

基于知识图谱的数学焦虑国际研究热点与发展趋势

郑欣¹, 刘燕红¹, 孙君²

(1. 集美大学师范学院; 2. 厦门工学院外国语学院, 福建 厦门 361021)

[摘要] 为了解数学焦虑研究的国际热点与发展趋势, 采用 Cite Space 软件对近二十年来源于 Web Of Science (WOS) 有关数学焦虑主题的文献进行可视化分析。通过对数学焦虑研究的时空分布、关键词共现和聚类图谱的分析, 发现数学焦虑研究热点主要集中于数学领域中的数学焦虑、数学焦虑群体、作为成就情绪的数学焦虑。同时数学焦虑研究领域中的突变关键词具有多元化特点, 其中“科学”与“学校”和未来研究的潜在途径高度重合, 表明二者将会成为未来数学焦虑研究的趋势。这一梳理有利于研究者选择合适的研究方向, 不断地对该领域进行深度挖掘, 促进数学焦虑领域的发展。

[关键词] 数学焦虑; 知识图谱; CiteSpace; 聚类分析

[中图分类号] G 444 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-6493 (2025) 02-0061-10

20 世纪 50 年代, 德雷哥 (Dreger) 和艾肯 (Aiken) 在其研究报告中最早提出了“数学焦虑”的概念, 认为数学焦虑是一种对算数和数学的情绪反应综合征^[1]。自此数学焦虑长期受教育研究人员的关注。数学焦虑的研究对象大多聚焦于初、高中阶段的学生, 然而, 一些研究发现即使是低年级学生也存在并表现出数学焦虑^[2-5]。可见数学焦虑在中小学生中非常普遍。通常数学焦虑不利于学生数学成绩的提高^[6]。近年来, 有多项关于数学焦虑与数学成绩关系的研究均显示数学焦虑和数学成绩呈现显著的负相关^[7-8]。过高的数学焦虑可能导致学生在学习过程和考试中出现注意力不集中、紧张等问题, 影响学生的学习效果。因而大量研究专注于厘清数学焦虑的形成过程及影响因素。基于数学焦虑和数学成绩的关系, 众多研究揭示数学焦虑在多个维度上存在一系列潜在调节变量, 包括但不限于数学焦虑的维度、数学测试难度与方式^[9]、性别^[10-11]、数学兴趣^[12-13]、自我效能感^[14]、学习动机^[15-16]等。目前, 仍缺乏对数学焦虑研究领域的整体计量与图景呈现。知识图谱主要是通过可视化分析呈现某研究领域的核心结构、发展动态、趋势规律和整体知识的架构^[17]。为此, 研究以近

二十年 Web of Science (下文简称 WOS) 数据库收录的数学焦虑研究相关期刊论文为对象, 利用 CiteSpace 软件可视化特征, 从时空分布特征、研究热点和未来研究趋势等角度出发, 对近二十年国际数学焦虑研究进行系统地聚焦和展示, 力图揭示国际数学焦虑研究的整体动态, 探究国际数学焦虑研究发展的前景, 为未来的进一步深入研究提供了思路 and 参考。

本文的研究问题是: 1. 近二十年数学焦虑研究的时空分布如何。2. 近二十年数学焦虑研究的热点是什么。3. 数学焦虑研究有何未来趋势。

一、数学焦虑的界定

研究者们对数学焦虑的定义提出了不同的阐释。阿什克拉夫特 (Ashcraft) 认为数学焦虑是一种在接触数学时的紧张、忧虑或恐惧的感觉^[18]。苏宁 (Suinn) 和温斯顿 (Winston) 同意数学焦虑是一种感觉, 但情景并不局限于学术环境中, 日常生活中同样存在数学焦虑^[19]。一些研究者将数学焦虑与其他形式的焦虑相关, 诸如考试焦虑、社交焦虑^[9]。原因是数学焦虑与其他形式的焦虑类似, 会影响诸如心率、神经激活和皮质醇等生理结

[收稿日期] 2024-09-25

[基金项目] 2022 年度福建省中青年教育科研项目基础教育研究专项“指向推理意识培养的小学数学教学模式建构研究”(JSZJ22174); 2022 年度福建省教育规划项目“人工智能助推乡村教师专业发展的作用机制研究”(Fjxczx22-445)

[作者简介] 郑欣 (1992—), 男, 福建厦门人, 集美大学师范学院讲师, 主要研究方向为教育测量与评价、数学教育。

果^[20]。进一步,里昂(Lyons)等人认为严重的数学焦虑与恐惧症相似。当个体获得即将面临数学任务的信息时,与经历疼痛时相似的神经被激活,这与恐惧条件反射相似,因此数学可能是一种消极条件刺激,而数学焦虑可能是习得消极反应的结果^[21-22]。

综上,研究将数学焦虑界定为个体在从事与数学相关任务或事件时产生的一种焦虑、紧张不安和恐惧状态。这种状态不仅是一种短期现象,随着时间的推移,可能会引起个体多方面的不良影响。

二、研究方法

(一) 研究设计

研究设计如图 1 所示。在确定数学焦虑为研究领域后,通过 WOS 核心数据库筛选符合条件的文献作为数据来源。相对于传统的文献综述方式,

CiteSpace 软件可以对所有研究领域的文献进行综合,并绘制出直观的可视化图谱。不仅能节省时间还能确保分析结果客观、定量^[23]。借助 CiteSpace6.2.R4 软件,应用共引分析理论和路径查找网络算法评估“数学焦虑”主题领域内文献的基本信息、研究热点及发展趋势。

