

中国科学教育研究的理论应用和发展

李 雪¹ 柳秀峰^{2*}

(1. 陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室, 西安, 710062

2. 澳门大学教育学院, 澳门, 999078)

摘 要: 理论对于科学教育研究具有重要意义, 它指导并贯穿问题提出、研究设计、数据收集与分析、结果阐释等各个环节。理论在科学教育研究中的应用可划分为三个水平层级: 第一级是无理论支撑的描述性与概念性分析; 第二级涉及使用理论进行假设检验或结果解释等; 第三级为系统性地构建、检验与修订理论。本研究分析中国大陆学者在 Web of Science 核心合集中发表的科学教育文章, 发现大多数研究处于第一级和第二级, 仅少数研究处于第三级。值得注意的是中国科学教育研究中使用的理论很少来自中国本土, 几乎都来自其他国家。基于以上发现, 本研究建议未来开展科学教育研究需进一步融合心理学、教育学、社会学等学科的相关理论, 同时亟须建立植根于我国本土情境的科学教育理论体系。

关键词: 中国科学教育; 理论驱动的研究; 研究方法论; 认识论

一、研究背景

2002 年, 美国国家研究委员会发表了一份开创性的报告, 确定了教育科学研究与自然科学、医学、工程、社会和行为科学所有学科共同遵循的五项原则。^[1] 其中一项原则便是研究联系理论, 指出教育研究的长期目标在于建构能够超越具体情境、对现象做出稳定解释的理论。理论作为解释物理世界与社会世界的概念模型, 通过不断地建构、修正和迭代来推动科学进步。在科学教育研究中, 虽然未形成像相对论、原子结构、进化论、大陆漂移等这些自然科学领域中的宏大理论, 但仍然发展出了一系列试图解释科学教育某些方面的“中层理论”。^[2] 例如学习进阶、科学素养愿景 I、II 和 III 等。在科学教育子学科领域中也出现了诸如化学教育中的三重表征理论等低层理论。这些理论在解释范围和普遍适用性上虽有所不同, 但它们都具备一定的解释和预测功能。科学教

* 柳秀峰, xiufengliu@um.edu.mo。

育研究的最终目标是发展能够解释科学教育现象的理论体系。^[3]

中国科学教育研究长期受政策和实践导向的影响^[4]，研究对象主要集中在具体单一学科的课程、教材、教学、评估等实际问题，强调内容分析和课堂经验。这一传统被称为教学法传统，与西方以理论为导向的研究存在根本差异，后者被称为实证传统^[5]，关注课程、教材、教学、评估等问题背后的普遍规则、原则、模式和规律。两种研究传统侧重于不同的研究方法和主题：教学法传统通过哲学和概念分析来描述问题和实践，关注学科内容和教师；实证传统则以理论为指导，基于数据系统推理以解释学习过程，关注学生与学习机制。二者并非相互对立，而是构成从实践到理论的连续体。

从实践到理论的连续体，可以从认识论的视角来理解。认识论可分为三个层级，与皮亚杰的认知发展阶段相对应。^[6] 具体而言，第一级对应具体运算阶段，知识被视为是对经验的直接描述，未能区分观点与证据；第二级对应形式运算阶段，能够进行假设检验、解释现象，并能够区分观点与证据；第三级对应后形式运算阶段，认识到知识的本质是理论构建、检验、修正和更迭的循环，能够区分理论、假设、预测和证据。从第一级到第三级的认识论发展，是科学教育研究走向成熟的重要标志。本研究将基于此三级认识论特点对样本进行三个理论应用水平的划分。

二、问题的提出

有学者提出，在 21 世纪初，科学教育在欧美等发达国家或地区就已发展为成熟学科^[7]，但在中国大陆，科学教育作为一门独立学科仍处于形成阶段^[8]。尽管如此，中国的科学教育研究在过去二十多年中取得了长足的进步。^[9] 根据台湾师范大学研究团队的长期追踪分析^[10-11]，1998～2002 年，中国大陆学者在《科学教学研究杂志》(*Journal of Research in Science Teaching*)、《科学教育》(*Science Education*) 和《国际科学教育杂志》(*International Journal of Science Education*) 这三大国际顶级的科学教育研究期刊上几乎没有发表文章，而在 2018～2021 年，中国大陆学者在这三大期刊上的发文总数已跃升至全球第三，仅次于美国和德国，且在 2022 年超过德国，位居第二。

