

以 STEM 教育创新引领教育未来

——美国《STEM 2026:STEM 教育创新愿景》报告的解读与启示

金 慧 胡盈滢

(上海外国语大学 教育信息化国际比较研究中心, 上海 200083)

[摘 要] 在 21 世纪复杂世界中维持竞争力, 离不开科技创新和人才培养。美国政府深刻认识到了这一点, 将 STEM 教育放在突出位置, 先后发布了各类 STEM 教育相关政策, 旨在让所有学生获得优质的 STEM 教育。2016 年 9 月, 美国研究所与美国教育部联合发布了《STEM 2026:STEM 教育创新愿景》(STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education)。该报告旨在促进 STEM 教育公平以及让所有学生都得到优质 STEM 教育的学习体验, 对实践社区、活动设计、教育经验、学习空间、学习测量、社会文化环境等六大方面提出了愿景规划, 指出了 STEM 教育未来十年的发展方向以及存在的挑战, 如, 教育资源分配问题、缺乏早期教育研究等。为此, 在梳理美国 STEM 教育历史背景的基础上, 充分提炼了该报告中美国 STEM 教育的未来发展方向及其应对挑战策略, 以期对我国 STEM 教育战略有所启示与借鉴。

[关键词] STEM 教育; 教育公平; 学习体验; 创新愿景; 创客教育; 创客空间

[中图分类号] G40-057 [文献标识码] A [文章编号] 1672-0008(2017)01-0017-09

DOI:10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2017.01.002

一、引言

21 世纪的人才要在当今复杂世界中维持竞争力, 需要具有快速掌握新的知识技能以解决复杂问题、收集和评估信息的能力, 尤其是从各种数字媒体中获取信息的能力。各国的教育实践表明, STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics; 科学、技术、工程、数学) 教育有助于培养学生的科学探究能力、创新意识、批判性思维、信息技术能力等未来社会必备的技能 and 创新能力, 并有可能在学习者的未来生活和工作中持续发挥作用。随着对 STEM 知识技能需求的逐渐增长, 各国政府力推将 STEM 教育作为未来中小学阶段的重要教育内容。

美国的 STEM 教育已有近 30 年历史的积淀, 其特点是由政府顶层设计, 并集结各方力量, 共同促进 STEM 教育发展。美国联邦政府、各州各地方政府、相关研究机构、非盈利组织以及社会人士等投入了大量的资金和人力, 为创新性人才的培养提供支持。正如 2015 年奥巴马所提到的: “我们正在为培养具有问题解决能力、批判性思维、STEM 素养的学生做出努力。挑战虽然不少, 但做出的努力是有价值的, 至少目前已经产生了效果”。^[1]

2015 年 3 月-8 月, 美国教育部与美国研究所 (American Institutes for Research, AIR) 合作在华盛顿和纽约多次举办了一系列研讨会, 邀请近 30 名 STEM 领域专家学者分享他们对 STEM 教育未来愿景的想法和建议。2016 年 9 月 14 日, 美国研究所与美国教育部综合了研讨会与会学者对 STEM 未来十年的发展愿景与建议, 联合发布了名为《STEM 2026:STEM 教育中的创新愿景》(STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education, 以下简称《STEM 2026》) 报告。该报告从实践社区、活动设计、教育经验、学习空间、学习测量、社会文化环境等六大方面提出了愿景规划, 指出 STEM 教育未来十年的发展方向以及存在的八大挑战, 对未来 STEM 教育的发展具有较好的指导作用, 同时, 也对我国 STEM 教育规划有所借鉴。

二、美国 STEM 教育发展历史

美国对 STEM 教育的重视由来已久。在教育政策方面, 随着经济发展和技术进步, 美国政府对教育法案也不断地进行修订和更新, 并发布一系列与法案相关的指导性文件, 以帮助解读法案和有效落实



新的规定。

(一)美国 STEM 教育政策的发展背景

早在 1986 年,美国国家科学委员会(NSB)就发布了《本科的科学、数学和工程教育》(*Undergraduate Science, Mathematics and Engineering Education*)报告,也称为《尼尔报告》(*Neal panel's report*)。^[2]这是美国第一个关于 STEM 教育的政策指导文件,是 STEM 教育发展的开端。该报告肯定了 SME&T (Science, Mathematics, Engineering & Technology) 教育的突出地位,并对 STEM 教育的发展提出了指导性意见,包括加大投资力度、加强宣传力度、加强各机构之间合作等。^[3]

1996 年,美国国家科学基金会(NSF)发布了《塑造未来:透视科学、数学、工程和本科学的本科教育》(*Shaping the Future: Strategies for Revitalizing Undergraduate Education*),该报告旨在快速实现振兴本科教育的目标,并制定可实施的战略以改善科学、数学、工程和本科学的本科教育,并将重点关注 K-12 阶段(幼儿园阶段到 12 年级阶段)STEM 教师师资的培养。^[4]

2006 年 2 月,布什政府发布了《美国竞争力计划》(*American Competitiveness Initiative, ACI*),通过加大在科学技术领域的投资力度来提高美国的创新力及在全球范围内的竞争力。该文件是关于 STEM 教育的重要政策文件,其中提到“要用创新引领世界”(Leading the World in Innovation)这一宏伟目标,并指出知识经济时代教育目标之一是培养具有 STEM 素养的人才。^[5]此后,美国的 STEM 教育进入快速发展阶段。

