

高中学生数学核心素养研究可视化分析

何金秀

南宁师范大学数学与统计学院, 广西 南宁

收稿日期: 2025年3月15日; 录用日期: 2025年5月20日; 发布日期: 2025年5月29日

摘要

本文借助CiteSpace6.3.R1软件, 对中国知网CNKI数据库中2015至2023年间关于高中数学核心素养的1499篇文献进行了深入的可视化研究。通过对这些文献的年度发表数量、核心关键词、主要作者以及研究机构等关键信息进行了计量统计与可视化呈现, 实现了对研究趋势和热点的直观把握, 并提出了展望。

关键词

高中学生, 数学核心素养, CiteSpace, 可视化分析

Research on the Visualization Analysis of High School Students' Mathematical Core Literacy

Jinxiu He

School of Mathematics and Statistics, Nanning Normal University, Nanning Guangxi

Received: Mar. 15th, 2025; accepted: May 20th, 2025; published: May 29th, 2025

Abstract

This article conducted an in-depth visualization study on 1499 literature on high school mathematics core literacy from 2015 to 2023 in the CNKI database of China National Knowledge Infrastructure (CNKI) using CiteSpace6.3.R1 software. By quantifying and visualizing key information such as the annual publication quantity, core keywords, main authors, and research institutions of these literature, a clear understanding of research trends and hotspots was achieved, and prospects were proposed.

Keywords

High School Students, Mathematical Core Literacy, CiteSpace, Visualization Analysis



1. 引言

学科核心素养是指每个学科基于其本质特征所提炼出的具有特定学科特征的核心素养[1]。本文主要是针对高中数学核心素养进行研究，高中数学相比于初中数学，难度上是大幅度地增加了，也更加考验学生的逻辑思维和抽象能力，需要学生具备较强的综合学习和知识运用能力。2014年，教育部发布了《关于全面深化课程改革落实立德树人根本任务的意见》，该文件清晰界定了学生在完成某一学科课程学习之后应当树立的正确价值观、必备的品格以及需掌握的关键技能[2]。学科核心素养体现了鲜明的学科特征和独特的学科视角。2016年《中国学生发展核心素养》正式发布，明确了培养“全面发展的人”所需要的六大核心素养[3]。在此基础上，《普通高中数学课程标准(2017年版)》首次明确了数学教育中与其他学科区分开来的六大核心素养，这些素养包括：数学抽象、直观形象、数学建模、数学运算、逻辑推理、数据分析[4]。数学学科核心素养是将核心素养在数学学科中的体现，也是核心素养体系在学科中的具体化[5]。这种素养在学生的数学学习和应用过程中逐渐形成，并已成为推动基础教育数学课程改革不断深化的教育理念和主导方向。为探讨不同时间段内高中数学学科核心素养的研究趋势及其关键焦点，本文综述了自2015年至2023年间，从中国知网(CNKI)数据库中精选相关文献，并利用CiteSpace6.3.R1进行可视化分析，利用可视化手段来展示研究对象的规律和发布情况，并生成可视化图形，被称为“科学知识图谱”，为培养和发展学生的数学核心素养和深化数学课程教学改革提出一些建议。

2. 数据来源与研究方法

2.1. 本文数据来源

本文的数据采集自中国知网 CNKI 数据库，文献类型限定为学术期刊文章及学位论文。在知网的高级搜索功能中，设定“数学学科素养”与“高中数学”作为主题关键词进行检索。由于在2013年1月1日至2014年12月13日期间，相关主题的论文发表数量相当有限，所以将文献发表的时间范围设定为2015年1月1日至2023年12月23日间，共检索出1500篇相关论文，选中1500篇文献用refwork格式导出后，将1500篇文献导入CiteSpace进行去重整理，发现有一篇是重复的，最后得到1499篇文献提供给CiteSpace进行分析。

2.2. 研究方法

本文的核心方法包括定量分析与文献研究。定量分析法主要用于探讨和量化研究对象中元素的数量联系及其属性间的数量关联，同时，该方法也适用于对不同对象的特定性质、特征或相互关系在数量上进行对比分析[6]。文献研究法主要通过CiteSpace6.3.R1对1499篇相关文献进行可视化分析，CiteSpace是一款由陈超美博士及其领导的大连理工大学WISE实验室共同开发的知识图谱生成工具，已确立其在科学研究领域内的主导地位。CiteSpace知识图谱利用空间思维将非物理空间中的抽象信息转化为易于观察和理解的可视化表现形式[7]。通过CiteSpace对相关文献的年发文量、关键词、发文作者、发文机构等进行分析，利用统计分析方法对网络结构中的节点、连线以及密度进行研究，以揭示高中数学核心素养的研究现状和未来发展趋势。

3. 研究内容

3.1. 年发文量分析

基于对收集的 1449 篇文献的计量可视化分析, 利用 CiteSpace 工具生成了年发文量的统计数据, 并成功地将这些数据导出至 Excel 表格中, 以供进一步的量化研究与分析, 得到文献年发文趋势图(见图 1), 对发文量 x 的趋势进行拟合, 得到的 y 表示拟合趋势线的函数, 其中 R^2 表示拟合指数, 它越接近 1, 说明拟合越好。由图 1 的发文趋势图可知, $R^2 = 0.8225$, 这说明拟合度还行。高中数学核心素养研究的累计发文量拟合趋势线的函数为 $y = 33.649x$, 呈线性增长趋势。由图 1 可知, 2015 年出现了 1 篇文献, 说明已经有学者开始对高中数学核心素养进行研究。从发文趋势图来看, 关于高中数学核心素养的研究可以分为三个阶段, 分别是显著增长期、短暂回落期和稳步增长期。

