

# 美国 STEM 教育创新趋势： 获得公平且高质量的学习体验

白逸仙

**【摘要】**美国 STEM 教育创新旨在让全体公民获得公平且高质量的学习体验。基于这一政策目标,美国 STEM 教育创新的未来方向主要包括三个方面:STEM 教育通识化、提供公平的 STEM 教育、打造高质量的 STEM 教育。美国 STEM 教育创新面临三大挑战,即超学科整合思维的缺失、教育资源分布不均、优质教育资源相对匮乏。针对超学科整合思维的缺失问题,美国提出了跨学科交叉融合的理念,以及 STEM 教育通识化、终身化的思想;针对教育资源分布不均问题,美国提出运用现代信息技术共享有限的优质 STEM 教育资源;针对优质教育资源相对匮乏问题,美国提出加强学校教育与工作世界的联系,加大 STEM 教师的选拔和培训力度,创新教育内容和评价方式。美国 STEM 教育的战略变革对中国的启示是:树立 STEM 教育融通化、通识化的理念;整合各方力量,极大扩充优质 STEM 教育资源;利用现代信息技术,促进 STEM 教育的公平分配。

**【关键词】**美国 STEM 教育 通识化 跨学科 教育公平 教育质量

## 一、问题提出

中美贸易战成功地将人们的视线引向了 STEM 教育。中美贸易战实质上是科技战和未来战,根本问题是 STEM 教育水平。习近平总书记明确指出,“我们对高等教育的需求比以往任何时候都更加迫切,对科学知识和卓越人才的渴求比以往任何时候都更加强烈。”大力推进 STEM 教育,不仅能够有效回应激烈的国际竞争对卓越人才培养的强烈诉求,而且是建设教育强国、实现中华民族伟大复兴的战略举措。然而,当前 STEM 教育在中国的实践中呈现出“散、乱、小”的特点,主要停留在一线城市重点中小学的自发探索阶段。当前一个突出问题是:STEM 教育成为少数重点中小学打造“精英教育”的噱头,严重背离促进公平的政策目标。党的十九大报告明确提出要办“公平而有质量的教育”,这是坚持教育人民性的必然要求。我们的教育改革与发展必须遵照以人民为中心的总体要求,把办好人民满意的教育作为出发点和落脚点。人民满意的教育是公平而有质量的教育,当务之急是要切实解决好

教育面临的发展不平衡、不充分的各种问题。近几年,美国的 STEM 教育已发展成为国家战略,连续几届美国政府都在强调 STEM 教育要使学 生公平获得高质量的教育,以确保美国通过 STEM 教育培养的人才能够为国家在科技领域 抢占领先地位做出卓越贡献。这与中国要办“公平而有质量的教育”的战略目标不谋而合。本研究旨在探讨美国 STEM 教育的改革创新趋势,以期为中国 STEM 教育发展提供借鉴和启示。

## 二、美国 STEM 教育创新的使命与愿景

### 1. STEM 教育通识化。

作为一种新的教育理念,STEM 教育的核心观点是学科交叉融合。根据课程所依托主干学科的不同,课程可以分为单一学科课程和跨学科课程。根据大学课程融合程度的不同,朱莉·汤普森·克莱因(Julie Thompson Klein)将跨学科课程分为多学科(multidisciplinary)课程、交叉学科(interdisciplinary)课程和超学科(transdisciplinary)课程。其中,多学科课程是指将不同的学科课程并列,学科之间相互独立,且仍保持各自

收稿日期:2019-07-20

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金项目“基于 STEM 教育理念的高水平行业特色型高校工程人才培养改革与政策研究”(71704054)

作者简介:白逸仙,华北电力大学教务处副处长、副研究员。

原始的学科范式。交叉学科课程是指将原有的学科目标明确地进行融合,完成学科重构,课程知识对一个横断面上的问题进行整体概括和解释。超学科课程是指超越了传统学科狭隘的视角,形成了一个新的整体,以建构一个普遍共同知识系统,注重批判性思维和哲学性反思。<sup>[1]</sup> 克莱因的观点揭示了美国 STEM 教育的三重境界。第一重境界是多学科课程,即将 STEM 教育理解为四个独立学科组合拼装在一起,这只是一种形式上的整合,没有实质上的融合。目前美国多数 STEM 教育停留在这个层面。第二重境界是交叉学科课程。这是一种更高的境界,它强调 STEM 课程应以解决某些复杂问题为核心,着力培养学生的创新实践能力,将传统学科进行整合、重构,对某个问题形成更为全面的一般性观点。第三重境界是超学科课程。这是 STEM 教育竭力追求的最高目标。超学科课程强调超越科学、技术、工程、数学等具体的学科视角,在批判反思的基础上获得一种超学科文化,建构起一个普遍共同的 STEM 知识体系。

