

对话

从美国STEM教育的发展 看中国STEM教育



丁林

对话嘉宾:

丁林: 博士, 美国俄亥俄州立大学 (Ohio State University) 教育和人类生态学院教与学系终身教授, 博士生导师。长期致力于学科科学教育研究 (Discipline-based Science Education Research), 主要研究领域包括概念学习、问题解决、科学推理和认识论发展的理论和实证研究, 特别关注教育研究的测量理论和定量研究范式。他发表了大量极具影响力的文章、会议论文, 其中很多都发表在国际顶级科学教育学术期刊上, 如 *Physical Review: Physics Education Research*, *Research in Science Education*, *International Journal of Science and Mathematics Education*, *Journal of Research in Science Teaching* 等。此外, 他还主持了多项美国联邦政府或州政府资助的科研项目, 包括美国国家基金会 (National Science Foundation—NSF) 资助的项目“类比推理在大学物理导入课程中提高学生综合问题解决能力的调查与研究”“工程教育中产业价值职业和技术学习成果测量的发展和检验”“21世纪课堂: 俄亥俄州STEM教师培训”及俄亥俄教育部资助的项目“生物教学建模: 成为科学和工程学中的领袖”。任物理教育研究会议论文集 (*Physics Education Research Conference Proceedings*) 的主编, 物理教育研究 (PER—Central) 资源中心的副主编, 并且经常受到国际期刊、基金资助机构、专业协会的邀请作为评审专家。

对话嘉宾:

杜玉霞: 教育技术学博士, 广州大学教育信息技术系副教授, 系副主任, 美国俄亥俄州立大学访问学者。兼任广州市中小学教师信息技术应用能力提升工程专家, 广东省综合评标专家, 广州市海珠区教育信息化应用指导专家, *Universal Journal of Educational Research* 杂志、《开放教育研究》杂志审稿专家等职。目前主要从事教师教育信息化、信息化教学资源开发与应用、STEM教育等领域的研究。

当前负责主持教育部人文社科课题“信息化教学资源的老化机理与生命周期模型研究”、广东省特色创新项目“大数据时代基于视频资源的中小学教师专业发展模式研究”等省部级课题五项, 所著《中小学信息化教学资源的优化与应用策略》等著作由中国社会科学等出版社出版, 近年在《电化教育研究》《中国电化教育》等学术期刊发表论文20余篇。



杜玉霞

● STEM教育如何开展

杜玉霞: STEM教育旨在打破学科领域边界, 使学生能够综合运用多种学科知识, 提高探究能力和解决实际问题的能力, 它是美国为提升国家竞争力和劳动力创新能力而提出的一项国家教育战略。自从STEM教育理念被提出以来, 越来越多的学者和相关人员开始了STEM教育的理论研究与实践探索, 现在, STEM教育的重要意义不仅在美国社会各领域已经被广泛认同, 许多国家也日益关注和重视STEM教育对培养复合型创新人才的重要性, 将其看作提升国家科技竞争力和创新人才培养的着力点。前不久, 澳大利亚政府提出了让所有年轻人具备必要的STEM技能和知识的《STEM学校教育国家战略2016—2026》, 显示了澳大利亚从国家层面开展STEM教育的决心和举措。

近年来, 中国的STEM教育也在蓬勃发展。但是, 如何使STEM教育从理念和思想层面, 转化为卓有成效的行动实践, 是当前STEM教育发展面临的难题。今年4月初, 在出席广州市某区关于教育创新的中小学校长论坛时, 许多中小学领导和教师提出了疑问: STEM作为新生课程, 不像其他课程有统一的课程大纲和明确的教学

目标, STEM究竟应如何设计和实施, 我们不知从何着手, 希望教育部门和相关部门能够为我们开发和提供这样的课程或者给予相关指导。这令我想起了去年在美国俄亥俄州立大学参加“为成功而互联”的全国性教育大会的情景, 当时, 三千多名来自高校、中小学、政府部门、教育公司及相关企业的各界人士济济一堂讨论新技术环境下的教育改革, 其中许多主题也是围绕如何有效开展STEM教育展开的。

