

# 促进科学本质理解的多元教学路径\*

## ——科学本质教学的国际视角与启示

黄晓

**[摘要]** 作为科学素养的核心,科学本质理解需要显性教学。立足本土化的科学本质教学实践探索,提出了促进科学本质理解的多元教学路径,即科学探究教学、融入科学史哲的教学、科学论证教学、基于社会性科学议题的教学以及科学阅读与科学写作等。进而提出科学本质教学要走向综合、开放、多元,具体表现为:厘清科学本质的内涵与定位,使科学本质教学目标显性化;挖掘不同教学方法的教育价值,丰富和创新科学本质教学方法;发展教师关于科学本质的学科教学知识,探索促进科学本质理解的新路径;基于科学学科知识,建构科学本质的教学评价体系。

**[关键词]** 科学本质;科学探究;科学史哲;科学论证;社会性科学议题

**[中图分类号]** G424.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-718X(2023)09-0052-08

提升学生的科学素养一直是国际上对于科学教育事业的共同追求,而科学本质理解被认为是科学素养中的一个重要部分。科学本质观代表了个体对科学本质属性的认识和理解,具有内隐性、深层性的特点,能深刻地影响个体的科学态度、科学精神以及科学学习的方式和方法等方面的发展<sup>[1]</sup>。莱德曼(Lederman, N.G.)等人提出“科学的本质其实是一种科学认识论,它是知识获得的途径,也可以是与科学知识的发展相一致的价值和信念”<sup>[2]</sup>,学生的整体科学学习与该观点所指涉的科学本质的内涵一脉相承,由此而确定的中小学生对科学本质的学习目标获得了国际科学教育学者的广泛认同,正影响着科学教师的教学理念与方法。

智能时代的来临使科学知识的产生方式发生了重大改变。科学技术的创新要求人类在不断展望未来之时,也应客观地思考科学与当下之社会、自然、人文间的关系。因此,了解科学是什么、人类的科学事业是如何推进的等科学本质内涵对于学生适应未来发展是十分必要的。国际研究显示,显性、明确、反思性的科学本质教学方法在学习者科学本质观的形成过程中有重要影响。在显性教学范式的观点中,学生的科学本质观需要作为一种“认知”方面的教学结果在教学过程中加以体现,同时要求教师在教学时有意识地实现这一教学目标<sup>[3]</sup>。本文基于科学本质显性教学范式促进学生科学本质理解的实践研究,重点围绕科学探究教学、科学史哲教学、科学

黄晓 浙江师范大学教育学院 教授 博士生导师 321004

\* 本文为2021年度全国教育科学规划国家一般课题“高质量教育视域下科学本质理解转化的实证研究”(BHA210121)的成果之一。

论证教学、融合社会性科学议题教学、科学阅读与写作教学,论述促进科学本质理解的多元教学路径,并归纳不同教学路径的共同特征。

## 一、以科学探究促进科学本质理解

“科学探究”即“科学的探究”,也是“科学中的探究”。前者强调探究方式、方法的科学性,探究的内容较为广泛,包括解决日常生活中的各类科学问题;后者特指科学家的学术研究活动。在科学教育界中,“科学探究”通常是指学生经历与科学家学术研究活动相似的一种探究过程,并在这种科学学习活动中获取知识、领悟科学思想观念以及习得和掌握科学方法等。莱德曼等人认为,由于科学探究与科学本质具有相通性,科学本质教学最有效的方法就是发展一种以探究为导向的教学语境,使教师能够顺利地将科学本质的内涵整合到不同的教学形式中,促进学生在参与性情境中实现对其他主题学习目标的迁移性理解。<sup>[4]</sup>

科学探究为学习者的讨论和反思活动创造了包容的情境、赋予了深刻的内涵,更有利于学习者科学本质概念的形成和发展。<sup>[5]</sup>采用不同的教学方法将科学本质概念嵌入科学探究情境,所取得的学习效果也各不相同。基什夫(Khishfe, R.)和阿布德·埃尔·哈利克(Abd-El-Khalick, F.)比较了显性-反思性探究教学法与隐性探究教学法对六年级学生理解科学本质内涵的影响,研究发现,显性-反思性的科学探究更有助于加深学生对“暂时性”“主观性”“想象力和创造性”等科学本质属性的理解。<sup>[6]</sup>瓦拉里·L·阿克森(Akerson, V.L.)和黛博拉·L·哈努辛(Hanuscin, D.L.)在利用科学探究活动开展科学本质教学的实证研究中,发现显性的科学探究教学方法对于学习者理解“观察和推测”“想象力和创造性”“社会文化的渗透”等科学本质内涵颇有效益。<sup>[7]</sup>