之后,奥巴马政府先后出台多项政策以缩小 STEM 领域技术现状与发展机遇之间的鸿沟。2010 年 9 月 16 日,奥巴马总统正式推出“变革方程”(Change the Equation, CTEq)教育计划,在一百多家企业执行总裁(CEO)倡议下,成立了非盈利组织,立足于商业和教育的结合点,致力于促进中小学 STEM 课程的开展。“变革方程”计划不仅力求实现奥巴马“创新教育”(Educate to Innovate)运动的使命,使更多个人和慈善组织参与到 STEM 教育中来,还旨在满足美国劳动力和公民对科学、数学能力培养的需要。^[6]

另外,奥巴马政府还成立了“STEM 教育委员会”(Committee on STEM Education),贯彻实施一系

列国家战略,以深化联邦投资对 STEM 教学和学习的影响。该委员会包括所有的特派科学机构以及联邦教育部。2013 年 5 月,委员会颁布了《STEM 教育五年战略规划》(*Federal Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Five-Year Strategic Plan*,以下简称《五年计划》)。《五年计划》旨在促进联邦机构合理有效地利用联邦投资,优先发展国家的 STEM 教育。为此,《五年计划》确定了五个 STEM 教育优先投资领域和两个协调战略,促使联邦机构合作共同解决 STEM 关键挑战,提高联邦 STEM 投资的影响,改进 STEM 教育。^[7]2015 年 12 月 10 日,奥巴马总统签署了《每一个学生都成功法》(ESSA),关注可能取得教育进步的关键领域,包括鼓励地方投资和创新以促进 STEM 教学和学习,确保学生和学校取得成功。^[8]2016 年 1 月,奥巴马的电视讲话——“给每一个学生学习计算机的机会”(Computer Science for All),主张从各州各地区角度提供更多资源,为 P-8 阶段(学前阶段到 8 年级阶段)的学生创造优质的计算机科学学习机会,提供更多的高中计算机科学课程。^[9]

2016 年 9 月,美国政府颁布的《STEM 2026》报告,阐明了 STEM 教育的最新研究情况,探讨如何改进 STEM 教学和学习,如何确保整个国家的所有学生,全面且多样性地参与到 STEM 学习中来并获得成功。该报告是对以上法案或政策的补充和拓展,具有非常明确的指导意义,将对美国未来 STEM 教育的发展产生深远影响。

(二)美国 STEM 教育的发展现状

美国政府强调,STEM 教育是面向所有学生的全面素质教育的重要组成部分,对 STEM 教育经费的投入也不断增加,主要体现在联邦政府机构的高额经费投入和逐年增加的年度总统预算上。2016 年 3 月,从美国总统行政办公室发布的《联邦机构 STEM 教育进度报告》中可以看到,14 个联邦政府机构对近 200 个 STEM 教育项目进行投资,每年投资总额都达到了 29 亿美元以上,且从 2015-2017 年投入的总量在逐年增加。^[10]另外,在奥巴马政府发布的 2016 和 2017 总统预算中可以发现,2016 年对 STEM 教育的投资将超过 30 亿美元,比 2015 年增加了 3.6%。^[11]在今年发布的 2017 年总统预算中提到,将有 40 亿美元的额定资金投入 STEM 教育中,并提供超过 30 亿美元作为联邦政府的自

由支配资金,并可对 STEM 教育项目进行自主投资。^[12]

在政策和资金的大力扶持下,美国 STEM 教育成效明显。美国创新与改进办公室 (Office of Innovation and Improvement, 以下简称 OII) 在 2016 年 9 月称:目前,STEM 教育在挖掘早期教育以及终身兴趣培养可能性方面取得了一定成就,而且 STEM 教育关注到了年龄最小的学习者群体,也获得了教育系统内外的广泛重视和参与。^[13]

不过,美国的 STEM 教育在社会经济、地域、种族、性别以及有缺陷学生等方面,仍然长期存在着不平等或发展不均衡现象;师资力量不足,也是促进 STEM 教育公平发展中遇到的巨大挑战。

最新颁布的《STEM 2026》报告指出,目前为缩小这些差距而制定的政策和行动,仍旧没有被大规模的传播和实施。虽然,教育部以及各州、各地方政府已经把 STEM 教育发展工作放在首要位置,但仍未取得大规模的实效,一些问题依旧比较突出,比如,提供的资金与实际使用情况不一致,人们对 STEM 长期的刻板印象造成的阻力等等。

正是认识到之前提到的长期存在的不平等现象,《STEM 2026》总结了 2015 年研讨会各专家学者的讨论结果,并提炼出未来十年的 STEM 教育愿景。该报告不是建立一套规范的活动,而是激励各方积极行动,来帮助政策制定者、研究人员、教育者、行业领导者以及更广泛的公众,开展 STEM 教育的最佳实践。

三、美国 STEM 教育创新的六大愿景

《STEM 2026》旨在推进 STEM 教育创新方面的研究和发展,并为之提供坚实依据。该报告提出了六个愿景,力求在实践社区、活动设计、教育经验、学习空间、学习测量、社会文化环境等方面促进 STEM 教育的发展,以确保各年龄阶段以及各类型的学习者都能享有优质的 STEM 学习体验,解决 STEM 教育公平问题,进而保持美国的竞争力。

