员工也会深入课堂进行观察,协助教师顺利地开展这些活动。橘郡计划至今运营点已超过200个,每年吸收参与各种校内、校外以及虚拟的学习活动的学生达10000余名。

底特律地区科学与工程预科项目(The Detroit Area Pre-College Science and Engineering Program)<sup>[15]</sup>则为给年轻人设立学习进阶、增强课程与教学的实用性提供了榜样。该项目每年通过校内外课程,为4000多名自学龄前至12年级的学生提供科学、技术、工程、数学和医学方面的亲手操作机会。项目在密西根州东南部开展,主要集中在底特律地区,该非政府组织拥有38年的培养与激励少数民族子女寻求STEM职业的经验。通过提供高质量的化学与机械工程、计算机科学、纳米技术、可再生能源方面的课程,该项目满足了当地的适切需求。

#### 四、美国构建STEM学习生态系统的启示

美国早已认识到STEM教育对推动经济增长、驱动创新的重要性,然而专注于在正规学校中倡导STEM教育多年来却收效甚微,于是转而挖掘非正规教育及课外教育的潜力,并提出在全美构建“三位一体”的STEM生态学习系统。从中我们可以获得如下启示:

1.作为系统工程的教育改革,仍需重心和着力点

教育改革是一项系统工程,涉及政策颁布、资金拨付到课程标准修订、教材编写、教师培训以及考试评价制度的改革等诸多环节,缺一不可。因此,教育改革要获得成功,无论从国家、地区还是学校层面而言,均离不开多部门合作。美国当前诸多教育改革都在倡导多部门合作,而STEM生态学习系统的建立与该理念不谋而合,这在一定程度上表明多方合作已逐步成为教育改革的一种趋势。

每一阶段的教育改革,不可能面面俱到,必然有其改革重心和着力点。对美国而言,发展STEM教育,既是国家未来振兴的关键,也是当前教育中性别、种族、贫富差距及师资匮乏等各种问题的交汇之处,因而若能成功构建卓有成效的STEM学习生态系统,则将为美国当前的整体教育改革注入新的活力。基础

教育资源的不均衡,也是长期以来困扰我国的一个突出问题,由此带来了城市里的“择校热”,家长从排队缴纳费用到拼尽全力购买学区房,只为给孩子争取稀缺的优质教育资源,而另一个极端,则是曾受到忽视的流动儿童与留守儿童的教育,那些曾在夹缝中生存的打工子弟学校以及现在乡村逐渐增多的学生托管服务均是例证。如何不让现有的教育差距扩大,甚至缩小差距,这是我国当前基础教育改革的重心,我们需寻找问题的关键症结,并以此为着力点,解开改革之难题。近年来各地纷纷出台流动人口子女就近入学规定,中央政府三部委近期发布的《关于推进县(区)域内义务教育学校校长教师交流轮岗的意见》<sup>[16]</sup>均是旨在促进基础教育均衡的重要举措。

## 2. 学习是一个有机整体,但学校教育有其边界

纵观美国构建STEM学习生态系统的路径与策略,“整合”乃是其核心与灵魂,一切策略、措施都是围绕着“如何更好地整合STEM学习资源”而展开的。这源自一个理念:学习是一个有机整体,而非若干割裂的部分,学校教育的局限性,可以通过校外教育来弥补。长期以来,我们基础教育阶段的科学、数学及其他学科的教学,多以每门学科各自为阵的方式展开,学科之间缺乏融会贯通。而学校教育与课外机构之间更是缺少衔接。借鉴美国构建STEM学习生态系统的理念,学科间的整合以及校内外资源的整合利用或许可成为我国基础教育改革借鉴的框架。在学科整合方面,自1999年开始的文科综合课程、理科综合课程的改革试点,到国务院颁布的《关于深化考试招生制度改革的实施意见》中提出不分文理科的高考招生改革尝试,我们已迈出重大的步伐。而在校内外资源的整合上,尤其还需深入挖掘校外资源的潜力,构建学校教育的支持平台。我国的中小学能与高校合作的尚且不多,能与校外培训机构、公共机构、企业等合作则更属难能可贵。然而要提高学生的动手能力、培养他们的创新能力,却离不开这些校外机构的支持。

同时,美国还在STEM学习生态系统的构建中未雨绸缪,强调要明确各部门在其中的责任,让学校教育、校外教育和非正规教育各司其职。为此,我们在强调资源整合的过程中,也应当明晰学校教育的边界,辨明哪些不是学校教育应承担的责任。只有明晰

学校教育的边界,才能理性地看待学校教育的作用,也才能合理地发挥校外教育的优势。

## 3. 教育改革应为教师发展提供平台,强化理论与实践的衔接

教育改革成功的关键在于教师,通过培训提高教师素质、转变教师观念,便是首要任务。美国STEM生态学习系统的构建,首先提及的便是对各教育机构中教育工作者加以培训,让他们掌握合作的工具和技能。我国当前的基础教育课程改革,已经成功地进行新课程理念的教师培训。然而会讲理论术语并不等同于能将教育理论应用到教学实践中去。

将教育的理念转化为教师行动的过程,其实质就是教育理论与实践的衔接和转化过程。当前我国的现实是,拥有大量专注于一线教学的教师,也有不少从事教育理论研究的专家,但既懂得教育理论又理解教育实践的却为数不多。因此,要充分发挥“学习生态系统”的自组织作用,整合各种公共机构乃至私人企业的教育资源,为教师提供更广阔的教学支持平台和专业发展空间。教师视野的拓展,将会为学生带来更丰沛的养料,也会为新的理论的孕育提供土壤。