基于国际范围内关于科学探究对科学本质概念理解作用的实践探索,考虑到科学教材是科学探究与科学本质教学的内容载体,体现着国家课程标准

的编写理念,研究者选择浙教版《科学》、华师大版《科学》、美国《科学探索者》与中国台湾《自然与生活科技》,从科学探究的情境、问题、任务、活动类型、组织形式等方面进行了多维度的比较分析<sup>[8]</sup>;基于科学本质的概念框架,研究者对美国、中国台湾和大陆四套科学教材中的科学本质内容、显/隐性表述等进行了统计、分析与比较,为科学探究教学的实践筑牢内容基础<sup>[9]</sup>。科学教师是科学教育理念的践行者,莱德曼等团队<sup>[10]</sup>设计开发了通过显性教学促进K-12学生科学本质理解的系列科学探究活动,并应用于提高不同学段的教师/学生的科学本质理解水平的行动研究中,如,阿克森与哈努辛关于促进小学教师科学本质理解的实践<sup>[11]</sup>。国内的相关实践则主要包括了莱德曼等在浙江省开展的系列研修项目<sup>[12]</sup>,科学教育研究者组织中小学科学教师开展了如科学探究工作坊、科学探究观评价培训及访谈实践、基于教材分析的教学设计等专题活动,进一步加强了中小学科学教师对科学探究与科学本质二者内涵及其关系的理解。此外,亦有个案研究<sup>[13]</sup>进一步探索了以科学探究促进科学本质理解的实践路径,从“科学探究源于问题”“科学是基于证据的”“数据与证据是有区别的”“科学方法的多元”“科学理论与定律”等角度拓宽、加深学界关于科学探究的认识,这与基什夫和哈利克<sup>[14]</sup>开展的实证研究结果是一致的。

## 二、融入科学史哲的科学本质教学

在人类认识自然的漫长历史过程中形成、积淀的科学史哲蕴含着丰富的教育价值。科学哲学和科学史内容在科学教育中的渗透,能够潜移默化地引导学生重新经历科学先哲走过的道路,追问科学的本源问题,在思考科学是什么、非科学是什么、科学如何与社会文化联结等问题的过程中,逐渐树立起正确的科学本质观,养成科学的思维习惯,以点带面地助推学生对科学本质概念理解的转变,协同科学哲学、科学史所辐射的其他领域知识,建构起连贯而全面的个体知识网络<sup>[15]</sup>。科学史涵盖

了古今中外的研究者对自然科学问题的宏大探索历程,将科学知识置于不断完善和更新的大趋势中加以理解,无论是原子结构模型的演变,还是宇宙中心问题从“地心说”到“日心说”的颠覆,相比一成不变的科学结论,回归科学史的长河,它们无疑更能够焕发出不同时代的科学家们上下求索的科学精神。蒙克(Monk, M.)和奥斯本(Osborne, J.)<sup>[16]</sup>的研究还表明,科学史上科学家们对自然现象的探索,与学生科学探究活动的思维过程具有相似性:正如当下的学习者对家庭、工作、社会、自然等不同领域中存在的现实问题的探讨,科学家们在科学探究的过程中也会受到个体经验、研究方法以及当时的科学技术水平、主流观点导向、社会文化背景等因素的影响,其所持有的科学观念具有一定程度的局限性,不同研究者之间也存在观点上的分歧,因此,需要科学家们不断寻求证据来支撑、完善或改变自己的科学观念;与此同时,科学家们在科学探索途中获得和提高的想象力与创造性,又会不断赋予他们超越所处时代技术限制的超然洞见(如伽利略的斜面实验)。科学史为科学本质的教学提供了广阔的背景和生动的情境,并赋予抽象的科学本质概念以具体含义,更有利于学习者后续的迁移与应用。此外,科学史还有助于科学教师预测并合理运用前概念、塑造概念情境等,以此辅助学生更好地学习科学概念<sup>[17]</sup>。

