

国际 STEAM 教师研究的热点与发展趋势

——基于 VOSviewer 的文献计量分析

张楠^{1,2,3} 宋乃庆^{1,4} 黄新⁵ 李业平⁶

- (1. 西南大学 基础教育研究中心, 重庆 400715; 2. 天津师范大学 教育学部, 天津 300387;
3. 重庆师范大学 教育科学学院, 重庆 401331; 4. 西南大学 中国基础教育质量监测协同创新中心, 重庆, 400715;
5. 天津师范大学 计算机与信息工程学院 天津 300387;
6. 德克萨斯农工大学 教学与文化系, 美国德克萨斯 77843)

[摘要] 本研究基于 Web of Science 数据库, 选取国际 STEAM 教师研究成果, 综合采用科学知识图谱与内容分析法处理数据, 分析国际 STEAM 教师研究的概况、热点和发展趋势。国际 STEAM 教师研究的热点包括: 实践改善的多维 STEAM 教师专业发展、优质培养的 STEAM 教师教育、内生发展的 STEAM 教师观念、学生素养提升的 STEAM 项目式学习四个方面。发展趋势表现为人工智能背景下更加注重教师对教育技术变革的适应性、STEAM 教师对女性学生 STEAM 教育的影响、STEAM 教师评价等。

[关键词] STEM 教育; STEAM 教师; 知识图谱

[中图分类号] G434

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2020)05-0078-10

《国家中长期人才发展规划纲要(2010-2020年)》指出, 培养拔尖创新人才是国家人才发展战略的重要任务。目前, 中国劳动力总量居世界第一, 但在 2019 年国际人才竞争力指数(Global Talent Competitiveness Index, GTCI) 排名中, 仅位列第 45 位(INSEAD, 2019)。培养一批具有创新能力的复合型人才是社会发展的必然诉求。国际经验显示, 高质量的 STEAM^① 教育对提升国家技术创新水平, 培养创新型人才具有重要作用(Committee on STEM Education of the National Science & Technology Coun-

cil, 2018; 李业平等, 2019b)。

人才培养的关键在于教师。目前, 中国 STEAM 教师发展较薄弱(王科等, 2019a)。中国教育科学研究院 2017 年发布的《中国 STEM 教育白皮书》明确指出, 中国 STEM 师资队伍整体水平不高, 标准与评估机制尚未建立。同时, 中国 STEAM 教师研究较匮乏。截至 2019 年末, 中文核心期刊和 CSSCI 期刊发表的标题含“STEM(STEAM)教师”的研究成果仅 10 余篇。梳理国际 STEAM 教师研究的现状与发展趋势, 对推动我国 STEM 教师发展有现实意义。

[收稿日期] 2020-06-12

[修回日期] 2020-08-24

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2020.05.008

[基金项目] 国家社会科学基金教育学青年课题“开放科学背景下教育科研影响力评价体系研究”(CHA190272)。

[作者简介] 张楠, 天津师范大学教育学部, 西南大学、重庆师范大学博士后, 研究方向: 教师教育、STEAM 教育(xiaoyu6109@126.com); 宋乃庆, 教授, 西南大学基础教育课程研究中心主任, 中国基础教育质量监测协同创新中心首席专家; 黄新, 讲师, 天津师范大学计算机与信息工程学院; 李业平, 教授, 美国德克萨斯农工大学教学与文化系。

[引用信息] 张楠, 宋乃庆, 黄新, 李业平(2020). 国际 STEAM 教师研究的热点与发展趋势——基于 VOSviewer 的文献计量分析[J]. 开放教育研究, (5): 78-87.

本研究旨在回应 STEM 概念使用以来(21 世纪初)(李业平,2019a;Li et al.,2020):1) 国际 STEAM 教师研究数量的变化趋势如何? 2) 从事 STEAM 教师研究的国家和地区主要有哪些? 3) 国际 STEAM 教师研究的热点是什么? 4) 国际 STEAM 教师研究的发展趋势是什么?

科学知识图谱和内容分析法,可以为研究上述问题提供方法支持。其中,文献计量法的科学知识图谱,可以基于大量的文献计量数据,生成可视化图谱,展示研究的热点、发展历史、核心结构等,梳理分析国际研究经验,为中国 STEAM 教师研究提供理论和实践参考。

一、研究方法

(一) 数据来源

STEAM 教师研究是跨学科研究,涉及人文社会科学和自然科学两大领域。本研究在 Web of Science 核心合集中的“社会科学引文索引”(Social Science Citation Index,SSCI)、“科学引文索引”(Science Citation Index Expanded,SCIE)和“新兴资源引文索引(Emerging Sources Citation Index,ESCI)”数据库中,检索题名同时包含“STEM(或 STEAM)”和“teacher”,或同时包含“science, technology, engineering, mathematics”和“teacher”,语言为英文的论文。文献筛选时间为 2000 年 1 月 1 日~2019 年 12 月 31 日,得到相关文献 184 篇,所得文献的实际时间跨度为 2010 年 1 月 1 日~2019 年 12 月 31 日,其中,2000 年 1 月 1 日~2009 年 12 月 31 日未发现满足检索条件的文献。本研究提取每篇文献的发表年份、标题、作者国别、摘要、关键词、被引频次等信息,分析研究热点和发展趋势。

(二) 数据筛选

本研究依据“系统综述和元分析优先报告的条目(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta - Analyses, PRISMA)”(Moher et al., 2009)对检索文献进行数据筛选,遵循“检索—初筛—纳入—综合”四个步骤。删除 1 篇重复文献和书评、更正、编委会材料、快报、新闻、会议摘要六种类型的文献 27 篇,以及与主题无关文献三篇,最终得到与主题相关的“论文”和“综述”类文献 153 篇。数据筛选流程如图 1 所示。

