

国际科学教学心理的研究进展与趋势^{*}

韩葵葵 胡卫平 王碧梅

(陕西师范大学现代教育技术教育部重点实验室, 西安 710062)

摘 要: 近几年来, 国际科学教学心理研究体现出研究思路的系统化、研究方法的综合化和研究内容的整合化等特点, 研究领域主要集中在概念学习、学习环境、探究教学、教师研究等方面。概念学习注重核心概念和学习进阶, 学习环境重视技术支撑和模型建构, 探究教学强调合作学习与科学论证, 教师心理侧重发展模型、专业知识和专业信念。在未来的科学教学心理研究中, 科学学习和问题解决的认知神经机制将会得到重视, 聚合科技的思想将会得到体现, 围绕科学教育促进学生核心素养提高的研究将会得到加强。

关键词: 科学教学心理; 研究进展; 研究趋势

2007 年, 我们系统总结了 20 世纪 50 年代以来国际科学教育的研究趋势, 提出了科学教育研究的未来展望, 发表在《华东师范大学学报(教育科学版)》2007 年第 4 期。随着科学技术的进步, 学习理论、学习科学的进展, 科学教育研究有了快速的发展。本研究系统分析了国际科学教育领域四种著名的期刊《科学教育》(美国)、《国际科学教育杂志》(英国)、《科学教育研究》(美国) 和《科学教育研究杂志》(澳大利亚) 2008-2013 年发表的文章, 结果表明: 国际科学教学心理研究领域主要集中在概念学习、学习环境、探究教学、教师研究等方面, 占到总论文的 70% 以上。下面就这些方面的研究进展作一综述, 并分析研究趋势。

一、概念学习注重核心概念和学习进阶

科学教育研究者普遍认为, 概念学习是科学教育的主要目标, 以往的研究主要集中在概念发展、概念转变和概念图三个方面, 研究主题几乎涉及到科学的各个领域。进入 21 世纪以来, 随着学习理论和学习科学研究的不断深入, 核心概念和学习进阶的研究得到重视。

科学教育的目标不是去获得一大堆由事实和理论堆砌的知识, 而应是实现一个趋向于核心概念的进展过程。核心概念是某个知识领域的中心, 是一种教师希望学生理解并能得以应用的概念性知识, 这些知识必须清楚地呈现给学生, 以便学生理解与他们生活相关的事件和现象。2011 年 7 月, 美国颁布了《K-12 年级科学教育框架: 实践、跨领域概念和核心概念》(A Framework For K-12 Science Education—Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas, 以下简称《框架》)。《框架》主要的特色之一就是强调 K-12 的科学和工程教育应把重点放在跨学科的一些重要概念和各学科有限数量的核心概念。随着科学教育研究的不断深入, 研究者也在不断赋予核心概念新的内涵, 并开展对各领域中核心概念的研究和分析, 如物质结构和性质的核心概念 (Cooper, Corley, & Underwood, 2013)、纳米科学的核心概念 (Stevens, Sutherland, Schank, & Krajcik, 2007; Stevens, Sutherland, & Krajcik, 2009)、天文学的核心概念 (Lelliott & Rollnick, 2010) 以及核心概念的呈现方式 (Brooks, 2009) 等。

^{*} 基金项目: 国家自然科学基金(项目编号: 31271094, 31470977)、科技基础性工作专项(2013IM030200)、教育部人文社科基金(12YJA190007)、陕西省 2012-2013 年度基础教育重大招标课题(ZDKT1208-1)。

科学教育领域第一次正式提出学习进阶(Learning Progressions)是在2004年。美国国家研究委员会(National Research Council 2007)指出“学习进阶(Learning Progressions)是对学生连贯且逐渐深入的思维方式的描述。在较大时间跨度内(6-8年)学生学习和研究某一概念或主题时,这些思维方式是依次进阶的。”《框架》指出:科学学习是一种将科学解释概念化(conceptualize)的过程,这一过程可以通过学习进阶的形式表现出来。学习进阶实质上就是对核心概念的理解的逐级深入和持续发展(Alonzo & Steedle, 2009)。通过学习进阶,发展学生对核心概念的理解,帮助学生形成良好的知识结构、深度理解科学概念、提高解决问题的能力,已经成为当代基础教育科学课程改革核心理念(Duncan & Rivet, 2013)。

