

# STEM教育的国策分析与实践模式

祝智庭<sup>1</sup>, 雷云鹤<sup>2</sup>

(1.华东师范大学开放教育学院, 上海 200062;

2.上海市普陀区现代教育技术中心, 上海 200333)

**[摘要]**近年来,由于科学技术的发展,STEM教育受到世界各国的普遍关注和追捧。美国开展STEM教育已逾30年。本文对实用主义哲学背景下的美国STEM教育溯因探源,从国家教育理念与政策取向、实施方略、课程建设、教学探索和STEM生态发展等视角归纳分析国际上STEM教育的主要实践模式,并提出针对中国STEM教育发展的四层架构、整合机制、学科建设方法论、能力建设和学习生态系统发展等方面建议。

**[关键词]**STEM教育; 国策分析; 实践模式; 实用主义; 创造能力

**[中图分类号]** G434 **[文献标志码]** A

**[作者简介]**祝智庭(1949—),男,浙江衢州人。教授,主要从事教育信息化理论、系统架构与技术标准、网络远程教育、智慧教育理论与实践模式、教学系统设计、面向信息化的教师专业发展、技术使能的教学创新与教育文化变革等方面的研究。E-mail: ztzu@dec.ecnu.edu.cn。

## 一、STEM教育的政策分析:溯因探源

从国策层面强烈关注STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)的现象发端于美国,并历经三十余年发展到现在,这主要根源于深入美国的实用主义思维,即美国认为实施STEM教育能够从一定程度上解决其所面临的国家安全和经济安全问题,保持领先的国际地位。

### (一)基于实用主义哲学的教育国策

实用主义哲学(实用主义的英文是Pragmatism,原意是“行动”)产生于19世纪70年代,是美国的一种主流思潮,主要代表人物有开创者查尔斯·皮尔斯(Charles Sanders Peirce)、集大成者杜威(John Dewey)等。<sup>[1]</sup>实用主义注重行动和效用,已渗透到美国人的思维中,对法律、政治、教育和艺术等领域产生了广泛而深刻的影响。例如美国建国初的《独立宣言》和《宪法》,均是修修改改,照顾各方利益相互妥协的结果,就是实用主义哲学思维的一种体现。在美国多元竞争的文化传统中,尤其是在进步时代(Progressive Era)

以后,人们更加注重社会的公平性,也更为理性,往往本着实用主义的原则开展连续性、合作性和尝试性的变革,注重事物和行为的实际作用和效果,达到解决问题的目的。

著名教育家杜威将实用主义哲学与美国教育实际相结合,建立了实用主义教育思想和理论。他认为,经验是有机体和环境相互作用的结果。杜威认为“一切学习来自经验”,提出了儿童中心主义,认为教育即生活,教育即生长,教育即经验改造。他指出,人的知识与行为应该是合一的,反对单纯地以知识为中心的教育,鼓励儿童通过探究活动获得知识和经验。杜威的实用主义教育思想和方法论,尤其是《民主主义与教育》对美国教育界的影响非常大,使美国教育从以赫尔巴特主义为主导转向以杜威主义为主导的新阶段。

美国的STEM教育政策从历史发展看,是根源于军事与经济安全的国家目标。其目标除了整合科学、技术、工程、数学外,还包括培育博识的民主公民与高素质的公民。美国把STEM摆在重要位置,首先因为STEM教育攸关国家安全。《美国教育改革和国家安

全》报告<sup>[2]</sup>认为,美国教育失败对国家安全造成五大威胁,损害了美国经济增长与竞争力、美国人的身家安全、美国知识资产储备、美国的全球意识、美国的团结与凝聚力;报告提出了为安全服务的四项技能:科学期望、技术期望、外语期望、超越核心素质的创造思维;最终提出三条核心建议,在攸关国家安全的学科必须实现教育预期目标,做结构性变革来为学生提供更好的选择,启动《国家安全就绪审计法》,确保学校与政策制定者为结果负责并提升公众意识。在国际数学与科学评测趋势(TIMSS,四年一次)中,美国的排名落后于很多国家。这更加引起了美国对于数学和科学教育的关注<sup>[3]</sup>。此外,STEM教育对社会经济发展和国家竞争力是至关重要的。美国商务部报告(2010)<sup>[4]</sup>指出:社会对STEM人才的需求越来越大,STEM工作的薪资水平更高,STEM人才对国家竞争力、经济增长和总体生活水平有特别大的影响,STEM工作是适应未来的,对国家的技术创新和全球竞争至关重要。实际上,STEM素养现在已经成为许多领域的核心素养,而且在大多数教育层次上,STEM受教育者的薪酬超过未接受STEM教育的学生。<sup>[5]</sup>

## (二)保持国际领先地位的人才理念

美国促进科学协会(AAAS)联合美国科学院、联邦教育部等12个机构,于1985年启动了一项面向21世纪、致力于科学知识普及的中小学课程改革工程——“2061计划”<sup>[6]</sup>(1985年恰逢哈雷彗星飞经地球附近,那时入学的孩子还可能看到哈雷彗星2061年再次归来),其目的是帮助美国人了解科学、数学和技术,让美国当今的儿童——下世纪的主人能适应2061年时科学技术和社会生活的急剧变化。“2061计划”项目的中文介绍资料参见网站<http://2061.cast.org.cn/n11115958/index.html>它代表着美国基础教育课程和教学改革趋势,体现着美国教育界对于中小学生科学素养、数学知识和技术能力的关注。

自20世纪80年代以来,美国制定发布(实行)了近二十项与STEM教育相关(包含全部相关和部分相关)的政府报告及政策(如表1),对STEM教育的关注度越来越大。STEM最早是由《本科的科学、数学和工程教育》(Undergraduate Science, Mathematics and Engineering Education)于1986年提出,该报告针对大学本科教育中存在的问题,提出了要重视科学、数学和工程教育,为国家的发展做好准备。<sup>[7]</sup>该报告被普遍视为美国STEM教育的开端。随后的历任政府(布什、奥巴马、特朗普等)都对STEM教育非常重视。2006年1月31日,美国总统布什发布《美国竞争力计划》,

提出培养具有STEM素养的人才才是全球竞争力的关键。此后,STEM教育逐步受到重视。2011年美国总统奥巴马推出新版的《美国创新战略》,开展“创新教育运动”,加强STEM教育,动员全国力量支持所有的美国学生发展高水平的STEM知识和技能。美国总统奥巴马对于STEM教育的呼吁,进一步引起了美国以及世界各地对STEM教育的广泛关注。特朗普于2017年9月25日签署《总统备忘录》,宣布每年至少投资2亿美元用于STEM教育项目<sup>[8]</sup>,提供高质量的STEM和计算机科学及编程课程,培养儿童的STEM知识和技能,以获得高薪工作。