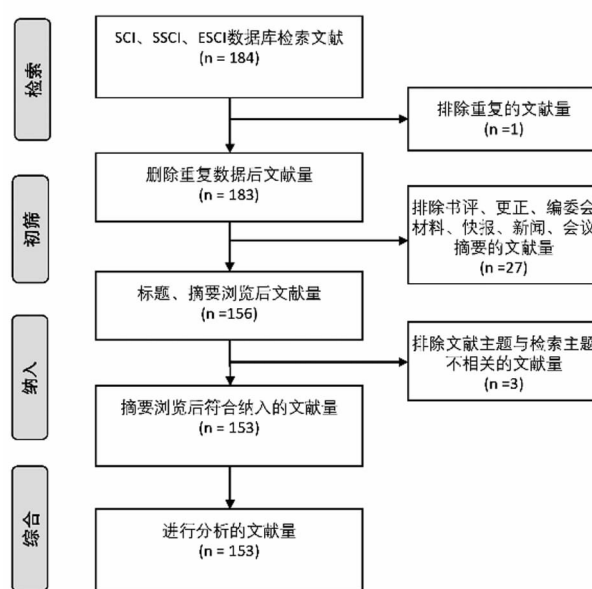


图 1 数据筛选流程

(三) 数据处理

本研究聚焦国际 STEAM 教师研究热点和发展趋势,综合采用科学知识图谱与内容分析法分析数据(张楠等,2017a,2017b,2018,2019)。知识图谱分析基于 VOSviewer 1.6.11 绘制国际 STEAM 教师研究的关键词共现图谱和时序图谱。内容分析基于文献的题目和摘要,深入解读研究内容。

二、总体概况

本研究从刊文数量、区域(研究数量、研究影响力)、刊文期刊三个视角分析国际 STEAM 教师研究的总体状况。

(一) 数量分布

从研究数量看,国际 STEAM 教师研究刊文数量(见图 2)随时间呈快速增长趋势:2010 年 1 篇,2016 年 17 篇,2017 年迅速增至 32 篇,2019 年达 46 篇。这表明,国际教育研究领域对 STEAM 教师研究的关注程度与日俱增,已成为研究热点。

(二) 区域分布

从研究数量看,153 篇国际 STEAM 教师研究文献来自 35 个国家和地区(按第一作者统计)。数量位居前六位的国家为(含并列):美国、澳大利亚、土耳其、中国(含港、澳、台)、英国和韩国。其中,美国以 86 篇位列第一位,澳大利亚、土耳其和中国为 9~12 篇,英国、韩国为 6~7 篇。从研究影响力看,

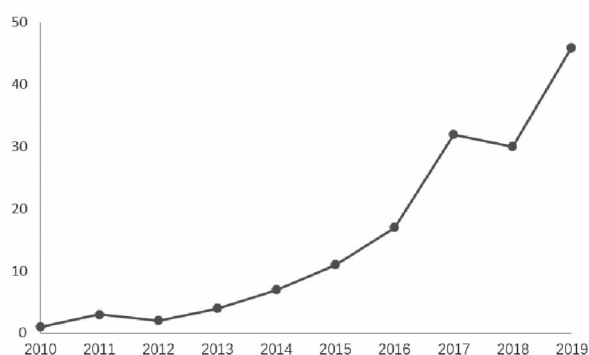


图2 国际 STEAM 教师研究刊文数量的时序分布

美国 STEAM 教师研究被引频次为 464 次, 位列第一; 土耳其和韩国分别位列第二、三位, 被引频次分别为 69 次和 55 次; 英国和澳大利亚被引频次为 34~35 次, 位列第四、五位。综合分析研究数量和研究影响力两个方面, 国际 STEAM 教师研究总体状况如下。

1. 美国 STEAM 教师研究数量和影响力居世界首位

从区域层面看, 美国无论是研究数量还是研究影响力, 均较其他国家和地区优势显著, 一定程度上与 STEM 教育发展历史一致。STEM 教育起源于美国, 并被美国政府及教育研究机构持续关注和提供政策、经费保障(李学书, 2019; 王科等, 2019b)。例如, 2018 年 12 月, 美国科技政策办公室(Committee on STEM Education of the National Science & Technology Council, 2018)发布的《绘制成功之路: 美国 STEM 教育战略》, 规划了 2018-2023 年美国 STEM 教育发展路径, 明确了美国 STEM 教师准备项目和教师专业发展计划的目标, 健全 STEM 教育从业者(包括学校教师、行政管理人员)获取联邦资源的途径。

2. 澳大利亚、土耳其、英国和韩国 STEAM 教师研究数量和影响力居世界第 2~6 位

澳大利亚、土耳其、英国和韩国的 STEAM 教师研究在数量和被引频次方面均居世界第 2~6 位。这与这些国家政策导向密切相关。例如, 澳大利亚 2015 年发布的《STEM 学校教育国家战略》, 规划了 2016-2026 年 STEM 学校教育的战略, 明确提出通过校企合作、建立在线范例教学模块专业学习、加强 STEM 教师培养等途径, 提高教师能力, 提升 STEM

教学质量(李业平, 2019a; National Council, 2015)。土耳其教育部发布的《土耳其 STEM 教育研究报告》, 明确了 STEM 教师参加 STEM 教育专业培训、利用 STEM 技术改善学生学习、评估 STEM 课程、协调 STEM 活动等方面的工作(冯帮等, 2020)。英国教育部(Department of Education & Department for Employment and Learning, 2009)在《STEM 综述报告》中明确指出, “STEM 教学质量是学生取得成就的重要基础”。教师教育课程和持续的教师专业发展项目是改善教师短缺, 提升 STEM 教师质量的关键。韩国教育部 2011 年颁布的《搞活整合型人才教育(STEAM)方案》, 提出促进教师实施整合型人才培养, 建立整合型人才培养教师研究会, 为教师提供指导和支持(李协京, 2015)。国家层面的战略规划和政策保障成为上述国家 STEM 教师研究位居世界前列的重要支撑。

