

# 我国近十年数学素质教育研究热点可视化分析

计疆菊\*, 郭继东#

伊犁师范大学数学与统计学院, 新疆 伊宁

收稿日期: 2022年11月14日; 录用日期: 2022年12月4日; 发布日期: 2022年12月19日

## 摘要

为了了解我国数学素质教育目前研究的现状和热点, 限在2011~2021年间对国内以“数学素质”为关键词的410篇论文进行关键词共词分析, 借助BICOMB软件对关键词进行统计分析, 绘制出我国近十年数学素质的研究热点可视化图形, 客观系统的展示出所关注资料的直观量化信息。研究发现目前数学素质教育的研究热点主要围绕五个领域: 数学素质的内涵、学校教育对学生数学素质的培养、数学建模能力及教学策略与创造能力之间的联系、小学数学中的素质教育和高等数学教学改革、数学教学中课堂学习兴趣及能力的提升。通过归纳出对数学素质教育研究的已有的成果, 对研究未来数学教育的发展给出一些建议。

## 关键词

共词分析, 数学素质, 知识图谱

# Visual Analysis of Research Hotspots in Mathematics Quality Education in China in the Past Ten Years

Jiangju Ji\*, Jidong Guo#

School of Mathematics and Statistics, Yili Normal University, Yining Xinjiang

Received: Nov. 14<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 4<sup>th</sup>, 2022; published: Dec. 19<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

In order to understand the current research status and hotspots of mathematics literacy education

\*第一作者。

#通讯作者。

in China, the co-word analysis of 410 papers with “mathematics literacy” as the key word was limited from 2011 to 2021. With the help of BICOMB software, the statistical analysis of keywords was carried out to draw a visual graph of the research hotspots of mathematics literacy in recent ten years. Objective and systematic presentation of intuitive quantitative information about the data of concern. The results show that the current research focus on mathematics literacy education mainly revolves around five areas: the connotation of mathematics literacy, the cultivation of students’ mathematics literacy by school education, the relationship between mathematical modeling ability and teaching strategy and creative ability, the reform of elementary school mathematics and higher mathematics teaching, and the improvement of classroom learning interest and ability in mathematics teaching. By summarizing the existing achievements in the research of mathematics quality education, some suggestions are given for the development of mathematics education in the future.

## Keywords

Co-Word Analysis, Mathematical Literacy, Knowledge Graph

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“数学素质教育”缘起于“素质教育”的提法[1],而素质这一概念按照教育学理论对素质概念的理解,所强调的是人在先天素质即遗传素质的基础上,通过教育和社会实践活动发展而来的人的主体性品质,是人的智慧,道德审美的系统整合可见。还有“素质是人在先天生理基础上,受后天环境、教育的影响,通过个体自身的认识和社会实践,养成的比较稳定的身心发展的基本品质,或称之为素养”[2]。所以,在数学素养没有明确界定之前,数学素质就等同于数学素养。随着人们对数学素养的研究,在基于对数学素质的研究基础上,逐渐明确了数学素养的内涵和外延。同时数学素养也是数学素质的体现。数学素养的生成过程以及数学素养生成的标志,涵盖了数学素养的基本特征,为数学素养生成的教学策略的构建奠定了理论基础,为素质教育思想在数学教学的实践指明了思路[3]。就数学而言,某个人可能已记不起学过的某条几何定理,但几何学的严谨性、逻辑性和独特的美却给他留下终生的印象,这应该就是一种素质。对于数学素质的概念,目前没有定论,我国著名数学教育家张奠宙教授他认为数学素质包括数学意识、问题解决、逻辑推理[4]。在实际数学教学中,我们认识到数学意识是数学素养的重要内容和主要表现,抓住数学意识构建这一关键支点,可以有效提升学生数学核心素养[5]。因此,抓住数学意识,也能够有效的拓展数学素质。自古至今,数学在科学中一直扮演着“领衔主演”的角色。古希腊毕达哥拉斯(Pythagoras,约公元前560~公元前480)学派信奉“万物皆数”的观点,并将当时的学习课程分为4大部分:算术、音乐、几何、天文,认为它们都是数学的组成部分,分别对应着数的绝对理论、数的应用、静止的量和运动的量。柏拉图(Plato,公元前427~公元前347)更是在自己的学园门口刻上“不懂几何者不得入内”的铭文,说明数学的理性思维对个人以及对其它科学的作用[6]。在近代20世纪80年代,一场信息技术革命预示着人类开始全球化进程。今天,拥有先进的科技,就能在国际政治经济竞争中处于主导地位。我们鼓励科技创新就必须普及自然科学知识,而数学是我国在校学生学习时间最长的科学知识,因为它是所有科学的基础。相应地,数学素质也是所有学科素质的基础。研究与数学素质有关的内容,对更好地弘扬科学精神,更有效地进行科学研究与数学教育,都具有重要的现实意义。本

