国际STEM教育研究热点与发展前沿

——基于近20年研究的文献计量分析

李 珍

（天津市教育科学研究院 天津 300191）

摘要：在全球教育变革的浪潮中，为了满足高质量人才的需求，STEM教育应运而生。基于Web of Science数据库收录的2002～2022年STEM教育研究文献，借助文献计量工具CiteSpace软件对全球STEM教育研究领域的总体态势、研究热点与前沿进行深入分析，研究结果表明：STEM教育研究仍处于蓬勃发展时期，当前研究热点涉及教师STEM教学信念与实践研究、学生STEM专业与职业意向的影响因素研究、运用量化方法监测STEM学生学业表现研究、以性别为切入点关注STEM教育公平研究四个主题。STEM教育研究未来发展前沿表现为STEM教师专业发展研究、学生STEM素养评价研究、少数群体STEM教育参与研究与技术赋能STEM教育实践。

关键词：STEM教育；文献计量；Citespace；STEM素养

中图分类号：G511 **文献标识码**：A **文章编号**：1672-1217（2025）01-0091-13

收稿日期：2024-11-26

作者简介：李珍（1995-），女，山西晋中人，天津市育科学研究院课程教学研究中心助理研究员，教育学博士。

DOI:10.16284/j.cnki.cn37-1401/c.2025.01.013

引言

作为一种培养创新人才的教育范式，STEM教育逐渐成为世界教育发展的新趋势与核心议题。STEM由科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）和数学（Mathematics）组成，是一种包容性更强的跨学科综合教育。20余年来，伴随着STEM在全球范围内的发展壮大，无论是在理论与政策层面，还是在实践与技术层面，STEM教育皆取得了丰硕成果，成为培养21世纪创新应用型人才的有效模式。当前关于STEM教育研究的资料非常丰富，涵盖了教育理论与实践研究的诸多方面。虽然也有部分关于STEM教育研究的综述文献，但从这些研究中未能清晰地看到国际STEM教育的研究热点与发展趋势。为此，本研究试图利用文献计量学方法和可视化软件工具对全球STEM教育研究的期刊文献数据进行知识图谱分析，从整体把握STEM教育的研究热点与前沿，以期获得更为清晰的STEM教育发展路径和趋势。

一、研究设计

（一）数据来源

在Web of Science核心合集数据库检索主题为“STEM education”OR “STEAM education”OR “integrated STEM education” OR “STEM integration”、时间段为2002年1月-2022年5月的英文文献，获得3583篇研究文献，其中，不含会议摘要、新闻、书评等非学术性研究文本。经过数据清洗和降重后，最终收集到1939篇有效文献。

（二）研究方法

本研究运用文献计量分析方法对STEM教育研究的相关文献进行整理与分析。研究使用的数据统计和分析工具为CiteSpace5.8.R3软件。该软件能够通过对特定领域文献进行计量并绘制可视化图谱，实现

对该领域研究热点的探测与研究进展的分析。[①] 首先，通过对所采集的数据进行描述统计分析，包括发文量分析、合作网络分析和期刊共被引分析，反映国际 STEM 教育研究的整体概貌和发展脉络。其次，通过关键词共现分析了解国际 STEM 教育的主要内容和研究热点。再次，通过文献共被引分析揭示国际 STEM 教育的研究前沿。

二、国际 STEM 教育研究概况

（一）发文量分析

文献数量的发展趋势显示了在一定时间范围内学术界对研究课题关注的变化趋势。[②] 为了解国际 STEM 教育的研究成果，本研究统计了 2002 年至 2022 年发表的文献数量。如图 1 所示，近十年来，国际 STEM 教育研究成果总体呈增长态势，具体可分为 3 个阶段：2002 年-2012 年的缓慢发展期、2013 年-2016 年的加速发展期以及 2017 年至今的蓬勃发展期。在第一阶段，STEM 教育研究处于起步阶段，学术界对其关注度普遍较低，导致研究成果数量有限。从 2013 年开始，STEM 教育研究成果显著提升，到 2016 年发文量已达到 2012 年的 4 倍之多，但每年发文量总数仍然不足。但 2017 年以后的每年文献数量均呈大幅稳定增长态势，到 2021 年已高达 500 余篇。因 2022 年只统计到 5 月 23 日，故文章数量较少。由此可见，这种逐年递增的趋势意味着 STEM 教育正在吸引越来越多学者的关注，逐渐成为教育研究的热点与重点。

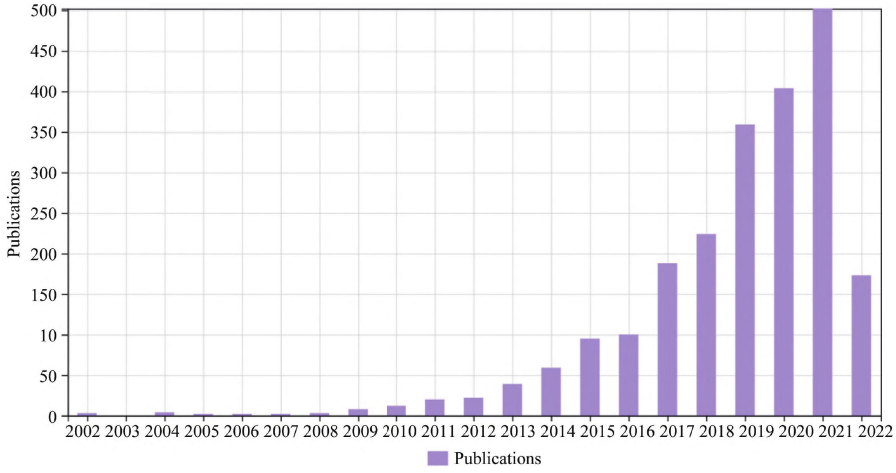


图 1　文献发表情况

（二）合作网络分析

合作网络分析能够及时了解领域核心带头人的研究主题，进而促进后来研究人员对本领域研究成果的整体理解与把握，为进一步研究提供借鉴。它主要涉及微观-作者合作网络、中观-机构合作网络与宏观-国家合作网络三个层面。

首先，图 2 显示了开展 STEM 教育研究的重要学者之间的学术合作关系，说明不同学者之间学术联系较强，并在此过程中形成了多个小型 STEM 教育研究团队。其中，影响力最大的团体是来自美国明尼苏达双城大学的 Gillian Roehrig 团队，其年度发文量为 17 篇。影响较大的还有来自密歇根州立大学的 Charles R Henderson 团队、来自香港中文大学的 Morris Jong 团队、来自台湾师范大学的 Chunyen Chang 团队等。

---

①陈悦、陈超美、刘则渊等：《CiteSpace 知识图谱的方法论功能》，《科学学研究》2015 年第 33 期。

②Zhang Jiazhen, et al. :"Recent evolution of research on industrial heritage in Western Europe and China based on bibliometric analysis", *Sustainability*, Vol. 12, No. 13, 2020, p. 5348.

