

联合国教科文组织的 STEM 教育探索

赵章靖 张永军

【摘要】从促进全民教育、关注性别平等的初心出发,UNESCO 在成立 IISTEM 之前就推进过若干 STEM 教育项目。以明确 STEM 教育改革诉求推出了 STEM 素养框架,开展了 STEM 教育课程探索并关注 STEM 教育中的性别平等。

【关键词】STEM 教育;IISTEM 教育;素养框架;课程探索

【作者简介】赵章靖、张永军,中国教育科学研究院比较教育研究所副研究员。

【原文出处】《上海教育》,2024.2.32~37

【基金项目】本研究系中国教育科学研究院基本科研业务费专项资金项目“中学、大学阶段科学人才贯通式培养研究(GYC2023010)”阶段性成果。

进入 21 世纪以来,聚焦教育如何应对新世纪的各项挑战,各主要国家和国际组织相继开展了关于 21 世纪技能方面的研究与探索。STEM 教育理念与实践起源于美国,继而扩展至全球,各国相继开展了适合本国特色的科学、技术、工程、数学教育改革。美国在奥巴马、特朗普时期曾先后推出“STEM 教育五年规划”,德国推出相应的 MINT 教育,芬兰推出 LUMA 计划,韩国推出 STEAM 教育战略,等等,构成了新世纪前 20 年各国科学教育政策的主要图景。这一时期,各国 STEM 教育多是以计划性、项目式的方式推进。

在此期间,主要国际教育组织如经合组织(OECD)、联合国教科文组织(UNESCO,以下简称教科文组织)等也开展了相应的 STEM 教育探索。如 OECD 于 2010-2012 年间发起的“催化剂项目”(Catalyst Initiative Program,简称 CIP),面向主要国家的一流大学,旨在借助信息化教学技术来探索新的 STEM 教育教学模式,通过 STEM 教育、创客教育与信息技术的有机结合,以提升学生的合作与创新能力。UNESCO 从其促进全民教育、关注性别平等的“初心”出发,先后推出若干 STEM 教育项目。例如,早在 2009 年,UNESCO 就在一项关于亚洲科学教育的项目中表述了其科技教育的立场:“科技有助于联合国新千年目标的达成,尤其是在保护环境、自然资源管理、疾病预防、瘟疫防控等方面;而科技进步仰赖于强大的科技教育。”并指出,该项目旨在“将可持续发展作为科学教育的框架,使可持续发展原则、价值观和伦理的教学与学习无缝融入

科学课程,而不是孤立的课程或特殊模块”。^[1]

在教科文组织此前开展的 STEM 教育项目中,颇有影响力的实践主要集中在开发 STEM 素养框架、试验 STEM 教育课程以及促进 STEM 教育中的性别公平等领域。

一、明确 STEM 教育改革诉求

(一)推出 STEM 素养框架

联教科文组织国际教育局于 2019 年 2 月发布了《开发 21 世纪 STEM 素养框架》(Exploring STEM Competences for the 21st Century)(以下简称《素养框架》),在《素养框架》中,教科文组织在综述国际上流行的 STEM 教育概念的基础上指出:STEM 的核心特征是利用科学、数学、技术和工程知识来解决日常问题与社会问题,使 STEM 学科的学习更有意义。STEM 素养包括如下几点:(1)能够运用相应的知识、技能与态度对生活中的问题进行识别、分析与判断,能够解释现实世界,并就 STEM 领域的问题得出基于证据的结论;(2)明确 STEM 学科作为人类知识、探究和设计形式的特征;(3)了解 STEM 学科如何塑造我们的物质、智力和文化环境;(4)以建设性、关注性和反思性的公民身份,以科学、技术、工程和数学的理念参与 STEM 相关问题的研究与解决。^[2]教科文组织认为,科学、数学是工程与技术学科的基础,围绕社会需求,工程与技术学科运用科学与数学知识,改进工程与技术,并进一步促进科学与数学知识的创新。《素养框架》进一步指出:STEM 能力是指个人在日常生活、工作场所或教育环境中适

