

从“探究”到“实践”： 科学教育的国际转向与本土应对*

张红霞 郁波

[摘要] 国际科学教育以“实践”代替“探究”是重启改革的动员令。“实践”一词可以更好地表达实用主义思想指导下的认知科学新进展,即强调学术共同体有条理的争辩与理论建构过程,以及社会文化因素对学生认识论认知发展的意义。这一理念转向在教学实践上的反映是,强调科学争辩与推理活动并将其置于科学实践过程的核心位置,并提出了“文化回应性教学”新模式。作为本土应对策略之一,应该以认识论反思为起点,基于中国科技史和本土文化构建“中国农业文明科技史模型”。在建模过程深刻认识科学与社会文化的关系,认识我国儿童科学认知进阶的根据,为教师科学实践活动的情境设计提供重要的本土资源。

[关键词] 科学教育;科学探究;科学实践;科学认识论;文化回应性教学

[作者简介] 张红霞,南京大学教育研究院教授(南京210023);郁波,中国教育科学研究院科学教育研究中心副研究员(北京100088)

2011年,美国《K-12科学教育框架:实践、跨学科概念与核心概念(A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas)》(以下简称《框架》)的发布以及一年后基于《框架》制订的《下一代科学教育标准(Next Generation Science Standards)》的出台,激起了国际科学教育界的大讨论。尽管众说纷纭,但大多数学者认为《框架》的出台标志着西方世界科学教育进入了以“探究”为核心理念转化为以“实践”为核心理念的新阶段。^[1]国内文献对美国新课程标准发布后的跟踪研究限于“课程教学论”相关领域,如“科学与工程融合”、“科学、技术、工程和数学(Science, Technology,

Engineering and Mathematics,以下简称STEM)教育跨学科整合”、“项目化学习”、“社会性议题教学”、“科学论证教学”,而有关“认识论认知”(epistemic cognition)主题可谓凤毛麟角。这与国际刊物的主题分布很不相符。^[2]由于“科学实践转向”事关认识论问题,本文从认识论层面对科学实践与科学探究的细微差别进行梳理,阐明“转向”的意义,并提出构建本土化科学教育理念的初步设想。

一、“实践”理念与认识论关系

在哲学上,认识论关心的是世界是否可知、知识从哪里来、怎样获得可靠的知识、如

* 本文系国家社会科学基金2021年度教育学一般课题“基于中国农业科技史的中小学科学课程开发研究——教育重演论再认识”(编号:BHA210154)的研究成果。

何评价知识的可靠性等问题。与认识论对应的心理学领域是认知科学,近年来这两个领域在“学习科学”这个跨学科领域中紧密地结合在一起。自20世纪50年代以来,布鲁姆(Bloom, B.)的认知目标六层次(记忆、理解、应用、分析、综合、评价)理论一直是基础教育教学目标制订的基本依据,而今天的学习科学和科学教育领域明确提出了“认识论认知”新理念。^[3]国际学生测评项目(Programme for International Student Assessment, PISA)2015年将科学认识论纳入测评内容,2018年将认识论知识与内容性知识、程序性知识并列,这充分说明科学认识论知识的重要性。^[4]

西方世界的认识论之争可以追溯到古希腊,一派是柏拉图(Plato)的理性主义,另一派是亚里士多德(Aristotle)的经验主义。前者推崇“万物皆数”与逻辑推理,后者强调感官的经验。两千多年来两个学派相互争论、相互促进,此起彼伏的争辩历史构成了西方认识论发展史和科学思想发展史的基调。^[5]回顾近代科学发展历程,13世纪英国的罗杰·培根(Bacon, R.)已“清晰地了解只有实验方法才能给科学以确实性”,“这是心理态度的一次革命性的改变,[这种改变]只有在详细研究了当时的其它著作之后才能领会这种革命性改变的意义。”^[6]罗杰·培根的理论成为三百多年后弗朗西斯·培根(Bacon, F.)《新工具(New Tools)》的基础。《新工具》是经验主义实验思想和归纳法的集大成之作,书名中的“新”正是表示了对亚里士多德以演绎逻辑为核心的《工具论(Organon)》的超越。^[7]1687年,牛顿(Newton, I.)的《自然哲学的数学原理(Philosophie Naturalis Principia Mathematica)》标志着近代科学诞生,这不仅使实验思想更加坚实,而且使其与高等数学进行融合。

归纳法受到质疑的关键是说不清究竟要观察多少次才为“足够多”,直到19世纪概率论的诞生该质疑才得以缓解。概率论的足够多原理与实用主义的效用逻辑一致,它不同

于追求百分之百确定性的演绎逻辑。19世纪末,由美洲新大陆的社会实践催生的实用主义进一步调和了经验主义和理性主义之争。实用主义的核心在于身体力行、顺应变化、效用标准。用杜威(Dewey, J.)的话说,就是“重视人,反对把人当作物;重视行动,反对空谈;重实际效果,反对空洞理论”^[8]。杜威对传统经验主义的经验概念进行了“扬弃”,继承其唯物主义的客观实在论,又结合康德(Kant, I.)、黑格尔(Hegel, G. W. F.)的反思理性,构建了新的经验主义和自然主义认识论。这些在杜威的“情境”概念中很好地得以体现。^[9]有学者认为,杜威的情境探究论就是一种实践论。^[10]情境和探究不可分离地联系在一起,成为科学实践的基础,因为情境刺激探究实践,知识、概念、推理等发生并服务于情境里的探究活动。因此,探究具有不确定性、连续性、生长性,所以“教育即成长”。

与实用主义大致同时存在的是逻辑实证主义。对于科学推理与争辩的逻辑,逻辑实证主义与实用主义不同,它将科学理论看成一种陈述、一种语言的实体,因而科学理论真理性论证依赖于陈述中术语使用的正确性,依赖于一种“充分条件后件否定”的逻辑。^[11]而在实用主义看来,这种认识过于简单化,因为一项理论产生过程中可能出现的逻辑错误有很多类型,而且还包含非逻辑的社会性因素。后来,为了弥补这个缺陷,一种“历史取向的基于模型的方法论”(the historically oriented and model-based approach,以下简称建模方法论)应运而生。

建模方法论将科学理论看成一种模型。科学理论的产生过程主要是通过一系列模型构建、修订、再修订来实现的,由此,模型与真实世界的匹配度越来越好。评价和论证科学理论的标准便是使用模型预测的结果与实际观察数据的匹配度。^[12]由此可见,建模方法论能够更好地体现科学不断试错、不断修正的本质。而且,建模方法论更加强调不同社

会文化情境对建模的影响,即取决于观察者的视角。^[13]这就是说,尽管建模方法论像逻辑实证主义一样重视演绎逻辑,但在解释模型上加入了社会文化因素。^[14]

不过,需要明确的是,实用主义不是相对主义,不代表对科学客观性的否定,它强调通过不断实践、不断争辩达到认识客观真理的彼岸。^[15]《框架》也特别指出,用复数形式的实践(practices)来描述科学,既是为了避免读者认为存在唯一的、普适性的“科学方法”,也是为了避免认为“有关科学的一切都是不确定的”^[16]。现在改用“实践”一词,不是说“探究”错了,而是为“探究”正名,是为了更好地表达“探究”的本意,即作为认知、社会和行为的多维度实践活动。^[17]