(二) 数据来源

数据来源于 WOS 数据库。以“Mathematics anxiety”为主题进行检索。为保证检索文献的准确性和相关性,检索年限设定为 2003-2023 年;研究方向限定为“Education & Education Research”;引文主题选定“Education & Education Research”领域;语种选定“English”。由此得到 322 篇文献。随后通过阅读文献摘要,筛选研究领域是数学教育,研究主题围绕数学焦虑的相关文献。排除无关文献后,最终将 157 项文献数据纳入研究数据。

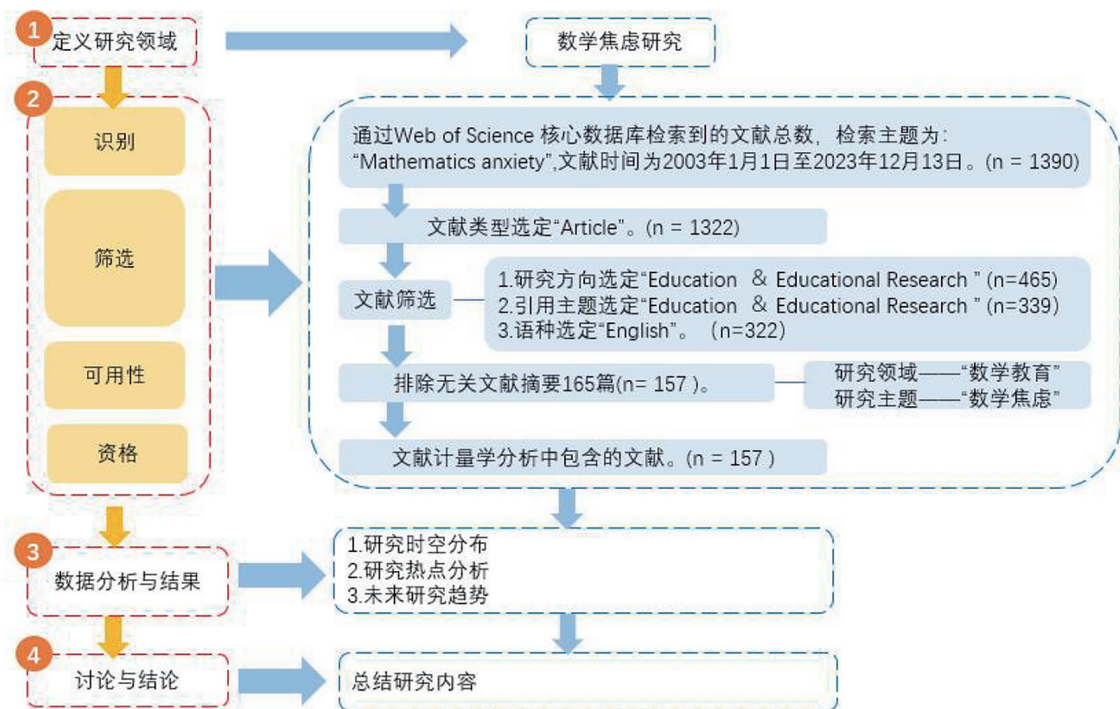


图 1 研究设计及文献计量学分析

(三) 数据分析

将 157 项数据导入 CiteSpace, 时间切片以 1 年为节点, 设置为 "Jan 2003 - Dec 2023", 裁剪方式为 "PathFinder", 其余选项均为默认。通过呈现近二十年发表文献的数量、国家、机构和作者, 了解数学焦虑研究的时空分布; 通过关键词共现、聚类构建知识图谱, 总结数学焦虑研究热点; 采用突

现关键词图谱分析近二十年数学焦虑研究的主题变化与未来研究趋势。

三、研究结果

(一) 数学焦虑研究的时空分布

1. 年发量分析。对近二十年数学焦虑研究的年发量进行统计, 结果如图 2 所示。数学焦虑研

究的年发文量呈波动趋势。整体来看,2003至2008年期间,数学焦虑的年发文量较少,年均发文量为1篇;2009至2018年期间,年发文量总体呈增长趋势,可见学界对数学焦虑领域的关注不断提高;2019至2023年期间,发文量处于平稳状态。值得注意的是,2023年发文量达18篇,为历年最高。

2. 国家及地区分布。以论文发表国家为节点,绘制出国家发文量的分析图谱,如图2所示。共有37个国家的研究者正关注数学焦虑相关话题,并且以美国、德国、英国、澳大利亚及西班牙等国家为核心形成了关系网络(密度=0.0781)。表1显示了发表文章数量前九的国家。在发文量方面,美国排名第一,达41篇,但中心性表现不如德国、英国及澳大利亚。值得注意的是,土耳其研究者的发文量排名第二,达23篇。但土耳其的中心性为零,结合图3可见,土耳其研究者似乎并未与其他国家研究者有所交流。



图2 近二十年国际数学焦虑研究文献年发表分布

表1 数学焦虑研究发表文章数量前十的国家

序号	国家	数量	中心性
1	USA	41	0.1
2	TURKEY	23	0
3	GERMANY	15	0.3
4	ENGLAND	15	0.29
5	AUSTRALIA	14	0.23
6	CHINA	14	0.07
7	SPAIN	8	0.14
8	FINLAND	7	0
9	CANADA	6	0.07