可见, 怎么开展STEM教育是中国和美国实践者共同关注的主题, 但由于两国开展STEM教育的背景和发展阶段不同, 所遇到的问题也不同, 美国STEM教育已经形成了不少经验和成果。而中国开展STEM教育的时间短, 与美国的发展差距较大, 一方面包括教育界人士在内的社会各界对STEM教育重要性的认识还不够充分, 另一方面, STEM教育理论与实践研究的成果还非常少, 尚未形成系统的理论可以指导实践, 也缺少可以广泛推广的实践成果。因此, 我们很想具体了解一下作为STEM教育的发起方, 美国的STEM教育是如何逐步发展起来并取得诸多成果的。

丁林: 探讨美国STEM教育发展的成果与经

验,我们首先要回顾一下美国STEM教育发展的历程。美国早在19世纪就开始了STEM教育的尝试,1862年的Morrill法案首先在大学建立并支持了科学与工程的教育项目。1986年,美国国家科学委员会发表了《本科的科学、数学和工程教育》报告,这被认为是美国STEM教育集成战略的里程碑,指导了国家科学基金会此后数十年对美国高等教育改革在政策和财力上的支持。该报告首次明确提出“科学、数学、工程和技术”教育的纲领性建议,从而被视为STEM教育的开端。

STEM教育为科学、技术、工程、数学四个领域教与学的理论与实践科目。它的适用层次包含全部学段,从学前到成人教育。20世纪90年代,国家科学委员会(NSF)将这四类科目统称为SMET,但是由于其发音的问题故更名为STEM。1996年,美国国家科学基金会发表了题为《塑造未来:透视科学、数学、工程和技术本科教育》报告,并提出今后的“行动指南”。报告针对新的形势和问题,对学校、地方政府、工商业界和基金会提出了明确的政策建议,包括大力“培养K-12教育系统中STEM教育的师资”的问题。

新世纪以来美国政府意识到国家的科学技术发展出现了瓶颈,科技人才严重缺失和不足,当时美国政府特别是美国教育部对科技人才培养模式和制度进行了反思,所以才形成了如今受到重视和追捧的跨学科、跨领域的STEM教育。美国STEM教育是由美国联邦政府自上而下推动的一项国家长期教育战略规划,通过出台各项政策,其中包括STEM教育目标与评估政策、师资培养政策、经费政策以及教育公平政策等,来推进STEM教育的发展。STEM教育彰显了美国教育的实用主义理念,并且带有较为明显的“国家意志”色彩。


2003年,美国高等教育开始出现科学类授予学位相比其他学位数量减少的趋势,社会开始出现增加科技素养职业者的呼声,为STEM教育理念及实践在美国社会的广泛传播提供了契机(Pema, 2009)。2004年至2006年,大量的研究报告指出美国如果要在全球市场提高竞争力,必须加强STEM方面的教育投入。2006年发


布的《美国竞争力计划》(*American Competitiveness Initiative, ACI*),提出知识经济时代的教育目标之一是培养具有STEM素养的人才,并称其为全球竞争力的关键。由此,美国在STEM教育方面不断加大投入,鼓励学生主修科学、技术、工程和数学,培养其科技理工素养。

2007年10月,美国国家科学委员会发表《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》报告,提出的行动计划主要包括两个方面的措施:一是要求增强国家层面对K-12阶段和本科阶段的STEM教育的主导作用,在横向和纵向上进行协调;二是要提高教师的水平和增加相应的研究投入。该报告显示了STEM教育从本科阶段延伸到中小学阶段,希望从中小学就开始实施STEM教育。

也正是在2007年,美国参众两院在8月通过了《美国创造机会以有意义地促进技术、教育和科学之卓越法》(又称作《美国竞争法》)。《美国竞争法》一共包括8个部分,其中许多部分有多项条款与教育有关,教育条款主要涉及教师教育、STEM教育等方面。