文将通过中国知网(CNKI)对近十年的数学素质文献进行全面搜索,借助 BICOMB 和 SPSS 软件对我国 410 篇学位论文的关键词作为分析材料,尝试通过关键词共词分析技术来呈现我国数学素质研究的热点和现状。

## 2. 研究方法

### 2.1. 资料来源

本研究数据来源于中国知网(CNKI),进入学术期刊总库,选择高级检索,检索内容选择关键词“数学素质”,检索时间设定为“2011~2021”,共得到检索文献 668 篇。除去无作者、与数学研究无关的文章 258 篇,共得到有效论文 410 篇。

### 2.2. 研究工具

以 BICOMB 共词分析软件和 SPSS 软件作为研究工具。首先使用 BICOMB 软件对关键词进行共词分析。目前 BICOMB 要求数据数据库文献为文本格式。因此,对选取的文献每页按照 50 个参考文献进行文本保存,再将文本格式转化为 ANSI 编码保存。然后在使用 BICOMB 软件进行关键词统计。

最后使用 SPSS 软件进行聚类分析。

### 2.3. 研究进程

采用 BICOMB 软件对 410 篇文章进行关键词统计,抽取频次大于 4 的 37 个关键词为主要关键词。其次,建立高频关键词共词矩阵,并将共词矩阵导入到 SPSS 软件中进行聚类分析。最后,结合聚类和知识图谱内容进行解释和分析。

## 3. 研究结果与分析

### 3.1. 高频关键词词频统计及分析

410 篇文献呈现的关键词总频次 895 次,对频次大于等于 4 的高频关键词进行排序,结果见表 1。

**Table 1.** Ranking table of high-frequency keywords with frequency greater than 9  
**表 1.** 频次大于 9 的高频关键词排序表

序号	关键字	出现频次
1	数学素质	165
2	小学数学	33
3	高中数学	20
4	数学教学	20
5	培养	18
6	素质教育	15
7	初中数学	14
8	高等数学	13
9	数学素养	11
10	数学文化	11
11	数学思想	10
12	数学建模	10
13	学生	9
合计		349

从表 1 可以看出, 37 个高频关键词, 总呈现频次为 468 次, 占关键词出现的总频次的 52.29%。其中有八个关键词出现频次是大于 11 次的, 一次为数学素质(165 次)、小学数学(33 次)、高中数学(20 次)、数学教学(20 次)、培养(18 次)、素质教育(15 次)、初中数学(14 次)、高等数学(13 次), 其余关键词出现频次都是大于 4 小于 13 的。这一结果初步说明对数学素质的研究多围绕小学、高中数学以及数学教学等方面的主题。对高频关键词背后所隐藏的重要信息还需要进一步分析。

