

中美小学教师STEM课堂教学个案比较研究

肖龙海 黄逸舒*

浙江大学教育学院, 浙江 310028

摘要: 本研究使用描述性的课堂观察工具对中、美小学教师的STEM课堂录像个案进行了编码和描述, 并从教学环境、教学模式、教学行为、教学内容的角度对其进行分析和比较。研究表明, 中、美小学教师的STEM教学都体现出一些相同的特征: 跨学科的学习内容、项目式学习的教学组织、问题解决导向的过程性评价和整合跨学科内容与教学策略的教师专业素养, 但两位教师在跨学科整合的取向、教学组织流程和策略以及真实性评价方面也存在着差异, 这些异同点能为STEM教学实践和教师发展都带来一定的借鉴和启发。

关键词: STEM教学; 中美比较; 课堂录像分析

The Comparative Study of STEM Classroom Teaching between Chinese and American Primary School Teachers

Long-Hai Xiao, Yi-Shu Huang*

College of Education, Zhejiang University, Shaoxing 310028, Zhejiang, China

Abstract: This study uses descriptive classroom observation tools to code and describe STEM classroom video cases of primary school teachers in China and the United States, and analyzes and compares them from the perspective of teaching environment, teaching mode, teaching behavior and teaching content. The results show that the STEM teaching of primary school teachers in China and the United States has the same characteristics: interdisciplinary learning content, project-based learning teaching organization, problem-solving oriented process evaluation and teachers' professional quality integrating interdisciplinary content and teaching strategies. However, there are also differences between the two teachers in the orientation of interdisciplinary integration, teaching organization process and strategy, as well as authenticity evaluation. These similarities and differences can bring certain reference and inspiration for STEM teaching practice and teacher development.

Keywords: STEM teaching; comparison between China and the United States; analysis of classroom video

一、引言

尽管目前关于STEM教学的研究越来越多, 但在小学的跨学科STEM教学实践中, 教师仍然遇到了很多挑战, 包括在教学管理、课堂教学、小组合作等方面的问题^[1], 因此研究STEM课堂教学对促进STEM教学推进和教师专业发展有重要的价值。同时, 由于中、美两国开展STEM教学的时间及其所背靠的教育环境的不同, 中美两国教师的STEM课堂教学存在一定的差异, 尤其是美国的STEM教育起步早, 其已在STEM教育上取得了较多的成果, 如“引路计划”(Project Lead The Way)和“工程学为基”(Engineering is Elementary)都是美国的STEM教育的重要经验。基于此, 本研究以中、美两国教师的STEM课堂教学为研究对象, 剖析和探讨两国小学教师的STEM课堂教学情况及其异同, 为STEM教学发展提供借鉴, 尤其促进中国教师的STEM教学实践健康发展。

二、STEM 教学理念

纵观目前的STEM研究和课程实践, 国际上三个关于STEM教与学的理念基本达成了一致, 即指导性的; 作为一套综合或相互联系的学科; 更依赖于利害关系人或者是可视化或概念化的情境^[2]。

*通讯作者: 黄逸舒, 1997年12月, 女, 汉族, 广东佛山, 就职于浙江大学教育学院, 硕士研究生。研究方向: 课程与教学论。

（一）指导性

强调STEM教学以学生为中心，为学而教，教师的责任是指引和引导，与传统的知识灌输、被动接受的理念相悖。因此，STEM教学应侧重于组织学生活动，关注学生的参与及过程。如美国和谐公立学校开办的“STEM学生登台秀”模式则将学生参与作为教学的关键要素，该模式由教师主导的教学和学生项目两大部分组成，在教师主导的教学中，教师除了讲授新概念，还将动手实践、Youtube视频实验、学生教学等环节融入课堂中，让学生积极参与，而学生项目则分为短期项目和学年项目，皆由学生自主动手完成^[3]。潘星竹等的“支架+”STEM教学模式则强调教师的职责是在解决问题的各个阶段给予学生相应的学习支架，从而推动学生完成学习任务^[4]。

（二）学科的联系与综合

强调STEM学科在不同程度上的整合，即在教室或学校里有意识地、公开地协调两个或两个以上STEM学科的学习目标和学习活动^[5]。其中，技术和工程在STEM教学中可作为贯穿整个学习过程的连接器，将数学和科学的概念和知识嵌入到技术和工程的实践过程中，以实现整合性STEM（Intergrated/Intergrative STEM，iSTEM）的教育^[6]。

（三）情境性

指向实施STEM教育的真实情境，一是指STEM教育需要扎根于其所处的社会环境当中，关注地方性和全国性的利害关系人的需求；二是指STEM教学要创设真实的问题情境，使得课堂所学、动手实践与学生的真实生活能串联起来、相互联系，实现学习迁移。

常见的STEM问题情境大致建立在科学探究取向、社会科学取向和工程设计取向等三大类任务上，不同类型的情境因其教学重点的差异可以形成不同的教学模式，科学探究类的情境强调“知道”，因此教学模式可以由“确定探究主题-确定使用的工具-设计和制作工具-开展科学探究-学生自我评价-STEM学科内容和本质-报告研究结果”七大环节构成^[7]；社会科学类的情境强调“社会性”，学习历程则围绕社会性议题的探讨和解决来组织，如泰国学者Sutaphan, S.等将社会学习与STEM学科相结合，发展出了以“识别社会议题、识别潜在的解决方案、知识需求、决策、模型或产品开发、测试和评估解决方案、社会化和完成决策阶段”为学习过程的STS教育模式^[2,11,14]；而工程设计类的情境则强调“设计制作”，教学以工程设计程序作为系统的问题解决模式，从而在问题情境的驱动下带动科学探究，打破学科界限，现已成为美国STEM教育改革的重要启示^[8]。

