·教育理论研究·

21 世纪以来国内物理教育领域科学思维研究综述

——基于 CNKI 源刊的文献述评

杨语嫣　李贵安
(陕西师范大学物理学与信息技术学院,陕西 西安　710119)

摘　要: 利用 CiteSpace 软件可视化功能,对 21 世纪以来 CNKI 数据库中我国物理教育领域科学思维研究的 2558 篇文献进行量化与质性分析,得出研究结论:从刊文数量看,以 2016 年为界,科学思维研究热度逐步上升;从研究热点看,主要聚焦在科学思维内涵、科学思维价值、科学思维培养、科学思维评价等方面;从演进趋势看,信息技术与科学思维融合、科学思维要素深入探讨可能是未来研究的方向,最后从理论和实践两方面提出展望.

关键词: 科学思维;文献述评;CiteSpace;可视化分析

“科学思维”是物理学科核心素养内容之一,是物理学科的驱动内核,主要包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新等要素. 当前虽有学者针对“科学思维”进行文献综述,但鲜有可视化分析. 基于可视化分析的文献综述样本容量大,可靠性高,可以清晰展现出该领域的研究热点、发展脉络与演进趋势. 因此本文对 21 世纪以来国内物理教育领域科学思维的研究进行统计分析,以期为科学思维的研究和实践提供启示.

1　研究设计

1.1　数据来源

本研究在中国知网平台选取研究对象,具体操作步骤如下. (1) 使用中国知网“高级检索”功能,设置检索主题为“科学思维”,设置检索时间为 2001-01-01 到 2023-08-23,共检索到 21269 篇文献;(2) 再次添加检索主题“物理教学”后,共检索到 2906 篇文献;(3)为排除相关干扰,手动删除无效、重复文献,最终得到有效期刊文献 2001 篇,硕博论文 557 篇,共计 2558 篇.

1.2　研究方法

以 CiteSpace 可视化软件为基本工具,输入样本数据并处理. 处理条件如下:时间范围选取 2001-01 到 2023-08,时区为 1 年;“词汇来源”选择主题、摘要、作者、关键词和附加关键词;节点类型选择关键词;节点筛选方式 g-index 中 k 值为 8;选用 Pathfinder 和 Pruning sliced networks 进行关键词共现;选用对数似然算法(LLR)进行聚类,并利用关键词命名,以图谱的形式呈现研究结果,分析“科学思维”研究领域的现状、热点及趋势.

2　科学思维研究的文献数量统计分析

一般来说,文献数量反映该研究领域的受关注及研究情况. 如图 1 所示,我国 21 世纪以来关

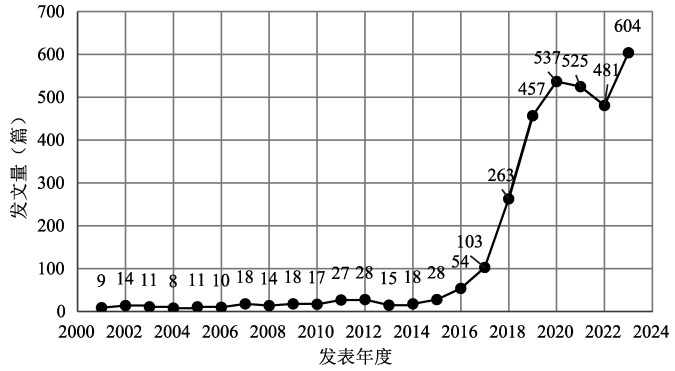

图 1　发文量年度分布

通信作者: 李贵安(1966—),男,陕西西安人,博士,陕西师范大学物理学与信息技术学院教授,研究方向为课堂评价、教师教育、学科教学. 电子邮箱: liguian@snnu.edu.cn.