《美国竞争法》对STEM教育的重视,极大程度上反映了美国社会的一种共同关注趋势。例如,2007年美国州长协会冬季会议就高度强调STEM教育在各州乃至全美国创建“创新环境”中的重要意义。美国学术竞争力委员会在2007年5月公布的委员会报告中,分析研究了2006年度总额达31亿美元的105项联邦STEM教育项目。


 杜玉震:看来,与中国主要在中小学开展STEM教育不同,美国的STEM教育开端于高等教育,逐步延伸到中小学教育,从这个角度看,2007年可称为美国STEM教育发展的一个转折点:从关注高等教育阶段开始向基础教育阶段延伸,美国STEM教育开始向全学段开展。另外,STEM教育不仅继续强调政府的政策推动与资金投入,而且在当年10月美国国家科学委员会发表的报告和8月美国参众两院通过《美国竞争法》里,都强调了STEM教育师资培养的重要性并提出了一些具体举措。美国相关部门已经认识到,提升师资水平是有效开展STEM教育的重要基础和保障。

 **丁林**：是的，美国日益重视大学教育前的STEM教育。2009年1月，美国国家科学委员会（National Science Board）代表NSF发布了致总统奥巴马的公开信，明确指出：国家的经济繁荣和安全要求美国保持科学和技术的世界领先地位和指导地位，大学前的STEM教育是建立领导地位的基础，而且应当是国家最重要的任务之一。委员会敦促新政府抓住这个特殊的历史时刻，并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。


近年来，STEM教育在美国得到快速发展，2010年，美国出台了《培养与激励：为美国的未来实施K-12年级STEM教育》，指出要改进STEM教育，必须重视培养与激励，要在未来10年招收和培养10万名优秀的STEM教师，创建1000所专注于STEM的新学校。

2011年，奥巴马总统推出了旨在确保经济增长与繁荣的新版的《美国创新战略》。新版的《美国创新战略》指出，美国未来的经济增长和国际竞争力取决于其创新能力。“创新教育运动”指引着公共和私营部门联合，以加强科学、技术、工程和数学（STEM）教育。同年，美国国家科学院研究委员会发布了《成功的K-12阶段STEM教育：确认科学、技术、工程和数学的有效途径》的报告，提出了在中小学实施STEM教育的主要目标。

美国州长协会在2011年12月又针对STEM教育行动发布了《制定科学、技术、工程和数学教育议程：州级行动之更新》报告，分析了该协会2007年提出的行动议程中的薄弱之处，重新提出“实施州级STEM议程”的各项具体措施。2014年STEM整合教育委员会发布了《K-12年级STEM整合教育：现状、前景和研究议程》，提出了10项建议，其中2项针对K-12年级STEM整合教育的多个利益相关者，4项针对参与设计STEM整合教育方案的人员，1项针对负责开发测试评估的人员，3项针对研究者。2015年STEM教育法颁布，将计算机科学纳入STEM教育。

 **杜玉霞**：美国对K-12阶段的STEM教育的重视不仅体现在宣传引导上，更是落实到了具体的政策和举


措上，《成功的K-12阶段STEM教育：确认科学、技术、工程和数学的有效途径》报告对中小学实施STEM教育的主要目标的确定，为中小学教师如何开展STEM教育提供了明确目标和具体指导。STEM整合教育委员会发布的K-12年级STEM教育的10项建议，对于STEM教育的研究与实践，都给予了很有前瞻性的具体指导，它强调STEM是整合教育，重视通过对整合教育方案的有效设计，来保障STEM教育的效果。美国在STEM教育发展过程中既重视宏观战略的制定，又重视对具体发展过程的指导和建议，认为要提出对实践发展的具体指导，必须有扎实的研究作为基础和依据，需要一定期限的研究投入和积累来支撑。