表1 美国STEM教育政府报告/政策

时间	报告
1983	《教育美国人为21世纪做好准备》
1985	Project2061项目
1986.3	《本科的科学、数学和工程教育》
1989	Project 2061 全美科学素养标准
1996	《塑造未来:透视科学、数学、工程和技术的本科教育》
2006.1.31	《美国竞争力计划》
2007.10.30	《国家行动计划:应对美国科学、技术、工程和数学教育系统的紧急需要》
2007	《美国创造机会以有意义地促进技术、教育和科学之卓越法》(美国竞争法)
2009.1.11	《改善所有美国学生的科学、技术、工程和数学教育》
2010.9.16	“变革方程”教育计划
2011	新版的《美国创新战略》
2011	《成功的K-12阶段STEM教育:确认科学、技术和数学的有效途径》
2013.5	《STEM教育五年战略规划》
2015.12.10	《每一个学生都成功法(ESSA)》
2016.9.14	《STEM 2026:STEM教育创新愿景》
2017	《美国竞争力计划》
2017.9.25	总统备忘录(STEM教育项目资助2亿美元/年)

## 二、STEM教育的实践模式:国际观察

美国关注STEM教育已逾30年,尤其是近年来积极开展STEM教育,这也让世界各国有识之士增强了STEM教育对于未来国家竞争力影响的认识,并在国策层面有所行动,例如,英国、德国、日本、澳大利亚、芬兰等国家在近几年内也开始关注STEM<sup>[9]</sup>,并进行了政策部署和研究项目的实施。英国为了解决STEM技能短缺问题,2002年提出了《为了成功的科

学工程技术》(SET for Success),2017年发布的《工业发展战略绿皮书》再次强调 STEM 教育的重要性,国家科学学习网络还专门开展 STEM 专业教师发展的网络。德国为应对高质量 MINT(Mathematic Informatik Naturwissenschaft Technik) 劳动力缺乏的状况,2008年提出了《德累斯顿决议》,将 MINT 教育列为教育发展的重要目标,2012年举办了“国家 MINT”论坛,发布了《MINT 展望——MINT 事业于推广指南》。日本未曾在正式的政府文件中提出 STEM 一词,而是以一种局部的、潜在的方式实施,在小学阶段侧重 STEM 研究人才的培养,增加学生对 STEM 相关学科的兴趣和热情,高中阶段实施 STEM 精英教育。澳大利亚为了改进学校的科学、数学和信息技术教学与学习,2015年12月发布了《STEM 学校教育国家战略 2016-2026》,2016年起在“国家创新与科学进程”中实施“小小科学家计划”与“让我们学会计算培训计划”,以确保澳大利亚儿童具备未来就业所需的数学与科学技能,培养未来的科学家与数学家。芬兰发起了以 LUMA 数学和科学教育发展项目为代表的全国性 STEM 教育促进项目,设立了 LUMA 国家中心,以“专业共享”为原则,在校外针对 3~19 岁的儿童和青少年量身打造 STEM 学习和教育活动,促进 STEM 教育研究和教师发展。

从国际总体发展视角看,当前 STEM 教育研究和实践仍然以美国为主,其他国家大多处于起步阶段。国际上的 STEM 教育实践表现为五个特征(如图 1 所示),从国家教育理念层面看,体现出“能力为本”的特点;从实施策略方法看,体现出“整合为要”的特征;从实践应用层面上,主要以“项目引领”为抓手;从课堂教学探索中,具有“继承创新”的特色;从 STEM 生态发展的视角看,表现出“多方合力”的共同努力。

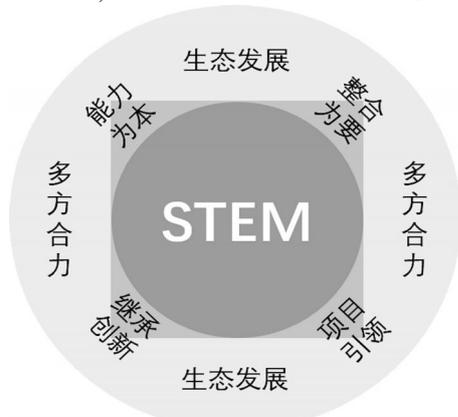


图 1 国际 STEM 教育实践特征模型

### (一)国家教育理念:能力为本

STEM 教育表现出“能力为本”的特征,即在跨学

科的基础上,培养学生的问题解决能力、自主创新能力、深度学习能力和适应未来能力。<sup>[10]</sup>这类似于能力本位教育(Competency Based Education,简称 CBE,产生于二战后)的核心理念,即从职业岗位需求出发确定能力目标。美国对保持国际竞争力人才的关注,英国为解决 STEM 技能短缺问题,德国解决 MINT 劳动力缺乏状况,澳大利亚面向未来就业的 STEM 教育行动,中国对劳动者创新能力的迫切需求等,都是对以能力为本的 STEM 教育行动的有力阐释。

美国 STEM 教育国家研究院,简称 NISE(The National Institute for STEM Education),为实施 STEM 教育的教师、学校和地区颁发证书。应用一个能力本位的、学术性引领的在线学习平台,通过对三大领域(创造学习环境、建立科学理解、让学生参与到科学与工程实践中),共 15 种(对 STEM 学习必要的)教师行为的熟练程度进行论证,用以认证教师 STEM 教育专业技能。<sup>[11]</sup>美国新课标 CCSS(全称 Common Core State Standards,制定了清晰连贯的学习目标,阐明学生在 K-12 阶段的每个年级层次中应该学会的数学、英语、社会历史、科学技术等知识与技能,帮助学生为当今全球经济环境下的大学、职业和生活做好准备。目前,美国已有四十二个州采用该标准)<sup>[12]</sup>与美国下一代科学标准 NGSS(全称 The Next Generation Science Standards,是基于 K-12 科学教育框架的,主要有三个维度:学科核心概念、科学与工程实践、跨学科知识,强调不同学科的整合)<sup>[13]</sup>相互呼应,均体现出对“能力为本”的特别重视和密切关注。

### (二)实施策略方法:整合为要

当前国内外的主流教育体系中,科学、技术、工程和数学四门学科在 K-12 学校教育中通常作为分科课程进行教学。实际上,这四门学科紧密相关,因此很容易作为跨学科的综合课程来对待。例如,Thornburg 空间探索中心(<http://www.tcse-k12.org/>)为中学生提供了对四门学科进行无缝整合的 STEM 教育项目。从 STEM 教育发展的视角考虑,四门学科从内在关系上的深度无缝整合尤为重要。STEM 教育课程也将以一种跨学科的、整合型的新型课程的形式存在。

STEM 教育涉及科学、技术、工程和数学四门学科,从相互关系看,四者具有内在关联性。David D. Thornburg 研究<sup>[14]</sup>认为(如图 2 所示),科学是研究“发现的世界”,而工程关乎“造物的世界”。科学包含科学方法(提出假设并进行验证的过程,这是在多个年级水平中教会学生的),工程包含更灵活的创造和革新方法(这些在工程领域是必需的,但难以量化和教