自从学习进阶提出之后,相关的研究主要有以下几个方面:第一,基于核心概念构建和呈现学习进阶。学习不仅仅是为了要知道一系列的科学事实,更重要的是要围绕核心概念构建知识体系和模型,并广泛运用科学概念解释自然现象。构建学习进阶的方法可以分为逐级进展法(escalated approach)和全景图法(landscape approach)两种类型。第二,考察学生理解核心概念的真实路径。学习进阶的起点(the lowest level)是“学生入学时的(前)概念和推理”,终点(the highest level)是“学习目标”,同时存在多个相互关联的中间水平(intermediate levels)。学习进阶描述学生对核心概念的认识是如何不断发展的,这些水平反映了学生的思维发展过程(Neumann, Viering, Boone, & Fischer, 2013)。Mohan(2009)构建了小学4年级至高中“生态系统中碳循环”的学习进阶,给不同年级的学生呈现不同的学习主题,以帮助学生在原有理解的基础上不断深化对该知识的理解。Jin(2012; 2013)又分别构建了小学4年级至高中“生态系统中能量传递”和“物质-能量”的学习进阶框架。第三,开发学习进阶的评价工具。学习进阶通常含有一套从开发、验证到使用的完整评估方法,研究者已经开发出各种评测工具,用以探查学生在一定时间跨度内的概念理解过程,并描绘出学生学习的多个成就水平。Neumann(2013)建构了“能量”的学习进阶,并用能量概念评价工具(The Energy Concept Assessment)评价学生对能量的理解水平。教师基于学习进阶的测评手段实现对于学生学习水平的充分了解,以此为依据选择合适的教学方式和策略。

二、学习环境重视技术支撑和模型建构

随着科学技术的进步,技术支持的学习环境得到了不断更新和发展,越来越多的此类产品用于支持学生的科学学习以及相关能力的培养,一般而言,根据学习者使用技术的方式可以将学习环境分为三种,一是以多种信息(如文本、图表、图形、声音、视频等)方式呈现的多媒体学习环境;二是允许学习者直接操作和使用的多媒体学习环境;三是允许学习者对这些表征直接操作的计算机仿真学习环境。

近几年来,各种技术支持的基于模型的教学环境(Technology-Enhanced Modeling-Based Instruction, TMBI)的开发和应用得到研究者的高度重视,通过模拟一系列科学现象(特别是那些肉眼无法观察到的、抽象的、难以理解的、特别危险的科学现象),帮助学生以合作学习的方式,达到对科学现象的感知和科学本质的理解(Shen, Lei, Chang, & Namdar, 2014)。SMALLLab可以帮助高中学生在模拟环境中学习地质演变(Birchfield & Megowan-Romanowicz, 2009); Mr. Vetro模拟技术用于高中生学习人体生理学(Ioannidou et al., 2010); ToonTalk 视频游戏工具能够帮助学生学习动力学,学生们在一个小组中建构视频游戏、编程和模拟运动过程(Simpson, Hoyles, & Noss, 2006); WISE 科学探究环境体系帮助学生科学探究,促进同伴互助合作,建立交互作用模型,学习核心科学概念,达到知识深度融合(Shen & Linn, 2010); 大气污染模型环境(Air Pollution Modeling Environment, APoME)是一个技术支持的科学学习环境,利用新手-专家分析方法讨论在该环境下高中生建模活动的发展(Wu, 2010); 欧洲五所大学联合设计开发了基于网络的合作式学习环境 Co-Lab (Collaborative Laboratories for Europe)。模拟实验软件的可控性用于考察和培养学分析、推理能力,聊天工具和过程监控工具的设计便利了为学生的合作探究和教师的评价以及指导,而建模工作区的设置又促进了学生的概念应用。它体现了通过多种

要素设计, 为学生合作、观察、操作以及理解和应用科学探究所学知识提供更为全面的支持观点。

大量研究显示, 基于模型的科学学习环境有效促进了教学质量的提高。

第一, 深化概念理解。随着学习科学和科学教育研究的不断深入, 人们越来越认识到, 需要围绕核心概念进行教学, 加强对科学知识的深度理解。创设基于模型的科学学习环境, 让学生在计算机支持的环境中开展科学实践活动, 有利于学生学习科学概念, 理解科学知识(Kang & Lundeborg, 2010)。Yen, Tuan, & Liao(2011) 研究了学生在基于网络和基于教室的学习环境中概念学习的成绩, 结果表明: 基于网络的双重情景教学模式更利于学生的认知发展、动机激发和概念转变。Sun & Looi(2013) 开发了基于网络的科学学习环境, 有效支持了学生基于建模的合作探究, 为学生提供了知识建构的多种途径, 帮助学生建立了系统的科学概念结构, 促进了学生批判性思维能力的发展。Plass et al. (2012) 研究了化学学习中计算机模拟的有效性, 结果表明: 计算机模拟的方法可以有效地帮助学生了解科学现象和理解科学概念。