 **丁林**：纵观美国STEM教育几十年的发展，一个鲜明的特点是，政府各部门都参与进来，共同推进着STEM教育的探索和实践。发展初期各机构都将关注点集中在本科阶段的STEM教育，关注本科层次STEM教师的培养，紧随其后的报告体现了美国逐渐加大了对STEM教育的研究力度，开始针对STEM教育中的学生因素进行研究，并逐渐集中到K-12阶段的STEM教育上。参与和支持STEM教育的机构涉及国会、联邦政府（内设总统科技顾问委员会向总统提出科技发展建议）、国家科学基金会（NSF）（不仅扶持研发项目，更着重培养创新人力资源和提高国民科技素质），这样就逐渐形成了集中的指导思想和具体的改革方向，积极有效地推进了STEM教育的发展，STEM教育正在美国不同学段的学校以不同的课程或活动展开。总之，美国STEM教育是一项由政府、国会、社会团体、公众共同参与和共同努力的系统工程。如今，美国需要与全球竞争，因此对


美国：大学前的STEAM教育是国家最重要的任务之一；STEM教育是一项由政府、国会、社会团体、公众共同参与和共同努力的系统工程。

STEM教育的需求更加迫切。

● STEM教育与创客教育的关系

 **杜玉霞**：美国的STEM教育经历了一个较长的发展过程，中国是近几年才开展STEM研究与实践活动的，自2012年11月以“STEM教育中的教学创新与跨学科研究”为主题的第二届科学、技术、工程和数学国际教育大会（简称STEM 2012）在北京召开以来，以及在中国政府提出培养创新人才号召的背景下，STEM开始成为学界和社会相关人士日益关注的热点话题。

无论STEM教育发展的历程有多长，中美两国开展STEM教育的目的是相同的，都是培养具备良好的多学科知识综合应用能力的创新人才。中国的STEM教育虽然起步晚，但发展速度比较快，在STEM教育实践中，人们往往将STEM/STEAM教育与创客教育联系在一起，如广州南武实验中学投资六十多万元建设了“学创空间”，作为开展STEM教育与创客教育的基地。此外，北京、温州等地的一些中小学也建立了支持STEM教育与创客教育的实验室。可见，在中国开始探索STEM教育的许多中小学，他们将STEM教育与创客教育融为一体，难以区分到底哪些属于STEM教育，哪些是创客教育。不知在美国STEM教育与创客教育是怎样的关系？

 **丁林**：创客通过提供活动和资源，使其活动在任何人能够想象到的项目中提供学习的机会，同时，创客也通过学习社群，跨越了人际与网络，吸引着全年龄段和各种知识层面的人参与进来。因此，越来越多的研究者开始关注如何将STEM教育与创客活动联系起来，以及用创客活动来推动基于STEM的非正式学习。创客嘉年华的广泛传播，使研究者关注创客运动的发展潜力对STEM教学方法与内容的丰富。当然，将创客与K-12教育相联系是一个非常好的切入点。

创客的概念来源于由Dale Dougherty、Sherry Huss和Dan Woods三人于2005年创办的《创客》杂志中的创客二字（Frauenfelder, 2011），继而在2006年，由《创客》杂志举办的创客嘉年华广泛传播，使得创客的概念风靡全球。正如Lindtner（2015）所言，创客嘉年华

通过为个人和企业提供项目展示的机会，不断扩大着它的规模，从旧金山到亚洲、欧洲和南美。如今，创客不再


STEM教育往往要通过整合多种科目内容开展教与学活动，而创客由于其自由的组织原则，使得它能够为参与者提供多种类型的课程。

是一本杂志或一个事件，而是一个为各类创意人群实施创客项目的社群。在创造的过程中，创客也可以为参与者提供分享概念、设计、项目的机会。

创客课程为STEM教育提供了组织教学活动的框架。STEM教育往往要通过整合多种科目内容开展教与学活动，而创客由于其自由的组织原则，使得它能够为参与者提供多种类型的课程，包括烹饪、缝纫、编制、木工、机器人、焊接、印刷、绘画、建筑等，这些活动能够为STEM教育提供具体活动的指引。

创客空间为STEM教育提供了组织学习活动的框架。在当前的研究中，很难找到设计和安排STEM学习活动的有效方法，如果能为教学提供更为先进的场地和设备，那么STEM的学习过程将更加有效。创客空间为组织课后学习活动，提供了良好的解决方案，创客空间的非正式学习环境使得参与者能够在没有任何压力的情况下充分发挥才智。这种社群不仅提供了分享乐趣的机会，并且通过各种设施支持学习活动。