CiteSpace, v. 6.2.R4 (64-bit) Advanced
March 20, 2024 at 4:54:28 PM CST
WOS: E:\citespace\data
Timespan: 2003-2023 (Slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
Networks: N=37, E=52 (Density=0.0781)
Largest CCs: 37 (100%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: Pathfinder
Excluded:
anxiety; math anxiety; mathematics; mathematics anxiety;

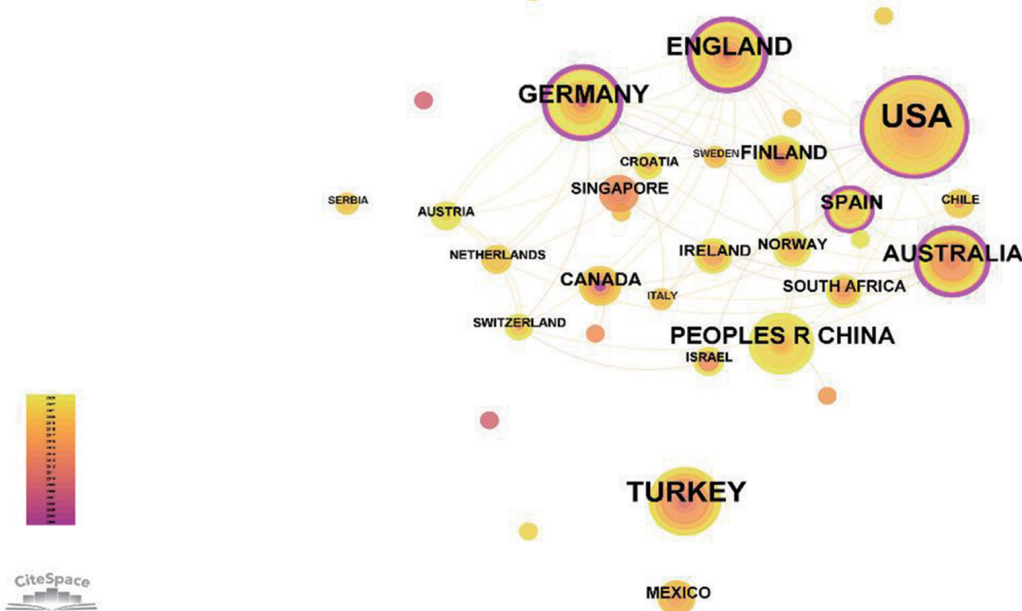


图3 近二十年国际数学焦虑的国家发文量分析

3. 研究机构及作者合作网络关系分析。以研究机构为节点绘制出研究机构及合作关系,如图4所示。总体来看,部分高校之间存在一定联系性

(密度=0.0087)。表2列出了近二十年数学焦虑研究发文量前十的作者。结合图4与表2可见,以康斯坦茨大学的戈茨(Goetz)(同时任职于维也纳

大学)为核心的团队,成员包含同校的比勒克(Bieleke)、慕尼黑大学的弗伦泽尔(Frenzel)等人。该团队早在 2006 年便已关注学术情感体验的领域特异性,重点研究了数学学习的快乐、焦虑和无聊体验^[24]。近期他们仍在探讨数学中情绪的测量,通过对数学成就情绪问卷(AEQ-M)的改良,系统地评估了包含数学焦虑在内的五种数学情绪^[25]。西澳大学的查普曼(Chapman)与新加坡

教育部的琳(Lim)于 2013 年便展开合作。他们利用新加坡样本改良了传统数学态度量表^[26],随后关注点转向了对数学焦虑的干预^[27]。北科罗多大学的詹姆斯(Jameson)(曾任职于鲍尔州立大学)较少与他人合作,他的研究聚焦于成人和女性学习者的数学焦虑成因^[28]。这也解释了美国中心性较德国、澳大利亚低的现象。



图 4 数学焦虑研究机构分布及合作网络关系分析

表 2 数学焦虑领域发文量前八的作者

序号	作者	发文量
1	Goetz, Thomas	4
2	Frenzel, Anne C	3
2	Jameson, Molly M	3
2	Garcia - santillan, Arturo	3
2	Lim, Siew Yee	3
2	Bieleke, Maik	3
2	Chapman, Elaine	3
8	Gabriel, Florence	2
8	Maloney, Erin A	2
8	Ertekin, Erhan	2

(二) 数学焦虑研究热点分析

在分析数学焦虑研究热点前,首先合并同义关

键词,随后提取。表 3 显示了出现频率前十的关键词及其中心性。“成就”“表现”“效力”“信念”“动机”“性别差异”等均为高频词。其中“成就”和“性别差异”具有较高中心性,表明大量研究致力于分析数学焦虑与数学成就之间的关系以及数学焦虑的性别差异。

进一步,为保持聚类的清晰性,选择前 9 个关键词进行聚类分析,结果如图 5 所示。聚类可靠性由模块值(Q)和平均轮廓值(S)评估,Q 值大于 0.3 意味着聚类效果显著^[29],S 值大于 0.7 时可以认为聚类具有较高可信度^[30]。由图 5 可见,该聚类效果显著(Q = 0.5097),可信度高(S = 0.8055)。结合现有文献,可将上述 9 个聚类概括为以下三个方向。