STEM 教育的六个愿景分别为:(1)网络化且参与度高的实践社区;(2)加入特别设计的游戏和风险的学习活动;(3)包含用跨学科方法解决“大挑战”的教育经验;(4)创新技术支持的灵活且包容的学习空间;(5)创新且具操作性的学习测量;(6)促进多元化的社会文化环境。具体如图1所示。

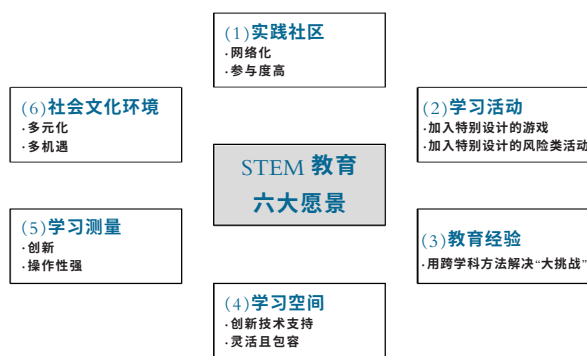


图1 STEM教育的六大愿景

(一) 网络化且参与度高的实践社区 (Engaged and Networked Communities of Practice)

报告指出,到2026年,STEM教育的实践社区 (Communities of Practice) 将是相互协作、网状化关系的系统,STEM教育将渗透到学习者日常生活的方方面面。教师、领导者、优秀实践者等各方力量将与图书馆、博物馆、学校、企业、社区组织、指导人员等各方面资源相整合,共同打造具有地方特色的实践社区。未来的实践社区至少包含两个目标:网络化且参与度高。

网络化强调实践社区的系统性,策略是可以组建专业网络,将教育者与创新者融入到实践社区中,为所有人提供资源并提高学习体验,如,匹兹堡的“重构学习”(Remake Learning)项目;^[14]或采用系统性改革方法帮助学习者更好地学习数学和科学,如,“阿拉斯加原住民社区系统”(Alaska Rural Systemic Initiative)项目。^[15]

参与度是指投身于实践社区的 STEM 教育者的角色类型和数量,愿景是希望所有与知识、工具、资源及专业知识建设相关的学校、早教机构、社区、来自学校、企业等各行业、各领域中的正式和非正式教育者和学生都积极参与到校内外 STEM 教与学的进程中。

到2026年,一个网络化且参与性高的实践社区将在 STEM 教育生活化以及优化 STEM 学习体验方面发挥关键作用。

(二) 加入特别设计的游戏和风险的学习活动 (Accessible Learning Activities that Invite Intentional Play and Risk)

学校系统中一直被忽视的“做中学”恰恰在 STEM 教育中起到关键作用。在未来十年中,学校学习的各个阶段都将有意识地引入特别设计的游戏和风险类活动,如,引入最新的科学理念和技术并将科



学竞技类的比赛活动整合到课堂活动中。此类活动门槛低,容易掌握,适合包括残疾学生、双语学习者等所有类型的学习者。到2026年,在各类STEM主题的课堂活动中,学习者设计和创造的欲望将激发他们对STEM学习的好奇心;在与他人共同学习和思考的过程中,学习者将收获归属感并学会以团队协作方式来解决现实世界的问题和挑战。通过对未知领域的探索 and 发现,学习者将看到自己在STEM领域做出的小成就。

趣味性和风险性是对未来STEM学习活动设计的重要要求。设计趣味性强、动手实践类的调查活动可以培养学习者的好奇心、发现能力和进取心。风险性的引入能有效唤起学习者的责任意识,学会承担,不怕失败,让学习者在“试误”中学习。

(三)包含用跨学科方法解决“大挑战”的教育经验(Educational Experiences that Include Interdisciplinary Approaches to Solving “Grand Challenges”)

“大挑战”(Grand Challenges)指的是当地社区、国家层面或者全球范围内还未解决的问题,如,节水或改善水质问题;如何更好地了解人类大脑;发现预防、治疗脑疾病或损伤的新方法等。在未来STEM教育发展中,美国将“大挑战”问题引入到P-20(学前教育到20年级)阶段教育或其他课后项目活动中,将其涵盖学习的各个阶段,并整合STEM教育经验和资源,用跨学科方法解决真实世界的“大挑战”。

白宫科技政策分析办公室(Office of Science and Technology Policy, OSTP)称该愿景“远大但可以实现”。到2026年,美国将会通过有效的机制来支持学生获得跨学科解决“大挑战”的教育经验,以确保所有学生可公平地获得优质的学习体验,并将跨文化、跨专业合作的方法和内容引入到STEM教学中。学校中的非正规教育工作者和教师将平等获得培训和资源,相关机构将帮助他们构建教学框架和创造学习经验。

包含用跨学科方法解决“大挑战”的教育经验至少强调三个特点:一是整合性,即将STEM学科之间以及与非STEM学科之间的分界打破;二是与实际生活相结合,在学习过程中加入“大挑战”任务,以帮助学生们更好理解STEM与生活之间的相通性,看到STEM在实际生活中的价值,为自己和他人造福;三是公平性,即在STEM学习过程中融入多元化的学生群体(异质性),特别关注女性学习者、少数民

族、低收入或残疾的学生等。

(四)创新技术支持的灵活且包容的学习空间(Flexible and Inclusive Learning Spaces Supported by Innovative Technologies)