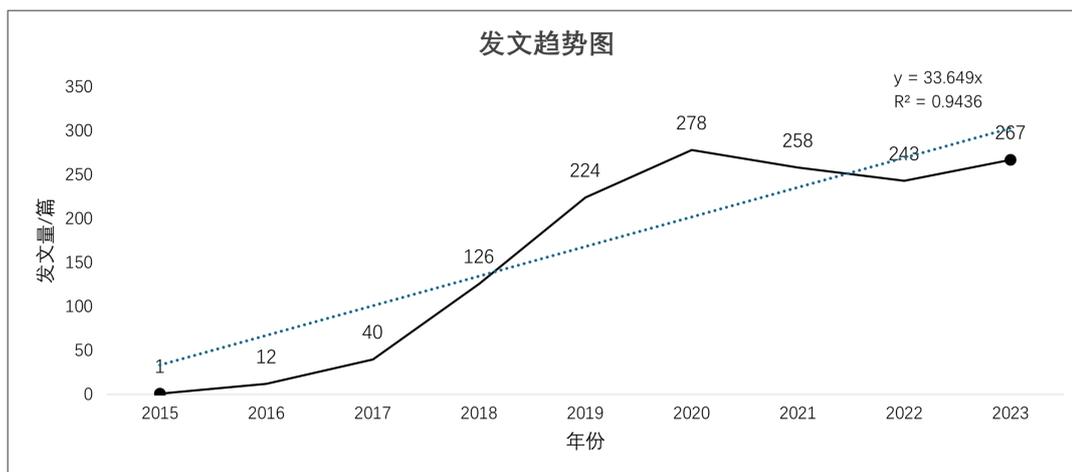


Figure 1. Trend chart of posts
图 1. 发文趋势图

在 2015 年至 2020 年期间, 相关研究呈现出明显的增长态势, 具体表现为从 2015 年仅有的 1 篇研究文章逐年攀升至 2020 年的 278 篇。这一增长趋势可以追溯至 2014 年教育部首次引入核心素养体系的概念, 而到了 2017 年, 随着课程标准的更新, 数学学科的核心素养首次被明确界定并与其他学科的核心素养相区分, 国内学者们也积极响应教育改革, 开始深入研究数学核心素养。随着课程标准的不断更新, 这一研究领域呈现出显著增长的趋势。2020 年, 教育部对 2017 年版课程标准进行了修订, 并发布了《普通高中课程标准(2017 年版 2020 年修订)》, 这一举措进一步引发了学术界对数学核心素养的广泛关注, 研究发文量也在这年达到了顶峰; 2020 年至 2022 年, 研究趋势呈短暂的回落, 由 2020 年的 278 篇回落到 2022 年的 243 篇, 虽然发文量减少了, 但是总体的发文数量是比较可观的, 都在 240 篇以上; 2022 年至 2023 年, 研究趋势呈缓慢增长, 从 2022 年的 243 篇增长到 2023 年的 267 篇, 这说明高中数学核心素养一直都是研究的热点, 并预测在未来两年的研究趋势也在不断增长。

3.2. 发文作者分析

通过 CiteSpace 软件, 将节点类型设置为合作作者, 将比例参数 k 设置为 10, 链接剔除勾选 Pathfinder、各个时间段、综合网络整体, 然后点击开始进行运算, 绘制得到发文作者合作图谱, 如图 2 所示。本研究接下来采用普莱斯公式 $M = 0.748 \sqrt{N_{max}}$ 对发文作者进行更深入的分析优化, 在此公式中, N_{max} 代表发文数量最多的作者的文献篇数[8]。本研究中, 我们发现朱立明学者的发文量最高, 达到了 8 篇。基于

这一数据，我们可以计算出高频阈值 M ，其近似值为 2。因此，我们将那些发文量不少于 2 篇的作者定义为核心作者。关于这些核心作者的统计结果，详见表 1 的展示。

由图 2 可知，发文作者节点数 $N=106$ ，说明在 2015 年至 2023 年有 106 位学者在高中数学学科核心素养领域发表了研究成果。线与线间的连结数 $E=17$ ，这也表示节点间的连线为 17 条。网络密度作为衡量网络中节点间连接强度和紧密性的核心指标，对于理解复杂系统结构至关重要。它量化了在给定网络中实际存在的边与理论上可能存在的最大数量边之间的关系，图 2 的网络密度 $Density=0.0031$ ，远小于 1，说明作者间的连线较少，反映出在高中数学核心素养研究领域内，作者间的学术交流与合作相对较少，研究团队尚待进一步整合与壮大。其中大多数学者形成了单独的节点，如朱立明、胡典顺、王勇强、王宽明等，但是也存在少部分的学者合作较为紧密。例如，王尚志、洪燕君、周九诗以及鲍建生这四位学者主要通过对著名数学教育家张奠宙教授的访谈，探讨了关于《普通高中数学课程标准(修订稿)》的多个方面，包括高中数学课程结构、学业质量评价标准、选修模块、数学核心素养及教师发展等[9]；李保臻和王亚妮主要对 2020 年高考数学试卷中数学学科核心素养的测评进行了比较研究[10]；保继光 and 何雅涵主要通过对学生的数学核心素养进行统计分析，探讨了高中阶段数学核心素养的相关性、分类以及学生对这些素养的掌握情况[11]；严忠权和覃创两位学者主要研究了基于素养为本的高考数学测评，通过 2020 年全国 I 卷数学试题分析了高考对学生数学核心素养的考查情况，并提出了相应的改革建议[12]。

由表 1 可知，朱立明学者作为该领域的核心作者，发表了 8 篇论文，并且发表的论文都是“北大核心”或“CSSCI”期刊，还有胡典顺、王尚志等学者也展现出了卓越的科研实力，于数学教育研究领域内拥有显赫的学术声望与广泛的影响力。

CiteSpace v. 5.8.R1 (64-bit) Advanced
November 24, 2024, 8:18:24 PM CST
Case: C:\Development\2025\135374
TimeSpan: 2015-2023 (Block Length=1)
Selection Criteria: Q=0.9816 (N=1), L=0.1, LN=10, LB*+5, e=1.0
Modularity Q=0.9816 (Density=0.0031)
Pruning: Pathfinder
Modularity Q=0.9276
Weighted Mean Silhouette S=0.955
Harmonic Mean Q, S=0.968



Figure 2. Author collaboration chart
图 2. 发文作者合作图谱

Table 1. Statistics of the publication volume of core authors with no less than 2 articles
表 1. 发文量 ≥ 2 篇的核心作者的发文量统计

| 序号 | 年份 | 作者 | 发文量/篇 | 序号 | 年份 | 作者 | 发文量/篇 |
|----|------|-----|-------|----|------|-----|-------|
| 1 | 2018 | 朱立明 | 8 | 16 | 2022 | 顾海燕 | 2 |
| 2 | 2019 | 胡典顺 | 4 | 17 | 2018 | 吕世虎 | 2 |

续表

| | | | | | | | |
|----|------|-----|---|----|------|-----|---|
| 3 | 2015 | 王尚志 | 4 | 18 | 2022 | 赵杰 | 2 |
| 4 | 2022 | 王勇强 | 3 | 19 | 2021 | 王亚妮 | 2 |
| 5 | 2017 | 保继光 | 3 | 20 | 2018 | 胡凤娟 | 2 |
| 6 | 2020 | 王宽明 | 2 | 21 | 2017 | 赵婷 | 2 |
| 7 | 2021 | 李保臻 | 2 | 22 | 2021 | 吕传汉 | 2 |
| 8 | 2021 | 马登堂 | 2 | 23 | 2019 | 李祎 | 2 |
| 9 | 2019 | 郭玉峰 | 2 | 24 | 2022 | 王帅 | 2 |
| 10 | 2020 | 赵月 | 2 | 25 | 2022 | 姚瑶 | 2 |
| 11 | 2023 | 王泽中 | 2 | 26 | 2021 | 孟彩彩 | 2 |
| 12 | 2019 | 胡旺 | 2 | 27 | 2019 | 江欣恩 | 2 |
| 13 | 2019 | 刘广军 | 2 | 28 | 2020 | 覃创 | 2 |
| 14 | 2021 | 侯宝坤 | 2 | 29 | 2021 | 胡丽君 | 2 |
| 15 | 2023 | 张莉 | 2 | 30 | 2020 | 李莉 | 2 |

