

公民科学素质中的科学精神及其测量

郑美红^{1*} 任思睿¹ 任磊² 苏波波¹ 滕飞¹

(清华大学社会科学学院, 北京 100084)¹

(中国科普研究所, 北京 100081)²

[摘要] 通过梳理科学精神的定义、内涵及组成成分, 探讨其与科学素质和科学能力之间的关系, 尝试将科学精神明确地纳入科学素质的结构体系中, 为新时代公民科学素质测评指标体系的转型和升级提供理论参考。而对科学精神的概念解构, 有助于科学精神的测量, 并促进新的完整的公民科学素质测评指标体系的形成。

[关键词] 公民科学素质 科学精神 内在性 稳定性 测量

[中图分类号] N4 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2021.02.003

科学素质是一个不断发展, 兼具理论和实践意义的概念, 由美国教育改革家科南特在 1952 年首次提出^[1]。半个多世纪以来, 科学素质经历了从教育议题到政策议题的发展历程。1993 年, 联合国教科文组织首次提出了“全民科学素质”这一概念, 将其定义为表征现代公民的必备能力指标之一^[2], 标志着科学素质概念突破了学校科学教育范畴, 进入了全民终身学习、提高全民素质的广阔领域。科学素质的概念经历了几个主要发展阶段, 分别是重视科学知识和方法、加强实践层面与个人生活场景的联系、在社会层面重视科学技术与社会关系, 以及重视科学的本质^[3]。

从科学的本质出发定义科学素质, 科学精神就必不可少。实际上, 我国《全民科学素质行动计划纲要(2006-2010-2020 年)》

(以下简称《科学素质纲要》) 就已经明确指出科学素质中包括科学精神^[4]。由于科学精神的概念具有高度抽象性, 使其在公民科学素质中很难被明确, 更加难以体现或无法正确体现在测评指标体系中。如果科学精神以及它与公民科学素质的其他要素之间的关系得到明确, 将在实质上使公民科学素质的内容得到进一步的丰富和拓展, 也将标志着公民科学素质概念发展的一个新的阶段的开始。

关于科学素质, 当前国际上的主流观点强调其为运用科学的能力(本文中简称其为科学能力)。能力是素质的外化体现, 素质是内在本质。在从科学素质到科学能力的外化过程中, 科学精神赋予了科学素质内在性和稳定性两大属性, 架起了科学素质与科学能力之间的桥梁。不仅如此, 以科学精神在公

收稿日期: 2021-03-30

基金项目: 中国科普研究所资助项目“新时代中国公民科学素质指标体系研究”(200101ESR037)。

* 作者简介: 郑美红, 清华大学社会科学学院副教授, 主要研究方向: 认知心理学, E-mail: zhengmh@tsinghua.edu.cn。

民科学素质中的作用为线索,科学精神的成分得以分析,使得对它的测量成为可能。

1 公民科学素质的再认识及其构成要素分析

1.1 公民科学素质概念的再认识

经济合作与发展组织(Organization for Economic Co-operation and Development, OECD, 简称经合组织)的PISA2015指出,具有科学素质的人具有处理与科学相关的事物的能力,是具有科学思想的反思性公民,并愿意对科学和技术做出合理的解释^[5]。欧盟IPOP报告指出,科学素质的概念包括五个关键要素,分别是基本素养、科学知识和能力、背景科学理解、批判性思维和机构参与^[6]。美国科学促进委员会(American Association for the Advancement of Science, AAAS)认为具备并使用科学、数学和技术学的知识做出有关个人和社会的重要决策是科学素质。我国《科学素质纲要》则指出,公民具备基本科学素质一般指了解必要的科学技术知识,掌握基本的科学方法,树立科学思想,崇尚科学精神,并具有一定的应用它们处理实际问题、参与公共事务的能力^[4]。对科学素质以及公民科学素质概念的解读不尽统一,各有偏重,并且其中不乏对科学思想、科学精神等抽象概念的涉及。