3. 中国 STEAM 教师研究数量居世界前列, 研究影响力有待提升

中国 STEAM 教师研究在数量上位居世界第四位, 但研究影响力仍有较大提升空间。2016 年, 中国将“探索跨学科学习(STEAM 教育)”写入《教育信息化“十三五”规划》, 并在 2018 年启动“中国 STEM 教育 2029 创新行动计划”, 明确提出“要建立资源整合和师资培养平台, 成立专业 STEM 教师发展平台”, 推进 STEAM 教师队伍建设和相关研究。因此, 加强中国 STEAM 教师研究的国际传播, 促进中国经验与国际 STEAM 教师研究共同体的交流与分享是努力方向之一。

(三) 期刊分布

本研究的 STEAM 教师研究论文发表于 86 种学术期刊。从刊文时间看, 早期刊发 STEAM 教师研究的期刊包括《工程教育杂志》(Journal of Engineering Education)、《教师教育杂志》(Journal of Teacher Education)等。

从刊文数量看(见表一), 刊发 STEAM 教师研究数量最多的刊物是《国际 STEM 教育杂志》(International Journal of STEM Education)和《学校科学与数学》(School Science and Mathematics), 分别刊发九篇研究论文。其中, 《国际 STEM 教育杂志》由美国德克萨斯农工大学李业平教授任主编, 创刊于 2014 年, 专门聚焦 STEM 领域的教与学研究, 旨在为

表一 国际 STEAM 教师研究部分刊文期刊统计

期刊名称	出版商	刊文数量	刊文收录数据库	创刊年份	文献年份	WOS 总被引 * 3	综合总被引 * 4
International Journal of STEM Education	Springer	9	SSCI	2014	2016 – 2019	35	35
School Science and Mathematics	Wiley	9	ESCI	1901	2015 – 2019	24	24
Teaching and Teacher Education	Elsevier	5	SSCI	1985	2015 – 2019	30	31
Journal of Science Education and Technology	Springer	5	SCIE/SSCI	1992	2013 – 2018	52	52
International Journal of Technology and Design Education	Springer	5	SCIE	1990	2016 – 2019	37	38
Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education	Modestum	5	SSCI * 1	2005	2015 – 2018	48	48
The Asia – Pacific Education Researcher	Springer	5	SSCI	1992 * 2	2019	2	2
International Journal of Science and Mathematics Education	Springer	5	SSCI	2003	2016 – 2019	24	24
Journal of Education for Teaching	Taylor&Francis	4	SSCI	1975	2018	14	14
Journal of Educational Research	Taylor&Francis	4	SSCI	1920	2013 – 2017	60	60
总计		56				326	328

注: * 1. Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education 被 SSCI 收录并于 2018 年终止。

* 2. Springer 未收录 Asia-Pacific Education Researcher 全部刊文,其创刊时间根据该刊 2020 年第 29 卷推算得到。

* 3. “WOS 总被引”指论文在 WOS 核心合集的总被引频次。

* 4. “综合总被引”指论文在 WOS、BIOSIS Citation Index、中国科学引文数据库、Data Citation Index、Russian Science Citation Index、SciELO Citation Index 数据库的总被引频次。

“来自不同学科和方法观点的研究者提供发表和共享研究的渠道,激励科学家和教育研究者合作,拓宽 STEM 教育的知识面”(李业平,2019a; Li, 2018)。《学校科学与数学》是学校科学和数学协会的官方期刊,该协会成立于 1901 年,是较早推动科学和数学整合的机构之一。它将“通过研究科学和数学教育与它们的结合推进学术知识的发展”作为主要目标之一,该期刊宗旨也是展示“课堂内科学和数学学科本身和两学科交叉的问题、疑惑和课例研究”(李业平,2019a)。

三、研究热点

本研究基于国际 STEAM 教师研究的关键词共现分析(见图 3),得到国际 STEAM 教师研究的热点,主要包括改善多维 STEAM 教师专业发展、培养优质的 STEAM 教师教育、内生发展的 STEAM 教师观念、提升学生素养的 STEAM 项目式学习四个方面。

(一) 改善多维 STEAM 教师专业发展研究

“专业发展”“教师专业发展”“STEM (STEAM) 专业发展”“STEM 教师专业发展”“教师专业学习”“在职教师发展”“教师发展”等词在关键词共现分

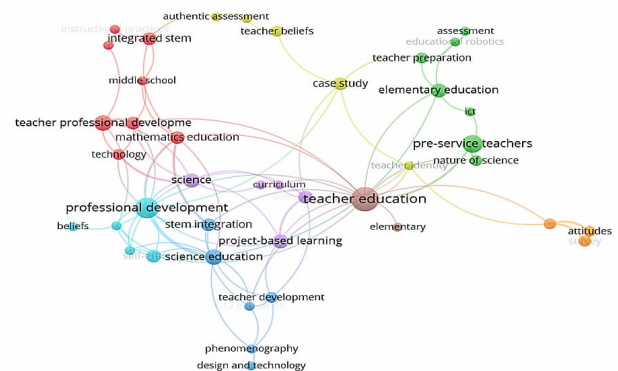


图 3 国际 STEAM 教师研究的关键词共现分析

析中高频出现,累计达 25 次,揭示教师专业发展是国际 STEAM 教师研究的热点之一。

STEAM 教师专业发展研究多聚焦于职后教师的专业发展,以教师教学实践的改善为导向,基于 STEAM 教师专业发展目标,如增加教师 STEM 知识、帮助教师整合课程(Lesseig et al., 2016)等,提出适用的教师专业发展模型,分析教师专业发展项目对教师从事 STEAM 教育的观念、情感、知识技能、行为等多维度的改善程度。研究者采用前后测的方法,研究为期六天的 STEAM 教师专业发展项目的有效性,发现短期项目培训减少了教师的畏难态