第二, 促进科学探究。科学探究是科学家探索 and 了解自然、获得科学知识的主要方法。科学教学倡导探究式学习, 为学生提供充分的探究式学习机会, 逐步培养学生收集和处理科学信息的能力、获取新知识的能力、分析问题和解决问题的能力, 以及交流与合作的能力等, 形成尊重事实、善于质疑的科学态度, 突出学习能力、创新精神、实践能力, 以及批判性思维和创造性思维能力的培养。基于模型的科学学习环境有利于促进学生进行科学探究, 提高学生的探究能力。科罗拉多大学博尔德分校研制了交互式模拟软件 PhET, 该软件涉及数学、物理、化学、生物和地理等学科, 帮助学生建立可视化的科学模型, 促进学生的科学探究(Wieman, Adams, Loeblein, & Perkins, 2010)。Chris Dede 和哈佛大学的同事们共同开展了一项为期十年的基于多用户虚拟环境(Multi-User Virtual Environment, MUVE) 的中学科学教育项目 River City, 该项目是一个 17 个小时的基于团队协作的探究性课程, 学生在 River City 中可以亲身体验科学家的探究过程, 体验科学家群体通过观察、推理、协作及对问题进行识别的过程, 体验科学家形成和验证假设的过程, 以及基于证据导出结论的过程。研究表明: River City 项目与传统的课堂讲授式教学或其他类型的游戏化学习相比, 学生在这种沉浸式的模拟情境中能深度参与, 增强自信, 提高发现和识别问题的能力, 以及科学探究的能力(Dede, 2009)。

第三, 发展模型思维。理想模型是根据研究的问题和内容, 在一定条件下对研究客体的抽象, 是从多维的具体图像中, 抓住最具有本质特征的图像, 建立一个易于研究的、能从主要方面反映研究客体的新图像。为了描述客观事物的运动规律, 科学家往往把研究对象抽象为理想模型, 建模方法是科学研究的常用方法, 模型思维是一种重要的科学思维, 创设基于建模的科学学习环境, 有利于学生建模思维的发展。Model-It 是一款用于小学科学教育的可视化建模和模拟仿真学习软件, 它可以帮助教师和学生整合科学课程内容, 整理学生的思考过程。学生可以利用 Model-It 对课堂上学习的科学现象建立模型, 并通过模拟仿真来测试所建的模型。这个模型可以检测学生对所学知识的理解, 反映学生的思考过程和理解程度, 提高学生的建模能力(Zhang, Liu, & Krajcik, 2006)。Molecular Workbench (MW) 是一款交互式科学模拟软件, 能为科学学习提供可视化的、交互式的分子和原子实验模型, 帮助学生形成分子和原子的动态图景(Xie & Tinker, 2006)。多主体建模软件 NetLogo 可以创设一个虚拟的学习环境, 每个学习者既能独立思考, 又能基于一定的法则实现多向互动, 发展学生的模型思维(Levy & Wilensky, 2009)。

三、探究教学强调合作学习与科学论证

杜威认为科学知识是探究的产物, 要支持学生通过探究去解决真实问题。美国芝加哥大学教授施瓦布于 1961 年在哈佛大学所作的报告《作为探究的科学教学》(Teaching of Science of Enquiry) 中首次提出探究教学的概念, 自此以后, 它成为科学教学的主导模式。皮亚杰指出了社会互动对认知冲突出现的重要性, 维果斯基强调学生学习中的合作与互动。基于这些思想, 斯莱文在 20 世纪 70 年提出合作学