据有限所知,在对科学素质的众多解读中,樊琪和赵骏罕见地提及了科学素质的稳定属性,指出:“科学素养是指对在日常生活、社会事务以及个人决策中所需要的科学概念和科学方法的认识和理解,并在此基础上所形成的稳定的心理品质。”^[7]可以认为这一稳定属性的赋予,使科学素质从单纯地强调能力而开始向既强调能力又强调能力的稳定性过渡。遗憾的是,稳定这一属性并没有被继续挖掘。

深入挖掘素质的本质含义,并基于实践

视角,我们提出,公民的科学素质是公民在工作和生活中遵循科学活动的原则,基于科学方法、利用科学知识解决实际问题,并拓展其对自身、周围以及世界的理解和认识的内在的、稳定的能力。也就是说,科学素质是能力,并且是内在的、稳定的能力。

1.2 公民科学素质的构成要素分析

米勒(Jon D. Miller)基于测量,提出了科学素质的三维度模型:一是对重要的科学词汇及概念(即科学知识的内容)的理解;二是对科学探究的过程或本质的理解;三是对科学技术对个人和社会之影响的认识和理解^[8]。上述三种能力成为米勒体系中科学素质的构成要素。OECD的PISA2018中则指出科学素质包括三种能力、分别是解释现象的能力、评价和设计科学探究的能力、科学地解释数据和证据的能力,所有这些能力均由科学知识所决定^[9]。

根据我们对公民科学素质的定义,科学素质中不仅包括科学知识和科学方法,还要有一种赋予科学能力以“内在”和“稳定”属性的要素,这一要素就是科学精神。公民科学素质包括科学能力和科学精神,科学能力由科学知识和科学方法所决定。至此,公民科学素质中包括四个要素,分别是科学精神、科学能力、科学方法与科学知识,而其中尚缺乏深入讨论的就是公民科学素质中的科学精神,具体包括什么是公民科学素质中的科学精神,其在公民科学素质的概念框架中具地位及作用是什么,是否可对其进行测量等问题。

2 公民科学素质中的科学精神

上述对科学素质的所有解读几乎都强调了能力,部分解读提及了科学思想批判性思维以及科学精神,然而,并没有对所言及的高阶思想或精神的属性进行进一步分析。科学精神作为一个概念出现在科学素质或公民

科学素质的成分中，具体指什么以及具有什么作用依然不明确。

2.1 什么是科学精神

科学精神是一个复合词，由“科学”及“精神”构成。科学被理解为是基于实证的对世界进行理解的系统性研究，或是建立在可检验的解释和对客观事物的形式、组织等进行预测的有序的知识系统。其对象是客观现象，内容是形式化的科学理论。科学社会学家贝尔纳认为科学是一种建制，一种方法，一种知识体系，一种维持和发展生产的主要因素，一种重要的观念来源和精神因素^[10]。什么是精神？黑格尔认为相对于客观物质世界，精神是高阶抽象层面对思维活动的概括，属于认知范畴，具有稳定性、持久性、本质性、核心性与概括性^[11]。实际上，除了这些特征，“精神”的本质在于它是决定外在行为的内在驱动力，而非外在的影响因素。具有科学精神的个体具有在其行为中体现出遵循科学本质的内在力量。

科学精神则指在追求真理的过程中进行科学活动的主体所具有的推动科学活动进程的内在认知与信念。有学者提出科学精神的核心是求真^[12-13]，但实际上求真是科学的本质和固有属性，进行科学活动的过程就是追求真理的过程，进行科学活动的目的是揭示世界的真实面貌。科学活动的过程包括通过探索新事物和对已有发现的质疑，确立科学活动的对象，基于逻辑的思考得出假设，从事实出发并基于观察与实验去验证假设，实现去伪存真，从而不断地揭示世界中各种事物以及不同事物间的本质联系和规律。

需要指出的是科学精神并不能由科学态度所替代，科学精神表达的是内在的、稳定的品质。科学态度则包括对科学或科学家的认同态度，接受科学探究作为一种思维方式，对科学与与科学有关的活动的兴趣的发展等^[14]，是对科学的知觉和信念^[15]。可见，科学态度更加

