

高中数学核心素养研究现状与展望

周文浩

新疆师范大学数学科学学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年6月30日; 录用日期: 2025年7月31日; 发布日期: 2025年8月12日

摘要

2014年教育部提出并部署发展学生“核心素养”，为深入了解我国高中数学核心素养的研究现状，采用文献分析工具CiteSpace对近十年(2015年~2024年)高中数学核心素养的主要研究文献进行透视分析。发现数学教育界比其它领域对“核心素养”研究更加敏感，核心作者与机构呈现多中心特点，目前本领域研究者主要关注的问题有课程标准与核心素养的解读；数学核心素养的实施策略和评价；以及直观想象素养、数学建模素养以及数学能力的培养。也发现本研究领域作者合作交流不充分，核心素养各成分研究不均衡，核心素养话语体系与原有知识-能力-思想方法叙述体系关系需要进一步厘清。

关键词

高中数学, 核心素养, CiteSpace, 研究展望

Research Status and Prospects of Key Competencies in High School Mathematics

Wenhao Zhou

School of Mathematical Sciences, Xinjiang Normal University, Urumqi Xinjiang

Received: Jun. 30th, 2025; accepted: Jul. 31st, 2025; published: Aug. 12th, 2025

Abstract

In 2014, the Ministry of Education of China proposed and initiated the development of students' "key competencies". To gain a deeper understanding of the research status on key competencies in high school mathematics in China, the literature analysis tool CiteSpace was used to conduct a visual analysis of major research literature on this topic from the past decade (2015~2024). It was found that the mathematics education community has been more responsive to research on "key competencies" than other fields. Core authors and institutions exhibit a multi-centered characteristic. Current researchers in this field primarily focus on the following issues: interpreting the curriculum

standards and key competencies; implementation strategies and evaluation of mathematical key competencies; and the cultivation of competencies in intuitive imagination, mathematical modeling, and mathematical ability. The analysis also revealed that collaboration and exchange among authors within this research domain are insufficient, research on the various components of key competencies is uneven, and the relationship between the discourse system of key competencies and the original knowledge-ability-thinking methodology narrative system requires further clarification.

Keywords

High School Mathematics, Key Competencies, CiteSpace, Research Prospects

Copyright © 2025 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. 文献来源与研究方法

1.1. 文献来源

本研究的数据来源于中国知网(CNKI), 检索论文的起始时间为 2015 年 1 月 1 日, 截止时间为 2024 年 7 月 31 日, 采用高级检索方式, 文献包括引用次数不小于 10 次或者是核心期刊的期刊论文以及硕博学位论文, 检索条件为“主题”并“主题”并“主题”, 检索词为“高中”并“数学”并“核心素养”, 检索到的论文经过筛选和剔除, 最终确定样本文献 462 篇。

1.2. 研究工具和研究方法

本研究采用的研究工具是 CiteSpace6.3.R1。通过运用该软件, 本研究对 2015~2024 年高中数学核心素养的相关文献进行归纳梳理, 并将其数据转化以及生成数据库, 绘制知识图谱, 探究高中数学核心素养研究领域的研究热点以及未来的发展趋势。

2. 文献基本情况的描述性分析

2.1. 文献发文量时序分析

通过以核心素养、学科核心素养、高中数学核心素养作为主题进行文献检索, 得到图 1、图 2 和图 3, 通过对比发现总体的趋势基本一致, 但与一般核心素养及学科核心素养研究相比, 数学核心素养研究有着更快的增长速度, 同时在 2020 年达到高峰后以更快的速度下降, 而一般核心素养与学科核心素养研究均呈现两个波峰, 然后下降, 说明高中数学教育界比其它领域对核心素养研究更敏感, 不过消退的速度也快。下面就高中数学核心素养相关文献的演进趋势进行具体分析。

