

TPACK 理论视角下 STEM 教师的 知识结构及其量表的开发与验证

刘 唤 杨晓娟

【摘 要】STEM 教育是落实创新人才培养模式的重要举措,研究 STEM 教师知识结构,开展 STEM 教师知识测评,是持续、深入提升 STEM 教育质量的关键。为此,文章基于 TPACK 理论模型,通过文献研究、访谈和专家咨询进行 STEM 教师知识结构理论维度的构建与优化,并通过项目分析、因子分析和信效度检验等步骤,编制 STEM 教师知识测评量表。研究表明,量表具有良好的信效度;量表各题项内部一致性较好,符合拟合接受的标准;量表 7 个维度彼此之间是相互影响的关系。文章通过研究,期望为测量 STEM 教师知识水平和促进 STEM 教师专业成长提供参考。

【关键词】TPACK;STEM 教师;知识结构;量表开发

【作者简介】刘唤,山东师范大学教育学部在读硕士,研究方向为学习行为分析、教师专业发展(山东济南 250014);杨晓娟(通讯作者),山东师范大学教育学部(山东 济南 250014)。

【原文出处】摘自《现代教育技术》(京),2024.4.122~131

【基金项目】本文为国家社会科学基金教育学一般课题“智能时代中小学教师 TPACK 发展路径优化研究”(项目编号:BCA200091)的阶段性研究成果。

一、研究背景

美国作为 STEM 教育的发源地,制定了一系列关于 STEM 教师能力的评判标准,澳大利亚作为较早发展 STEM 教育的国家,也在 STEM 教师培养方面积累了丰富的经验。二者在制定 STEM 教师专业标准时,都强调 STEM 教师知识与技能的重要性,注重跨学科教学和项目教学的技能。

我国师范院校鲜有针对 STEM 师范生的培养计划,然而中小学课程方案中明确规定了跨学科培养的理念,如《义务教育课程方案(2022 年版)》提出“综合实践活动侧重跨学科研究性学习”,并规定“各门课程用不少于 10% 的课时设计跨学科主题学习”^[1]。这与 STEM 教育理念不谋而合,即目前 STEM 教育在我国本土化的发展可以理解为“跨学科主题教学”。中国教育科学院 STEM 教育研究中心提出,STEM 教师是指从事科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、数学(Mathematics)和相关学科的教育工作者,以及进行跨学科整合教学的专业人员^[2]。结合我国 STEM 教育的本

土化发展,本研究将以数学、科学、物理、化学、生物、信息技术、通用技术等其中一门或两门及以上学科为主,整合其他学科进行跨学科项目式教学的教师统归为 STEM 教师的研究范畴。

二、教师的知识结构及测量方法

1. 知识结构

知识结构作为教师参与教学实践主动建构的产物,反映了教师在其专业领域内所拥有的由不同性质、层次、类型知识构成的一个有序列、有层次的信息系统。Koehler 等^[3]在 Shulman 的研究基础之上整合技术知识,提出了整合技术的学科教学知识(Technological Pedagogical and Content Knowledge, TPACK)理论,明确了信息时代教师知识结构的构成与知识类别之间的组织逻辑。该理论框架的提出打破了以往将技术作为孤立知识类别的倾向,使不同知识类别之间实现有序融合。何克抗^[4]认为 TPACK 是“学科内容、教学法和技术”这三种基础知识之间的复杂互动,是整合这三种知识后形成的一种新知识形式。TPACK 理论框架的关键在于三

类基础知识之间的整合互动,其中由三类基础知识衍生出的四类复合知识对教师在教学中如何整合技术至关重要^[5]。此外,境脉也是TPACK理论框架中的重要因素,Koehler等^[6]认为教师整合技术进行教学是处于一定的境脉中的。教师应将学科与教学情境相融合,并具备在不同教学情境中应对“劣性问题”的能力。境脉因素通常涉及教室的物理特征,学校的理念和期望,教师和学生的人口学特征,教师的知识技能和性格,学生和教师的生理、心理、社会、经验特征,以及上述因素的协同作用。