强调对科学的观点和看法，可作为科学精神的一种输出和反馈，更侧重于外在性。

2.2 公民科学素质中的科学精神及其子维度

由于揭示世界的真实面貌或者说发现真理是科学活动的目的，那么科学精神应该是从事科学活动的人为实现该目的所具有的内在认知与信念，是进行科学活动的目的以及从事科学活动的主体之间相互作用而产生的支撑科学活动的内在而稳定的存在。需要指出的是，科学活动不仅指科学家进行科学研究的的活动，而且指所有利用科学知识、科学方法拓展对自身、周围以及更广阔的世界的理解和认识的活动。从这一角度而言，公民遵循科学框架的对自身、周围以及更广阔的自然和社会的理解和认识的活动，本质上也是科学活动。因而公民应具有的科学精神是覆盖并支撑科学活动的一种内在的稳定的认知和信念。

与科学家所从事的科学活动相比，公民所从事的科学活动的特点是与生活和工作结合得更加紧密，更侧重以科学精神为支撑，更好地运用科学方法和科学知识，从而追求美好生活、实现人的全面发展，客观上实现与社会共同进步、共同发展。与一般意义的科学精神相较，公民科学素质中的科学精神与其所支撑的科学活动的特点相一致。基于公民科学素质的应用视角分析，公民的科学精神至少应该包括探索精神、理性精神、质疑精神和实证精神四个维度。

2.2.1 探索精神

探索精神是对未知事物的好奇，是对所好奇的事物的发生机制和与其他事物之间产生联系的背后机制的求知欲。通勤路径的选择，夏雨冬雪，火箭升空，生活、工作乃至远离实际生活的事物中，都存在着众多科学活动的对象，而对它们自身以及与其他事物之间的联系规律的揭示，需要具有主动的

探索精神。

对现象背后机制的好奇心，使人类关注的探索对象逐渐丰富，并且帮助人类发现并掌握这些探索对象的规律。而强烈的求知欲，即主动探索并认识科学本质的认知倾向使人类不断拓展对自身、周围和世界的认识，二者共同导致了科学活动的启动。

2.2.2 理性精神

广义而言，理性精神是指相信世界具有可理解性和规律性，并且对客观物质世界存在规律具有坚定的信念；狭义层面上，理性精神是指采用理性思维了解、认识世界的态度，是一种高级认知思维方式，通常指基于逻辑的思考加工^[16]。受理性精神支配处理信息时具有分析性和反思性倾向。非理性思维通常指基于情绪与直觉的思考加工，例如与社会文化环境、情绪、直觉顿悟、认知风格、价值取向、创造性思维等非逻辑成分相关的认知过程^[17]。

21世纪，随着信息的不断增加和扩展，大量冗余信息可能会让人们难以辨别真假，无法做出正确的判断。由于具有理性精神的人能够持续地坚持基于逻辑的思考分析，而伪科学、谣言和虚假信息无法经受基于逻辑的思考分析的考验，所以他们对于伪科学、谣言和虚假信息的辨别能力更强。具有理性精神的人认知上能够做到更深入本质地接触到事物的真相，实践上能表现出在判断和进行决策时更符合科学方法的要求。因此，个体是否能够进行理性思维对衡量个体是否具有科学素质具有重要意义。

2.2.3 质疑精神

科学活动在不断地自我检视和纠错中进行，而科学认识也正是在这样的过程中得以提升并完善。质疑精神就是指在科学活动中所体现出来的自我检视和纠错的内在动力。只有勇于质疑，才能发现矛盾，并且在发展的基础上

修正已有的认识，寻求更好更合理的科学解释和科学理论。长远来看，科学认识以及科学规律只有在不断被质疑的过程中，才能获得发展变化，不断得到修正。“科学的每一个部分，包括‘预设’在内，都是研究的可能题目，都可以接受修改”^[18]。“科学就是要辨误识伪，去伪存真，对已有的结论、曾经的权威，皆应保持某种理性的怀疑，一旦出现新的反证时，应立即予以‘存疑再究’”^[19]。

