

基于标准聚焦核心概念的 STEM 整合教育模式

——美国 I-STEM 模式的特点及启示

管光海^{1,2}

(1. 浙江大学教育学院, 杭州 310028; 2. 浙江省教育厅教研室, 杭州 310012)

[摘要] 随着 STEM 教育在全球的推开, 如何实现跨学科, 使 STEM 教育四个学科课程有机整合是一个难点。为了解国际 STEM 整合教育的先进经验, 本研究以美国近年来新开发的 STEM 整合教育模式——I-STEM 模式为例进行剖析。该模式基于 STEM 教育相关学科美国全国性四大课程标准, 聚焦连接四大学科课程的核心概念, 融合真实情境, 并实现科学探究与工程设计的整合。本研究在分析 I-STEM 模式的背景、内容及特点的基础上, 结合我国 STEM 教育实施现状提出 STEM 教育整合实施的建议, 即注重 STEM 课程、教学、评价的整体设计, 围绕核心概念并支持 STEM 教育单个学科课程的学习以及建设与依据 STEM 教育相关学科课程标准。

[关键词] STEM 教育; STEM 整合教育; 整合模式; I-STEM; 美国

[中图分类号] C434 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2017)06-0087-07

一、研究背景

STEM 教育是美国为了应对未来社会挑战而提出的国家发展战略, 目前已成为一项全球性教育运动。随着 STEM 教育的发展, 如何实现 STEM 教育四个学科的有机整合是个难点。国际技术与工程教育协会(International Technology and Engineering Education Association, 简称 ITEEA)^① 近来开发了一种 STEM 整合教育模式(Integrative STEM FocalPoints, 简称“I-STEM 模式”^②), 覆盖幼儿园学前班到 12 年级, 依据 STEM 相关学科的国家课程标准, 将 STEM 课程、教学、评价整合, 并提供具体的教学场景。本研究拟在梳理 I-STEM 模式产生背景的基础上, 分析其内容与特点, 探索其对我国设计与开发 STEM 整合课程可借鉴的方式与方法。

(一) STEM 教育的发展

20 世纪 80 年代以来, 美国为了在经济全球化、

国际竞争日益激烈的背景下继续保持其全球领导地位, 提出了 STEM 教育。人们相信, 提高中小学 STEM 教育能使学生更好地适应科学和技术领域相关的职业, 提高公民的科学和技术素养, 最终提高国家竞争力(Katehi et al., 2009)。在此背景下, 美国不断加大投入, 并出台一系列重要法案、议案加强中小学 STEM 教育。随着 STEM 教育的发展, 其内涵被不断拓展, 教育价值被不断深挖, STEM 整合教育成为研究热点。美国国家工程院(National Academy of Engineering, 简称 NAE) 和美国国家研究委员会(National Research Council, 简称 NRC) 科学教育委员会成立 STEM 整合教育委员会对 STEM 整合教育进行研究, 并于 2014 年颁布《K-12 STEM 整合教育的现状、前景与研究议程》。该报告指出:“提倡整合教育是要以更关联的方式教 STEM, 特别是在现实问题情境中, 能使 STEM 学科更贴近师生, 提高学生的学习积极性, 提高其学习兴趣和学业成绩”“许

[收稿日期] 2017-03-21 [修回日期] 2017-08-26 [DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2017.06.010

[作者简介] 管光海, 中学高级教师, 浙江大学教育学院教育博士研究生, 浙江省教育厅教研室教研员, 研究方向: 技术与工程教育、STEM 教育、教学设计(jysggh@163.com)。

多工作和研究场所由专注单学科的专业实践转为强调多学科合作”“许多真实世界的情境和问题都涉及多个学科,公民也会遇到需要应用STEM相关知识和技能作出决策的情境”(Honey et al., 2014)。