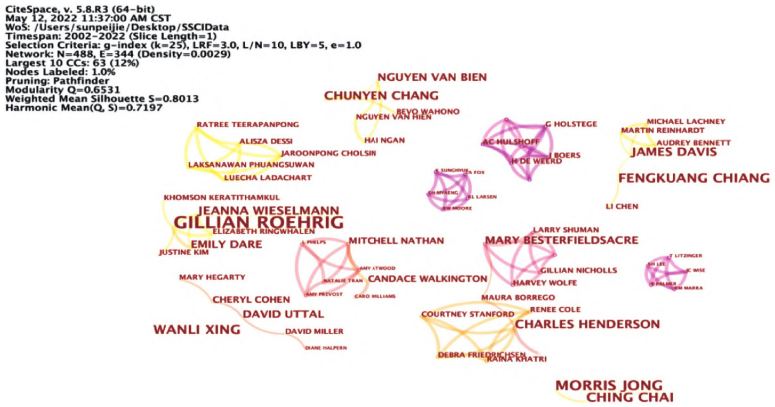


图 2　作者合作网络

其次，从机构合作网络图谱来看，图 3 所示的机构发文量均在十篇以上，是 STEM 教育领域具有代表性的研究机构。由图谱可知各机构之间的连线错综复杂，形成了较为清晰的合作丛，不存在一个完全独立的合作网络。这说明研究机构之间的合作与交流愈发密切，不断注重 STEM 教育跨部门、跨领域、跨国的合作研究。此外，从图中可以看出研究机构的类型较为单一，研究成果主要集中在高等学校和科研机构，缺乏中小学等 STEM 教育实践的前沿阵地。究其原因，主要是前者集聚了资金、人才、时间等大量资源。

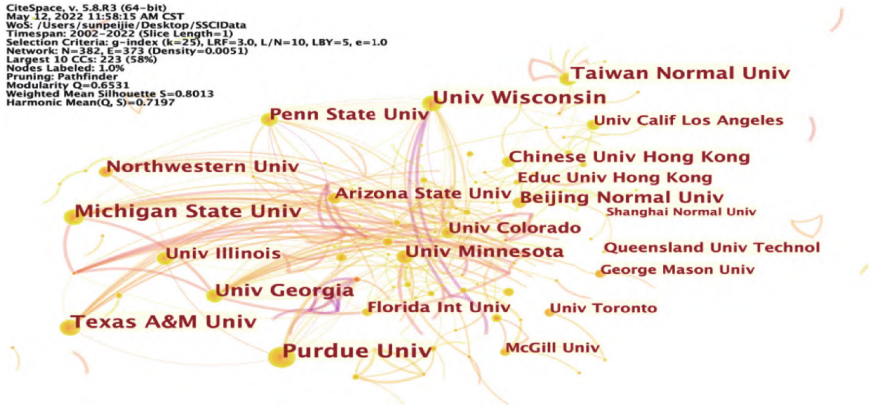


图 3　机构合作网络

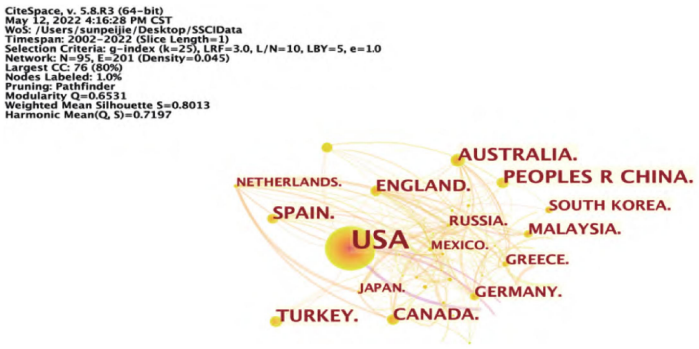


图 4　国家合作网络

再次，图 4 展示了 STEM 教育研究在国家或地区之间的合作网络。从总体来看，国家或地区的合作网络形态与机构的合作网络形态基本一致，节点之间互相连接、错综交织。这说明各国积极迎合全球交流与合作的主流趋势，致力于实现 STEM 教育研究的深化发展。结合国家、机构发文情况（表 1）可以看出，美

国在 STEM 教育领域不仅是最早开展 STEM 教育研究的国家，同时发文量也处于断层第一的位置。作为开拓者的研究地位，美国丰富的 STEM 研究成果有许多可供其它国家借鉴的地方。此外，澳大利亚、中国、土耳其、加拿大等国的节点也较大，处于加速发展阶段。值得注意的是，世界三大经济体都处于排名前列，由此可以推断各个国家的 STEM 教育研究情况与其经济实力也有一定关联。

表 1　国家、机构发文量

Countries	Count	Institutions	Count
USA	1022	Purdue Univ	44
PEOPLES R CHINA	108	Texas A&M Univ	33
AUSTRALIA	102	Univ Wisconsin	33
TURKEY	89	Michigan State Univ	32
SPAIN	82	Univ Georgia	27
ENGLAND	66	Taiwan Normal Univ	25
CANADA	62	Univ Minnesota	22

（三）期刊共被引分析

对期刊共被引的分析有助于厘清在该领域频繁被引用的期刊有哪些，这些期刊往往承载最新的高质量研究成果，反映领域的研究动向。期刊共被引网络（图 5）显示，《科学教学研究杂志》、《科学教育》、《国际科学教育杂志》与《科学》期刊的节点最大，证明这些期刊影响力最大，拥有最高被引率。节点与节点之间连线错综复杂、紧密缠绕，表明高共被引期刊之间存在复杂又紧密的联系，研究者往往会同时引用这些期刊收录的文献。