2.2.4 实证精神

公民为获得对自身、周围以及世界的理解和认识，在探索精神、理性精神以及质疑精神的基础之上，还需要另一种精神，即通过观察和实验的方法对所获得的未经科学证实的信息和对经过分析、推理所获得的假设进行验证的精神，这就是实证精神，是以观察、实验的手段进行验证的内在动力。实证精神可延伸至对事实的尊重，科学精神首先要尊重事实，从事实出发，在此基础上通过观察和实验的手段进行验证。缺乏实证精神可能会导致轻信缺乏证据支撑的言论，最终会增加维护社会正常运转的成本，并通过社会主体传播危害^[20]。通过提高公民的实证精神来提高科学素质，进而抵制没有根据的信仰，对社会稳定和个人健康非常重要^[20]。

科学精神的上述四个维度贯穿于公民所进行的对自身、周围以及世界的理解和认识的过程，使公民具有强健而稳定的内在驱动力开展科学活动。就对公民科学素质的理解而言，只有将科学精神明确地内化于其中，公民科学素质的概念才更完整，并且内涵更深刻，其外在表现也拥有了结构支撑。

3 科学精神使公民科学素质成为“素质”

3.1 公民科学素质的内在性与稳定性

公民具备科学素质是指公民具有在工作和生活中遵循科学活动的原则，利用科学方法、

科学知识解决实际问题，与此同时，拓展自己对自身、周围以及更广阔的世界的理解和认识的内在的、稳定的能力。公民科学素质具有内在性和稳定性的特征。所谓内在性是指并非偶然地对所获得的科学知识和科学方法的应用能力，而是由内而生的思维和行事方式；稳定性则指不依赖于场景，在任何情况下、任何条件下均可使科学能力得以体现。

3.2 科学精神赋予公民科学素质以内在性

公民科学素质的外在体现是在生活、工作中利用科学知识和科学方法解决实际问题，理解世界、认识世界的能力，具体而言包括获取和辨别信息，科学地解释现象，科学地预测事物发展的结果，开展科学探究以获得新知的能力，这些能力被称之为科学能力，是公民适应社会和时代发展，解决各类实际问题的核心和基础，它们不限场景，能够帮助公民进行关于自身和社会的判断和决策，并采取相应的行动。可以说，科学素质内嵌于科学活动的主体，以各项能力作为具体体现。

科学精神与科学方法、科学知识一起成为决定公民科学素质的关键成分。科学方法和科学知识的应用使公民科学素质在某一具体情境或对某一具体现象进行考察时得以体现，决定了即时的科学能力。科学精神则是公民在解决问题的过程中，以及关于自身、周围以及世界的理解过程中遵循科学方法、运用科学知识的内在动力。换言之，科学精神使人能够遵循科学方法，利用科学知识，并且不断地产生更好的科学方法、更正确的科学知识。不仅如此，科学精神使人所具有的科学能力不断提升。

3.3 科学精神赋予公民科学素质以稳定性

稳定性是公民科学素质的另一个重要属性，它意味着具备科学素质的公民个体在大多数条件下均能发挥相应的科学能力。

作为公民科学素质关键要素的科学精神、科学方法和科学知识，它们具有不同的稳定性。科学知识和科学方法随着时代的变化而发生改变，并不断获得更新。与之相比，科学精神则具有一定的稳定性。在不同的历史阶段，科学精神的四个子维度的重要程度可能会发生调整，但至少较长历史时期内科学精神的内涵不会发生重大改变。在个体层面，科学精神体现出明显的个人特质，确定了个体能力的范围。在很大程度上，科学精神决定了科学素质所能达到的高度。有鉴于此，科学精神赋予了公民科学素质能够在一定水平的稳定性。