所以，创客空间的最大好处是对工具的使用，它们能够提供价值十万美元的设备来满足个人和群体的基本创作需求，同时创客空间实施对公众开放的会员制模式，每月50~100美元的会员费，使得学生可以以低廉的成本参与到创客项目中去，这些要素都为STEM学习活动的组织提供了解决的方法。

 **杜玉霞**：看来，美国的STEM教育与创客教育的关系也非常密切，创客教育为STEM教育提供了实施的框架，提供了组织学习活动的方法和手段。成功的实践

案例对新型教育活动的开展具有重要的借鉴意义,了解美国这些年来在STEM教育和创客教育实践中的一些成功做法和案例,可以帮助我们少走弯路。

丁林: 是的,创客的浪潮将极大地推动STEM教育的发展。一大批美国高等学府组成了高等教育创客联盟,提供立足于大学校园的创客活动,创客运动正成为一股浪潮,改变着美国的公司、学术界、高等教育界、美国政府甚至世界,而这股浪潮也推动着STEM教育,与之共同发展。

实践方面,基于创客的项目为学生提供了一种STEM学习的机会。例如,C2Learn (2013—2015)就是一个旨在培养学生协作创造力的欧洲研究项目(Koulouris, 2015),该项目利用数字游戏活动为学生提供基于理论基础的学习过程,学生在数字游戏活动中可以掌握创客学习的方法,显然,这种活动包含了很多技术、工程和数学方面的知识。

在现实社群的创客教育方面,Columbus Idea Foundry就是一个很好的例子,他们为爱好者提供了诸多创客课程,而这些课程直接为参与者提供了非正式学习的机会(Jay, 2014)。在虚拟空间的创客教育方面,Niemeyer (2015) 基于创客文化设计了一个基于沙箱游戏Minecraft的教学项目,Minecraft中文译名“我的世界”,是基于沙箱理念的一种创造性游戏,该游戏允许学习者在三维虚拟世界中建造任何可以想象到的东西,而该教学项目基于创客文化的理念,让学生在创客空间中进行协作创造,以提高其协作能力和问题解决能力,在

教学过程中教师为学生设置了网络直播的功能,把学生创造的过程通过Youtube平台直播出去,以促进课内学生和课外观众的集体讨论,从而对评论进行质性材料的分析、发现。在创客文化的影响下,利用学习游戏进行网络视频互动,能够为学生创造一种基于新技术的虚拟混合式学习体验,学生在协作中充分发挥了创造力和协作能力,“创造”的过程促进了学生的协作学习。其研究设计的思路同样能够为STEM教学实践提供助力(如图1)。

杜玉霞: 国内目前对于创客教育与STEM教育的研究主要集中于如何将两者有效结合,服务于培养具有多学科综合能力的创新人才,但这些研究才开始不久,还需要大量的实证研究来验证和支持一些理论研究观点。

丁林: 其实很难通过研究验证具体的环境、技术、应用、设备或实践活动对学生STEM学习过程中的具体作用。Giannakos (2015) 指出创客活动可以提高参与者的研究意识、知识储备、协作能力,他的结论恰恰为STEM教育和创客活动建立了联系。

具体来说,创客空间提供了3D打印机、车床、电脑等工具,参与者可以利用工具协同工作,在他们的设计项目中学习。这解决了教师在STEM教育过程中仅关注内容的问题,如果教师能够基于创客空间工具进行STEM教学活动,那么教师的教学过程将对学生的动手能力产生极大影响。已有研究结果认为,创客教育是一个通过混合项目、网络、实操技能提高高阶思维能力的良好的解决方案。

● STEM教育的评价

由于实施面向结果的测评难度较大,人们开始将目光投向了数字化工具,以期能利用这些工具,对STEM教学过程的有效性进行测量,这是STEM教育评价发展的一个重要趋势,但目前还缺乏具有推广价值的典型成果。