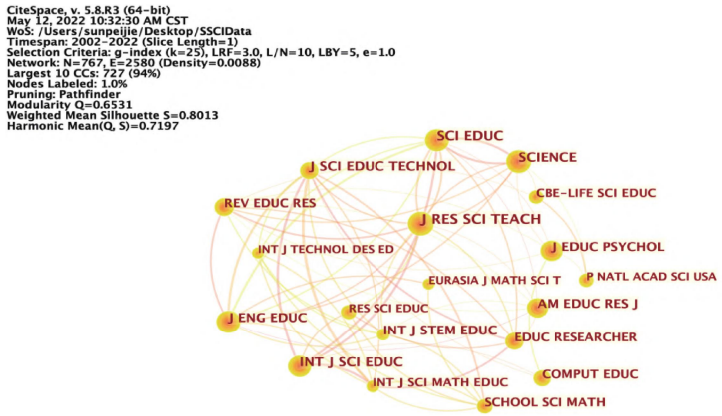


图 5　期刊共被引网络分析

根据表 2 可知，高共被引期刊包括《科学教学研究杂志》、《科学教育》、《国际科学教育杂志》、《科学》、《科学教育与技术杂志》、《技术教育杂志》、《教育与心理学杂志》、《国际 STEM 教育杂志》、《美国教育研究杂志》与《学校科学与数学》等，这些期刊均是涵盖 STEM 教育研究领域内容的重要期刊，初入 STEM 教育研究领域的研究者可通过研读刊物内容，熟悉领域内的知识基础、研究热点与研究前沿，为确定研究选题提供方向。

表 2　高共被引期刊

No.	Citation Counts	year	References
1	299	2011	*Journal of Research in Science Teaching*
2	277	2011	*Science Education*
3	236	2011	*International Journal of Science Education*
4	223	2004	*Science*

5	202	2011	*Journal of Science Education and Technology*
6	200	2010	*Journal of engineering Education*
7	171	2010	*Journal of Education and Psychology*
8	170	2017	*International Journal of STEM Education*
9	169	2005	*American Educational Research Journal*
10	164	2013	*School Science and Mathematics*
11	155	2010	*Review of Educational Research*
12	149	2011	*Educational Researcher*
13	148	2013	*ACM Transactions on Computing Education Computing Education*
14	121	2011	*International Journal of Science and Mathematics Education*
15	114	2009	*CBE-Life Science Education*
16	108	2015	*International Journal of Technology DESED*
17	107	2014	*Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*
18	105	2014	*Research on Science Education*
19	103	2013	*P NATL ACAD SCI USA*

三、国际 STEM 教育研究热点

关键词承载着文献的核心信息，对出现频次较高的关键词进行分析能够反映领域内的研究热点。排名前 30 位的高频关键词如表 3 所示。

表 3　高频关键词

No.	Count	Keywords	No.	Count	Keywords
1	788	Stem education	16	82	Higher education
2	503	science	17	78	design
3	261	education	18	78	attitude
4	247	student	19	72	school
5	159	mathematics	20	70	experience
6	142	technology	21	70	women
7	123	performance	22	68	framework
8	121	knowledge	23	67	motivation
9	120	Science education	24	60	selfefficacy
10	117	achievement	25	58	perception
11	93	Professional development	26	56	Steam education
12	92	impact	27	55	Engineering education
13	91	gender	28	54	Computational thinking
14	90	model	29	54	belief
15	84	teacher	30	53	classroom

利用 CiteSpace5. 8. R3 进一步对高频关键词进行聚类分析，共得到 9 个聚类（图 6）。“CiteSpace 依据网络结构和聚类的清晰度，提供了模块值（Q 值）和平均轮廓值（S 值）两个指标，它可以作为我们评判图谱绘制效果的依据。”①在图 6 中，Q 值为 0. 5502，S 值为 0. 7733，表明具有较为良好的聚类效果。根据高

①杨新荣、熊勤、梁贯成：《21 世纪国际教师知识研究的热点与前沿进展——基于 2000—2019 年国际核心期刊的文献计量分析》，《比较教育学报》2021 年第 2 期。