习(cooperative learning) 的概念,并在70年代中期至80年代中期取得实质性进展。由于它在改善课堂氛围、提高学生的认知水平、激发学生的学习动机等方面成效显著,很快引起了世界各国的关注。人们将探究教学和合作学习有机结合起来,形成了合作探究学习,这已成为最近几年科学教学的研究热点。合作探究学习是一个混合术语,它的意义来自科学教学实践对探究的要求,是一个具有挑战性的学习方式,可以激发学生学习科学的动机,并能学会类似于科学家的合作探究过程,理解科学的本质和科学内容。Rozenszayn & Assaraf (2011) 在生态学项目中,让学生通过合作探究的方式进行学习,12 年级的学生参加了户外和教室中的合作探究学习,结果表明:在户外学习中学生集中于讨论测量和观察的方法,以及知识的建构;当学生的学习能力相同或相似时知识建构会发生。为了使学习更有意义,教师的作用非常重要,他们必须排除错误概念,消除低能力和高能力学生的差距;在一个小组中开展合作探究学习,学生能够交流和分享他们的观点和方法,引起认知冲突,通过认知和社会过程更利于认知转变。很多研究表明:合作探究学习有效促进了学生对科学概念的理解和转变,提高了学生提出问题和解决问题的能力(Scherr & Hammer, 2009)。

有关科学教学中合作学习的研究,主要有三种观点:第一种,采用社会认知学习理论的观点,强调个体、行为和环境之间的相互作用。这种学习持一种去情景化的观点,主要依靠元认知、信息加工深度,强调个体的学习和认知,不考虑法规、政治和文化等社会文化因素;第二,以社会文化理论为主要的理论框架,聚焦于合作学习过程中的社会加工,强调学习是任务、情境和文化的相互作用;第三,将社会认知和社会文化观点结合起来,理解合作学习(包括认知和社会加工)中知识的增长。Järvelä, S., Volet, S., & Järvenoja, H. (2010) 检验了动机对合作学习的重要性,讨论了动机在概念化过程中社会因素发生作用的两大特点,即社会影响和社会建构,概括了研究案例,超越了认识—情境的分离,将个体加工和社会加工结合起来研究动机,强调了动机在合作探究学习中的重要作用。

随着科学教育研究的不断深入和科学教学改革不断深化,科学论证得到科学界和教育界的高度重视,成为科学教育的研究热点和有效教学策略。Kuhn(1992) 提出论证是指利用一些证据来支持自己或反对他人意见、主张或结论的过程。Toulmin(1958) 提出了著名的 Toulmin 论证模型,这个模型描述了论证的基本组成部分,包括:主张(表示经由推论而得出的个人立场)、数据和资料(表示从外在现象中所搜集到的证据)、证据(作为推论时的依据)、支持理论(通过回答对证据的质疑而提供附加的支持)、反驳(是通过削弱论证效果的证据和理由阻止从理由得出主张的因素)和限定词(有些情形则必须附加一定的条件或限制才能成立)。Osborne, Erduran, & Simon(2004) 依据 Toulmin 的论证模式将论证的品质区分为五个层次(level):第一层次,论证过程只包含简短的主张;第二层次,论证过程由带有数据、证据、或支持的主张所组成,但不包含任何反驳;第三层次,论证过程呈现一系列带有数据、证据或支持的主张,有时也呈现较为薄弱的反证;第四层次,论证过程呈现一个主张及一个明确的反证,也可能同时具有一些主张或对立主张(但这并非是必要的);第五层次,论证过程呈现超过一个反驳的延伸性论证。

21 世纪以来,科学论证已经逐渐成为科学探究最重要的特征。研究表明:科学论证可以帮助学生发展科学探究能力(Lawson, 2003)、建构科学知识并促进科学概念的转变与理解(Kuhn, 2010)、提升科学认识论水平(Khishfe, 2013)、提升推理能力、批判思维能力和交流能力(Nussbaum & Edwards, 2011)。

正如科学探究一般,科学论证既是一种学习方式,也是一个重要的科学能力。帮助学生提升科学论证能力是科学教育的重要目标。英国将“想法和证据”(ideas and evidence) 设定为教育目标(The National Curriculum for England, 2004);西班牙将“论证能力”(skill of argumentation) 拟定为学生必须具备的基本能力;学生能力国际评价项目(Programme for International Student Assessment, PISA, 2015) 对科学能力的评价包括认识科学问题、运用知识科学地解释现象、运用科学证据做决策并与他人交流。