3.3. 发文机构分析

利用 CiteSpace 软件绘制出发文机构共现图谱, 如图 3 所示, 并将生成的数据导入 Excel 表格中, 将发文量不少于 8 篇的机构绘制出来, 如表 2 所示。

由图 3 可知, 发文机构节点数 $N=200$, 机构间的连线有 36 条, 机构间的网络密度 $Density=0.0018$, 这说明各相关机构之间存在着明显的合作不足与联系松散的问题, 他们倾向于独立作业, 缺乏必要的协同与合作。因此, 为了推动我国高中数学核心素养研究取得突破性的进展, 各研究机构需要强化彼此的交流, 建立更加紧密的合作网络。

由表 2 可知, 从发文机构的角度来看, 高中数学学科核心素养领域的研究主力军主要是师范类的高等教育机构, 在前十名中, 有九个都是师范类的高校, 而排名第一的是西南大学, 发表的论文基本都是硕士论文, 发表的时间也都集中在 2020 年至 2023 年间, 说明该学校近几年来紧密地跟随着教育教学改革的步伐, 不断地加大力度, 重视培养学生的数学核心素养。

在发文数量的统计方面, 西南大学以 71 篇的出版物数量位居榜首, 紧随其后的是福建师范大学, 其发表了 60 篇论文, 位列第二; 而华中师范大学则以 53 篇的论文产出, 位居第三位, 这三所高校的发文量是比较可观的, 但是研究的时间不算很早, 福建师范大学和华中师范大学论文发表的最早时间均在 2017 年, 并且都是一篇, 其余的也都是集中在 2018 年至 2023 年间。在 2017 年修订并完成的《普通高中数学课程标准(2017 年版)》中, 明确界定了“数学学科核心素养”的概念, 并将其作为指导高中数学教育改革的核心理念。该标准进一步提出“三会”, 作为提升学生数学素养的关键指导思想, 因此, 在 2017 年之后就陆续有学者关注到高中数学核心素养并发表相关论文[13]。

在发文质量评估方面, 在中国知网高级检索界面中, 检索 2015 年至 2023 年以“高中数学”和“数学核心素养”为主题发表的论文, 并勾选“SCI 来源期刊”等几类核心期刊, 共检索出 107 篇核心期刊, 说明在 2015 年至 2023 年间发表的 1499 篇文献中核心期刊只占 7.14%。因此, 为了进一步提升数学领域的研究成果与教育质量, 应当致力于增强各个学术机构之间的交流与合作, 通过深化彼此间的学术交流, 来有效提升学者们的数学核心素养, 并据此提高所发表的数学研究论文及相关文献的整体质量和水平。

CiteSpace, v. 5.3.R1 (64-bit) Advanced
 November 24, 2024, 8:44:53 PM CST
 CNR: 0.1618
 Timespan: 2015-2023 (Slice Length=1)
 Selection Criteria: q-index (k=10), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: Pathfinder
 Modularity Q=0.9274
 Weighted Mean Silhouette S=0.988
 Harmonic Mean(Q, S)=0.958

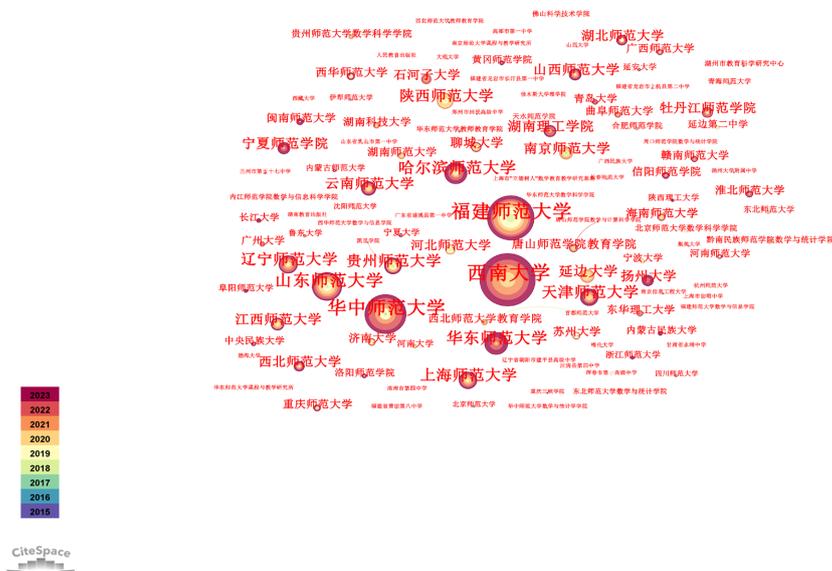


Figure 3. Co-occurring map of issuing institutions
 图 3. 发文机构共现图谱

Table 2. Statistics of publication volume of institutions with no less than 8 publications
 表 2. 发文量不少于 8 篇的机构发文量统计

| 序号 | 年份 | 机构 | 发文量/篇 |
|----|------|---------|-------|
| 1 | 2020 | 西南大学 | 71 |
| 2 | 2018 | 福建师范大学 | 60 |
| 3 | 2017 | 华中师范大学 | 53 |
| 4 | 2017 | 山东师范大学 | 38 |
| 5 | 2018 | 华东师范大学 | 30 |
| 6 | 2017 | 哈尔滨师范大学 | 29 |
| 7 | 2019 | 辽宁师范大学 | 24 |
| 8 | 2018 | 上海师范大学 | 23 |
| 9 | 2020 | 天津师范大学 | 23 |
| 10 | 2018 | 贵州师范大学 | 22 |
| 11 | 2018 | 陕西师范大学 | 21 |
| 12 | 2018 | 云南师范大学 | 19 |
| 13 | 2017 | 延边大学 | 18 |
| 14 | 2017 | 南京师范大学 | 17 |
| 15 | 2019 | 江西师范大学 | 17 |
| 16 | 2019 | 山西师范大学 | 16 |
| 17 | 2019 | 宁夏师范学院 | 16 |
| 18 | 2020 | 湖南理工学院 | 16 |
| 19 | 2022 | 扬州大学 | 15 |