表3 数学焦虑研究领域频率排名前十的关键词

序号	关键词	频率	中心性
1	achievement	61	0.27
2	performance	45	0.15
3	efficacy	35	0.2
4	beliefs	34	0.19
5	students	31	0.17
6	motivation	28	0.08
7	gender differences	28	0.22
8	working memory	27	0.09
9	attitudes	16	0.13
10	elementary	14	0.08

1. 数学领域中的数学焦虑研究 (聚类#0 + #1 + #7)。

聚类0、1、7的标签分别为数学成就、数学教育和数学焦虑。数学成就是数学教育领域始终关注

的话题之一,影响数学成就的因素自然是学者们长期探讨的话题。奎利 (Cueli) 等人讨论了学生数学焦虑与数学自我效能感对数学成绩的关系和影响,结果发现不同水平的自我效能感与数学焦虑的结合呈现出不同的模式,对数学成绩的解释存在统计学上的显著差异^[31]。基塔拉 (Kyttala) 进一步调查了学生数学焦虑对后来的数学成绩和未来职业取向的作用及影响。结果发现数学焦虑受结果预期和结果价值的影响,进一步这种消极的情感对不同表现的学生来说均不可被忽略^[32]。对此,凯里 (Carey) 等人讨论了数学焦虑与成绩间的因果方向,结果认为数学焦虑与成绩可以在恶性循环中互相影响^[33]。类似的加西亚·桑蒂兰 (Garcia - Santillan) 等人认为焦虑是阻碍学生在学习过程中取得良好成绩的一个因素^[34]。

CiteSpace, v. 6.2.R4 (64-bit) Advanced
November 23, 2024 at 10:16:57 AM CST
WoS: D:\citespace_data\citespacew\data
Timespan: 2003-2023 (Slice Length=1)
Selection Criteria: g-index (k=25), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
Network: N=306, E=1305 (Density=0.0276)
Largest 30 CCs: 308 (100%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: Pathfinder
Modularity Q=0.5097
Weighted Mean Silhouette S=0.8055
Harmonic Mean(Q, S)=0.6243
Excluded:
anxiety; math anxiety; mathematics; mathematics anxiety;

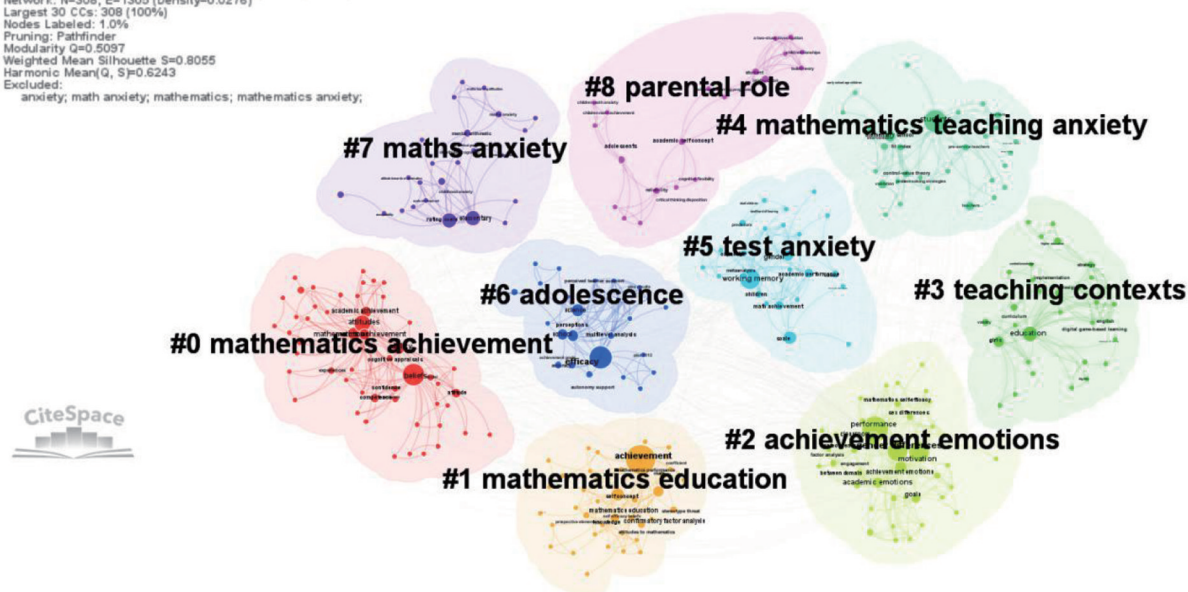


图5 数学焦虑研究关键词聚类图谱

2. 数学焦虑的群体 (聚类#3 + #4 + #6 + #8)。

聚类3、4、6、8的标签分别为教学情境、数学教学焦虑、青少年以及父母角色。四个标签分别指向青少年、父母和数学教师这三个具有数学焦虑的主要群体。青少年是数学焦虑研究的主要群体,基塔拉 (Kyttala) 等人利用初中生两年学业中持续的数学表现、读写技能、一般认知能力以及数学焦

虑将青少年分为四种情况,结果显示往往数学表现平平的学生表现出高焦虑,而非低水平的学生^[35]。此外,父母作为家庭环境的主要影响者,同时影响青少年的数学焦虑。索尼 (Soni) 认为父母的数学焦虑是孩子数学焦虑的前兆^[36]。为此,迪·斯蒂法诺 (DiStefano) 以及科索 (Cosso) 等人调查了父母指导孩子完成数学作业的家庭,发现数学焦虑