为了防止极端的视角主义思潮,埃尔杜兰(Erduran, S.)重申了客观证据的重要性,并用全世界科学家依靠证据的交流,在很短的时间内进行有效沟通,从而快速研制新型冠状病毒疫苗的例子,说明证据的重要性和客观性,呼吁科学教育要培养学生尊重证据的认识论。^[18]尼德翰(Needham, P.)呼吁,应该回归自然常识,捍卫科学的客观性。^[19]科学方法正是以其对客观性的追求与其他解决问题的方法区别开来,而且正是以客观性水平作为科学方法的评价标准。

总之,从教育实践的效用来讲,以“探究”转向“实践”是一次重启改革的动员令,而不是“探究”的本质过时了,更不是实用主义认识论原则的转变。对强调社会文化带来的不确定性与学术共同体有条理的争辩与建构的动态过程,用“实践”一词可以得到更好地表达,因为“实践”作为指定式(prescriptive)概念比“探究”作为说明式(explanatory)概念更能体现实用主义认识论特点。^[20]

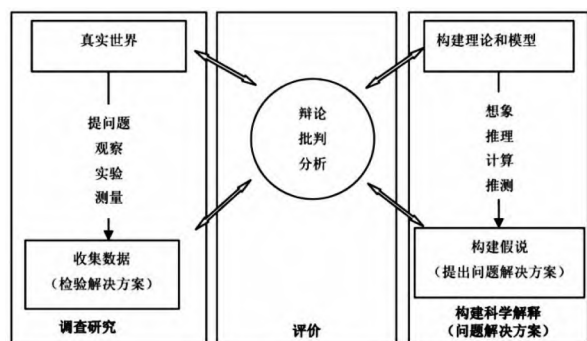
二、认识论认知对教学模式提出新要求

每一次教育理念的重大变革都有其政治、经济和社会文化变迁的背景,都要落到提升学生认知目标上。第二次世界大战后,美国的课程改革运动催生了布鲁纳(Bruner, J.)的结构主义课程和布鲁姆的认知目标理论的诞生,超越了19世纪盛行的“记忆、理解、应用”低层次认知目标,向“分析、综合、评价”高层次目标发展。在全球化的今天,必然呼唤认知目标的发展,出现了认识论认知,即思考究竟认识了什么、所认识的是否是真正的知识、认识的方法是否可靠等。^[21]事实上,过去半个世纪科学认识论发展在认知科学新领域——学习科学领域已经得到充分反映,实用主义已经成为认知科学的一种方法论。^[22]具体而言,实用主义通过其三个经典原则对认知科学起到完全支配的作用,即有机体与环境的相互作用形成了观念,认知通过探索性推理而得到发展,探究和问题解决始于境况中出现的纠缠不清的争议并依赖探索性推理而得到解决。^[23]

由于学习科学的诞生在很大程度上缘起并依赖科学教育,近年来,学习科学成果对科学教育的影响也最直接。相比于经典认知技能,个体对于认识论问题的关注深刻影响其科学学习和推理过程。^[24]这一点在《下一代科学教育标准》中得到体现。如果将美国1996年《国家科学教育标准(National Science Education Standards)》所列的八项科学探究能力,^①与2011年《框架》列出的八项科学实践活动进行比较可以看出,两者在内容上大致相同,但各项内容之间的关系不同。为了强调评价与争辩对理论形成过程的“枢

① 八项探究能力指:识别可以通过科学调查回答的问题;设计并实施科学调查;使用适当的工具和技术来收集、分析和解释数据;利用证据构建解释、模型以及预测;在科学探究过程中使用数学;识别和分析不同的解释和预测;交流科学研究过程与结论;批判性地、逻辑性地思考证据和解释之间的关系。

纽”作用,图1中包含八项实践活动的五个模块,不再如从前那样线性的关系,而是以评价、辩论模块为中心相互联系的网络。[25]那么,从“认知”到“认识论认知”在教学模式上究竟有怎样的变化?



《K-12科学教育框架》

提出的科学实践三个活动模块及有机联系图^[26]

(一) 强调情境的真实性和内容的综合性

学习科学研究发现,对事实性知识或程序性知识的学习,只有在学习者准确知道它用在什么情境以及在新情境中如何加以修正时,才是有效的、可迁移的。[27]只有真实的情境和问题才能够引发一系列真实的、灵活应用专业知识的探究行动。[28]因此,实践理念强调探究活动各环节的连续性、系统性和逻辑性,从而使探究成为一整套“合情合理”(sense-making)的、“目的驱动”的活动。真实的情境有利于知识的综合、科学大概念学习以及与工程技术的联系,因为真实的实践问题必然是综合的。因而,关注真实情境与关注跨学科综合是一致的,是一枚硬币的两面。此外,真实情境还可以帮助我们判断教学内容的选择是否符合特定问题对学科知识的需要以及对认知层次的适切性。

真实情境中的“真实”(authenticity)不是指“真实与谎言”(true or false)的真;也不是“真实与虚构”(real or imagined)的真,而是真实可靠的真,是指与科学问题的提出有必然的、合情合理的联系。以小学阶段《岩石分类》一课教学为例,在“科学即内容”阶段,通常是给孩子们课桌上放一托盘石头,学习

任务是认识它们的特点、记住它们的专业名称。在“科学即探究”阶段,教师们让孩子们走出教室到野外或实验田去捡石头,进行分类。而在“科学即实践”阶段,要考虑人类为什么要对石头进行分类,动机是什么。有人认为,为了整治土地需要将学校实验田里的石头清理出来,这是真实情境。然而,清理石头与分类有必然的联系吗?显然,这不是一个合情合理的活动,所以不是真实的情境。真实的情境可以是,五千年前良渚的先人们水稻丰收了,大家用稻米直接煮熟做饭,但有一位智慧的母亲想到磨面做元宵,于是发明了石臼。这时教师可以引出科学实践的目的,选用合适的石头做石臼。这就是说,仅仅让孩子们走出教室、身临其境还不是真实的情境;真实场地、真实物件不等于真实情境。真实情境一定暗含合情合理的、因果链条完整的“故事”。只有真实的情境才会引发求真的动机和态度,而不是迎合教师的愿望;也只有求真的动机才会引发有效的争论与合作的发生。

(二) 强调科学推理和争辩的思维过程

尽管实用主义的认识论强调世界的客观性,但世界的可知性承认人的认知能力是有限的,而且会受社会文化的影响。因此,科学知识的成长道路是曲折的,于是在教学理念上重视对建构过程的复杂性的呈现,重视推理和争辩在理论形成过程中的作用。学习科学认为,学生关于某个科学主题的先前知识固然对其学习有重要作用,但仅有先前知识不能让学生建立科学假说,还必须结合推理过程的运用;而推理能力的发展必须建立在学科知识的具体情境中,使得科学理论的建构环节以及社会互动与话语交流得到有效开展。[29]美国科学教育家奥斯本(Osborne, J.)说,过去探究阶段的教学主要关注如图所示的左侧模块,而对右侧模块关注较少,对中间模块的评价、争论环节则更少。[30]有学者对中美中小学科学课堂争辩教学案例比较研究