通过上述分析可知，科学素质所具有的内在性和稳定性特征，正是由高阶的、不依赖于外在内容的、内涵稳固的科学精神所赋予。科学精神赋予科学素质以内在性和稳定性的特征，在科学素质概念建构中起到了核心作用，也正因为如此，科学素质从能力升华为“素质”。

4 对公民科学素质中的科学精神的测量的思考

4.1 科学精神的可测性

比起科学知识和科学方法，科学精神具有高度抽象性，测量难度较高，但依旧可以通过主观报告或者观察、访谈等方式，在一定的情境下进行测量。尽管目前尚没有对科学精神的测量工具，但由于科学精神具有稳定性的特征，因此可以开发量表对其进行测量。定性测量手段中，访谈可以提供丰富的数据，揭示新的见解，灵活而充分地反映个体的内在想法^[21]。以往的公民科学素质测评体系中有对科学态度的测量，但科学态度并不能替代科学精神，科学态度更强调基于外在视角对科学的认同程度、参与的积极程度等，而科学精神

则是其主体自身所秉持的稳定地进行科学活动的内在驱动力。

4.2 科学精神的子维度

4.2.1 探索精神

对于探索精神的测量主要包括两个维度，分别是好奇心和求知欲。Yu 指出，人们生来就有好奇心和求知欲，无数的科学研究、艺术成就和社会发展都证明了人类“对知识的渴望”，好奇心推动人们去探索和发现新的信息，并有助于促进终身学习^[22]。美国科学促进协会指出科学素质是好奇心的系统性应用，对所有人而言，好奇心都是科学探究的重要基础^[23]。Norris 和 Philips 指出，欣赏和探索科学，包括对科学保持惊奇和好奇心，是科学素质的重要组成部分^[24]。除了好奇心，求知欲也是探索精神的重要维度。公民拥有好奇心和求知欲，才能将自己从事科学活动的范围扩大，从而更好地解决生活和工作中的实际问题，更好地了解自己、周围和更广阔的世界，才能够把握当中的规律，实现美好生活。实际上，在美国科学素质培养项目 (Scientific Literacy Project, SLP) 中，一项重要的教学目标就是培养孩子参与综合科学探究和素养活动的动机，不仅仅要强调儿童对科学知识的把握，更要了解儿童对自己科学能力的信念，以及他们参与科学的意愿和兴趣，尤其是儿童的学习动机是否强烈^[25]。

4.2.2 理性精神

理性精神具有两个维度，分别是基于逻辑的思考分析习惯和摒弃超自然信念的长期而稳定的信念。

理性精神要求科学论证必须符合逻辑推理的原则，也就是说，通过运用推理、论证和常识的特定标准来检验论证的有效性^[23]。具有理性精神的公民能够对自己所提出的观点进行符合逻辑推理的论证，具备科学判断和决策的能力基础，能够科学地认识世界和

理解世界，理性地参与社会生活，是人类认识自然和改造世界的工具性存在^[26]。

理性精神还要求摒弃超自然信念，破除蒙昧主义和神秘主义。超自然信念是指那些并非真实存在的，违反科学的基本原则的信仰/实体/过程，包含传统宗教、通灵、巫术、唯心论、怪物和鬼魂以及先知能力等元素^[27]。超自然信念经常出现在电视和电影、社交媒体、书籍和广告中。超自然信念的特点是缺乏经验证据的支持，而且违反了已知的自然法则^[20]。

4.2.3 质疑精神

科学认识和科学规律是全人类科学活动的共同结晶。从事科学活动的主体是人，人可分为自己与他人，因此，对已有科学认识或科学规律进行质疑时，很可能会受到其主体的影响。鉴于此，质疑精神包括敢于质疑他人的观点、乐于接受来自他人的质疑、勇于自我质疑三个方面。

科学话语的一个关键特征是质疑，合理地提出问题在引出解释、假设理论、评估证据、证明推理和澄清疑问等方面都起到重要作用，是讨论交流和辩证思维的重要因素^[28]。提问和质疑他人的观点是有意义的学习和科学探究的组成部分，提出一个好的问题是一种创造性的行为，这是科学研究的核心^[28]，当然也是公民具有科学素质的体现。