STEM 教育由多学科走向超学科预示着其由专业教育向通识教育的转型。多学科课程只是以传统学科为基础跨学科选修,这些课程按照“顺序模式”或“协作模式”组合在一起,彼此之间缺乏整合和互动,其底色还是专业教育。超学科课程主张将学科知识建构为一种通识的知识体系,形成新的整体,这是一种真正的通识教育。作为一种人人应该接受的教育,通识教育旨在培养出知识全面、视野广阔、德才兼备的完人。这样的人应该具备三种核心素养:科学精神、工程思维、人文情怀。这是信息化时代全球人才培养的共同目标。美国 STEM 教育强调,通过在真实情境下的项目学习,使学生运用跨学科知识解决复杂问题,从而提高学生的实践能力、创新能力和跨界整合能力,进而有效提升学生的这三种核心素养。第一,科学精神是求真务实、勇于探索、开拓创新的理性精神。美国 STEM 教育重视引导学生在实践探索中掌握科学知识和科学方法,培养批判性思维和创造性思维,形成良好的科学素养。第二,工程思维指以综合为主的思维方式和解决实际工程问题的能力,具有实践性、综合性和创造性的特点。美国 STEM 教育强调用多学科的知识 and 思维方式解决复杂问题。第三,人文情怀指关注人的生存与发展,拥有人文积淀和审美情趣。美国

STEM 教育在发展的过程中逐步融入了艺术(Art)的成分而升级为 STEAM 教育。<sup>[2]</sup>

美国的 STEM 教育以前被认为是学科教育、专业教育,随着 STEM 教育在培养学生科学精神、工程思维、人文情怀方面的卓有成效,使得 STEM 教育通识化在美国逐步成为一种共识。STEM 教育应当成为人人可学、人人都接受的教育。STEM 教育是一场全民终身学习活动。<sup>[3]</sup> 2016 年教科文发布的《变革我们的世界:2030 年可持续发展议程》报告中提出,“确保全纳、公平、有质量的教育,增进全民终身学习的机会”。<sup>[4]</sup> 据此,美国将 STEM 教育的战略目标调整为“公平获得高质量的学习体验”,强调通过全社会力量的参与,以多种形式吸引公民参与 STEM 实践活动,使每个公民都具有 STEM 素养,适应社会的快速变化和发展,能够运用科技知识和技能提高生活质量。

## 2. 提供公平的 STEM 教育。

美国 STEM 教育的首要目标是教育公平。教育公平一直是美国 STEM 教育政策的重要内容,在各项法案和报告中均有所涉及。比如,为解决性别和种族不平衡等教育公平问题,在《美国竞争法》中明确提出,将 STEM 教育服务于弱势群体,以提高少数民族、妇女等群体在 STEM 领域的参与度等。<sup>[5]</sup> 2016 年,美国教育部发布《STEM 2026:STEM 教育创新愿景》,将“促进公平的 STEM 教与学经验和资源”等作为 STEM 教育发展的八大挑战之一:指出要合理配置教育资源,建立网络化实践社区,确保所有正式或非正式的教育者和学生都能公平参与 STEM 教育;要利用信息技术创建灵活的学习空间,并建立有效机制支持学习者使用的公平性;要创造多元化的社会环境,在 STEM 学习过程中融入女性、少数民族、低收入或残疾学生等多样化的学习者,促进 STEM 教育的公平性、包容性。美国政府希望各个年龄的人都能受到良好的 STEM 教育。联邦政府支持 STEM 教育的扩张项目,为各个阶段的学生以及教师提供更多参加 STEM 教育的机会。<sup>[6]</sup> 比如,鼓励中学生和公众参与到 STEM 项目中来,使每年参与 STEM 教育的青年人增加 50%;增加 STEM 教育的大学毕业生数量,到 2023 年,提高女性、少数族裔等人群在 STEM 学生和毕业生中的占比;提高本科生选择 STEM 专业的比例,到 2023 年使 STEM 的本科毕业生增加 100 万名。<sup>[7]</sup>