发现,中国案例将争辩环节放在相关内容学习之后进行,学生心中有标准答案限制;而美国则放在内容学习之前进行,学生思维的自由度更大。[31]

关于科学思维的定义有不少,但一般包含证据意识、反思质疑、数学和逻辑推理技能等要素。《普通高中物理学课程标准(2017年版)》对科学思维的定义是:对客观事物的本质属性、内在规律及相互关系的认知方式;是基于经验事实提出解释、建构模型的抽象概括过程;是分析、综合、推理、论证等认知方法在科学领域的具体运用。对于我国科学教学而言,关注科学思维教学应该聚焦两点:一是对自然和证据的关注,这是基础;二是对推理与论证技术的掌握,包括演绎、归纳、分析、综合等思维工具。对科学思维与科学探究的关系,有学者做了较为系统的论述,并为了强调思维的重要性,提出“思维型科学探究”的概念和相应的教学过程模型。[32]

(三)重视建模教学的认识论认知意义

模型(model)是对包含多个组成部分的自然或社会系统的抽象描摹;建模(modeling)则是描述、认识、解释客观世界的一种方法,它可以帮助我们更好地思考和检验对有关现象的认识和解释。如前所述,从认识论演化历程来讲,建模方法论是继古希腊的三段论、近代的归纳法、现代的逻辑实证主义之后的新理论,是科学研究的新范式。经过二十年的实证研究,认知心理学家认为,建模方法可以成功地应用在教学论上,而且能更好地反映科学本质教学目标。[33]有学者提出建模教学法六步骤:初始探索以获得数据、构建模型、评价模型、与其他解释进行比较、修订模型、应用模型进行预测和解释。[34]而这六个步骤的每一步都需要在反复讨论、争论、解释、再争论、再解释中完成,甚至借助技术手段使之达到“可视化”,让学生“看见”科学思维过程,“看见”在微观、宏观和符号水平同时表征科学现象的方法, [35]使在常规教学中要

求学生“认真观察和推理”的教学难点变得可操作化。

传统探究法与建模教学法的关系究竟怎样?对于科学家而言,甚至就杜威的探究概念而言,建模是探究的一种方法,其结果——模型,也是科学理论的一种形式。有学者对这两种教学模式的联系与区别给出了很好的说明:探究法是“基于关系的思考”,建模教学法是“基于模型的思考”;建模方法不仅探讨现象中两变量的联系,而且寻找现象中诸多关键变量的因果机制。[36]这就是说,两者的差异并非表现在科学本质上,而在于分析、推理的精度和效率上。建模法可以系统化地考虑更多变量的交互作用,重现系统运行过程,而基于关系的方法往往只是考虑有限变量的割裂的局部关系。所以,有学者认为,过去的探究教学法对于教和学的新手而言有较好的入门引导作用;而建模教学法则更适合较高认知发展阶段的教学。[37]

(四)重视认知发展与社会文化的联系

科学实践不仅要求起点是真实情境,也并要求贯穿始终的逻辑性,还要能够反映科学实践的社会性,因为真实世界的科学研究活动包含科学探究以外的社会文化因素。因此,科学实践注重把学生的文化背景、已有知识与已有经验内置于教与学的整个过程,实现与学习的深度关联。诺丁斯(Noddings, N.)指出,从认识论上看,目前学校最有利于学生认知发展的课程是诸如木工、机械、零售、烹饪、修理等实践性课程。[38]美国面对科学教育受众增多且多样化加大的现实,如何为所有学生提供有意义的科学教学成为巨大的挑战,事实上这也是起草《框架》的初衷。早在20世纪末,美国科学基金会(National Science Foundation, NSF)就呼吁“关注劳动力多样化”,并召集科学教育、信息技术、职业发展和社会研究等领域的专家共同探讨如何面对学生多样化的挑战。研究认为,应该加强科学教育中多样化的文化体验,改善学生职

业选择模式和优化社会职业结构;在科学实践教学中,加强社会文化背景的多元化。[39]

相比于美国国内社会文化因素的多元化而言,更大的影响因素是国家和民族之间文化的差异。过去对于跨文化研究的基本假设是非西方文化都是妨碍科学思维形成的落后文化,因此,非西方国家的科学教学情境都是“去文化”的。21世纪的大量研究指出,对于非西方文化传统的学生而言,科学学习的过程实际上是一种“跨文化教育”过程,因此,倡导基于本土文化的教学情境设计,并给予本土认识论和价值观更多关注。[40]近年来,学者们提出“文化关联”(cultural-relevant)教学设计理念,认为科学教育未来的核心是理解、支持和利用不同文化作为学习资源而不是负担,进而有希望拓展人类的认识能力和价值观。[41]为此,盖伊(Gay, G.)创造性地提出了“文化回应性教学”(culturally responsive teaching)模式,倡导在教学中使用不同种族学生的文化知识、先前经验、知识架构和表达风格,从而使学习对学生具有更好的关联性和有效性,提高“科学认同”。[42]《科学学科的战略前景和方向(Strategic Vision and Direction for Science)》将“科学认同”与“科学知识”、“科学探究能力”一起纳入“科学素养”测评框架,进一步强调了对“科学认同”的中介影响作用。[43]

(五)倡导科学实践评价标准多元化

鉴于科学实践的社会文化属性,评价标准多元化、情境化便存在合理性。近年来,语言多样性、认识论信仰以及学生身份认同的跨学科研究,澄清了导致不同文化群体科学素养表现落差的关键因素是个体认识论和科学身份认同,而不是科学知识量或认知技能。[44]因此,学生的个体认识论发展得到重视。柏兰德(Berland, L. K.)等将学习视为一种认识论实践,因而将学生的个人认识论作为教学效果的重要评估指标,要求教师将注意力放在学生的知识建构和应用过程,而不

是零碎的科学知识甚至认识论知识本身。[45]我国学者对柏兰德的认识论评价框架进行了研究,发现她的评价框架不仅包含学生对知识构建活动的投入,还包括对怎样投入才能保证获得正确知识或数据解释的关心。[46]也有学者提出“文化回应性评价”理论,主张从多个视角进行评价,不仅要看到当下的现实状况,还要将其置于文化演变和发展历程中来审视,从而准确把握评价对象的行为特点及其影响因素与成长过程,确保评价活动对促进学习的有效性。[47]

三、我国师生认识论认知的 特殊性及存在的短板

认知是建立在感知基础之上的,感知是由感觉器官对环境的“注意”形成的反映,是思维过程的第一步。显然,感知受制于生活环境,不同的自然地理、社会文化环境一定产生不同的感觉经验、不同的思维方式。杜威在《民主主义与教育(Democracy and Education)》中用专章论述“地理和历史的重要性”,认为知觉的本质是在情境中的一种推理活动,因为任何对知觉对象的锁定都要经过一个选择辨别的过程,而选择辨别必然发生在特定情境之中。[48]那么,对于中国师生而言,认识论认知的起点应该是中国自然地理与社会历史环境。