授)。我们还需认识到的是,工程师同时需要应用科学方法,科学家也常从创造性见解中获益。也就是说,科学与工程相互联系,科学得益于工程,工程应用科学方法。而且,两者与技术及数学的关系是动态的、紧密联系的,并且随着时间的推移不断变化。数学技能对科学家和工程师来说是必要的,科学和工程的进步能够促进新的数学方法的发展。(例如,牛顿对物理学和微积分的贡献是紧密联系的。微积分提供了运算框架,运动定律得以计算和应用)。与技术的关系也是相似的。例如,哈勃太空望远镜(HST)技术已极大地促进我们对于宇宙的科学理解。HST是建立在科学基础上的巨大的工程努力的结果,它所提供的新认知不仅促进科学发展,也影响着更新、更强大的望远镜工程。

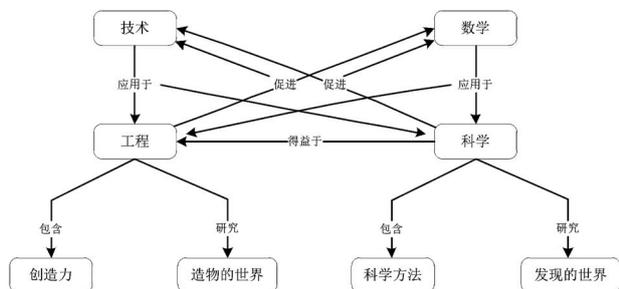


图2 STEM各要素关系图(David D. Thornburg)

此外,STEM教育之所以要融合工程设计过程,是源于工程设计的特点:工程师及相关专业人员在为真实世界构建创新解决方案时必须具有果决思维;工程设计过程(EDP)为解决创新性的复杂问题提供了组织性的方法。

追根溯源,STEM教育的整合性思维带有“巴斯德”科研范式的色彩,美国科学学家Stokes倡导的巴斯德科研范式将实用主义哲学推到极致,几乎消弥了基础研究、开发研究、应用研究的界限。<sup>[15]</sup>

David D. Thornburg的研究显示,STEM教育的整合可能面临的现实难题有:K-12教师极少获得工程学位,因而对工程没有深刻理解,不能很好地激发学生对工程方法的兴趣;在K-12阶段所学习的初等数学中,学生还不能体会到数学与其他三门学科的密切关系(科学、工程和技术),也不够重视数学学科,薄弱的中学数学基础又导致他们在K-12以后的大学阶段不能学习这些学科(科学、工程和技术),因而导致人才缺乏;技术不仅指(像人们通常所认为的)计算机技术,还包括应用于科学和工程领域的其他各种设备和工具;四门学科之间的内在联系在教学中通常被当作补充材料,而非核心问题。

### (三) 实践应用层面:项目引领

美国的STEM教育不仅从国家政策上做好保障,

更重要的是在全国和区域范围支持开展了多个STEM教育项目,如美国STEM生态系统行动计划、项目领路PLTW、区域推进STEM教育方案等。

美国STEM生态系统行动计划是由STEM资助网络(STEM Funders Network)支持的,组建了一个全国实践社区(由来自全国的地方、区域和国家STEM生态系统组成),有专家指导,也有相关领导、科学家和行业的支 持,包含K-16学校、社区环境(课外项目和暑期项目)、高等教育机构、STEM专门机构(如科学中心、博物馆、企业、非营利组织和专业协会)、商业、投资人以及国内和各种环境中的非正式体验。该行动计划旨在通过跨部门(Cross Sector)的STEM教学,增加学生的STEM参与度,完善知识,增强毅力,培养对STEM课程的认同和归属感。通过STEM学习,学生能够将他们在课内外所学会的和真实世界中的学习机会相联系,更容易寻找到STEM相关的职业和机会。<sup>[16]</sup>

项目领路PLTW(全称为Project Lead The Way)是一个为美国小学、初中和高中开发STEM课程的非营利组织。该项目提供具有创新性的模块化课程内容(如初中的技术之门,高中的工程之路和生物医学科学,小学的初等工程课),鼓励学生参与基于活动的、基于项目的、基于问题解决的学习,注重培养学生的批判思维、协作意识、创造能力、创新精神和问题解决能力,开展实践导向的教师培训促进教师专业发展,以及多利益主体联合的课程资源支持,促进了其在美国中小学课堂的广泛应用。<sup>[17]</sup>PLTW是美国优选的STEM教育实践模式,其课程已经在美国50个州和哥伦比亚特区的4200多所学校开设,有40多万名学生修学了该类课程,<sup>[18]</sup>是最大的STEM教育项目提供者。纽约州、印第安纳州、爱荷华州、南卡罗来纳州等都提供了资金支持PLTW的未来发展。

区域推进STEM教育方案。印第安纳州教育部门在STEM实施中关注领导力与师资发展。制定了小学和初中的STEM实施的几种方案,全面实施(Full Implementation)、部分实施(Partial Implementation)和最少实施(Minimal Implementation)、补充实施(Supplemental Implementation)和合作伙伴(Collaborative Partnerships),规定了在不同的STEM实施方案中,从基础设施、教学、课程、扩展学习等不同维度需要采取的行动项(Action Items)和评价测度(Metric)。<sup>[19]</sup>STEM课程计划区域案例的另一个代表是Cobb Science项目。美国佐治亚州科布县学区(Cobb County School District,美国最大的学区之一,共有7103名教师)的Cobb Science(也称STEM Labs实验

室,提供K-5年级的全套STEM课程计划和资源,http://www.cobbsciencelabs.com),帮助教师为学生提供高质量的科学学习体验。我国2017年2月发布的《小学科学课程标准》与其有相似之处。

在积极实施多个STEM教育项目的背景下,美国各州的学校都积极开展STEM教育实践。STEM School<sup>[20]</sup>汇总了美国各州开展STEM教育的学校情况,制作成地图形式的STEM学校索引目录,覆盖小学、初中和高中学校。此外,该项目还经常提供STEM教育的研究实践和各种观点,如通过视频游戏激发学生对STEM课程的兴趣,应用STEM知识技能解决自然灾害相关问题,应用STEM知识技能改善生活等,以此带动和引领美国更多中小学校开展STEM教育实践。

#### (四)课堂教学探索:继承创新

STEM教育具有跨学科、整合性的显著特征,这要求教师继承已有的教学成果和经验,如探究式教学、项目式学习、5E教学模式、多元智能理论等,在此基础上完成创新式的整合,从而开展有效的STEM课堂教学,培养学生的科学素养、数学知识、工程思维和技术能力。这种课程整合不局限于科学、数学、工程和技术,还可包含艺术、历史、人文等不同领域的思维。