程度较高的父母在指导孩子做数学家庭作业时,会不自觉地将数学焦虑传递给孩子,这种负面的情绪体验会在孩子完成数学活动时内化,从而影响数学成绩^[37-38]。换个角度,父母也是缓解孩子数学焦虑的重要因素。桑塔纳(Santana)等人的研究发现,父母以对孩子没有威胁的方式参与到作业中会使孩子在数学测试中表现更好,并且缓解数学焦虑^[39]。除父母外,教师的数学焦虑很大可能会对学生产生负面影响。任(Ren)等人关注教师的特征和教学情境对其数学教学信念和自身数学学习态度的影响,结果发现其中教师的数学教学知识与他们的数学焦虑之间存在显著关系^[40]。此外,佩克(Peker)等人注意到除了数学焦虑外,教师还存在数学教学焦虑,并且二者存在高度相关性^[41]。

3. 作为成就情绪的数学焦虑(聚类#2 + #5)

聚类2、5的标签为成就情绪和考试焦虑,包含性别差异、动机等关键词。佩克伦(Pekrun)最早提出了成就情绪控制价值理论,为分析成就和学业环境中情绪体验的前因和影响提供了综合框架^[42]。霍尔姆(Holm)等人基于成就情绪控制价值理论探讨了青少年数学成绩和性别与包含焦虑在内的七种数学情绪的关系^[43],结果表明,在数学困难群体中,女性比男性有多更的数学焦虑。进一步,玛(Ma)等人的研究显示女性的数学焦虑增长速度快于男性^[44]。尽管如此,在过去的研究中,女性在高中期间的数学成绩往往比男性好^[45]。性别差异导致女性更容易出现负面情绪和生理症状,但也有利于她们在数学上取得更好的成绩^[46]。对数学的焦虑也同时延伸到考试焦虑上。数学焦虑与学生特质焦虑、考试焦虑相互关联^[47]。阿尤索(Ayuso)等人的研究显示小学生对数学考试焦虑的感知存在显著的性别差异,女性认为自己对数学考试的焦虑程度更高,但随着年龄的增长,所有学生的考试焦虑都在增加^[48]。

(三) 数学焦虑未来研究趋势

使用关键词突现图谱了解该未来发展趋势,如图6所示。突现强度排名前三的关键词分别是“评估量表”“科学”和“学校”。值得注意的是,“科学”和“学校”在强度和未来研究的潜在途径上高度重合,表明数学焦虑研究将会继续深入这些领域。

“科学”关键词最早出现于2010年,在2021年引起研究热潮。通常,将数学与科学结合讨论是

由于两个学科都涉及数字、批判性思维和解决问题^[49]。学生对科学与数学的看法存在明显的差异,数学内部也存在两极分化,部分学生觉得数学更容易也更有兴趣,而另一部分学生则认为数学容易引起焦虑^[50]。

Top 10 Keywords with the Strongest Citation Bursts



图6 数学焦虑研究关键词突现图谱

“学校”关键词最早出现在2012年,在2020年引起研究热潮。普拉赫曼纳(Prahmana)强调旨在减少学生数学焦虑方面的学校辅导服务应在注意文化背景的前提下以小组的形式实施^[51]。同时,教师的支持和指导在其中扮演重要角色,刘(Liu)等人认为为了有效帮助学生降低数学焦虑,教师必须认识数学焦虑并了解其缓和措施^[52]。

四、讨论与结论

近年发文量的迅速增长肯定了数学焦虑这一研究热点。为提供数学焦虑相关研究的全面概述和最新发展,对近20年发表的157篇文献进行可视化分析,得到如下结论。

首先,时空分布分析表明当前数学焦虑研究领域正稳步发展。逐年提升的发文量、高密度的国家地区和研究者关系网络均表明,学界对数学焦虑领域的关注不断提高。研究者们依托研究机构集中全球的资源,其中高等院校是数学焦虑研究领域的核心力量。最为突出的核心作者群体是以康斯坦茨大学的戈茨(Goetz)为核心的团队,该团队早在2006年就已经开始关注学术情感体验的领域特异性,包括近期仍在探讨和评估包含数学焦虑在内的五种数学情绪^[24-25]。可以看出该团队对数学焦虑领域具有较大学术影响力。一方面,研究团队的组建使得研究者能够共享研究资源,这种资源的整合不仅节省时间,还提高研究的效率与质量。另一方

面,研究者的合作有助于提高研究的可靠性和有效性,多个作者共同参与研究过程,可以减少偏见从而确保研究结果的客观性。随着现代科技的不断发展,研究者之间的合作突破了空间的限制,越来越多的研究者利用在线平台和社交媒体进行交流合作,从而加速合作的进程。因此,研究者之间的合作至关重要,在研究人员或机构之间建立更稳定的合作关系,有利于加强知识交流,形成一个更具有影响力的数学焦虑研究队伍。这种合作关系可以推动该领域进一步发展,更好地应对未来的机遇与挑战。