在以上三个将STEM教学概念化的理念的要求下，基于项目和实践的教学成为STEM教学中主要的教学方法。基于项目和实践的教学以问题解决驱动和行动导向为组织学生活动的原则，能将指导性、整合性和情境性融合在项目实践当中。其以富含真实情境的挑战性任务为核心，鼓励并指导学生自主参与和协作学习，让学生能在解决富有难度的问题中综合运用所学的各学科知识和技能，并予以实践、评估、展示，从而实现知识建构和学习迁移。因此，在STEM教学模式研究和教学实践中，基于项目和实践的教学往往是重要的理论基础。

三、研究设计

本研究采用课堂录像分析法来对STEM教学个案进行研究。

为保证选取的教学个案能代表中、美两国教师的STEM教学特点，同时又具有同质性，本研究使用目的抽样法从网络上选取了两个近三年内的工程设计取向的课堂视频作为研究的对象，其分别名为“美国STEAM课程试听课”和“STEM课程《投石机》”。

选取的“美国STEAM课程试听课”，是北师大实验小学开展的“美国开放课堂”活动中的STEAM教学展示课，课程名为《小说工程课》，课堂时长约为45分钟。该次活动展示了来自美国明尼唐卡学区的小学STEM教师所设计和教学的四个课程，《小说工程课》是其中一节，其由Melinda Barry老师和Laura Nelson老师共同设计和呈现，参与该课堂的学生均为中国学生，共32人。《小说工程课》由美国教师设计并进行教学展示，课堂的教学设计和实践均根植于美国STEM课程的理念，加上明尼唐卡学区的老师对STEAM教学都较为熟悉，STEAM教学经验也较为丰富，因此该课程教学能很好地代表美国的小学教师的STEM教学实践过程。

选取的中国小学“STEM课程《投石机》”是泉州市丰泽区小学科学“基于STEM教学理念”课堂教学研讨暨区小学科学名师工作室研讨活动中的展示课，同时也属于2017年全国教育信息技术研究课题“基于STEM教育理念的小学科学课程生活化研究”的阶段活动。《投石机》课程由该区的优秀教师设计并执教，共有36名学生参与，课时总长为51分49秒，其教学植根于我国小学科学课程标准，反映了我国小学科学的教学目标和教学理念，代表着我国大部分

科学教师对跨学科学习的积极探索，该课程后来拓展至5个课时，成为了丰泽区教师进修学校的STEM教学案例，因此，《投石机》课程对中国教师的STEM教学具有一定代表性。

由于研究对象是工程设计取向的STEM教学个案，本研究使用工程设计的课堂观察方案（the Classroom Observation Protocol for Engineering Design, COPED）^[9]和STEM课堂观察方案（The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM, COPUS）^[10]来进行编码和描述。这两个方案均为每两分钟的描述性课堂观察工具，其所有代码均在一致性检验中获得较高的分数，具有较高的信效度。根据小学STEM教学的情况，本研究在使用时对这两个方案的代码及其释义做了调整，仅留下四组代码（表1）。在完成对课堂录像的编码和描述的基础上，本研究从教学环境、教学模式、教学行为、教学内容四个维度来对个案进行分析，并结合中美当前的STEM教育情况，对两国教师的STEM教学进行讨论。

表1 改编后的COPUS和COPED编码

维度	代码
工程任务要素	问题（Prob）、头脑风暴（Brain）、研究（Rsch）、计划（Plan）、建造（Build）、测试（Test）、评估（Eval）、再设计（ReD）、分享（Share）
分组情况	全班（WG）、小组（SG）和个人（Ind）
教师行为	讲授（Lec）、实时誊写（Rtw）、反馈（Fup）、提问（PQ）、回答（AnQ）、移动（MG）、一对一指导（1o1）、示范（D/V）、管理（Adm）、等待（W）和其他（O）
学生行为	听课（L）、独立思考（Ind）、小组活动（WG）、回答问题（AnQ）、提问（SQ）、全班讨论（WC）、预测（Prd）、展示（SP）、测验（TQ）、等待（W）和其他（O）

四、结果分析

（一）教学环境分析

在中国教师的《投石机》课堂中，学生分小组就坐于教室的两侧，教室的中心位置则划分为每组测试和评估投石机模型的场地，这样的空间安排使得学生能有效地进行小组协作，也方便教师对课堂教学环节的推进。但从空间位置来看，学生的座位固定在教室的两侧，与讲台的距离较远，由于教师所能走动的范围较为有限，坐在外侧的同学便容易被忽略（图1）。由此可见，《投石机》课堂的学习空间是相对固定且系统的，学生的座位及活动范围划分明确，教师为学生创设了适合小组协作、参与的学习环境，但也强调秩序性和规范性，凸显了教师对课堂空间的管理权。

