

# 公民科学素质基准的建立: 国际的启示与我国的探索

高宏斌\*, 鞠思婷

中国科普研究所, 北京 100081

\* 联系人, E-mail: gaohongbin@cast.org.cn

2016年4月份, 科技部和中宣部联合发布了《中国公民科学素质基准》(以下简称《基准》)。《基准》一经发布, 引发了广泛的关注和热议, 社会各界对其评价褒贬不一。以中国科学院国家天文台陈学雷为代表的八位科学家, 在科学网(<http://blog.sciencenet.cn/blog-3061-972135.html>)公开发博文提出了三点质疑: (1) 某些条目存在错误或不准确、不严谨之处, 主要体现在第11条基准“掌握基本的物理知识”中, 科学家普遍认为存在严重错误的是第48个基准点“知道力是自然界万物运动的原因”, 而正确的表述应该是“力的作用是改变物体运动的状态, 光滑表面物体的匀速直线运动并不需要力”。(2) 某些说法本身存在很大争议、远非学术界的共识, 甚至与现代科学认识有明显的冲突, 如“阴阳五行、天人合一、格物致知”这些中国古代传统哲学思想有一定的价值, 但带着明显的迷信色彩, 在现代科学中并没有现实意义, 相反许多现代迷信和伪科学正打着阴阳五行、天人合一的幌子, 不宜笼统地把这些内容作为唯物论和整体系统的方法论, 更不应该将其写进《基准》。(3) 有些内容是日常生产、生活应该具备的常识或技能, 与科学并没有直接的关系, 不宜纳入科学素养。

针对以上部分质疑, 中国科学院大学人文学院的孙小淳教授认为, 将“阴阳五行、天人合一、格物致知”纳入《基准》表明制定者已经注意到, 理解科学的历史和文化可以在大众科学传播中发挥积极的作用, 可以帮助人们更好地理解科学, 这是我们科普思想上值得欢迎的进步(<http://blog.sciencenet.cn/blog-1051670-972435.html>)。尽管如此, 上海交通大学的学者认为在科学传播中引入科技史的维度是十分必要的, 但《基准》中的有关科学史的表述亦是不准确的(<http://weibo.com/p/1001603968473473623826>)。

今日话题的评论文章对比《基准》的征求意见稿和正式稿, 从实施的角度亦对其提出了质疑, 文章发现“《中国公民科学素质基准》此前的制定过程都是在科技界内部来做, 但最终出品不仅结构编排很奇怪, 而且是由科技部和中央宣传部联合发布”。评论从科学素质



**高宏斌** 中国科普研究所副研究员, 博士。主要从事公民科学素质研究、高校科普研究、科普人才研究和科普创作研究。主持和参与多项国家自然科学基金、国家软科学项目, 主持省部级研究项目十余项, 发表科学传播与科普研究领域研究论文三十余篇。

调查的角度, 参考国外科学素质的相关研究, 指出“有没有必要由国家来搞这么个《基准》, 非常值得商榷”(<http://dy.qq.com/article.htm?id=20160425A0389H00>)。尽管的确存在一些失误, 对于《基准》的颁布能够促进和指导各省和地区的科学素质建设这一点得到了科普工作者的肯定。在今日话题的新闻观点投票中有9%的公众对《基准》存在的某些失误表示理解, 认为这很正常也是在所难免。

《基准》是落实《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》)的重要任务和必要文件, 执行《科学素质纲要》实施效果的监测评估任务。国际和国内均对公民科学素质标准做了许多的探索和实践, 并且形成了一些重要的文件和成果。

## 1 国外公民科学素质标准的设立

科学素质的概念源于20世纪50年代的美国。米勒(Jon Miller)等人在公众科学素质调查中开发的科学素质的三重维度就蕴含了公民科学素质标准的基本要求, 之后世界各国在科学素质基准方面均有研究。在发达国家中, 美国是公民科学素质建设的先行者, 并一直引领世界潮流。

### 1.1 公民科学素质调查中形成的潜在标准

在20世纪60年代, 世界各国的学者便开始对科学

素质的概念、要素、结构及基准进行了全面的研究与分析。如依据不同受众对科学素质的不同需求, Shen<sup>[1]</sup>把科学素质划分为实用科学素质、公民科学素质和文化科学素质。Bybee<sup>[2]</sup>认为科学素质不是“有或无”,而是程度“高或低”,因此提出了科学素质的连续谱论,给每一个程度设计了一个科学素质的内容标尺:科学文盲 表层素质 功能性的科学素质和技术素质 概念性的和程序性的科学素质 多维度的科学素质。