通过图 3, 可以较为直观地看出高中数学核心素养的相关文献的年发文量的整体发展趋势。在 2015~2016 年高中数学核心素养的研究成果在中国知网的数据库中的收录量较少, 在 2015 年年发文量只有 5 篇; 2017~2019 年高中数学核心素养研究的年发文量呈现爆发式增长; 2020~2023 年高中数学核心素养研究的年发文量呈现为在波动中发展的趋势, 在 2020 年的年发文量达到 2287 篇, 是近十年来最高。这一趋势显然与我国核心素养概念由一般课程层面到学科课程层面, 再到教材表征层面, 最后到学校教学实施的扩散范围不断扩大相一致。呈现由上至下, 由中心到边缘的传播特征。

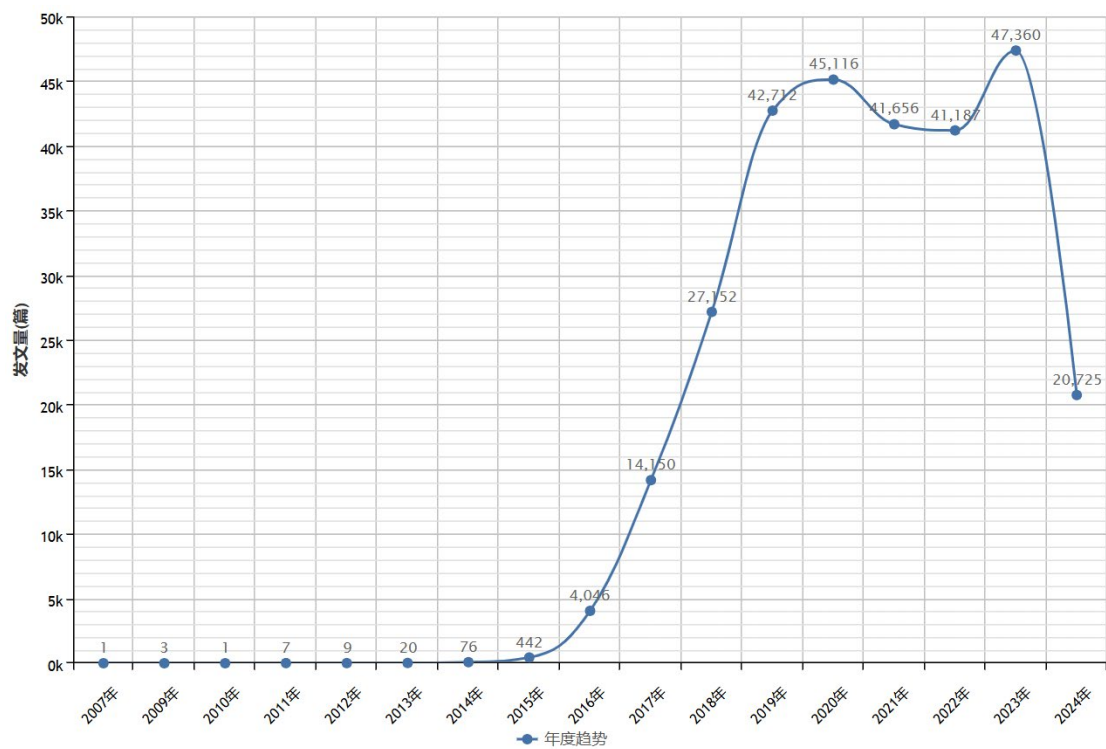


Figure 1. Annual publication volume on key competencies

图 1. 核心素养年发文章量

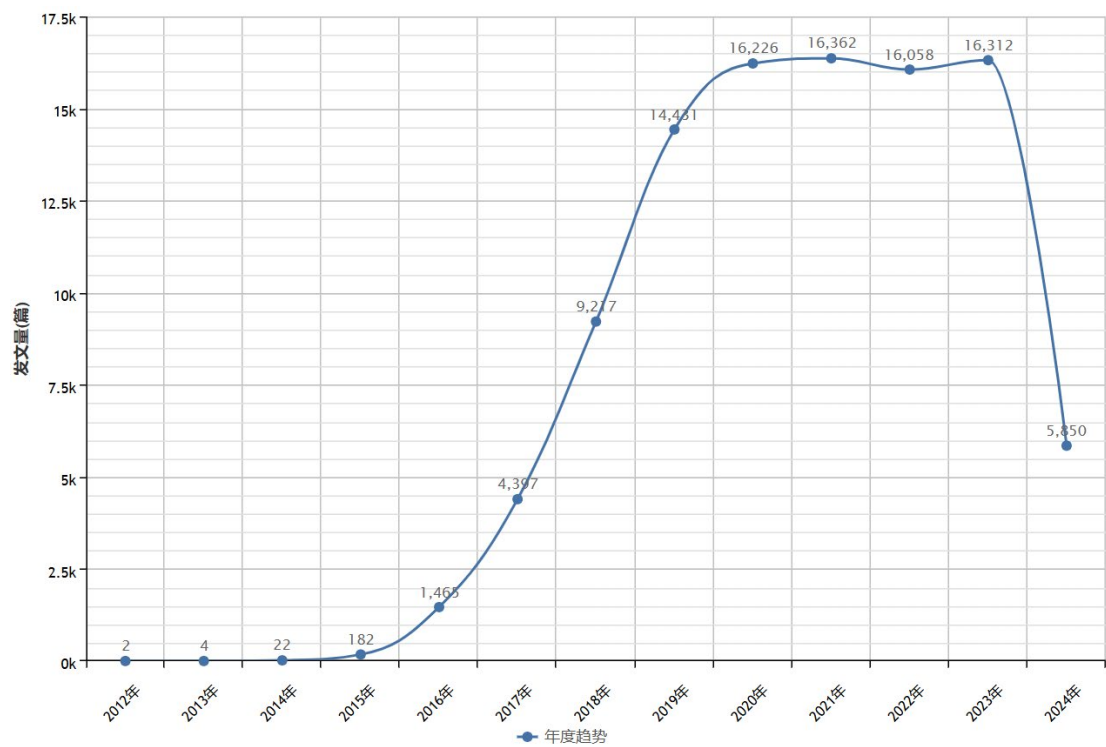
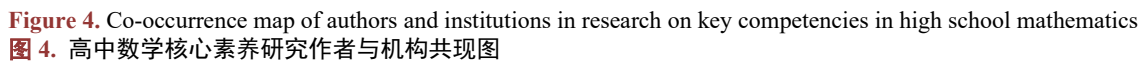
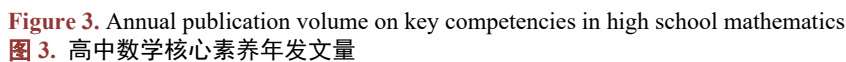


Figure 2. Annual publication volume on subject-specific key competencies

图 2. 学科核心素养年发文章量



DOI: 10.12677/pm.2025.158215 11 理论数学