但是数量增加并不必然意味着文章科学性的提升。在国际科学教育研究领域，理论应用程度往往被视为判断文章科学性的重要标准。^[12] 基于此本研究从文章理论应用的视角，系统审视中国学者发表在国际期刊上文章的科学性。研究主要从以下三个步骤展开：首先阐明数据来源与筛选方法；其次从整体和时间演进两个维度，分析文章中理论应用水平、所属领域及来源；最后基于研究结果，从理论应用与发展角度探讨提升中国科学教育研究科学性的路径。

三、数据来源与筛选方法

为系统分析我国科学教育研究领域在国际期刊发表文章中的理论应用水平，并据此评估学科发展的科学性程度，本研究以 Web of Science 核心合集中中国大陆学者发表的科学教育文章为研究对象。Web of Science 核心合集是一个由科睿唯安 (Clarivate) 公司运营的由精选的、高质量的学术文献构建的引文索引数据库。

在中国,随着科学教育内涵的扩展,其范畴已从单一的学科教育发展为融合多领域的跨学科教育。STEM教育的理念逐步嵌入科学课程之中,而工程教育不仅被视为科学教育的延伸方向,也被认为是STEM教育的重要组成部分。因此,本研究在Web of Science核心合集数据库中以“STEM”“science”“scientific”“engineering”“biology”“chemistry”“physics”为主题词进行检索。为聚焦教育相关领域,进一步设置学科筛选条件,包括“Education Scientific Disciplines”(科学教育学科)、“Educational Research”(教育研究)、“Psychology Educational”(教育心理学),以及“Psychology Multidisciplinary”(多学科心理学)。经初步筛选,共得到5681篇文献。

在此基础上,由两名经过系统培训的研究人员依据以下纳入标准进行人工筛选:第一作者或通讯作者须隶属于中国大陆的科研或教育机构;研究对象须聚焦于K-12教育阶段。筛选工作截至2024年11月13日,最终获得559篇符合条件的文章,作为本研究分析的数据基础。

四、主要研究结果

中国学者在国际科学教育研究期刊上发表文章的情况可分为三个阶段:第一个阶段为2001~2017年,该阶段文献发表数量呈波动式上升趋势,代表了中国科学教育研究的起步与探索期;第二个阶段为2018~2022年,中国科学教育研究进入稳步和快速发展的阶段;第三个阶段为2023~2024年,中国学者在国际科学教育领域的发文数量显著增加。

(一) 理论应用的层级水平

中国学者不同阶段科学教育研究中理论应用水平及其占比情况如表1所示。其中,水平1(经验型)将科学教育研究视为一种经验性的描述,研究未涉及任何理论;水平2(解释型)将科学教育研究视为假说生成与检验的过程,理论仅作为背景,用于解释概念、说明方法或解释结果;水平3(理论驱动型)将科学教育研究视为理论指导下的活动,系统地运用理论提出问题与假设,收集并分析数据以检验假设,进而对理论进行验证、修正,或提出新的理论。^[13]

表1 不同阶段中国学者在国际科学教育研究中理论应用比例

	2001~2017年	2018~2022年	2023~2024年	总计
无理论(水平1)	44.59%	38.80%	39.57%	39.89%
有理论(水平1、2)	55.41%	61.20%	60.43%	60.11%

研究结果显示,中国学者对理论的关注呈持续增强趋势:2001~2017年占比为55.41%,2018~2022年为61.20%,2023~2024年略有波动,但仍保持在60.43%。总体而言,中国学者发表的科学教育文章中,有60.11%明确采用理论作为研究支撑。然而,这一比例与国际科学教育研究相比仍存在差距,有学者分析SSCI一区的国际顶级科学教育期刊*Journal of Research in Science Teaching*发现,2005年该期刊具有理论支撑的研究比例高达86.7%。^[14]