凸显设计思维的6D-STEM模型。澳大利亚的卡尔罗西设计了一种基于“解法流畅性”的6D-STEM模型。6D模式是Solution Fluency研发的一种探究模式,即定义(Define)、探究(Discover)、假设(Dream)、设计(Design)、交付(Deliver)、汇报(Debrief)。澳大利亚新威尔士塔姆沃斯的卡尔罗西(Tamworth's Calrossy Anglican School in New South Wales)的Amber是一个信息技术整合者,她设计了有趣的STEM项目日志工具,即应用解法流畅(Solution Fluency)的6D STEM模型。这种凸显设计思维的改良版6D模型,使STEM设计过程有趣又简单。

优秀STEM课程的六大特征。Anne Jolly在总结诸多实践案例的基础上提炼出优秀STEM课程的六大特征,即聚焦于真实世界中的问题,以工程设计过程为导向,将学生的动手探索与开放式探究相融合,学生参与到富有成效的团队工作中,应用学生正在学习的严格的数学和科学内容,允许多个正确答案并将失败再试作为学习的必要部分。<sup>[21]</sup>从中可以看出,STEM课程着力于培养学生将所学知识应用于实际问题解决的能力、团队合作能力以及工程思维和科学探究精神。

从STEM教育变革协同论视角看,技术对教育有替代、强化、调整和重构作用。协整(SYNERGY)教育机构通过多种元素和模型的整合绘制了一份STEM

教育变革综合视图<sup>[22]</sup>,具体整合STEM、基于项目/问题的学习、5E教学等理论,并以SAMR和TRACK模型为理念,开展综合性教育变革。将SAME模型、Webb's DOK(知识深度模型)、布鲁姆的目标分类理论、3-to-1课堂立交道(Classroom Crosswalk)进行了对应分析,为教育变革提供了更清晰明确的思路。

从iSTEM教学模式创新视角看,整合了5E教学模式、NGSS标准、科学探究等领域的教育理念和办法。NGSS推荐应用的5E教学模型(源于BSCS在20世纪80年代的“科学和健康课程项目”)是在适用于科学探究的Atkin-Karplus学习环模式基础上构建的<sup>[23]</sup>,基于建构主义理论和概念转变理论的教学模型,包括吸引(Engage)、探究(Explore)、解释(Explain)、展开(Elaborate)、评价(Evaluate)五个环节。5E教学理论认为若要有效地进行科学教学,并构建科学概念,不仅要让学生进行探究,更重要的是要创设有利于学生显露先前概念的情境,以利于探究的进行。<sup>[24]</sup>

探究式学习模式与STEM教育。探究式学习方法主要有:问题化学习,小组合作解决本真性劣构问题;项目化学习,用以前获得的知识解决具体问题;案例化学习,研习专业实践中可能遭遇的历史性或假设性事例;发现式学习,学生很少依赖教师,通过独立钻研解决问题。Nicholas Massa和Judith Donnelly(2009)<sup>[25]</sup>在Photo PBL Project项目报告中认为,问题化学习可作为STEM教育的一种实践模式。

多元智能与STEM课程相结合。Darci J. Harland<sup>[26]</sup>将加德纳的多元智能理论应用到STEM教育课程中。在课程教学设计中,充分考虑不同学生的学习偏好和学习风格特征,尽量采取多样化的教学手段和方法(如运用图片、音视频、身体动作、Think-Pair-Share合作模式等开展教学,让学生通过博客、数字故事、口头讲解、设计游戏、创作主题歌曲、主持在线讨论等方式展示学习成果),帮助学生发现STEM教育的价值,体验STEM领域的乐趣。

从STEM到STEAM的跨界整合。佛罗里达大学研究<sup>[27]</sup>认为,在STEM教育中增加艺术教育更有助于学生能力的发展,尤其是在创造变革能力、批判性思维和问题解决能力、交流合作能力、灵活适应能力、社交和跨文化能力等方面。他们认为,艺术教育有助于学生的全面发展,学习艺术的学生获得学术成就的比例更高,获得大学入学资格的比例更高,学艺术时间更久的学生在数学、SAT等测试中获得的分数更高。

#### (五)STEM生态发展:多方合力

STEM学习生态系统行动计划明确提出:STEM

教育需要所有人联合起来共同努力。这就需要 K-12 学校开展课内 STEM 课程,课外 STEM 教育项目提供高质量的强调真实世界应用的 STEM 学习机会,高等教育机构为社区提供 STEM 项目、资源和培训,企业提供专家和慈善支持、并在地方产业中使用 STEM,富含 STEM 资源的机构激发人们对 STEM 的兴趣,并提供 STEM 课程,家庭帮助激发孩子对 STEM 的兴趣和理解以支持 STEM 的成功。<sup>[28]</sup>

课内 STEM 课程是实施 STEM 教育的关键,教学效果与 STEM 教育成果直接相关。课内 STEM 课程的设计需要综合考虑知识系统性、学习趣味性、情境真实性等方面的特征。我国学者余胜泉教授等将 STEM 教育与跨学科理念相结合,提出了三种取向的跨学科整合方式:学科知识整合取向采用基于问题的学习模式,生活经验整合取向采用基于项目的学习模式,学习者中心整合取向采用学生主导项目的方式。在此基础上提出的 STEM 跨学科项目设计模式,主要包括教学分析、学习任务设计、工具与资源设计、学习支架设计、学习活动设计、学习评价设计、总结与强化练习、项目方案试用与改进。<sup>[29]</sup>这对于正规学校教育中的 STEM 课程实施具有参考价值。

课外 STEM 项目对于 STEM 教育的有效实施同样重要。STEM 强调真实世界问题,这恰恰是课外 STEM 所能发挥优势的地方。由于不受正规教育体系的束缚,课外项目能够更好地发挥 STEM 理念对于激发学生 STEM 兴趣、培养解决问题能力的作用。课外 STEM 项目与课内 STEM 应设定不同的目标,大型课外项目提供商(如 4-H 和 YMCA)已经采用了 STEM 项目,主要包含课外项目和暑期项目等。校外联盟(Afterschool Alliance)最近所作的一次调查显示,几乎所有(上千家)

课外项目负责人和从业人员都认为应该开展课外 STEM 项目。然而,研究表明,很多家长对课外 STEM 项目和暑期 STEM 项目并不了解,也没有条件带孩子去博物馆或者提供能够激发 STEM 兴趣的生活体验。<sup>[30]</sup>

社会媒体、高等院校、企业科技力量等都在 STEM 教育领域积极行动。美国新闻与世界报道和雷神公司合作(2014 年)发布了 STEM 指数<sup>[31]</sup>,用以追踪美国每年在 STEM 领域的发展趋势,国际理工教育学会提供 iSTEM 教育服务<sup>[32]</sup>。美国新泽西开设了 STEM 教育专业,美国佛罗里达大学教育学院开设了 STEM 教育专业的相关课程,英国开展“STEM 大使”行动(聘请企业中具有 STEM 优势的专业人士当学校 STEM 导师)。此外,研究机构和企业等也积极研发提供适用于 STEM 的教育产品和资源,具有代表性的有:互动仿真平台(PHET),虚拟实验室(Myscope Outreach、SPARC),STEM AR 程序(Anatomy 4D、Elements 4D、Zoo-AR、Amazing Space Journey 等),游戏化教学产品(玩中学 STEM 教育方案),全球科技项目 HOP(Hands-On Technology Program),在线科学探究实验室(<http://onlinelabs.in>),英国开放大学的在线科学实验室(The Open Science Laboratory)等。