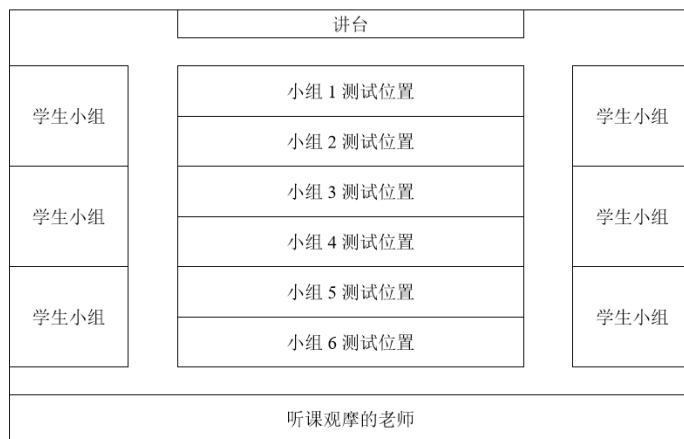


图1 中国教师的《投石机》课堂的教室空间分布

在美国教师的《小说工程课》中，学生座位呈U字形包围讲台，位于教室的中心，这使得学生与教师的距离拉近，有助于教师与学生的互动与交流，学生成为课堂的中心（图2）。

而在学生自主完成任务时，美国教师并未划分统一的、固定的、规范的小组活动范围，活动范围和组队皆由学生自由选择。对比中国教师的《投石机》课堂而言，美国教师的空间和小组安排显得更加灵活，突出学生的个性化和选择性，学生对教室空间的利用率较大。通过固定的个人桌椅加上灵活的活动范围，教师满足了学生自主思考的需要，也为学生进行小组协作留有了空间，实现了协作性和个性化兼顾。由此可见，在《小说工程课》课堂中，学生的空间运动更为自由、灵活，以学生为中心的教学理念更为突出，但课堂的秩序管理则相对要难一些。

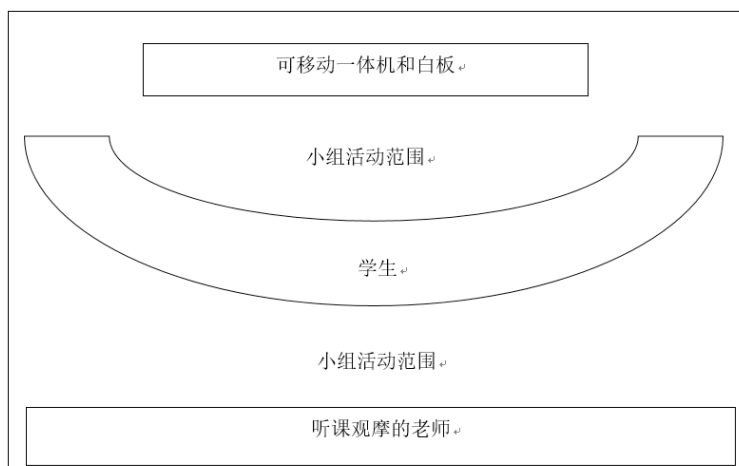


图2 美国教师的《小说工程课》的教室空间分布

(二) 教学模式分析

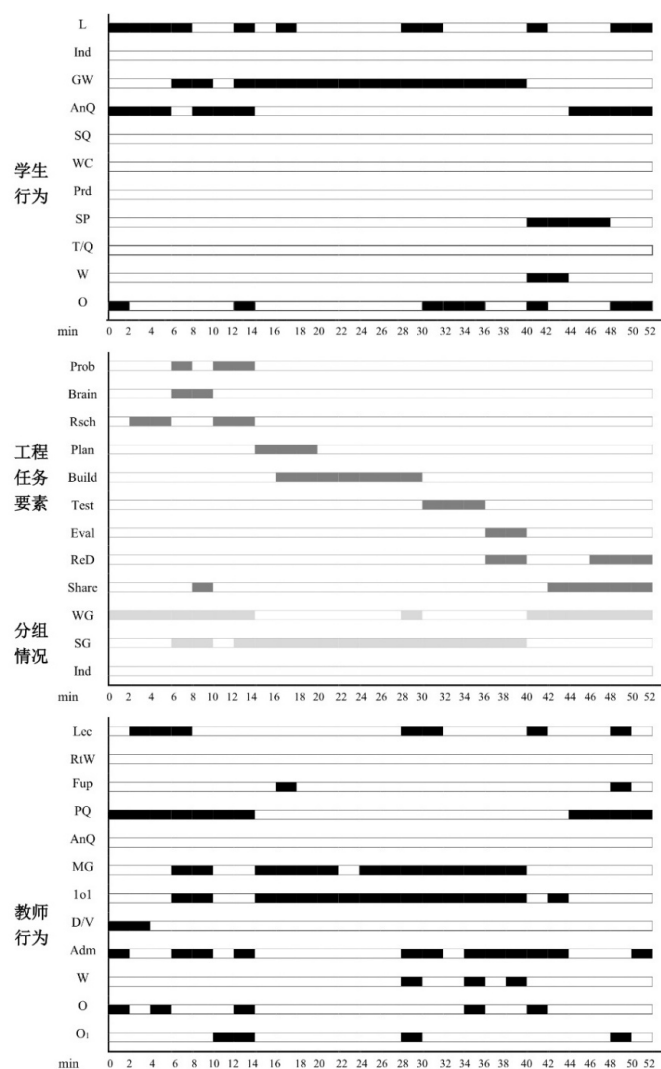


图3 中国教师的《投石机》课堂的教学模式分析

(注: O₁表示教师将预先准备的词条贴到白板上, 因出现较多, 特地标注; 其他代码的释义见表1。)