金(Kim, S.Y.)和欧文(Irving, K.E.)以“历史—探究”教学模式为基础,增设显性—反思性讨论阶段,研究了科学史情境下高中学生学习科学本质和遗传学学科知识的有效性<sup>[18]</sup>。准实验研究表明,融入科学史内容并未阻碍学习者对学科知识的掌握,而是为其理解科学本质概念铺垫了丰厚的知识背景。这一结论与林焕祥和陈致中等人的研究结论相一致:当科学史与特定的学科知识紧密地结合在一起时,学习者就拥有了思考特定内容背景下的科学知识是如何产生的这一问题的契机,从而动态地深化其对科学本质内涵的理解<sup>[19]</sup>。该结论也在大量研究和实践中得到了反复确证,例如,塔妮娅·隆

布罗佐(Lombrozo, T.)、阿纳斯塔西亚·塔努科斯(Thanukos, A.)和迈克尔·韦斯伯格(Weisberg, M.)在调查本科生对“进化论”的接受度时,发现了学习者对科学本质的理解水平与其对“进化论”的接受程度呈正相关,并进一步比较了学习者在不同科学本质主题下的科学本质评分与进化论接受度之间的相关性,最终证实了“进化论”的科学史实与学生对于“科学理论是可靠的,但也是暂时的”“检验理论需要其他理论”“科学没有单一的方法,只有科学方法”等科学本质内涵的理解水平之间的因果关系<sup>[20]</sup>。调研反映出学习者对“区分科学理论与科学定律”缺乏深度理解,出现这一问题的一部分原因是现有科学教材中科学史内容呈现出的科学本质内涵要素具有一定的片面性,且教材中仅存的科学本质内容也未以显性方式得到表征,直接导致科学教师无法仅仅依靠教材给定的科学史哲内容来展开关于科学本质的教学。以上问题也与大卫·怀斯·鲁奇(Rudge, D.W.)和埃里克·M·豪(Howe, E.M.)的主张相呼应,即“科学史哲教学不能止步于以科学故事的讲解来满足学习者的好奇心或仅作为课内外兴趣爱好的补充,而应当聚焦于人类科学发展历程中的实际问题,以帮助学生理解科学本质的内涵为目标”<sup>[21]</sup>,反映了将科学史哲融入科学本质教学的共同诉求。

基于对科学史哲促进科学本质理解的价值认识和国际学者以科学史哲进行科学本质教学实证研究的分析,国内学者立足本土实践,提出了“历史—探究—反思”的科学本质教学新模式,形成了以区域性为特色的科学本质教学实践的研究与推进。基于对初中科学教材中科学史与科学哲学内容的分析,选择了“大气压强”等主题开展了“历史—探究—反思”的科学本质显性教学,实证研究结果显示了学生对“暂时性”“创造性”“区分科学理论与科学定律”“科学的局限性”“科学主观性”等认识有显著提升,对“科学就是真理”的迷思概念有重新认识,对“区分科学理论与科学定律”缺乏深度理解<sup>[22]</sup>。

### 三、以科学论证教学促进科学本质理解

在罗莎琳德·德里费(Driver, R.)等人的观点中,科学知识的积累是科学共同体在社会化过程中不断建构的结果,这一动态的建构过程意味着科学共同体中的学习者在学习科学时,必须掌握科学的认知方法,而“论证”则正是科学这门学科的认知基础。<sup>[23]</sup>科学语境下的“论证”不仅指运用科学推理方法来证明科学假设的合理性,也包含对科学证据的有效性、局限性的解释,乃至对竞争模型、理论的评价。<sup>[24]</sup>因此,科学论证活动可以被认为是近似于新知识的建构过程,主要回答“科学知识(观点)是如何产生的”以及“该解释何以优于其他观点”这两大问题。前者强调自我论证,后者则凸显不同观点之间的论证与反思。科学家通过实验、文献阅读、数据分析等方式来寻找证据支撑自己的观点,证据的解读方法与视角会因个体原有经验的不同而不同。在研究发表的同时会引起个体间、组间的论证与评价,其观点在此过程中会被逐渐完善,乃至被彻底地修改,直到最终被科学共同体所接受,但后续它仍存在被质疑和被改变的可能。综上所述,科学论证的过程与科学本质内涵属性中“基于证据”“暂时性”“主观性”等维度具有内在的一致性<sup>[25]</sup>。