当应用 STEM 知识、技能和态度的能力,它不应被框定在彼此分离的学科知识的传统边界内发展(如传统的物理能力或计算能力)。

在《素养框架》中,教科文组织站在人类文明发展的全局,对第四次工业革命背景下的 STEM 教育态势作了总结梳理,并指出:所有国家都需要确定本国公民应习得的 STEM 素养,不仅仅是为了满足未来劳动力市场的需求,也是确保所有人过上可持续发展 and 高质量生活。在此基础上,教科文组织详细且深入探讨了与 STEM 相关的知识、技能、态度和价值观,并力推以“大概念”(Big ideas)为引领的 STEM 教育教学主张,旨在为与第四次工业革命相关的技能提供 STEM 素养框架。

就 STEM 教育知识而言,STEM 知识主要包括与每个 STEM 学科相关的“认识论知识”“程序性知识”和“技术性知识”,这些不同类型知识由相关 STEM 学科的理念、概念、原则以及相互关联的学科知识理论所构成。在其中,程序性知识为 STEM 技能的获取、应用和实践奠定基础,例如测量数据,确保数据的准确性、有效性和可靠性以及选择和展示数据等。教科文组织主张,程序性知识是通过课堂内外的调查和实践活动发展而来,应以渐进和动态的方式进行,以确保学生跟上学科最新发展。技术知识是指将知识、技能、态度和价值观应用于特定领域、职业或任务,例如土木工程那样的实践操作。

就 STEM 技能而言,UNESCO 将 STEM 技能划分为认知技能(Cognitive Skills),信息处理—数据解释和数据分析技能(Information Processing—Data Interpretation and Data Analysis),问题解决与工程思维(Problem Solving and Engineering Thinking),科学调查(Scientific Investigation),计算思维与信息通信技术(Computational Thinking and ICT),设计思维、创意与创新(Design Thinking, Creativity and Innovation),操作和技术技能(Manipulative and Technological Skills),协作和沟通技巧(Collaboration and Communication Skills)这八项具体技能,并对每项技能做出了具体的解释说明,首次系统地对 STEM 技能做出了归纳与阐释。

就 STEM 态度与价值观而言,教科文组织引述美国国家研究委员会所使用“STEM 实践”(STEM Practices)一词来描述 STEM 工作者在调查现象、设计、构建模型和系统以解决问题时所涉及的态度与行为,指出:“STEM 实践”意味着从事科学调查或解决问题不仅需要技能,还需要特定的认知和社会知识价值观和态度。在此基础上,进一步引申并阐述了 STEM 活动所涉及的价值观,包括好奇心、正直

性、客观性、开放心态、勤奋和毅力、合作意识、责任心、合乎伦理的决策,等等。

(二)推进 STEM 教育主张,引领 STEM 教育变革

在《素养框架》中,UNESCO 系统表述了关于如何推进 STEM 教学的主张,包括通过特定学科方法(Disciplinary)实现 STEM 教学、学科综合性(Integrated Approaches)STEM 教学、通过教学途径开展 STEM 教育等。其中“学科综合性”又包括多学科融合(Multidisciplinary)、跨学科融合(Interdisciplinary)、超学科融合(Transdisciplinary)以及新学科融合(Neodisciplinary)等,并对每一种实施方法做了详细说明。对于“通过教学途径开展 STEM 教育”也可划分为基于问题的学习(Problem-based Learning, PBL)、基于项目的学习(Project or Inquiry-based learning)、设计活动(Design Activity)、真实场景中的问题解决等。

就政策层面推进 STEM 教育而言,教科文组织呼吁各国将 STEM 教育哲学融入各国课程框架中,在国家级课程框架中明确 STEM 教育的理念,在 STEM 学科与非 STEM 学科之间做好调整,并做好 STEM 教育教学评估。教科文组织在《素养框架》中指出:“未来的理想社会,要围绕 STEM 提高认识,通过教育培养 STEM 能力,面向所有学习者,包括弱势和边缘化的学习者。”^[3]并主张,STEM 教育评价应做到形成性方法与总结性方法并重,兼顾 STEM 素养的知识、技能、态度与价值观。在此基础上,教科文组织分析并指出了当前 STEM 教育实施在国家政策、教师培训、课程与考试以及学校管理等方面所面临的挑战。