间为 2015 年 1 月 1 日~2024 年 7 月 31 日，时间切片为 1 年，节点类型设置 Author + Institution，网络裁剪设置为 Pathfinder + 综合网络整体。通过图 2 可以发现，对于高中数学核心素养领域已经出现了一批核心研究者和研究机构。其中华中师范大学、西北师范大学教育学院、人民教育出版社、唐山师范学院教育学院以及山东师范大学等相关研究机构对高中数学核心素养的研究关注较多。就发文量而言，发文数量比较多的作者分别是章建跃(9 篇)、王尚志(7 篇)、朱立明(4 篇)、吕世虎(4 篇)、胡凤娟(4 篇)、胡典顺(4 篇)以及史宁中(4 篇)。

通过对作者和机构的共现图谱进行分析，可以发现图 4 中的节点数 N 为 229，节点之间的连线数 E 为 201，节点密度值 Density 为 0.0077，说明本领域的研究合作还需要加强。

3. 研究热点与趋势的可视化分析

通过 CiteSpace 对高中数学核心素养研究领域的关键词进行统计整理，本领域研究成果的内容特征，研究内容之间的联系，以及该领域未来的发展方向如下。

3.1. 关键词聚类及研究热点综述

使用 CiteSpace 进行关键词聚类图谱的绘制，参数调整如下：分析时间为 2015 年 1 月 1 日~2024 年 7 月 31 号，时间切片为 1 年，节点类型设置 Keyword，网络裁剪设置为 Pathfinder + 综合网络整体，截取 2015~2024 年我国高中数学核心素养可视化关键词聚类图谱。通过图 5，可以观察到，Q 值为 0.8328，S 值为 0.9571，调和平均数值(Q, S)为 0.8906，因此该聚类图谱是高效率且具有说服力的。