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

于“科学思维”的研究情况大致分为两个阶段:第一阶段为稳步上升阶段(2001 年到 2015 年),研究文献每年平均 16 篇左右,呈平缓波动趋势;第二阶段为突增阶段(2016 年到 2023 年),呈跳跃式增长趋势. 2015 年《普通高中物理课程标准(征集意见版)》的发布,引起广大物理教育工作者对“科学思维”研究领域的关注,次年大量文献涌现,近翻一番,2018 年初《标准》发布后,刊文量突增,由 2017 年的 103 篇增长至 2018 年的 263 篇,2020 年继续增加至 537 篇达到峰值,此后两年由于线上教学、知网收录等因素,发文量略有下降,但平均发文量也有 503 篇,2023 年预测值达到 604 篇,可见“科学思维”研究热度不减.

3 科学思维研究热点

高频关键词是一段时间内研究内容的集中反映. 通过 CiteSpace 得出科学思维研究文献的高频关键词(频次>80,如表 1)并进行聚类,最终得到 11 个聚类标签(如表 2),分别为“物理”“物理教学”“核心素养”“物理观念”“物理知识”“物理实验”“教学设计”“科学思维”“教学策略”“思维方法”“深度学习”. 其中模块值(Modularity)$Q=0.5158>0.3$,表明聚类结果可信;平均轮廓值(Mean silhouette)$S=0.7704>0.5$,说明聚类合理.

对共现关键词及 11 大聚类进行归纳并精细分析文献内容,得出国内关于科学思维研究的热点主要有以下几个主题(如表 3).

表 1 高频关键词列表

序号	关键词	出现次数	中心度	出现年份	序号	关键词	出现次数	中心度	出现年份
1	核心素养	1126	0.24	2016	6	教学策略	203	0.13	2006
2	高中物理	679	0.17	2012	7	教学设计	133	0.07	2017
3	科学思维	442	0.29	2001	8	实验教学	112	0.06	2008
4	物理教学	365	0.53	2001	9	课堂教学	86	0.06	2017
5	初中物理	312	0.13	2012	10	物理观念	85	0.08	2016

表 2 关键词聚类情况

序号	聚类名称	包含节点数	紧密程度	对数似然标签值最大的几个关键词
0	物理	35	0.865	教学;培养;高中;实验
1	物理教学	33	0.897	高中物理;核心素养;教学研究;教学策略
2	核心素养	32	0.799	高中物理;初中物理;实验教学;科学思维
3	物理观念	26	0.773	模型建构;科学探究;物理模型;实验探究
4	物理知识	25	0.833	物理学科;物理概念;核心素养;高中物理
5	物理实验	24	0.806	压轴题;高效课堂;洛伦兹力;中考物理
6	教学设计	23	0.778	学科素养;教学实践;课程思政;课堂教学
7	科学思维	21	0.700	核心素养;概念教学;思维导图;探究能力
8	教学策略	19	0.684	中学物理;学习警戒;课程标准;中职物理
9	思维方法	12	0.909	培养学生;物理学;核心素养;科学方法
10	深度学习	11	0.918	物理学史;教学模式;新高考;创新实验

表 3 科学思维研究内容列表

研究内容	主要聚类标签	重要关键词
科学思维的内涵研究	0 物理 7 科学思维 9 思维方法	模型建构;物理模型;建模能力;科学推理;科学论证;质疑创新;创新实验;创新能力;创新思维;要素解读;直觉思维;理性思维;抽象思维
科学思维的价值研究	2 核心素养 3 物理观念	课程标准;核心素养;科学思维;科学探究;探究能力;科学态度;科学精神;课程思政;初中物理;高中物理;中学物理
科学思维的培养研究	1 物理教学 5 物理实验 6 教学设计 8 教学策略 10 深度学习	教学实践;教学目标;概念教学;实验教学;教学模式;情境教学;教学思考;习题教学;教学案例;策略研究;创新策略;思维导图;培养策略;科学方法;实验探究;高效课堂;物理学史;信息技术;学习进阶;自制教具;新教材;一题多解;图像法
科学思维的评价研究	4 物理知识	中考物理;高考;新高考;高考试题;全国卷;压轴题;物理概念;情境创设;教学评价;习题设计