科学论证也是教学策略,可以分为以下三种类型(Cavagnetto, 2010);第一,浸入式教学策略。该教

学策略将论证活动整合到学生科学实践中促进学生学习 and 理解科学论证。如科学写作启发式方法 (Science Writing Heuristic SWH) 提供给学生实验模板, 分别利用 7 个问题来指导学生构建论证: 我的问题是什么? 我怎样才能回答我的问题? 我观察到了什么? 我的主张是什么? 我的证据是什么? 我的主张和别人的相比如何? 我的主张是如何变化的? 这些问题帮助学生为现象做出解释并决定怎样进行研究(Choi, Notebaert, Diaz, & Hand, 2010)。论证探究模型(Argument-driven inquiry, ADI) 将科学论证与探究过程结合, 而且在教学过程中增加了撰写研究报告和学生互评阶段, 让学生参与到真实的实践活动中, 有效地促进学生学习 and 理解科学知识, 培养学生科学思维能力, 提高学生的科学论证能力(Sampson & Walker, 2012)。第二, 结构式教学策略。该策略主要讲授论证的结构并要求学生将论证应用于各种科学实践活动。第三, 社会科学式教学策略。该教学策略利用社会科学性的议题(socio-scientific issues), 让学生理解社会和科学的相互作用来学习科学论证(Foong & Daniel, 2013)。在科学教学中把学生分成小组, 合作讨论能够有效地提高学生的论证能力(Sampson & Clark, 2011)。传统的科学论证教学是在课堂教学中进行的, 教师主要关注高学业成就的学生而忽视低学业成就的学生。鉴于近年来网络的发展, 以计算机为媒介来辅助学生在网络情境下参与论证活动, 学生将会有更多的机会支持、评价和批评对方的观点。Lin, Hong, & Lawrenz(2012) 的研究发现: 异步讨论的学生的论证水平明显高于参与纸笔测验的学生的论证水平, 此外, 网络同伴评价(online peer assessment) 过程中学生的论证能力和概念理解有了很大提高。

四、教师心理侧重发展模型、专业知识和专业信念

21 世纪以来, 科学教师心理的研究强调专业发展模型的建构, 主要有两种建构方式: 一是理论模型的建构, 包括基于文化分析的理论模型和基于课程分析的理论模型。文化理论研究者 Johnson 认为, 在建构教师专业发展模型时需要将文化要素考虑在内, 通过文化分析建构教师的专业发展模型(Johnson, 2011)。教师专业发展理论研究者 Roth 等人建构了“基于课程分析”(Science Teachers Learning from Lesson Analysis STeLLA) 的项目模型(Roth, Ritchie, Hudson, & Mergard, 2011)。二是实践模型的建构。该模型主要是给教师建构一个专业发展“生态环境”——教师专业学习社区(Professional Learning Communities PLC), 并在实践中建构教师专业发展模型(Richmond & Manokore, 2011)。PLC 是教师专业发展的一种形式, 便于教师之间的探究和互动, 但在通过 PLC 建构教师的专业发展实践模型时, 需要充分考虑教师的各方面因素, 深入研究 PLC 是如何影响教师的专业发展的。

自 Shulman(1986) 提出 PCK 这一概念后, 国外研究者便围绕科学教师的知识进阶以及各类知识之间的转换进行研究。尤其是科学技术对教育领域的冲击, 科技知识(TK) 与学科教学法知识(PCK) 之间的转换和整合, 科学教师的知识便逐渐由 PCK 发展为 TPACK。信息技术的更新换代引起了教育领域的深刻变革, 其中最突出的变革便是教师知识的变革。教师的知识已经不能仅仅局限于学科内容知识(CK)、一般教学法知识(PK)、学科教学法知识(PCK), 教师还应该拥有科技知识(TK)、科技学科知识(TCK)、科技教学法知识(TPK) 和科技学科教学法知识(TPACK)(Saka, Southerland, & Brooks, 2009)。TPACK 是教师的 CK、PK、PCK、TK、TCK、TPK 等知识的集合, 是科学技术和学科教学相结合的完美呈现, 也是科技教学中教师知识的走向。

教师的专业信念影响教师的教学行为, 指导教师的教学实践, 促进教师的专业发展。关于科学教师信念的研究主要集中在教师信念和实践关系的研究, 有两种范式: 一种是在简单的线性模型的基础上讨论的信念和实践的关系, 主要是基于行为主义的框架, 其前提假设是信念会直接引发相应的实践; 另一种是建立在复杂模型的基础上, 综合考虑多种变量对实践的影响, 其前提假设是教师的实践是受多种变量共同影响的, 信念只是其中的一种变量。为了描述复杂情境中信念与实践的多变量之间的关系, 在社会心理学理论模型的支撑下, “扎根信念系统的社会文化模型”(Social cultural Model of Embedded Belief System) 作为教师信念与实践关系的另一研究范式应运而生。该模式为科学教师的信念的发展提供了