频关键词即聚类图谱，总结出当前国际 STEM 教育研究热点。

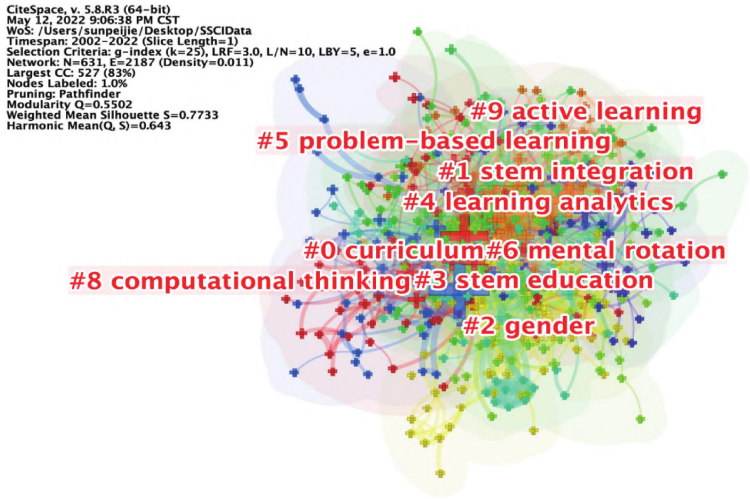


图 6　高频关键词聚类图谱

（一）教师 STEM 教学信念与实践研究

高频关键词教师（teacher）、专业发展（professional development）、基于问题的学习（problem-based learning）、课程（curriculum）、信念（belief）、课堂（classroom）、探究式（inquiry）、教学（instruction）等反映了当前 STEM 领域的研究热点之一是教师的 STEM 教学信念与实践问题。依据纳入分析的文献可知，当前教师对 STEM 教育的看法褒贬不一，而且大部分教师不具备较好的 STEM 教学胜任力。一般而言，对 STEM 持积极态度的教师往往愿意主动寻求 STEM 教学提升服务。例如，玛格特（Margot）对 2000-2016 年发表的主题均为 preK-12 教师对 STEM 教育看法的实证研究进行综述发现，教师认为 STEM 教育很有价值，并且希望通过同行合作、高质量的培训课程、地区支持、先前经验和有效的专业发展来改善他们的 STEM 教学实施状况。① 布雷纳（Breiner）等以两个开放式问题：（1）什么是 STEM？和（2）STEM 是如何影响和/或影响你的生活的？调查了 STEM 教师对 STEM 的态度和观念。结果表明 STEM 教师对 STEM 教育持中立或积极的态度，而非 STEM 教师经常对 STEM 教育持有消极的感觉。② 戴维德（David）等人的研究也表明教师对整合式 STEM 教育方法充满兴趣，但他们并没有做好充分的准备胜任 STEM 教学，作者指出要想优化 STEM 教学实施还需要对职前和在职 STEM 教师做大量培训工作。③

（二）学生 STEM 专业与职业意向的影响因素研究

从青少年（adolescent）、能力（ability）、参与（engagement）、自我效能感（self efficacy）、大学生（college student）、经历（experience）、态度（attitude）等高频关键词的显现得出，学生选择 STEM 专业乃至从事 STEM 职业的影响研究是近年来 STEM 教育领域的研究热点。STEM 教育兴起的现实基础在于美国社会经济发展对 STEM 人才诉求与当前教育并未培养出足够的 STEM 人才之间的矛盾，因此，增强学生 STEM 学科认同感、促使更多的学生选择 STEM 专业，成为 STEM 教育领域的基础性话题。

王（Wang）探索了高中毕业生选择攻读 STEM 专业的影响因素，结果发现 STEM 专业选择意向、高中数学成绩和最初的教育经历（学术互动和经济支援）发挥直接作用，而 STEM 专业的选择意向直接受到学

---

①Margot K C, Kettler, T. ,"Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review", *International Journal of STEM Education*, Vol. 6,2019,pp. 1-16.

②Breiner J M, Harkness S S, Johnson C C, Koehler C M. ,"What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships", *School Science and Mathematics*,Vol. 112,2012,pp. 3-11.

③Shernoff D J, Sinha S, Bressler D M, Ginsburg L. ,"Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education", *International Journal of STEM Education*,Vol,4,2017,pp. 1-16.

生 12 年级数学成绩、数学和科学课程以及数学自我效能信念的影响。[①] 然而，也有研究证明学业成绩有时对 STEM 专业选择未必起到正向作用，Adam 的研究论证了美国学生获得 STEM 学位与教育经历之间的相关性，结果发现大多数选择 STEM 专业的高中生是出于对科学和数学的兴趣而非招生政策和学业成就。[②] 研究结果表明，学生在本科阶段参与科学研究课题对其选择 STEM 专业继续深造以及“成为科学家”的身份认同都具有显著影响。在本科期间增加学生参与科学研究的机会，可被视为提高学生学业成就、引导更多学生选择 STEM 专业与职业的有效干预策略[③]。此外，伊根（Kevin Eagan）对 4125 名 2004 级大学新生进行为期 4 年的追踪研究，也证明了本科生参与科学研究项目能够提升其继续就读 STEM 专业研究生课程的可能性[④]。

（三）运用量化方法监测 STEM 学生学业表现

元分析（Meta analysis）、表现（performance）、成就（achievement）、学生（student）等关键词的高频出现凸显了研究者对学生 STEM 学业表现的关注，且在研究过程中呈现将量化研究方法作为主要手段开展研究的特点。

调节效应检验是量化研究方法中的一种常见方法，它的定义是自变量 X 对因变量 Y 的作用受到调节变量 Z 的影响，它能够用于研究自变量影响结果变量背后的机制问题，即澄清某一变量是否影响了自变量与因变量之间的关系，这一过程是为了论证该变量的异质性是否显著，常见诸于结构方程模型、元分析等实证分析中。例如，Freeman[⑤] 等人为了检验大学 STEM 课程采用讲授法与主动学习法的学习效果差异，对 225 项研究进行元分析，发现主动学习更能促进学生在科学、工程和数学课程中取得优异表现。

此外，Lorelle 运用广义多层线性模型，一种能够精准识别预测变量的实证研究方法探究学生大学前特征（高中学业成绩）、大学经历以及机构设置对有色 STEM 专业本科生女性活跃在 STEM 领域的持久性。[⑥] Fan 等检验了整合 STEM 方法在台湾高中技术教育的工程设计实践中的应用的有效性。采用准实验研究的方法，对比分析参与 STEM 工程模块的学生与学习技术教育模块的学生的表现，发现学习 STEM 工程模块的参与者在概念知识、高阶思维和工程设计项目等活动中的表现优于学习技术教育模块的参与者。[⑦]

（四）以性别为切入点关注 STEM 教育公平研究

从性别（Gender）、女性（women）、性别差异（gender difference）等高频关键词可以看出，教育公平研究是当前 STEM 教育领域的一大研究热点。结合相关文献分析，目前 STEM 教育公平研究在研究对象上对女性有较多关注，在研究内容上聚焦于女性群体代表性低的形成原因以及改善措施两方面。

Amanda 认为当代女性在 STEM 领域中代表性仍不足。[⑧] 原因之一是女性在求职时更倾向追求具有公共目标（即亲密关系、隶属关系、利他主义等）属性的职业，而对公共目标的信念反向预测了对 STEM 职业

---

①Wang, X.,“Why students choose STEM majors: Motivation, high school learning, and postsecondary context of support”, *American Educational Research Journal*, Vol. 50, No. 5, 2013, pp. 1081-1121.

②Maltese A V, Tai R H Pipeline persistence,“Examining the association of educational experiences with earned degrees in STEM among US students”, *Science education*, Vol. 92, No. 5, 2011, pp. 877-907.

③HUNTER A B, LAURSEN S L, SEYMOUR E.,“Becoming a scientist: the role of undergraduate research in students' cognitive, personal, and professional development”, *Science education*, Vol. 91, No. 1, 2007, pp. 36-74.