### 三、中国 STEM 教育策略:发展建议

在中国,STEM 教育刚刚受到关注,虽已进入国策视野,但尚未形成总体实施方案。虽然国家之间存在诸多差异,但“调结构、增能力、创条件”的国策框架是基本一致的(详见表 2),注重通过整合举措提升人才素质的策略是基本一致的。

在中国,STEM 教育初步进入国策视野。2015 年教育部发布的《关于“十三五”期间全面深入推进教育

表 2 STEM 教育国策分析框架

对比指标		美 国	中 国
调整结构	生源结构	扩大国内生源,照顾女生与少数民族	预防警示:应试教育可能影响部分具有 STEM 潜质的男生进入高校 STEM 学科的机会;增加高考科目选择性可能削弱高中教育对 STEM 科目的重视。
	培养方案	下代课标 NGSS 出台,课程改革,学科调整,师资发展	小学科学教育标准出台;高中新课标即将发布;教育部发布高教十大“新工科”目录
增强能力	评估机制	注重核心能力	评估标准待开发
	人才科技能力	增强学习力、创造力;就业技能	增强动手能力、创新能力
	公民科学素养	Project 2061 国民科学素养长期促进项目	2016 年科技部发布《中国公民科学素质基准》
创建条件	国家竞争力	确保美国第一	支撑智造强国
	学习生态环境	技术、人才、社区、家庭、企业协同建设生态系统	尚处于技术媒体、工具应用水平,生态系统建设缺位
	STEM 教育师资开发	创办 STEM 教育专业,开展在职培训,注重科研引领	目前仅有教育部发起的《全国中小学教师信息技术能力提升工程》
	优惠政策机制	招生政策,奖学金,代学金优惠	相关政策缺位

信息化工作的指导意见(征求意见稿)》明确提出:要“探索 STEAM 教育、创客教育等新教育模式”。2016年,《教育信息化“十三五”规划》提出:“有条件的地区要积极探索信息技术在‘众创空间’、跨学科学习(STEAM 教育)、创客教育等新的教育模式中的应用,着力提升学生的信息素养、创新意识和创新能力,养成数字化学习习惯,促进学生的全面发展,发挥信息化面向未来培养高素质人才的支撑引领作用。”2017年6月20日,中央教科院发布了《中国 STEM 教育白皮书》,其中提出:STEM 教育应该纳入国家创新型人才培养战略;STEM 教育是一场国家终身学习活动;STEM 教育是跨学科、跨学段的连贯课程群;STEM 教育是面向所有学生的培养综合素质的载体;STEM 教育是全社会共同参与的教育创新实践。相比之下,虽然我国在推动 STEM 教育上已有所行动,但仍没有支持 STEM 教育全方位发展的专门政策和行动,缺乏相应保障和激励机制。

美国的 STEM 教育开展已逾 30 年,其背景是基于实用主义哲学的教育国策。相比之下,我国近几年才开始关注 STEM 教育,因此在 STEM 教育理论与实践发展中都没有足够的经验积累和文化积淀。不同于美国的是,我国的 STEM 教育研究和实践有两大特点:一是受美国已有 STEM 研究实践的启发和影响,二是我国处于大力提倡创造力和创新能力的经济转型关键时期。这两点决定了我国 STEM 教育发展不能一味地模仿美国已有经验,而要走更适合我国基本国情的道路。本文将从 STEM 教育发展四层架构、STEM 教育的整合机制、学科建设方法论、STEM 教育能力建设、学习生态建设等方面进行探讨,仅作抛砖引玉,希望拓宽国内 STEM 教育理论和实践研究的思路。

### (一)STEM 教育四层架构

从教育表现形态上,可将 STEM 教育划分为四个层次(如图 3):资讯型科普教育、嵌入式课程、项目型课程、整合性学科。第一层次(iSTEM-0)是基于泛科技资源的资讯型(Informational)科普教育,学生获得的 STEM 知识主要来自于分布式的社会化信息资源,如博物馆、科技馆、书刊杂志、网络资源、自媒体等。第二层次(iSTEM-1)是嵌入式课程,将传统的知识型课程通过嵌入工具、问题与项目改造为准能力型课程,国外有专家称之为助推型(Instrumental)课程。第三层次(iSTEM-2)是项目型(Project-based)课程,关注学生的问题解决能力,因此需要设计接近于真实社会问题的项目,这些项目需要学生运用多个学科的知识与技能。学生在项目学习过程中,既能应用到先前的知识、

体验工程方法、锻炼科学思维和技术能力,又能获得进一步的认知提升和能力发展。第四层次(iSTEM-3)是整合性交叉学科(Inter-disciplinary)。长久以来的分科课程依据知识的门类分科设置,逐步表现出割裂、孤立的缺点,随后出现了一些综合课程、广域课程、核心课程等研究探索。整合性学科就是建立在这样的课程发展背景下的具有跨学科整合特征的课程形态,是对当下分科课程的一种反思和发展。

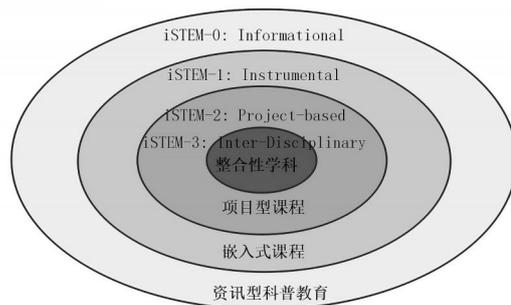


图3 STEM教育四层架构

### (二)STEM 教育的整合机制

从 iSTEM-0 到 iSTEM-3 的 STEM 教育形态差异源于不同的整合程度。这种整合体现的是对学科教学和技术发展的有效整合,可以进一步细化为技术整合度和内容整合度两个维度。如图 4 所示,从 iSTEM-0 到 iSTEM-3 的形态变化,表现出了技术整合度和内容整合度两个维度上的变化和差异。从技术整合度上,体现了从媒体到工具、平台和生态的变化,从内容整合度上,体现了从科普资源到单学科、跨学科、交叉学科的演变。在这样的演变过程中,STEM 教育对教师综合能力的要求越来越高,表现出师资整合度上的从单一到综合的特点。此外,iSTEM 教育不仅整合科学、数学、工程、技术等学科,还可衍生并进一步整合 STEM 教育之外的其他学科,如艺术、语言、社会学、人文素养、历史等,产生不同的 STEM 变式,如 eSTEM、METALS、STREAM、STEAM、GEMS、GEMS、BEMS、STEMM、AMSEE 等。