灵活且包容的学习空间是指在组织、装备和获取信息方面为教育者和学习者提供更为灵活的空间,包括传统教室、自然世界、创客空间以及通过虚拟现实手段或基于技术的平台等,以加强学习者的STEM体验。灵活的学习空间可以适应各种学习活动,在非教师主导的课堂环境中,激发学生创造力,促进协作学习、发现学习以及实验学习。超越时空限制的学习空间,还能够为促进STEM概念的探索和STEM技能的发展提供新模式。

未来的STEM教育会利用翻转课堂和技术支持的工具,来创造更具灵活性和包容性的学习空间,并建立有效机制以确保获得和使用这些方法和工具的公平性。未来的课堂将是以学习者为中心的,学习者可以在课外时间通过在线视频获得知识,随后在课堂上更积极地应用学习内容。学习者还可以通过其他技术来获得跨学科的、更加真实的STEM学习体验。《STEM 2026》报告中提到:未来可能颠覆STEM课堂的六类技术,包括在线协作工具、在线混合的教育环境、沉浸式媒体、仿真游戏、智能导师系统和增强与虚拟现实。这些技术能够深化STEM学习,无限扩大物理教室的空间范围。

(五)创新且具操作性的学习测量(Innovative and Accessible Measures of Learning)

奥巴马曾指出,“整个国家需要重新思考如何对学生采用更少、更智能、更好的(Fewer, Smarter, and Better)考评方式”。^[16]未来的学习测量方式将更具创新性和可操作性,这充分体现学习者能力的多元化,既让学生体会到STEM学习中的成就感,又不会倍感压力。在之后的二十年里,学习测量的重点将是学习者的持续学习能力、个人素养、学术探究能力以及终身技能学习等方面。

报告指出:未来的学习测量将具有可操作性。采用不会过多占用课堂时间的形成性评价,能够为教育者带来学习者的真实学习数据,像安排学习观察者、根据学生作业集评分、学生展示等都是较好的操作性强的形成性评价方式。

另一方面,学习测量需要创新。随着技术的引入,像电子徽章、教育游戏、实时评估等都是学习测量的创新实践。其中,实时评估可以识别有意义的行

为模式,从而帮助教育者根据学习测量结果调整教学。像“Ripple Effects”、“The Social Express”等组织,为学习者提供虚拟的环境、讲故事的平台以及交互的体验,都是测量学习者社交能力的新尝试。^[17-18] Fialmen Games 公司开发一款教育游戏,可以用多种表现形式向中学生介绍科学概念,^[19] 并提供实时辅助功能,解决学习者可能遇到的困难。总之,到 2026 年,理想的学习测量应该是多层面且整体的,关注学习者全方位的素质与技能,促进 STEM 教育和终身学习发展。

(六) 促进多元化且多机遇的社会文化环境 (Societal and Cultural Images and Environments that Promote Diversity and Opportunity in STEM)

反复接触的形象、主题和想法,会影响人们的信仰、行为和态度。未来 STEM 的社会文化环境,将是多元化且多机遇的。采取的策略是:一方面,促进社会多元文化交融,提升包容性,逐渐减少隐性偏见,尤其是在性别、种族、人种等方面;另一方面,为了能够有效消除人们对 STEM 的历史偏见,减少因偏见所造成的发展阻力,美国将在媒体影视形象创作、软件游戏开发等方面,宣传对 STEM 教育的正确认识,在 STEM 教具开发方面,注重描绘种族、文化和性别等身份多样性问题。

四、未来 STEM 教育创新的八大挑战和对策

实现 STEM 教育的新愿景,需要多个利益相关者的参与和协作。所有相关人员必须以当地情况为基础,携手合作,共同制定并不断完善 STEM 教育的目标,使其尽可能消除影响学生参与的地方差异,充分利用地方优势,满足当地学生多样性的学习需要。由于地方背景不同、经济发展不均衡以及历史偏见仍然存在,STEM 教育在推进过程中仍然存在挑战。

《STEM 2026》报告总结出了八大挑战,分别为:(1)促进公平的 STEM 教与学经验和资源;(2)培育参与度高且网络化的 STEM 实践社区;(3)重新设计课堂活动以提高趣味性和风险性;(4)开展早期 STEM 教育;(5)打破 STEM 学科间以及与其他非 STEM 学科间的分界;(6)重新构想学习空间;(7)开发创新且可操作的学习评价方式;(8)赋予 STEM 新面孔以促进多元化、多机遇的社会环境(如图 2 所示)。

(一) 促进公平的 STEM 教与学经验和资源

贫困学校的学生经常无法获得科学、数学等核心科目的有经验教师的指导,而且许多学生甚至没

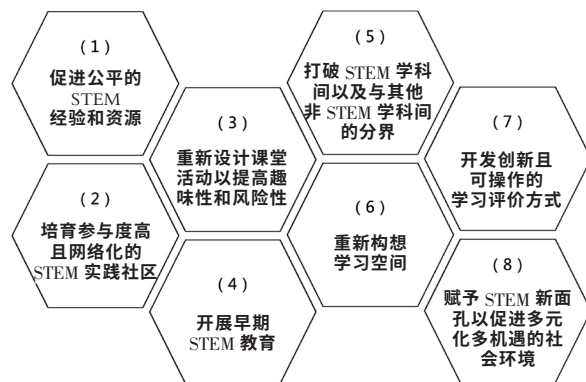


图 2 未来 STEM 教育创新的八大挑战

有机会接触到可能使他们进入中学和获得工作的 STEM 课程。《STEM 2026》报告指出,贫困、日常教学资源的分布不均、数字鸿沟的存在、特殊人群受教育的公平性等问题,一直困扰着 STEM 教育全面发展的进程,STEM 教育经验和资源分布不均的问题仍然长期存在,并将不少青少年拒之门外。