### 3. 打造高质量的 STEM 教育。

美国 STEM 教育的另一个重要目标是追求卓越与高质量。办好高质量的 STEM 教育是近十年来美国政府教育工作的重点,也是美国创新生态系统的基石。原因如下:一方面,当今世界科学技术突飞猛进,新的技术革命初现端倪,人类进入了创新驱动发展的新时代,创新对高质量 STEM 人才的需求极为迫切;另一方面,美国在国际学生评估项目 PISA(Program for International Student Assessment)的测评中处于中等地位,需要大力提升 STEM 教育的水平,以增强美国的国际竞争力。<sup>[8]</sup>高质量的 STEM 教育强调灵活运用所学知识技能创造性解决真实问题。围绕这一战略目标,美国联邦政府出台了一系列政策举措。2018 年美国联邦教育部在 STEM 教育上共拨付了 2.79 亿美元用于高质量的 STEM 教育。联邦教育部在教育创新与研究、有效支持教育者的发展、教师质量伙伴关系、高中职业和技术教育的学徒通道等 10 项与 STEM 相关的教育领域进行了优先投资。<sup>[9]</sup>计划未来 5 年培养出 10 万名具备合格的 STEM 教学能力和 STEM 教育知识的教师,支持现有的 STEM 教师队伍;开展面向研究生的 STEM 教育培训,提升研究生的基础研究能力、专业技能与职业发展技能;对已经开展的 STEM 教育实施创新且可行性强的评估机制,以保证其高质量。<sup>[10]</sup>此外,联邦政府还通过整合、优化跨部门的各种教育资源、知识和经验,来推动 STEM 教育水平的进一步提高。

#### 三、美国 STEM 教育面临的挑战与应对

##### 1. 理念层面的挑战:超学科整合思维的缺失。

思想观念是行动的先导,教育理念是否合理从根本上决定教育改革的成败。美国 STEM 教育改革的首要挑战来自于理念层面。当前,美国 STEM 教育缺乏超学科整合思维主要体现在两个方面。一是将 STEM 狭隘理解为独立的四个学科。在 STEM 概念提出之初,通常被理解为这是四门独立的学科,致使学校 STEM 教学仍采用传统方式:将数学作为基础课程的一部分,将科学作为次要内容,将技术和工程作为补充附加内容,只提供给那些“天生具有 STEM 学科天赋的人”。因此,在教学实践中,S、T、E、M 以多学科独立的形式存在。二是将 STEM 教育误解为精英教育。STEM 教育缺乏整合导致其只能以专业教育的

形式存在,精深的专业性排除了大众参与的可能性,这是人们长期将 STEM 教育误解为它“只适合部分人群可以接受的精英教育”的原因。如:谁有资格成为科学家、谁擅长科学、谁天生就属于 STEM 实践社区的精英等。<sup>[11]</sup>这些片面认识既损害了 STEM 教育的公平性,也不利于提供高质量的 STEM 教育。为应对教育理念上的挑战,美国政府提倡 STEM 教育的学科交叉融合与终身化。

造成上述问题的原因是人们只是在“多学科课程”层次理解 STEM 教育。这个层次只是 STEM 教育发展的初级阶段,真正的 STEM 教育是“交叉学科”和“超学科”层面的。正如美国科学教师协会(NSTA)总裁朱利安娜·特克利(Juliana Texley)所言,STEM 的本质是彩虹,集成为一个整体,不能被分割成独立的学科。为了更好地整合各类知识并运用于现实世界中,《STEM 2026》报告指出:不仅要打破 STEM 学科内部界限,而且要打破 STEM 学科与非 STEM 学科之间的壁垒,通过跨学科团队合作和坚持不懈来制定解决方案,解决重大挑战。具体措施包括:第一,开设交叉学科和超学科课程,从形式上的整合走向实质内容的交叉融合。超越狭隘的科学、技术、工程、数学四个学科课程,融合多学科内容,从教学目标、教学进度、教学策略、教学空间、教学评价等方面建立全新的课程体系。第二,为学生提供多学科的 STEM 学习经验。国家会继续增加和扩大 STEM 专业人员,作为志愿者和导师支持 STEM 学习,帮助学习者实现综合以及相关的 STEM 学习体验。第三,对教师和非正式教育工作者给予公平和充分的支持,为他们提供各类资源以及综合性 STEM 教育的培训,帮助他们建立跨学科教学理念和创造学习经验。第四,将计算机科学整合到 STEM 教育中。2017 年特朗普签署了总统备忘录,向 STEM 教育和计算机科学教育每年拨款至少 2 亿美元。尤其强调了计算机科学在 STEM 教育中的地位,指出计算机科学知识必须通识化,成为人人都可以接受的教育,使每个公民都具备信息素养。