总体来看,《素养框架》关于 STEM 教育的知识、技能、态度与价值观的分析、探讨与归纳,以及关于如何开展 STEM 教育教学的探讨,集中表述了教科文组织关于 STEM 教育的基本主张,可以说是阐明了一种新的 STEM 教育哲学。在《素养框架》中,教科文组织力图在价值导向上致力于 17 项可持续发展目标之实现的 STEM 教育教学,从而弘扬一种具有世界公民色彩的 STEM 伦理道德观,超越了各国关于 STEM 教育诉求间的张力。而其关于 STEM 素养的系统阐释,又是站在各国 STEM 教育改革前沿所作出的总结,将会进一步影响各国关于 STEM 教育的认识与实践。

二、开展 STEM 教育课程探索

继《开发 21 世纪 STEM 素养框架》之后,2020 年 9 月,教科文组织又推出专项报告《设计当代 STEM 教育课程》(Designing a Contemporary STEM Curriculum)。该报告指出:联合国教科文组织国际

教育局与土耳其 Mektebim 学校集团合作,推动开发“世界级的科学、技术、工程和数学(STEM)课程”项目,“该课程将集中体现当代对 STEM 教育教学探索的前沿,支持当代学习者更好地应对 21 世纪充满挑战的全球环境”。^[4]

该项目实施出发点即着眼于当下和未来全球社会所面临的挑战,如可持续发展、气候变化、环境退化、新材料与新能源开发利用等等。从这些挑战出发,遴选 STEM 教育内容选题,并围绕选题开发 STEM 领域的跨学科教学与学科内教学。该项目还强调了开发和阐释 STEM 教育教学评价的必要性,以支持学生能力发展,鼓励学生自主学习。教科文组织关于 STEM 课程探索的集中体现,该报告突出如下几点。

(一)明确 STEM 课程实施框架

报告指出,为阐明 STEM 课程的性质和重点,项目组完成了如下方案,包括:(1)STEM 课程总体框架,阐明支撑课程创新的关键原则,包括能力方法、STEM 教学实践和作为问题的“大概念”。(2)STEM 教学法和评估框架,以支持教师采用形成性的教学和评价方法,必要时支持总结性判断。(3)适当调整 STEM 学科,强调“大概念”习得和 STEM 实践中的成绩进步与能力提升。(4)提供 STEM 教学模块示例,阐释能力发展、跨学科方法以及跨学科和跨年级的相关教学法。(5)在线课程应用程序,展示 STEM 跨学科联系方面的灵活性潜力。(6)教师 STEM 教学参考资料,帮助教师解释课程,并支持学校 STEM 领导者促进专业学习。^[5]

参照此前推出的 STEM 素养框架,课程实施框架进一步明确了培养目标;STEM 能力框架不仅包括 STEM 学科知识,还包括认知、程序和跨学科知识,以及 STEM 领域的各种认知、社会情感和实践技能、态度和价值观。由此出发,该课程框架明确了传统分科教学与以问题解决、能力发展为导向的 STEM 教学之间的区别,并指出:必须从学生在学科和跨学科环境中灵活使用知识的能力和能力提升的角度来理解深层学科知识的发展,从而产生不同的、更深的理解和不断增长的能力。

(二)以“大概念”引领 STEM 课程实施

教科文组织在关于 STEM 教育的课程探索中,重点围绕“大概念”在 STEM 课程实施中的应用做了阐释说明。报告指出:为了支持学生随着时间的推移建立他们的内容知识,在每个年级为每个学科和子学科领域,以循序渐进、彼此联系的方式呈现相应的概念。并强调在知识建构之外,对“大概念”的掌握应致力于帮助学生如何解决真实世界中的

问题。“大概念”引领 STEM 课程实施应注意如下几点:(1)大概念不同于传统的知识点陈述,而是关注与应用相关的深层知识。(2)在课程实施中,“大概念”是利用探究性问题来强调 STEM 本身作为一组学科的本质,指向的是面向自然世界和现实世界的问题分析与解决。(3)在现有课程内容与“大概念”递进密切配合的情况下,学生成绩也与 STEM 实践相结合,让学生的学习更有意义,并且学生的 STEM 学业可以通过能力成绩的形式重新解释。