其次,关键词的共现与聚类展现了数学焦虑研究领域的全景。目前的研究热点主要集中于分析数学焦虑与数学成绩之间的关系、数学焦虑的群体以及数学焦虑的性别差异。近年来,有多项关于数学焦虑与数学成绩关系的研究均显示数学焦虑和数学成绩呈现显著的负相关^{[8][53]}。这些研究认为,数学焦虑会直接导致学生数学成绩表现不佳,当学生感到紧张或恐惧时,难以集中精力进行考试,甚至忘记已经掌握的知识,进而降低他们的数学成绩。且数学焦虑与成绩会在恶性循环中互相影响^[33]。研究表明,重复不良的考试体验可能增加学生的焦虑感,形成反向循环。例如,学生在一次数学考试中成绩不佳,他们可能会因此导致更深层次的焦虑,并在随后的学习中再次干扰他们的表现,从而导致持续成绩低下。但有关数学焦虑对成绩的作用,还存在另一种观点。基于性别差异的研究发现,尽管女性比男性有更多的数学焦虑,但这也有利于女性在数学上取得更好的成绩^{[43-44][46]}。女性在学习数学时会有额外的压力这种观点,可能源于社会文化对性别角色的刻板印象,以及教育环境中存在的潜在偏见。但同时女性的情绪管理和自我调节能力较强,使得她们能够更好地应对学习中的困难和挑战,从而在成绩上表现得更好。此外,数学焦虑不仅存在于青少年群体,还存在于父母^[37-38]、教师^[40]等群体中。父母在教育过程中可能由于自身的数学焦虑而在无意中传递给孩子负面的心理暗示,比如对学生数学能力的担忧或强调学好数学的重要性。而教师主要是通过教学方式以及学生的互动模式对学生产生影响。如果教师在教学过程中表现出对数学的热情,创造一个支持性的学习环境,那么学生焦虑水平通常会降低,并相应地提高他们的学习成绩,反之亦然。对不同数学焦虑群体

的关注不仅拓宽了研究范围,使得人们更加深入地理解数学焦虑的根源及其影响,同时也为研究者提供了更具有启发性的研究方向。

最后,关键词突现图谱反映出数学焦虑研究领域的未来发展趋势。数学焦虑研究领域中的突变关键词具有多元化的特点,不同关键词与数学焦虑相结合会产生不同的效应。科学和学校在强度和未来研究的潜在途径上高度重合,表明数学焦虑研究将会继续深入这些领域。通常科学课程需要良好的数学基础,数学焦虑可能导致学生在学习公式、计算分析时感到紧张和不安。在STEM教育中,数学能力是核心要素,学生的数学焦虑可能使得他们对其他学科缺乏信心,甚至在未来选择职业时放弃与数学相关的选项。此外,人们往往从经验出发,认为以数学为专业的学生相比于其他专业的学生来说,数学焦虑程度要低,但事实并非如此。无论在数学专业的学生中,还是STEM或是社会科学的学生中,数学自我效能感均在预测数学焦虑上起同样重要的作用^[54]。跨学科的研究趋势常常将数学与科学结合讨论,但研究却发现两个学科之间存在着明显差异,若将两个学科从整体上讨论,则无法提供准确的评估结果^[50]。况且,学校中存在的诸如课堂文化、课堂承诺、课堂经历等潜在因素都会影响学生的数学焦虑。这对教育工作者帮助学生克服数学焦虑具有重要启示。或许,未来应将数学和科学这两门学科分开仔细审查,探索数学焦虑与二者之间存在的关系,并进一步挖掘存在学校中的其它潜在影响因素与数学焦虑之间的联系性,从而提出有效措施以缓解学生的数学焦虑。

综上,研究借助Citespace梳理了近二十年数学焦虑研究的基本情况、研究热点和发展趋势。这一系统的梳理与分析,能够帮助数学教育研究者对数学焦虑有更深入的理解,便于选择合适的研究方向,并不断地对该领域进行深度的挖掘。同时也能帮助教师以及家长群体更深层次地考虑数学焦虑的不良影响,制定教学方案或改变沟通方式,从而减少自身以及学生的数学焦虑。还可以为教育政策的制定提供实证基础,推动政策的改革,改善课程设计、教师培训等方面,最终帮助学生建立良好的学习态度,从而有效降低焦虑水平。

[参考文献]