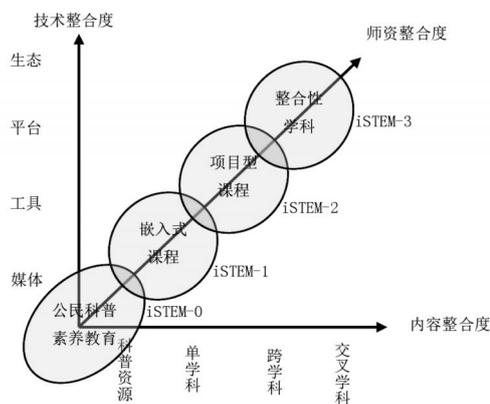


图4 STEM教育的整合机制

iSTEM-0 层次,以泛科普资源为主,主要通过媒体传播科技资讯。2011 年的一项调查显示,中国具备基本科学素养的公民比例为 3.27%。其中,中国公民获得科技信息的主要渠道是电视、报纸、与人交谈等。<sup>[33]</sup>2016 年 4 月 18 日,国家科技部发布的《中国公民科学素质基准》(适用范围为 18 周岁以上、具有行为能力的中国公民)制定了 26 条基准、132 个基准点,基本涵盖公民需要具有的科学精神、掌握或了解的知识、具备的能力,每条基准下列出了相应的基准点,对基准进行了解释和说明。《基准》要求在全社会大力弘扬科学精神、普及科学知识,提高全民科技意识和科学素养。<sup>[34]</sup>我国对公民的科学素养的要求提到了新的高度。2016 年中国公民科学素养调查报告显示,上海女性比男性科学素养更高。<sup>[35]</sup>因而,STEM 教育也应该关注到性别差异这一重要因素。

iSTEM-1 层次,嵌入式课程,以知识型课程为基础,嵌入学习项目/问题,嵌入技术工具,这个阶段的师资是低度整合的。在现有分科形式的知识型课程形态基础上,设计符合教学目标的学习项目/问题,使用合适的技术工具,完成基本的教学任务,并培养学生的跨学科思维、问题解决能力、工程设计思维、数学和科学素养等 STEM 技能。这一阶段的教法生态实现初步演变,即教师从传统的授导型教学逐步过渡到以问题化学习和项目学习为主要组织形式的研创性学习,可以采用模拟式、探究式、辩论式、创作式和案例式等教学形式。适合 iSTEM-1 层次的教学模式有翻转课堂 2.0、创客教育等,这些教学模式和策略更强调知识学习基础上的体验学习,具有自主导航(对应他主导航)、体验与实践(对应内容授递)等特点。

iSTEM-2 层次,项目型 STEM 课程。工程技术设计思维是其核心支柱。项目设计过程包括定义问题、设计方案、构建模型、测试模型、反思和再设计等环节。项目型课程让学生亲身体验运用项目设计思维解决实际问题的整个流程。STEM 教育聚焦于“设计思维”的发展,需要解决如何发现问题、如何集思广益、如何设计方案、如何快速成型、如何评估修订、如何演进发展等关键问题。<sup>[36]</sup>杜威说过,阐明问题,事成得半(a problem well put is half solved)。为了能达到创造目的,在工程技术领域,解决问题是满足现实需求,而发现问题则是创造的潜在需求,发现创造性的问题是灵感、创意、机遇共同作用的结果。Triz(俄文“发明问题解决理论”的首字母缩写,对应英文为 Theory of Inventive Problem Solving)好比发明问题解决的万能钥匙,包含很多创新方法,提供了一套系统化的创新

方法论,能帮助学生突破惯性思维的束缚,对培养学生在项目学习中的创新能力(问题解决能力)具有指导意义。近年来引起普遍关注的创客教育是 iSTEM-2 层次的典型代表,教师引领、专家参与、任务情境性、学习过程体验性、系统知识藏于项目、个体参与小组协作等特征,在一定程度上体现了 iSTEM-2 的教学形态,后续的 iSTEM-2 教学实践仍需进一步的系统化发展设计。

iSTEM-3 层次,整合型 STEM 学科。这是 STEM 得以充分发展的重要目标和愿景。整合型 STEM 学科是将 STEM 教育作为一个专门的学科进行规划和设计,有完整的学科建设思路、课程标准和教学目标、系列教材、实践案例、明确的职业发展路径等教学生态和社会环境支持。iSTEM-3 层次是专门为 STEM 教育而研究设计的成熟发展形态,能够更好地实现培养具有数学知识、科学素养、工程设计能力和技术应用能力等核心素养人才的目标。整合型的 STEM 教育具备新的核心特征:跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性和技术增强性等。<sup>[37]</sup>

### (三)STEM 学科建设方法论

STEM 教育服务于学生的核心素养发展。学生的核心素养主要包括科学素养、合作精神、创造能力、批判思维、问题解决能力、深度学习能力、适应未来的能力等。因此,STEM 学科的建设不同于现有的学科课程。它不仅强调基本知识 with 技能,更关注基本知识与技能的综合应用,即更关注问题解决能力。这弥补了分科教学脱离实际生活的不足,让学生的学习更富生活气息和实际价值。

然而,在中国,谱系式学科编码管制是发展 iSTEM 学科的瓶颈。《中华人民共和国国家标准学科分类与代码表》对于萌芽中的新兴学科不留余地,同时,STEM 教育涉及数学、科学、技术、工程等多个不同领域,难以纳入到任何一个单独学科。中国长期以来更关注数学、物理、化学等学科,而忽视科学、劳技、通用技术、科技活动等学科。这些对 STEM 教育的学科建设造成了困难。笔者建议在当前情况下,不妨在一级学科层次设“交叉学科”或“新学科”大类,如此,新建交叉学科都可纳入其中进行培育。新兴学科(如 iSTEM 教育)才能得到更好的萌芽和发展环境。

2001 年国务院印发的《国务院关于基础教育改革与发展的决定》明确提出:“小学加强综合课程,初中分科课程与综合课程相结合,高中以分科课程为主”。<sup>[38]</sup>最近,教育部指出,十余年来,小学科学课程对培养学生的科学素养发挥了重要作用,但需在课程适

宜性、可操作性、时代性和整体性等方面进一步予以增强,并于2017年2月6日印发了《义务教育小学科学课程标准》,将小学科学课程定义为基础性、实践性、综合性的课程,基本理念是面向全体学生,倡导探究式学习,保护学生的好奇心和求知欲,并突出学生的主体地位。课程内容是从物质科学、生命科学、地球与宇宙科学、技术与工程等四大领域选择了18个主要概念,并将科学、技术、社会与环境的内容融入其中,最终分解成75个学习内容,分布在1-5年级的课程内容中。<sup>[9]</sup>国家教育部已公布了详尽的科学课程标准,可见已更加重视通过综合性课程培养学生的科学素养。