分析的框架,将教师的信念根植于社会文化情境之中,认为文化和社会也会影响教师的信念(Saka, Southerland, Kittleson, & Hutner, 2013)。

纵观近几年的科学教学心理的研究,研究思路的系统化、研究方法的综合化和研究内容的整合化得到体现。考虑概念之间的相互关系,探讨核心概念的进阶和理解;突出教学环境的创设,强调个体、行为、环境和文化的相互作用;重视合作与探究的有机联系,研究合作探究教学策略;注重定性与定量的结合,强调社会认知和社会文化的融合;整合学生研究和教师研究,加强基础研究和应用研究。

五、未来研究趋势

随着脑科学、学习科学等学科研究的不断深入和技术的不断进步,未来的科学教学心理研究除系统化、综合化和整合化的趋势外,将会重视如下几个方面的研究。

第一,科学学习和问题解决的认知神经机制将会得到重视。学习科学(Learning Science)是国际上近十几年发展起来的研究学与教的跨学科领域,以认知神经科学、教育技术学、学习心理学等为基础,以更深入地对学习做出科学的理解为目的,并策划和推动学习的创新。学习科学的研究对象是有效学习(effective learning)及其机制与原理,并运用该学科的知识重建课堂及其他学习环境,使人的学习更为深入,更为有效。学习科学的研究成果及研究方法将推动科学教育的研究,形成新的研究领域,其中科学学习与问题解决的认知神经机制将成为重要的研究课题。

第二,聚合科技的思想将会得到体现。2000年,美国国家科学基金会(NSF)和美国商务部(DOC)共同资助70多位美国一流科学家参与聚合科技(Converging Technologies, NBIC)研究,研究的结果是一份“聚合四大科技,提高人类能力”的研究报告,研究报告断言,这四大科学技术的聚合,将会“加快技术进步速度,并可能会再一次改变我们的物种,其深远的意义可以媲美数十万代人以前人类首次学会口头语言”。NBIC为科学教育及科学教育研究在内容、过程、工具等方面提供了有力的支撑,将导致科学教育以及科学教育研究的重大变化。

第三,围绕科学教育促进学生核心素养提高的研究将会得到加强。培养高素质的人才是学校教育的重要目标,围绕学生应该达到的核心素养设置课程、制定课标、开发教材、改进教学、实施评价等是国际教育改革的趋势,学会学习能力、问题解决能力、交流合作能力、批判性思维能力、创造性思维能力等是未来公民应有的重要素质,因此,围绕科学教育培养学生核心素养的课程开发、教学研究、评价研究等将是未来科学教育研究的重要方向。

参考文献

- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389–421. doi: 10.1002/sc.20303
- Birchfield, D., & Megowan-Romanowicz, C. (2009). Earth science learning in SMALLab: A design experiment for mixed reality. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(4), 403–421. doi: 10.1007/s11412-009-9074-8
- Brooks, M. (2009). Drawing, visualisation and young children's exploration of “big ideas”. *International Journal of Science Education*, 31(3), 319–341.
- Cavagnetto, A. R. (2010). Argument to Foster Scientific Literacy A Review of Argument Interventions in K–12 Science Contexts. *Review of Educational Research*, 80(3), 336–371.
- Choi, A., Notebaert, A., Diaz, J., & Hand, B. (2010). Examining arguments generated by year 5, 7, and 10 students in science classrooms. *Research in Science Education*, 40(2), 149–169.
- Cooper, M. M., Corley, L. M., & Underwood, S. M. (2013). An investigation of college chemistry students' understanding of structure–property relationships. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6), 699–721. doi: 10.1002/tea.21093
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323(5910), 66–69.
- Duncan, R. G., & Rivet, A. E. (2013). Science Learning Progressions. *Science*, 339(6118), 396–397. doi: 10.1126/science.1228692
- Foong, C.-C., & Daniel, E. G. (2013). Students' Argumentation Skills across Two Socio-Scientific Issues in a Confucian Classroom: Is