- [1] DREGER R M, AIKEN L R. The identification of num-

- ber anxiety in a college population [J]. *Journal of Educational Psychology*, 1957, 48 (6): 344–351.
- [2] JAMESON M M. The development and validation of the Children's Anxiety in Math Scale [J]. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 2013, 31 (4): 391–395.
- [3] JAMESON M M. Contextual factors related to math anxiety in second – grade children [J]. *Journal of Experimental Education*, 2014, 82 (4): 518–536.
- [4] 唐涵羽, 唐斌. 小学高段学生防御性悲观对数学学习焦虑的影响——核心自我评价的中介作用 [J]. *数学教育学报*, 2023, 32 (3): 44–49.
- [5] 赵晓萌, 张傲雪, 张明亮, 等. 父母教育卷入与小学儿童数学焦虑的纵向联系: 数学态度的中介作用 [J]. *心理发展与教育*, 2021, 37 (5): 683–690.
- [6] RAMIREZ G, CHANG H, MALONEY E, et al. On the relationship between math anxiety and math achievement in early elementary school: The role of problem solving strategies [J]. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2016, (141): 83–100.
- [7] 夏玉梅, 宁连华, 赵静亚. 初二学生数学逆商与数学学业成绩的关系研究——数学焦虑的中介作用 [J]. *数学教育学报*, 2024, 33 (1): 16–20.
- [8] ZHANG J, ZHAO N, KONG Q P. The relationship between math anxiety and math performance: A meta – analytic investigation [J]. *Frontiers in Psychology*, 2019, 10: 1613.
- [9] NAMKUNG J M, PENG P, LIN X. The relation between mathematics anxiety and mathematics performance among school – aged students: A meta – analysis [J]. *Review of Educational Research*, 2019, 89 (3): 459–496.
- [10] YU X, ZHOU H, SHENG P, et al. Math anxiety is more closely associated with math performance in female students than in male students [J]. *Current Psychology*, 2024, 43 (2): 1381–1394.
- [11] 司继伟, 黄碧娟, 刘晓宇, 等. 理科女生中数学焦虑与数学表现的关系——认知反思的中介作用 [J]. *数学教育学报*, 2023, 32 (4): 13–20.
- [12] ZHANG D, WANG C. The relationship between mathematics interest and mathematics achievement: mediating roles of self – efficacy and mathematics anxiety [J]. *International Journal of Educational Research*, 2020, 104: article number101648.
- [13] DU C, QIN K, WANG Y, et al. Mathematics interest, anxiety, self – efficacy and achievement: Examining reciprocal relations [J]. *Learning and Individual Differences*, 2021, 91: 102060.
- [14] 付钰, 蔡春霞. 师生关系与数学学业成绩的关系研究: 自我效能感与数学焦虑的中介作用 [J]. *数学教育学报*, 2023, 32 (1): 25–30.
- [15] DOWKER A, SARKAR A, LOOI C Y. Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years [J]. *Frontiers in Psychology*, 2016, 7: 00508.
- [16] FOLEY A E, HERTS J B, BORGONOV F, et al. The math anxiety – performance link: A global phenomenon [J]. *Current Directions in Psychological Science*, 2017, 26 (1): 52–58.
- [17] 洪志忠, 王怡雯, 王玉梅. 高等教育“以学生为中心”研究的进展与趋势——基于 Citespace 和 VOSviewer 的文献计量分析 [J]. *集美大学学报 (教育科学版)*, 2023, 24 (2): 61–70.
- [18] ASHCRAFT M H. Math anxiety: personal, educational, and cognitive consequences [J]. *Current Directions in Psychological Science*, 2002, 11 (5): 181–185.
- [19] SUINN R M, Winston E H. The mathematics anxiety rating scale, a brief version: psychometric data [J]. *Psychological Reports*, 2003, 92 (1): 167–173.
- [20] RAMIREZ G, SHAW S T, MALONEY E A. Math anxiety: Past research, promising interventions, and a new interpretation framework [J]. *Educational Psychologist*, 2018, 53 (3): 145–164.
- [21] LYONS I M, BEILOCK S L. When math hurts: math anxiety predicts pain network activation in anticipation of doing math [J]. *Plos One*, 2012, 7 (10): e48076.
- [22] PIZZIE R G, KRAEMER D J M. Avoiding math on a rapid timescale: emotional responsivity and anxious attention in math anxiety [J]. *Brain and Cognition*, 2017, 118: 100–107.
- [23] 王梅, 曹邱霞. 教师身份认同研究的可视化分析——以中文核心期刊2010—2019年刊文为例 [J]. *集美大学学报 (教育科学版)*, 2021, 22 (5): 15–24.
- [24] GOETZ T, FRENZEL A C, PEKRUN R, et al. The domain specificity of academic emotional experiences [J]. *Journal of Experimental Education*, 2006, 75 (1): 5–29.
- [25] BIELEKE M, GOETZ T, YANAGIDA T, et al. Measuring emotions in mathematics: the achievement emotions questionnaire – mathematics (AEQ – M) [J]. *ZDM*, 2023, 55 (2): 269–284.
- [26] LIM S Y, Chapman E. Development of a short form of the attitudes toward mathematics inventory [J]. *Educational Studies in Mathematics*, 2013, 82 (1): 145–164.
- [27] LIM S Y, CHAPMAN E. Effects of using history as a tool to teach mathematics on students' attitudes, anxiety,