度,增加了教师的自我效能。但短期教师专业发展项目未能消除教师对 STEM 教学的焦虑程度,并未增加教师整合 STEM 教学的愉悦性。研究提出全面改善教师态度,需要尝试长期、持续性的教师培训项目(Aldahmash, et al., 2019)。卡斯特罗-菲利克斯(Castro-Felix & Daniels, 2018)等基于维果斯基社会文化理论,采用“教师支持团队(teacher support team, TST)”的模式,研究 STEM 教师在情境中的团队交互及学习过程,改善教师教学,帮助学生获得更好的学业表现。

还有学者关注教师专业发展项目有效性的影响因素。福雷亚(Forea et al., 2015)等使用个案研究方法发现,STEM 教师专业发展项目的成效很大程度上受教师的观念、前期知识储备及内部动力的影响,同时受教育政策、社会经济现实的影响,即在计划、研究和评估 STEM 教师专业发展项目时需充分考虑上述因素。

已有研究表明,教师专业发展项目可以为教师扩展 STEAM 教育视野,建构 STEAM 教育知识,掌握高级教学工具,整合和执行教学计划提供持续支持等。教师专业发展项目的有效性受教师的跨学科能力偏好、对教师已有 STEAM 教育基础的判定、教师专业发展项目的目标定位、项目的持续时长(长期/短期)、教育政策导向、社会经济支持等多种因素的共同影响。这表明,STEAM 教师专业发展项目设计、STEAM 教师专业发展模型建构等,需要从系统论视角整体设计。

(二) 培养优质的 STEAM 教师教育研究

“教师教育”“职前教师教育”等在关键词共现分析中高频出现,累计 21 次,揭示了教师教育是国际 STEAM 教师研究的热点之一。

STEAM 教师教育多聚焦于职前教师培养,涵盖职前教师概念阐述能力的培养、教师教育课程设置、教师教育模型的实践效果、教师教育对教师职业路径的影响等方向,旨在探索提高 STEAM 教师培养质量的有效路径。卡贝罗等(Cabello et al., 2019)分析了职前教师对科学概念的解释和表征,发现职前教师多局限于使用图形和图像解释科学概念,缺少学习者和科学家的声音及科学史介绍,建议 STEM 教师教育加强教师知识的建构,帮助教师建构包括静态/动态、结果/过程、纵向/水平等维度的

概念解释框架。此外,研究者通过对 STEM 学科的中学职前教师教育课程研究,发现 STEM 教师教育的职前教师面临着对跨学科理解的局限、缺少榜样引领等挑战(Minjung et al., 2019)。库鲁普等(Kurup et al., 2019)关注职前小学教师的 STEM 教学信念、理解和意图,发现职前小学教师对未来 STEM 教学具有良好的信念和意图,但未能深入理解 STEM 教学,需加强教师跨学科整合能力,帮助教师理解教学方法,建立教学内容与实际生活之间的关联。

STEAM 教师教育项目也受到研究者的关注。如基于美国 UTeach 新型 STEM 教师培养项目(高巍等, 2019),有研究者关注教师培养的机构协同机制,通过加强院系协作促进学科知识和技术的融合(Petrosino & Dickinson, 2003);有研究者关注职前教师课堂教学模式,基于 5E(Engage, Explore, Explain, Elaborate 和 Evaluate)框架,分析实习生科学课程的教学模式等(Manser & Kilgo, 2015)。

(三) 内生发展的 STEAM 教师观念研究

“信念”“教师信念”“态度”“教师态度”“对 STEM 的态度”“对数学和科学的态度”“自我效能”“教师自我效能”“教学自我效能”“教师观念”“教师偏好”“自信心”等在关键词共现分析中高频出现,累计 29 次,揭示了教师观念等教师内部驱动力研究是国际 STEAM 教师研究的热点之一,具体包括教师信念、教师态度、教师自我效能等。

从教师信念看,阿布德拉乌夫等(Abd Rauf et al., 2019)研究了 STEM 教育中教师应对变化的信念,发现参与“STEM 建设培训者培训(Training of Trainers, TOT)项目”的教师,已为开展 STEM 教学做好准备,抗拒信念程度处于较低水平。从教师态度看,蒂博等(Thibaut et al., 2019)研究了教师态度的影响因素,特别是教师的背景特征和学校背景对 iSTEM 教学态度的影响。iSTEM 教学具有五项原则:整合、问题中心、基于探究、基于设计和合作学习。研究发现,参与教师专业发展项目与教师落实上述五项原则的态度呈正相关,而数学经验和教龄与落实上述原则的态度呈负相关。从教师自我效能看,期望价值理论(expected value theory)可用于教师自我效能研究,研究者探究了中国香港教师的自我效能,发现迫切需要帮助教师提供明确的专业发展、教学支持和课程资源,帮助他们更好地在教学实

践中实现 STEM 教育目标(Geng et al., 2019)。

总之,STEAM 教师观念的相关研究涉及教师信念、教师态度、教师自我效能等,关注 STEAM 的教育价值、STEAM 教学实践的瓶颈、STEAM 教育知识技能的掌握、课堂动手活动的有效性、跨学科整合的实施、课程资源、学生课堂参与度等方面的观念,并从教师的自身变量(如性别、年龄、教龄等)、教师专业发展项目、学校环境等分析教师观念的影响因素。研究方法涉及问卷调查、个案研究、混合研究等,其中问卷调查法最多。