STEM 教育的终身化重视自身的包容性,强调它不是精英教育,而是公平的、人人可学的教育,应当终身参与。特朗普政府强调,必须确保今天所有的学习者,从幼儿园孩童到退休人员,都可以获得高质量的 STEM 学习体验。当前,美国 STEM 教育的一个突出特点是大小中幼一体化。

美国 STEM 教育根据不同年龄学生的认知水平和接受能力,不断更新 STEM 教育内容和教学方式。在小学阶段侧重认知科学与艺术素养的训练,在初中阶段侧重兴趣与动手能力的培养,在高中阶段侧重逻辑思维与高阶技能的提升,在大学阶段侧重创新实践能力与跨学科解决复杂问题的能力。近年来,美国 STEM 教育呈现出由 K-12 教育向两端延伸的趋势。美国联邦政府 2010 年颁布的《培养与激励:为了美国未来的 K-12 科学、技术、工程和数学教育》政策明确指出,K-12 年级学生的 STEM 教育除了课内学习外,还可以在课外体验学习,美国政府支持开发一系列高质量的 STEM 课外活动和拓展性日常活动。奥巴马政府曾呼吁,鼓励学校开展创新性、个性化教学,为学生高中毕业能够顺利过渡到大学学习和未来就业提供保障。在向上延伸的同时,美国政府也在积极推动 STEM 教育向下延伸,覆盖幼儿教育体系。奥巴马 2015 年签署的《让每一个孩子成功法案》(ESSA)提出,要促进地方社区之间早期学习的协调,做好学前教育与小学教育的衔接工作,并培养教师和其他服务人员的能力,以提供最优质的早期教育。<sup>[12]</sup>为促进幼儿进行 STEM 教育,美国政府采取了一系列行之有效的办法。第一,培养家长、幼师、领导者、服务人员的 STEM 素养和综合能力,让其学会用简单的方式把 STEM 引入日常生活中,强化儿童 STEM 学习意识;第二,制定适合幼儿的教育电视节目或数字媒体材料,帮助幼儿进行 STEM 学习并为进入小学做好准备。此外,将一些联邦拨款资金用于支持州和地方,以发展和扩大幼儿的学前和早期学习系统。

## 2. 公平维度的挑战:教育资源分布不均。

美国 STEM 教育发展进程中,一直受贫困、教学资源不均、数字鸿沟、特殊人群受教育的公平性等问题的困扰。一方面,获取 STEM 学习体验存在机会差距。美国政府认为 STEM 教育是全民教育的重要组成部分,不仅要为所有学生提供科学、社会研究、文学、艺术、体育和健康的教育,而且几乎所有工作部门和职业都需要一套与 STEM 教育相关的通用能力。然而,整个社会的 STEM 教育分配仍存在机会差距。美国 STEM 教育在种族和民族、语言、文化、社会经济、性别、残疾和区域等方面的不平等状况特别严重,不同群体的 STEM 教育存在明显鸿沟。美国不同群

体学生的 STEM 学业水平差距明显,其中低收入群体、女性等弱势群体的学习成绩较为落后、能力表现较差。比如,在种族方面,全国教育进步评估 (NAEP)结果显示,在八年级的数学中,与 43% 的白人学生和 61% 的亚洲学生相比,只有 13% 的黑人和 19% 的西班牙裔学生得分等于或高于他们的成绩。在高中阶段,即使是高中数学和科学的核心课程,全国至少 10~25% 的高中都没有开设。这些课程的可用性和访问权也存在明显的不公平现象。<sup>[13]</sup>另一方面,STEM 教育资源分配严重不均。当前确保公平获得最佳 STEM 教学和学习的政策和做法在美国并不普遍。整个 P-16 系统的高质量 and 创新的 STEM 教与学,通常存在于那些拥有最多教育资源和充满创新的社区和学校。贫困学校的学生通常无法获得 STEM 教育核心科目中有经验教师的指导,甚至许多学生没有机会接触到优质的 STEM 课程。此外,在中学和高中阶段,许多尖端的 STEM 学科,只鼓励那些符合特定绩效指标且仅在资源丰富的学校和社区中可用的特定年级的学生。高质量项目的资金和实用性仍然不一致,具有专业知识的学校和社区有利于获得最多资源。服务弱势学生的学校,通常缺乏强大的 STEM 教学方法和教学资源,许多可用的课程仅限于解决学生的认知缺陷,而不是专注于改变系统和提供 STEM 教学。<sup>[14]</sup>