(一)我国师生特殊的认知环境和认知特点

中西方自然与社会环境的差异是解释中西方科学观念、思维方式差异的最基础性因素。经验主义哲学和第一次科学革命诞生在英国绝非偶然:高纬度群岛特殊生境使得大不列颠群岛上的原始居民不得不放弃陆地向海洋宣战。而我国的情况不同,在自然环境中,自古以来我们的感觉器官接受的震撼人心的经验依次是:广袤而富饶的中原大地、产生大禹治水故事的大河大江、统一文字和度

量衡的雄才大略、衣冠南渡开疆拓土的文明扩散、团结一心抢险救灾的英雄事迹、步调一致战胜疫情的感人场景。随着人口不断增加和城市化进程,自然环境逐渐被人工环境替代,人们对自然界的感受已经严重退化,对花开花落、雁来燕去视而不见,对鸟语虫鸣充耳不闻。^[49]孩子们过早地体验了人情世故,却难以辨别植物和岩石种类。

此外,从感知到思维的发生往往要有“变化”的刺激,否则容易形成思维定势。大多数孩子的父母或祖父母、曾祖父母都生活在相对封闭的农村“熟人社会”中,代代相传。因此,学生们往往对时空变化缺乏感觉和知觉,对坐标、变量、极限、加速度、微积分的概念难以建立。有研究发现,清华大学学生的认知能力在大学四年里发生了退步。^[50]显然,不是学生的原有认知能力消失了,而是高层次认知活动太少了,不能满足优秀学生对更大认知挑战的需求。学生在成长过程中虽然遭遇过纠缠不清的问题,但很少是通过探索性争辩和科学推理得到解决,大多是不了了之。同样,对于教师们而言,如果他们平时所经历的社会实践,不是需要观察、分析、综合、争论、反思的实践,那么,他们带给学生们的也就不可能是高阶认知的东西。

对于知识的获得方法是否符合科学思维,可以借用费曼(Feynman, R. P.)的一段隐喻来说明。他说,如果想知道中国古代帝王鼻子的长度,可以有两种方法,一种是实地考察,另一种是开会讨论。在最初阶段,考古得出的数字可能没有开会得出的数字与真实的情况更接近。然而,考古得出的数字通过科学共同体的争论、重复观察、再争论、再观察,会越来越接近真实;而开会得出的数字从第一轮到最后第一轮都说不清哪个数字更正确,

哪个证据更可靠、误差更小,因为主要取决于专家的个人水平和威望。有学者批评“美国许多学生认为获得事实性数据是科学至高无上的荣耀,而不是理论和模型。”^[51]这说明,美国学生已经可以做到重视数据,但没有上升到建构理论的层次。而我们不少学生视数据像儿歌、图画那样可以自我“建构”。^[52]这是由长期的农业文明带来的乐于描摹人文世界,而忽视对自然界的探索决定的。

有学者认为,中国历史上只有墨子关心过认识论问题,甚至说中国哲学缺少对认识论研究。^[53]其实,任何一个民族都有自己的认识论,更何况延续了五千年的文明。人文主义、集体主义也是一种认识论、一种思维方式,因为它可以高效地解决人口众多带来的诸多问题。尼斯贝特(Nisbett, R.)等认为,中国人社团取向的、偏重综合而非分析的认知方式,与独立思考取向的、偏重分析的科学认知不同,进而导致不同的观察和认识世界的方式。^[54]克若比(Crombie, A.)认为,思维方式是环境的产物,如果欧洲历史环境不是那样,今天盛行的可能就不是自古希腊就发展起来的推理模式。^[55]杜威早就说过,知识就是人类在与外界环境互动过程中积累起来的生存经验和技能。^[56]

中国式的思维方式和认识论带来了特殊的中国科学教育问题。2015年PISA测评结果显示,我国学生的“认识论知识”比“内容性知识”弱;科学自我效能感低于世界经济合作组织(Organization of Economic Collaboration Development, OECD)平均分,而英美最高。^[57]一项大样本实证调查发现,小学科学教师的“经典科学观”^①与其在中庸思维上的“以和为贵”维度得分存在相互消长关系。^[58]有研究发现,我国小学科学教师在经典科学观上

^① “经典科学观”是强调科学的客观性、世界的统一性、科学方法的规范性和可重复性的一种科学认识论,它与“后现代科学观”强调科学的个人主观因素和社会建构因素的影响带来的科学理论的不确定性属于两个基本对立的观念。详见:Halloun, I. Mediated Modeling in Science Education[J]. Science & Education, 2007, (16).

得分低于美国教师,而在现代科学观上却高于美国教师。^[59]这一结果有悖科学认识论的发展过程。造成这种发展上的复杂性的原因可能是东方传统思维方式与西方后现代思潮产生某种共鸣,进而导致我国教师现代科学观得分虚高的现象。^[60]

(二)我国师生在科学认识论上的短板

近年来,从国外引进的理论、观念令教师们应接不暇。所有这些教学模式的共同目标无非是让学生做“真科学”。教师们之所以感到应接不暇,是因为没有亲自参与过一项真实的科学研究项目。一些教师甚至将科学认识论知识划归为“缄默知识”^①,深信是不可能说清楚的知识。^[61]一项关于全国小学科学教师科学素养十年变化的调查研究发现,我国小学科学教师十年间在科学知识方面进步显著,但在科学认识论方面变化较小,在科学教学行为方面则几乎无任何变化。^[62]我国科学教育的问题不是技术上的,而是认识论上的;不是少数教师的“落后”行为问题,而是一些“优秀”教师备受肯定的示范作用。换句话说,这是系统性的问题。因此,我们亟须设计出适合我国教师和学生改变“感知”和“注意”习惯的科学实践活动案例。为此,我们首先要梳理出科学教学活动在科学思维和认识论认知上存在哪些方面的短板。

1. 缺乏客观问题情境的想象力与创造性培养

对于中国文化里成长起来的学生而言,在前图中展示的科学实践活动类型上,最缺少的不是右侧的依靠想象力建构模型的能力,而是左侧基础性的客观观察能力。我们学生想象力培养的情境主要是诗词歌赋,三年级孩子可写出极富想象力的描写《春天来了》的诗歌,但对春天的气温变化数据与影子长短的变化数据的联系缺乏想象力。英文有 observation, exploration, investigation, inquiry,

research,我们的语言和思维还没有对这些词汇作细致的区分;我们很容易理解发散性思维的意义,但往往轻视聚合性、分析性思维的价值,而后者更反映科学思维的特点。美国的《科学素养的基准》有关科学的本质提到,“在科学探索中包含的想象和创造性比许多人能认识到的要多得多,但是严格的逻辑性和实验证据迟早会取而代之”^[63]。根据金(Chinn, C. A.)等提出的真探究(authentic inquiry)与简单探究(simple inquiry)特征^[64],我国目前主要属于简单探究;在简单探究里,主要是简单实验;在简单实验里,存在许多假观察。所以,我们学生急需养成的是事关认识论的最基础的素养:客观记录的习惯、区分文学艺术的创造性与科学创新的本质、以弄虚作假为耻的科学态度,而这些都需要给学生创设科学发现的真实情境。