菲利普·贝尔(Bell, P.)和玛西娅·林(Linn, M.C.)以“光的传播”为主题<sup>[26]</sup>,设计了知识整合环境(Knowledge Integration Environment)的论证项目,以图尔敏论证模式(Toulmin's Argument Pattern, TAP)探索学生的论证构建和科学本质理解之间的关系。维克多·桑普森(Sampson, V.)等人早期基于论证—探究模式(Argument-Driven Inquiry, ADI)<sup>[27]</sup>以“遗传的分子基础”的教学主题作为案例,解释了如何在实践中帮助学生理解遗传的分子基础,理解科学的本质,进而提高学生科学探究的能力。相较于图尔敏论证模式,“论证—探究”模式更侧重于要求学生将论证过程以报告或其他科学文本的形式呈现,报告中需要呈现收集和分析的数据作为证据,强调证据对论点的支撑作用。

科学论证活动作为学习者学习科学过程中一种重要的实践,应充分融入科学课堂,以此提升学生对于科学本质内涵的理解。国内学者<sup>[28]</sup>的实践研究证明,融入论证的科学探究活动所运用的“论证—探究”教学模式有助于深化学生对科学概念的理解,促进学生批判性思维和科学态度的转变与发展。研究者立足于科学教学实践,分别运用“想法和证据”“建构一个论点”“预测(P)—观察(O)—解释(E)”三种教学策略开展了关于科学本质的教学,基于此提出科学论证“强调形成主张和基于证据的交流”,因此,可以认为科学论证活动与科学本质的属性也具有内在一致性<sup>[29]</sup>。

### 四、基于社会性科学议题的科学本质教学

珍妮弗·林恩·伊斯特伍德(Eastwood, J.L.)和特洛伊·D·萨德勒(Sadler, T.D.)等认为,社会性科学议题本身便包含着一定的科学知识与社会意识,且极具争议性,主张让学生在真实的社会性科学议题情境中经历分析、论证、决策等科学探究的过程<sup>[30]</sup>。社会性科学议题与科学论证一样,重视学生基于证据所作的思考和决策。不同之处在于,论证强调证据与个体观点之间的逻辑关系,而社会性科学议题则由于议题内容涉及从科学技术到日常生活的多种多样的领域,其教育价值更体现在为科学本质的教学提供社会与文化背景这一方面。由于社会性科学议题结构繁复、难以得出确切结论等特点,可根据议题内容有选择地进行关于科学本质的论证,推动学生对科学本质的内涵加以反思并深化理解。研究表明,学生的科学本质观与其社会背景有一定相关性<sup>[31]</sup>,他们对社会性科学议题的探讨本身就反映出自身的社会文化与价值观。上述观点是开展基于社会性科学议题的科学本质教学的实证基础。

学习者在建构科学知识时,自身的社会文化、日常生活经验会自然地渗透到建构方式、建构过程、建构结果当中去,这些文化背景或日常生活事件的情境在后续的知识检索中发挥着标识索引节点的重要功能,从而利于科学概念的建构与回忆。因此,相

较于其他科学本质教学路径,社会性科学议题天然具有传达“渗透社会文化”等科学本质内涵的优越性,社会性科学议题也为日常生活与科学知识间的联结搭建了桥梁。萨德勒认为,社会性科学议题学习情境为学生提供了批判性地审视科学和社会之间关系的机会,突出了相互矛盾的证据、数据的不同解释和不同观点。这些证据、解释和观点有助于学生反思讨论以经验为基础的、推论的、试探性的、主观的、创造性的以及受社会和文化因素影响的科学知识。伊斯特伍德和萨德勒等<sup>[32]</sup>探讨了社会性科学议题驱动和内容驱动这两种显性一反思情境对科学本质观的影响,验证了社会性科学议题为显性、反思性的科学本质教学提供了较好的社会与文化情境。国内关于社会性科学议题之于科学本质教学的作用的研究,主要体现在围绕“转基因”“泥石流”等具有争议性的问题开展的科学本质观教学,将社会性科学议题作为科学论证的背景情境,引导学习者理解“科学应基于探究活动来展开”,以及“科学与社会文化呈现相互渗透的交叉关系”等科学本质观,懂得科学知识是不断被新出现的证据或解释所改变的、科学研究与文化规范是相互作用的<sup>[33]</sup>。