为了确保所有学生都能公平获得必要的 STEM 教育资源和支 持,美国政府主张运用现代信息技术共享优质资源。具体做法如下:第一,建立参与度高的网络化实践社区。美国正在全国范围内建立一些 STEM 教育的网络化实践社区。基于当地独特背景和需求,建立和传播 STEM 区域学习网络,促进区域间协作和持续学习。比如,美国国家科学基金会 (NSF) 的农村系统倡议 (RSI),特别关注美国最偏远的农村和贫困地区,建立可持续的学习网络来改善这些地区的 STEM 教育,也为教师提供高质量的专业发展和网络体验。第二,创造基于信息技术的、灵活包容的学习空间。美国政府认为,未来的 STEM 教育将利用信息技术,创造灵活的交互式学习空间,并相应建立公平使用这些技术的保障机制。这些信息技术不仅适用于各类学习群体,而且能够拓展学习空间,深化 STEM 学习体验。如开设大规模在线开放课程 (MOOC),运用增强现实技术 (AR) 和虚拟现实技术 (VR) 等,还有诸如沉浸式媒体、

仿真游戏、智能导师系统等新技术,都能带来课堂教学革命。

3. 卓越维度的挑战:优质教育资源相对匮乏。

STEM教育质量关乎美国社会未来的科技竞争实力,尽管STEM教育的实施有联邦政府、国家科学基金会、联邦教育部等各类组织机构的支持,但在实际运行中,仍面临优质教育资源相对匮乏的挑战。主要表现在三个方面:一是STEM教育资源未能有效整合。美国联邦政府和州政府等许多组织机构提供的STEM教育资源较为分散,各类组织间缺乏有效沟通,致使学校并未充分获取教育资源,学生也缺乏充足的校外实践机会。<sup>[15]</sup>二是高质量STEM教师短缺和专业素养不足。首先是师资短缺。数据显示,2005~2015年,美国中学作为核心课程的数学和科学教师缺口累计达到30万名,技术和工程教师紧缺更是严重。<sup>[16]</sup>虽然整体上教师数量有所增长,但大多数是单科的STEM教师,多学科综合的STEM教师数量严重不足。其次是教师专业素养不足,中小学STEM教师的学历层次不高,部分教师缺乏STEM相关专业的背景,课堂教学时很难激发学生的学习兴趣;大学STEM教师,在某一个学科的专业能力很强,但缺乏跨学科的知识背景,而且启发式、探究式的教学方法还未灵活运用。三是优质STEM课程资源不足。作为一种跨学科整合、以真实问题解决为目标的课程形态,STEM课程有着很强的开放性、实践性、创新性等特征。美国现阶段STEM课程建设的主要问题是课程总量不足、优质课程资源稀少,特别是交叉学科课程的研发、建设和供给显得尤为迫切。

针对优质教育资源缺乏有效整合问题,美国STEM教育主张强化学校教育与工作世界的联系。美国STEM教育力推通过学校和工作场所以及社区之间的协作支持,为K-20阶段的学生提供基于工作的学习,包括学徒制、实习、合作教育等。具体措施如下:其一,与企业建立互惠互利的合作关系。美国政府积极出台政策鼓励校企联合,使STEM教育培养的人才能够满足市场需求。2010年出台的《为了美国的未来——劳动技能行动计划》是促进教育部门与商业部门之间进行合作的行动计划,强调以商业部门的需求为导向来培养未来美国的劳动力。<sup>[17]</sup>美国《印第安纳州科学、技术、工程和数学(STEM)行动计划》指

出,一方面,学校根据企业对人才的需求,制定STEM职业技能标准,要求学生掌握跨学科知识,以及在不同情境中解决复杂问题的能力。另一方面,企业为STEM教育提供创新实践平台和学习资源支持,企业不仅为学生研究、学徒式训练和项目学习提供平台,而且鼓励企业专家走进课堂,全方位支持STEM教学活动。<sup>[18]</sup>其二,专注于创新和创业。特朗普政府要求所有美国人参与前沿项目的设计与制定,通过创新的方式鼓励年轻人创业,尤其是把学校教育与工作场所教育相结合,将企业家精神融入创新和创业教育中。<sup>[19]</sup>可以说,创新创业教育是应对职场不确定性的重要策略,开展创新创业教育、培养创新能力是卓越教育的标志。