2. 脱离科学实验目标的计算、推理能力发展

有人认为,前图中“构建科学解释”模块主要在于数学和逻辑的运用,而数学是我国学生的强项,因为“应试教育”的最大功劳是培养了学生解难题的能力。但我们必须认识到,数学只是工具,计算技能本身不能建构科学理论;科学理论的产生需要在真实的情境中收集证据——推理和计算的材料;要让数据说话。我们学生不缺计算推理才能,但缺少清晰的解决问题的目标和符合事实和逻辑根据的预测意识,而有目的地提出问题和解决问题才能形成科学理论——证据和逻辑支持的合情合理的“故事”。显然,这就需要我们为学生构建科学问题情境,将数学计算、推理置于相互合作的科学实践的情境中。正如杜威所言,真正有意义的数学知识一定是在推理论证中得到的。^[65]推理论证不应单独发生在某个个体内,某个个体作出的推理论证只有在其他人那里可以同样进行,才能说明

^① 由英国物理化学家和哲学家波兰尼(Polanyi, M.)提出,指人类知识体系中那些无法言传和不清楚的知识。

其可靠性。如此一来,数学观念的真理性就离不开人类实践活动的意义领域。[66]

3. 缺失争辩体验的合作与守纪品质的培养

“和为贵”的传统崇尚讷言敏行,争辩的习惯不被推崇。例如,《思维的版图(The Geography of Thought)》的中文版对科学思维常见步骤的翻译漏译了“争辩”步骤;科学课堂看似小组活动热火朝天,但实际上常常是组长主导的活动。即使有争论,其目的和内容大多是为了寻找一种权威的答案,常常可以听到这样的小组活动对话:“老师不是这样说的!”“书上不是这样说的!”“我们究竟听谁的?”而不是基于自己观察事实的申辩。产生这种走过场的科学争论的原因,除了对理论有高不可攀的敬畏感,认为理论从来都是大人物构建的,学生的任务是学习既有理论,[67]还有对争辩的科学实践功能缺乏认识,对科学知识不断更新、永无止境的性质缺乏认识。更深层次的原因在于,我国目前工业化、现代化的社会分工尚不健全,教师和家长尚未真正体验过通过公平争辩建立起来的科学理论的产生过程。

4. 缺失科学探究环节的工程技术教育

由于近代科学与我们擦肩而过,长期以来我国科学教育片面重视技术操作而忽视其背后的科学原理基础。目前将“科学与工程实践”等同于工程技术教育,甚至进一步简化为技术教育的现象普遍存在。在课程设计上甚至将基础教育的科学课上成了职业教育的技能训练课,有将科学教育带上培养“能工巧匠”歧途的风险。[68]例如,通过反复试验来改进肥皂的制作,而脱离阐明化学反应过程的仔细的实验,从而将一个有意义的科学探索活动变成了一个营销项目。[69]科学探究的目的是产出对自然界的解释;工程技术的目的是产出符合人类需要的最佳设计方案和设施,因此两者相应的有待解决的问题和数据性质都是非常不同的。[70]在教学设计上,工

程技术实践活动既可以是对科学理论的应用,也可以是作为科学探究的工具,但都需要一个如项目化学习的真实情境。

5. 缺乏科学史根基的科技前沿内容学习一方面,有些工程技术教学出现了脱离科学实践、探究的理念,片面追求高科技前沿的内容;另一方面,将科学史教学像学科知识一样地传授,而不是作为极好的科学实践情境资源。例如,对达尔文进化论一课,要求小学生通过查资料讨论达尔文(Darwin, C. R.)与拉马克(Lamarck, J. B.)谁是谁非的问题。最后教师告诉学生“正确答案”是:只有达尔文是对的。但是,却没有认识到,这段科学史恰恰是对科学本质,即“科学理论是不断发展的”[71]的极好的诠释。当然,这与我国缺乏近代科学发展史密切相关。

学术界对科学史的教育意义已经形成共识,孟克(Monk, M.)和奥斯本重申要在“作为历史发现”与“作为历史认识论”之间做出区别,呼吁要重视后者。[72]但这些研究主要指的西方科学史,而作为人类文明发展历程重要组成的中国农业科技史的教育意义尚未得到关注。对于没有产生近代科学的中国而言,用外国科学史进行认识论层面的教学必然面临困境:缺乏本土文化的“情境”支撑,学生的科学认同和学习动机难以提高。此外,我们的历史课主要是关于朝代更替、帝王将相的政治史,唯一的系统化的科技史是英国人李约瑟(Needham, J.)在其西方人经验和知识基础上的“建构”。

“实践”是认识论最真实、最直接的写照,所以“实践”比“探究”、“过程”更呼唤基于文化本真状态的科学教育;但同时,实践也更容易暴露因社会文化的影响而导致的科学认识论认知上的问题。所以,实践理念对我国科学教育改革是一把双刃剑。不过,由于我们坚信科学的统一性原则,相信五千年文明的延续不断离不开科技的发展,我们就有信心挖掘其实践智慧,并一定能够转化为丰

富的本土科学教育资源。

四、对科学教育国际转向的本土回应

多年来我们紧跟西方理念、西方模式，尽管收到一定成效，但与西方的距离似乎并没有明显缩小。不过，“科学实践”和“文化回应性教学”等新理念恰恰提示我们，必须从我们自己的社会文化“情境”里找问题、找出路。实践一定是本土的行动。那么，首先要弄清本土科学实践是什么？要回答这个问题，可以通过构建“中国农业文明科技史模型”（以下简称“农业科技史模型”）来实现。该模型是基于中国的科学史发展和中国的文化情境构建的，其功能在于，第一，作为认识中国、认识中国科学教育问题及其社会文化影响的基础性教师教育课程资源；第二，作为设计我国学生科学认知进阶的理论根据；第三，作为科学实践活动情境设计的本土资源之一。

（一）开发“农业科技史模型”的科学教育意义

西方文明对世界的探究路径和过程与我国不同。他们从海洋出发，我们从平原出发；他们面对的最大挑战是自然界，我们面对的最大挑战是人口众多；他们先发展对自然的理解、后发展对人的理解，我们则先发展对人的理解、后发展对自然的理解。^[73]这就是说，我国科学史发展模型不同于西方，一个从商业文明向工业文明发展演变，一个则是从农业文明向工业文明发展演变。因此，我们对国际科学理念变化的回应应该首先从认识论上进行梳理和反思，而不是简单照搬西方的课程内容、教学模式、活动设计。

以物理学为例，英国13世纪就出现了实验思想的萌芽；17世纪产生第一次科学革命，出现了牛顿力学中力、速度和加速度的概念；到19世纪才建立起“能量”的概念，之前常常将能与力、能与动量相混淆。^[74]而我国

目前的工业化进程尚未完成，在“农业—手工业—工业化—电气化—电子化”这个社会形态发展序列中，还处于手工业与工业化的过渡阶段，缺乏自主创新的高科技成果。我国后发的工业化过程“跨越”了自然生长的本土制造业阶段，几乎从手工业阶段直接进入人工智能阶段；反映在教育上便是中学生要在几年之内囫圇吞枣地将西方人经过几百年积累的成果死记硬背下来。无论从尼斯贝特关于东亚人思维方式与科学思维方式存在隔阂的理论，^[75]还是近年来新进化论从基因层面对文化差异的解释来看，^[76]我国学生科学思维的建立和发展，都不应该急功近利，必须要回到本土科学实践中才能生长起来。