### 3.2. 高频关键词相异系数矩阵

为了更好地挖掘出高频关键词之间的关系, 使用 BICOMB 软件对 12 个高频关键词进行共词分析, 形成词篇矩阵。将词篇矩阵导入 SPSS 软件, 生成相异矩阵, 进行相异矩阵分析。相异矩阵中的数值越接近 1, 表明关键词间的距离越远, 相似度越小, 关键词间的联系越疏远; 数值越接近 0, 表明关键词的距离越近, 相似度越大, 关键词间联系越紧密。

**Table 2.** High frequency keywords Ochiai coefficient dissimilarity matrix (par)  
**表 2.** 高频关键词 Ochiai 系数相异矩阵(部分)

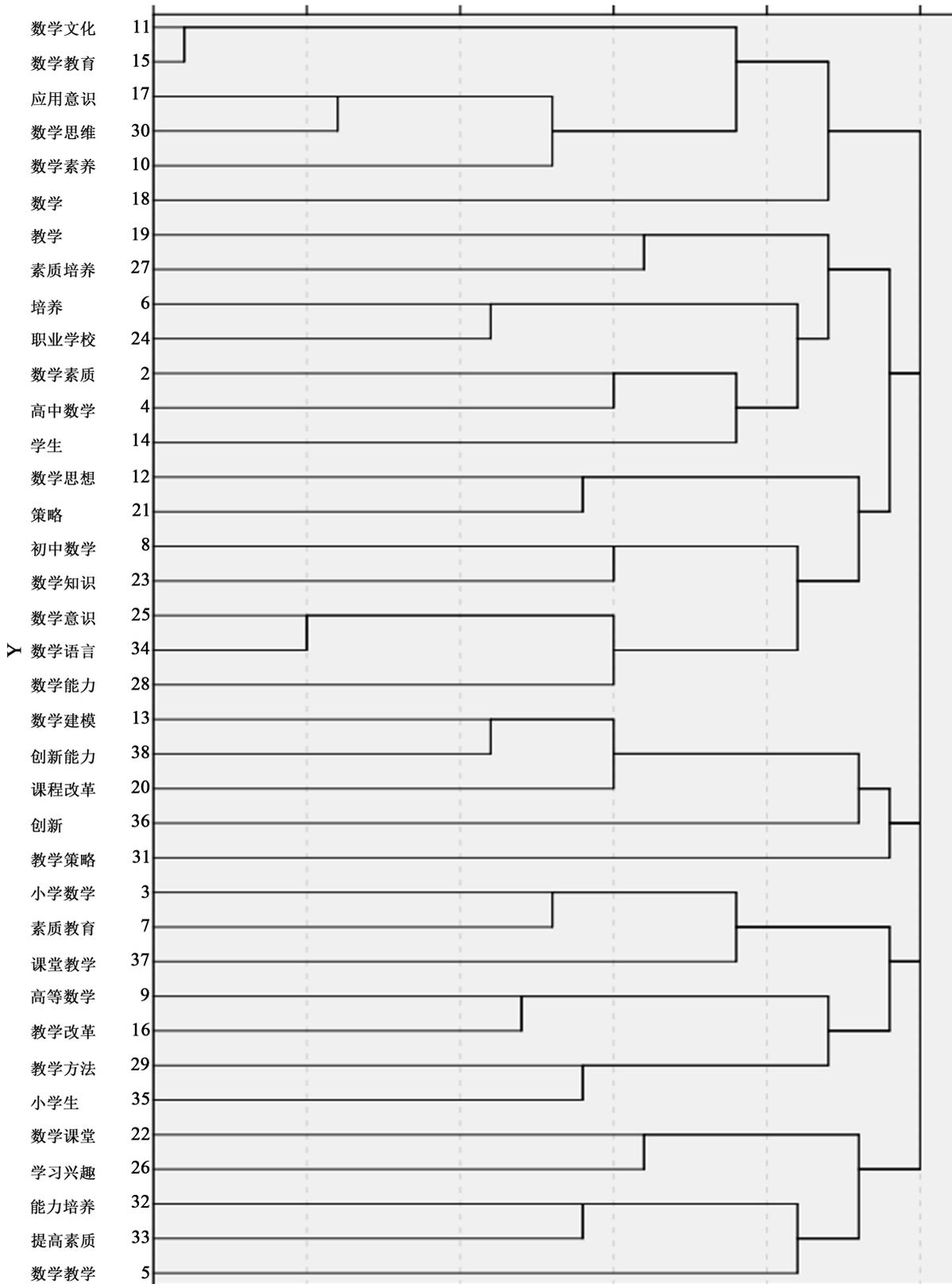
	数学素质	小学数学	高中数学	数学教学	培养	素质教育	初中数学	高等数学
数学素质	0.000	0.797	0.774	0.878	0.743	0.899	0.834	0.784
小学数学	0.797	0.000	1.000	0.961	1.000	0.730	1.000	1.000
高中数学	0.774	1.000	0.000	0.950	0.895	0.885	1.000	1.000
数学教学	0.878	0.961	0.950	0.000	0.947	0.942	0.940	1.000
培养	0.743	1.000	0.895	0.947	0.000	1.000	0.874	1.000
素质教育	0.899	0.730	0.885	0.942	1.000	0.000	0.931	0.928
初中数学	0.834	1.000	1.000	0.940	0.874	0.931	0.000	1.000
高等数学	0.784	1.000	1.000	1.000	1.000	0.928	1.000	0.000