在国际科学教育研究中,中国学者的理论应用水平整体表现为:水平1占比39.89%,水平2占比20.21%,水平3占比39.89%。图1展示了不同阶段发文的理论应用水平变化,从图中可以看到,2001~2022年,水平1和水平2的研究比例呈现出下降趋势,而水平3的研究占比呈现出上升趋势;2023~2024年理论应用水平比较稳定。这一趋势反映出中国学者的研究范式逐渐从

经验描述向理论驱动转变。

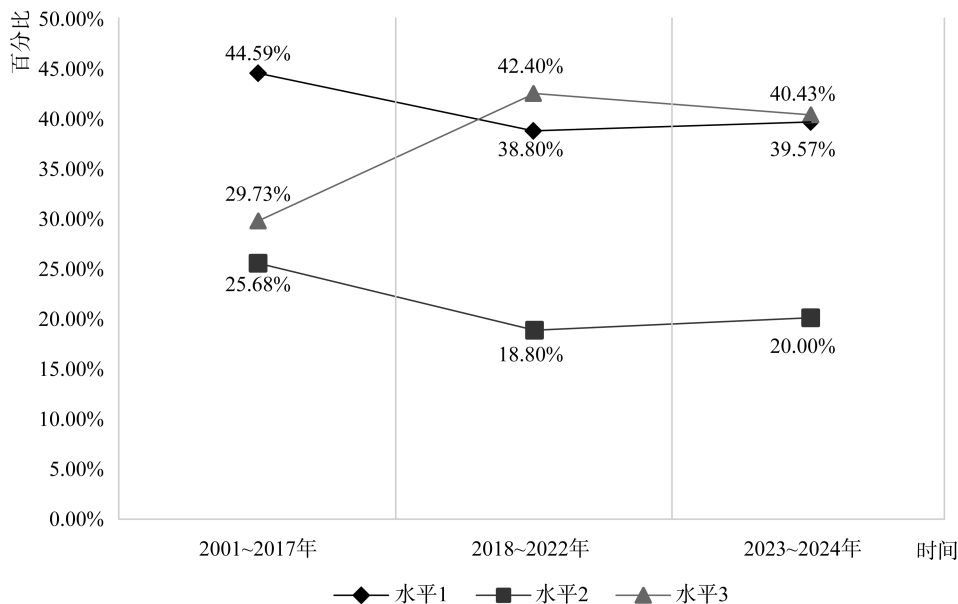


图1 不同阶段中国学者在国际科学教育研究发文中的理论应用水平

(二) 理论的所属领域

从理论所属的主要领域的分布来看,中国学者在国际科学教育研究发文中的整体表现为:心理学占比45.7%,教育学占比33.4%,科学教育占比14.3%,哲学占比5.1%,社会学占比1.2%。本研究的分类原则是:一篇文章可能涉及多种理论,依据其主导性理论进行归类。例如,后续提到胡卫平教授的文章^[15]虽涉及建构主义理论、图式理论等理论,但其核心理论框架为思维型教学理论,因此将其归为教育学类。

由此可见,心理学与教育学理论占据主导地位。图2展示了不同阶段所发表的文章在理论领域上的演变趋势。值得关注的是,心理学理论(如自我决定理论、社会认知理论、期望—价值理论等)的应用比例持续上升,反映出中国学者逐渐关注学生科学学习过程中学习动机、自我效能感等因素形成的心理机制。

相较之下,教育学理论的比例呈下降趋势,这可能与中国学者的研究主题逐渐由课程与教学转向学习行为与认知机制有关。同时,科学教育领域内的理论(如概念转变理论、科学本质理论)及哲学理论(如科学哲学)呈现波动状态,反映出这些领域的理论在中国研究语境中尚未形成稳定的研究范式,仍处于发展阶段。

(三) 研究应用理论的来源

不同阶段中国学者在国际科学教育研究发文中理论的来源情况如表2所示。其中,西方理论占比高达98.21%,而中国本土理论仅占1.79%。2001~2017年,几乎没有研究对本土理论进行