在中国教师的《投石机》课堂中,工程设计的九个要素都有出现,这表明,学生在课堂上体验了较为完整的工程设计程序,其中,建造(Build)、展示(Share)和再设计(ReD)这三个要素的出现频率最高,占据了最多的教学时间。由此可见,教师将工程设计的程序作为课堂教学的流程,工程设计的教学模式突出,并强调培养学生的动手操作、反思和展示的能力。但在具体的教学环节安排上,中国教师也根据自身的教学风格和课堂任务进行了调整:在课堂的前14分钟里,问题(Pro)、头脑(Brain)、研究(Rsch)这三种要素交错出现,并出现一定程度的重合,这表明教师将这三项任务合并为该课堂的驱动环节;紧接着出现的计划(Plan)、建造(Build)与测试(Test),均为学生动手操作的活动,其中教师将计划(Plan)和建造(Build)这两项程序放在了同一环节,学生按照自己的进度分配时间;而在课堂最后二十分钟内,评估(Eval)、再设计(Red)和分享(Share)则是课堂的组成要素,其在时间上也有所重叠,这表明教师将“再设计”这一任务融入“评估”与“分享”的环节中,让学生既能根据测试数据来找到自己的模型存在的问题并思考如何改进,还能通过小组展示与交流来获得启示和灵感。(图3)。

结合每一环节中师生的教学行为,可将《投石机》课堂的教学模式归结如下(表2)。

表2 中国教师的《投石机》课堂的教学模式

教学环节	教师活动	学生活动
1.问题引入与设想	引入任务/问题和相关的知识	识别并分析任务中需要解决的问题 学习相关的知识 头脑风暴,设想解决方案
2.设计与制作	进行一对一的指导	小组协作,绘出模型图样 小组协作,动手制作模型
3.测试	进行一对一的指导	小组协作,对模型进行测试检验
4.评估	进行一对一的指导	根据测试数据,评估模型是否有效地解决问题/符合任务要求 思考改进方法
5.展示与交流	对学生进行提问 引导学生与展示组交流	向全班展示小组初步完成的模型 与师生交流模型存在的问题与改进设想
6.改进与上交	收集学生作品,进行评价	反思模型存在的问题,并动手完善

在这六个环节中,“设计与制作”、“测试”和“评估”强调学生的自主参与与小组协作,而“问题与设想”和“展示与交流”这两个环节由全班共同参与,教师的指导和讲授较为突出(表2)。

分析美国教师的《小说工程课》的工程设计要素,则发现在该课堂中学生仅仅完成了问题(Pro)、头脑风暴(Brain)、计划(Plan)、建造(Build)和分享(Share)这五个工程设计任务,学生并未体验完整的工程设计程序,教师根据项目的内容和时间的限制做了调整。其中,课堂的前二十分钟里仅出现了问题(Pro)这一项要素,其占课堂时间最多,是该课堂最突出的部分,这表明,发掘、识别和分析问题是该次课堂的重点。接下来的时间则出现了头脑风暴(Brain)和分享(Share)这两个要素,教师通过提问的方式引导学生对如何解决问题做出独立地思考,并对学生的想法做出反馈,而学生则在分享与聆听中互相激发灵感。而剩下的后半部分时间主要由计划(Plan)、建造(Build)和分享(Share)这三个要素组成,其中建造(Build)与计划(Plan)、分享(Share)这两个环节都有不同程度的时间重合(图4)。

《小说工程课》的教学模式可总结如下表(表3)。

表3 美国教师的《小说工程课》教学模式

课堂结构要素	教师活动	学生活动
1.问题	提供问题情境 指导学生了解和分析问题	从故事情境中发掘、识别结构不良的问题,并对其做出分析和判断。
2.头脑风暴	指导学生思考并分享解决问题的各种方案	对情境中存在的问题进行思考与分享,阐发多种可能的解决方案。
3.设计	进行一对一的指导	确定一个要解决的问题,设计出作品的模型。
4.制作	进行一对一的指导	选择所需要的材料,制作出可以解决问题的初步作品。
5.展示与交流	鼓励学生展示自己的作品	向其他同学展示自己的想法和作品。