此外，接受他人的合理质疑，并不断修正错误，朝着真理的方向进步，是科学的正向循环过程。在学术界，出版前期的匿名学术同行评议，经常被用来确定一篇学术论文是否适合发表。评审人会对作者的观点和方法提出质疑，作者需要乐于接受质疑并基于逻辑与证据进行有效辩护，并不断修正学术论文。对一般公民而言，乐于接受挑战 and 质疑才能够使对自己的认识、对周围和世界的认识得到提升，从而更好地做出与自己和社会

会相关的决策。

质疑精神还应该包括指向自我的质疑。勇于承认错误和纠正错误，是个体获取更多的科学知识和真理的重要条件。美国国家教育进步评价（National Assessment of Educational Progress, NAEP）重点强调了科学素质包括“运用确切的证据证明或质疑做出的解释或预测”的重要能力，保持认知开放性，不断从多种视角创新性地汲取新的科学知识，扩大知识结构，进而对已有的结论进行自我质疑和否定，是一个提升和优化自我科学素质的实践过程^[29]。

4.2.4 实证精神

实证精神要求个体承认世界的本质及其规律的客观实在性，注重逻辑分析、演绎推理与数学计算和推导在科学活动中的运用，并坚持“实践是检验真理的唯一标准”，坚持理论联系实际，注重通过观察和实验获取科学事实、检验理论。缺乏实证精神往往会轻信缺乏证据支撑的言论^[20]。例如在日常生活中，个体能否积极利用合理手段并寻求证据，来评估与求证科学家和大众媒体提供的信息和论据^[30]。此外，个体是否轻信缺乏支持性证据和可信度的伪科学理论，比如占星术，也是是否具有实证精神的具体体现^[20]。

5 结语

科学素质是一个动态发展的概念，而科学精神在政策层面的演进，反映出公民科学素质内涵的深刻变化。《科学素质纲要》的“四科两能力”遵循公民科学素质发展的层次

结构，为开展公民科学素质建设提供了明确指向。习总书记在2016年“科技三会”上提出，普及科学知识，弘扬科学精神，传播科学思想，倡导科学方法，提高全民科学素质。“四科”内部结构的变化，加强科学精神的弘扬，标志着公民科学素质进入新的发展阶段。随着我国公民科学素质总体水平的快速提升，以及新时代面临信息化、数字化的发展形势，党的十九大报告强调，弘扬科学精神，普及科学知识，将科学精神置于“四科”之首，表明新时代公民科学素质将以弘扬科学精神为主线，在全社会形成科学理性的氛围，突出科学价值观的引领。

在我国的政策语境下，科学精神一直都是科学素质的重要组成部分，进入新发展阶段，科学精神对于科学素质的重要作用更加彰显。本文从学理上论述了科学精神对于科学素质内在性和稳定性的决定性作用，确认了新时代公民科学素质以弘扬科学精神为主线的政策思路。

在公民科学素质测评实践中，以公民对科学的态度反映科学精神的方式已不能满足测量要求，本文从科学精神的定义、内涵及构成进行分析，对科学精神进行概念解构，尝试从探索精神、理性精神、质疑精神、实证精神四个方面开展测量，进而实现对科学精神的测量，并最终促进形成一套完整的新时代公民科学素质测评指标体系。

致谢：本文成稿过程中得到了清华大学社科学院李正风教授的指导与帮助，深表感谢！

参考文献

- [1] Conant J.B. General Education in Science[M]. Cambridge, MA: Harvard University Press, 2013.
 [2] 刘莹. 从“科学素质”到“科学文化”[N]. 中国科学报, 2018-07-27(003).