针对高质量STEM教师短缺和专业素养不足问题,美国政府强化STEM教师的选拔和培训。注重发挥教师的主观能动性和创造力,引导教师成为STEM教育改革的驱动者。具体措施如下:在教师入职前期,对教师进行严格筛选和培训,努力挑选能够胜任STEM教学的教师。在教师进入试用期阶段,政府鼓励校际、校企之间充分合作,为STEM教师提供真实教学环境的体验,从而增强教师在STEM课堂上的实战经验。对于在职教师,注重培养教师的STEM专业素养。美国政府一直在尝试多种方式培养STEM教师,《美国竞争法》提出两条路径:一是为STEM教师制定两到三年硕士学位的学习计划,希望帮助他们建立更加完整的知识体系,提高专业素质;二是为STEM专业人员制定一年硕士学位计划,帮助他们取得教师资格。一些民间机构也会提供STEM教师培养服务,如组织专业的“学习共同体”、提供短期的专题培训或者研讨会等。此外,美国还积极采取教师的替代策略,选聘一批专业素养较高的教师作为STEM教育的专业教师或兼职教师。同时,培养一批STEM专业的学生,希望其能够深造之后留校任教。

针对优质STEM课程资源不足问题,美国从创新教学内容和改革评价方式两方面进行应对。第一,设计基于职业情境的学习项目。美国希望未来的STEM教育应在教学中加入专门设计的趣味性或风险性项目。专门设计的游戏可以为学生创造探索不确定性的机会,让学生从经验中建构知识以获得学习体验。第二,鼓励学校与企业或科技馆、博物馆等校外机构一起,共同开发跨学

科课程。运用基于问题的在线学习, 扩大学生对跨学科 STEM 的学习体验, 帮助学生扩展跨学科课程空间, 让学生在跨学科背景下学习和应用综合知识。目前, 美国“支持制造者运动”席卷全国, 允许包括青年在内的个人成为社区的创造者和变革者, 让他们获得使用工具、知识和金融手段进行教育、创新和发明的途径。这一运动可以有效促进 STEM 学习, 不同背景、文化和特征的青年可以通过设计和制造来培养创造力、创新精神和企业家精神。第三, 建立多元智能的学习评价方式。为了保证 STEM 课程的卓越, 评价方式的改革势在必行。未来 STEM 课程的评价应侧重于学生的自主学习能力、个人素养、探究能力。因此, 需要设计出更智能、更多元、易操作的评价方式, 将过程性评价与结果性评价相结合。美国开发了一些软件或程序, 为教师提供学生学习全过程的实时数据, 以便全面考查学生的学习状况。

#### 四、结论与启示

美国 STEM 教育创新旨在让全体公民获得公平而高质量的学习体验。基于这一政策目标, 美国 STEM 教育创新的未来方向主要包括三个方面: STEM 教育通识化、提供公平的 STEM 教育、打造高质量的 STEM 教育。对标使命与愿景, 当前美国 STEM 教育创新面临三大挑战, 即超学科整合思维的缺失、教育资源分布不均、优质教育资源相对匮乏。针对超学科整合思维的缺失问题, 美国提出了跨学科交叉融合的理念, 以及 STEM 教育通识化、终身化的思想。针对教育资源分布不均问题, 美国提出运用现代信息技术共享有限的优质 STEM 教育资源。针对优质教育资源相对匮乏问题, 美国提出加强学校教育与世界工作的联系, 以极大扩充优质的教育资源; 加大 STEM 教师的选拔和培训力度, 以解决教师短缺和专业素养不足问题; 创新教学内容和改革评价方式, 以解决优质 STEM 课程不足问题。美国 STEM 教育的战略变革对仍处于起步阶段的中国 STEM 教育具有诸多的启示和借鉴。

第一, 树立 STEM 教育融通化、通识化的理念。STEM 教育要由多学科向“超学科”发展。各种不同学科知识犹如七色光, 多学科的 STEM 教育呈现出来还是七种不同的光, 只有通过超学科的处理, 才能使七色光叠加在一起后形成一道白光, 实现七色光的真正融合。STEM 教育的融通化为其通识化提供了可能性, 整合性的知识更