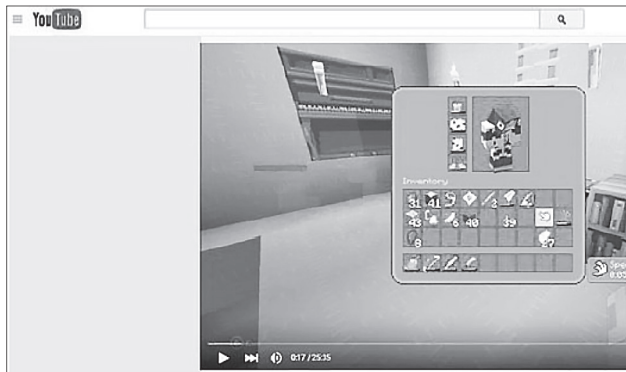


图1 基于Youtube的“我的世界”创造过程

杜玉霞：设计与实施STEM教育的形式无论是课程还是项目，我们都希望能够对这些活动的效果进行评估和衡量，国内目前关注的重点是如何开展STEM教育，对于如何通过评价引导STEM教育的顺利发展关注得还很不够，但这对于保障STEM教育的质量却具有重要意义和价值。

丁林：实质上，目前并没有对STEM整体学业结果的测试评价，在众多讨论美国STEM教育学业结果的报告中，数据都是采用对科学和数学成绩的评价，如PISA、TIMSS、NEAP等。

美国国家教育进展评估委员会(The National Assessment of Educational Progress, NAEP)是美国唯一一个在国家层面上进行STEM教育结果评估的对中小学学生数学、科学能力水平进行持续测量的机构。NAEP在2005年的一项调查中发现，美国学生数学、科学能力水平有所增强，但是普遍未达到基本要求，仅三分之一的4~8年级学生在数学水平上达到基准，有20%的4年级生和30%的8年级生的得分低于基本水平。TIMSS在2011年测试了4年级学生的数学表现，美国学生平均成绩为541分，高于TIMSS设置的量化分数，跻身于15名，低于8个国家和地区，与6个国家(地区)相差无几。很明显，目前还难以对STEM教育的结果开展全面有效的测评。

杜玉霞：STEM教育不仅要关注新技术和各学科知识的高度整合和创新应用，更要关注通过这些教育活动，是否能够培养学生综合应用多个学科的知识在实践中发现问题、分析问题和解决问题的实际能力。当面向结果的评价难以开展时，就需要借助于面向过程的测评来保障和衡量STEM教育的质量。

丁林：正是由于实施面向结果的测评难度较大，人们开始将目光投向了数字化工具，以期能利用这些工具，对STEM教学过程的有效性进行测量，这是STEM教育评价发展的一个重要趋势，但目前还缺乏具有推广价值的典型成果。

● STEM教育面临的挑战

杜玉霞：STEM教育的内容与科学、技术、工

程、艺术等众多学科的新发展和新研究密切相关，STEM教育的实践受到各种新媒体、新技术的影响，也与创客教育等新型教育形式或项目互相作用，未来的STEM教育将会有更好的发展前景，也必将面临更多的挑战。我们可以看到，这两年有人提出STEM+，有人提出STEAM教育，这表明STEM教育的名称和内涵都在不断演变和发展，越来越多的学科正在融入STEM教育，这使STEM教育受到更多人士的关注和参与，但在实践中却也面临更多的现实问题和发展挑战。

丁林：美国《面向下一代的科学标准》(2015)提出：K-12科学教育将在内容和实践两方面得到丰富，并且跨越学科和学段为所有学生提供达到国际基准的科学教育。因此，提高对学生科目成绩密切相关的科目的学习兴趣，对STEM教育至关重要。Hogan (2016) 提出了被称为BPE的STEM学习过程，在BPE学习中，学生的学习兴趣成为STEM教育的关键因素。Welch (2015) 通过研究发现，大部分学生对STEM具有浓厚兴趣，并且兴趣表现为与学业成就高度相关。

由Tony Wager提出的21世纪技能已嵌入到学生STEM教育的目标中。由于21世纪技能不仅对个人至关重要，更是一种融入不同文化的能力。不管学生选择的职业如何，在STEM教育中应让其认识到生活所需要的技能。在科学、技术、工程、数学的学科教学中能够教导学生如何批判性地思考、如何解决问题，在生活中如何