为了应对这一挑战,报告指出,要加强教育资源建设,促进教育公平,需要重点关注 STEM 师资队伍的培养,尤其是 STEM 教育资源匮乏的地区;关注多样性的学习者,比如,年轻女性、特殊人群,提高各类群体接触 STEM 教育的机会。

(二) 培育参与度高且网络化的 STEM 实践社区

目前,STEM 早期教育和优质 STEM 辅导的实践社区之间,还未形成网络化的沟通,这是实现 STEM 2026 愿景的关键挑战。为克服这一挑战,要基于当地社区独特背景和需求,建立传播 STEM 学习的地方网络系统,做好实践社区的培育工作,来促进社区间协作和持续性学习。另外,还需要不断吸纳来自不同群体的力量,如,政策制定者、资助者、慈善组织、非营利组织、研究人员、实践者以及社区领导者,共同发展 STEM 实践社区,力求为社区内所有青少年提供有效的 STEM 学习机会;在社区利益相关者之间建立有效的伙伴关系,促进从幼儿园到大学的 STEM 教育的连续性;帮助学生开展 STEM 各学科领域的科学探索。

(三) 重新设计课堂活动以提高趣味性和风险性

“失败”的概念通常在我们的教育系统中具有巨大的负面影响。在加强 STEM 学习和发展 STEM 知识、技能方面,“这种固有的‘不能容忍失败’的现象会阻碍创新潜力的实现”。^[20]事实上,尝试挫折和失败是强化学习的好机会。设计能够提高趣味性和风险性的课堂活动,可以让学习者在尝试解决复杂



问题的新方法上愿意承担风险。正是失败后提出新问题,才能开始新调查,并确定之前的技术、结构或创新为什么不起作用的原因。

未来 STEM 教育面临的关键挑战,是如何设计允许学生尝试和失败的课程及学习活动。目前,如火如荼开展的创客运动正是这方面的重要尝试。STEM 方面的创客空间项目可以提高学生参与 STEM 学习的积极性,有助于推动 STEM 教育进程,通过创建“创客空间”(Makerspaces)强化学生的职业技能,用创新的方法吸引不同文化背景的学生,培养学生的创造力。另外,有些项目正在尝试将“创客活动”整合到他们的课程或非正式的课后计划中,^[21]支持将“创客活动”融入课堂教学中。

总之,为了应对这一挑战,未来的 STEM 教育需要获取学习结果的过程,在过程中发展衡量学习者的学习行为;修正“害怕失败”的心理,允许学习者犯错;深化“创客运动”影响,鼓励利用“创客空间”打造地方特色学习活动,从而重新设计能够提高趣味性和风险的课堂活动。

(四)开展早期 STEM 教育

优质的幼儿教育,是帮助儿童在学校和生活中茁壮成长的基础。高质量的早期学习计划,有助于缩小低收入家庭儿童与富裕的同龄人之间的成就差距。2015 年,由奥巴马签署的《每个学生都成功法》(ESSA)首次提出,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、领导者和其他为幼儿服务人员的能力,以提供最优质的早期教育。^[22]

早期 STEM 教育需要融入到现有幼儿教育体系,采取适合 STEM 早期学习发展的最佳做法。比如,推进适合幼儿园和早期儿童的教育电视节目和数字媒体材料,通过高质量的节目和应用程序,来帮助发展儿童的早期 STEM 学习并为进入学校而准备。另外,可以考虑为家长、监护人和学前教育者制定一套资源和建议,用简单的方式将 STEM 概念纳入日常活动中,以强化早期儿童的 STEM 学习。

(五)打破 STEM 学科间以及与其他非 STEM 学科间的分界

在 STEM 领域,科学和技术创新不是在一个学科范围内真空地发展而成的,而是由一个跨学科的团队在解决地区、国家或全球挑战中形成的。有研究表明,“由于现实世界的问题本质上是跨学科的,在解决真实问题过程中,采用这种跨学科的学习方式,

可以促进对 STEM 概念的理解”。^[23]为了更好地反映知识的应用情况并在现实世界中获得更多新知识,《STEM 2026》报告指出:要打破 STEM 学科间以及与其他非 STEM 学科之间的分界线,将跨学科的学习方式整合到 P-12(学前教育阶段到 12 年级阶段)课程中。

实现这一愿景的挑战是如何为教育者提供充足的知识、资源和策略准备,以有效地实施综合和跨学科的 STEM 学习活动。具体措施包括:要确保所有学生都能获得必要的资源和支持,帮助所有学生培养 STEM 素养,获得多学科 STEM 学习经验;为教师建立关于科学、数学和技术方面的本质认识并梳理发展历史,培养科学素养,打破 STEM 学科间以及与其他非 STEM 学科之间的分界线;鼓励体制内学校和体制外机构共同开发“大挑战”课程来促进 STEM 教学,增加“大挑战”教育者的培训,确保这种整合 STEM 教学适合学习者学习并发挥应有的作用。