有了“科学素质”的概念,在实践过程中就必然会面临一个问题,那就是应该用什么标准来测度这种素质。较早对公民科学素质进行调查并产生影响的是美国学者米勒,他在1983年提出了公民科学素质的三个维度:(1)掌握足以阅读报纸和杂志上出现的相互竞争的观点的基本科学词汇;(2)理解科学探究的过程或本质;(3)在某种水平上理解科学技术对于个体和社会的影响<sup>[3]</sup>。科学素质的三重维度,成为米勒日后进行跨国公众科学素质调查研究的基础。在正式的科学素质标准设立之前,他所主导的公众科学素质调查中就蕴含着他对公民科学素质标准的基本构想<sup>[4]</sup>。

## 1.2 明确的公民科学素质标准——美国 2061 计划

以上所述公民科学素质调查中蕴含了公众科学素质标准的基本内容,其问卷中所设计的具有代表性的题目将标准细化为具体的表现指标。但是,对于引导公众提高科学素质来说,这样的问卷所呈现的内容还是过于简单和片面。自1983年4月一份名为《处境危险的国家:教育改革势在必行》的报告出炉,美国进行了一波又一波的教育改革,其影响扩展到全世界。在这些教育改革中,科学素质标准的设计处于重要地位,其中最具有影响的当属“2061计划”<sup>[5]</sup>。

1989年出版的《面向全体美国人的科学》(以下简称《面向》)是“2061计划”的第一份纲领性文件,虽然它没有被冠以“标准”的名字,但从其内容来看,它以建议的形式勾画出成年人应该具有的科学素质——即所有学生在十二年级结束时所要达到的科学素质目标,应该知道和可以掌握的知识内容(附表 S1),这为“2061计划”以后开发、设计各种课程奠定了基本原则。《面向》也对其目标有清醒的估计,它期望通过 K12 教育提高公民的科学素质,有 90% 及以上的学生至少能达到掌握这些建议目标的 90%<sup>[6]</sup>。

《面向》描述了科学素质的广泛含义,在重视科学与人文结合的基础上,认为科学素质包括数学、技术、自然科学和社会科学等许多方面,这些方面包括:熟悉自然界,尊重自然界的统一性;懂得科学、数学和技术

相互依赖的重要理念;了解科学的一些重大概念和原理;有科学思维的能力;认识到科学、数学和技术是人类共同的事业,认识它们的长处和局限性;同时,还应该能够运用科学知识和思维方法处理个人和社会问题。

《面向》不是教科书,也不是实施手册。在此基础上,美国科促会 1993 年发表了《科学素质基准》,该书将《面向》对美国未来公民科学素质的要求按照不同的年级阶段(幼儿园至二年级、三年级至五年级、六年级至八年级、九年级至十二年级),细化为不同程度的具体指标。《科学素质基准》在素质框架方面采纳了与《面向》完全相同的结构体系。《科学素质基准》是一个特殊的科学素质目标纲要,它为教育工作者提供了一套工具,用来设计 K12 课程,使这些课程符合《面向》提出的各项标准,以获得预期的科学素质成果<sup>[7]</sup>。

1996 年,美国国家科学院国家研究理事会制定了《美国国家科学教育标准》(以下简称《科教标准》)。《科教标准》包含科学教学、科学教师职业发展、科学教育评价、科学内容标准、科学教育大纲、科学教育体制 6 个方面。其中,篇幅最大和最重要的标准是科学内容标准<sup>[8]</sup>。科学内容标准是学生在自然科学方面应当知道、理解和能做的事情,其他标准都以此为依据。《科教标准》强调学习科学要在“观察、互动、变革和学习”中开发和实施,它独立地利用和诠释了《面向》和《基准》中发布的所有学生都应知道些什么和应做些什么的陈述,与“2061 计划”是一致的。