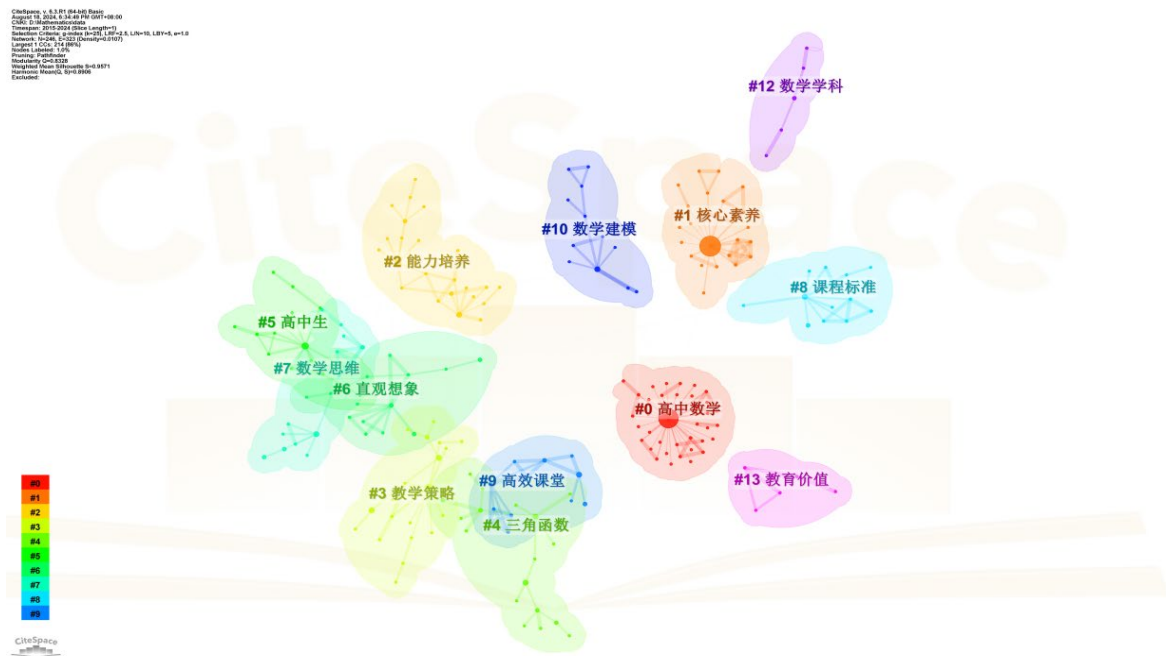


Figure 5. Keyword cluster map of literature on key competencies in high school mathematics
图 5. 高中数学核心素养文献关键词聚类图谱

在图 5 中，可以发现当前高中数学核心素养研究有#0 高中数学、#1 核心素养、#2 能力培养、#3 教学策略、#4 三角函数、#5 高中生、#6 直观想象、#7 数学思维、#8 课程标准、#9 高效课堂、#10 数学建模、#11 数学学科、#12 教育价值 13 个聚类，而这 13 个聚类按照内容又可以划分为#0 数学能力、#1 教学策

略、#2 核心素养培养、#3 课程标准、#4 高效课堂 5 个聚类,当前高中数学核心素养的研究主要是围绕这 5 个聚类进行的。

通过对关键词聚类以及结合现有的相关文献内容分析,可以发现当前高中数学核心素养的研究热点主要集中在以下几点:新课程标准下基于核心素养的数学教学策略、数学核心素养的实施和落地、基于核心素养的高中数学高效课堂以及基于核心素养的学生各项能力的培养、基于数学核心素养的评价体系的构建。