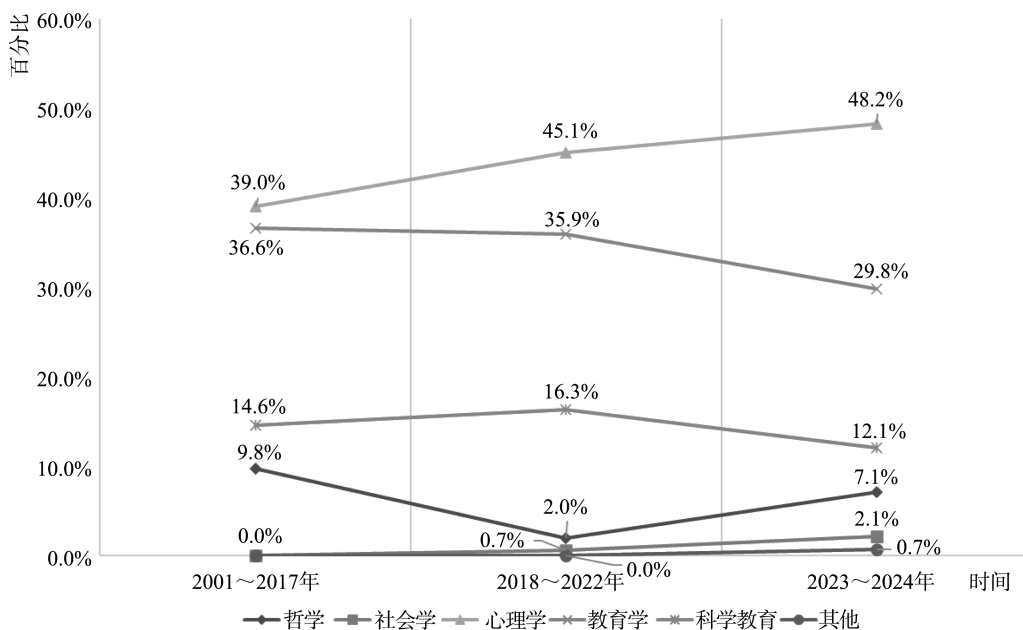


图2 不同阶段中国学者在国际科学教育研究发文中的理论所属领域分布

应用；2018年以后，虽出现一定增长（约2.61%），但总体仍处于边缘地位。这说明，中国科学教育研究尚未形成系统的本土理论体系，学者在研究设计与结果解释上仍高度依赖西方理论框架。仅有少量文章系统地使用中国本土理论开展研究。例如，王磊教授提出学科能力框架（Subject Competency Framework），以此为理论基础，系统指导教学目标的确定、教学内容的组织与学生学习活动的设计，并结合前后测与课堂访谈数据，验证该理论指导下的教学对提升学生学科能力具有积极作用^[16]；再如，胡卫平教授将思维型教学理论（Think-Based Instruction Theory）作为STEM教育的核心理论基础，系统提炼出基本教学原则和要素，并基于此建构完善的STEM教学框架，开发“学思维—学探究—学创新”的课程体系，该理论贯穿于课程目标设定、教学流程设计、课程体系开发的全过程^[17]。

表2 不同阶段中国学者国际科学教育研究发文的理论来源及其分布

	2001~2017年	2018~2022年	2023~2024年	总计
本土	0.00%	2.61%	1.42%	1.79%
西方	100.00%	97.39%	98.58%	98.21%

五、研究启示

综合以上研究结果可见，中国科学教育研究在理论驱动方面仍有较大提升空间。推动研究理论化进程主要有两大途径：一是积极引入并应用其他学科的相关理论，二是着力建构本土化的科学教育理论。

（一）应用其他学科的相关理论

科学教育研究具有显著的跨学科属性，广泛涉及心理学、社会学、经济学、人类学、政治学等诸多学科。同时，科学教育还是教育学的分支学科，可以支撑科学教育研究的理论来源丰富且多元。图3展示了适用于科学教育研究的理论体系。