通过表 2 可以看出, 各个关键词距离数学素质教育由近到远的顺序依次为: 培养(0.743)、高中数学(0.774)、高等数学(0.784)、小学数学(0.797)、初中数学(0.834)、素质教育(0.899)。仔细观察图表中的系数, 通过观察可以发现, 培养、高中数学、高等数学、小学数学经常在一起呈现, 联系较为紧密; 初中数学和素质教育经常一起出现, 联系较为紧密。经分析, 结果初步表明, 在已经发表的关于数学素质的研究成果中, 经常讨论的是小学数学教育和高中及以上的数学教育的培养, 初中数学和素质教育之间的密切联系。

### 3.3. 高频关键词聚类分析

从图 1 可以直观地看出 2011~2021 年数学素质研究高频关键词可以被分为 5 类, 具体分布见表 3。

种类 1 为数学素质教育所涉及的内容方面的研究, 包含数学文化、数学教育、应用意识、数学思维、数学素养、数学 6 个关键词。该研究指出, 会用数学的眼光观察世界, 会用数学的思维思考世界, 会用数学的语言表达世界[7]。数学是什么? 恩格斯曾经给出过一个定义, “数学是研究现实世界中的数量关系和空间形式的科学。”这是对数学的一个相对精炼的概括, 中肯而又易于为公众了解和接受。因此, 从数量关系和空间形式来认识、刻画事物的特征, 反映和表达事物的关系及变化规律就是具有数学特征的思维活动。同时, 数学直观与数学抽象这两大核心素养是辩证统一地存在于认识事物和数学对象的学习过程中, 是数学思维发展过程中的两种最基本的素养。从历史上看, 数学运算是数学发展过程中“算法”



**Figure 1.** Clustering diagram of high-frequency keywords  
**图 1.** 高频关键词聚类图

**Table 3.** Clustering results of high-frequency keywords**表 3.** 高频关键词聚类结果

种类 1	数学文化、数学教育、应用意识、数学思维、数学素养、数学
种类 2	教学、素质培养、培养、职业学校、数学素质、高中数学、学生、数学思想、策略、初中数学、数学知识、数学意识、数学语言、数学能力、
种类 3	数学建模、创新能力、课程改革、创新、教学策略
种类 4	小学数学、素质教育、课堂教学、高等数学、教学改革、教学方法、小学生
种类 5	数学课堂、学习兴趣、能力培养、提高素质、数学教学