- motivation and achievement in grade 11 classrooms [J]. *Educational Studies in Mathematics*, 2015, 90 (2): 189–212.
- [28] JAMESON M M. Time, Time, Time: perceptions of the causes of mathematics anxiety in highly maths anxious female adult learners [J]. *Adult Education Quarterly*, 2020, 70 (3): 223–239.
- [29] NEWMAN M E J. Fast algorithm for detecting community structure in networks [J]. *Physical Review E*, 2004, 69 (6): article number 066133.
- [30] ROUSSEEUW P J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis [J]. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 1987, 20: 53–65.
- [31] CUELI M, NUNEZ J C, GARCIA T, et al. A person – centered approach to the relationship between mathematics self – belief profiles and achievement [J]. *The Journal of Experimental Education*, 2023 (27): 1–18.
- [32] KYTTALA M, BJORN P M. Prior mathematics achievement, cognitive appraisals and anxiety as predictors of Finnish students' later mathematics performance and career orientation [J]. *Educational Psychology*, 2010, 30 (4): 431–448.
- [33] CAREY E, HILL F, DEVINE A, et al. The chicken or the egg? The direction of the relationship between mathematics anxiety and mathematics performance [J]. *Frontiers in Psychology*, 2016, 6: article number 1987.
- [34] GARCIA – SANTILLAN A, ESCALERA – CHAVEZ M E, Moreno – Garcia E, et al. Factors that explains student anxiety toward mathematics [J]. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2016, 12 (2): 361–372.
- [35] KYTTALA M, BJORN P M. Mathematics performance profiles and relation to math avoidance in adolescence: the role of literacy skills, general cognitive ability and math anxiety [J]. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 2022, 66 (7): 1221–1236.
- [36] SONI A, KUMARI S. The role of parental math anxiety and math attitude in their children's math achievement [J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2017, 15: 331–347.
- [37] DISTEFANO M, O'BRIEN B, STOROZUK A, et al. Exploring math anxious parents' emotional experience surrounding math homework – help [J]. *International Journal of Educational Research*, 2020, 99: 101526.
- [38] COSSO J, FINDERS J K, DUNCAN R J, et al. The home numeracy environment and children's math skills: the moderating role of parents' math anxiety [J]. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2023, 227: 105578.
- [39] SANTANA M, NUSSBAUM M, CLARO S, et al. Let's spend time together: text messaging parents to help math – anxious students [J]. *Journal for Research in Mathematics Education*, 2021, 52 (2): 189–212.
- [40] REN L, SMITH W M. Teacher characteristics and contextual factors: links to early primary teachers' mathematical beliefs and attitudes [J]. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 2018, 21 (4): 321–350.
- [41] PEKER M, ERTEKIN E. The relationship between mathematics teaching anxiety and mathematics anxiety [J]. *The New Educational Review*, 2011, 23 (1): 213–226.
- [42] PEKRUN R. The control – value theory of achievement emotions: assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice [J]. *Educational Psychology Review*, 2006, 18: 315–341.
- [43] HOLM M E, HANNULA M S, BJORN P M. Mathematics – related emotions among finnish adolescents across different performance levels [J]. *Educational Psychology*, 2017, 37 (2): 205–218.
- [44] MA X, CARTWRIGHT F. A longitudinal analysis of gender differences in affective outcomes in mathematics during middle and high school [J]. *School Effectiveness and School Improvement*, 2003, 14 (4): 413–439.
- [45] ROBINSON J P, LUBIENSKI S T. The development of gender achievement gaps in mathematics and reading during elementary and middle school: Examining direct cognitive assessments and teacher ratings [J]. *American Educational Research Journal*, 2011, 48 (2): 268–302.
- [46] MILOVANOVIC I. Math anxiety, math achievement and math motivation in high school students: Gender effects [J]. *Croatian Journal of Educational*, 2020, 22 (1): 175–206.
- [47] NUNEZ – PENA M I, BONO R. Academic anxieties: which type contributes the most to low achievement in methodological courses? [J]. *Educational Psychology*, 2019, 39 (6): 797–814.
- [48] AYUSO N, FILLOLA E, MASIA B, et al. Gender gap in STEM: A cross – sectional study of primary school students' self – perception and test anxiety in mathematics [J]. *IEEE Transactions on Education*, 2020, 64 (1): 40–49.
- [49] LOUIS R A, MISTELE J M. The differences in scores

- and self – efficacy by student gender in mathematics and science [J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2012, 10 (5): 1163 – 1190.
- [50] UTHA K, SUBBA B H, MONGAR B B, et al. Secondary school students' perceptions and experiences of learning science and mathematics; the case of Bhutan [J]. *Asia Pacific Journal of Education*, 2023, 43 (2): 350 – 367.
- [51] PRAHMANA R C I, SUTANTI T, DIPONEGORO A M. Mathematics Anxiety and the Influencing Factors among Junior High School Students in Yogyakarta, Indonesia [J]. *Croatian Journal of Educational*, 2021, 23 (2): 343 – 369.
- [52] LIU S, LEUNG F K S, JIANG Z. The appraisal antecedents of Shanghai students' mathematics anxiety and the moderating effects of teacher behaviours: from the perspective of the control – value theory [J]. *Asia Pacific Journal of Education*, 2022 (16): 1 – 14.
- [53] 何声清, 蔡春霞. 八年级学生数学焦虑及其对学业成绩的影响机制研究——基于 Z 省的大规模测试 [J]. *教育研究与试验*, 2020 (2): 82 – 89.
- [54] ROZGONJUK D, KRAAV T, MIKKOR K, et al. Mathematics anxiety among STEM and social sciences students: the roles of mathematics self – efficacy, and deep and surface approach to learning [J]. *International Journal of STEM Education*, 2020, 7: 1 – 11.
- (责任编辑: 上官林武)

International Research Hotspots and Development Trends of Mathematics Anxiety Based on Knowledge Graph Analysis

ZHENG Xin¹, LIU Yanhong¹, SUN Jun²

(1. Teacher' s College, Jimei University, Xiamen 361021, China;

2. School of Foreign Languages, Xiamen Institute of Technology, Xiamen 361021, China)

Abstract: In order to understand the international research hotspots and development trends of mathematics anxiety (MA), this study uses Cite Space software to visually analyze the literature on the topic of MA from the Web Of Science (WOS) in the past 20 years. By analyzing the temporal and spatial distribution of MA research, as well as the co – occurrence of keywords and cluster diagrams, the study finds that the hotspots of MA research are mainly concentrated on MA in mathematical contexts, populations affected by MA, and MA as an achievement emotion. Additionally, the field of MA research also features a diversity in the sudden change of keywords. Among them, " science" and " school" highly overlap with potential pathways for future research, indicating that these two areas will likely become trends in the study of MA. This process is beneficial for researchers to choose appropriate research directions, to continuously dig deeper into this field, and to promote the development of the field of MA.

Key words: mathematics anxiety; knowledge map; Cite Space; cluster analysis