(二)课程综合化取向

在课程发展史上,分科与综合不是个新鲜的话题。在19世纪末,随着美国学校“课程扩充”运动发展,课程臃肿、传统学科和新学科之间的矛盾迫切需要解决,于是出现了相关课程、融合课程、广域课程、核心课程以及活动课程等体现不同综合程度课程思想的课程形态。从课程发展来看,STEM整合教育是综合课程的有机组成部分,是课程综合化的体现^③。今天我们讨论STEM整合教育,也是在应对当前分科教育弊端日益凸显的举措,将物理、化学、生物整合形成的“综合理科”,就是性质相近学科层面的整合。20世纪80年代出现的STS教育,则是从人文、自然和社会学科层面的整合。从这个意义上讲,STEM整合教育是综合理科、STS的延伸,强调使分割的STEM四个学科的各要素形成有机联系,并通过整合发展科技教育的社会责任感,让学生认识科学技术的社会价值、社会功能以及伦理意义。

(三)STEM相关学科课程标准的建立

20世纪80年代以来,美国兴起了声势浩大的基于课程标准的教育改革运动,试图通过课程标准提升教育质量。课程标准明确说明学科的主要概念与原则、核心知识内容、主要过程与基本技能,提供共同的学习目标、学习内容和评价依据。因此,在STEM整合教育中,标准也受到了极大关注。相关学科部分课程标准见表一。2010年,《共同核心州立标准》(CCSS)正式颁布,它和《共同核心州立英

语艺术与历史/社会、科学、技术学科中的读写标准》都要求与STEM学科建立更多更深的联系。2013年,《下一代科学教育标准》(NGSS)明确包含工程和科学的核心理念及实践知识,并希望科学教师以整合的方式教授科学和工程知识。

在STEM教育中,代表工程的“E”往往受到忽视,被认为是沉默的“E”。美国国家工程院(NAE)等机构2009年和2010年分别发布《K-12教育中的工程教育:现状和前景》和《K-12工程教育标准?》,提不开发K-12阶段的工程教育标准,因为美国K-12工程教育的经验还相对匮乏,目前还没有足够数量的教师胜任工程教育,但在这些报告和相关研究中,K-12工程教育的价值得到了一致认同,被认为可以作为促进美国K-12STEM教育更有效的催化剂,而且其培养的工程思维被认为与21世纪公民必备技能一致,包括系统思考能力、创造力、乐观、合作、沟通能力以及道德思考(Katehi et al., 2009)。

二、组成与教学场景

I-STEM模式是由国际技术与工程教育协会(ITEEA)及其STEM教学中心召集来自20多个州的70位STEM课程管理员、教师、教师培训者开发的。I-STEM模式的开发基于美国四大全国性课程标准:《技术素养标准:技术学习的内容》(STL)、《下一代科学教育标准》(NGSS)、《共同核心州立教育标准》(CCSS)、工程思维(engineering habits of mind,简称EHoM)^④。

(一)I-STEM框架

I-STEM模式(见图1)采用领域-组织主题-主题的框架,其核心是主题(Focal Point)^⑤,每个主

表一 美国STEM教育相关学科课程标准及颁布时间与机构

年份	相关学科课程标准	颁布机构
1989	《学校数学课程及评估标准》(Curriculum Evaluation Standards School Mathematics)	美国数学教师理事会(National Council of Teachers of Mathematics,简称NCTM)
1996	《国家科学教育标准》(National Science Education Standards,简称NSES)	美国国家研究理事会(NRC)
1996	《面向所有美国人的技术:技术学习的原理与结构》	国际技术教育协会(ITEA)
2000	《技术素养标准:技术学习的内容》(Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology,简称STL)	国际技术教育协会(ITEA)
2010	《共同核心州立标准》(Common Core States Standards,简称CCSS)	美国全国州长协会和各州教育长官委员会
2013	《下一代科学教育标准》(Next Generation Science Standards,简称NGSS)	美国国家研究理事会(NRC)