当前发展面临四方面的挑战：

第一，学生和教师在STEM教育方面的表现令人担忧。

第二，STEM实践缺乏专业化指导。

第三，学生发展差异较大。

第四，对“技术”与“工程”的忽视。

使用技能，并且如何把握机会。因此，STEM教育正成为

培养21世纪技能的关键。

综观美国STEM教育，当前发展面临四方面的挑战：

第一，学生和教师在STEM教育方面的表现令人担忧。这具体体现为，一方面学习STEM相关科目的学生人数不够多，另一方面教师缺乏STEM教育的相关培训。Welch (2015) 对爱荷华州学生态度的调查显示，虽然学生依然能够保持对STEM的兴趣，但是其兴趣水平已有所下降。

第二，STEM实践缺乏专业化指导。在STEM教育中，学生虽然学到了解决问题的方法，但是他们没有学会如何去发现问题，并且学生对真正关心的一些问题缺乏足够深入的探索。正如Capraro (2016) 所指出的，教师还没有让学生发现问题，就已经开始教答案了，这让学生感到莫名其妙。现存的STEM教育在具体实施中缺乏教学法和实践方法。所有这些问题都导致了STEM教育在开展中缺乏实践方面的指导和专业性指导。


第三，学生发展差异较大。在学业成就的评价方面，虽然美国学生在数学和科学方面有所提高，但是普遍未能达到基本水平。不同类型的学生在学业成就上也存在差异，学校在对学生的分类上，更倾向将学生分为学术型和非学术型，这影响了一部分学生学习的积极性，进而导致差异更加明显。Welch (2015) 在STEM教育现状的报告中指出，虽然女生对STEM感兴趣，但是其成绩依然落后于男生，并且在初中、高中阶段有所下降。对以上存在的差异，必须寻求解决这些问题的方法才能促进STEM教育的发展。

第四，对“技术”与“工程”的忽视。美国总统奥巴马指出：“发展STEM教育对学生在21世纪的经济竞争过程非常重要，我们需要培养具有数学和科技素养的老师为学生提供教育。”然而教学实践中，STEM似乎仅仅是关于数学和科学的，即使技术、工程在现代生活中发挥着如此大的作用，教师对技术与工程的教学也显得关心不足。

● STEM教育的发展趋势

 杜玉霞：STEM教育是一个培养具有跨学科思

维能力和创新能力人才的综合性教育活动，不仅需要相关人员和部门的积极参与和支持，也需要包括政府等不同领域的相关部门、人员、物力和财力的密切协作、投入和配合才能为STEM教育的发展提供一个良好的基础和环境。同时，由于STEM教育既需要关注前沿动态，也要脚踏实地，从实际出发，因此，把握STEM教育发展的未来趋势对科学制订STEM教育政策，合理规划STEM教育课程和项目等具有重要的指导意义。

 丁林：在现代社会对从业者的高压力下，学生不仅要掌握知识，更应该懂得如何运用知识。在STEM教育中，这种应用能力要求学生对STEM各个学科都有足够的认识，即将STEM进行整合的学习，因此将技术、工程与科学、数学进行整合必将成为STEM教育的主要趋势，这个过程不仅能够提高学生的应用能力，还可以提高学生的创新性思维能力和高阶思维能力。具体来说，教学实践中要把握好以下两种趋势：

STEM教育发展的两种趋势：

第一，是将STEM与教学理论相整合。

第二，是通过STEM实践整合基础教育和高等教育。

第一，是将STEM与教学理论相整合。基于项目的学习 (Project-based Learning, PBL) 在STEM实践中发挥着重要作用。PBL通过为学生提供特定结构整合学术、技术等技能的学习过程，保持着学生的学习兴趣，Hogan (2016) 的Big Picture Education (BPE) 教育项目就是PBL的主要代表，该项目首先在美国实施，进而推广到新西兰、加拿大、印度、新加坡、韩国等国家和地区。BPE项目通过BPE STEAM学校进行教学，该学校是一种课后非正式学习组织，针对学生的兴趣和需要，可以有针对性地为每一位学生设置STEM课程，并且进行一对一教学，学生在学习过程中必须参与到实践中，