不难看出,在项目实施中,教科文组织引领的大概念教学在指向 STEM 领域深度学习的同时,亦切实关注 STEM 能力、STEM 素养的提升。

(三)为 STEM 课程的顺利实施提供保障

为确保 STEM 课程实施“不走样”,不陷入传统学科教学的窠臼,该项目在强调以能力为导向的“大概念”教学的同时,也注重为教师提供参考,坚持能力导向的 STEM 教学评价。

在课程框架中,涉及学生发展的每一项 STEM 能力,均附有相应的教师参考,提供若干备选方案,以帮助教师支持学生发展相应的能力,这与“大概念”引领下的 STEM 课程实施方式是一致的。例如,对于学生“数据采集能力”而言,教师参考中有如下表述:关于课堂活动的数据采集有可能涉及隐私问题,应遵从相应的法律规则。课堂活动还会涉及如何帮助教师开发设计问题解决方案,利用所收集的数据以做出改进。通过这样的教师参考,构建了基于能力的基础教育阶段 STEM 课程。通过仔细跟踪“大概念”和 STEM 实践的进展,有助于确保所有学生都能深度参与学习的每一个步骤,确保学习始终建立在之前所学的基础上,以确保学生在高中结束之际为生活、职业和生活做好充分准备。

就 STEM 教学评价而言,新的 STEM 课程框架强调要实施着眼于 STEM 素养的评价方法。与此前学科教学评价侧重于学生是否掌握既定知识、技能相比,新的 STEM 评价在关注学生 STEM 知识和技能掌握的同时,更注重未来素养发展,尤其是学生在 STEM 知识基础上所形成的素养与能力,如 STEM 场域中的批判性思维能力、创造性问题解决能力、团队合作能力,等等。报告亦对既有的学科评价与 STEM 教学评价的目的、评价侧重点、评价方法、评价主体等做了比较分析。相应地,这样的评价也必然要求教师的课程领导力、教师的 STEM 教学素养、学生学习方式等做出相应的调整。

通过系统的 STEM 教育理念探讨与 STEM 课程框架实施可见,作为负责教育的联合国专门机构,教科文组织在促进 STEM 教育方面,是站在国际前

沿的。教科文组织由此也开始系统、深度介入 STEM 教育,力图从理念认知、课程设置等关键领域着手,促进 STEM 教育发展。教科文组织在报告中也表示:尽管该项目是在土耳其的 Mektebim 学校开发的案例项目,但它对推进全球 STEM 教育也会产生相关影响,以支持所有学生培养他们所需的能力,从而在全球发展的挑战中茁壮成长。

三、关注 STEM 教育中的性别平等

自成立以来,教科文组织就将促进性别平等作为其国际教育活动的指导原则,在推进 STEM 教育探索中亦不例外。教科文组织发现,在世界范围内,在高等教育中从事 STEM 专业学习的学生中,女性仅占 35%;贫穷国家最需要 STEM 领域人才,但妇女的代表性最差。同样,在全球范围内,女性在科学研究人员中所占比例也不到 30%。性别差距妨碍了科技创新,也不利于应对当下和未来的全球挑战。

作为负责教育的联合国专门机构,对于支持世界各国制定全面综合的应对措施,以缩小 STEM 教育和职业中的性别差距,联合国教科文组织责无旁贷,其在促进性别平等的 STEM 教育方面的工作支持主要包括如下几点:

一是通过搜集数据和开展相关研究,分析 STEM 领域性别差距之成因。2017 年 8 月,联合国教科文组织发布报告《破解密码:STEM 中的女孩和妇女教育》(Cracking the Code: Girls' and Women's Education in STEM),该报告首次系统阐述了全球 STEM 领域中性别差异现象,分析了成因,并提供了基于证据的政策和计划指导。教科文组织还通过支持亚洲的相关研究,以及对拉美、东非和非洲南部的数学和科学学科专业学习的比较评估,在各国层面获得了相应的战略性信息(以为后续推进做准备)。并且,教科文组织在后续发布的“科学报告”(UNESCO Science Report)等相关报告中,持续关注 STEM 领域中的性别差异现象,积极寻求弥补措施。