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3.1 科学思维的内涵研究

什么是科学思维？这是思维教学研究的基本问题.国内学者对科学思维的内涵进行了不同的规定性定义,有知识论、过程论、综合论等多种形式.从知识论角度,科学思维是形成并运用于科学认识活动、对感性认识材料进行加工处理的方式与途径的理论体系.[1]从过程论角度,科学思维是应用科学探究的方法或原则去推理或者解决问题,并涉及生成、测试和修正理论的技能,并在充分发展技能的情况下,以反映知识获得和变化的过程.[2]从综合论角度,科学思维是对自然界事物的本质属性、内在规律及事物间相互关系的间接的、概括的和建构的反映.[3]普通高中物理课程标准指出,科学思维是从物理学视角对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认识方式;是基于经验事实建构物理模型的抽象概括过程;是分析综合、推理论证等方法在科学领域的具体运用;是基于事实证据和科学推理对不同观点和结论质疑和批判,进行检验和修正,进而提出创造性见解的能力和品格.[4]可以看出,新课标从综合论的角度界定科学思维.

科学思维的类型也广受关注.多数学者根据思维形式的不同,分为抽象思维、形象思维、直觉思维,有学者对此进行细化;也有学者根据思维方法的不同,分为建模方法、推理方法、分析综合、数学物理方法、思维迁移、论证方法、实验方法、臻美法、直觉灵感等.[5]不同文献分类结果不同,暂无统一认识.

思维要素是科学思维区别于其他思维的基本特征.新课标明确科学思维包括模型建构、科学推理、科学论证、质疑创新 4 大要素.学者对不同要素进行了不同程度的研究,模型建构研究文献最多,科学推理次之.总结发现每个要素的研究主要聚焦在科学思维要素本身(概念、框架与分类、建立方法等)、培养策略(教学模式、教学策略等)、评价(相关能力现状调查、测评、试题分析、教材分析等)3 个方面.如,曹宝龙论述了物理模型的概念、性质、作用、分类、建构方法与途径,提出教学建议.[6]王黎阳对高考试题对科学推理能力的考查进行了研究.[7]周佳以一道关于“法拉第圆盘”的改编习题为例,进行了 CIA 模型的论证教学实践,培养学生科学论证能力.[8]孙凯悦以苏州市某重点高中高一年级部分学生为研究对象,进行了学生物理质疑能力的现状调查研究.[9]

3.2 科学思维的价值研究

新课标颁布后,科学思维与物理学科核心素养之间关系的研究广受关注.张旺认为,从科学理论创造中汲取养分培养学生的科学素质是素质教育的重要内容,科学素质的内涵是多维的,但核心和关键是人思维的创造力.[10]董博清、彭前程认为科学思维是物理学科核心素养的重中之重,是物理观念、科学探究、科学态度与责任的基础与内核,教育就是要“为思维而教”.[3]史宁中认为,教育的本质在于思维能力的培养,根本的课程目标应该以思维训练的需要为核心.[11]王高指出思维活动是科学探究的灵魂,认为在科学探究中应对学生进行充足的思维训练,促进思维生长.[12]张嘉充、蒋炜波认为科学思维是物理学科的驱动内核,支撑各个素养维度的发展.[13]

由此可见,科学思维是物理学科核心素养的灵魂与核心,是物理教育的根本.科学思维的发展助力物理观念的形成,推动科学探究的深入,支撑科学态度与责任的培养.培养科学思维是促进物理学科核心素养的必要途径,提高科学思维是印证物理学科核心素养的重要条件.

3.3 科学思维的培养研究

大多数文章都关注“怎么教”的问题,说明科学思维的培养研究是物理教育改革中的焦点问题,研究内容主要有教学模式和教学策略.

转变教学模式.国内学者在参考国内外教学模式的基础上,通过理论分析以及经验总结,创新出大量本土化教学模式,主要有“5E”教学模式、“五环教学”模式、基于模型建构的教学模式、思维显性化教学模式、问题教学模式、生活化教学模式等.如,符译丹、陈立万以“液体的表面张力”教学为例,利用“5E”教学模式进行实践,建立物理科学思维.[14]黄以明论述了福安一中探索形成的“五环教学”模式,真正把课堂还给学生.[15]袁维新认为基于模型建构的教学模式能促进概念转变,通过类比推理建构新模型,使用新模型进行科学推理.[16]张新玉在逆向教学设计思维的引导下,自制教具,改进和创新压强实验的教学设计.[17]游德锐通过“问题化教学模式”的手段进行探索与实践研究.[18]周玲提出了原始物理问题教学的 6 个环节并应用在初中物理“奇妙的平衡”.[19]朱涛平从多角度分析生活化教学模式,提出应用策略.[20]