其中,美国教师的讲授和指导主要出现在“问题”和“头脑风暴”这两个环节中,以全班共同参与的形式为主。

而“设计”、“制作”和“分享与交流”环节，则让学生自主或组队完成任务，展示的对象也是由学生自主、灵活决定（表3）。

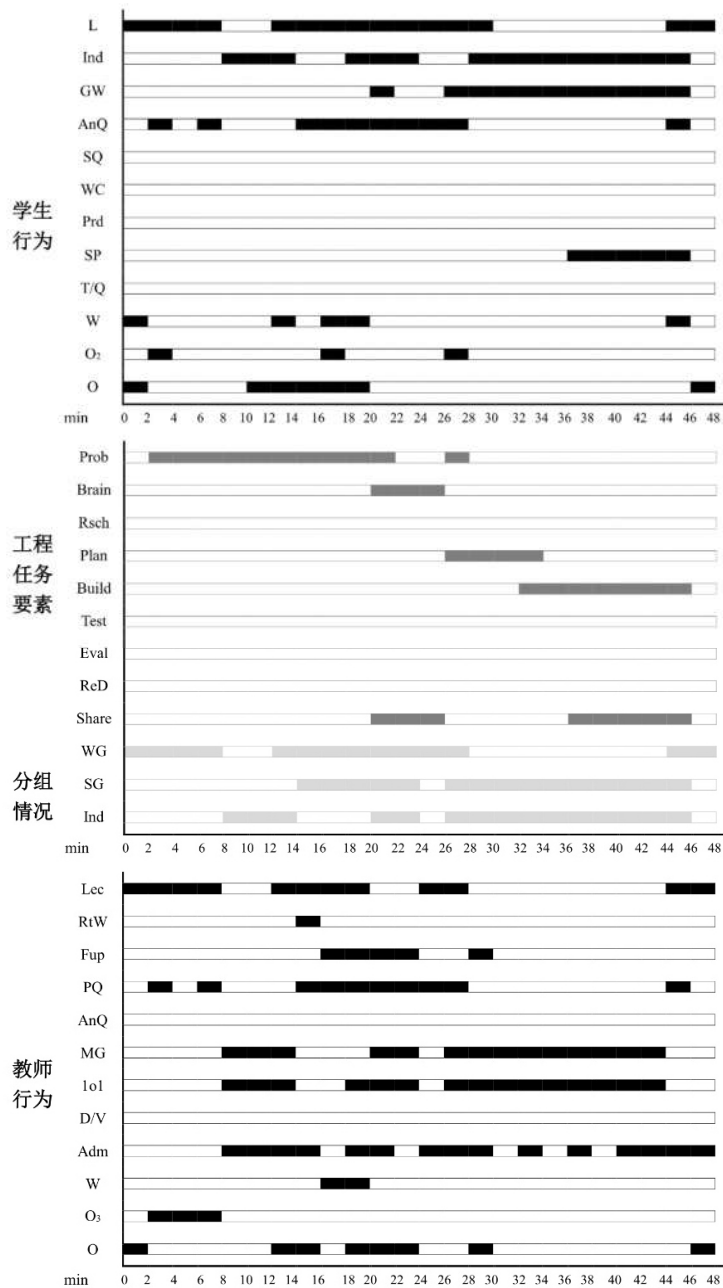


图4 美国教师的《小说工程课》的教学模式分析

(注：O₂表示学生齐读单词，O₃表示教师讲故事，因出现较多，特地标注；其他代码的释义见表1。)

(三) 教学行为分析

根据COPUS的统计结果可知，在中国教师的《投石机》课堂中，听讲(L)、回答问题(AnQ)和小组活动(GW)占学生行为的72%，为学生在该课堂中的主要学习形式，且尤以小组活动所占比例最大(图5)；而教师则花了大部分的时间在提问(PQ)、管理(Adm)、一对一指导(1o1)和移动(MG)上(图7)。因此可以判断，在该课堂上，学生的主动参与程度很高，主要表现在小组活动(GW)、回答问题(AnQ)和展示(SP)上，该课堂采用了典型的合作学习策略，强调同伴指导的教学，突出培养学生的团队协作能力(图5、图7)。

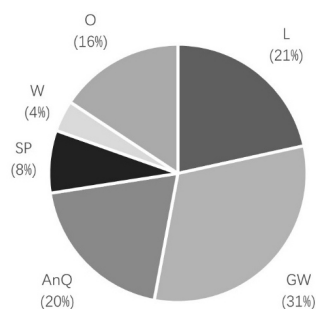


图5 《投石机》课堂学生行为统计

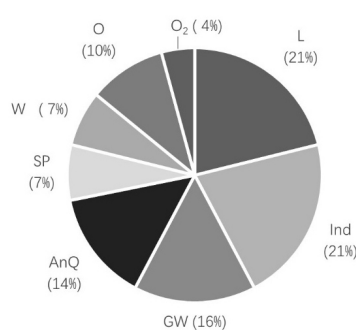


图6 《小说工程课》课堂学生行为统计

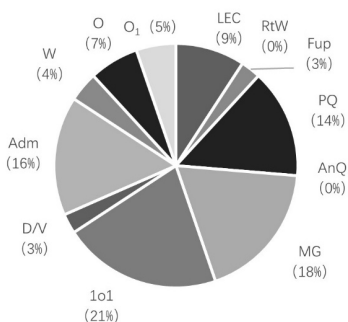


图7 《投石机》课堂教师行为统计

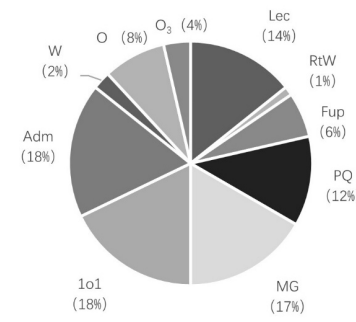


图8 《小说工程课》课堂教师行为统计

(注：图5、6、7、8中的编码的释义见表1。)