## 五、以科学阅读与科学写作促进科学本质理解

科学素养不仅指具体的科学学科内容,还包括人们在阅读过程中所需要的概念、技能、理解能力和价值观<sup>[34]</sup>。科学阅读和科学写作在科学本质教学中被视为一种互动、建构的认知过程。科学阅读为学习者提供了独立的自我反思情境,例如,在阅读、思考蕴含科学本质内涵的科学史文本材料时,学生会试着像科学家那样对科学文本提供的信息加以整合、分析和批判,追寻文本的线索,思考结论的得出是否合理、证据链是否完整等等,在此过程中不断促成个体科学本质观的形成和发展<sup>[35]</sup>;科学写作倾向于鼓励元认知,提高学生对科学内容的理解,帮助学生学习和保留重要的科学概念或原则。

国际上关于科学阅读与科学写作的教学实践不

胜枚举,譬如,阿克森(Akerson, V.L.)、杰夫·查尼(Charney, J.)、斯蒂芬·伯金(Burgin, S.R.)等人基于探究情境开展科学本质的显性化教学。在该研究的探索过程中,以书面报告、口头报告、科学论证等方式引导学生反思教学活动中与科学本质内涵相关的部分,最终实现了学习者科学本质理解水平的提升<sup>[36-38]</sup>。艾伦·R·欧文(Irwin, A.R.)开发了原子结构理论科学史的阅读材料,其中,包括不同时期的原子模型理论、元素周期表的发展等内容,其研究要求学生完成相关主题的写作任务来反思阅读材料中相关的科学本质内容。<sup>[39]</sup>

国内教育对科学阅读与写作的关注主要表现为张洪祥<sup>[40]</sup>、蔡铁权<sup>[41]</sup>、汪明<sup>[42]</sup>等学者将科学写作视为科学教育亟待重视的领域、科学写作是科学教学的有效方式等。科学本质教学常常以科学史、社会性科学议题为载体,通过科学阅读使得科学知识发展动态化,通过科学写作阐述自己的观点与论据,经历像科学家探索知识的过程,让学生在科学本质内涵的理解上更加深刻。部分学者关注到了“科学新闻”“阅读绘本”“科普读物”等文本材料对科学本质教学的突出作用,提出解释性科学写作的过程中会伴随着探究、寻找证据等活动的展开,在表达的同时,促进学生对科学本质内涵的反思<sup>[43]</sup>。

## 六、走向综合、开放、多元的科学本质教学

基于多重视角探索科学本质教学路径,是为呈现科学本质教学显性化的可能性、必要性与多样性,也表明科学本质教学正不断走向综合、开放、多元的局面。

### (一)厘清科学本质内涵与定位,科学本质教学目标显性化

理解科学本质的关键是要认识到隐藏于科学知识背后的科学发展历程,及其呈现的科学方法、蕴含的科学精神等。我国的义务教育科学课程标准在不同版本中提出了科学课程与科学本质的关系,如,《义务教育初中科学课程标准(2001年版)》提出“通

过科学教育使学生逐步领会科学的本质”“发展学生科学本质的理解”；《义务教育初中科学课程标准（2011年版）》中明确提出“初中科学课程是体现科学本质的课程”，并将“科学、技术、社会、环境之间关系”列入课程目标；《义务教育小学科学课程标准（2017年版）》进一步明确了科学本质与科学素养的关系、科学本质对学生未来生活的意义；2022年颁布的课程方案与《义务教育科学课程标准》在不同层面强调了科学本质的理解。美国《下一代科学教育标准》在“科学与工程实践”和“交叉概念”两个内容维度中融合了科学本质教学内容，从八个方面对不同学段的学生提出了具体的认识要求和学习目标，体现出科学本质理解的进阶理念<sup>[44]</sup>。