优化教学策略.针对性的教学策略可以有效培养学生科学思维能力.国内主要采用具化教学目标、创设物理情境、经历科学探究、渗透物理学史、应用思维可视化等策略.(1)卞志荣、刘琦以“动量和动量定理”为例,将具象化的核心素养目标作为导向设计教学各环节.[21](2)创设物理情境是研究的热点.总结发现物理情境创设要遵循学生身心发展规律与最近发展区等原则;细化为生活情境、问题情境、故事情境、游戏情境、实验情境、习题情境以及物理学史情境等类型;包括语言

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

描述、动手实践、实物展示以及多媒体(图片、动画、视频)演示等呈现方式;研究主要聚焦在教学实践和试题分析. 如,郑洪英基于教学经验,研究出 6 方面有关情境教学的策略.[22] 史载天、李贵安等人基于“四层”“四翼”对 2022 年新高考的 8 省市物理试题情境化进行分析并总结出特点.[23] (3) 多数文献认为,知识建立过程中让学生经历科学探究的过程可以有效培养科学思维. 如,戎杰以“滑动摩擦力”教学为例,让学生亲身体会科学探究要素,培育高阶思维.[24] (4) 渗透物理学史. 一方面是“引什么”. 主要有以下 4 类:科学家的思维过程(探究与实验过程)、科学家的人生历程或名人轶事、科学家的科学研究方法和思想方法、科学本身的发展经历过程;另一方面是“怎么引”. 主要涉及教学设计、案例分析等. (5) 应用思维可视化可以使零散知识系统化,抽象知识具体化,隐形思维显性化. 物理学科中利用率最高的思维可视化工具是概念图和思维导图,如石国辉采用基于思维可视化的可视化教学模式进行了对照教学实践.[25]

3.4 科学思维的评价研究

科学思维能力的评价一直是个难题,也是物理教育教学研究的重要课题. 课标从评价原则、评价任务设计、评价方式给出评价建议. 文献中主要涉及评价方式、评价内容、评价标准等研究内容.

评价方式研究. 新课标建议的评价方式有日常学习评价、课堂问答、书面评语、自我评价、同伴评价和阶段性测试. 文献中纸笔测试和问卷调查的研究最多,成果最丰富. 此外还有访谈、课堂观察、作业观察等. 如,刘竹明、余宇飞精心设计阶梯试题和思维外显性试题,根据学生自评表和师评表统计测评结果.[26] 邱欣连从科学思维的不同方面设置问题对学生和教师进行问卷和访谈调查.[27] 学业水平考试作为纸笔测验的一种,如何体现学生科学思维能力的考查,广受一线教师的关注,很多教师试图通过研究中高考试题得出思维能力测评的方法. 如,樊卓琳应用 SOLO 分类理论,构建物理试题考查能力层次划分标准,从横向和纵向分析 2015—2017 年全国 8 套高考物理试题中学生科学思维能力的考查趋势和重点.[28]

评价内容研究. 文献中主要涉及科学思维整体评价与科学思维要素评价两部分内容. 如,齐国元从评价指向、试题命制、学生分析 3 方面对科学思维素养水平评价路径进行研究.[29] 在科学思维要素评价中,用模型建构、科学推理和科学论证评价科学思维是主要的方式,但质疑创新较难在试题中考查,更倾向于在教学过程中培养. 夏旭、姜玉梅等人对 2021 年高考物理试题中科学推理能力的考查进行了定量分析.[30]

评价标准研究. 当前国内科学思维评价标准的研究主要有 3 方面:在新课标学业质量五级水平的基础上划分、借鉴国外评价标准、自行创建新的评价标准. 如,蒋炜波结合了布鲁姆认知思维模型和物理核心素养理念,构建科学思维发展的层次模型.[31] 丁亚娟通过对文献资料信息编码、访谈、咨询专家意见等构建全新的评价指标体系.[32]

4 科学思维研究演进趋势

突现词指某段时间频次突然增加的关键词,关键词突现持续代表研究持续,突现中断代表研究没有成为未来研究趋势. 对国内科学思维研究进行突现词分析,可以看出其演进过程并预测发展趋势.