- transfer possible? *International Journal of Science Education* ,35(14) ,2331 –2355.
- Ioannidou , A. , Repenning , A. , Webb , D. , Keyser , D. , Luhn , L. , & Daetwyler , C. (2010) . Mr. Vetro: A Collective Simulation for teaching health science. *International Journal of Computer – Supported Collaborative Learning* ,5(2) ,141 –166. doi: 10.1007/s11412 –010 –9082 –8
- Järvelä , S. , Volet , S. , & Järvenoja , H. (2010) . Research on motivation in collaborative learning: Moving beyond the cognitive – situative divide and combining individual and social processes. *Educational Psychologist* ,45(1) ,15 –27.
- Jin , H. , & Anderson , C. W. (2012) . A learning progression for energy in socio – ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching* ,49(9) ,1149 –1180. doi: 10.1002/tea.21051
- Jin , H. , Zhan , L. , & Anderson , C. W. (2013) . Developing a Fine – Grained Learning Progression Framework for Carbon – Transforming Processes. *International Journal of Science Education* ,35(10) ,1663 –1697. doi: 10.1080/09500693.2013.782453
- Johnson , C. C. (2011) . The road to culturally relevant science: Exploring how teachers navigate change in pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching* ,48(2) ,170 –198. doi: 10.1002/tea.20405
- Kang , H. , & Lundeborg , M. A. (2010) . Participation in science practices while working in a multimedia case – based environment. *Journal of Research in Science Teaching* ,47(9) ,1116 –1136. doi: 10.1002/tea.20371
- Khishfe , R. (2013) . Explicit Nature of Science and Argumentation Instruction in the Context of Socioscientific Issues: An effect on student learning and transfer. *International Journal of Science Education* ,36(6) ,974 –1016. doi: 10.1080/09500693.2013.832004
- Kuhn , D. (1992) . Thinking as argument. *Harvard Educational Review* ,62(2) ,155 –179.
- Kuhn , D. (2010) . Teaching and learning science as argument. *Science Education* ,94(5) ,810 –824.
- Lawson , A. (2003) . The nature and development of hypothetico – predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education* ,25(11) ,1387 –1408.
- Lelliott , A. , & Rollnick , M. (2010) . Big ideas: A review of astronomy education research 1974 – 2008. *International Journal of Science Education* ,32(13) ,1771 –1799.
- Levy , S. , & Wilensky , U. (2009) . Students' Learning with the Connected Chemistry (CC1) Curriculum: Navigating the Complexities of the Particulate World. *Journal of Science Education and Technology* ,18(3) ,243 –254. doi: 10.1007/s10956 –009 –9145 –7
- Lin , H. – s. , Hong , Z. – R. , & Lawrenz , F. (2012) . Promoting and scaffolding argumentation through reflective asynchronous discussions. *Computers & Education* ,59(2) ,378 –384.
- Mohan , L. , Chen , J. , & Anderson , C. W. (2009) . Developing a multi – year learning progression for carbon cycling in socio – ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching* ,46(6) ,675 –698. doi: 10.1002/tea.20314
- Neumann , K. , Viering , T. , Boone , W. J. , & Fischer , H. E. (2013) . Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching* ,50(2) ,162 –188.
- Nussbaum , E. M. , & Edwards , O. V. (2011) . Critical questions and argument stratagems: A framework for enhancing and analyzing students' reasoning practices. *Journal of the Learning Sciences* ,20(3) ,443 –488.
- Osborne , J. , Erduran , S. , & Simon , S. (2004) . Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching* ,41(10) ,994 –1020.
- Plass , J. L. , Milne , C. , Homer , B. D. , Schwartz , R. N. , Hayward , E. O. , Jordan , T. , . . . Barrientos , J. (2012) . Investigating the effectiveness of computer simulations for chemistry learning. *Journal of Research in Science Teaching* ,49(3) ,394 –419.
- Richmond , G. , & Manokore , V. (2011) . Identifying elements critical for functional and sustainable professional learning communities. *Science Education* ,95(3) ,543 –570. doi: 10.1002/sec.20430
- Roth , W. M. , Ritchie , S. M. , Hudson , P. , & Mergard , V. (2011) . A study of laughter in science lessons. *Journal of Research in Science Teaching* ,48(5) ,437 –458.
- Rozenszayn , R. , & Assaraf , O. B. – Z. (2011) . When collaborative learning meets nature: Collaborative learning as a meaningful learning tool in the ecology inquiry based project. *Research in Science Education* ,41(1) ,123 –146.
- Saka , Y. , Southerland , S. , Kittleson , J. , & Hutner , T. (2013) . Understanding the Induction of a Science Teacher: The Interaction of Identity and Context. *Research in Science Education* ,43(3) ,1221 –1244. doi: 10.1007/s11165 –012 –9310 –5
- Saka , Y. , Southerland , S. A. , & Brooks , J. S. (2009) . Becoming a member of a school community while working toward science education reform: Teacher induction from a cultural historical activity theory (CHAT) perspective. *Science Education* ,93(6) ,996 –1025. doi: 10.1002/sec.20342
- Sampson , V. , & Clark , D. B. (2011) . A comparison of the collaborative scientific argumentation practices of two high and two low performing groups. *Research in Science Education* ,41(1) ,63 –97.
- Sampson , V. , & Walker , J. P. (2012) . Argument – driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in