题属于不同领域和组织主题,都有相应的评价标准(包括持久理解、基本问题、表现期望和指标)。

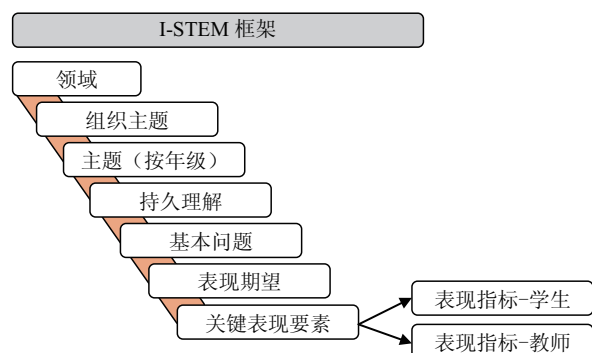


图 1 I-STEM 框架(ITEEA,2016)

I-STEM 模式将领域分为知、思、行,组织主题分 I-STEM 内容、特性、影响、情境、过程。其中,“知”包括“I-STEM 内容”和“I-STEM 特性”,“思”包括“I-STEM 影响”,“行”包括“I-STEM 情境”和“I-STEM 过程”(见表二)。

表二 I-STEM 模式的领域和组织主题(ITEEA,2016)

<p>领域:知(knowing),指获取、组织信息,并理解信息的关系。 I-STEM 内容:课程标准中的知识与技能,以及 STEM 整合的其他内容。 I-STEM 特性:整合科学、技术、工程和数学的特性在于这些学科内容是自然联系的,但这些学习领域传统是独立的。所有领域都要求理解内容并思考如何在教育中使用信息技术。</p>
<p>领域:思(thinking),指通过组合并聚焦信息,进行有意义学习。 I-STEM 影响:STEM 通过各种方式影响人类及其环境。这些影响可能对个体、社会或全球产生正面或负面、有意或无意的影响。</p>
<p>领域:行(doing),指以应用的方式行动、表现、执行或获取知识。 真实世界的应用和联系(I-STEM 情境):STEM 知识和技能的真实情境化应用。 I-STEM 过程:STEM 各领域和跨领域中的问题解决实践,包括探究(科学)、设计(技术与工程)、建模(数学)。</p>

知、思、行的领域划分,与传统关注知识和行为的课程设计相比,增加了思维的维度,凸显了思维的

地位。在组织主题方面,“I-STEM 内容”从独立学科角度呈现,“I-STEM 特性”从整合的角度呈现;“I-STEM 影响”关注科学、技术、工程与自然、社会的相互关系;“I-STEM 情境”反映了 STEM 相关学科尤其是技术与工程面向真实世界,具有应用性、实践性的特点;“I-STEM 过程”从实践角度反映各学科本质。

(二)I-STEM 主题设计

I-STEM 模式通过共同核心概念(包括关键内容)整合 STEM 各学科,核心概念就如透镜聚合 STEM 各学科内容。共同核心概念、关键内容构成 I-STEM 的主题。I-STEM 模式包含 70 多个主题,涉及科学、技术、工程和数学等学科,涵盖幼儿园到 12 年级。以五年级 I-STEM 主题为例(见表三),可以看出每个主题都对目标与过程作了简要说明,统一描述 STEM 教育相关学科课程标准。每个主题的设计包括主题所属领域和组织主题、主题本身以及评价标准(见表四)。

表四 I-STEM 主题设计举例(Barbato,2016)

领域: 知
组织主题: I-STEM 内容
主题: (物质、测量和问题解决,五年级) 在问题解决过程中通过合作实验理解物质的结构和特征,使用体积测量解决工程问题。
持久理解: 收集数据、测量并得出结论,学生理解物质由很小的不可见的粒子组成,制订相关的工程设计解决方案。
基本问题: 1. 如何利用技术提供证据并解释,即使不能被看到,物质也在很小的空间内存在? 2. 为什么质量和体积测量对理解物质的性质很重要? 3. 如何设计技术并用于测量物质性质? 4. 如何利用物质的性质解决问题并创造新技术?
表现期望: 表现出理解能力的学生可以: 1. 建立一个模型,描述物质是由微小的粒子组成的。 2. 精确测量物质的体积和质量。 3. 通过创造技术解决问题,展示他们对物质性质的理解。