续表

| | | | |
|----|------|------------|----|
| 20 | 2019 | 湖北师范大学 | 14 |
| 21 | 2019 | 牡丹江师范学院 | 14 |
| 22 | 2019 | 西北师范大学 | 14 |
| 23 | 2020 | 石河子大学 | 13 |
| 24 | 2019 | 聊城大学 | 13 |
| 25 | 2018 | 河北师范大学 | 13 |
| 26 | 2018 | 唐山师范学院教育学院 | 11 |
| 27 | 2018 | 济南大学 | 10 |
| 28 | 2016 | 苏州大学 | 10 |
| 29 | 2018 | 海南师范大学 | 10 |
| 30 | 2019 | 西华师范大学 | 10 |
| 31 | 2020 | 信阳师范学院 | 9 |
| 32 | 2020 | 闽南师范大学 | 9 |
| 33 | 2020 | 重庆师范大学 | 9 |
| 34 | 2020 | 淮北师范大学 | 9 |
| 35 | 2018 | 湖南师范大学 | 9 |
| 36 | 2021 | 东华理工大学 | 8 |
| 37 | 2020 | 湖南科技大学 | 8 |
| 38 | 2018 | 西北师范大学教育学院 | 8 |
| 39 | 2020 | 曲阜师范大学 | 8 |
| 40 | 2019 | 广西师范大学 | 8 |
| 41 | 2021 | 赣南师范大学 | 8 |

4. 研究热点与研究趋势

4.1. 研究热点

4.1.1. 关键词共现分析

关键词共现是一种通过分析同一篇文献中两个或多个关键词的同时出现(即共现)情况,来揭示学科的研究主题或当前的研究热点的方法[14]。利用 CiteSpace 软件,将参数设置好之后,开始运行,绘制得到高中数学核心素养的关键词共现图,如图 4 所示,节点越大、字体越大,代表出现的频次越高。颜色代表的是关键词出现的年份,外面紫色的光环代表中心性大于 0.1,也可以理解为在短期之内,被学者们大量地引用,他们之间有连线,代表的是他们同时出现在一篇文章。接着将关键词频次排名前 40 的关键词频次表导出到 Excel 表格中,如表 3 所示。

由图 4 可知,关键词的节点数为 $N=200$ 个,连线 $E=224$ 条,网络密度 $Density=0.0113$,这表明我国在高中数学核心素养领域的研究主题相当广泛且多样,涵盖了多个维度和层面。然而,各个研究内容之间的相互关联与整合却显得不够紧密,彼此之间的联系性有待加强。在图 4 中,可以看出,字体和节点比较大的关键词有“核心素养”“高中数学”“教学设计”“教学策略”“高中生”“数学建模”,说明这些关键词出现的频次和中心性比较高。除了上述主要的研究焦点之外,还有一些字体较小但同样具有重要意义的关键词,例如“培养策略”“数学抽象”“直观形象”“逻辑推理”等等,它们在学术探讨中也占据了不可忽视的地位。

由表 3 可知,在这 40 个关键词当中,可以看出学术界对于高中数学核心素养的六个素养均有研究,在所分析的文献中,针对高中数学六大核心素养之一的“数学建模”的探讨最为频繁,提及次数达到 68 次,紧随其后的“数学抽象”则被提及 36 次,再者是“直观形象”和“逻辑推理”,频次分别是 34 次和 33 次,而“数学运算”和“数据分析”的频次相对来说低一些,分别是 17 次和 13 次。这其实与高中数学知识的占比有关,例如,在解决实际问题时,应首先将问题细化为数学模型,然后执行计算并验证结果于原始情境中的适用性,最后依据所得结果优化和完善模型,这就需要教师引导学生培养自身的数学建模的素养,因此,学者们更多的是关注到在教学中应当如何培养学生的数学建模来展开研究。数据分析是利用适当的概率模型解决概率问题,利用数据蕴含的信息表达随机现象的统计规律,最后能够在数据中提取相关的统计结果,然而,概率统计在高中数学试卷中的占比不高,基本是一到两道题,因此,学者们对数据分析这个素养的关注度不高。从中心性来看,中心性超过 0.1 的研究在该领域内影响显著,起桥梁作用,居于学术讨论核心,连接不同研究路径,促进知识整合深化,常引领研究方向,为后续科研提供支撑和启发。首先去除“核心素养”“高中数学”“高中生”“数学”“高中”等直接定位的关键词后,可以看出“教学建议”“函数教学”“教学策略”“数学教学”“单元教学”等关键词的中心性大于 0.1,说明高中数学核心素养研究聚焦于教学实践、指导原则与实施策略。

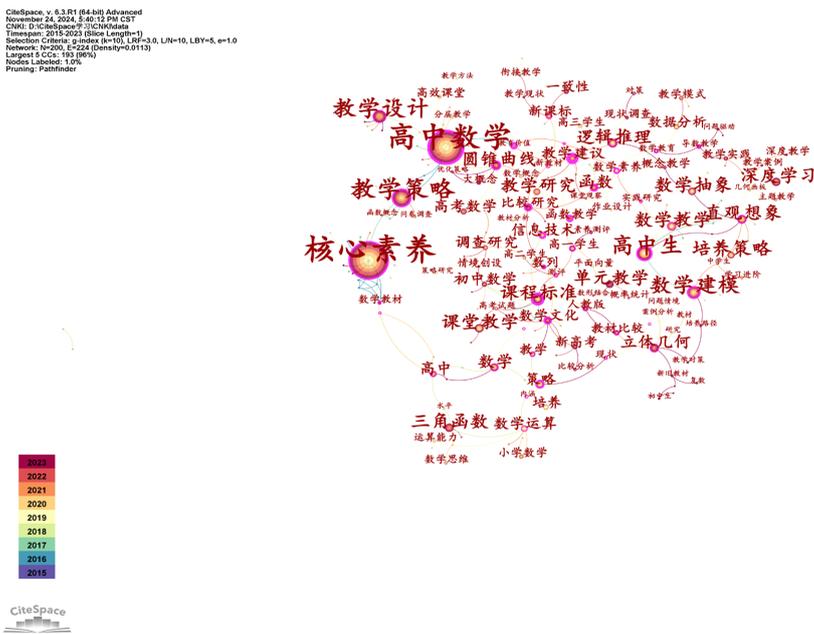


Figure 4. Keyword co-occurrence chart
图 4. 关键词共现图

Table 3. Statistics of the top 40 keywords in terms of frequency ranking
表 3. 关键词频次排名前 40 的关键词统计表

| 序号 | 关键词 | 频次 | 中心性 | 起始年份 | 序号 | 关键词 | 频次 | 中心性 | 起始年份 |
|----|------|-----|------|------|----|------|----|------|------|
| 1 | 核心素养 | 556 | 0.3 | 2016 | 21 | 数学 | 23 | 0.14 | 2018 |
| 2 | 高中数学 | 417 | 0.47 | 2016 | 22 | 高中 | 19 | 0.16 | 2018 |
| 3 | 教学策略 | 132 | 0.32 | 2016 | 23 | 信息技术 | 18 | 0.23 | 2018 |
| 4 | 教学设计 | 91 | 0.11 | 2017 | 24 | 数学运算 | 17 | 0.14 | 2018 |
| 5 | 高中生 | 87 | 0.23 | 2017 | 25 | 调查研究 | 17 | 0.04 | 2020 |