对科学本质的理解需要作为认知性结果在教学目标中显性化地体现。教学目标是指教师将课程标准中的“内容标准”转化为易于学生理解的知识，因此，体现科学本质的教学目标不仅要适切、具体，还要能体现出指向目标的过程与途径。因此，科学教育者需要正视科学本质教学的显性化趋势，尤其是科学本质教学目标的显性化，挖掘在教学活动及教材中有关科学本质显性表征的内容，积极且有针对性地利用这些显性内容与表征，有针对性地选择教学方法，引导学生对科学本质内涵进行深入的反思与理解。

## （二）挖掘不同教学方法的教育价值，创新多元化的科学本质教学

科学本质与光合作用、pH反应等都属于学科知识，即科学本质可以被视为科学领域中的主题之一。美国国家科学教育标准将科学本质作为教学内容标准之一，进一步证明了这一点。在教学过程中，“显性”科学本质教学建议教师用提问而非让学生“自我体会”的方式，引发学生的思考与讨论，从而使学生关注到教学内容中的科学本质。国际研究显示，提升学生对科学本质理解的各类教学方法之间具有相关性，因此，教师通常需要结合多种教学方法推动科学本质教学，尤其是将科学论证与科学探究、科学阅读与写作、社会性科学议题等结合，而其教学价值也能体现在已有的国际案例中。选择社会性科学议题，

例如“全球变暖”和“新冠病毒的传播方式”等内容作为情境，引导学生开展科学论证。在凸显科学论证的教学过程中，助力学生深入理解科学知识与社会因素、价值观之间的联系，理解科学和社会的关系。此外，还可以帮助学生进一步理解自我在阐明主张过程中的“基于证据”“社会和文化的嵌入”等科学本质内涵，以此为基础发展自身的批判性思维和问题解决思维。在论证能力方面，学生也能通过科学探究及论证过程进一步提升批判性思维能力和复杂决策能力，深化对科学本质的理解以及对核心概念的整合。科学本质的教学不只局限于科学探究、科学史，还有科学论证、社会性科学议题等，在本土化的科学本质教学实践中，要吸纳国际科学本质教学的方法，尤其是针对科学本质不同维度的教学，彰显不同方法的教育价值和作用，因此，需要进一步挖掘科学论证、科学探究、科学阅读与写作、多重表征等的教育价值，将其应用并创新于科学本质教学中。

## （三）发展教师科学本质学科教学知识，探索科学本质理解新路径

科学本质教学必须与我国课堂教学实际相结合才能达到有效的整合和论证，因此，教学模式本土化研究不可缺少。然而，在本土化过程中，教师缺乏对科学本质内涵的深刻理解是科学本质教学发展进程中的一大挑战，经调查，在当前的大背景下，中国科学教师的科学本质观现状水平并不理想，具体表现为教师对科学本质内涵的认识不深刻，大部分科学教师持有的科学本质观仍处于幼稚水平，特别是在“区分观察和推测”“理论与定律的区别”等科学本质维度上有明显不足。这将直接导致科学本质教学实践形式化、片面化。

科学本质教学有效开展的必要条件之一是教师具有良好的科学本质观。因此，教师的科学本质教学与学生的科学本质理解如何有效联结成为新时期研究的热点话题。为进一步探索与明晰两者之间的复杂关系，国际学者提出了“科学本质学科教学知识”雏形，并对科学本质学科教学知识的重要性作出强调：科学本质学科教学知识既是反映教师教学专业

能力水平的重要指标,也是教师在课堂中实施科学本质有效教学的重要前提。为此,我们应进一步探索科学本质学科教学知识的内涵,发展科学本质学科教学知识的表现指标与课程资源,将科学本质学科教学知识结合到职前教师培养与职后教师培训的过程中,寻找立足于科学课堂实践的科学本质学科教学知识发展路径。