(四)提升学生素养的 STEAM 项目式学习研究

“项目式学习(project-based learning, PBL)”在关键词共现分析中出现 11 次,揭示了项目式学习是国际 STEAM 教师研究的热点之一。

项目式学习不同于传统教学,是一种以学生为中心的教学方式。学生通过规划和完成一系列任务,最终实现某个目标或解决某个真实情境的问题。在此过程中,学生整合自己的学科知识和生活经验,基于问题进行学习(华红艳,2020),经历发现问题、提炼问题、争论观点、提出假设、设计计划或实验、收集和分析数据、给出结论、与他人交流观点和发现、提出新的问题、创造成果等环节,同时,对自己的表现作出评价,体验团队协作(Blumenfeld et al., 1991)。

项目式学习是实施学科整合的 STEM 教育的有效途径之一,教师要为设计项目式学习做好必要的准备。研究者设计了 15 周的教师专业发展课程,帮助初高中教师掌握项目式学习设计的新方法,包括设计课程“蓝图”、基于学生的笔记进行评价、计划设计和执行项目、将项目与共同核心州立标准进行一致性改进等(Salami et al., 2017)。赛厄斯(Sias et al., 2016)等研究发现,项目式学习是 STEM 教师经常选用的教学方式,教师在设计 STEM 课程时多采用小型的、短期的项目式学习,如给当地报社写信、建立模型、开展科学实验等,少数教师设计长期的、以学生为中心的项目。

研究表明,教师运用的项目式学习与以学生为中心的的教学方式之间密切关联。教师组织学生参与项目式学习,通常会赋予学生不同程度的决策权,甚至由学生负责全部项目,决策权即是以学生为中心的体现。因此,高质量的教师专业发展项目,有

必要帮助教师关注项目式学习和其他新的教学方式之间的本质联系,使教师在教学中会使用这些方式(Sias et al., 2016)。

四、未来趋势

国际 STEAM 教师研究数量不断增加,领域规模不断扩大,研究内容表现出:人工智能背景下更加注重教师对教育技术变革的适应性、教师对女性学生 STEAM 教育的影响、STEAM 教师评价等发展趋势。

(一)关注 STEAM 教师对教育技术变革的适应性

在人工智能时代,远程接入实验室、在线智能交互学习环境、机器人、云计算、物联网、智能识别技术、深度学习技术等快速应用于教育领域,特别是科学、技术、工程、数学等学科融合的教育领域,为问题解决、探究式学习的智能教育带来新的机遇(韩建华等,2019)。STEAM 教师可指导学生通过编程控制机器人,发展学生跨学科知识的运用能力、编程能力和计算思维等(Scaradozzi et al., 2019)。教师为学生建设远程接入实验室、创建泛在学习环境等,为学生提供广泛的跨学科在线学习机会,构建学习共同体(Wu & Albion, 2019)。

教育技术的快速发展带来了课程、教学、作业、考试评价等教育教学关键环节的变革,为 STEAM 教师带来挑战。研究者发现,STEAM 教师尚未为此做好充分的准备(Scaradozzi et al., 2019)。对教育技术变革的适应性研究在 2010~2013 年鲜有出现,自 2017 年开始逐渐增多,2019 年已有六项研究关注教师对机器人、程序设计、STEM 主题 APP 应用、远程在线实验室、移动评价等教育技术的适应性研究(Nikou & Economides, 2019; Wu & Albion, 2019; Scaradozzi et al., 2019),揭示了该主题是国际 STEAM 教师研究的发展方向之一。例如,斯卡拉多齐(Scaradozzi et al., 2019)等认为教育机器人技术迅速受到关注,但在职教师还未对此做好准备。研究者探索向在职教师介绍教育机器人技术的有效途径,并研究效果评估的方法。吴等(Wu & Albion, 2019)研究了远程接入实验室对职前教师 STEM 能力提升的影响,发现远程接入实验室的 STEM 学习经历,能为职前教师提供动手学习的机会,对职前教

师日后教授 STEM 学科起到脚手架作用。尼库等 (Nikou & Economides, 2019) 基于技术接受模型, 分析了 STEM 教师在教学实践中对基于移动设备的评价技术 (mobile-based assessment) 的接受程度与影响因素。

(二) 关注 STEAM 教师对女性学生 STEAM 教育的影响

据联合国教科文组织统计, 全球研究者中女性仅占 28%, 女性在科学、技术、工程和数学领域缺乏代表性, 严重制约了全球可持续发展进程 (UNESCO, 2017)。教师培养女生 STEAM 学科兴趣, 促使女生享有平等的 STEAM 教育机会, 帮助女生获得高质量的 STEAM 教育具有重要意义 (UNESCO, 2017), 应积极引导和鼓励女学生参与 STEAM 教育, 从事 STEAM 相关职业。

研究表明, 教师专家智能、教学能力、教师态度、教师信念与偏见、教师焦虑、教师行为、教师性别、师生互动等因素, 均会对女生的 STEAM 学业成就产生影响。例如, 从教师信念与偏见看, 研究者发现, 教师对女生数学能力的评价等级低于男生, 即使男生和女生的表现事实上处于相似水平 (Lohbeck et al., 2017)。从教师性别看, 女教师对女生的 STEAM 观念、兴趣和自信有正向影响 (UNESCO, 2017)。桑索 (Sansone, 2019) 发现女教师带领的班级中, 学生认为男生比女生更加擅长数学和科学的可能性小, 这种信念倾向会进一步影响女生高中数学和科学课程的表现。从教师焦虑看, 教师自身的数学焦虑对女生的数学成就有消极影响, 表现为教师数学焦虑程度越高, 女生的数学成绩越低, 而这一关系在男生中并未发现 (Beilock et al., 2010)。