而在美国教师的《小说工程课》中，学生的学习行为较为多样且所占的比例较为平均，其中出现最多的是听讲（L）、回答问题（AnQ）、小组活动（GW）和独立思考（Ind），积极参与的特征也较为显著（图6）。而教师则采用的教学策略则包括一对一的指导（1o1）、管理（Adm）、讲授（LEC）、和提问（PQ），这几项教学行为所占的时间比例也较为平均，可见，美国教师在该课堂中使用了多种形式的教学策略对学生进行指导，包括传统的讲授式、激发学生思考的问答式、鼓励同伴学习的小组互动，并使用一定地管理策略推进课堂项目的每一个环节（图8）。与中国教师的《投石机》课堂相比，美国教师对学生回答问题或思考结果的全班性反馈较为显著，其重视学生的学习过程并及时给予评估与反馈（图7、图8）。总体而言，美国教师的《小说工程课》教学形式丰富，教学风格强调以学生为中心，兼顾讲授式、问答式和协作学习，既关注学生个体或群体的独特性，也注重整体性。

（四）教学内容分析

中国教师的《投石机》课堂所设置的挑战性任务是制作投石机装置。该任务围绕投石机的设计与制作串联了STEM四门学科的知识与技能（表4），教师将科学学科的概念和知识安排在呈现“投石机”任务前（如投石机的结构、杠杆原理）或嵌入到工程和技术设计过程中（如材料与性能、稳定的结构），整个教学过程主要围绕工程设计过程展开，科学和数学的知识和应用主要用以支持工程设计的动手操作。因此，《投石机》课堂是聚焦于工程与技术设计的课堂，其主要强调将科学知识 with 动手制作的过程联系在一起，以达成我国小学科学课程标准中建议教师使用STEM跨学科学习方式，通过创设动手操作的环境，将技术、工程与科学进行整合，培养学生“动手做”的问题解决习惯和能力，转变以知识讲授为主的科学教育方式的改革目标。然而，将投石机作为串联科学和工程的任务情境也有一定的不足。投石机作为被淘汰的古代军事装置，与小学学生的日常生活脱节，真实性相对不足，对学生迁移所学存在一定的阻碍。同时，《投石机》课堂没有设置任务以外的问题情境，使挑战性问题集中在技术性与工程性方面，学生缺少对投石机适用情境的思考，使得其相应的制作要求和评估体系不够精准。

美国教师的《小说工程课》则以解决绘本故事中的问题作为挑战性任务。该任务主要涉及工程设计和文学艺术领域，教师将文学艺术的内容作为工程设计的问题情境，使得学生的理解力、创造力和想象力的发展贯穿于整个学习任务当中。（表4）尽管该课程没有明确地涉及科学、技术、数学学科的知识，但美国教师以解决问题的流程为主线开

展教学,并依次讲解了“移情—定义—设想—构建模型—测试”等解决问题的步骤,发展了学生的想象力、创造力、问题解决能力等高阶思维能力,是跨越STEM具体学科的通用技能和核心素养。同时,绘本故事中蕴含的多种开放性问题及多种解决问题的可能性要求学生对比问题进行比较,从而选择紧急的、可解的问题来制定可行的解决方案,这与现实中结构不良的问题有很大的相似之处,有助于学生将所学技能迁移至真实世界中。但以绘本故事作为问题情境也同样会有一些天马行空的情节,降低了问题情境的真实性,使得学生的作品缺乏了真实性的评估标准。

表4 《投石机》课堂与《小说工程课》教学内容比较

课程	情境与问题	学科内容
《投石机》	需要制作一个投石机,解决投石机设计与制作的相关问题。	科学: 杠杆原理、投石机的相关结构及其稳定的结构、材料与性能的关系 技术: 技术设计和绘图、设计稳固的结构 工程: 工程设计的流程与优化理念、完成投石机的制作 数学: 测量并比较记录投掷的距离 通用技能: 展示与沟通能力、动手操作能力
《小说工程课》	需要解决“牛开走了农民的车,且因为违法被警察扣留了车”的故事情境中的问题	工程: 工程设计与制作过程。 文学艺术: 故事阅读、理解与共情能力、想象力与创造力 通用技能: 问题识别、分析与解决、想象力与创造力、展示与沟通能力、动手操作能力

五、讨论与启示

(一) 跨学科整合的教学内容及目标

跨学科性(Transdisciplinary)是STEM教学的重要属性,其不仅强调STEM学科知识的相互联系,更强调将其运用到真实情境或项目实践中生成学习经验。不少研究指出,工程和技术项目可以作为串联STEM学科的连接器,提升学生的STEM素养,实现知识建构和学习迁移。^{[5][6][8]}目前,中、美两国都将工程与技术学习的内容纳入了小学课程标准当中,提倡用工程和技术设计的实践过程实现学科内容的融合及有意义学习。但从中美两国教师的教学个案来看,中、美两国的STEM整合取向有一定的差异。中国教师的小学STEM课堂关注科学、技术、工程和数学的特定领域的知识、技能,并将其整合在实践过程中,在课程取向上呈现出一些学术理性主义的特征,同时也兼顾了动手操作的应用层面,而美国教师的小学STEM整合则指向跨越STEM学科边界的核心素养和技能的养成,并在实践的过程中发展学生对STEM学科的兴趣及STEM领域中的核心观念,如《小说工程课》中呈现了“以人为本”的问题解决思路。美国k-12的《STEM路线图——整合性STEM教育框架》指出,除了科学探究、数学思维与推理、工程与设计这些特定领域的基本实践以外,与STEM学科知识和实践发展交织在一起的21世纪技能也是整合性STEM的重点目标与内容^[11]。这些高阶的思维和素养不仅是STEM教学的目标,也是打破学科界限、整合教学内容一种课程设计路径,以其为出发点组织教学内容可以将不同学科的基础知识和技能目标进行串联和统整,并通过分析它们在现实世界中的相互关系和应用情境,建构出适切的、跨学科的真实任务情境及具体的教学内容。