容易为普通大众所接受。中国 STEM 教育从 2012 年开始逐渐得到关注和推广, 但仅在北京、上海、广州等发达城市实施, 而且部分学校只有优等生才有机会参与 STEM 教学活动。美国 STEM 教育政策的目标, 除了整合科学、技术、工程、数学外, 还包括培育博识的、高素质的公民, 其 STEM 教育通识化趋势日趋强劲。因此, 有必要打破 STEM 教育精英化的偏见, 使 STEM 教育公平惠及所有学生。STEM 教育应该是通识化、普及化、终身化的, 是一种人人都应接受的教育。科学精神、工程思维、人文情怀是 STEM 教育的核心要素, 是 STEM 教育通识化的发展方向。STEM 教育的通识化客观上要求打通各学习阶段, 实现 STEM 教育的终身化。近年来, 中国 STEM 教育由于缺少国家层面的顶层设计, 基础教育向下与学前教育没有联通, 向上与高等教育没有联通, 各地各校对 STEM 教育的认识不同、对其能力标准和评价标准不同, 使得 STEM 教育在不同学龄段的开展缺乏衔接性和系统性。因此, 当务之急是要完成 STEM 教育生态系统的建设, 即要建立各学习阶段的有效联系, 使不同阶段的教育突破原有的樊篱, 开始融通, 实现人才培养的连续性。

第二, 整合各方力量, 极大扩充优质 STEM 教育资源。STEM 教育事关国家科技竞争力, 需要全社会共同推进, 需要整合各种社会资源, 形成人才培养的合力。目前中国 STEM 教育的推动, 在国家层面缺乏系统性规划和顶层设计, 对于人才培养的多元利益相关者, 如政府、学校、企业、学术机构、社区等, 缺乏协同推进机制, 尽管国内 STEM 教育也组建了一些联盟, 但都是松散机构, 没有形成全社会的合力, 社会联动机制还不健全。美国 STEM 教育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。<sup>[20]</sup>中国在协同开展 STEM 教育过程中, 离不开各类资源的整合, 应打破传统各自为政的局面, 使优质的 STEM 教育资源极大涌现。国家要鼓励各方主体聚焦提高全民 STEM 素养工作, 共同关注 STEM 教育需求, 提供高质量的专业发展, 创建项目, 为学生和教师提供资源和工具。当前的一个主要着力点是加强产教融合、校企合作。产教融合强调校企双向的互动与整合, 学校与行业企业紧密联系培养人才,

使学生学习未来职场所需的工作技能,有效培养学生的实践能力、创新能力和解决复杂问题的能力。

第三,利用现代信息技术,促进STEM教育的公平分配。STEM教育发展不充分、不均衡是中国的突出特点,采用“互联网+教育”促进优质教育资源共享是中国STEM教育的必然选择。事实上,美国面对STEM教育发展不均衡的问题,主要运用信息化手段,将STEM教育向贫困人群、少数民族和教育水平落后的地区倾斜,努力推进STEM教育公平发展。近年来,中国加快教育现代化和教育强国建设,推进新时代教育信息化发展,结合国家“互联网+”、大数据、新一代人工智能等重大战略的任务安排,出台了一系列政策文件,如《教育信息化2.0行动计划》和《2018年教育信息化和网络安全工作要点》等。通过完善教育信息化基础环境建设、深化数字教育资源开发应用与供给服务、拓展网络学习空间应用广度与深度、促进信息技术与教育教学融合发展等一系列措施,必将促进STEM教育公平而有质量的发展。