④KEVIN EAGAN Jr M, HURTDAO S, CHANG M J, et al.,“Making a difference in science education: the impact of undergraduate research programs”, *American educational research journal*, Vol. 50, No. 4, 2013, pp. 683-713.

⑤Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. p.,“Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics”, *Proceedings of the national academy of sciences*, Vol. 111, No. 23, 2014, pp. 8410-8415.

⑥Lorelle E.,“Pipelines and Pathways: Women of Color in Undergraduate STEM Majors and the College Experiences That Contribute to Persistence”, *Harvard educational review*, Vol. 81, No. 2, 2011, pp. 209-241.

⑦Fan, S. C., Yu, K. C.,“How an integrative STEM curriculum can benefit students in engineering design practices”, *International Journal of Technology and Design Education*, Vol. 27, No. 1, 2017, pp. 107-129.

⑧McFadden A, Williams K E.,“Teachers as evaluators: Results from a systematic literature review”, *Studies in Educational Evaluation*, Vol. 64, 2020, p. 100830.

的兴趣。但是，STEM 领域的工作大多是助人性质的，却被认为与公共目标对立或无关。为了培养女性参与 STEM 职业的动机，作者认为第一步便是增强对这种信念及其后果的认识，其次是将科学或工程职业描绘成更利他的职业。事实上，妇女涌入最多的科学相关领域也确是那些参与帮助他人的领域，如心理科学和生物医学科学，而且心理科学可以解释人们选择或放弃 STEM 职业道路的原因。比如，如果女性参与 STEM 职业的一个阻碍是 STEM 和公共目标之间的失调，那么借助心理科学可以解决这种失调。① 此外，康奈尔大学塞西教授（Stephen Ceci）指出如今真正影响女性 STEM 领域参与度的最大障碍在于女性本身对于数学密集型专业的低倾向性与低自我效能，而这种低倾向性最终可能源自基础教育阶段的科学课程设置更适合于男性。② 在改善措施方面，斯托特（Jane Stout）通过对比研究发现，女性与同性专家（专业人士、教授等）的接触能够有效增强女性在 STEM 领域中的自我身份认同与 STEM 职业追求，因此增加女性学生与同性专家的合作机会是促进女性 STEM 认同的有效干预措施。③

四、国际 STEM 教育研究趋势

共被引文献是厘清某一研究领域的研究趋势的主要文献计量方法。首先，通过文献共被引分析，得到高共被引文献以及施引文献，这些文献通常具有里程碑式的意义，其反映了该领域的研究前沿，有助于了解领域发展趋势。

表 3　高共被引文献

Citation Counts	References
53	Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016).
40	English L. (2016)
29	Margot K. (2019)
20	Martin-paez T. (2019)
18	Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019)
16	Natl A. E. (2014)
15	Wang X (2013)
15	Zeidler D. (2016)
15	Herro, D., & Quigley, C. (2017)

其次，对共被引文献网络进行聚类，找出主要规律。其中，聚类算法以 LLR（Log-Likelihood Ratio）为最佳，聚类标签从施引文献的标题中提取，最后输出详细聚类信息和相关结果。Modularity：聚类模块值（Q 值）为 0.8782，一般认为 Q>0.3 意味着聚类结构显著。④ 如表 4 所示，共被引网络共生成 12 个有效类别，聚类标号按照聚类规模大小（即包含文献数量的多少）进行排序。聚类标号为 0 表示纳入文献最多，本次纳入文献中标签为“effective teacher”的文献最多，为 74 篇。此外，S 值⑤过低（<0.5）的类别被认为是不合理的聚类，会被标识为缺省，因此，聚类标号并非顺序排列。

---

①Diekman, A. B., Brown, E. R., Johnston, A. M., Clark, E. K.,“Seeking congruity between goals and roles: A new look at why women opt out of science, technology, engineering, and mathematics careers”, *Psychological science*, Vol. 21, No. 8, 2010, pp. 1051-1057.

②Cec, J., Ginther, K., Kahn. S, et al.,“Women in academic science: a changing landscape”, *Psychological science in the public interest*, Vol. 15, No. 13, 2014, pp. 75-141.

③Stout, G., Dasgupta, N., Hunsinger, M., et al.,“STEMing the tide: using ingroup experts to inoculate women's self-concept in science, technology, engineering, and mathematics (STEM)”, *Journal of personality and social psychology*, Vol. 10, No. 2, 2011, pp. 255-270.

④陈悦、陈超美、刘则淋、胡志刚、王贤文：Citespace:《知识图谱的方法论功能》，《科学学研究》2015 年第 33 期。

⑤Silhouette：聚类平均轮廓值（S 值），一般认为 S>0.5 聚类合理，S>0.7 表明聚类良好、有说服力。

表 4　聚类结果表

No.	ClusterID	Size	Silhouette（S 值）	Label（LLR）	Average Year
1	0	74	0.816	effective teacher（效能型教师）	2017
2	1	56	0.891	pedagogical reform（教学改革）	2012
3	2	55	0.901	STEM integration（STEM 整合）	2013
4	3	50	0.979	enhancing spatial thinking（提高空间思维）	2010
5	4	48	0.94	criticl review（批判性思维）	2016
6	6	42	0.952	gender difference（性别差异）	2011
7	7	30	0.964	K-12 STEM literacy（K-12 STEM 素养）	2017
8	8	29	0.903	technology education（技术教育）	2012
9	9	28	0.86	Enhancing science achievement（提高科学成就）	2016
10	12	18	0.96	active learning（自主学习）	2018
11	15	15	0.998	moderating role（调节作用）	2018
12	21	8	0.991	STEM value-expectancy assessment（STEM 预期价值评估）	2016

注：Size 表示该类别包含的文献数量；Average Year 表示该类别中文献的平均发文时间

由表 4 可知，通过文献共被引分析得出的有效类别关键词标签分别为效能型教师、教学改革、STEM 整合、提高空间思维、批判性思维、性别差异、K-12STEM 素养、技术教育、提高科学成就、自主学习、调节作用、STEM 预期价值评估。表 5 列出了每个类别下的主要施引文献。