续表

| | | | | | | | | | |
|----|------|----|------|------|----|------|----|------|------|
| 6 | 数学建模 | 68 | 0.21 | 2017 | 26 | 高考数学 | 16 | 0.02 | 2019 |
| 7 | 培养策略 | 39 | 0.01 | 2018 | 27 | 教学建议 | 16 | 0.67 | 2018 |
| 8 | 数学抽象 | 36 | 0.07 | 2018 | 28 | 初中数学 | 16 | 0.09 | 2018 |
| 9 | 深度学习 | 36 | 0 | 2019 | 29 | 策略 | 15 | 0.22 | 2018 |
| 10 | 课程标准 | 36 | 0.43 | 2017 | 30 | 培养 | 14 | 0 | 2018 |
| 11 | 数学教学 | 35 | 0.19 | 2017 | 31 | 数学文化 | 14 | 0.21 | 2020 |
| 12 | 课堂教学 | 34 | 0.02 | 2018 | 32 | 新课标 | 13 | 0.11 | 2020 |
| 13 | 三角函数 | 34 | 0.09 | 2018 | 33 | 一致性 | 13 | 0.02 | 2020 |
| 14 | 直观想象 | 34 | 0.15 | 2018 | 34 | 比较研究 | 13 | 0.28 | 2019 |
| 15 | 逻辑推理 | 33 | 0.11 | 2018 | 35 | 数据分析 | 13 | 0.04 | 2019 |
| 16 | 单元教学 | 31 | 0.04 | 2020 | 36 | 教学 | 12 | 0.17 | 2018 |
| 17 | 圆锥曲线 | 31 | 0.22 | 2018 | 37 | 新高考 | 12 | 0.04 | 2020 |
| 18 | 教学研究 | 31 | 0.03 | 2018 | 38 | 数列 | 11 | 0.16 | 2020 |
| 19 | 立体几何 | 25 | 0.19 | 2020 | 39 | 教材比较 | 10 | 0.15 | 2020 |
| 20 | 函数 | 23 | 0.28 | 2018 | 40 | 函数教学 | 10 | 0.36 | 2019 |

4.1.2. 关键词聚类分析

从关键词共现分析看,各关键词关联性弱,潜在的联系未充分挖掘。为深入理解数据结果,探究关键词间的潜在联系,以准确解读和支撑研究[15]。本研究使用 CiteSpace 软件生成了关键词聚类可视化图谱,通过对分散且高度相关的关键词进行重新整合分类,揭示了高中数学核心素养领域的研究焦点与热点趋势,结果如图 5 所示[16]。数据显示,关键词聚类图谱聚类模块值 $Q=0.8276 > 0.3$,表明聚类的结果显著;平均轮廓值 $S=0.958 > 0.7$,说明聚类的结果是值得信服的。

由图 5 可知,一共有 12 大聚类,即#0 高中、#1 初中数学、#2 高中生、#3 圆锥曲线、#4 教学策略、#5 核心素养、#6 几何画板、#7 立体几何、#8 数学文化、#9 逻辑推理、#10 新课标、#11 教学设计。

基于这 12 个聚类以及查阅相关文献,我国高中数学核心素养的研究热点可以归纳为以下六个主题领域:

(1) 教育阶段与学生发展。通过设计连贯的课程体系和过渡策略,帮助学生平滑过渡到更高层次的数学学习。#0 高中、#1 初中数学、#2 高中生这三个聚类体现了学者基于数学核心素养下初中到高中阶段学生的数学学习路径,关注不同教育阶段(如初中和高中)学生的数学学习需求和发展,制定针对性的教学计划。其中刘桥连主要研究了初高中数学衔接过程中存在的问题,并从数学核心素养的角度提出了相应的解决措施[17];李树江基于核心素养的视角,深入探讨了初高中数学衔接教学中的问题与挑战,并提出了相应的解决策略。这些策略旨在帮助学生顺利过渡,培养学生的逻辑思维能力,提高数学学习的效果和质量[18]。

(2) 数学思维与素养。#5 核心素养和#9 逻辑推理这两个聚类体现了学者关注培养学生的数学核心素养和逻辑推理能力,以提升其数学思维和解决问题的能力。其中伍春兰、丁明怡和王肖三位学者通过以“线面垂直”的概念和判定为例,探讨了如何在“推知”活动中涵养学生的逻辑推理素养[19]。

(3) 数学知识领域。#3 圆锥曲线和#7 立体几何这两个聚类体现了学者基于数学核心素养深入研究特定的数学知识领域,圆锥曲线和立体几何这两个板块的内容也是高中数学学习的重难点。其中宋健以苏教版“圆锥曲线与方程”为例,详细探讨了数学单元课时教学的三个着力点——观念、任务、进阶,并

提出了相应的教学策略,旨在实现教学设计与学科素养的有效对接,推动数学核心素养的落实[20]。

(4) 数学方法与策略。#4 教学策略、#10 新课标、#11 教学设计这三个聚类体现了学者也在积极地探索和实施有效的教学方法和策略,以适应新课标的要求,提高教学效果。其中蔡海涛、林运来两位学者主要研究了核心素养下高中数学概念课的教学策略,提出了如何在数学概念课中有效培养学生的数学核心素养[21];张玉萍主要研究了在新课标和新教材背景下,如何落实新课程理念,以“基本不等式”教学为例进行了深入探讨[22]。

(5) 数学工具与应用。#6 几何画板这个聚类体现了学者强调教学工具在教学和学习中地应用,如几何画板等数字工具可以帮助学生直观地理解复杂的几何概念。通过实践操作,学生可以更好地掌握数学知识,提高解决问题的能力。其中张培强主要研究如何通过数学探究和建模的方法,并借助立体几何来确定完全包住给定立体图形所需圆形包装纸的最小半径[23]。