STEM教育注重对真实问题情境下解决问题能力的培养,其蕴含的多元知识必然暗含“知识转化”,是知识、方法与工具的整合。“知识转化”正是TPACK理论核心理念之一,该理论强调基础知识与复合知识之间的“转化”与互动关系,以实现层级构面的维度进阶。此外,STEM教师需具备的特定问题情境下跨学科项目设计与教学技能,实质是学科内容知识、教学法知识和技术知识在STEM教育领域中的具体演绎,这正与TPACK理论的整体架构不谋而合。

2. 知识测量方法

目前,我国针对知识测量的研究较少,现有的研究成果倾向于学理分析,其中应然分析占据多数,且缺乏对教师知识要素构成情况的逻辑推理及其直观定量的实证分析^[7]。

综上,本研究拟采用定性和定量相结合的方法,形成互证,以保证研究结果的效度。考虑到STEM教师的知识具有情境性和劣构性,本研究基于TPACK理论,借助专家和一线教育工作者的实践经验,尝试分析STEM教师的知识构成情况,并在此基础上通过实证分析开发STEM教师知识测量工具。

三、STEM教师知识结构的构建

本研究首先对TPACK理论框架的构成情况进行系统梳理,初步拟定8个知识类别作为一级维度,包括学科内容知识、教学法知识、技术知识、学科教学法知识、整合技术的学科内容知识、整合技术的教学法知识、整合技术的学科教学知识、情境知识。

为进一步精细化分析知识类别,本研究针对STEM一线教师进行了半结构化访谈,拟从教学典

型实例中映射STEM教师的知识要素,并对15名专家进行二轮咨询,最终形成了包含7个知识类别(一级维度)与17个知识要素(二级维度)的知识体系(如下页表1所示)。

四、STEM教师知识结构量表的开发与结果分析

本研究依据前文构建的STEM-TPACK框架,旨在开发具有良好信效度的STEM教师知识测量量表,同时验证STEM-TPACK框架中因子结构的合理性。为此,本研究先对量表题项进行编制,再通过项目分析、探索性因子分析、验证性因子分析等方法进行实证检验。

1. 量表工具的编制

为确保量表题项的科学性,本研究以构建的知识结构框架为基础,直接引用或修订国外比较成熟的TPACK量表,如Schmidt等^[8]编制的“职前教师教学技术知识调查量表”、Archambault^[9]等编制的“美国K-12在线远程教育工作者TPACK调查量表”、Koh等^[10]编制的“有意义学习测量工具”,形成了STEM教师知识量表,该量表包括7个一级维度和44个测量题项。量表采用李克特5点计分法1分为最低分,表示非常不赞同;5分为最高分,表示非常赞同。

2. 数据收集

本研究的调查对象是在山东省开展STEM教学的教师。问卷通过问卷星平台发放,共进行了两轮问卷收集工作:第一轮于2022年7月面向230位STEM教师发放调查问卷进行预调研,共回收230份,其中有效问卷208份,问卷有效率为90.43%;第二轮于同年10月面向280位STEM教师重新发放问卷进行正式调研,共回收261份,其中有效问卷228份,问卷有效率为87.36%。

3. 结果分析

(1) 项目分析

本研究对每一位被试量表题项总分进行计算,然后依据总分数值大小排序,将被试分成高分组(前27%)和低分组(后27%),具有区分度的题项在两组的得分应该具有显著差异性。结果显示,所有题项的t统计值均大于3.00,且 $p < 0.05$,表明所有题项的鉴别度均符合要求,在此阶段没有需要删除的题项。