(二) 以项目式学习为基础的教学组织

项目式学习(Project-based learning, PBL)是一种体现典型的STEM理念的学习方式,其强调学习的社会性和实践性,让学习者在真实问题实践中逐步理解概念,在挑战性任务的实践中进行知识建构和发展思维^[12],能为学生的STEM跨学科学习创造适切的教学过程。本研究所分析的中美两个STEM教学个案都充分地采用了PBL的教学策略,以挑战性任务的实践程序为主轴安排教学环节,在教学空间和教学行为的安排上体现出协作性、挑战性、参与性、设计性和个性化指导等特征。两个个案的教学策略的差异主要表现在自由度和灵活度上。中国教师的STEM教学强调系列的任务驱动,教学流程体现出课程内容取向的特征,STEM任务更加明确,学生的主动权和自由发挥空间较小,教学环节和教学空间的秩序性突出。在一系列明确的任务要求和指导下,结果性产出往往大同小异,无法满足学生的个性化发展^[13]。而美国教师以问题解决的一般模式为核心,根据教学目标和任务类型来调整教学环节及课堂重点,在实践过程中给予学生自主探究的自由,更能尊重学生发展个人独特思考和个人潜能的自主权。对问题的思考不限定思路,对解决问题的方法不进行预设,教学素材的选择、探究方案的制定均不设定固定的模式,让学生在探究过程中以问题组织学习过程^[14],此外,美国教师除使用PBL强调的合作学习策略外,还用了问答法、讲授法、布置个人思考和及时反馈等多种教学方法,教学形式丰富、灵活。由此可见,挑战性任务、协作学习、积极参与和教师指导是STEM教学

的重要组织原则,但在此基础上,教师也可以根据教学内容和重点灵活安排教学环节及其相应的教学形式。

(三)问题解决导向的教学评价

在STEM项目中,教学评价主要指的是贯穿在整个学习过程中对学生基于真实情境而提出的可行方案和实际操作的评估,其包括总结性的评估环节,也包括教学过程中教师和学生关于项目的讨论和评估^[1]。从两个STEM教学个案来看,两国教师更关注学生参与项目的过程及评估的指导和推动作用,他们主要使用的是一对一指导、展示和反馈的方式来实现个性化的过程性和总结性的评估,评估指向问题的解决。在STEM项目中,问题解决串联了各学科学习内容的思维和实践过程,同时也指向学生学习成果的最终呈现,因此是教学过程中师生交互和教学评估的重要方向,也是评判最终学习成果及学生进步的重要指标。从本质上讲,整合性的STEM与受环境限制的、关乎学生日常生活的问题有着根本的联系^[15],来源于现实世界,最终又回归到真实情境当中,是STEM教育对学生个人发展和社会发展的深切关怀和价值所在。当目标指向于解决真实世界的问题时,师生才能在实践的境脉中以语言与行动共同参与知识的建构,在个体与世界的互动中感知、理解和改造世界^[16],这样的问题解决过程与结果才是有意义的、可迁移的。为此,STEM教学需要将评价与教学进行统整,实行真实性评价。真实性评价要求教师将评价的过程贯穿于日常教学过程中,重视及时反馈,也要求学习者通过有意义和价值的成就展示来表现和证明其相关能力,其真实性主要通过评价任务、评价的自然情境、评价的社会情境、评价结果、评价标准的真实性来实现^[17]。然而,本研究选取的两个STEM个案在真实性评价的五个向度上都稍有欠缺,尤其是中国教师的《投石机》课堂并没有设置内含复杂问题的真实性情境,忽略了工程制作所关联的现实世界,使得评估结果与标准与现实生活脱节,学科知识与真实世界之间的壁垒没有被打破。相比之下,美国教师的《小说工程课》蕴含了多种开放性问题及多种解决问题的可能性,与现实生活中结构不良的问题有很大的相似之处,在评价的情境上有一定的真实性。

(四)整合跨学科内容与教学策略的教师专业素养

在教师专业发展中,学科内容知识和教学法知识存在密切的交互作用,两者的整合能使教师将特定的知识内容进行重新组织和表征,以促进不同学习者的学习建构^[18]。在STEM课程中,STEM的学科内容和教学方式存在着复杂的交互关系,以开放式问题或挑战情境驱动的PBL教学模式需与工程与技术设计、科学探究等过程相融合,STEM各学科的学习内容及跨学科素养的培养则要求相匹配的教学环节和教学任务。因此,将STEM学科内容与教学策略相融合是提升小学STEM教师专业素养的关键所在,建议教师可从以下几方面着手。