二是支持各国推出相关政策和立法,以促进 STEM 教育中的性别平等。教科文组织支持会员国审查、更新和促进其教育法律框架的实施,以消除性别歧视,确保教育中的性别平等。此外,教科文组织的“STEM 和性别促进项目”还支持各国设计和实施科学、技术和创新政策工具,以促进 STEM 教育中的性别平等。

三是促进增强 STEM 赋能的学习。教科文组织支持教育系统的变革,以形成增强权能和性别平等的学习结构和环境。教科文组织支持开发工具,以消除 STEM 课程和教科书中的陈规定型观念和偏

见,支持教师参与旨在促进性别平等的 STEM 教学素养培训,发挥 STEM 领域中的女性示范作用,培养和鼓励女童参与 STEM 学习,等等。

四是促进 STEM 教育国际合作。教科文组织通过其国际研讨会和政策论坛等全球和地区活动促进政策对话、经验分享和合作,来自 70 多个国家的 350 多个利益攸关方参加了该论坛。此外,与国际组织“平等技能联盟”(EQUALS Skills Coalition)合作,教科文组织还支持采取协调一致的行动,鼓励妇女和女童成为数字世界中 STEM 领域的 ICT 用户和开发创造者。

四、IISTEM 成立后的展望

在教科文组织看来,第四次工业革命所开启的时代更离不开人类科学技术的进步,以解决人类所共同面临的生态平衡、气候变化、环境保护等诸多问题;联合国 17 项可持续发展目标的实现,也需要 STEM 教育持续助力。在这样的背景下,第 42 届联合国教科文组织大会宣布成立国际 STEM 教育研究所(IISTEM),这既是此前 STEM 教育探索基础上的“水到渠成”,更是面向未来,从教育促进变革、促进全人类福祉角度,引领 STEM 教育主动作为,可谓开启了国际 STEM 教育的新篇章。一如教育部怀进鹏部长在第 42 届联合国教科文组织大会上指出:“国际 STEM 教育研究所……主要职能是促进科学、技术、工程和数学领域从幼儿到成人各个阶段包容、公平、适切和优质的全民教育,发挥 STEM 教育领域信息中心、网络中心、资源中心和能力建设中心的作用,服务教科文组织战略和会员国需求,为联合国可持续发展议程及世界和平与发展作出贡献。”

结合 IISTEM 的可行性研究报告与当前国际教育变革形势,可从如下两个方面对 IISTEM 成立后促进 STEM 教育的作为进行展望。

一方面,IISTEM 可行性报告充分研判了成立教科文组织一类教育研究机构——国际 STEM 教育研究所的时代形势与必要性,以及 IISTEM 的战略定位、目标与使命。从定位与使命而言,IISTEM 依据教科文组织章程,充分肩负起 STEM 教育的“思想实验室”“信息交换所”“标准制定者”“国际合作助推者”以及“能力建设者”角色。可行性报告中如此陈述:“拟建研究机构的成立将为教科文组织通过教育和科学促进世界和平与可持续发展的努力增加价值,将进一步推动 2030 年可持续发展框架的实施,以及今后的教育发展;寻求解决教科文组织在非洲和性别平等方面的全球优先事项,并致力于促进教育科学,以实现数字时代的可持续性。”并指出:“研究所的具体目标应包括促进合作研究和知

识生成、创新教育实践、促进 STEM 能力建设、STEM 教育信息共享和政策对话,以帮助成员国发展 STEM 教育能力。”报告还特地指出:在上海设立研究机构将满足会员国,特别是非洲和小岛屿发展中国家日益增长的要求,以提高其教育质量和相关性。一个总部设在上海、面向全球的教科文组织一类研究机构将符合本组织的战略转型,以满足实地需求,并有助于做强各会员国教育。^[6]

另一方面,第 42 届教科文组织大会在宣布 IISTEM 成立的同时,也在积极推动教科文组织“1974 建议书”修订版的出台,修订版建议书关于教育变革的倡议,也将会对 IISTEM 的运行产生积极影响。“1974 建议书”作为教科文组织里程碑式的教育文献,在教育促进和平、国际理解与促进国际合作方面发挥了积极的历史作用,传播了教育促进变革的理念。修订版建议书提出了“变革性教育”的概念,进一步主张通过教育的变革以促进世界和平与国际理解、促进国际合作之初心,并在标题中新增了教育促进全球公民意识培育和促进可持续发展的内容。强调教育促进社会变革,既是对 2022 年 9 月召开的“教育变革峰会”的逻辑延伸,也深刻反映出当前各国关于共同推进教育之变革的共识。