- [3] 张增一, 李亚宁. 科学素质概念的演变 [J]. 贵州社会科学, 2008(8): 11-15.
- [4] 全民科学素质行动计划纲要 (2006-2010-2020 年) [R]. 北京: 人民出版社, 2006.
- [5] OECD. PISA 2015 Results in Focus: Excellence and Equity in Education (Volume I) [M]. Paris: OECD Publishing, 2016.
- [6] Siarova H, Sternadel D, Szőnyi E. Research for CULT Committee – Science and Scientific Literacy as an Educational Challenge [R]. 2019: 1-64.
- [7] 樊琪, 赵骏. 小学生科学素养透视——来自《科学(3-6 年级)课程标准》研制组的报告 [J]. 小学自然教学, 2002(6): 16-18.
- [8] Miller J D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review [J]. Daedalus, 1983, 112(2): 29-48.
- [9] OECD. PISA 2018 Assessment and Analytical Framework [M]. Paris: OECD Publishing, 2018.
- [10] 贝尔纳. 科学的社会功能 [M]. 北京: 商务印书馆, 1982.
- [11] 黑格尔. 精神现象学 (上卷) [M]. 贺麟, 王玖兴, 译. 北京: 商务印书馆, 1979.
- [12] 任鸿隽. 科学与教育 [J]. 科学, 1916(12): 1352.
- [13] 张碧家, 张菊. 浅谈科学精神的核心——求真 [J]. 湖北函授大学学报, 2009(2): 41-42.
- [14] Barz D-L. Attitudes toward Science and Scientific Literacy among Romanian Young Adults [C]. ERD2016, 2016: 48-58.
- [15] Pardo R, Calvo F. The Cognitive Dimension of Public Perceptions of Science: Methodological Issues [J]. Public Understanding of Science, 2004, 13(3): 203-227.
- [16] 张丽. 对科学精神测量评价的初步讨论与尝试 [D]. 上海: 上海师范大学, 2008.
- [17] 冯田. “理商”的测量: 决策力量表初步修订 [D]. 西安: 第四军医大学, 2016.
- [18] 王书明. 科学、批判与自由: 费耶阿本德有限理性论研究 [M]. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 2004.
- [19] 王大珩, 于光远. 论科学精神 [M]. 北京: 中央编译出版社, 2001.
- [20] Wilson J A. Reducing Pseudoscientific and Paranormal Beliefs in University Students Through a Course in Science and Critical Thinking [J]. Science and Education, 2018, 27(1-2): 183-210.
- [21] Lovelace M, Brickman P. Best Practices for Measuring Students' Attitudes toward Learning Science [J]. CBE Life Sciences Education, 2013, 12(4): 606-617.
- [22] Yu S H. Just Curious: How Can Academic Libraries Incite Curiosity to Promote Science Literacy? [J]. Partnership: The Canadian Journal of Library and Information Practice and Research, 2017, 12(1): 1-8.
- [23] American Association For The Advancement Of Science (AAAS). Science for All Americans: A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics, and Technology [M]. Washington, DC: Author. American, Washington, DC: AAAS, 1989.
- [24] 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.
- [25] Mantzicopoulos P, Patrick H, Samarapungavan A. Science Literacy in School and Home Contexts: Kindergarteners' Science Achievement and Motivation [J]. Cognition and Instruction, 2013, 31(1): 62-119.
- [26] 刘同舫. 启蒙精神及现代性: 马克思的批判性重构 [J]. 中国社会科学, 2015(2): 4-23, 202.
- [27] Tobacyk J, Milford G. Belief in Paranormal Phenomena: Assessment Instrument Development and Implications for Personality Functioning [J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1983, 44(5): 1029-1037.
- [28] Chin C, Osborne J. Students' Questions: A Potential Resource for Teaching and Learning Science [J]. Studies in Science Education, 2008, 44(1): 1-39.
- [29] 姚霞. 国际科学素养测评对我国科学学科测评的启示 [J]. 考试研究, 2013(37): 53-63.
- [30] Dragoş V, Mih V. Scientific Literacy in School [J]. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2015, 209: 167-172.

(编辑 颜燕 袁博)