这些研究热点反映了当前高中数学教育研究特别关心核心素养的落地,旨在探索通过教学策略的优化和教学方法的创新,培养学生的数学核心素养,以适应新时代的教育需求。

3.1.1. 基于核心素养的数学教学策略研究

在新课程下,要实现学生的数学核心素养培养,许晓莉(2024)认为高中数学课堂教学策略是在核心素养导向下,通过科学设定教学目标、优化教学过程、创新教学方法、实施有效教学评价[1];蔡海涛(2019)认为要精心设计问题情境,抓准核心素养的着力点[2];史宁中(2017)认为在数学教学活动中,让学生在掌握知识技能的同时理解知识的本质,感悟知识所蕴含的数学基本思想,积累数学思维和实践经验[3];徐岳灿(2022)建议应关注高中阶段数学学习与现实世界的全面联系[4];张文涛(2024)建议通过构建基于数学综合实践活动的数学建模课程体系,解决如何通过数学实践课程发展学生数学核心素养的问题[5]。

3.1.2. 数学核心素养的实施和落地研究

黄翔(2019)建议培养学生数学核心素养要从解决“四基”“四能”“三会”间的关系,以及它们与学生数学核心素养间的关联入手[6];吴立宝(2021)认为要重视情境设置,体现概率统计意蕴,并且还要重视案例教学,培养数据分析意识[7];杨子圣(2022)认为要提供一个或一系列有一定挑战性的问题,让问题引导学生进行深度学习[8];武丽莎(2021)建议以“大概念”为生长点,构建学生学科知识结构[9];马佑军(2021)认为问题探究的价值在于:体现课程的基础性、选择性和发展性,促进学生数学学科核心素养的形成和发展[10]。

3.1.3. 基于核心素养的高中数学高效课堂研究

王生林(2024)认为高效课堂的构建,本质是激发学生的学习主动性,激活学生的思维并促进思维发展,来实现诸多教学目标[11];杨小雷(2024)提出构建高效课堂,教师可以通过围绕生活创设情境、用问题串来驱动学生思考等方式组织教学,从而促进学生发展[12]。

3.1.4. 基于核心素养的学生各项能力的培养研究

武绍利(2017)认为数学运算反映了学生的数学素养,数学运算能力的形成和数学核心素养的形成过程有同步特征[13];陈凯姬(2019)认为培养学生的思维能力要立足于直观想象素养、数学问题解决以及基本活动经验[14];杨子圣(2022)建议通过多媒体教学培养学生直观想象力、空间概念能力、数形结合思想和整体思想[8];黄翔(2018)认为核心素养中融入了实践能力培养的要求,并且数学建模素养集中体现了发展数学实践能力的要求[15];王德建(2024)认为高中生的阅读能力对数学学科核心素养起支撑作用,而数学学科核心素养对高中生的阅读能力起引导作用[16]。

3.1.5. 基于数学核心素养的评价体系的构建研究

喻平(2017)认为数学知识学习表现为 3 种形态:知识理解、知识迁移、知识创新,知识学习的 3 种形态生成不同水平的数学核心素养,因此,对数学核心素养形成的评价应当基于知识学习的 3 种形态[17];陈建明(2022)认为可以从开放性试题和学生活动表现两个维度对目前实际教学中数据分析素养的落实情况

况进行评价[18];郑雪静(2020)认为对学生直观想象素养的评价应注重借助情境和数学内容[19];张文花(2022)认为基于核心素养的课堂教学评价,需要教师协调好应试与核心素养的关系[20];许晓莉(2024)高中数学教学应该注重学生主体性的发挥和综合能力的培养,强调课堂教学与有效评价相结合,从而推动学生核心素养的全面发展[1]。

3.2. 关键词突变率及研究趋势分析

本文是通过 CiteSpace 工具对突变词进行分析,而突变词是指关键词在某一时间段出现频次突然增加的表现。通过分析发现高中数学核心素养研究领域是在不同的时间内发生转变的,如图 6 所示。

图 7 是通过 CiteSpace,将控制板中的热点面板中的 γ 值设置为 0.4 之后得到的前 8 位的突变性关键词图谱。通过突变性关键词图谱的分析,可以得出近几年来高中数学核心素养领域的相关研究内容较为丰富,可以将高中数学核心素养研究大致分为三个阶段。

第一阶段,以数学思维、数学创新等为主的高中数学核心素养研究探索阶段。2015~2017 年,研究者以数学思维、数学运算等为主要研究方向,年均发文量为 10 篇。以数学思维等为主的高中数学核心素养在其内容上主要集中在教学策略、课堂教学、高效课堂、思维能力以及教育价值等几个主题。