传统, 而逻辑推理则体现了“演绎”传统[8], 运用数学知识解决数学问题也是数学思维的体现; 数学是培养人们养成良好思维习惯的重要载体; 数学在人类思想发展历史上起到了不可替代的重要作用; 在目前, 强调数学的广泛应用, 具有重要的现实意义。在整个学校教育过程中注重培养学生的应用意识, 使学生对数学有一个比较完整的了解。

种类 2 为对数学素质培养的研究, 包含教学、素质培养、培养、职业学校、数学素质、高中数学、学生、数学思想、策略等 14 个关键词。该类研究指出, 目前数学学科素质培养的生成路径与培养策略研究已经涉及小学和中学[9]。中国的数学基础教育有显著的特征叫四基, 基础知识和、基本技能、基本思想和基本活动经验。其中数学基本思想是对数学本质的认识, 是对数学规律的理性思考[10]。通常在数学课堂教学中所教授的知识和技能是最基础的东西, 如今的社会需要受教育者能够获得更上层的内容, 那些不能被证明的, 即数学本来所具有的内容。但很多老师在讲课的时候, 内容讲的很清楚, 对与所涉及的数学思想讲的很少, 甚至有些教师在数学课堂上不讲数学思想。这对培养创造性思维非常不利。创新型人才很大程度上是在基础教育阶段培养的, 因为创新更多的需要创新的意思, 需要创新的思维。有了知识, 没有思维能力和思维方法是不能创新的。

种类 3 为数学建模能力及教学策略与创造能力之间的联系研究, 包含数学建模、创新能力、课程改革、创新、教学策略 5 个关键词。数学在现代社会中被广泛应用, “数学建模”在过去的三十多年里逐渐成为数学教育的中心话题之一[11]。我国从 1996 年大纲首次出现“数学模型”一词发展至今, 课标对“数学建模”过程的描述也逐渐完备。相对而言, 中国高中课标对“数学建模”的重视程度与具体要求都显著高于义务教育阶段, 但在数学建模能力的培养、实践和评价等方面仍有较大的发展空间, 这一研究对未来的教学实践带来了不少启示[12]。通过分析历年来大学生数学建模竞赛赛题, 发现数学模型与数学实验课程, 使得学生能够真正认识到数学的应用性, 培养了学生分析和解决实际问题的能力, 也培养了学生使用计算机和数学软件的能力, 更培养了学生创新实践能力。数学建模是学生创新能力和综合素质培养的重要途径[13]。在 2014 年《国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见》明确指出“不分文理科”[14], 这对数学学科的人才选拔带来了机遇也带来了挑战, 学生需要通过更多的形式和方式展现才能。教师面对课程改革, 也要确定恰当的教学组织形式、运用合适的教学模式、遴选有效的教学方法、满足学生多样化的学习需要、切实提高教育教学质量, 培养学生出富有创造力的思维也是课程改革的重要目标。

种类 4 为小学数学中的素质教育和高等数学教学改革研究。小学数学是义务教育的一门重要基础学科, 同时, 小学数学课程担负着达成学生素质教育的目的[15]。小学数学教学是否实施素质教育, 不仅关系到数学教学的质量, 而且关系到基础教育的质量, 关系到 21 世纪人才的素质。高等数学是一门非常重要的基础性课程, 内容丰富, 理论严谨。在具体教学中, 要加强与中学数学的联系、注意数学思想方法的总结和渗透, 通过创新改革教学方法, 提高学生的学习兴趣和数学学习能力[16]。



中的文献成果质量提升方面还具有较大的潜在价值。领域 4 是关于小学数学中的素质教育和高等数学教学改革的研究。该领域关键词分布在第一、二象限, 其中关键词小学生、小学数学、教学方法、课堂教学、教学改革分布在第一象限, 说明数学基础学科不仅是数学教育研究领域中的核心领域, 而且其文献数量相对于其它 4 个领域所占领域更多, 也更成熟, 该领域的研究是我国数学教育研究的中心领域。