将 CiteSpace 控制面板 Burstness 中的 γ 值设置为 0.8 时,科学思维研究共出现了 20 个突现词(如图 2). 其一,“思维方法”和“思维能力”从 2002 年出现一直持续到 2018 年. 说明作为基础自然科学的物理学对培养学生科学思维有着重大的意义,采用何种方法培养学生科学思维一直是研究的热点. 其二,突现强度最大的关键词是“物理教学”,表明其受关注程度最高,如何在物理教学中培养学生科学思维一直是研究者关注的问题. 其三,“信息技术”和“科学论证”均在 2021 年出现,持续至今,说明信息技术的快速发展为物理学科教学过程奠定了技术基础,利用信息技术培养学生科学思维,是当前研究的热点与未来研究的趋

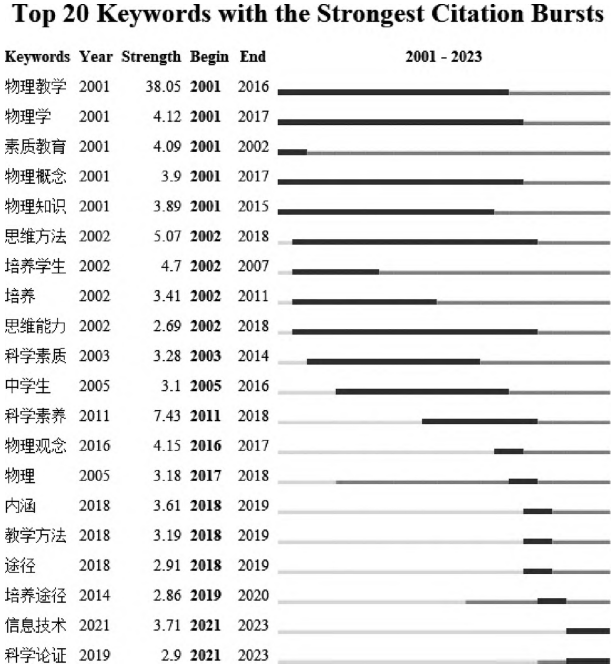

图 2 关键词突现图

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

势，科学思维要素，如科学论证等的深入研究也是未来的发展方向.

5 研究结论与展望

本研究利用 CiteSpace 对 2001—2023 年 CNKI 数据库中关于“科学思维”并含“物理教学”的文献数据进行了可视化分析并通过精细化阅读文献，得出以下几点结论：(1) 从刊文数量看，以 2016 年为界，可将科学研究历程分为两个阶段，当前正处于深化发展阶段且在国内仍具有一定的发展势头.(2) 从研究热点看，国内科学思维的研究主要聚焦在科学思维的内涵、价值、培养、评价等方面，研究文献数量较多，内容较为体系化.(3) 从演进趋势看，未来对科学思维的研究可能有两条路径，一是借助信息技术发展科学思维，二是对科学思维的要素如科学论证等进行更深入的研究.

虽然我国科学思维的研究已经取得一些成果，但仍有探索深化的空间.(1) 从理论角度看，学术共同体对科学思维内涵的界定、类型的确定还有待统一；对科学思维能力的培养偏经验化、笼统化，理论支撑类研究缺乏；科学且统一的思维评价理论框架尚未形成.(2) 从实践角度看，研究关注点不够发散.大多研究聚焦在教学中培养，较少关注到其他情况；实证性研究较少.提升科学思维的教学策略效果如何，还有待验证；评价量化工具亟待开发.目前教师大多根据经验命题，周期长效率低，不利于有效测评；信息技术融合不够紧密.信息技术可以打破教学在时空上的限制，极大提高教学效果，研究广度、深度有待提高.