表 5　每个类别中的主要施引文献

Cluster ID	Most relevant citing articles
0	Lo，Chung（2021）Design principles for effective teacher professional development in integrated stem education：a systematic review. EDUCATIONAL TECHNOLOGY & SOCIETY，V24，P17.
1	Mulnix，Amy（2016）Stem faculty as learners in pedagogical reform and the role of research articles as professional development opportunities. CBE-Life Sciences Education
2	Estapa，Anne（2017）Supporting integrated stem in the elementary classroom：a professional development approach centered on an engineering design challenge. INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION
3	Wang，Ming-te（2013）Motivational pathways to stem career choices：using expectancy-value perspective to understand individual and gender differences in stem fields. DEVELOPMENTAL REVIEW，V33，P37
4	Takeuchi，M. A.（2020）. Transdisciplinarity in stem education：a critical review. Studies in Science Education.
6	Xie，Yu（2015）Stem education. ANNUAL REVIEW OF SOCIOLOGY，VOL 41，V41，P27
7	Jackson，C.（2021）. Equity-oriented conceptual framework for k-12 stem literacy. International Journal of STEM Education，8(1).
8	Ritz，J. M.，&Fan，S. C.，（2015）. Stem and technology education：international state-of-the-art. International Journal of Technology&Design Education.
9	Yaki，Akawo（2019）Enhancing science achievement utilising an integrated stem approach. MALAYSIAN JOURNAL OFLEARNING & INSTRUCTION，V16，P25
12	Dou，Remy（2021）Undergraduate stem majors on and off the pre-med/health track：a stem identity perspective. SCIENCES EDUCATION，V20，P12
15	Arztmann，Michaela（2022）Effects of games in stem education：a meta-analysis on the moderating role of student background characteristics. STUDIES IN SCIENCE EDUCATION
21	Aciksoz，Arif（2020）Adantation of the stem value-expectancy assessment scale to turkish culture. INTERNATIONAL JOURNAL OF ASSESSMENT TOOLS IN EDUCATION

结合聚类标签，具体分析高共被引文献以及施引文献，总结当前国际 STEM 教育前沿包括“效能型教师”的养成与 STEM 教学方式变革研究、STEM 教育效果评价研究、弱势群体的 STEM 教育参与研究、新技术赋能 STEM 教育实践研究、STEM 教育研究方法实证化导向研究等方面。

（一）STEM 教师专业发展研究

聚类标签“效能型教师”、“教学改革”、“STEM 整合”、“自主学习”的出现表明提升教师的 STEM 专业素养，推进整合性 STEM 教育教学方式变革已然成为 STEM 教育发展的不可逆趋势。研究指出，真正意义上的效能型教师应具备如下几点特征：对学生抱以积极的心理期待；注重安全、有序的常规管理；培养良好的行为习惯；营造健康的课堂氛围；实施有效的教学策略；富有饱满的教学热情。① 而代入 STEM 教育中，“效能型教师”应表现为对学生的 STEM 学习有信心，善于把控 STEM 教学课堂，能够让学生在轻松自主的学习环境中主动进行探究学习。那么，如何培育“效能型 STEM 教师”？研究者探索出“外砾”和“内塑”两种发展路向。②

“外砾”路向是指教师专业发展的主要动力来源于外部社会组织的推动和项目的培养。STEM 教育研究者根据教师专业发展（Teacher Professional Development，TPD）理论制定针对整合 STEM 教育的教师专业发展原则，能够解决教师在 STEM 整合教育过程中遇到的潜在挑战，为教师提供新的教学实践和内容从而改善 STEM 整合课程实践③④。学者通过追踪研究考查教师专业发展项目的长期效应，结果表明专业发展项目提升了教师对 STEAM 的理解，从而为实施有效教学奠定了基础。⑤ 教师实施有效教学离不开多方群体的共同支持，澳大利亚为提升教师的 STEM 教学采取了三方面措施：一是提高教师的声望和前期准备；二是转变小学 STEM 教育；三是积极合作，促进变革。“内塑”路向是指教师专业发展的主要动力来源于内部个体自身的需要和生命的提升。⑥ 教师通过主动学习，将 STEM 教育出版物中的知识与实际教学建立连接，从而逐步提升个人 STEM 教学专业能力。⑦⑧

（二）学生 STEM 素养评价研究

“提高空间思维”、“批判性思维”、“K-12 STEM 素养”、“提高科学成就”、“STEM 预期价值评估”聚类标签背后指向的是 STEM 素养评价问题。根据研究者的界定，STEM 素养是指 STEM 素养指个人的知识、态度和能够识别生活情境中的问题和困境，解释自然和虚拟的世界，并且得出与 STEM 相关问题的基于证据的结论，包含学科知识、STEM 态度、问题解决能力等要素。

已有大量研究表明 STEM 教育对学生学业成就具有正向影响。雅基（Yaki）探究了整合式 STEM 教育法对 11 年级不同能力水平学生科学成绩的影响，发现教学效果显著优于传统教学法，且能力水平最低的学生获益最大。另有研究表明自主学习（主动学习）是 STEM 教学中必不可少的一种方式，它比传统的

---

①钟莉：《美国学校效能型教师的基本特征》，《教育发展研究》2005 年第 20 期。

②李建珍、宗晓：《教育硕士（现代教育技术）专业学位研究生“创客教育”课程设计研究》，《电化教育研究》2019 年第 40 期。

③Lo C K.，“Design Principles for Effective Teacher Professional Development in Integrated STEM Education：A Systematic Review”，*Educational Technology & Society*，Vol. 24，2021，p. 24.

④Estapa，A. T.，Tank K. M.，“Supporting integrated STEM in the elementary classroom：a professional development approach centered on an engineering design challenge”，*International Journal of Stem Education*，Vol. 4，No. 1，2017，p. 6.

⑤Herro，D.，Quigley，C.，“Exploring teachers’ perceptions of STEAM teaching through professional development：implicationsfor teacher educators”，*Professional Development in Education*，Vol. 43，No. 3，2017，pp. 416-438.