(6) 数学文化与历史。#8 数学文化这个聚类体现了学者认为教授数学的历史和文化背景,可以增强学生对数学学科的认同感和兴趣。其中李院德、史嘉两位学者主要研究了在核心素养背景下,如何有效地在高中数学教学中实施数学文化教育[24]。

CiteSpace, v. 5.8.R1 (64-bit) Advanced
November 24, 2024, 8:40:12 PM CST
CiteSpace 5.8.R1 (64-bit) Advanced
Image: 2015-2023 (Blue Layout=1)
Selection Criteria: q=0.95, r=0.95, zf=3.0, ln=10, lby=5, w=1.0
Network: N=205, E=224 (Density=0.0113)
Largest CCs: 193 (96%)
Nodes Labeled: 10%
Pruning: Pathfinder
Modularity Q=0.976
Weighted Mean Silhouette S=0.958
Harmonic Mean(Q, S)=0.967

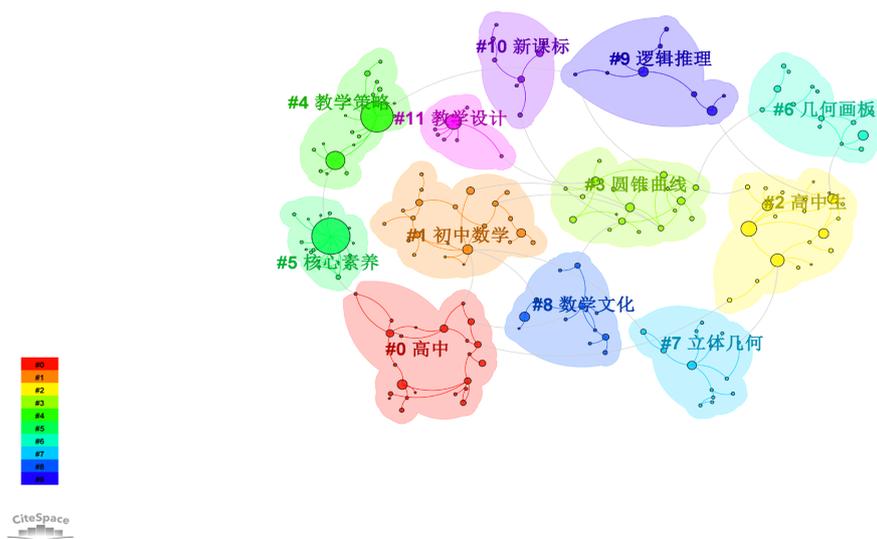


Figure 5. Keyword clustering diagram
图 5. 关键词聚类图谱

4.2. 研究趋势

4.2.1. 关键词时区图分析

时区图由一系列代表不同时区的垂直条带组成,这种图主要用来从时间维度上展示知识的演变过程[25]。它不仅能清晰地显示文献之间的关系,还能直观地反映文献的更新情况。在时区图中,各个时区按照时间顺序从左至右排列,这种布局使得研究的新进展能够指向其知识基础。本研究将样本研究的标准数据导入 CiteSpace 软件中,时间选择 2015 年开始到 2023 年结束,进而绘制出 2015 年至 2023 年高中数学核心素养研究的相关的时区图,如图 6 所示。

由图 6 可知,在 2015 年至 2020 年间,各大学者主要围绕核心素养、策略、高中生、课程标准、教

学内容等展开研究；从 2021 年开始，各学者们开展了新的方向，对高中数学核心素养领域有了更深层次的研究，例如，测评、数学思想方法、差异性等等已经成为了研究前沿趋势。

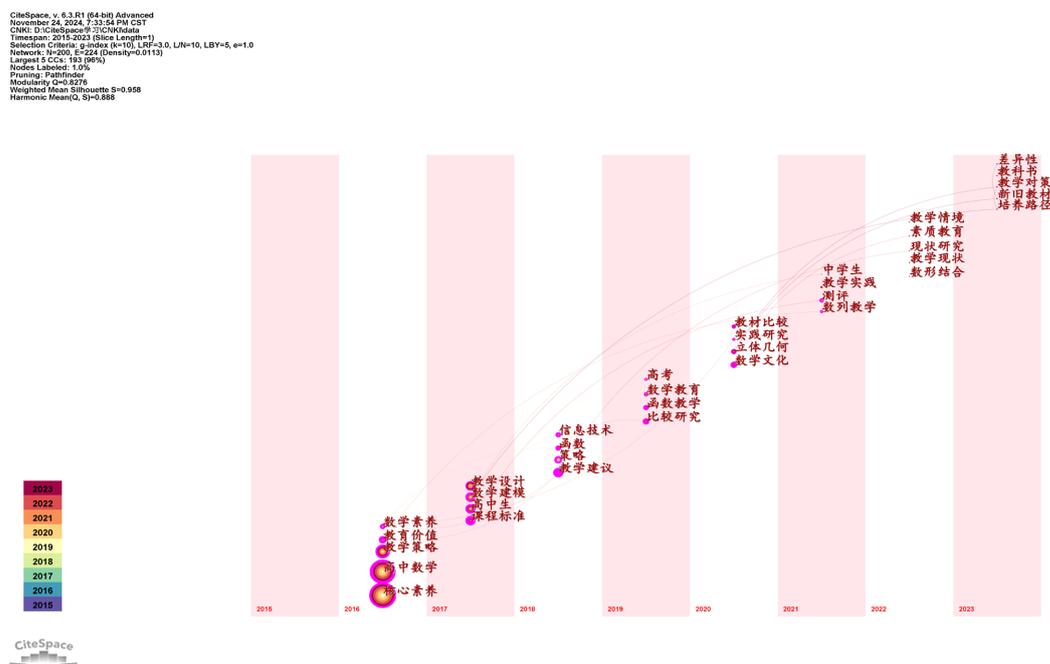


Figure 6. Keyword time zone chart

图 6. 关键词时区图

4.2.2. 关键词时间线分析

时间线图由一系列横向排列的条带组成，这些条带按时间顺序排列，用于展示知识的发展过程。在 CiteSpace 中，关键词变迁时间线图通过时间维度展示特定研究领域的热点分布、发展演变和趋势，从而揭示该领域的研究前沿[26]。关键词演进图谱中，关键词按照时间从左到右排列，图中的圆形节点大小表示关键词的出现频率，频率越高，节点越大[27]。通过 CiteSpace 软件对所选文献进行主题领域研究热点演进分析，并在 Timeline View 中设置一年一展示，得到关键词时间线图，如图 7 所示。此图谱共产生 200 个节点，225 条连线，此时， $Q = 0.8276$ ，说明所划分结构显著。