表三 五年级 I-STEM 主题(Barbato, 2016)

领域	知		思	行	
组织主题	I-STEM 内容	I-STEM 特性	I-STEM 影响	I-STEM 情境	I-STEM 过程
主题	<p>物质、测量和问题解决:通过问题解决过程中合作实验理解物质的结构和特征,使用体积测量解决工程问题。 环境的相互依存关系:理解植物、动物、分解者和环境中物质的运动,以及它们如何影响新的农业和生物技术解决方案,最终用多媒体和视觉媒体呈现。</p>	<p>发现和发明:记录并画出地球和月球轨道每天的变化模式,以及这些发现对历史上新技术创造的影响(如日晷、六分仪、指南针、计时器)。</p>	<p>地球和人类活动的影响:通过整合多种印刷或电子信息来源,探究技术对环境的影响,这些环境对地球和人类活动也有影响。</p>	<p>自然和人工系统:地球系统以不同方式影响其表面的材料和加工,这导致一些监控自然系统的技术的出现,如检测天气、海底测绘、冰川运动的雷达。</p>	<p>用物质进行设计:依据多方面资料作为证据,应用设计过程,合并两种或多种物质创造一种新物质以解决问题或满足需要。</p>

I-STEM 模式的评价标准是基于“理解为先教学设计模式”(Understanding by Design, 简称 UbD) 开发的, 包括“持久理解”“基本问题”“表现期望”“表现要素”“学生表现指标”。“持久理解”指学生应当能迁移到不同真实情境的关键概念、原则、理论和过程。“基本问题”从“持久理解”引出, 使课堂教学更聚焦并有深度。“表现期望”精确描述学生将怎样展示对目标的理解, 是评价的基础。依据“表现期望”, 可确定一系列能被测评的概念作为“表现要素”, 进而确定“学生表现指标”和“教师表现指标”。“学生表现指标”指根据给定表现要素如何评价学生, “教师表现指标”指观察教师课堂教学时, 与表现要素相关的“期望点”。

(三) 基于 I-STEM 模式的教学场景

为了帮助课程开发者、学校、教师使用 I-STEM 模式, 该模式为每个主题提供一个教学场景, 展示基于核心概念的教学过程。每个教学场景包括简短的描述, 简要的“通过设计学习”(6E Learning by Design) 6E 步骤, 包括参与、探索、解释、工程思维、丰富、评价。为了使用方便, 教学场景也给出主题所属的领域和组织主题, 以及供对照的标准。以 7 年级“合作”主题为例(见表五), 该教学场景选取了 2010 年墨西哥湾石油泄漏事件为情境, 明确活动的目的和过程, 并呈现了采用 6E 教学模式, 结合具体情境的问题解决展开教与学。

表五 七年级“合作”教学场景(ITEEA, 2016)

<p>领域: 知 组织主题: I-STEM 特性 主题: 合作。理解头脑风暴是一种团队解决设计过程, 合作的一个重要因素(STL)是要求评价竞争性设计系统, 如生物多样性和生态系统(NGSS), 获取多种信息产生其它相关的、聚焦的问题, 并允许多途径探索(CCSS-ELA-LITERACY)(EHoM)。</p>
<p>场景: 使用 2010 年墨西哥湾石油泄漏事件, 学生将进行团队合作探究和构思清除漏油的标准和系统。学生将探究漏油对环境的影响, 以及可能实施的解决方案对生物多样性和生态系统的影响。该活动允许学生团队在该挑战的不同方面有深度发展。</p>
<p>6E“通过设计学习” 参与: 通过漏油事件的新闻报道和文章吸引学生参与。 探索: 学生团队使用多种资源开展研究, 探究石油清理系统的不同方法, 以及石油泄漏对环境造成的影响和清理效果。为了确定石油泄漏清理系统的标准, 学生团队将提出需要研究的问题。 解释: 学生团队将简要呈现他们的研究和确定石油泄漏清理系统标准的理由。 工程思维: 学生团队将基于确定的标准, 采用头脑风暴的方式设计一个石油清理系统, 将创造、测试系统的每个部分并记录结果。 丰富: 学生团队呈现他们的研究、标准、头脑风暴过程、解决方案以及他们的发现。 评价: 使用表现量规和课堂呈现, 评价学生的知识、技能和态度。</p>