相比“1974 建议书”,修订版建议书总共 72 条教育主张,篇幅达 1 万余字,可谓经历了一番“脱胎换骨”式修订。在该建议书中,明确提出了“12 项技能”,包括数字与媒体素养、预见技能、问题解决能力、批判性思维等等,与教科文组织此前关于 STEM 素养框架有着广泛的交集。在其中,修订版建议书第 25 条明确指出:自然科学、技术、工程和数学(STEM)的教学应有助于超越国界,在各个社区和知识体系之间架起桥梁。所有学习者都应被赋予进行科学学习和运用科学方法的技能,以及科学知识和技术伦理观,以帮助寻求应对当代挑战的可持续解决方案,从而推进落实本建议书所载目标。应特别关注妇女和女童,确保她们有平等的机会学习 STEM 学科,并提高妇女在 STEM 职业领域的代表性。^[7]

由此足见 STEM 教育的战略重要性,结合修订版建议书,可从如下三个角度展望教科文组织促进 STEM 教育的探索:(1)主张 STEM 教育要超越国界,促进全人类福祉。这就与各国推进 STEM 教育之注重提升国别竞争力之间有了区分,国际组织之所以推进 STEM 教育,是为了面向全球所有学习者,帮助其为迎接新时期全球挑战做好准备,其中包括助力全球公民意识培养的取向。这里关于 STEM 教育的价值取向,是与“课程与教学”主张相一致的。

例如第 19 条指出“会员国应确保服务于本项关于建议书所载目标的教育活动协调一致,并在各级和各类教育、知识、学科、学习和培训的课程中形成一个连贯的整体”,第 20 条指出“会员国应支持针对所有科目和课题开发情境化课程,这些课程应以包容性方式制定,并与学习者在日常生活中面临的关切和问题以及不同的知识体系相联系”。(2)强调 STEM 教育的跨学科性。虽然第 25 项条款并未明文提出跨学科教育,然而关于跨学科教学及其他变革性教育方法在建议书中常被提及,例如第 22 条指出“将变革性教育方法融入课程之中,并贯穿于所有研习领域和各级教育。具体包括采取整体性、多学科、学科间和跨学科方法,探究科目和研习领域相互间的关系,以及它们与不同情境的相关性”。(3)继续关注妇女和女童,促进 STEM 教育的性别平等。此乃教科文组织的初衷,在修订版建议书中再度得以明确,也是成立 IISTEM 的重点关注领域。此前,教科文组织的 STEM 教育探索由教科文组织总部的青年、扫盲和技能发展科(the Section of Youth, Literacy and Skills Development)与包容和性别平等教育科(the Section of Education for Inclusion and Gender Equality)合作推进,IISTEM 的成立,意味着国际组织关于 STEM 教育的管理与协调的完善,亦必进一步推动 STEM 教育的性别平等,并进而助力全球 STEM 教育公平。

参考文献:

- [1] Comprehensive Program to Enhance Technology, Engineering and Science Education (COMPETENCE) in Asia [EB/OL]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000184044>.
- [2][3] International Bureau of Education, UNESCO. Exploring STEM Competences for the 21st Century [EB/OL]. (2019 - 02) [2023 - 11 - 16]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485>.
- [4][5] International Bureau of Education, UNESCO. Designing a Contemporary STEM Curriculum [EB/OL]. (2020 - 09) [2023 - 11 - 18]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374146>.
- [6] UNESCO. Feasibility Study on the Proposal from the People's Republic of China to Establish a Category 1 Institute on Education and Science [EB/OL]. (2023 - 05) [2023 - 11 - 20] <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385075>.
- [7] UNESCO. Draft Revised 1974 Recommendation Concerning Education for International Understanding, Cooperation and Peace and Education Relating to Human Rights and Fundamental Freedoms [EB/OL]. (2023 - 09 - 22) [2023 - 11 - 22]. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386924?posInSet=1&queryId=88262d97-74b6-4100-bd33-8cc96a779989>.