- chemistry. *International Journal of Science Education* ,34(10) ,1443 – 1485.
- Scherr , R. E. , & Hammer , D. (2009) . Student Behavior and Epistemological Framing: Examples from Collaborative Active – Learning Activities in Physics. *Cognition and Instruction* ,27(2) ,147 – 174. doi: 10.1080/07370000902797379
- Shen , J. , Lei , J. , Chang , H. – Y. , & Namdar , B. (2014) . Technology – Enhanced , Modeling – Based Instruction (TMBI) in Science Education. In J. M. Spector , M. D. Merrill , J. Elen & M. J. Bishop (Eds.) , *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 529 – 540) : Springer New York.
- Shen , J. , & Linn , M. C. (2010) . A Technology – Enhanced Unit of Modeling Static Electricity: Integrating scientific explanations and everyday observations. *International Journal of Science Education* ,33(12) ,1597 – 1623. doi: 10.1080/09500693.2010.514012
- Simpson , G. , Hoyles , C. , & Noss , R. (2006) . Exploring the mathematics of motion through construction and collaboration. *Journal of Computer Assisted Learning* ,22(2) ,114 – 136. doi: 10.1111/j.1365 – 2729.2006.00164.x
- Stevens , S. , Sutherland , L. , Schank , P. , & Krajcik , J. (2007) . The big ideas of nanoscience. *Unpublished manuscript*.
- Stevens , S. Y. , Sutherland , L. M. , & Krajcik , J. S. (2009) . *The big ideas of nanoscale science & engineering: A guidebook for secondary teachers*: NSTA press.
- Sun , D. , & Looi , C. – K. (2013) . Designing a web – based science learning environment for model – based collaborative inquiry. *Journal of Science Education and Technology* ,22(1) ,73 – 89.
- Toulmin , S. (2003) . The Uses of Argument. 1958. Cambridge: Cambridge UP.
- Wieman , C. E. , Adams , W. K. , Loeblein , P. , & Perkins , K. K. (2010) . Teaching Physics Using PhET Simulations. *The Physics Teacher* ,48(4) ,225 – 227. doi: 10.1119/1.3361987
- Wu , H. K. (2010) . Modelling a Complex System: Using novice – expert analysis for developing an effective technology – enhanced learning environment. *International Journal of Science Education* ,32(2) ,195 – 219.
- Xie , Q. , & Tinker , R. (2006) . Molecular Dynamics Simulations of Chemical Reactions for Use in Education. *Journal of chemical education* ,83(1) ,77. doi: 10.1021/ed083p77
- Yen , H. – C. , Tuan , H. – L. , & Liao , C. – H. (2011) . Investigating the influence of motivation on students’ conceptual learning outcomes in web – based vs. classroom – based science teaching contexts. *Research in Science Education* ,41(2) ,211 – 224.
- Zhang , B. , Liu , X. , & Krajcik , J. S. (2006) . Expert models and modeling processes associated with a computer – modeling tool. *Science Education* ,90(4) ,579 – 604. doi: 10.1002/sci.20129

(责任编辑 胡 岩)

Research Progress and Trend of International Research on Science Teaching Psychology

HAN Kuikui HU Weiping WANG Bimei

(MOE Key Lab. of Modern Teaching Technology , Shanxi Normal University , Xi’ an 710062)

Abstract: In recent years , international research on science teaching psychology reflects the systematic research ideas , comprehensive research methods and integrated research field. The research topics have focused on concept learning , learning environment , inquiry-based teaching and teacher research , etc. Concept learning focuses on core concepts and learning progression while learning environment on technical support and model construction. Inquiry-based teaching emphasizes cooperative learning and scientific argumentation. Teacher psychology focuses on development models , professional knowledge and professional beliefs. In future study of science teaching psychology , cognitive neural mechanisms in science learning and problem solving will be strengthened , and the conception of polymerization technology will be reflected. Furthermore , researches on developing students’ core competence through science education will be valued.

Keywords: science teaching psychology; research progress; research trend