⑥李建珍、宗晓：《教育硕士（现代教育技术）专业学位研究生“创客教育”课程设计研究》，《电化教育研究》2019 年第 40 期。

⑦Mulnix，A. B.，“STEM Faculty as Learners in Pedagogical Reform and the Role of Research Articles as Professional Development Opportunities”，*Cbe Life Sciences Education*，Vol. 15，No. 4，2016，p. 8.

⑧Chu H E，Martin S N，Park J.，“A Theoretical Framework for Developing an Intercultural STEAM Program for Australian and Korean Students to Enhance Science Teaching and Learning”，*International Journal of Science and Mathematics Education*，Vol. 7，2019，pp. 1251-1266.

讲授式学习更能促进学生的学习，特别是大学生的学习。①②

“STEM 预期价值评估”标签内的相关研究证明 STEM 价值认同对学生 STEM 职业动机具有显著作用。Hulleman 等人实施的效用价值干预实验证实了价值干预对提高数学或心理学表现不良或低表现期望的个体的学习动机和学习兴趣卓有成效。③ Conradty 通过监测学生在 STEM 学科（以物理、数学和生物学科为例）的职业动机水平、自我效能感和创造力的表现，分析三者之间的关系，结果表明，学生的创造力通过自我效能感促进学生的 STEM 职业动机。④ Ball 以期望价值理论为指导框架，考察了学生的学术期望和任务价值对 STEM 态度的影响。结果表明二者都能预测学生的 STEM 态度，但它们对 STEM 不同维度的态度的影响不同。⑤

（三）少数群体 STEM 教育参与研究

聚类标签“性别差异”反映的是 STEM 教育领域的群体参与公平问题，这类问题既是研究热点又是未来趋势，因其牵扯的社会和文化因素十分复杂而成为 STEM 教育研究领域长期存在的重难点话题。

性别、种族刻板印象、家庭社会经济地位深刻影响了不同群体的 STEM 学习参与。研究比较了男女高中生选择 STEM 专业的差异发现，女生更不愿意选择 STEM 专业。而且，有移民背景的学生通常会在第一学年退学，但如果他们不退学，其学习成绩与荷兰本土学生是一样的。此外，从长远来看，女生在 STEM 高等教育中实际上可以与男生一样甚至比男生更早顺利毕业。⑥ 出现这些现象的原因有负面刻板印象的增强与女生得到的家庭支持减弱、女性在 STEAM 领域所涉及学科上的自我效能感较低以及女性的自我认知和人生定位等。Ebony 研究了 3 名在科学、技术、工程和数学(STEM)方面表现优异的黑人本科生和研究生女性的学习经历，揭示了结构性的种族主义，性别歧视，种族-性别偏见在女性的 STEM 环境中很突出。⑦

与此同时，中国学生家庭社会经济地位、种族和性别的差异也导致了 STEM 教育参与的不同。通常而言，低家庭社会经济地位、少数族裔和女性的 STEM 教育参与与成就更低，少数族裔群体也更易对 STEM 职业持消极态度，且在 STEM 行业的代表性不足⑧。但也有研究发现，美国学生的表现落后于一些经济资源较少国家的学生，个中缘由仍需进一步探索。

2015 年 9 月，联合国大会通过了《2030 年可持续发展议程》，呼吁重新解决环境、社会和经济问题。该议程总共包括 17 个可持续发展目标，其中 4 项与教育相关，5 项有关性别平等。联合国教科文组织指出，实现 2030 年议程需要采取措施消除在接受教育的机会和成就方面的差距，提高教育质量。目前，国际社会 STEM 教育领域的性别不平等状况同样严峻，研究者也试图在澄清原因的基础上采取有效措施加以干预。

---

①Freeman S, Eddy S L, McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., Wenderoth, M. p., “Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics”, *Proceedings of the national academy of sciences*, Vol. 111, No. 23, 2014, pp. 8410-8415.

②Yee S, Rogers K., “Active learning and STEM education: Who is active? Who is learning?”, *School Science and Mathematics*, Vol. 122, No. 2, 2022, pp. 71-73.

③Hulleman C S, Godes O, Hendricks B L, et al., “Enhancing Interest and Performance With a Utility Value Intervention”, *Journal of Educational Psychology*, Vol. 102, No. 4, 2010, pp. 880-895.

④Conradty C, Bogner F X., “How Creativity in STEAM Modules Intervenes with Self-Efficacy and Motivation”, *Education Sciences*, Vol. 10, No. 70, 2020, p. 15.

⑤Ball C, Kuo-Ting Huang., “Pressurizing the STEM Pipeline: an Expectancy-Value Theory Analysis of Youths’ STEM Attitudes”, *Journal of Science Education & Technology*, Vol. 26, No. 4, 2017, pp. 372-382.

⑥Vooren M, Haelermans C, Groot W, van den Brink H M., “Comparing success of female students to their male counterparts in the STEM fields: an empirical analysis from enrollment until graduation using longitudinal register data”, *International Journal of STEM Education*, Vol. 9, No. 1, 2022, pp. 1-17.

⑦Mcgee E O, Bentley, L., “The Troubled Success of Black Women in STEM”, *Cognition and instruction*, Vol. 35, No. 4, 2017, pp. 265-289.

⑧Xie Y, Fang M, Shauman K., “STEM Education”, *Annual Review of Sociology*, Vol. 41, No. 1, 2015, p. 331.

（四）技术赋能 STEM 教育实践

“技术教育”和“教学改革”聚类中的文献表明技术和 STEM 教学深度融合对于 STEM 教育实践高质量开展至关重要。

STEM 教育中的远程访问技术既可以作为传递科学教育（知识）的工具，也可以是所需教授的技术知识本身，亦即技术教育。作者针对这一观点分别提出了两个问题：技术教育学习获得问题和教育的技术获得问题。研究结果证明了远程访问技术是技术教育的强有力形式之一，但未来研究仍需继续加强技术作为传递课程内容的工具的探索，比如，通过实现“一对一”的课堂参与支持多形式教学开展。① 又如，增强现实（Augmented Reality，AR）将作为 K-12 和高等教育发展中长期所采用的关键技术，也越来越频繁地出现在了 STEM 教育实践中。增强现实是指以计算机图形、可视化等技术为核心，将虚拟的信息与真实环境相融合，从而达到超越现实的感官体验的数字化技术②。