STEAM 教师研究中关于学生性别的研究, 旨在引导教师提高女生对 STEAM 专业或职业领域的参与程度, 培养她们对 STEAM 的身份认同, 缓解科学、技术、工程、数学领域中女性工作者数量不均衡的状况, 促进全球可持续发展。

(三) 重视 STEAM 教师评价

评价是 STEAM 教师研究关注的重要问题, 自 2017 年以来研究数量逐渐增加。从评价内容看, STEAM 教师研究领域的评价研究涉及: STEAM 教师专业发展课程或项目的评价, 教师知识、信念和能力的评估, 教师对项目学习等教学效果的评价,

STEAM 教师领导力评价, 教师应用现代信息技术效果的评价等方面。例如, 为促进学生有效参与 STEAM 探究任务, 教师必须能够准确评价支持性工具的类型或水平; 塞尔吉斯等 (Sergis et al., 2019) 提出了一种基于教育数据分析的“教与学”双向分析评价方法, 为教师教学反思提供有效的评价工具支撑。

从评价模式看, STEAM 教师研究的评价模式涉及: 聚焦应用的评价、理论驱动的评价、项目评价、真实性评价等。例如, 真实性评价要求学生运用所学内容完成真实世界或模拟真实世界的一件有意义的任务, 教师应采用多重评估标准对学习成效进行评价。海恩斯·韦森等 (Hains-Wesson et al., 2019) 基于大数据调研, 分析了 STEM 教师对真实性评价改革的观念, 包括对评价目的和方法等的认知。

从评价技术看, STEAM 教师研究领域的评价技术, 已经突破基于计算机的评价, 引入了基于移动设备评价的新型技术, 实现教学评价目标 (Nikou & Economides, 2017)。

五、结论与启示

教师作为 STEAM 教育的实践者, 其培养与专业发展受到国际社会的高度关注。国际 STEAM 教师研究, 从教师的职前培养到职后专业发展, 从教师发展的内生动力到外部驱动, 从传统 STEAM 教育教学经验到现代人工智能技术的有效融入, 从教学、课程、评价到社会文化等不同视角, 为我国 STEAM 教师队伍建设提供了有益参考。本研究借鉴国际经验, 从加强教师队伍顶层设计、提升教师 STEAM 教育的专业素质能力、推进基于 STEAM 的教师评价研究等三方面对中国 STEAM 教师队伍建设研究与实践提出建议。

(一) 加强 STEAM 教师队伍建设的顶层设计

STEAM 教师肩负着为党育人、为国育才的重要使命, STEAM 教师队伍建设是我国教育生态系统和 STEAM 教育生态系统的重要部分。加强我国 STEAM 教师队伍建设, 应立足立德树人的根本任务, 坚持“五育”并举, 符合 STEAM 教育本质特征, 顺应国际 STEAM 教育发展趋势, 紧扣 STEAM 教育发展目标, 重视新途径和新方法运用。

聚焦“职前培养 - 准入 - 职后专业发展”等不

同阶段(宋乃庆等,2019),从教师教育、教师专业发展、教师管理(认证、准入、考核评价等)、经费保障等多方面进行顶层设计,加强跨学科背景的师资培养,推动 STEAM 教师队伍发展。

(二)提升教师 STEAM 教育的专业素质和能力

跨学科知识融合是 STEAM 教育的本质特征。与传统分科教育相比,STEAM 教育对教师的专业素质和能力提出了新的要求。教师的跨学科知识储备、计算素养、项目式学习的设计、基于问题的教学、合作与探究式教学的设计、多元评价方式的运用、合作沟通能力、人工智能背景下现代教育技术的应用、跨学科教学自我效能等专业素质和能力受到特别关注。

教师的职前培养和职后培训要有助于教师获得跨学科学习经验,提高教师关于科学、技术、工程、艺术、数学等学科本质的认识,促进教师 STEAM 教育专业素质和能力的提升。

(三)推进基于 STEAM 教育的教师评价研究

科学的教师评价对 STEAM 教师专业发展有积极的正向引导作用,有利于诊断教师的优势与不足,以便分类施策,精准制定发展目标,提升 STEAM 教师的专业素质。

基于 STEAM 教育理念的教师评价研究可遵循“确定评价的价值取向—明确评价对象的操作定义—构建评价指标体系—确定评价指标权重—验证与修正评价体系”(范涌峰等,2019)的范式展开,关注基于 STEAM 的教师胜任力、教师能力、教学反思、教师自我效能、教师知识、教师课堂教学等内容,采用基于任务的教师评价、基于标准的教师评价、基于观察的教师评价、基于绩效的教师评价、基于研究的教师评价、基于项目的教师评价、聚焦应用的教师评价等不同视角(张楠等,2019),构建基于 STEAM 的教师评价体系,研制评价工具,推进我国 STEAM 教师研究的科学化进程,为 STEAM 教师队伍建设提供决策依据和支撑。

国际 STEAM 教师研究,从 STEAM 教师的准入制度、准入资格、师资培养、教师认证、教师专业发展、资金支持、优惠政策、社区网络等方面进行了探索。立足我国教育发展方向,淡化形式,注重实质(陈重穆等,1993;宋乃庆等,1996)地借鉴国际经验,积极推进我国特色的 STEAM 教师队伍建设理论研究,是提升我国 STEAM 教育质量,