STEM学科建设需要从国家政策、从小学到高校的课程设置、企业产品以及完善的社会环境等多方进行努力。余胜泉等从STEM教育理念出发提出了跨学科整合的三种类型,即学科知识整合取向、生活经验整合取向和学习者中心整合取向。从学习模式的角度看,学科知识整合取向对应于基于问题的学习模式,生活经验整合取向对应于基于项目的学习模式,学习者中心整合取向对应于面向体验的学习模式。这三种学习模式都是适合STEM教育的典型模式。

#### (四)STEM教育能力建设

STEM教育能力建设是关乎STEM教育的可持续发展问题,主要可从五方面开展:创办STEM教育专业、开展STEM教育教师培训课程、组建STEM教育团队、设立STEM教育研究机构、设立STEM教育特色校。

创办STEM教育专业。可值得借鉴的经验是,美国新泽西开设了STEM教育专业。STEM教育要求教师具备跨学科的能力素养,这在当前的分科教学背景下难以实现,而STEM教育要求具备跨学科思维能力、技术能力、科学素养、问题解决能力等不同维度和领域的专业能力,表现出专门的学科需求。高等教育创办STEM教育专业能够将STEM教育提升到专业发展和研究的层次,能够培养具备STEM教育能力和素养的专业型教师,为STEM教育的正规、持续发展提供基本的师资保障。

开发STEM教育教师培训课程。STEM人才的培养需要从基础教育开始关注。然而,当前基础教育领域的教师基本都是在分科教学中培养出来的教师,因此专业知识比较专一,大多不符合STEM教育对教师提出的要求。所以,我国需要针对不同学科的教师群体,分别设计开发专门的系列培训课程,培养和提升现有教师队伍的STEM教育素养。

组建STEM教育团队。由于整合性STEM教育涉及多个学科,自初中学段以上,单个教师特长无法胜

任STEM课程教学,必须发挥“长板理论”,组建有不同学科背景的多个教师协同施教。STEM教育团队是在STEM教师培训的基础上形成的,获得的成果经验可再应用于教师培训课程,促进STEM教育师资队伍持续发展。

设立STEM教育研究机构。教育研究机构需要开展理论研究和前沿探索,为STEM教育的发展指明具体的方向,研究STEM教育专业的培养目标和课程设置,研发适用于当前国情和教师实际发展水平的培训课程,带动并指导基础教育、高等教育及职业教育中的STEM教育实践。STEM教育研究机构不仅要指导STEM教学实践(如课程理念、教学策略、教学组织形式、教学评估、国情政策等方面),而且要与一线实践探索互动交流、密切配合,共同促进STEM教育的全面发展。

设立STEM教育特色校。培育并遴选一批STEM教育特色校,作为STEM教育发展初期的重点培育对象,逐步形成具有特色的典型案例,发挥出STEM教育实践对学校发展和育人目标的影响,对更多的学校起到示范带动作用。

#### (五)STEM学习生态系统

整合型STEM教育(iSTEM教育)不仅包括传统意义上的学校课程教学,还包括课外项目、家庭教育,创造随处学习的大环境,这就需要建设良好的学习生态系统。美国STEM生态系统行动计划明确提出,STEM教育需要每一个人联合起来,共同完成。“(There is a need for everyone committed to STEM education to come together.)”这是因为,STEM教育不是单一的知识型学科的学习,而是更为关注真实世界情境中的真实问题,而社会、家庭、企业等能够提供这样的真实情境问题,为STEM教育提供了便利。

从学校教育看,即涉及小学到大学各阶段的正规教育体系,需要建立整套的机制,保证师生对STEM教育的关注度、学习兴趣和重视程度。如2001年起开展的基础教育课程改革实验,倡导建设以学生为中心的“全课程”,2016年发布的《小学科学课程标准》,都是STEM教育在课内教育中实施的政策保障和方向引领。从课外教育和家庭教育的视角看,科学中心、博物馆和图书馆等社会资源的应用是激发学生对STEM兴趣的重要手段,如上海要求小学生参观上海科技馆、上海博物馆等富STEM资源的场所,就是充分应用社会资源开展STEM教育的一个典型代表。这也要求社会培训机构和企业除了关注考试课程,还要引入课外STEM项目、暑期STEM教育项目等,提高学生的STEM知识和技能水平,培养其创造能力、问题解

决能力等核心素养。此外,企业和研究结构等开设STEM教育项目,用以引领STEM教育的实践方向。如全球青少年主流STEM平台Micro:bit(BBC 2015推出的面向全球青少年的编程学习及STEM教育入门平台,目前已进入全球40多个国家和地区)<sup>[40]</sup>已携手我国多家公司作为战略合作伙伴,正式开展全国范围的STEM教育项目。

我国要实现“中国制造”向“中国智造”的转变,需要开展符合国情的教育教学改革,通过iSTEM研究

探索,充分发挥STEM教育生态的智力、兴趣、体验、文化和情境特点,关注儿童的STEM知识与技能,培养出具有创造能力和创新素养的人才。我国目前已有STEM教育方面的行动,深圳、江苏、成都等多个城市积极推动STEM教育探索,上海STEM云中心、深圳柴火创客空间等多家教育机构积极开展实践,但尚未形成完整的生态。我国的iSTEM教育生态建设需要聚集全社会力量,包括学校、图书馆、科学中心和博物馆、课外辅导机构、企业、高等教育、社区、家庭等。