由图 7 可知，2016 年公布的《中学生发展核心素养》报告明确指出，“学生发展核心素养”是在学生接受特定学段教育的过程中形成的，逐步形成的适应个人终身发展和社会发展所需要的必备品格和关键能力[28]，所以核心素养、高中数学、数学素养以及教学策略成为 2016 年的热点，同时，核心素养也是近几年的研究热点，且热度一直未减。在 2017 年修订完成的《普通高中数学课程标准(2017 年版)》明确提出了“数学学科核心素养”，同时提出将“三会”作为提升学生数学素养的指导思想[29]。因此，研究热点转向了如何培养学生的核心素养，主要的研究方向有课程标准、教学设计以及数学建模。2018 年开始对高中数学核心素养中的数学抽象、直观想象以及逻辑推理进行研究，同时，学者们也开始关注基于核心素养下的高中数学知识的课堂教学。随着研究的不断深入，2019~2023 年，学者们不仅仅是局限于数学核心素养的研究，学者们开始对教材进行分析对比，研究在新课标背景下的高考数学试题以及关注一些教学模式，例如单元教学。从关键词时间线图可知，高中数学核心素养研究由理论探讨向实践转变，强调理论应用效果，探索更有效教学方法，提升学生数学核心素养。促进教育理论发展，推动教学实践创新改进。

由图 8 可知,突现度最强的是开始于 2022 年的“单元教学”,突现度为 5.1。突现时间最长的是“数学素养”和“调查研究”,持续时间为 3 年。在关键词突现图中,“调查研究”“单元教学”“三角函数”“立体几何”“新高考”“函数教学”“高考数学”这七个关键词的关注度持续不减,其突现率一直维持至 2023 年,说明这七个关键词占据着当前高中数学核心素养研究领域的前沿阵地,是学界持续探讨与重视的热点趋势。其中,“调查研究”作为科学研究的基础,反映了学者们对于深入了解学生的数学学习状况以及优化教学策略的迫切需求;“单元教学”作为一种有效的教学模式,体现了学者们在不断地探索更加高效、系统的教学方法;“三角函数”“立体几何”以及“函数教学”作为高中数学的重要知识点,它们的持续热度不仅仅是因为其在高考数学中的重要地位,更是因为它们对于学生逻辑思维、空间想象等能力的培养有重要作用;而“新高考”的提出与推进,则进一步推动了高中数学教育内容与教学方法的革新,使得数学教育更加贴近时代需求,更加注重学生综合素质的培养;“高考数学”则作为检验学生数学学习成果的重要指标,其研究热度自然也会持续高涨。

5. 结论与展望

5.1. 结论

本文借助 CiteSpace 软件,对 2015 年至 2023 年间中国知网 CNKI 数据库中关于高中学生数学素养研究的 1499 篇文献进行可视化分析,深入探讨了该领域的研究现状、热点及发展趋势。研究结果揭示,自 2017 年《普通高中数学课程标准(2017 年版)》正式提出高中数学核心素养概念以来,高中数学核心素养逐渐成为学术界和教育实践领域的焦点议题,近年来展现出持续上升的研究热度和发展态势。

从研究主体来看,高中数学核心素养的发文作者数量众多,但核心作者间的合作网络尚待进一步整合与加强。核心作者如朱立明、胡典顺等,在该领域的研究中发挥了重要作用。虽然已有少部分学者形成了较为紧密的合作团队,但整体而言,该领域内的学术交流与合作相对较少,不利于研究深度和广度的拓展。此外,研究机构之间也存在合作不足与联系松散的问题,师范类高校在该领域的研究中占据主导地位,西南大学、福建师范大学、华中师范大学等高校在发文数量和质量上均表现出色。然而,核心期刊的占比不高,说明整体研究质量仍有提升空间,且各机构间的协同研究尚待加强。

在研究内容上,高中数学核心素养的六大素养均得到了不同程度的关注,其中数学建模、数学抽象、直观形象和逻辑推理的研究频次较高,这与高中数学知识的结构和教学需求密切相关。学者们聚焦于数学核心素养的培养,深入讨论了教学策略、教学设计以及培养方法等关键议题,其目标在于显著提升学生的数学核心素养水平。同时,随着研究的不断深入,学者们开始关注数学核心素养的测评、数学思想方法、差异性教学等前沿趋势,为教学实践提供了更为丰富的理论指导。

在教学实践方面,高中数学核心素养的研究逐渐由理论探讨向实践转变,强调理论应用效果,探索更有效的教学方法。例如,单元教学作为一种革新性的教育策略,在促进数学核心能力发展的领域内受到了广泛的重视与实施。此外,学者们还积极研究如何在新课标背景下进行高考数学试题的分析和对比,以及关注一些创新的教学模式,如基于核心素养的高中数学概念课教学策略等。

5.2. 展望

结合上述结论,本研究对我国高中学生数学核心素养研究提出以下几点展望。

5.2.1. 加强合作交流, 构建研究共同体

应当加强学者之间的学术交流与合作,构建一个紧密相连且充满活力的研究共同体。可以通过组织多样化的学术会议、专题研讨会以及学术交流论坛等活动,搭建一个开放包容的平台,让来自不同学术

领域的学者们可以自由地发表自己的想法，促进学者间的思想碰撞与成果分享，推动研究深度和广度的拓展。同时，各研究机构之间也应深化协同合作的力度，加强沟通与协调，共同确定研究方向和目标，合理调配资源，实现科研设施、数据资料及人才队伍的共享与优化配置。

5.2.2. 深化理论研究，完善素养体系

在现有研究基础上，应进一步深化对数学核心素养的理论研究，完善其内涵和体系。应当积极开展跨学科的研究工作，探索数学核心素养如何与科学、人文、技术等多个领域的素养相互融合，进而形成一个共同发展的素养网络。同时，还要关注数学核心素养在不同的教育阶段(尤其是初中与高中这两个关键时期)的衔接与过渡问题，深入研究学生在不同学习阶段对数学核心素养的认知发展特点，制定更具针对性的教学计划，确保学生在不同学习阶段都能够得到恰当、有效的指导和支持，从而实现数学核心素养的平稳过渡与持续提升。

5.2.3. 强化实践应用，创新教学方法

为了适应新课标的要求以及提高教学效果，应积极探索和实践有效的教学方法和策略。例如，可以利用单元教学、项目式学习、情境式学习等新型教学模式，在数学核心素养的培养中进行应用和推广，帮助学生构建更加完整、系统的数学知识体系，促进他们对数学概念的深入理解和灵活应用。同时，还应关注数学思想方法和差异性教学等前沿趋势，创新教学方法和手段，提高学生的学习兴趣和效果。