涉及的标准(*指与该活动相关的其它标准)
技术标准(STL): 头脑风暴是一种团队解决问题设计过程, 团队的每个人以开放的形式呈现想法。
科学标准(NGSS): 分析和解释自然灾害的数据, 预测未来的灾难性事件, 提示开发减少灾难影响的技术。
共同核心州立英语教育标准(CCSS-ELA-LITERACY): 实施小型研究项目以回答问题(包括自己提出的问题), 从多种来源产生其他相关、聚焦并允许多途径探索的问题。
工程标准(EHoM): 最优化反映一种世界观, 在每个挑战中都存在可能性和机会, 每种技术都可能被改进。
工程标准(EHoM*): 系统思维使学生认识到技术世界基本的相互作用, 并欣赏具有不可预测性结果的系统, 这种结果无法从单一的子系统中预测。
共同核心州立数学教育标准(CCSS-MATH*): 解决真实世界中的数学问题, 包括由三角形、四边形、多边形、立方体和正菱形组成的二维、三维物体的面积、体积、表面积。

三、主要特点

(一) 关照技术与工程课程标准

虽然 STEM 教育涉及四大学科课程, 但是四门学科的地位并不平等, 技术与工程课程往往被忽视。STEM 教育被作为促进科学和数学教育的手段, “直到最近, 大多数 STEM 的整合仅集中在科学和数学之间”(Honey et al., 2014), “在过去几十年里, STEM 教育的重点是提升作为独立学科的数学和科学, 对技术或工程几乎没有整合和重视”(Kelley & Knowles, 2016)。忽视技术和工程课程主要表现为仅依据科学框架和标准实施, 以科学标准中的技术、工程内容作为技术教育和工程教育全部, 然而科学框架和标准还提倡技术、工程, 将工程概念和实践纳入其中, 目标是“通过在工程、技术和科学应用之间的联系加强 K-12 的科学教育”(NRC, 2011)。

I-STEM 模式关注每门学科的独特价值和地位。对于整合的理解, ITEEA 采用了威尔斯和恩斯特(Wells & Ernst)的定义: “应用基于技术/工程设计的教学方法, 在教技术/工程教育的内容和实践的同时, 也教科学和数学的内容并进行实践。STEM 整合教育同样适用于连续的内容领域, 教育环境和学术水平中自然交叉点的学习”(Wells & Ernst, 2012)。在这种理解中, 四门学科被同等对待, 技术和工程课程不被忽视。“STEM 教育中的技术与工程直接涉及问题解决、创新和设计, 这三个主题在 STEM 素养发展中是高度优先的”, 因此, “I-STEM 提供从 STEM 领域单一素养走向 STEM 流畅发展的路径。假设 STEM 对社会具有经济重要性, 学生应当在 STEM 情境中学会工程和技术, 并且练习与设计相关的技能和能力”(ITEEA, 2016)。

(二) 聚焦核心概念

I-STEM 模式通过共同核心概念使四门学科课程建立有机联系。核心概念的作用在于以不同学科视角审视某一主题或问题时,能使思维超出学科局限,促使思维达到整合水平,促进深层次的理解,同时顾及知识迁移(Erickson, 2013)。在这种基于核心概念的整合模式中,相关学科的内容与逻辑之间通过核心概念建立实质性关联,实现超越事实层面的整合,走向更高的思维层面的整合。

在 I-STEM 模式中,“持久理解”和“基本问题”都是基于核心概念设计的。“持久理解”呈现的是留给学生的与核心概念相关的具体见解、推论或结论,而“基本问题”为核心概念的持续而重要的问题提供框架。在核心概念引领下,“基本问题”将内容转化为有趣、关联、有用的问题,激发学生超越事实的思维,帮助学生架设通往深层次理解的桥梁。理解意味着学习迁移和意义建构(Wiggins & McTighe, 2013)。学生能够将理解、知识、技能有效应用到新的情境,顺利实现迁移;推断并建立联系,实现具体和重要的意义建构。