加快综合性创新人才培养的重要举措。

[注释]

①本研究分析的国际文献既包括 STEAM 教师研究,也包括 STEM 教师研究。为表述简洁,论文行文主要使用我国教育部《教育信息化“十三五”规划》等官方文件中使用的“STEAM”,不对 STEAM 和 STEM 作区别。国内外文献中明确使用 STEM 表述的地方,为保留文献原意,使用 STEM 表述。

[参考文献]

- [1] Abd Rauf, R. A., Sathasivam, R., & Abdul Rahim, S. S. (2019). STEM education in schools: Teachers' readiness to change [J]. *Journal of Engineering Science and Technology*, (6): 34-42.
- [2] Aldahmash, A. H., Alamri, N. M., & Aljallal, M. A. (2019). Saudi Arabian science and mathematics teachers' attitudes toward integrating STEM in teaching before and after participating in a professional development program [J]. *Cogent Education*, 6 (1): 1-21.
- [3] Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G., & Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107 (5): 1860-1863.
- [4] Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning [J]. *Educational Psychologist*, 26 (3-4): 369-398.
- [5] Cabello, V. M., Real, C., & Impedovo, M. A. (2019). Explanations in STEM areas: An analysis of representations through language in teacher education [J]. *Research in Science Education*, (49): 1087-1106.
- [6] Castro-Felix, E., & Daniels, H. (2018). The social construction of a teacher support team: An experience of university lecturers' professional development in STEM [J]. *Journal of Education for Teaching*, 44 (1): 14-26.
- [7] 陈重穆,宋乃庆(1993). 淡化形式,注重实质:兼论《九年义务教育全日制初级中学数学教学大纲》[J]. *数学教育学报*,2(2): 4-9.
- [8] Committee on STEM Education of the National Science & Technology Council(2018). *Charting a course for success: America's strategy for STEM education* [EB/OL]. (2020-3-6). <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/12/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>.
- [9] Department of Education & Department for Employment and learning(2009). *Report of the STEM review* [EB/OL]. (2020-2-12). https://www.education-ni.gov.uk/sites/default/files/publications/de/Report%20of%20the%20STEM%20Review%202009_1.PDF.
- [10] 范涌峰,宋乃庆(2019). 大数据时代的教育测评模型及其范式构建[J]. *中国社会科学*,(12):139-155.
- [11] 冯帮,刘小云(2020). 土耳其 STEM 教育:发展脉络、特点

与主要经验[J]. 教育与教学研究,34(7):19-30.

[12] Forea, G. A., Feldhaus, C. R., & Sorge, B. H. (2015). Learning at the nano-level: Accounting for complexity in the internalization of secondary STEM teacher professional development [J]. *Teaching and Teacher Education*, (51): 101-112.

[13] 高巍,刘瑞,范颖佳(2019). 培养卓越 STEM 教师:美国 UTeach 课程体系及启示[J]. 开放教育研究,25(2):36-43.

[14] Geng, J., Jong, M. S., & Chai, C. S. (2019). Hong Kong teachers' self-efficacy and concerns about STEM education [J]. *Asia-Pacific Education Research*, (28): 35-45.

[15] Hains-Wesson, R., Pollard, V., Kaider, F., & Young, K. (2019). STEM academic teachers' experiences of undertaking authentic assessment-led reform: A mixed method approach [J]. *Studies in Higher Education*. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1593350>.

[16] 韩建华,赵蔚,姜强,董奕,张宁宇(2019). STEM 智能学习环境与认知科学研究:访美国范德堡大学彼斯沃思教授[J]. 开放教育研究,25(2):4-11.

[17] 华红艳(2020). 幼儿教育中“项目活动”与“STEM 教育”的区别[J]. 教育与教学研究,34(1):20-33.

[18] INSEAD (2019). The global talent competitiveness index 2019 [R]. Fontainebleau, France.

[19] Kurup, P. M., Li, X., Powell, G., & Brown, M. (2019). Building future primary teachers' capacity in STEM: Based on a platform of beliefs, understandings and intentions [J]. *International Journal of STEM Education*, (6):10.

[20] Lesseig, K., Nelson, T. H., Slavitt, D., & Seidel, R. A. (2016). Supporting middle school teachers' implementation of STEM design challenges [J]. *School Science and Mathematics*, 116 (4): 177-188.

[21] 李协京(2015). 韩国 STEAM 教育:整合培养科技创新力 [N]. 中国教育报,06-03(011).

[22] 李学书(2019). 美国 STEM 教师教育政策演进、内容和借鉴[J]. 教育学术月刊,(3):28-36.

[23] Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications [J]. *International Journal of STEM Education*, (7): 11.

[24] Li, Y. (2018). Four years of development as a gathering place for international researchers and readers in STEM education [J]. *International Journal of STEM Education*, (5): 54.

[25] 李业平(2019a). STEM 教育研究与发展:一个快速成长的国际化领域[J]. 数学教育学报,28(3):42-44.

[26] 李业平, Schoenfeld, A. H., Disessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., & Duschl, R. A. (2019b). 论思维和 STEM 教育[J]. 数学教育学报,28(3):70-76.

[27] Lohbeck, A., Grube, D., & Moschner, B. (2017). Academic self-concept and causal attributions for success and failure amongst elementary school children [J]. *International Journal of Early Years Education*, 25 (2): 190-203.

[28] Manser, M. J., & Kilgo, J. (2015). Exploring the science

of sound [J]. *Science Activities: Classroom Projects and Curriculum Ideas*, (52): 15-24.

[29] Minjung, R., Nathan, M., & Neil, K. (2019). Preservice teachers' experiences of STEM integration: Challenges and implications for integrated STEM teacher preparation [J]. *International Journal of Technology and Design Education*, (29): 493-512.