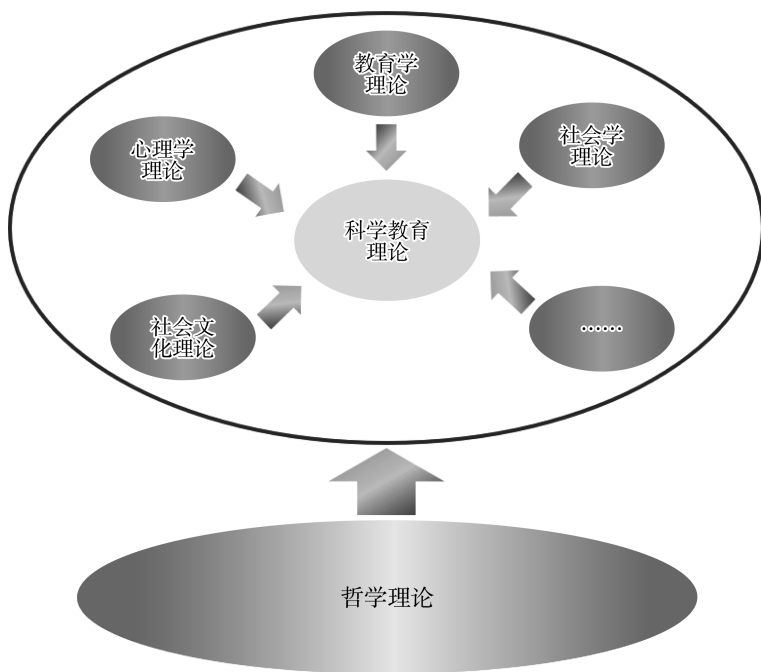


图3 科学教育研究的适用理论

我国科学教育研究可以充分应用其他学科的理论，教育理论如舒尔曼的教学内容知识、杜威的经验学习理论，心理学理论如皮亚杰的认知发展理论、维果茨基的社会文化学习理论、拉夫的情境认知理论，社会学理论如布迪厄的文化资本理论、马克思的社会阶层理论，社会文化和人类学理论如霍兰德的图形世界理论和哈雷的定位理论，等等。不同理论适用于不同类型的研究问题，心理学理论多适用于学生学习过程和结果的研究，教育学理论更适用于以教师为重点的研究，社会学和社会文化理论则侧重于教育环境影响的研究。同时，还应重视对我国本土理论的应用。

丰富的理论资源为科学教育研究提供全面指导，同时也意味着研究者需要不断更新和扩展自身的理论视野。对于新进入该领域的研究者而言，首先需要熟悉各种理论。研究者可以通过学习《科学教育研究手册》（第三卷）^[18] 了解理论，并在实践中不断深化理解。

（二）建构本土科学教育理论

尽管理论的应用不应局限于一个国家或文化，但其产生往往植根于特定的国家背景与文化传统。中国拥有全球规模最大的科学教育体系，以及独特的文化传统、历史背景和政治制度，这为孕育新的科学教育理论提供了丰沃的土壤。因此，发展中国本土的科学教育理论，不仅是对中国科学教育研究的贡献，也将为世界科学教育理论体系注入新的活力。

理论建构通常遵循归纳逻辑,其中扎根理论是最具有代表性的研究方法之一^[19]。这种质性研究方法强调在研究过程中系统收集数据(如观察与访谈资料),通过数据收集与分析的持续迭代,逐步抽象提炼出解释性理论。在中国语境下开展此类研究,有助于形成真正回应本土现实又具备国际对话能力的科学教育理论。

本研究对中国学者在科学教育研究中理论应用情况进行探索,但仍有一定局限性。第一,一篇文章可能涉及多个理论,但通常存在主导理论,本研究以主导理论作为归类依据,然而某些理论的归类可能存在一定的主观性。第二,对一篇文章理论应用水平的判断存在一定误差。第三,样本存在一定局限性。本研究数据来源为 Web of Science 核心合集中中国大陆学者发表的文献,未包含香港、澳门、台湾的研究成果,也未涵盖国内科学教育领域的重要文献。未来研究可以通过扩大数据来源与覆盖范围,进一步深化对中国科学教育理论发展的整体认识。

致谢

陕西师范大学的胡卫平教授和华南师范大学的杨韵莹教授为本文的初稿提出建议,在此表示感谢!