从课程上看，西方国家从小学到高中、大学各级科学教育内容的进阶大致反映了从古希腊到近代两次工业革命的西方文明进程，其历史学科的教育内容很大程度上反映的是从古希腊到近代的科学思想史及其与之相应的社会文化变迁——最高一级的科学探究“情境”。以英国为例，小学阶段采取不分科的综合教学模式，低年级小学生们身着自制的古希腊服装，制造原始的香料、橄榄油面包；学习古罗马骑兵古老的信息获取方法——用耳朵贴在地上听；想象在希腊群岛上写一封画有简单地图的求救信，放在用蜡封口的自制漂流瓶里，再应用简单的海流和潮汐的知识，决定投放漂流瓶地点，并计算大概几天后可到达对岸岛屿。^[77]英国学者提出的科学史教学模式中有一个步骤，将科学史上不成熟的甚至错误的解释和孩子们的各种观点平起平坐地放在一起，以此引起有效的争论，从而发展学生的认识论认知。^[78]

我国自近代引进的科学及数学教学内容及其进阶次序也是以西方科技史为根据的，这是因为我们没有自己的系统化的科技史，我国理科教育内容和进阶与我国科技发展史几乎完全脱节，与学生的认知发展阶段脱节。而且以传统文科教育形式存在的历史教

学和社会文化教学内容与理科教育理念大相径庭。当然,由于近代科学没有产生于中国,中国科技史在科学理论深度上往往不及西方科学,但这只涉及近代以后内容的进阶环节,即初中以后的学习阶段,而对小学阶段,即最需要关注认知进阶的阶段,完全可以回归本土科技史和文明史。这不仅有利于各科教学内容的一体化设计,而且有利于将我国独特的科学发展成果作为全人类的共同遗产继承下来,因为人类面临的许多问题已经说明:进化不等于进步。^[79]正如牛顿力学永远不会过时,我们的梯田和中医药智慧也不会过时,因为随着人口增加、耕地减少,“梯田思想与技术”对解决粮食问题和环境保护将有很大贡献;在回归天人合一的生态文明环境中,中医药的特殊功用就会重见天日。

(二)如何构建“农业科技史模型”

这里所说的科技史模型与所有科学模型一样,具有解释性特点,即能够反映我国农业文明环境下科技发展的独特逻辑。不过,它还具有虚构性特点。

第一,李约瑟的中国科技史是站在西方人视角、以工业文明为参照系的科技史,“四大发明”没有集中反映我国农业文明的成果。在以农业文明为核心的我国本土科技史里,除了“四大发明”还应该包括诸如水稻、蚕丝、^①梯田、水车和中医药。而且,已有的我国古代科技故事往往零散而庞杂,缺乏科学原理说明,脱离社会环境,而虚构的模型可以反映我国主要农业科技发明的自然环境和社会背景,及其不断改进的、连续的、合情合理的故事,这个故事应该与现代物质科学、生命科学、地球与空间科学的知识和原理进行合理嫁接,以及与社会各领域发生联系。

第二,尽管有一些中国科技史故事符合科技原理,但往往缺乏认识论观照,缺乏与社

会文化环境的联系,因而需要改写或重新设计教学策略,使之成为有意义的科学教育课程内容。例如,对于《墨经》里的诸多疑问句、《天问》里的一百多个科学问题,可以让学生们进行研讨,引导学生将历史故事背后的自然和社会环境与古人的认知发展相联系,合理地虚构当时的社会环境从而有效发展学生科学认识论认知。

第三,鉴于中国古代科技史故事与现代科技知识及社会环境脱节,需要用虚拟的故事将其与近代科学思想进行连接。^[80]例如,对于浮力定律的教学,要与“曹冲称象”进行联系,探讨为什么曹冲离开发现浮力定律只差一步之遥却停滞不前。比如,假设曹冲需要与韩国进行商贸往来,当他将满载的货轮驶出长江口时,一定会发现货轮离开河口后逐渐上浮,于是为了降低运输成本,曹冲定会召集大家研究怎样才能使载货量最大化。学生们在这样的情境中应该会提出与浮力定律相关的科学问题。不过,编造这个跨越时空的故事不在于吸引学生,也不限于引发学生提出科学问题、学习科学方法,更是要引导学生思考诸如曹冲之所以没有从称象的活动中抽象出浮力定律可能是因为我们的商业文明不发达等问题。这是对社会文化的反思,是培养科学认识论的有效途径,也是培养科学态度和责任感的有效途径。

第四,中国农业科技史建模可以有多种多样的途径和方案,其目的不是进行专业的历史学研究,而是通过建模让学习者学会历史地看待我国科学发展过程,认识科学发展与社会文化的联系。如前所述,建模过程本身是一种科学实践的过程。

(三)如何使用“农业科技史模型”

构建“农业科技史模型”是“文化关联”的教学模式需要。它的功能定位、与普通课

^① 相对于西方文明的标志:文字、城郭、青铜器,中华文明的标志是:水稻、蚕丝和玉器。参见:牟永抗,吴汝祚. 水稻、蚕丝和玉器——中华文明起源的若干问题[J]. 考古,1993,(6).

程的关系,以及怎样使用还需经过实践探索。

1. 作为教师教育课程的重要补充

对于教师教育而言,农业科技史模型不仅是一种“学科教学论知识”(Pedagogical Content Knowledge, PCK),而且是学科教学内容,因为“认识中国”本身是有效理解其他教学内容的基础。虚构科技史可以为教师们提供最宏观的科学实践与社会文化环境关系的历史逻辑认知,以此为基础开发教学中的“情境导入”,设计有内容的科学争辩、推理论证的探究活动。目前“情境导入”环节是教师们普遍反映的难点,而如果像前文《岩石分类》所述,以科技史故事为情境设计,就会帮助学生们理解科学的本质是人类解决生活中问题的创造性探索;认识到科学探索永无止境,科学是和我们每个人日常生活息息相关的事。

2. 为发展科学认识论提供实践活动素材

“农业科技史模型”不可替代常规的国家课程,但它是落实国家课程的重要途径。学习科学前沿告诉我们,探究活动的内容一方面要与孩子们的生活经验相联系,另一方面要与社会文化相联系,而科学史故事是再现社会文化与思维发展关系的重要资源。曹冲称象一例已经说明了这一点,没有商业活动,就不需要产生抽象的科学和数学概念,也不需要精确计算和推理。此外,“农业科技史模型”的开发、建构本身是一项社会科学研究领域的科学实践,可以作为教师教育或高中学生“科学、技术与社会”(Science, Technology and Society, STS)教育的校本课程或项目化学习资源。对于小学生而言,可以以科普剧的形式表演出来,也可以以漫画的科普读物形式呈现出来,还可以用学生们自制的实物,建设教学用中国农业文明科技史馆等。