从图 2 中可以看出, 2011~2021 年数学素质热点知识图谱分为五个区域, 在整个知识图谱中, 我们可以把素质教育研究的热点词汇分为五个领域, 领域 4 是研究热度相对最高的关键词, 这里比较明显的集中体现在数学基础学科的课堂教学这点上。实际上在数学基础学科中, 课堂教学一直都是教育工作者长期思考的核心问题。与此同时领域 3 和领域 5 的关键词也是比较相对比较热的, 这里面比较明显的集中体现在能力培养和学习兴趣方面, 这两方面的集中体现, 也与我们当前素质教育所处的发展阶段所面临的关切是相吻合的。领域 2 和领域 1 对应的关键词的热度在现阶段素质教育的研究中是相对比较冷的, 关注程度相对没有领域 3 和领域 4、5 那么高的, 我们可以清楚的看到领域 2 中的关键词背后对应的研究对象是比较抽象的, 领域 1 的关键词对应的研究对象比较宏观, 而目前我们数学教育关注的对象倾向于数学基础学科, 关注的问题也更为具体。图 2 中, 我们可以比较突出的看到职业学校、创新、学生这三个关键词是最离中心原点最近的, 反映出背后的研究处于比较核心的地位, 这在一定程度上与我们当前社会的需求和关注相吻合, 比如众所周知的职业教育为当前社会提供高级技工人才方面提供了强大的支撑, 为社会提供高素质科技创新的人才方面, 数学素质是具备创新能力的核心素质, 正所谓“创新驱动”。而如何落实这一切的根本要求就是真正做到“以学生为中心”, 所以这三个方面仍然是值得引发当代教育工作者深刻思考的问题。

## 4. 总结与展望

### 4.1. 总结

通过借助 BICOMB 和 SPSS 软件对我国近十年数学素质的研究热点进行可视化分析, 绘制知识图谱实例, 大家可以直观的感受关于数学素质研究热点的关键词分布情况。通过对数学素质教育研究的论文的定性和定量分析, 可以发现数学素质教育研究主要围绕上述五个领域展开, 但存有四点不足: 第一, 领域之间连接不紧密, 较为零碎, 相对分散, 不够系统。第二, 对数学素质教育的研究, 更倾向以小学低学段数学教学或者高等数学教学为主要研究对象, 将中学这个阶段很少涉及, 致使中学阶段的数学教育得不到较多的关注, 其进步与发展也相对较为缓慢。第三, 研究单位和个人缺少团队合作的精神, 往往是闭门造车, 很少以团队合作形式对某一领域展开有层次的、系统的研究。第四, 在基础数学学科教学中, 未将高观点下的数学视野纳入到小学阶段数学课堂教育研究中。

### 4.2. 展望

通过以上内容, 总结出下述几点建议:

第一, 小学的数学教学是小学基础教育的重要组成部分, 也是我国高等教育的基础。同时也是我国数学教育研究领域的核心领域。在新时代、新背景下, 我国对人才有了新的要求, 教育改革也随之而来。教育者应紧跟时代的步伐, 认真研读《义务教育数学课程标准》, 准确把握小学数学教育素质的提升目标。注重对小学生逻辑思维、创造性思维的培养。

第二, 当今, 培养高素质创新型人才是我国的要求, 而创新型人才必须具备良好的数学素质。数学建模不仅能够提高学生学习数学的兴趣, 而且会提升学生各方面的素质和能力。通过知识图谱我们可以发现, 在数学教育研究中对数学建模能力、教学策略的创新和学习兴趣的培养的关注度不够, 认识不够深。因此, 教育者需要在思想观念上提高对数学建模能力、教学策略的创新和学习兴趣培养的认识, 加