5.2.4. 加强测评研究，建立评价体系

为了深入理解和有效提升学生的数学核心素养，应加强对这一领域的测评研究，建立一个科学、全面的评价体系。还要建立一套完整的反馈机制，确保测评结果能够及时、准确地反馈给教师和学生。同时，还应将测评结果融入教学实践的各个环节，为教学设计、课程安排以及学生辅导等提供有针对性的指导和建议。通过持续不断地优化教学流程，可以更有效地提升学生的数学核心素养，为他们未来的学术发展和生活应用打下坚实的基础。

5.2.5. 关注教育公平，促进均衡发展

在推进高中数学核心素养的研究和实践中，应关注教育公平问题，促进不同地区、不同学校之间的均衡发展。通过加大对薄弱地区和学校的资金投入，同时，也可以组织经验丰富的教师前往这些地区进行支教或开展教学交流活动，分享先进的教学理念和方法，提升当地教师的教学水平。此外，还可以建立校际间的合作机制，鼓励优质学校与薄弱学校结对帮扶，通过共享教育资源、共同开展教研活动等方式，促进双方在教育质量上的共同提升，也让每一个孩子都能享受到优质的教育。

参考文献

- [1] 谭琳, 张永胜, 陈如仙, 等. 数学学科核心素养导向下的教育数学实证研究[J]. 数学教育学报, 2024, 33(1): 21-27.
- [2] 张文涛. 核心素养导向的高中数学建模课程构建与实施[J]. 中国教育月刊, 2024(2): 1-8.
- [3] 王中华. 论核心素养视角下的学生评价[J]. 中小学教师培训, 2017(3): 1-3.
- [4] 黄贤明, 夏玉梅, 李玮玲. 核心素养视域下的数学教学内容分析与教材呈现内容比较——以“认识人民币”为例[J]. 数学教育学报, 2024, 33(1): 51-58.
- [5] 毛士奇. 对人教 A 版教材“样本相关系数”公式推导及应用的比较研究[J]. 数学通报, 2022, 61(8): 37-40.
- [6] 张霁珠, 陈力君. 定量分析方法[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2003.
- [7] 刘则渊. 视觉思维、数学思维和哲学思维的集成之作——陈超美著《科学前沿图谱》中译本推介[J]. 科学与管理, 2014, 34(3): 25-26.
- [8] Chu, W.W., Hafiz, N.R.M., Mohamad, U.A., Ashamuddin, H. and Tho, S.W. (2022) A Review of STEM Education with

the Support of Visualizing Its Structure through the Citespace Software. *International Journal of Technology and Design Education*, 33, 39-61. <https://doi.org/10.1007/s10798-022-09728-3>

- [9] 洪燕君, 周九诗, 王尚志, 等. 《普通高中数学课程标准(修订稿)》的意见征询——访谈张奠宙先生[J]. 数学教育学报, 2015, 24(3): 35-39.
- [10] 李保臻, 米鹏莉, 王亚妮. 高考试题中数学学科核心素养测评的比较研究——以 2020 年全国II卷、浙江卷及海南卷为例[J]. 教育测量与评价, 2021(6): 38-49.
- [11] 张淑梅, 何雅涵, 保继光. 高中数学核心素养的统计分析[J]. 课程·教材·教法, 2017, 37(10): 50-55.
- [12] 覃创, 严忠权, 李敏. 落实素养为本的高考测评研究——以 2020 年全国 I 卷数学为例[J]. 数学教育学报, 2020, 29(6): 21-24.
- [13] 史宁中. 《义务教育数学课程标准(2022 年版)》的修订与核心素养[J]. 教师教育学报, 2022, 9(3): 92-96.
- [14] 徐选华, 黄丽, 陈晓红. 基于共词网络的群智知识挖掘方法——在应急决策中应用[J]. 管理科学学报, 2023, 26(5): 121-137.
- [15] 陈璐, 张玉清, 于海燕, 等. 我国高校科技成果研究现状、热点和趋势的可视化研究——基于科学知识图谱分析[J]. 科技管理研究, 2019, 39(17): 99-109.
- [16] 杨晓娟, 艾金枝. 我国核心素养研究热点与趋势——基于 CNKI 2015-2018 年 1653 篇文献的共词分析[J]. 当代教育科学, 2019(5): 19-24.
- [17] 刘桥连. 基于数学核心素养的初高中数学衔接教学策略探究[J]. 西部素质教育, 2017, 3(19): 72.
- [18] 李树江. 基于核心素养下的初高中数学衔接教学研究[J]. 科教导刊(中旬刊), 2020(14): 126-127.
- [19] 伍春兰, 丁明怡, 王肖. 在“推知”活动中涵养逻辑推理素养——以“线面垂直”的概念和判定为例[J]. 数学通报, 2020, 59(4): 24-27, 31.
- [20] 宋健. 观念、任务与进阶: 数学单元课时教学的着力点——以苏教版“圆锥曲线与方程”为例[J]. 天津师范大学学报(基础教育版), 2023, 24(2): 39-42.
- [21] 蔡海涛, 林运来. 核心素养下高中数学概念课教学策略[J]. 数学通报, 2019, 58(9): 20-25, 66.
- [22] 张玉萍. 研究新课标、新教材, 落实新课程理念——以“基本不等式”教学为例[J]. 甘肃教育研究, 2022(4): 75-77.
- [23] 张培强. 圆形包装纸最小能多小[J]. 数学通报, 2017, 56(9): 22-26.
- [24] 李院德, 史嘉. 核心素养背景下高中数学文化教育的实施策略[J]. 教育理论与实践, 2019, 39(35): 52-54.
- [25] 吴佩辰, 王佳音. 基于 Citespace 的国内认知语用研究的知识图谱分析(1995-2023) [J]. 齐齐哈尔大学学报(哲学社会科学版), 2024(11): 120-124.
- [26] 柳星仿, 黄秦安. 中国数学文化研究: “起源”“现状”“趋势”及“热点”——基于 CNKI 数据库(1991-2022)的 CiteSpace 知识图谱可视化分析[J]. 数学教育学报, 2024, 33(4): 83-90.
- [27] 王舒云, 梁夏, 李霞, 等. 中国县域医共体研究热点与前沿分析[J]. 中国全科医学, 2025, 28(1): 83-88.
- [28] 闵文斌, 茹彤, 史耀疆. 幼年贫困经历对农村青少年非认知能力的影响——基于生命历程理论的视角[J]. 当代教育论坛, 2019(5): 90-98.
- [29] 孔凡哲, 赵欣怡. 培养核心素养中小学“一以贯之”: 《义务教育数学课程标准(2022 年版)》的基本特点[J]. 教育科学研究, 2022(9): 43-48.
- [30] 温建红, 吴致光. 近二十年我国中小学数学作业研究主题与趋势探析[J]. 教学与管理, 2024(30): 85-89.