第二阶段,是落实新课标为主的高中数学核心素养实践研究阶段。2017~2020 年,在该阶段高中数学课程标准确定了高中数学六大核心素养,分别为数学抽象、逻辑推理、数学建模、直观想象、数学运算以及数据分析。这一阶段主要研究内容主要集中在数学建模、教学设计、数学抽象、课程标准以及培养策略等几个主题,年均发文量为 97 篇。

第三阶段,是围绕新高考展开的高中数学核心素养培养与评价阶段。2020~2024 年,在该阶段,教学模式发生变革,教师的专业发展受到了重视,高中数学教育的研究热点从具体的知识点变为了以人为本,尤其是关注学生的数学核心素养的培养和测评。其主要研究和实践的内容集中在综合实践、课程构建、情境创设、多元评价、学业质量等一些主题,年均发文量为 30 篇。

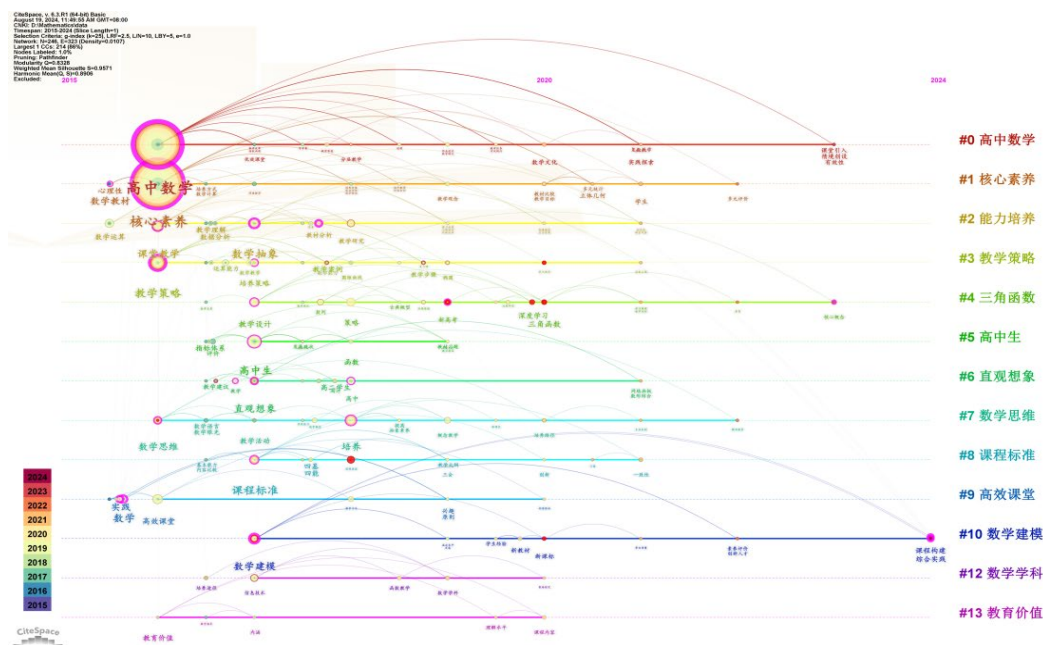


Figure 6. Timeline map of keywords for key competencies in high school mathematics

图 6. 高中数学核心素养关键词时间线图谱

Top 8 Keywords with the Strongest Citation Bursts

Keywords	Year	Strength	Begin	End	2015 - 2024
数学思维	2016	1.04	2016	2017	
逻辑推理	2018	1.51	2018	2019	
三角函数	2020	1.79	2020	2024	
深度学习	2020	1.7	2020	2021	
新课标	2020	1.27	2020	2021	
单元教学	2020	1.15	2020	2022	
新高考	2019	1.23	2021	2024	
数学建模	2017	1	2022	2024	

Figure 7. Burst detection map of keywords in literature on key competencies in high school mathematics