参考文献：

1 张恩德.科学思维素养的重新审辨与教学实现[J].课程·教材·教法，2022，42(4)：127－133.
2 李正福，谷雅慧.论物理核心素养视野下的科学思维教育内容[J].课程·教材·教法，2018，38(2)：97－102.
3 董博清，彭前程.核心素养视域下科学思维的内涵及其实现路径[J].课程·教材·教法，2019，39(4)：84－90.
4 中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版)[S].北京：人民教育出版社，2018.
5 陈运保，张善奎.近十年我国物理教育领域科学思维研究综述——基于 CNKI 1391 篇论文的内容分析[J].物理教学探讨，2021，39(9)：1－6.
6 曹宝龙.物理模型的建构与教学建议[J].物理教学探讨，2016，34(5)：1－5.
7 王黎阳. 我国高考物理试题对科学推理能力的考查研究[D].重庆：西南大学，2022.
8 周佳.基于 CIA 模型培养科学论证能力的实践[J].物理教学，2022，44(6)：24－27.
9 孙凯悦. 高一学生物理质疑能力现状研究[D].苏州：苏州大学，2023.
10 张旺.科学创造与科学素质培养[J].教育研究，1999(10)：17－22.
11 史宁中.试论教育的本原[J].教育研究，2009，30(8)：3－10.
12 王高.科学探究：思维不能缺席——对“牛顿第一定律”教学的深度思考[J].物理教师，2021，42(4)：18－20，25.
13 张嘉充，蒋炜波.指向科学思维的物理教学设计的综述与思考[J].中学物理，2023，41(15)：6－11.
14 符译丹，陈立万.基于“5E”教学模式的高中物理教学设计探究——以人教版“液体的表面张力”教学为例[J].物理教师，2022，43(1)：6－11.
15 黄以明.五环教学：培养学生物理核心素养[J].教育学术月刊，2018(9)：81－86.
16 袁维新.论基于模型建构的概念转变教学模式[J].教育科学，2009，25(4)：31－35.
17 张新玉.逆向思维下压强创新实验的教学设计[J].物理教学，2019，41(6)：25－27.
18 游德锐. 培养学生物理核心素养的“问题化教学模式”探索与实践研究[D].武汉：华中师范大学，2021.
19 周玲.原始物理问题教学的实践探索[J].物理之友，2019，35(12)：23－24，27.
20 朱涛平.生活化教学模式在初中物理教学中的有效应用[J].理科爱好者，2022(4)：57－59.
21 卞志荣，刘琦.创设探究教学情境 培养学科核心素养——以“动量和动量定理”教学为例[J].物理教师，2020，41(10)：21－24.
22 郑洪英.基于核心素养的高中物理情境教学策略研究[J].中学理科园地，2023，19(2)：21－23.
23 史载天，李贵安，樊琼，等.基于“四层”“四翼”的新高考物理试题情境化评析——以 2022 年“3＋1＋2”新高考 8 省市为例[J].物理教师，2023，44(7)：78－82，84.
24 戎杰.提升科学探究素养 培育物理高阶思维——以“摩擦力”第一课时教学为例[J].中学物理教学参考，2022，51(28)：4－7.
25 石国辉. 思维可视图在中学物理教学中的应用[D].武汉：华中师范大学，2018.
26 刘竹明，余宇飞.高中物理科学思维能力评价的研究与实践[J].中学物理教学参考，2022，51(2)：13－15.
27 邱欣连. 基于核心素养的初中物理科学思维培养策略研究[D].南昌：江西师范大学，2021.
28 樊卓琳. 高考物理试卷对科学思维能力的考查研究[D].西安：陕西师范大学，2019.
29 齐国元.指向科学思维素养水平评价的路径研究[J].物理通报，2021(4)：12－16.
30 夏旭，姜玉梅，柏杨，等.2021 年高考物理试题中科学推理能力考查的定量分析[J].物理通报，2022(4)：134－136，152.
31 蒋炜波.科学思维发展层级模型及其导向下的学习评价[J].中学物理，2021，39(13)：10－12.
32 丁亚娟. 物理学科“科学思维”评价指标的构建与运用[D].太原：山西师范大学，2022.

(收稿日期：2023－09－05)

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net