作者简介

李雪,陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室博士生。研究方向:科学教育。

柳秀峰,澳门大学教育学院 STEM 教育讲座教授、教育测评研究中心主任。研究方向:STEM 教育。

参考文献

- [1] National Research Council. Scientific research in education [M]. Washington, D.C.: National Academies Press, 2002: 52.
- [2] Merton R K. The sociology of science: Theoretical and empirical investigations [M]. Chicago: University of Chicago Press, 1973: 8.
- [3] Novak J. A preliminary statement on research in science education [J]. Journal of research in science teaching, 1963, 1 (1): 3-9.
- [4] 王连照,唐静.中国特色科学教育话语:分期、要义与进路 [J]. 中国科学教育, 1 (8): 100.
- [5] Jenkins E W. Research in science education in Europe: Retrospect and prospect. //Behrendt H, et al. Research in science education-Past, present, and future [M]. Dordrecht: Springer, 2001: 17-26.
- [6] Lawson A E. How “scientific” is science education research? [J]. Journal of research in science teaching, 2010, 47 (3): 257-275.
- [7] Fensham P. Defining an identity: The evolution of science education as a field of research [M]. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2004: 4.
- [8] 郑永和,杨宣洋,陶丹,等.中国科学教育研究:历史沿革、发展逻辑与未来展望 [J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2024, 11 (42): 95.
- [9] 胡卫平.中国科学教育发展报告 [M]. 石家庄:河北人民出版社, 2025: 2.

- [10] Tsai C, Wen M L. Research and trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals [J]. International journal of science education, 2005, 27 (1): 3-14.
- [11] Lin T J, Lin T C, Potvin P, et al. Research trends in science education from 2018 to 2022: A systematic content analysis of publications in selected journals [J]. International journal of science education, 2025, 47 (4): 510-538.
- [12] 同 [6].
- [13] 同 [6].
- [14] 同 [6].
- [15] Hu W, Guo X. Toward the development of key competencies: A conceptual framework for the STEM curriculum design and a case study [J]. Frontiers in education, 2021, 6: 684265.
- [16] Wang L, Wang Q, Kong S, et al. Subject competency framework in fostering high-end lesson study—a case of teaching “properties of iron salts” unit in a senior high school [J]. International journal for lesson and learning studies, 2022, 11 (2): 73-90.
- [17] 同 [15].
- [18] Lederman N G, Zeidler D, Lederman J. Handbook of research on science education (vol. III) [M]. New York: Routledge, 2023: 89.
- [19] Glaser B G, Strauss A L. The discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research [M]. New York: Aldine de Gruyter, 1967: 14.

Theory Application and Development in Chinese Science Education Research

Li Xue¹, Liu Xiufeng²

- (1. Key Laboratory of Modern Teaching Technology [Ministry of Education],
Shaanxi Normal University, 710062;
2. Faculty of Education, University of Macau, 999078)

Abstract: Theory holds great significance for scientific education research, guiding and permeating every aspect of the research process, from problem formulation and design to data collection and analysis, and result interpretation. In scientific education research, the application of theory can be divided into three levels. Level 1 involves descriptive and conceptual analysis without theoretical support; Level 2 involves applying theories to hypothesis testing or result interpretation, among other tasks; Level 3 manifests as systematic theoretical construction, testing, and revision. This study analyzed scientific education articles published by scholars from the Chinese mainland in Web of Science core collection, finding that most were at Levels 1 and 2, with only a few at Level 3. Notably, the theories employed in China’s scientific education research are almost entirely from other countries, lacking indigenous theories from China. This

study suggests that future research should further integrate theories from related disciplines such as psychology, education, and sociology to conduct scientific education research. At the same time, there is an urgent need to promote the establishment of a scientific education theoretical system rooted in China's local context.

Key Words: Chinese Science Education; Theory-driven Research; Research Methodology; Epistemology