本研究还进行了同质性检验,通过观察单个题

表 1

一级维度	二级维度	内涵
情境性内容知识	STEM 跨学科知识	基于真实问题情境,对项目中所涉及的多门学科内容的深入理解,包括基础学科内容知识、不同学科知识间的联系和知识类型。
	通识知识	具体项目情境下关于文化、社会等各方面的知识,如人文知识、经济知识等。
项目教学法知识	教学基础理论知识	最近发展区、学习者特征及认知规律等教育理论知识。
	指导合作的知识	涉及学生合作预设、时间分配等方面的知识。
	关于评价方式的知识	涉及学习者作品产出和知识获取,以及在实践过程中的知识迁移等的知识。
技术知识	基本技术知识	对基本教育技术工具的认识、教育技术/工具的操作、技术故障解决的知识。
	获取新技术的知识	关注技术发展前沿,快速了解新技术的知识。
	STEM 课程专用技术知识	课程中涉及的专用软件、工具箱等。
STEM 项目 教学知识	关于项目设计的知识	项目分析(项目与学生之间关系的理解)、学习活动设计、学习支架设计等方面的知识。
	关于教学实施的知识	不同教学项目如何通过合适的教学手段传递给学生的知识。
整合技术的情境性 内容知识	技术支持学习的 知识	进行学习的信息资源(课程网站、慕课资源等)、专用技术的操作与维护、反思技术使用等的知识。
	技术支持呈现的知识	根据不同教学情境选择不同技术来呈现学科内容的知识。
整合技术的项目 教学法知识	技术支持学情分析的知识	获取课堂学习数据并进行解读的知识。
	技术支持组织教学的知识	在技术的帮助下,顺利实施教学手段、组织教学的知识。
	技术支持项目评价的知识	技术帮助教学评价、学生成果展示的知识。
整合技术的 STEM 教学知识	技术支持项目 教学的知识	利用技术手段促进项目教学顺利开展的知识,包括技术支持的学生协作学习、过程管理等。
	开发特定项目的知识	利用技术,结合真实问题情景开发和完善 STEM 课程体系的知识。

目与量表总分的相关程度分析了该题项与整体量表的一致性。同质性检验结果显示,所有项目的相关系数均在 0.409~0.745 之间,且 $p < 0.001$,表明所有题项与量表整体的同质性较高,各题项均符合要求,在此阶段没有需要删除的题项。

(2) 探索性因子分析

要想厘清量表内部维度的构成,探究量表的结构效度,必须进行探索性因子分析。本研究根据 KMO 和 Bartlett 球形检验发现,量表 KMO 值为 $0.911 > 0.8$, Bartlett 球形检验的显著性概率值 $p < 0.001$, 达到显著水平,表明 STEM-TPACK 框架适合做探索性因子分析。

为决定各题项应归属于哪一个因子,本研究采用主成分分析法抽取共同因子,使用最大方差法(Varimax)得到旋转后的因子负荷矩阵,并对不达

标的题项进行删除。

本研究对修改后的量表按同样的方法再次进行了探索性因子分析。结果显示:共有 7 个因子的特征值大于 1.0, 累积方差解释率达到 62.447%。探索性因子分析得到了与理论构想一致的旋转成分矩阵, 结果支持了“七因子”方案。

(3) 验证性因子分析

经过探索性因子分析后,本研究确定了包含 35 个题项的量表。随后,本研究继续进行验证性因子分析以对该量表进行拟合检验,将 228 份有效问卷导入 AMOS 24.0 软件,通过最大似然法对模型进行估计。结果显示,各维度和总分之间存在显著的正相关关系,统计显著性水平均达到 0.01;模型适配度的卡方值为 1028.278,卡方自由度比值为 $1.908 < 3$,拟合标准理想;RMSEA 值为

0.066,大于0.05但小于0.08,表明模型达到良好标准;RMR值为 $0.036 < 0.05$,表明拟合理想;IFI、TLI、CFI值分别为0.857、0.839、0.854,低于但接近0.9,属于可接受范围。本研究继续对模型进行修正,各因子间的相关系数在0.49~0.85之间;修正后的拟合指数表明该结构与实证数据适配拟合理想,拟合情况良好。