#### (四) 结合科学学科知识,建构科学本质教学评价体系

科学本质的教学效果离不开评测,理解科学本质的过程就是概念转变的过程这一观点,能使科学本质教学效果评价的方向更加明晰。关于科学本质的教学效果评价需要关注教师的教学表现与学生的学习效果两方面。学生科学本质理解测评的定量评价工具通常包括李克特量表、封闭式问卷等,依据开放式问卷、半结构化访谈和反思日记等数据或文本材料,针对分析框架对评价对象的相关表述进行编码、描述和赋分,进而对其科学本质量级水平进行整体的综合评定。例如,除了常见的科学本质系列问卷(VNOS-A/B/C/D)、学生理解科学与科学探究(Student Understanding of Science and Scientific Inquiry, SUSSI)问卷等,我们需要逐步关注学生科学本质理解的反思性过程,即以反思日记、科学写作等文本形式探索学生科学本质理解的提升机制,甚至进一步引入可视化工具来评价学习者的科学本质理解,形成信息技术、人工智能应用下的科学本质教学过程评价。教师科学本质教学的定量评价一方面包括对教师在学科内容知识中的科学本质理解这一维度的量化评价,另一方面包括利用观察量表等对教学过程中的教学活动与过程进行记录。定性评价的依据来源有教学过程录像、半结构化访谈、教学设计文本等,基于教师的科学本质教学行为与科学本质层级量表或者相关分析框架进行描述、编码,最终综合了定性和定量的评价结果较为科学、客观。科学本质理解虽然离不开学科知识与概念,但又不同于学科概念,因此,需要建构本土化的教师科学本质教学评价体系。一方面,要关注到教师科学本质

学科教学知识与学生科学本质方面理解的内在关系;另一方面,也要关注到教师概念教学与科学本质教学的融合情况,将学生概念理解的情况作为科学本质教学成效的标准之一。

#### [参考文献]

- [1] 刘儒德,倪男奇.论学生的科学本质观[J].比较教育研究,2002(8):7-11.
- [2][3] Lederman, N.G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., et al. Views of nature of science questionnaire (VNOS): toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science[J].Journal of Research in Science Teaching, 2002, 39(5): 497-521.
- [4] Flick, L.B. Lederman, N.G. Scientific inquiry and nature of science[M].Berlin: Springer Netherlands, 2006: 301-318.
- [5] Carey, S. Smith, C. On understanding the nature of scientific knowledge. [J].Educational Psychologist, 1993, 28(3): 235-251.
- [6][14] Khishfe, R. Abd-El-Khalick, F. Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science[J].Journal of Research in Science Teaching, 2010, 39(7): 551-578.
- [7][11] Valarie, L., Akerson, V.L., et al. Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program[J].Journal of Research in Science Teaching, 2007, 44(5): 653-680.
- [8] 李建养.科学教科书中科学探究内容与呈现之比较——以浙教版、华师大版与科学探索者为例[D].金华:浙江师范大学,2014.
- [9] 毛长云.美国、台湾和大陆初中科学教材中科学探究之比较研究[D].金华:浙江师范大学,2014.
- [10] Lederman, N. Abd-El-Khalick, F. Avoiding De-Natured science: Activities that Promote Understandings of the Nature of Science [M].Berlin: Springer Netherlands, 1998.
- [12] 胡帆.促进理科师范生科学探究和科学本质理解的实践研究[D].金华:浙江师范大学,2018.
- [13] 黄晓,武志峰,谢杰妹.如何践行科学探究:初中科学中开展科学探究的实证研究[J].物理教学探讨,2017,35(7):4-8.
- [15] Matthews, M.R. Teaching the philosophical and worldview components of science [J].Science & Education, 2009, 8(6-7): 697-728.
- [16] Monk, M. Osborne, J. Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy[J].Science Education, 1997, 81(4): 405-424.
- [17] Nouri, N. McComas, W.F. History of science (HOS) as a vehicle to communicate aspects of nature of science (NOS): multiple cases of HOS instructors' perspectives regarding NOS[J].Research in Science Education, 2021(51): 289-305.
- [18] Kim, S.Y. Irving, K.E. History of science as an instructional context: student learning in genetics and nature of science[J]. Science & Education, 2010, 19(2): 187-215.
- [19] Lin, H.S. Chen, C.C. Promoting preservice chemistry teachers' understanding about the nature of science through history[J].Journal of Research in Science Teaching, 2002, 39(9): 773-792.