(六)重新构想学习空间

学习空间方面存在的挑战,是如何促进更广泛和更有效地使用翻转课堂和技术工具,来打造灵活、具有包容性的学习空间。到目前为止,大多数关于翻转课堂的研究,都依赖于教师和学生的自我报告(Self-report)。在教育技术领域,常规研究与评估周期的速度远比不上产品革新的速度,这导致更新的方法以及工具的应用通常很少,或没有基于有效性的证据。

为了应对这一挑战,需要设想如何创造有利于开展探究活动、基于技术的学习空间,保证学生可以自由地在这个空间进行研究、学习,并适用于特殊群体(尤其关注残疾学习者)。另外,需要考虑学习空间的拓展,为 STEM 教学提供一个教育和学习的植入模式,将自然世界、虚拟空间作为教室,让参与的学生感受到真实的特定问题情境。

在《STEM 2026》报告中提到,一些技术或工具的使用可以促进 STEM 教育,打造“未来教室”,如,大规模在线开放课程(Massive Online Open Courses, MOOCs)、增强现实技术(Augmented Reality)以及 3D 打印技术等。

(七)开发创新且可操作的学习测量方式

如果学习测量的目标不明确,很有可能既占用许多宝贵的教学和学习时间,又降低课堂的创新力。此外,为了减少对具有创造性思维的学生的限制,需要采取更为全面和包容的评价机制,以衡量和深化

学生在学习过程中的各项技能和知识掌握情况。目前,遭遇的关键挑战是测量方式的增长是有限的,而且现有评价指标可能存在着偏差。为了应对挑战,应该用更为全面的评价方式来衡量学生能力,并根据现有评价的局限性做出改进,以减少对制定和实施创新性学习的阻力。

《STEM 2026》报告提议,可以开发创新且可操作的学习测量方式,并采用技术手段来支持并深化个性化考评的进程,所采用的方式、材料、平台或设备,应该能够服务于各种类型的学生。具体包括:开发一些程序,将游戏融入教学中,在吸引学生的同时更全面地衡量学生的学习,并提供个性化且及时的支持。这些软件或程序可以为教师提供学生学习的实时数据,教师可以使用相应的标准来观察和记录学生的技能和行为规范,从而能够在具体情况下评估学生的学习行为。这类评估方式还能够为教师提供即时反馈,在学习过程中进行重新定向,或提供其他支持来帮助学生在在学习过程中找到重点。技术嵌入式评估模型的初步数据分析表明,学生在批判性思维指导下,在推理、解决问题和沟通技巧方面取得了显著的进步。

(八)重新定义 STEM 形象以促进多元化多机遇的社会环境

实现《STEM 2026》必须克服的第八个关键障碍,是排除 STEM 中的历史偏见。长期以来,历史和社会文化环境塑造了公众对 STEM 的刻板印象,如:“谁有资格成为科学家”、“谁擅长科学”、“谁本就属于 STEM 实践社区的精英”等。只有克服这一障碍,才能促进社会环境朝多元化、多机遇方向发展。

应对挑战的策略是要赋予 STEM 新面孔,以促进多元化、多机遇的社会环境,提高消除历史偏见的公民意识,注重媒体和 STEM 主题玩具形象设计在传播 STEM 形象当中的作用。流行文化和媒体在扭转影响 STEM 既定观念,以及公众对 STEM 与其日常生活的相关性理解方面,发挥了关键作用。此外,高质量的教育工具和教育电视节目以及电脑游戏和应用程序,可以扩大幼儿接触并获得 STEM 经验的渠道。

五、对我国 STEM 教育战略的启示

我国 2016 年颁布的《教育信息化“十三五”规划》中指出,“在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。”^[24]这表明,我国 STEM 教育在政策层面得到了重视,一些地区正在积极开展 STEM 教育的实践推广工作(如,上海 STEM 云中心)^[25]但在 STEM 教育的推广过程中,还存在政策上缺乏顶层设计、跨学科师资缺乏与社会力量整合不足等问题,这些问题与美国 STEM 教育的现状具有共通性。

美国最新推出的《STEM 2026》报告,是专家学者针对美国国情所提出的对未来十年 STEM 教育的展望,对 STEM 教育普及具有非常明确的指向性,也提供了具体实例来帮助应对目前 STEM 教育存在的挑战。该报告强调参与机构的普及性,希望吸纳更多的社会力量,协同开展 STEM 教育创新;覆盖人群的多样性,希望能够惠及全体学生,尤其是特殊群体;学习活动的娱乐性,希望能够培养创新思维和科学探究的能力;学习结果的有效性,希望通过注重学习测量改变评价方式和创新培养模式。

该报告对我国的 STEM 教育发展规划和研究定位具有非常深远的指导意义。我们认为,具体体现在以下几个方面:

(一)强调政府引导和顶层设计

美国 STEM 教育之所以能够迅猛发展并取得了明显的效果,是和美国政府的重视程度和严谨规划分不开的。近三十年来,美国连续发布多项关于发展 STEM 教育的指导性文件,尤其近年来,奥巴马政府多次强调了 STEM 教育的重要战略地位,并在资金保障、社会参与、项目设计等方面给予大力支持。而最新发布的《STEM 2026》报告,更是从愿景规划、关键挑战、最佳实践、应对策略等方面,对如何创新未来十年美国 STEM 教育,提出了详细方案和指导意见。该报告不仅对 STEM 教育目标的定位清晰,还提出了各级部门、地区、学习应该承担的责任和发展方向。作为教育大国,STEM 教育在我国整个教育体系中的战略地位需要被重新定位。需要结合我国国情和发展基础,进行合理的顶层设计,明确我国 STEM 教育的发展愿景,并促使各级政府在项目开展、资金保障、涉及群体等方面有计划实施,以保证 STEM 教育能够健康有序的发展。

(二)注重学科整合和师资培养

STEM 教育更提倡用跨学科方法解决真实世界的具有挑战性的问题,要打破学科之间的壁垒,使学生获得多学科解决问题的教育经验。《STEM 2026》报告指出了未来需要整合各学科,开展与真实世界有关的任务探究。为了实现这一目标,需要加强具有



跨学科背景的师资力量,尤其是针对 STEM 教育相对落后地区和群体的师资培训,帮助教师们获得多学科 STEM 学习经验,建立关于科学、数学和技术方面的本质认识和科学素养,并提倡教师们将 STEM 教育融入课堂教学中。我国 STEM 教育遭遇到的重大瓶颈也是优秀教师资源的匮乏和分布不均,针对这一挑战,可以借鉴美国开展 STEM 教育师资培养的机制,吸纳社会力量,增加对各级教育的 STEM 师资投入比例和激励机制,提高跨学科教育师资的专业能力和科学素养。

(三) 创新课程设计和社区建设

《STEM 2026》报告着重强调,STEM 课程设计需要创新,主要体现在要开展“做中学”,结合现实中的真实问题,开展一些可能会产生“失败”的学习活动,增加学习过程的趣味性和风险,以此培养学习者的好奇心、探究能力、责任意识和进取心。为了能更好地获得真实探究的教育体验,需要建设更加互联互通的学习社区,强化技术在教育中的支持方式,充分利用在线课程、增强现实和虚拟现实、学习分析、情感计算、机器人等先进技术,为 STEM 教育提供多样化的学习空间。由此可知,美国未来的 STEM 教育不但是创新人才的重要培养模式,也是开展创新创业教育实践的重要基础。我国在建设 STEM 课程时,可以借鉴美国在课程设计、实践社区的建设和学习空间设计等方面的最佳实践,参考一些优秀项目的设计理念、教学方法和考量方式,以创新我国 STEM 课程设计。其中,可以借鉴“创客活动”融入学校教育的实践和方法,体现学校地方特色,开发校本课程,做有特色且符合学生身心发展规律的创客教育。

(四) 提高社会参与和资金投入

在《STEM 2026》的愿景规划中着重指出,要基于地区特色建立 STEM 实践社区,并吸纳各种社会力量协作项目的运作。同时,报告也指出,要充分利用博物馆、媒体开拓学习空间,加强媒体和各类软件形象设计中 STEM 的影响力。STEM 教育的经济投入、媒体宣传和多方参与是其可持续发展的基础,也是可以吸引学生参与的重要方式。我国在实践社区建设、媒体宣传、STEM 非正式学习等方面的投入还非常有限,可以借鉴美国集结多方参与的方式,为 STEM 教育的发展提供更多机会。

六、结语

我国在重视 STEM 教育发展的同时,应该思考

如何为 STEM 教育提供创新的、健康的发展环境和机遇。需要考虑在国家层面规划未来 STEM 教育的课程设置方式、师资培养模式和教育创新模式,增加学科融合的正式和非正式探究类课程类型,帮助学生冲破现有分科教学的局限性,学会多学科解决问题的方法,以培养学生解决真实问题的能力、创新思维和科学素养。另外,还需要思考 STEM 教育的推广和规模化,增加社会参与路径、宣传力度和资金投入,将 STEM 教育和学校教育、创客教育、实践社区等方面结合起来,促进 STEM 教育的参与性、共享性和普及性。

总之,美国《STEM 2026》报告提出了 STEM 教育未来十年的发展愿景,总结了在 STEM 教育中取得的经验以及仍然存在的挑战。我国 STEM 教育才刚刚起步,美国经验对我国 STEM 教育发展以及国际竞争力的提高,无疑有着非常宝贵的借鉴意义。

[参考文献]