#### 参 考 文 献

- [1] JULIE THOMPSON KLEIN. A taxonomy of interdisciplinarity[M]//The Oxford handbook of interdisciplinarity. Oxford University press, 2010:15-30.
- [2] 王永倩. STEAM教育中A的七种含义,这位美国艺术教育博士一次性说透了[EB/OL]. [https://www.sohu.com/a/212652365\\_691021](https://www.sohu.com/a/212652365_691021).
- [3][20] 中国教育科学研究院STEM教育研究中心. 中国STEM教育白皮书[R]. 北京:中国教育科学研究院,2017:31,38.
- [4][https://www.fmprc.gov.cn/web/ziliao\\_674904/zt\\_674979/dnzt\\_674981/qtzt/2030kcxzfzyc\\_686343/t1331382.shtml](https://www.fmprc.gov.cn/web/ziliao_674904/zt_674979/dnzt_674981/qtzt/2030kcxzfzyc_686343/t1331382.shtml).
- [5] 赵慧臣,马悦,马佳雯,等. STEM教育中如何实现教育公平——《STEM教育需要所有儿童:公平问题的批判性审视》报告启示[J]. 现代远程教育研究,2018(5):59-67.
- [6][7][10] Committee on STEM Education National Science and Technology Council. Federal STEM Education 5-year Strategic Plan[R]. 2013.
- [8] 吴向东,王继华. 面向高质量STEM教育的鸢尾花教学模式[J]. 中小学数字化教学,2017(1):49-52.
- [9] 吕秋艳. 美国掷重金发展STEM教育[J]. 世界教育信息,2018,31(23):76.
- [11] 金慧,胡盈滢. 以STEM教育创新引领教育未来——美国《STEM2026:STEM教育创新愿景》报告的解读与启示[J]. 远程教育杂志,2017(1):17-25.
- [12] U. S. Department of education. U. S. department of education releases guidance on supporting early learning through the every student succeeds act[EB/OL]. [2016-12-11]. <http://www.ed.gov/news/pressreleases/us-department-education-releases-guidance-supporting-early-learning-through-every-student-succeeds-act>.
- [13][14] STEM2026: A Vision for Innovation in STEM Education[R]. Department of Education, United States of America. 2016:2,3.
- [15] 吴慧平,雷晓晴. 美国实施科学(STEM)教育面临的挑战及应对策略——以巴尔的摩市为例[J]. 教师教育论坛,2017(4):70-73.
- [16] 金婉霞. STEM:高大上理念缘何滋生大杂烩培训[N]. 文汇报,2019-05-10(8).
- [17] 李函颖. 美国STEM教育的困境与走向——《美国竞争力与创新力》报告述评[J]. 比较教育研究,2014(5):53-58.
- [18] 赵慧臣,陆晓婷,马悦. 基础教育、高等教育、企业以及教育管理部门协同开展STEM教育——美国《印第安纳州科学、技术、工程和数学(STEM)行动计划》的启示[J]. 电化教育研究,2017(4):115-121.
- [19] 程宇. 促进可持续发展与工作世界的衔接——国际组织在行动[J]. 职业技术教育,2012(15):49-51.

## The Trend of STEM Education Innovation in the United States: For Fair and High—quality Learning Experience

Bai Yixian

**Abstract:** STEM education innovation in the United States aims to provide all citizens with fair and high-quality learning experience. In order to achieve this goal, STEM education will be generalized, fair and of high quality. At present, it faces three major challenges: the absence of transdisciplinarity integrated thinking, uneven distribution of educational resources and relatively insufficient high-quality

ty educational resources. To solve these problems, the United States proposed some countermeasures; to put forward the idea of general education, lifelong education, and interdisciplinary integration, to share limited high-quality STEM education resources by using modern information technology, to strengthen the connection between school education and the working world, to increase selectivity and improve training of STEM teachers, and to innovate the content and evaluation methods of STEM education. China can draw lessons from the strategic reform of American STEM education, such as learning the ideas of general education, enriching STEM educational resources, adopting modern information technology and promoting the equal distribution of STEM education.

**Key words:** STEM education in the United States; generalization; interdisciplinary; education equity; education quality (责任编辑 莫宇元)

---

(上接第 148 页)

- [5] CRAWLEY, EDWARD F. Reimagining Engineering Education[J]. *Mechanical Engineering*, 2018, 140(2):16.
- [6] 于海琴,陶正,王边江等. 欧林:打造工程教育的“实验室”(上)——访欧林工学院校长理查德·米勒[J]. *高等工程教育研究*, 2018(3):45-52.
- [7] 李曼丽. 独辟蹊径的卓越工程师培养之道——欧林工学院的人才教育理念与实践[J]. *大学教育科学*, 2010(2):91-96.
- [8] 赵永生,刘磊,赵春梅. 教学学术视野下的 CDIO——兼论燕山的实践与探索[J]. *高等工程教育研究*, 2017(6):141-144+172.

## Cultivating Higher—order Thinking Skills by Project—based Learning

*Zhao Yongsheng, Liu Cui, Zhao Chunmei*

**Abstract:** The teaching mode for the cultivation of college students' higher-order thinking skills is student-centered and teacher-oriented, which features openness, challenge, innovation and mutual promotion between teaching and learning. Project-based Learning (PBL) possesses all the main features of the learning mode of higher-order thinking. The educational reform in many well-known universities both at home and abroad has proved that the PBL is able to cultivate talents with higher-order thinking skills, and PBL is the most effective teaching mode for higher-order thinking skills learning.

**Key words:** PBL; higher-order thinking skills; cultivation of innovative talents (责任编辑 莫宇元)