- [20] Lombrozo, T., Thanukos, A., Weisberg, M., et al. The importance of understanding the nature of science for accepting evolution[J].*Evolution: Education and Outreach*, 2008, (3): 290-298.
- [21] Rudge, D.W.Howe, E.M. An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science[J].*Science & Education*, 2009, 18(5): 561-580.
- [22] 黄晓, 高琦, 郭泓霖. “历史—探究—反思”的科学本质教学实证研究[J]. *教育科学研究*, 2019(2): 57-62+86
- [23] Driver, R., Asoko, H., Leach, J., et al. Constructing scientific knowledge in the classroom [J].*Educational Researcher*, 1994(23): 5-12.
- [24] 王星乔, 米广春. 论证式教学: 科学探究教学的新图景[J]. *中国教育学刊*, 2010(10): 50-52.
- [25] Khishfe, R. Relationship between nature of science understandings and argumentation skills: a role for counterargument and contextual factors[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2012, 49(4): 489-514.
- [26] Bell, P. & Linn, M.C. Scientific arguments as learning artifacts: designing for learning from the web with KIE[J].*International Journal of Science Education*, 2000, 22(8): 797-817.
- [27] Sampson, V., Grooms, J. Walker, J.P. Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: an exploratory study[J]. *Science Education*, 2011, 95(2): 217-257.
- [28] 魏芳兵. 以论证—探究教学提升初中生批判性思维的实证研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2017.
- [29] 张芷毓. 科学论证促进初中生科学本质理解的实践研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2019.
- [30][32] Eastwood, J.L., Sadler, T.D., Zeidler, D.L., et al. Contextualizing nature of science instruction in socioscientific issues[J].*International Journal of Science Education*, 2012, 34(15): 1-27.
- [31] Khishfe, R. Consistency of nature of science views across scientific and socio-scientific contexts[J].*International Journal of Science Education*, 2017, 39(4): 1-30.
- [33] 蔡铁权. 科学教育中的 SSI 教学[J]. *全球教育展望*, 2009, 38(10): 82-85.
- [34] Norris, S.P. Phillips, L.M. How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy[J].*Science Education*, 2003, 87(2): 224-240.
- [35] 蔡铁权, 陈丽华. 科学教育要重视科学阅读[J]. *全球教育展望*, 2010, 39(1): 73-78+91.
- [36] Akerson, V.L. Hanuscin, D.L. Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year professional development program[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2007, 44(5): 653-680.
- [37] Charney, J., Hmelo-Silver, C.E., Sofer, W., et al. Cognitive apprenticeship in science through immersion in laboratory practices [J].*International Journal of Science Education*, 2007, 29(2): 195-213.
- [38] Burgin, S.R. Sadler, T.D. Learning nature of science concepts through a research apprenticeship program: a comparative study of three approaches[J]. *Journal of Research in Science Teaching*, 2016, 53(1): 31-59.
- [39] Irwin, A.R. Historical case studies: teaching the nature of science in context [J].*Science Education*, 2000, 84(1): 5-26.
- [40] 张洪洋, 张会端. 科学写作: 一个亟待重视的科学教育领域[J]. *外国中小学教育*, 2009(2): 46-51.
- [41] 蔡铁权, 陈丽华. 科学教育中的科学写作[J]. *全球教育展望*, 2010(4): 85-89.
- [42] 汪明, 李洁. 科学写作: 科学教育之有效路径[J]. *当代教育与文化*, 2014(2): 89-92.
- [43] 胡诗瑶. 以科学阅读和科学写作提升初中生科学本质理解的实证研究[D]. 金华: 浙江师范大学, 2020.
- [44] NGSS Lead States. The next generation science standards: for states, by states[S]. Washington, DC: National Academies Press, 2013.

## Multiple Teaching Routes to Promote the Understanding of the Nature of Science: The International Perspective and Enlightenment of the Nature of Science Teaching

HUANG Xiao

(Zhejiang Normal University, Jinhua 321004)

**Abstract:** Understanding the nature of science (NOS) is the core of scientific literacy, it requires explicit teaching. Based on the text analysis of the international NOS empirical research, the multiple teaching routes of NOS were put forward. Namely, scientific inquiry teaching, history and philosophy of science teaching, scientific argumentation, scientific reading and writing, integrating socioscientific issues, etc. Further, we put forward four points of views which are clarifying the connotation, orientation and goal of NOS, excavate the educational value of different teaching methods and innovate the diversified NOS teaching, to develop teachers' PCK of NOS and explore a new way of NOS teaching, constructing the evaluation system of NOS teaching combining with science subject knowledge.

**Keywords:** the nature of science, scientific inquiry, history and philosophy of science, scientific argumentation, socioscientific issues

(责任编辑: 李秀萍)