3. 为课程的进阶设计提供宏观背景

西方科学史与不同年级课程内容对应的进阶关系源于“教育重演论”思想。该思想认为,儿童科学思维的个体发生与人类科学成

果的系统发生之间存在平行关系。20世纪以来许多心理学家和教育家都认同重演论。林(Linn, M. C.)认为,“儿童学习科学概念的过程反映了人类对科学的认识历程”。^[81]哈洛恩(Halloun, I. A.)也认为,学生在科学上的认知发展也许可以通过某种重演科学范式演变历史的学习过程得到有效地实现;大多数中学生所拥有的物理世界概念在许多方面类似于前伽利略时代的幼稚的实在论范式,通过指导学生重演伽利略(Galilei, G.)以来的科学家所经历的科学理论和科学模型的不断改进过程,可以与现代的科学实在论相协调。^[82]为此,他提出了三种科学本质观:幼稚的、经典的和现代的,并认为三者是进化的、循序渐进的关系。可以推论,我国学生早期科学认知进阶框架应该与中国农业文明科技史发展过程大致一致。

(四)开展“文化关联”教学活动应该注意的问题

正如任何科学概念都有其定义域,“农业科技史模型”的运用也应该正确认识其性质,注意其适用条件。

第一,基于中国农业科技史模型的文化关联教学不是主张狭隘的民族主义、保守主义。我国科学教育课程改革已经开始了本土文化情境教学模式探索,农业科技的教育意义开始被认识。但不足之处在于主要是零星的古代科技知识,如孔明灯、榫卯结构、桥,缺少对科学史故事背后蕴涵的科学本质的探讨。在涉及与文化遗产关系处理上仍然存在两张皮现象,尚未从农业文明科技史与科学思维的关系、农业文明与中华文明的关系上看问题,所以在教育目标上主要是技艺传承和劳动教育。

第二,不可滥用重演论。不是所有概念学习过程都符合重演现象。例如,对热和温度的关系,对光合作用的理解,对地球重力指向地心的概念。今天的孩子生活在一个与他们的祖先非常不同的物质和社会文化环境

中,重演并不是普遍的现象。重演论的意义主要是为某些概念建构进阶的设计提供历史视角的支持。我们倡导的重演论主要是社会文化意义上的,而不是具体内容意义上的。因而,如果仅从学习内容上讲,中国农业文明科技史对应的认知阶段是小学阶段。古代科学史在小学阶段具有不可或缺的特殊意义。

第三,不可夸大科技史情境的作用。如上所述,科技史对于科学教育的文化关联设计非常重要,然而,它不是发展认识论认知的唯一素材,学生的现实生活经验仍然是教学设计的主要资源。不过,发达国家大多数家庭都有机器人,孩子们都有自己独立的生活空间,花园绿地、自然馆(角)、科技馆(角)能够满足孩子们的好奇心。而我们一方面城市化进程尚未完成,另一方面大多数城市学生很少有接触大自然的机会。更为严重的是,我国家长与孩子生活在相互隔离的两个世界,很难产生双方具有共同兴趣的、值得探究的问题。那么,什么样的情境是学生、家长、教师都能乐在其中的呢?离开我们父辈的生活经验不很遥远的传统农业科技活动便是一种选择。

综上所述,国际上用“科学实践”代替“科学探究”是一次重启改革的动员令,而不是实用主义认识论原则的转变;用“实践”一词可以更好地表达实用主义在认知科学上的新进展,即强调学术共同体有条理的争辩与建构的意义以及社会文化的作用。对于非西方国家而言,这个变化虽然带来了很大挑战,但同时也带来了特殊的机遇,因为实践一定是基于本土的活动。本文提出的建构中国农业科技史模型方案,本身就是一项科学实践。尽管挑战巨大,道路曲折,但改革开放这个最大的科学实践保证了中国科学教育前途辉煌。

参考文献:

[1] 唐小为,丁邦平.“科学探究”缘何变身“科学实

践”?——解读美国科学教育框架理念的首位关键词之变[J].教育研究,2012,(11).

[2] Halawa, S. Features and Trends of Teaching Strategies for Scientific Practices from a Review of 2008—2017 Articles [J]. International Journal of Science Education, 2020, (42); Barzilay, S. & Clark, A. C. On the Goals of Epistemic Education: Promoting Apt Epistemic Performance [J]. Journal of the Learning Sciences, 2018, (27).

[3] Sandoval, W. A., et al. Understanding and Promoting Thinking about Knowledge: Origins, Issues, and Future Directions of Research on Epistemic Cognition [J]. Review of Research in Education, 2016, (40); 宋歌,王祖浩.实践转向的科学论证教学:国际研究新进展[J].比较教育研究,2018,(7).

[4] OECD. PISA 2018: Assessment and Analytical Framework [EB/OL]. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>.

[5][55] Crombie, A. & Shea, W. Styles of Scientific Thinking in the European Tradition [J]. Annals of Science, 1995, (52).

[6][74] 丹皮尔.科学史及其与哲学和宗教的关系[M].北京:商务印书馆,1975.146,229—230.

[7][20] Emden, M. Reintroducing the Scientific Method to Introduce Scientific Inquiry in Schools? A Cautioning Plea Not to Throw Out the Baby with the Bathwater [J]. Science & Education, 2021, (30).

[8] 杜威.美国实用主义的发展[M].北京:商务印书馆,1990.456.

[9] 刘华初.杜威哲学的经验和情境——兼与马克思实践观比较[J].学术,2021,(6).

[10] 刘放桐.杜威哲学的现代意义[J].复旦学报,2005,(5).

[11][12][13] Giere, R. N. A New Framework for Teaching Scientific Reasoning [J]. Argumentation, 2001, (15).

[14] Develaki, M. Comparing Crosscutting Practices in STEM Disciplines: Modeling and Reasoning in Mathematics, Science, and Engineering [J]. Science & Education, 2020, (29).

[15] 尚新建.实用主义是相对主义吗?——评威廉·詹姆斯的真理观[J].中国高校社会科学,2014,(5).

[16][17][26] National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2012. 42, 44, 30.

[18] Erduran, S. Respect for Evidence: Can Science Education Deliver It? [J]. Science & Education, 2021, (30).

[19] Needham, P. Getting to Know the World Scientifically: An Objective View [M]. Cham, Switzerland: Springer, 2020. 25—35.

[21][24] Sandoval, W. A., et al. Understanding and Promoting Thinking about Knowledge: Origins, Issues, and Future Directions of Research on Epistemic Cognition [J]. Review of Research in Education, 2016, (40).

[22] 江怡.试论认知科学中的实用主义元素[J].浙江学刊,2021,(5).