总体而言，STEM 课堂常见的技术资源分为动态展示技术（虚拟仿真系统、数据可视化模型等）、课堂交互技术（Kahoot、雨课堂、UMU 平台等）、工程设计技术（图形化编程、开源硬件、激光切割、3D 打印等）、协作共享技术（协作思维导图、项目式数字协同平台）、学习分析技术（学习管理系统、传感器与测量设备等）、人工智能技术（个性化资源推送、ChatGPT 类技术等）六种。③ 这些新技术的出现和使用极大地便利了 STEM 教育实践，推动 STEM 教育发展达到新的高度。

五、结语与启示

本文运用文献计量学方法、借助 Citespace 软件对 2002-2022 年国际 STEM 教育研究的相关文献进行处理与分析，在此基础上对 STEM 教育研究中的热点主题及前沿趋势进行了探索，以期能为我国深化 STEM 教育研究以及推进 STEM 教育落地提供借鉴。整体而言，STEM 教育研究仍处于加速发展时期，当前研究热点涉及教师 STEM 教学信念与实践研究、学生 STEM 专业与职业意向的影响因素研究、运用量化方法监测 STEM 学生学业表现研究、以性别为切入点关注 STEM 教育公平研究四个主题。STEM 教育研究未来发展前沿表现 STEM 教师专业发展研究、学生 STEM 素养评价研究、少数群体 STEM 教育参与研究与技术赋能 STEM 教育实践。剖析国际 STEM 教育研究的热点与前沿对于我国 STEM 教育研究与实际带来诸多有益启示：

（一）提升跨学科整合视域下学生的综合素质

由于 STEM 教育强调的是科学、技术、工程和数学的交叉融合，所以跨学科整合在 STEM 教育中扮演着重要的角色。研究结果显示，国际 STEM 教育强调跨学科整合，通过整合不同的知识和技能，使学生能够分析问题、解决实际问题。当前，在跨学科整合的过程中存在着三种主要向度，分别是学科知识整合取向，旨在关注知识的深度和广度；生活经验整合取向，旨在关注学生的生活经验；学习者中心整合取向，旨在关注学生的自主学习能力。无论何种整合取向，均应注重学生在 STEM 教育实践过程中综合素质的提升。一是建议教师将驱动问题根植于真实的境脉中，让学生综合运用多个学科的知识、技能和方法来完成任务，培养学生的实践能力；二是在跨学科整合视域下，教师应创新采用以探究、设计和创造为主要的活动形式，让学生在团队协作的氛围下解决真实问题，培养学生的创新思维和团队协作能力，提升跨学科整合的 STEM 教育有效性。

（二）关注智能技术助推 STEM 教师队伍建设

国际 STEM 教育研究关注教师队伍的培养与发展，将教师这一群体视为 STEM 教育的承担者和实施者。在我国，为了贯彻落实全面深化新时代教师队伍建设改革的相关政策，正在深入推进人工智能等新技

---

①Wolf V，Hsiao V，Rodriguez B，Min A，Mayorga J，Ashcroft J.，“Utilization of Remote Access Electron Microscopes to Enhance Technology Education and Foster STEM Interest in Preteen Students”，*Research in Science Education*，2020，pp. 1-18.

②钱静、朱清懿、李楠等：《具身认知视角下 STEM 学科增强现实教学案例述评》，《数字教育》2020 年第 6 期。

③詹泽慧、吕思源：《基于课堂观察的 STEM 教学评价：协议、要素与方法》，《开放教育研究》2023 年第 29 期。

术与教师队伍建设的融合。一方面，为响应教育数字化转型的迫切需求，STEM 教师可借助项目式学习、研学活动、教育培训等方式提升自身的设计思维、人机协同、创新创造等高阶能力。另一方面，打造面向 STEM 教师的数字素养提升的结构化课程。建议有关培训机构对 STEM 教师开展分层分类培训，通过设立项目秘书处，组织领域专家研讨课程计划，建设教师数字能力培养的结构化课程。

（三）多途径推动女性积极参与 STEM 教育

推动女性参与 STEM 教育是当前全球 STEM 教育领域面临的重要挑战之一。联合国教科文组织曾指出，仅有 28%的工程专业毕业生和 40%的计算机科学及信息学专业毕业生是女性，这一性别差距令人担忧。考虑到 STEM 相关的职业常被视作就业市场的未来，因此，提高女性在 STEM 领域的参与度显得尤为重要。建议：一是建立女性 STEM 导师制度。通过建立女性 STEM 导师制度，让成功的女性科学家、工程师等成为年轻女性的榜样和指导者，帮助她们建立自信，激发她们对 STEM 的热情；二是提供女性职业发展支持。相关就业保障部门应为女性提供职业发展支持，如实习机会、就业生涯指导等，帮助她们在 STEM 领域合适的就业机会。三是改变社会传统观念。相关宣传部门应通过教育和宣传等手段引导舆论，改变社会大众对女性难以胜任科学或工程职业的刻板印象，提高社会对女性参与 STEM 的接受度和支持度。

International STEM Education Research Hot Spots and Development Frontiers

——Bibliometric Analysis Based on Nearly 20 Years of Research

LI Zhen

(Tianjin Academy of Educational Sciences, Tianjin 300191, China)

Abstract: In the wave of global educational change, STEM education has emerged to meet the demand for high-quality talents. This paper takes the STEM education research literature from 2002 to 2022 included in the Web of Science database as the research object, and with the help of CiteSpace software, a bibliometric tool, conducts an in-depth analysis of the overall situation, research hotspots and frontiers in the global STEM education research field, with a view to deepening the understanding of STEM education research. The results show that STEM education research is still in a period of vigorous development, and the current research hotspots involve the research on teachers' STEM teaching beliefs and practices, the research on the influencing factors of students' STEM majors and career intentions, the research on the use of quantitative methods to monitor the academic performance of STEM students, and the research on the equity of STEM education by focusing on the gender as an entry point. The future development of STEM education research frontiers are shown STEM teacher professional development research, student STEM literacy assessment research, minority STEM education participation research and technology-enabled STEM education practice.

Key words: STEM education; bibliometrics; Citespace; STEM literacy

[责任编辑　治平]