(4)信效度检验

依据上述维度划分,本研究分别计算了各维度的Cronbach's α 值,结果表明:问卷整体的Cronbach's α 值为0.941,各维度的Cronbach's α 值也在0.736~0.864之间,说明各维度之间均具有较好的内在一致性,量表信度良好。在内容效度上,本研究的量表改编自依据专家咨询法构建的STEM-TPACK框架和国外的成熟量表,具备良好的内容效度;在结构效度上,本研究利用探索性因子分析对量表进行了降维处理,结果表明量表具有良好的结构效度。

五、STEM教师知识提升的建议

1. 注重各类知识协同发展

根据验证性因子分析结果可知,STEM教师知识七个构成因子之间的相关系数在0.49~0.85之间,各构成因子之间的关系都达到显著水平。这表明七个知识类别之间是相互作用的关系,内部存在一定的互动机制。有研究已证实教师的TPACK框架中基础知识与复合知识间、复合知识与复合知识间均存在直接影响^[11],其中暗含的互动机制不言而喻。基础知识是教师有效教学的前提,以技术知识为例,教师只有在掌握技术原理及操作的基础上,结合自身教学实践,才能利用技术延伸教学内容及教学方法,并促进复合知识的建构与发展,其他基础知识同样如此。综上,STEM教师应关注不同知识间的协同发展,促进自身TPACK水平整体提升。

2. 以学生视角重新审视

有研究指出,教师对一门学科的精通会让他们看不到学生的潜在困难^[12]。本研究也得出了相似的结论,STEM教师在实施跨学科教学时,面对学生的迷思概念很难做到精准把控,这或许与跨学科教学的难度有关。学生在解决问题的过程中通常会遇到各种棘手问题,这是“不可控”的,因此教师需

要时刻关注学生解决问题的动态,及时引导或提供学习支架。同时,教师对教学主题的选择、理解、转化与表征也应以学生接受与理解为第一要义。STEM教育不应该发生在“真空”中,教师需要结合实际从学生视角重新审视自己的教学。

参考文献:

- [1]中华人民共和国教育部.义务教育课程方案(2022年版)[Z].北京:北京师范大学出版社.
- [2]中国教育科学研究院STEM教育研究中心.STEM教师能力等级标准(试行)[EB/OL].<https://wenku.baidu.com/view/1f706e6d59fb770bf78a6529647d27284b7337d9.html>.
- [3][6]Koehler M J, Mishra P. What happens when teachers design educational technology? The development of technological pedagogical content knowledge[J]. Journal of Educational Computing Research, 2005, (2): 131-152.
- [4]何克抗. TPACK——美国“信息技术与课程整合”途径与方法研究的新发展(下)[J]. 电化教育研究, 2012, (6): 47-56.
- [5]杨晓娟. 网络教学中教师整合技术的学科教学知识建构之作用机理研究[J]. 山东师范大学学报(社会科学版), 2023, (4): 90-99.
- [7]黄丽燕,赵静,陈心怡. 英语教师的基本语言知识结构要素及其预测能力研究[J]. 外语教学与研究, 2016, (4): 583-593, 641.
- [8]Schmidt D A, Baran E, Thompson A D, et al. Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers[J]. Journal of Research on Technology in Education, 2009, (2): 123-149.
- [9]Archambault L, Crippen K. Examining TPACK among K-12 online distance educators in the United States[J]. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education, 2009, (1): 71-88.
- [10]Koh J H L, Chai C S. Teacher clusters and their perceptions of technological pedagogical content knowledge (TPACK) development through ICT lesson design[J]. Computers & Education, 2014, 70(1): 222-232.
- [11]刘劼. 师范生整合技术的学科教学知识研究——基于结构方程模型的实证分析[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2016, (4): 74-85.
- [12]Ben-Peretz M. Teacher knowledge: What is it? How do we uncover it? What are its implications for schooling? [J]. Teaching and Teacher Education, 2011, (1): 3-9.