### [参考文献]

- [1] Wikipedia.Pragmatism[DB/OL].[2017-11-02].<https://en.wikipedia.org/wiki/Pragmatism>.
- [2] Council on Foreign Relations.Independent Task Force Report No.68:U.S. Education Reform and National Security [R/OL]. Council on Foreign Relations Press;2012[2017-11-02]. <https://www.cfr.org/report/us-education-reform-and-national-security>.
- [3] Bishop Wisecarver.Why is STEM Education important? [EB/OL].[2017-11-02].<https://www.payscale.com/career-news/wp-content/uploads/sites/2/2013/07/the-importance-of-stem-education.png>.
- [4] David Langdon,George McKittrick,David Beede,Beethika Khan,and Mark Doms.STEM:Good jobs now and for the future[R/OL]. U.S. Department of Commerce Economics and Statistics Administration, office of the Chief Economist;2011,7:1-10 [2017-11-05].[http://www.esa.doc.gov/sites/default/files/stemfinalyuly14\\_1.pdf](http://www.esa.doc.gov/sites/default/files/stemfinalyuly14_1.pdf).
- [5] Intelitec.The limitless rewards of stem education [EB/OL].(2013-08-23)[2017-11-05].<http://www.intelitek.com/rewards-of-stem-education/>.
- [6] AAAS.Project 2061[EB/OL].[2017-12-10].<https://www.aaas.org/program/project2061>.
- [7] National Science Foundation.Undergraduate science mathematics and engineering education[R/OL].Washington D.C.;1986,(3).[2017-10-05]. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED272398.pdf>.
- [8] DONALD T. Presidential memorandum for the secretary of education [EB/OL].The WHITE HOUSE, Office of the Press Secretary;(2017-09-25)[2017-11-20].<https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2017/09/25/memorandum-secretary-education>.
- [9] 中国教育科学研究院.中国STEM教育白皮书[R].中国教育科学研究院;2017-06-20.
- [10] FIORIELLO P.Understanding the basics of STEM Education[EB/OL].[2017-10-04].<http://drpfconsults.com>.
- [11] NISE.National Institute for STEM Education[DB/OL].[2017-10-04].<http://nise.institute/>.
- [12] Common Core State Standards Initiative. core standards[S/OL].[2017-10-05].<http://www.corestandards.org/>.
- [13] NGSS.Next generation science standards[S/OL].[2017-11-05].<http://www.nextgenscience.org/>.
- [14] THOENBURG D.Why STEM are interrelated:The importance of interdisciplinary studies in K-12 education[R/OL].Thornburg Center for Space Exploration.2008[2017-11-05].<http://www.tcse-k12.org/pages/stem.pdf>.
- [15] Stokes D.E. Pasteur's Quadrant: Basic science and technological innovation[M].Brookings Institution Press;1997.
- [16] STEM Funders Network.STEM ecosystems[DB/OL].[2017-10-05].<http://stemecosystems.org/>.
- [17] 钟柏昌.项目引路机构[J].教育科学研究,2015(5):63-69.
- [18] 赵中建.致力于STEM教育的“项目引路”机构[J].上海教育,2012(11):24-26.
- [19] Indiana Department of Education. Elementary/Middle School STEM Full Implementation[EB/OL].[2017-11-5].<https://www.doe.in.gov/>.
- [20] STEM School. STEM Schools in U.S.[DB/OL].[2017-11-21].<https://www.stemschool.com/>.
- [21] JOLLY A.Six characteristics of a great STEM lesson[EB/OL].[2017-11-05].[http://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq\\_jolly\\_stem.html print=1](http://www.edweek.org/tm/articles/2014/06/17/ctq_jolly_stem.html print=1).
- [22] Synergy in Education. SAMR Model, Webb's DOK, Blooms Taxonomy and3-to-1 Classroomwalk[DB/OL].[2017-11-05].<http://www.synergyined.com/what-is-senergied.html>.
- [23] ZOLLMAN D.&REBELLO S. Learning cycles-curricula based on research physics education research conference [C/OL].1988,(8):

- 1-2[2017-11-05].<https://web.phys.ksu.edu/papers/concepts/LCIntro.pdf>.
- [24] 王健,李秀菊.5E 教学模式的内涵机器对我国理科教育的启示[J].生物学通报,2017,47(3):39-41.
- [25] MASSA N.&DONNELLY J.. Problem-Based Learning:A Practical Approach for STEM Learning[R/OL].2009.<http://www.nebhe.org/wp-content/uploads/NSTA-2009-Presentation.pdf>.
- [26] HARLAND D.. Multiple intelligences and stem [EB/OL].2012,5 [2017-11-05].<http://www.stemmom.org/2012/05/multiple-intelligences-and-stem.html>.
- [27] University of Florida. STEM and STEAM [EB/OL].[2017-11-05].<http://elearninginfographics.com/wp-content/uploads/STEAM-not-just-STEM-Infographic.jpg>.
- [28] Office of Innovation & Improvement. Communities Come Together to Support STEM Education [EB/OL].2015,9 [2017-10-5].<https://innovation.ed.gov/2015/11/19/communities-come-together-to-support-stem-education/>.
- [29] 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,2015,21(4):15-24.
- [30] OLSON S. & LABOV J.. STEM Learning is Everywhere: Summary of a Convocation on Building Learning Systems[R/OL].The national academies press,2014;23-26[2017-10-05].<http://www.nap.edu>.
- [31] U.S. News.. STEM index[DB/OL].[2017-11-05]<https://www.usnews.com/news/stem-index>.
- [32] ITEEA.Technology and Engineering bring STEM to life[DB/OL].[2017-11-05].<https://www.iteea.org/Resources1507/IntegrativeSTEMEducation.aspx>.
- [33] 人民日报.调查:中国具备基本科学素养的公民比例为 3.27%[EB/OL].2011,2[2017-11-05].<http://news.hexun.com/2011-02-23/127494424.html>.
- [34] 科技部,中央宣传部.中国公民科学素质基准[S/OL]2016,4[2017-11-05].[http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2016/201604/t20160421\\_125270.htm](http://www.most.gov.cn/mostinfo/xinxifenlei/fgzc/gfxwj/gfxwj2016/201604/t20160421_125270.htm).
- [35] 马宗文,陈雄,李群.中国公民科学素养调查报告(2015-2016)[R].社会科学文献出版社:2016,1.
- [36] 闫寒冰,郑东芳,李笑樱.设计思维——STEM 教育不可或缺的使能方法[J].电化教育研究,2017(6):36-42,48.
- [37] 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,2015,21(4):15-24.
- [38] 中华人民共和国教育部.国务院关于基础教育改革与发展的决定[EB/OL].2001,5[2017-11-02].[http://old.moe.gov.cn//publicfiles/business/htmlfiles/moe/moe\\_16/200105/132.html](http://old.moe.gov.cn//publicfiles/business/htmlfiles/moe/moe_16/200105/132.html).
- [39] 中华人民共和国教育部.义务教育小学科学课程标准 [S/OL].2017,2 [2017-11-02].[http://www.moe.edu.cn/srcsite/A26/s8001/201702/t20170215\\_296305.html](http://www.moe.edu.cn/srcsite/A26/s8001/201702/t20170215_296305.html).
- [40] Micro:bit Educational Foundation.Micro:bit[DB/OL].[2017-11-21].<https://www.microbit.co.uk/>.

## An Analysis of National Policies and Practical Models for STEM Education

ZHU Zhiting<sup>1</sup>, LEI Yunhe<sup>2</sup>

(1.Open Education College, East China Normal University, Shanghai 200062;

2. Putuo Modern Educational Technology Center in Shanghai, Shanghai 200333)

**[Abstract]** In recent years, with the development of science and technology, STEM education has been widely concerned and sought after all over the world. STEM education has developed in the United States for more than 30 years. This paper traces the origin of STEM Education in the background of pragmatic philosophy, then studies and summarizes the educational ideas, implemental methods, practical strategies, instructional exploration and ecological development for STEM education, finally gives a series of advices including the Four Layer Frame, the integration mechanism, methods of discipline construction, the system of the capacity building and learning ecosystem for STEM education in China.

**[Keywords]** STEM Education; National Policies; Practical Models; Pragmatism; Creative Ability