- [23] Menary, R. Pragmatism and the Pragmatic Turn in Cognitive Science[M]. Cambridge MA: MIT Press, 2016. 210—236.
- [25] 肖思汉, William A. Sandoval. 科学课堂上的“探究”与“实践”有何不同[J]. 课程·教材·教法, 2017, (12).
- [27][39][44][81] 裴新宁. 学习科学与科学教育的共同演进——与国际学习科学学会前主席马西娅·林教授对话[J]. 开放教育研究, 2018, (4).
- [28][64] Chinn, C. A. & Malhotra, B. A. Epistemologically Authentic Inquiry in Schools: A Theoretical Framework for Evaluating Inquiry Tasks[J]. Science Education, 2002, (86).
- [29][46] 宋歌, 王祖浩. 实践转向的科学论证教学: 国际研究新进展[J]. 比较教育研究, 2018, (7).
- [30] Osborne, J. Science Teaching Methods: A Rationale for Practices[J]. SSR December, 2011, (93).
- [31] 唐小为, 等. 课堂科学辩论实施探究——以中美中小学科学课堂案例比较分析为例[J]. 课程·教材·教法, 2012, (5).
- [32] 胡卫平, 等. 思维型科学探究教学的理论建构[J]. 课程·教材·教法, 2021, (6).
- [33] Bower, G. H. & Morrow, D. G. Mental Models in Narrative Comprehension[J]. Science, 1990, (247).
- [34] Kenyon, L., et al. The Benefits of Scientific Modeling[J]. Science and Children, 2008, (46).
- [35] 金莺莲. 技术增进的环境中初中生科学概念学习的研究——基于知识整合框架[D]. 上海: 华东师范大学, 2017.
- [36] Fretz, E. B., et al. An Investigation of Software Scaffolds Supporting Modeling Practices[J]. Research in Science Education, 2002, (32).
- [37] 姜涛, 廖伯琴. 方法与建模: 两种竞争的探究教学模式评析[J]. 课程·教材·教法, 2012, (10).
- [38] 诺丁斯·奈尔. 教育哲学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2008. 141.
- [40] Nasir, N. S. & Hand, V. Exploring Sociocultural Perspectives on Race, Culture, and Learning [J]. Review of Educational Research, 2006, (76).
- [41] Warren, B., et al. Rethinking Diversity in Learning Science: The Logic of Everyday Sense-making [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2001, (38).
- [42] Gay, G. Teaching to and Through Cultural Diversity [J]. Curriculum Inquiry, 2013, (43).
- [43] OECD. PISA 2024 Strategic Vision and Direction for Science [EB/OL]. <https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA-2024-Science-Strategic-Vision-Proposal.pdf>.
- [45][69] Berland, L. K., et al. Epistemologies in Practice: Making Scientific Practices Meaningful for Students [J]. Journal of Research in Science Teaching, 2016, (53).
- [47] 高若瑜. 当代美国文化回应性评价思潮及其意义探讨[J]. 全球教育展望, 2020, (6).
- [48][65] Dewey, J. The Late Works [M]. Carbondale: Southern Illinois University, 1986. 241—242, 391—415.
- [49] 李艾浩. 城市环境对儿童成长的影响[J]. 美与时代(城市版), 2016, (2).
- [50] 罗燕, 史静寰. 清华大学本科教育学情调查报告——与美国顶尖研究型大学相比较[J]. 清华大学教育研究, 2009, (5).
- [51] Feynman, R. P. Surely You're Joking, Mr. Feynman! [M]. New York: Bantam Books, 1986. 268—269.
- [52] 张红霞. 建构主义对科学教育理论的贡献与局限[J]. 教育研究, 2003, (7).
- [53] Hansen, Chad. A Daoist Theory of Chinese Thought [M]. New York: Oxford University Press, 1992.
- [54][75] 尼斯贝特, R. 思维的版图[M]. 北京: 中信出版社, 2003. 29—48, 29—48.
- [56] 杜威. 民主主义与教育[M]. 北京: 人民教育出版社, 2001. 54.
- [57] 张红霞, 等. PISA2015 中国学生科学成绩下滑特点及原因探讨[J]. 教育生物学杂志, 2017, (1).
- [58] 曲铭峰, 等. 小学科学教师中庸思维与科学观关系的实证研究[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2017, (3).
- [59] Liang, L. L., et al. Assessing Preservice Elementary Teachers' Views on the Nature of Scientific Knowledge: A Dual-response Instrument [J]. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 2008, (9).
- [60] 蔡铁权. 当代科学本质观的文化趋向与科学教育改革[J]. 全球教育展望, 2010, (7).
- [61] 张莉娜. PISA2015 科学素养测评对我国中小学科学教学与评价的启示[J]. 全球教育展望, 2016, (3).
- [62] 张红霞, 等. 科学教师科学素养十年变化及其与中庸思维的关系[J]. 苏州大学学报, 2013, (1).
- [63] 美国科学促进会. 科学素养的基准[M]. 北京: 科学普及出版社, 2001. 8.
- [66] 马荣. 试析实用主义真理论的三个维度[J]. 天津社会科学, 2014, (4).
- [67] Taber, K. S., et al. Beliefs and Science Education [M]. Rotterdam, The Netherlands: SensePublishers, 2017. 53—68.
- [68] 唐小为, 王唯真. 整合 STEM 发展我国基础科学教育的有效路径分析[J]. 教育研究, 2014, (9).
- [70] Osborne, J. Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change [J]. Journal of Science Teacher Education, 2014, (25).
- [71] Noguera Solano, R., et al. The Evolutionary Thought of Jean Baptiste Lamarck: Why His Original Ideas Should Be Taught in Classrooms [J]. Science & Education, 2021, (30).
- [72][78] 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).
- [73] 张红霞, 吕林海. 杜威教育哲学在全球化时代的发展[J]. 教育发展研究, 2013, (17).
- [76] 查尔斯·J·拉姆斯登, 爱德华·O·威尔逊. 基因、心灵与文化: 协同进化的过程[M]. 上海: 上海科技教育出版社, 2017.
- [77] 张红霞, 聂克·福斯克特. 教育重演论与中国教育改革[J]. 教育研究, 1998, (2).

[79] Harari, Y. N. *Sapiens: A Brief History of Humankind*[M]. London: Penguin Random House, 2011. 10—11.
[80] 张红霞, 吕林海. 中国学生的知识结构脱节及其改造

[J]. 教育发展研究, 2014, (21).

[82] Halloun, I. Mediated Modeling in Science Education [J]. Science & Education, 2007, (4).

From "Inquiry" to "Practice": The International Shift of Science Education and Chinese Strategies

Zhang Hongxia & Yu Bo

Abstract: The idea of "practice" instead of "inquiry" in international science education is a signal to mobilize a new reform. The word "practice" can better express the new advances in cognitive science under the guidance of pragmatism: emphasizing organized debates and the theory-constructing process in the academic community, and the role of socio-cultural factors in the development of students' epistemological cognition. In teaching practice, the conceptual shift focuses on scientific debates and reasoning, which are placed at the core of the process of scientific practice, and creates the "culturally responsive teaching" approach. In response to the conceptual shift, China's science education is supposed to take epistemological reflections as the starting point, build a "historical model of science and technology for China's agricultural civilization" based on the historical development of Chinese science and local culture, have a deep understanding of the relationship between science and socio-culture in the modeling process, awake to the basis of the advances in Chinese children's scientific cognition, and provide important local resources for the situational design of teachers' scientific practices.

Key words: science education; scientific inquiry; scientific practice; scientific epistemology; culturally responsive teaching

Authors: Zhang Hongxia, professor of the Institute of Education, Nanjing University (Nanjing 210023); Yu Bo, associate researcher of the Science Education Research Center, China National Academy of Educational Sciences (Beijing 100088)

[责任编辑:武 芳]

关于全面加强论文文献综述的启事

文献是一个研究领域的知识地图,文献综述反映了研究的逻辑起点,也反映了研究者的学术素养和学术规范自觉。为进一步升级本刊学术规范,引领研究者多读文献、多做文献综述、做全面客观的文献综述,本刊决定全面加强论文的文献综述,谢谢支持配合!

教育研究杂志社