[30] Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group(2009). 系统综述和荟萃分析优先报告的条目: PRISMA 声明[J]. 中西医结合学报,7(9):889-896.

[31] National Council (2015). National STEM School Education Strategy, 2016-2026 [EB/OL]. (2020-3-2). <http://www.education-council.edu.au/site/DefaultSite/filesystem/documents/National%20STEM%20School%20Education%20Strategy.pdf>.

[32] Nikou, S. A., & Economides, A. A. (2017). Mobile-based assessment: Investigating the factors that influence behavioral intention to use [J]. *Computer & Education*, (109): 56-73.

[33] Nikou, S. A., & Economides, A. A. (2019). Factors that influence behavioral intention to use mobile-based assessment: A STEM teachers' perspective [J]. *British Journal of Educational Technology*, 50 (2): 587-600.

[34] Petrosino, A. J., & Dickinson, G. (2003). Integrating technology with meaningful content and faculty research: The UTeach natural science program [J]. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 3 (1): 95-115.

[35] Salami, M. K., Makela, C. J., & Miranda, M. A. (2017). Assessing changes in teachers' attitudes toward interdisciplinary STEM teaching [J]. *International Journal of Technology and Design Education*, (27): 63-88.

[36] Sansone, D. (2019). Teacher characteristics, student beliefs, and the gender gap in STEM fields [J]. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 41 (2): 127-144.

[37] Scaradozzi, D., Screpanti, L., Cesaretti, L., Storti, M., & Mazzieri, E. (2019). Implementation and assessment methodologies of teachers' training courses for STEM activities [J]. *Technology, Knowledge and Learning*, (24): 247-268.

[38] Sergis, S., Sampson, D. G., Rodriguez-Triana, M. J., Gillet, D., Pelliccione, L., & Jong, T. (2019). Using educational data from teaching and learning to inform teachers' reflective educational design in inquiry-based STEM education [J]. *Computers in Human Behavior*, (92): 724-738.

[39] Sias, C. M., Nadelson, L. S., Juth, S. M., & Seifert, A. L. (2016). The best laid plans: Educational innovation in elementary teacher generated integrated STEM lesson plans [J]. *The Journal of Educational Research*, (110): 1-12.

[40] 宋乃庆,高鑫,陈珊(2019). 基础教育 STEAM 课程改革的路径探析[J]. 课程·教材·教法,39(7):27-33.

[41] 宋乃庆,陈重穆(1996). 再谈“淡化形式,注重实质”[J]. 数学教育学报,5(2):15-18.

[42] Thibaut, L., Knipprath, H., Dehaene, W., & Depaepe,

F. (2019). Teachers' attitudes toward teaching Integrated STEM: The impact of personal background characteristics and school context [J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, (17): 987-1007.

[43] UNESCO(2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM)* [R]. Paris, France.

[44] 王科,李业平,肖煜(2019a). STEM 教师队伍建设:探究美国 STEM 教师的工作满意度[J]. *数学教育学报*,28(3):62-69.

[45] 王科,李业平,肖煜(2019b). STEM 教育研究发展的现状和趋势:解读美国 STEM 教育研究项目[J]. *数学教育学报*,28(3): 53-61.

[46] Wu, T., & Albion, P. (2019). Investigating remote access laboratories for increasing pre-service teachers' STEM capabilities [J].

Educational Technology and Society, 22 (1): 82-93.

[47] 张楠,王光明(2017a). 教育学 CSSCI 期刊高被引论文的学术特征研究[J]. *当代教育与文化*,9(1):17-22.

[48] 张楠,王光明(2018). 国际教育高被引论文学术特征研究:基于 25 种教育学 SSCI 收录期刊的知识图谱与内容分析[J]. *中国科技期刊研究*,29(2):171-178.

[49] 张楠,王光明,田波琼(2017b). 基础教育类期刊的学术影响:领域、主题与启示:基于对 CSSCI 刊源引证文献的可视化分析[J]. *教育理论与实践*,37(32):15-18.

[50] 张楠,王光明,李业平(2019). 国际教师评估研究的学术话语权、热点领域及发展走向[J]. *教师教育研究*,31(5):32-41.

(编辑:李学书)

Hot Topics and Research Trends on STEAM Teachers: Based on Bibliometrics Analysis

ZHANG Nan^{1,2,3}, SONG Naiqing^{1,4}, HUANG Xin⁵ & LI Yeping⁶

1. *Research Center of Basic Education, Southwest University, Chongqing 400715, China;*
2. *Faculty of Education, Tianjin Normal University, Tianjin 300387, China;*
3. *School of Educational Science, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China;*
4. *Southwest University Branch Center, National Innovation Center for Assessment of Basic Education Quality, Chongqing 400715, China;*
5. *College of Computer and Information Engineering, Tianjin Normal University, 300387, China;*
6. *Department of Teaching, Learning and Culture, Texas A&M University, College Station 77843, USA)*

Abstract: *This study aimed to identify and examine hot topics and trends of international researches on STEAM teacher. Journal publications on STEAM teacher were selected from the Web of Science database. Methods of scientific knowledge map and content analysis were employed for data analysis. Hot topics mainly include: multi-dimensional STEAM teachers' professional development that orients toward practice improvement, STEAM teacher education research that orients toward high-quality teacher training, STEAM teachers' perceptions that orient toward endogenous development, and research on the use of project-based learning that orients toward enhancing students' competencies. Research trends include: increased research on teachers' adaptive usage of educational technology under the context of artificial intelligence; research on the support of STEAM teachers for female students to access education opportunities; and research on STEAM teacher evaluation.*

Key Words: *STEM education; STEAM; teacher; knowledge map*