- [1]The White House. Preparing Americans with 21st Century Skills Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the 2015 Budget[EB/OL]. [2016-01-12]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/fy_2015_stem_ed.pdf.
- [2]National Science Foundation. A History in Highlights 1950-2000, K-12 and Undergraduate Education[EB/OL]. [2016-12-11]. <https://www.nsf.gov/nsb/documents/2000/nsb00215/nsb50/1980/k12.html>.
- [3]任友群. STEM 视角看教育改革如何促进科技创新[N]. 文汇报, 2015-07-17(06).
- [4]National Science Foundation. Shaping the Future: Strategies for Revitalizing Undergraduate Education. Proceedings from the National Working Conference[EB/OL]. [2016-12-11]. <https://www.nsf.gov/pubs/1998/nsf9873/nsf9873.doc>.
- [5]National Science Foundation. American competitiveness initiative, ACI[EB/OL]. [2016-12-11]. <http://www.nsf.gov/attachments/108276/public/ACI.pdf>.
- [6]Equation C. T. President obama launches change the equation[EB/OL]. [2016-12-11]. <http://changetheequation.org/press/president-obama-launches-change-equation>.
- [7]The White House. Federal Science, Technology, Engineering and Mathematics Education Five-Year Strategic Plan[EB/OL]. [2016-12-11]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf.
- [8]U. S. department of education. Every student succeeds act (ESSA)[EB/OL]. [2016-12-11]. <http://www2.ed.gov/documents/essa-act-of-1965.pdf>.
- [9]Office of Innovation and Improvement. Computer Science for All[EB/OL]. [2016-12-11]. <https://innovation.ed.gov/what-we-do/stem/computer-science-for-all/>.
- [10]The White House. Progress Report on Coordinating Federal Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education[EB/OL]. [2016-12-11]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/fy_2015_stem_ed.pdf.

- OL]. [2016-12-11]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_budget_supplement_fy_17_final.pdf.
- [11]The White House.Investing in America's Future: Preparing Students with STEM Skills Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the 2016 Budget [EB/OL]. [2016-12-11]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_fact_sheet_2016_budget_0.pdf.
- [12]The White House.Stem for All: Ensuring High-Quality STEM Education Opportunities for All Students Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education in the 2017 Budget [EB/OL]. [2016-12-11]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_fact_sheet_2017_budget_final.pdf.
- [13]Office Of Innovation and Improvement. New website highlights progress in early STEM education[EB/OL]. [2016-12-11]. <https://innovation.ed.gov/2016/09/15/new-website-highlights-progress-early-stem-education/>.
- [14]Remake Learning[EB/OL]. [2016-12-11].<http://remakelearning.org/>.
- [15]Harmon L H, Smith, et al. Edvantia [EB/OL]. [2016-12-11]. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED531890.pdf>.
- [16]U. S. Department of education. Obama administration takes action to ensure fewer and better tests for students [EB/OL].[2016-12-11]. <http://www.ed.gov/news/press-releases/obama-administration-takes-action-ensure-fewer-and-better-tests-students>.
- [17]Ripple Effects[EB/OL]. [2016-12-11]. <http://rippleeffects.com/>.
- [18]The Social Express [EB/OL]. [2016-12-11]. <http://thesocialexpress.com/>.
- [19]FialmenGames[EB/OL]. [2016-12-11]. <https://www.filamentgames.com/>.
- [20]Flanagan J. (n.d).making meaningful connections: futureinnovators , meetSTEM [EB/OL]. [2016-12-11]. <http://www.careersandeducation.ca/career-opportunities/new-making-meaningful-connections-future-innovators-meet-stem>.
- [21]Tinkering Studio's Learning Dimensions Framework[EB/OL]. [2016-12-11]. http://tinkering.exploratorium.edu/sites/default/files/sites/default/files/pdfuploads/learning_dimensions_framework_one_pager.pdf.
- [22]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/press-releases/us-department-education-releases-guidance-supporting-early-learning-through-every-student-succeeds-act>.
- [23]Asghar A, Ellington, et al. Supporting STEM education in secondary science contexts, Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning [EB/OL]. [2016-12-11]. <http://dx.doi.org/10.7771>.
- [24]《教育信息化“十三五”规划》[EB/OL]. [2016-06-11]. http://www.ict.edu.cn/laws/new/n20160617_34574_2.shtml.
- [25]上海STEM云中心[EB/OL]. [2016-12-11]. <https://www.stemcloud.cn/>.

[作者简介]

金慧,副教授,上海外国语大学新闻传播学院副院长,教育信息化国际比较研究中心副主任,研究方向:教学设计、新媒体教育应用、网络学习;胡盈滢,教育信息化国际比较研究中心成员,上海外国语大学新闻传播学院教育技术系硕士研究生,研究方向:教学设计、教育信息化。

Innovating STEM Education: Leading Education for the Future——

Interpretation and Enlightenment of “STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education”

Jin Hui & Hu Yingying

(The International Comparative Studies Center for ICT in Education, Shanghai International Studies University, Shanghai 200083)

[Abstract] The complexities of today's world require all nation to be equipped with scientific and technological innovation as well as all kinds of talents. Having a profound understanding of this point, the U.S. government put STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education at the top of the priority list and issued policies to provide high-quality STEM learning experience in particular contexts and to serve diverse learners. In September 2016, the U.S. Department of Education, in collaboration with American Institutes for Research (AIR) released a report named “STEM 2026: A Vision for Innovation in STEM Education” (hitherto referred to as STEM 2026) which aims to provide all students greater equity of access to high-quality STEM learning experience. This report describes more detail in the six components of STEM 2026: communities of practice, learning activities, educational experience, learning spaces, learning measures and societal and cultural images and environment. The reminder of this report also puts the direction of development and challenges in 10 years into consideration, such as long-standing patterns in educational resources allocation and lack of research on early education. On the basis of analyzing the development of STEM education policies from 1986 to the current, this article extracts the future development direction of STEM education in America and the strategies to deal with the challenges, which will inspire us as to the STEM education strategy in China.

[Keywords] STEM education; Educational equity; Learning experience; Vision for innovation; Maker education; Maker space

收稿日期:2016年11月26日

责任编辑:陈媛