强自身专业素质水平, 同时克服惧怕数学建模、创新教学策略的心理。

第三, 数学家米山国藏说过: 不管从事什么工作, 数学的精神、思想、推理方法和着眼点都会随时随地发挥作用, 伴随终身。数学不仅对个人的发展有着至关重要的影响, 对国家的科技的发展也有着决定性的作用。通过知识图谱可以发现, 我国基础教育中, 在数学课堂上, 对数学思想渗透较少, 数学教师对渗透数学思想不够重视。因此, 教育者要重视在课堂上对数学思想的渗透和讲解, 这对国民素质的提高和推动我国科技发展都有着至关重要的影响。

第四, 关于对数学素质概念的定义, 当前各界对数学的定义看法不一, 颇具争议。通过分析知识图谱, 发现对于数学素质所的研究在整个研究中处于边缘地位, 其原因是数学素质通常包含在数学素养之中, 在没有明确界定数学素养之前, 数学素质通常等同于数学素养, 在明确了数学素养的概念之后, 研究数学素养对指导数学教师进行教学具有更重大的意义, 研究数学素质的重要性较小。因此, 是否可以说, 对数学教育研究的领域中, 研究者不必过多的关注数学素质是什么, 将关注点放在研究数学素养上对未来基础教育中的数学教育可能有更大的帮助。

通过本文的介绍, 希望能够给与数学教育研究者一些帮助, 使更多的人对关键词共词分析法有所了解, 同时, 也希望能够有更多的数学教育研究者投入到数学教育研究成果的科学计量研究中来!

## 基金项目

新疆维吾尔自治区自然科学基金项目(2022D01C334); 伊犁师范大学重点课题(2022ZDKT001)。

## 参考文献

- [1] 程广文. 也谈“数学素质”[J]. 数学教育学报, 1997, 6(3): 15-17.
- [2] 江西教委教研室“提高数学素养”课题组. 提高数学素养的思考[J]. 数学通报, 1995(5): 22-24.
- [3] 康世刚, 宋乃庆. 论数学素养的内涵及特征[J]. 数学通报, 2015, 54(3): 8-11.
- [4] 张奠宙, 宋乃庆. 数学教育概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [5] 水菊芳. 基于数学核心素养的课堂数学意识的构建[J]. 数学通报, 2016, 55(11): 6-9.
- [6] 王青建. 论数学精神与数学教育[J]. 数学教育学报, 2004, 13(3): 23-25.
- [7] 史宁中. 高中数学课程标准修订中的关键问题[J]. 数学教育学报, 2018, 27(1): 8-10.
- [8] 宁锐, 李昌勇, 罗宗绪. 数学学科核心素养的结构及其教学意义[J]. 数学教育学报, 2019, 28(2): 24-29.
- [9] 朱立明. 中国学生数学学科核心素养研究述评[J]. 数学教育学报, 2020, 29(2): 84-88.
- [10] 熊玲玲, 刘咏梅, 曹东云. 基于数学基本思想培养的高中集合教学[J]. 中国数学教育: 高中版, 2020(5): 26-29.
- [11] Blum, W., Galbraith, P.L., Henn, H.W., et al. (2007) Modelling and Applications in Mathematics Education: The 14th ICMI Study. Springer, Berlin. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-29822-1>
- [12] 黄健, 鲁小莉, 王鸯雨, 等. 20世纪以来中国数学课程标准中数学建模内涵的发展[J]. 数学教育学报, 2019, 28(3): 18-23.
- [13] 桑海风, 杨月婷, 李庆春. 依托数学建模与数学实验课程改革培养学生创新能力的研究[J]. 数学学习与研究, 2017(12): 13.
- [14] 国务院. 国务院关于深化考试招生制度改革的实施意见[J]. 浙江省人民政府公报, 2014(34): 24-29.
- [15] 朱子龙. 基于素质教育的小学数学教学研究[J]. 学周刊, 2021(33): 47-48.
- [16] 许曰才. 高等数学教学方法改革路径探索与实践[J]. 现代职业教育, 2021(28): 220-221.
- [17] 何祥育. 数学教学中如何激发学生自主学习的兴趣[J]. 国家通用语言文字教学与研究, 2021(5): 64-65.