图 7. 高中数学核心素养研究文献突变性关键词图谱

4. 研究展望

经过 10 年的研究探索，高中数学核心素养研究虽然已经取得了较为丰富的成果，但要实现核心素养全面落地，理顺新概念体系和原来话语体系关系，以促进高中数学教育高质量发展，高中数学核心素养的研究仍然要继续深入。

4.1. 数学能力和高中数学核心素养的关系

从知识(knowledge)、技能(skill)、能力(ability)到思想方法，从双基到四基，相当长时期以来，我们对数学教育的发展目标一直遵循了一条相对清晰的叙述路径。在核心素养话语体系里，我国高中数学提出了六大核心素养，以及“三会”和“四能”，但在义务教育数学课程标准中，高中所谓的核心素养被还原为核心能力的表述，当然还包括“观念”和“意识”，那么一个亟待厘清的问题是，能力和素养是什么关系？我们需要清晰诸如“数学抽象素养”和“数学抽象能力”是否等价的问题。如果核心素养等同于能力，那他们与“四能”是什么关系？“四能”是否是“核心素养”？一个可能的路径也许需要对数学核心素养结构，包括层级关系加以更加完备地讨论。

4.2. 高中数学核心素养的思维品质研究

《普通高中数学课程标准(2017 年版 2020 年修订)》中提到数学学科核心素养是数学课程目标的集中体现，是具有数学基本特征的思维品质、关键能力以及情感、态度与价值观的综合体现，是在数学学习和应用的过程中逐步形成和发展的[21]。其中，关键能力也就是相关数学能力在上文中已经提到，那么除了关键能力以外，思维品质以及情感态度价值观也是数学核心素养的重要组成部分，但目前相关研究文献相较于关键能力要少。那么“具有数学基本特征的思维品质”是什么，有哪些？它们与关键能力是什么关系？对学生的数学核心素养的培养有什么样的影响？

一般认为，思维品质是指个体思维能力的特征，如思维的深刻性、灵活性、独创性、批判性、敏捷性和系统性。“具有数学基本特征的思维品质”与这些一般的思维品质是何关系？在数学学习过程中是发展学生的一般思维品质，抑或是数学特征的思维品质？这些都是需要进一步思考的问题。

4.3. 高中数学核心素养的情感态度价值观与必备品格的研究

自 2001 年教育部印发《基础教育课程改革纲要(试行)》提出三维目标以来，情感态度价值观往往被认为处于“悬空”或者“贴标签”的状况，到 2014 年“核心素养”概念提出，一般认为“品格”是对情

感态度价值观的超越[22]。数学学科课堂教学中的情感态度价值观和必备品格是何种表现形式？如何实现？在数学教学中又是如何实现从“情感态度价值观”到“品格”的超越？有学者认为“数学素养是指满足学生自身发展和社会发展所必备的数学方面的品格和能力，是数学的知识、能力和情感态度价值观的综合体，其构成要素包括数学运算、数学推理、数学意识、数学思想方法和数学情感态度价值观；数学素养可以由低到高分成数学知识和技能、数学过程和方法、数学情感态度价值观这3个层次”[23]。先不论“数学知识和技能、数学过程和方法、数学情感态度价值观”是否处于由低到高的层次结构，至少需要思考数学学科培养的情感态度价值观和品格到底是只具有学科特征还是需要兼有跨学科的要求？这些问题也是数学核心素养落地所亟待加强研究的问题。

4.4. 六大核心素养及关系的研究

在第三节的关键词聚类图谱中可以发现，高中数学六大核心素养中目前被关注较多的核心素养是数学建模素养和直观想象素养，在下一步的研究中其他四个核心素养如何在数学教学中实施落地需要持续深入。特别是，不同核心素养的发展过程与发展水平是怎样的需要得到厘清。

另外，六大数学核心素养之间的关系不像是“四基”“四能”那样分工明确和有层次结构。六个数学核心素养彼此之间都有着一定的联系，就比如数学抽象和逻辑推理之间，数学抽象是将现实世界中的问题抽象成数学对象(结构)的过程，而在此过程中必然需要逻辑的推导和证明，数学抽象为逻辑推理提供基础，逻辑推理为数学抽象保驾护航。所以，六大数学核心素养有自身的独立性，但也是相互交织、相互依存的。