1. 正确理解STEM教育理念与内涵,厘清STEM学科之间的关系及其对教学方法选择的影响。

2. 在跨学科的知识情境下不断学习新的教学策略和教学技术,并与不同学科的教师进行合作与交流,积极探讨能融合各个学科内容的教学模式并予以实践。美国有研究者指出,教师对STEM知识概念的理解不代表掌握了实施STEM教育所需的教學技能,在教师培训中,教师的理论知识学习结果优于教学实践表现能力,STEM教学实践技能是教师培训的重点和难点^[19]。

3. 在生活中养成问题意识,挖掘现实生活中的不良结构的问题,并对其进行科学的探究和构建有效的解决方案,积累更多多角度、跨学科解决现实问题的经验,为整合性的STEM教学设计奠定基础。美国的UTeach教师培育项目也同样设置了让学生独立设计并完成主题探究的学习任务,以深化对STEM研究方法的理解和体验^[20]。

本研究的两个小学STEM教学个案表明,STEM学科知识、任务情境、教学空间、教学形式和教学环节是互相渗透的综合体,只有将所有的教学要素与跨学科知识与技能进行整合,才能完善STEM教学实践,提高STEM教师的核心竞争力。

总的来说,中、美小学教师的STEM教学个案在内容、方法、评价方面都有一定的相同点,其反映出STEM教学的一般性特征,同时两位教师在教学内容、教学模式、教学行为和教学环境上的差异也凸显出了STEM教学的丰富性,对两国STEM教学实践和专业发展都有启发的意义。但本研究只是一项个案研究,选取了两个教学个案,且没能对教师的课前准备和课后反思进行深入了解,有一定的局限性,后续可以收集更多的课堂录像进行量化分析和比较,或是结合教师的访谈做更深入地剖析。

参考文献:

[1]江丰光,吕倩如.STEM教师教学反思日志分析研究[J].开放教育研究,2017,23(03):80-86.

[2]Sutaphan, S., Yuenyong, C. STEM education teaching approach: Inquiry from the context based[J]. Journal of Physics:

Conference Series, 2019,1340:12003-12021.

[3](美)阿尔帕斯兰·沙欣(编);侯奕杰,朱玉冰,殷杰等(译).基于实践的STEM教学模式:STEM学生登台秀[M].上海:上海科技教育出版社,2016.

[4]潘星竹,姜强,黄丽,等.“支架+”STEM教学模式设计及实践研究——面向高阶思维能力培养[J].现代远程教育,2019(03):56-64.

[5]Forawi, S. Science, technology, engineering and mathematics (STEM) education: Meaningful learning contexts and frameworks[C]// IEEE Sudan subsection. Proceedings of 2018 International Conference on Computer, Control, Electrical, and Electronics Engineering (ICCCEEE). Khartoum, Sudan: IEEE, 2018:1-4.

[6]Sanders, M. Integrative stem education as best practice[M]// H. Middleton. Explorations of Best Practice in Technology, Design, & Engineering Education: Vol 2. Queensland, Australia: Griffith Institute for Educational Research, 2012:103-117.

[7]Dickerson, D.L., Cantu, D.V., Hathcock, S.J. et al. Instrumental STEM(iSTEM): An Integrated STEM Instructional Model[M]// Annetta L., Minogue J. Connecting Science and Engineering Education Practices in Meaningful Ways. Switzerland: Springer International Publishing, 2016:139-168.

[8]谢丽,李春密.整合性STEM教育理念下的课程改革初探[J].课程.教材.教法,2017(6):63-68.

[9]Wheeler, L. B., Navy, S. L., Maeng, et al. Development and validation of the classroom observation protocol for engineering design (COPED)[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2019,56(9),1285-1305.

[10]Smith, M. K., Francis, H. M. J., Gilbert, S. L. et al. The classroom observation protocol for undergraduate STEM (COPUS): A new instrument to characterize university STEM classroom practices[J]. CBE-Life Sciences Education, 2013,12(4):618-627.

[11]宋怡,崔雨涵,马宏佳.美国K-12整合性STEM教育框架:理念、课程路径与支持系统[J].当代教育论坛,2020(02):65-75.

[12]张丰.STEM:深刻影响基础教育改革与发展的观念与实践——美国STEM教育考察报告[J].上海教育科研,2020(04):5-11.

[13]闫寒冰,王巍.跨学科整合视角下国内外STEM课程质量比较与优化[J].现代远程教育研究,2020,32(02):39-47.

[14]胡红杏.项目式学习:培养学生核心素养的课堂教学活动[J].兰州大学学报(社会科学版),2017,45(06):165-172.

[15]Evans M A , Schnittka C, Jones B D , et al. Studio STEM: A Model to Enhance Integrative STEM Literacy Through Engineering Design[M]// Connecting Science and Engineering Education Practices in Meaningful Ways. Switzerland: Springer International Publishing, 2016:107-137.

[16]刘徽.“大概念”视角下的单元整体教学构型——兼论素养导向的课堂变革[J].教育研究,2020,41(06):64-77.

[17]俎媛媛.评价的“真实性”及其五向度分析[J].教育发展研究,2009,28(Z2):98-102.

[18]Shulman, L. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching[J]. Educational Researcher, 1986,15(2):4-14.

[19]王巍.国际项目式STEM教育的研究现状与启示[J].现代远程教育,2019(04):90-96.

[20]高巍,刘瑞,范颖佳.培养卓越STEM教师:美国UTeach课程体系及启示[J].开放教育研究,2019,25(02):36-43.