## 4. 让兴趣引领学生,在个性化学习中成长

美国学者发现其学生在校学习时间尚不足清醒时间的1/5,因而呼吁整合课外教育机构利用课余时间强化青少年的学习,其实质是“增负”。我国政府规定必须减负,学校和教师只得另行补课,家长则给孩子报更多的辅导班、强化班,结果是学习负担越减越重。家长“望子成龙”心切,教师要以学生的分数、升学率作为绩效考核的依据。亚裔各族对子女教育的重视程度足以令西方人惊诧;而对儿童与生俱来的好奇心与兴趣的保护和培养,则是美国教育中的一方净土。美国人素来尊重儿童的兴趣、较少强迫孩子学习,才会有教育负担过轻之嫌,但我们过早地加重学习负担,若以扼杀学习兴趣为代价,却是得不偿失的做法。

美国的STEM教育似乎为我们提供了一个答案,即以激发学生的学习兴趣为目标。当前STEM学习生态系统的构建也不例外,从学校授课到科技馆的展览与动手操作、与专业人士的接触、实地考察,无不渗透着一个共同的目标:培养学生对STEM学习的兴趣。我们的教育如果以培养儿童对学习的兴趣为目

标,学习将会成为他们自觉自愿的行为,而不再是负担。然而,每个儿童的兴趣点、学习方式又是各有差异的,那又该如何应对这种差异?以STEM学习生态系统的构建为例,整合多种资源的目的,并不在于为学生提供一种标准化的学习模式,而在于为他们提供一种个性化学习的空间。个性的彰显源自拥有自主选择的权利,而自主选择的前提在于拥有丰富、多

样化的资源。若能充分地利用各种机构和专业人士等社会资源为学生服务,我们的学生也将拥有更大的自主选择权,从而得以展开个性化的学习。教育公平的实现,并非要为学生所有学生提供模式化的学习资源和教学方式,而是要让他们获取符合自己个性与特质的学习资源,采用适合的学习方式,充分发展自己的才能。  
(责任编辑 翁伟斌)

#### 参考文献

- [1][3][5]Steve Olson, Jay Labov. STEM Learning is Everywhere: Summary of a Convocation on Building Learning Systems[EB/OL].the National Academies Press, Washington, D.C.[http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=18818](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18818), p.2-3; p.3; p.42; p.4;p.49-55.
- [2]OECD.PISA 2012 Results in Focus[EB/OL].<http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf>.
- [4]The LIFE Center. Learning in and out of school in diverse environment[EB/OL].[http://www.life-slc.org/docs/Banks\\_et al-LIFE-Diversity-Report.pdf](http://www.life-slc.org/docs/Banks_et al-LIFE-Diversity-Report.pdf),p.9.
- [6][10]Kathleen TraphagenandSaskiaTraill. How Cross-Sector Collaborations are Advancing STEM Learning[EB/OL].<http://www.samueli.org/stemconference/documents/STEM%20Learning%20Ecosystems.pdf>,p.13-17;p.18-27;p.28-29.
- [7][9]Bevan, B. (2011).Strong Pre-College Experiences Linked to Later Notable Achievements in STEM: An ISE Research Brief Discussing Wai et al.'s, "Accomplishment in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) and its Relation to STEM Educational Dosage[EB/OL].<http://www.relatingsresearchtoppractice.org/article/178>.
- [8]The 6,000-Hour Learning GAP.The After-School Corporation. [www.exandedschools.org](http://www.exandedschools.org); Friedman, L.N. Education Week, December 11, 2013. How a Learning Gap Grows[EB/OL].<http://www.edweek.org/ew/articles/2013/12/11/14friedman.h33.html>
- [11]Voss, A.S.(2011).Cross-contextual Learning: Redesigning the Interactions of Informal and Formal Contexts for Conceptual Change[M]. Capstone: Peabody College, Vanderbilt University, p.17-18.
- [12]Next Generation Science Standards, Appendix A Conceptual Shifts in NGSS, p.3. April 2013[EB/OL].<http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Appendix%20A%20-%204.11.13%20Conceptual%20Shifts%20in%20the%20Next%20Generation%20Science%20Standards.pdf>.
- [13]Next Generation Science Standards, Front Matter, p.2. April 2013 [EB/OL].[http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Final%20Release%20NGSS%20Front%20Matter%20-%206.17.13%20Update\\_0.pdf](http://www.nextgenscience.org/sites/ngss/files/Final%20Release%20NGSS%20Front%20Matter%20-%206.17.13%20Update_0.pdf).
- [14]Oc Stem Connector[EB/OL].<http://www.ocstem.org/>
- [15]Real Mcloy Awards[EB/OL].<http://www.dapcep.org/>
- [16]教育部,财政部,人力资源和社会保障部. 关于推进县(区)域内义务教育学校校长教师交流轮岗的意见[EB/OL].<http://www.moe.edu.cn/publicfiles/business/htmlfiles/moe/s7143/201409/174493.html>.

### The Building of STEM Learning Ecosystem in the USA

Zhao Zhongjian & Long Mei

(The Institute of International and Comparative Education, East China Normal University, Shanghai 200062)

**Abstract:** The United States of America has been working on improving STEM education for nearly 30 years, however, due to their putting efforts exclusively on formal education, little development has been made. Therefore, construction of the STEM learning ecosystem is now on the agenda, which includes formal, informal and after-school programs with cross-department cooperation. It has great potential on making full use of the advantages of different learning backgrounds and providing students with individualized and diversified STEM learning experiences. Meanwhile, it's also in accordance with the frontier of American education reform. There are six major strategies for the construction of STEM learning ecosystems based on local advantages, and both the Orange County STEM Initiative and the Detroit Area Pre-College Science and Engineering Program are excellent examples of them. The construction of STEM learning ecosystem enlightens the basic education reform in China as well.

**Key words:** STEM learning ecosystem, cross-sector collaboration, STEM education, USA, basic education reform