才能应用学到的知识,学生发展与能力的评价则是基于学生的实践成果质量以及实践过程对其自身的影响。基于PBL的STEM学习特别适用于以提高学生个人能力为目标的教育过程,个人学习理论与STEM实践的整合,将有利于学生个人能力的提高。

另一类PBL,即基于问题的学习(Problem-based Learning, PBL),也在STEM教育中得到广泛应用。NE STEM 4U(The Nebraska Science, Technology, Engineering and Mathematics 4U)是一个以学生为主体、教师主导的基于问题学习过程的STEM实践(Cutucache, 2016),该STEM教育过程主要发生于K-8学段的学生在课后的非正式学习,教师是由大学生志愿者组成的,他们首先要报名、面试和考核,通过后则会承担教学工作,学生在名为Beyond School Bells的社区中进行与STEM科目相关的基于问题的学习,学习时长为6周,NE STEM 4U的教员会参与到学生与志愿者教师的互动当中,教员、志愿者教师和学生共同担当着教学者、观察者和评价者的角色,志愿者教师和学生实施教学、问题解决和思辨过程中分别丰富了各自的实践经验(如图2)。

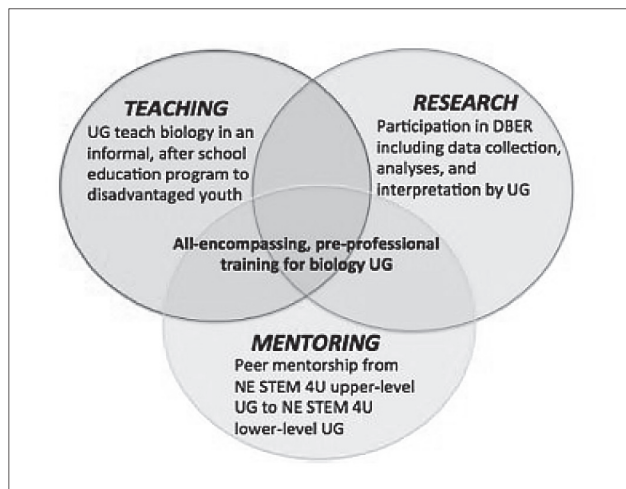


图2 NE STEM 4U教学模型

协作学习也是一种促进学生在组织中与同伴协作学习的有效方法。PLTL(Peer-Led Team Learning)就是以STEM学科为基础的旨在提高学生学业成就的项目,该项目通过混合式的研究方法验证了STEM教学对

学生的影响,测试学生在知识获得、技能习得方面的水平,通过6~8人一组的协作学习过程,学生能够协作讨论、解决问题,这个过程对STEM教育中的学习、协作和兴趣培养是十分重要的。

第二,是通过STEM实践整合基础教育和高等教育。未来必须解决STEM教学实践中中小学与高等学府缺乏合作的问题,促进中小学校与高等教育机构的广泛合作,这将成为丰富STEM教育理论和实践的有效途径。Hodges(2016)及其团队开展的iSTEM(integrated STEM education)项目,成功地为STEM相关企业、高校和中小学相互沟通搭建了桥梁;中小学开设的iSTEM教育日,可以通过实验活动、课堂教学和互动交流来开展,Hodges在研究中指出了Elodea-A 5E Lab on Osmosis、Clark the Calf Case Study和Meet the Scientists三个教学案例涵盖了以上三种教学活动。iSTEM教育日对各参与方都具有重要意义,学生可以借助STEM企业提供的学习设备、器材和软件进行学习,同时能够得到高校教师、学生的指导,该项目旨在满足各方要求:学生方面旨在提高其对STEM学科的认识、理解;教师方面旨在优化其教学策略与内容设计;企业方面旨在提高产品质量并促进教学整合;高校方面旨在增进与基础教育的联系,并为教师、学生提供教学机会。e