4.5. 基于核心素养的评价体系研究

为了使高中数学核心素养更好地在数学教学中落地，建立一个基于高中数学核心素养的评价体系是必不可少的。喻平教授提到以数学核心素养贯穿的课程目标制订，要同时进行学习评价体系的研究[24]。一个完善的核心素养评价体系显然需要体现其形成过程和不同发展水平，同样重要的是，需要考虑它们与四基四能及三会的关系。

参考文献

- [1] 许晓莉. 核心素养下的高中数学课堂教学策略研究[J]. 教育理论与实践, 2024, 44(2): 59-61.
- [2] 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.
- [3] 史宁中, 林玉慈, 陶剑, 等. 关于高中数学教育中的数学核心素养——史宁中教授访谈之七[J]. 课程·教材·教法, 2017, 37(4): 8-14.
- [4] 徐岳灿. 普通高中“双新”视野下学生数学逻辑推理培养的教学策略[J]. 上海教育科研, 2022(3): 52-56.
- [5] 张文涛. 核心素养导向的高中数学建模课程构建与实施[J]. 中国教育学刊, 2024(2): 1-8.
- [6] 黄翔, 童莉, 李明振, 等. 从“四基”“四能”到“三会”——一条培养学生数学核心素养的主线[J]. 数学教育学报, 2019, 28(5): 37-40.
- [7] 吴立宝, 辛思佳. 数据分析素养发展的历史脉络与经验启示[J]. 课程·教材·教法, 2021, 41(3): 69-75.
- [8] 杨子圣. 高中数学教育重在培养数学能力与数学思想等核心素养[J]. 人民教育, 2022(23): 77-78.
- [9] 武丽莎, 朱立明. 高中数学学科核心素养: 生成机制与培养路径[J]. 数学教育学报, 2021, 30(4): 25-29.
- [10] 马佑军. 问题探究与数学学科核心素养的培养[J]. 数学通报, 2021, 60(2): 41-44+55.
- [11] 王生林. 核心素养导向下的高中数学高效课堂建构策略研究[J]. 数学教学通讯, 2024(18): 54-55.
- [12] 杨小雷. 核心素养视角下高中数学高效课堂的构建探究[J]. 中学课程辅导, 2024(17): 96-98.
- [13] 武绍利. 基于核心素养下数学运算能力培养的策略研究[J]. 数学教学通讯, 2017(12): 31-32.

-
- [14] 陈凯姬. 核心素养背景下高中数学教学中学生思维能力培养再议[J]. 数学教学通讯, 2019(3): 33-34.
- [15] 黄翔, 童莉, 沈林. 从高中数学新课标看数学实践能力的培养[J]. 课程·教材·教法, 2018(8): 75-79+113.
- [16] 王德建. 基于数学学科核心素养培养高中生阅读能力的研究[J]. 数学教学通讯, 2024(21): 68-69+78.
- [17] 喻平. 数学核心素养评价的一个框架[J]. 数学教育学报, 2017, 26(2): 19-23+59.
- [18] 陈建明, 孙小军, 杨博谛. 数据分析素养的评价框架与实施路径研究[J]. 数学教育学报, 2022, 31(2): 8-12+57.
- [19] 郑雪静, 陈清华, 王长平, 等. 高中生直观想象素养的测量与评价研究[J]. 数学教育学报, 2020, 29(4): 7-12.
- [20] 张文花. 基于实践的高中数学核心素养评价初探——以课堂教学评价为例[J]. 数学教学通讯, 2022(9): 52-53.
- [21] 中华人民共和国教育部. 普通高中数学课程标准(2017年版 2020年修订) [M]. 北京: 人民教育出版社, 2020.
- [22] 李润洲. 继承与超越——“三维目标”与“核心素养”的异同辨析[J]. 当代教育科学, 2016(22): 11-16.
- [23] 何小亚. 学生“数学素养”指标的理论分析[J]. 数学教育学报, 2015, 24(1): 13-20.
- [24] 喻平. 基于核心素养的高中数学课程目标与学业评价[J]. 课程·教材·教法, 2018, 38(1): 80-85.