“表现期望”是依据“持久理解”和“基本问题”制订的。作为理解的证据,它提供了明确的学习目标和期望,将学习目标通过具体、有意义的学业表现体现出来。相应的观察指标可方便考查课堂教学的效果,改变了以往只看重教师行为的做法,将重心放在考查学生正在做什么,这是教师对学生和学习过程产生影响的体现。

基于核心概念,通过持久理解、基本问题、表现期望,以及相关评价标准的确立, I-STEM 模式解决了整合教育评价这一难题,并实现了内容、教学、评价的统一。

(三) 融合真实情境

STEM 教育的技术与工程课程往往与真实世界紧密相关,因此 STEM 教育注重真实情境,强调解决现实问题。在真实和复杂问题情境中,学生应用知识与技能解决问题,促进知识、技能和经验之间产生关联,并进行有意义的社会建构,从而获得社会性成长。

从整合的角度来说,围绕真实生活的情境和学生问题组织超学科综合方法,这是一种问题中心取向的整合中,学科不再是组织中心,而是重视课程

与真实情境和世界的联系。它关注 STEM 相关学科知识的应用,让学习与个体、社会建立联系,缺点在于并不利于促进各学科知识结构的形成。基于核心概念的整合方法是学科中心取向的整合,有助于知识的结构化和系统性。I-STEM 模式结合这两种整合方法,在核心概念的基础上,通过提供“场景”给出真实问题,融合真实情境。

(四) 整合科学探究与工程设计

探究是科学学习的重要方式,设计是技术和工程学习的重要方式。在一些 STEM 教学实践中,科学探究与工程设计并没有得到凸显,更多采用的是项目学习(Project-based Learning,简称 PBL)，“典型的 STEM 整合教育的教学是通过基于问题、基于项目、基于设计的任务吸引学生致力于反映真实世界的复杂情境”(Honey et al., 2014)。项目学习在 STEM 整合教育教学中应用广泛,以至于存在将项目学习作为 STEM 唯一教学方式的误解。纳匈教授指出:“我们还应意识到,PBL 不仅可以用于 STEM 这种综合学科,也可以用于单科。STEM 可以用 PBL 方式教学,但现实中也有人采用其他方式。因此,STEM 与 PBL 存在交叉,但不是一回事。”(李雁冰, 2014)

在 STEM 教学中,有学者将科学领域的 5E 教学模式与工程设计过程进行比较,认为“5E 教学模式跟工程设计过程有重要联系”(Capraro et al., 2013)。5E 教学模式包括参与、探究、解释、迁移、评价五个环节。在 5E 教学模式基础上, I-STEM 模式提供了整合科学探究与工程设计的 6E 教学模式(Burke, 2014),增加了代表工程思维的“e”,凸显了工程设计的地位。在这个循环圈中,学生像工程师那样真正设计和建模,设计、系统、建模、人类价值、资源等工程概念包涵其中。

因此,除了课程意义上的整合, I-STEM 模式还在教学意义上进行整合。该模式为教师和课程开发者提供了系统的教学方法,确保 STEM 教育的技术和工程充分融入课堂。这是设计和探究自然的统一和整合,它以工程背景为基础,最大限度融合《技术素养标准》与《下一代科学教育标准》。

四、启 示

(一) 注重 STEM 课程、教学、评价的整体设计

目前,我国一些地区和学校的 STEM 教育实践

往往注重课程内容的整合,缺乏教学、评价的整合,也忽视课程、教学、评价的一致性。I-STEM模式提供了课程设计(领域、组织主题、主题)、课程实践(教学场景、6E)、课程评价(持久理解、基本问题、表现期望和指标)三个层面的设计,实现了STEM跨学科之间课程、教学、评价的整合,也实现了整合后内容、教学、评价的统一。I-STEM模式启示我们,设计STEM整合教育时,要整体考虑课程、教学、评价。课程目标设计应指向STEM能力,培养核心素养。课程内容的组织要考虑内容横向组织的均衡性和关联性,每个年级主题相对平衡和统一,也要考虑纵向组织的顺序性和连续性,统筹安排各年级或各年段主题,让学生的认知过程与技能随着年级上升而逐步发展。教学中应体现探究性学习、基于设计的学习以及基于真实问题解决的学习。评价应围绕目标制订旨在促进理解、过程性和总结性评价相结合的评价标准。

(二) 围绕核心概念整合STEM教育

一些地区和学校在STEM教育中开发了许多STEM教育主题或项目,然而不少主题或项目只关注主题或项目的实践性、活动性,注重相关事实性知识的整合,但缺乏核心概念,往往拘泥于事实,无法促进深层次的理解和迁移。I-STEM模式采用概念性主题整合方法,体现了“整合、跨学科”的设计思想,将主题与核心概念框定的学习材料相关联,在概念水平建立相互联系,从而促进深层理解。这体现了艾里克森所提出的概念为本的课程设计特点,包括学科为本的概念构成了课程主题和内容,课程以概念为中心,教学活动的目的是超越事实学习,使理解力达到概念层次(Erickson, 2003)。这启示我们应当围绕核心概念尤其是跨学科核心概念整合STEM教育,基于核心概念设计激发学生思维的基本问题,让学生带着问题实践和体验。

(三) 支持STEM教育单门学科课程的学习

STEM教育的整合有不同层次,包括单一课堂、单一主题、多学科、完全整合/跨学科(Caprarot et al., 2013)。前两个层次往往以在学科课程中融入STEM教育为主,在现有学科课程中实施,后两个层次往往以整合形态的STEM课程呈现,作为学校拓展课程或选修课程。然而一些STEM课程或项目虽然体现了整合的特点,但与现有的学科课程缺乏关

联,孤立在学校的课程体系外,无法有效促进STEM教育单门学科课程的学习。

《K-12STEM整合教育的现状、前景与研究议程》提出了STEM整合教育方案设计的三大启示,其中之一是强调支持学生学习单门学科课程的知识,“当学生不理解单门学科的相关概念时,建立学科的联系就有困难。同样,在整合情境下,学生不会经常或自然地应用学科知识。因此,在工程或技术设计情境中,学生需要得到支持,以在工程或技术设计情境中提取相关的科学或数学概念,有效地建立这些概念间的联系,并以规范、科学和实践方式重新组成他们自己的概念”(Honey et al., 2014)。I-STEM模式很好地体现了这一点,其基于课程标准、聚焦核心概念的特点使其学习内容属于课程标准的一部分,因此I-STEM模式中整合形态的STEM与分科形态的STEM具有紧密的关联性。这启示我们对STEM整合教育的设计,首先应对目前的科学、数学、综合实践活动(劳动与技术、信息技术、研究性学习)等学科课程和活动课程的实施现状有一定了解,对学生的知识基础有一定认识,其次应当与这些学科课程和活动课程在目标、内容、教学和评价等方面建立紧密关联,支持并促进这些课程的学习。

(四) 建设与依据相关学科课程标准

一些地区和学校STEM教育的主题、项目的设计与开发,无论是目标制订还是内容选取,都有随意性。美国STEM整合教育对标准的重视,启示我们要基于标准设计、开发STEM教育主题和项目。基于标准的STEM教育规范了课程的目标、内容,使得课程或项目的开发避免随意性,流于形式。为此,应加强STEM教育相关学科课程标准的建设:一方面,要建设融入STEM的学科课程标准。我国最新颁布的“小学科学课程标准”,将“技术与工程”内容纳入其中,就是将STEM融入学科课程标准的体现;另一方面,要建设STEM教育学科课程标准。从STEM教育涉及的四大学科看,我国课程标准的建设是滞后的。目前,我国科学、数学都有小学到高中完整的课程标准,但技术只在高中有通用技术和信息技术课程标准,工程内容包含在通用技术课程标准中,义务教育阶段的技术、工程都是缺失的。因此,义务教育阶段的技术课程标准、中小学的工程课程标准有待尽快提到日程。

[注释]

①原为美国工业艺术协会,成立于1939年,后改名为国际技术教育协会(International Technology Education Association,简称ITEEA),2010年改名为国际技术与工程教育协会(ITEEA)。

②在英文中,STEM整合教育往往采用“integrated”一词,而ITEEA采用“integrative”一词,并将“Integrated STEM”简称为“I-STEM”。值得注意的是,印第安纳州STEM课程资源网“Indiana STEM”也简称“I-STEM”,而iSTEM、i-STEM都是STEM项目,与ITEEA的I-STEM没有相关。

③在英文中,整合的动词是integrate,过去分词是integrated,名词是integration,而相应的专用术语integrated curriculum和curriculum integration,一般翻译为“综合课程”和“课程综合化”。黄甫全教授曾对整合、综合进行辨析,指出整合更能传达英语“integrate”一词的“使整体化”的涵义,因此提倡采用“整合课程”和“课程整合”。

④工程思维本身不属于课程标准,而是依据《K-12教育中的工程教育:了解现状和改进前景》提出的。

⑤原文为Focal Point,意思是焦点,其作用类似于“概念性主题”,为了读者理解,笔者这里采用“主题”一词。

[参考文献]

- [1] Barbato, S. A. (2016). STEM Education: Preparing a global workforce for the future. [EB/OL]. [2016-12-22]. <https://www.iteea.org/File.aspx?id=101526&v=7b8846e6>.
- [2] Burke, B. N. (2014). The ITEEA 6E learning by DeSIGN model[J]. *Technology & Engineering Teacher*, (3):14-19.
- [3] Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning* [M]. ROTTERDAM: Sense Publishers;

35,53.

[4] Erickson, H. L. (2003). 概念为本的课程与教学[M]. 中国轻工业出版社:91,173.

[5] Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber H. A. (2014). *STEM Integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. [R]. National Academies Press:1-20,52,21,51,5.

[6] ITEEA (2016). *Integrative STEM focalpoints executive summary*:3,4,5,6-7,2.

[7] Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects* [R]. Washington, D. C.: National Academies Press:15, 1-16.

[8] Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education[J]. *International Journal of STEM Education*, 3(1):11.

[9] 李雁冰(2014). “科学、技术、工程与教学”教育运动的本质反思与实践问题:对话加拿大英属哥伦比亚大学 Nashon 教授[J]. *全球教育展望*, 43(11):3-8.

[10] National Research Council (NRC) (2011). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas* [M]. Washington, D. C.: National Academies Press:204.

[11] Wells, J., & Ernst, J. (2012). *Integrative STEM education* [EB/OL]. [2017-03-10]. <http://www.soe.vt.edu/istemed/index.html>.

[12] Wiggins, G., & Metighe, J. (2013). *The understanding by design guide to creating high-quality units* [M]. Ascd:14-15.

(编辑:魏志慧)

I-STEM: An Integrative, Standard-Based and Concept-Focused STEM Model

GUAN Guanghai

(College of Education, Zhejiang University, Hangzhou310028, China)

Abstract: *Because of the quick development of STEM education and the increasing attention to curriculum integration, the value of interdisciplinary and integration of STEM education has attracted widespread attention. However, how to design STEM integration is difficult. In order to learn the advanced experiences of international STEM integration, the study analyzes the I-STEM, a model of STEM integration developed by ITEEA in recent years. The model integrates four nationwide STEM curriculum standards in USA, focuses the core concepts which connect the four curriculums, and integrates real situation, scientific inquiry, and engineering design. Based on I-STEM model analysis, as well as the status of STEM in China, the study proposes that overall design and concepts should be emphasized in STEM, students' knowledge in individual curriculums must be supported, and the STEM curriculum standards should be improved.*

Key words: *STEM education; STEM integration; integration model; I-STEM; USA*