## 1.3 科学素质标准向广义科学延伸

我们生活在技术世界之中,为了适应未来的技术世界和便捷的现代生活,公民不仅要懂得系统的科学知识,而且应具备基本的技术素质。《面向》在阐述广义的科学素质时,已经明确将技术素质作为一个组成部分,并将其列入了基础教育内容,但与其中有关狭义的科学素质内容相比,并没有提出细致和充分的技术素质教育建议。美国国际技术教育协会于 1996 年开始,设立了“面向全体美国人的技术计划”(Technology for All Americans Project, TfAAP),试图通过 K12 教育把未来的美国公民培养成为普遍具有技术素质的公民。TfAAP 的第一份研究报告《面向全体美国人的技术》于 1996 年发布<sup>[9]</sup>,10 年后的修订版更名为《面向所有人的技术》。在这样的理念指导之下,TfAAP 又于 2000 年完成了《技术素质标准:技术学习的内容》。《技术素质标准》包含技术的本质、技术与社会、设计、应付技术世界所需的能力、设计世界共 5 个部分、20 个标准。为使《面向全体美国人的技术》实现其目标,美国国际技术教育协会还制定了与《技术素质标准》配套文件:《促进技术素质卓越:学生评价、

职业发展与大纲标准》(2003)、《测度进步: 评价学生的技术素质》(2003)、《实现卓越: 构造技术大纲》(2005)、《计划学习: 开发技术课程》(2005)、《发展职业: 准备做技术教师》(2005)<sup>[10]</sup>。

《面向》、《科教标准》和《技术素质标准》三个全国性的权威科学技术素质标准的目的是为提高人的素质, 都强调理解和学习科学技术, 能应用科学技术, 明白科学和技术之间的关系。这些标准的直接对象是接受基础教育的在校学生, 以引导未来的成年公民通过 K12 教育能达到基本的科学和技术素质, 但它们也同样适合成人提高自身科学素质的需要。

21 世纪以来, 随着计算机的普及和网络信息技术在经济社会生活中的大量应用, 信息素质也被提上广义的科学素质结构的框架。美国图书馆协会和美国通讯与技术教育协会于 1998 年制定了面向未成年人的图书馆信息能力的《学生学习信息素质标准》<sup>[11]</sup>。1999 年, 美国国家研究理事会受美国科学基金会委托, 组织信息技术专家委员会, 完成了指导性文件《信息技术自如》, 以提高美国人信息素质<sup>[12]</sup>。虽然这一文件本身不是标准, 却为制定信息素质标准提出了基本的概念框架。2000 年由美国大学与研究图书馆协会标准委员会审查、馆长委员会核准发布了《面向全体公民的高等教育信息素质能力标准》<sup>[13]</sup>, 美国高等教育协会于 1999 年、美国独立大学理事会于 2004 年, 也分别签署了此标准。2005 年美国大学与研究图书馆协会组织了“科学技术信息素养标准任务小组”, 以《高等教育信息能力标准》为基础, 制定了服务于科学、技术/工程高等教育的《科学和工程/技术信息素质》<sup>[14]</sup>。以上四种信息素质标准, 虽然各自的对象群体不甚相同, 但却反映出信息社会中人们对于公民应具备科学素质的期望的发展趋势。

在科学素质标准的引领下, 人们逐步把素质标准的设计扩大到更一般的公民素质上。一些国际和地区组织为培养足以应对 21 世纪挑战的新一代公民, 期望全面塑造未来公民的整体素质, 设计出包括科学素质在内的公民素质内容和培养方案。美国威斯康星州绿海湾公立学区的面向社会生活的《学生教育标准与基准》(2007 年 11 月更新)<sup>[15]</sup>和美国中北部教育实验室的《测量 21 世纪的技能: 数字时代的素质》(2003)就是较有影响的方案<sup>[16]</sup>。这两个方案都只把科学素质作为公民素质的一个组成部分, 但科学素质这个部分占据重要地位, 且与其他素质相互交叉、重叠和延伸<sup>[10]</sup>。

#### 1.4 注重学科交叉融合的科学教育标准

从“2061 计划”至今, 西方发达国家认识到加强基

础教育对提高全民科学素质是至关重要的, 因此一方面研究成年人终身教育, 另一方面将科学素质的研究重点转向了科学教育。当前国际科学教育改革一直是一个热门的前沿性课题, 对此, 科学家和教育学家提出了一些科学教育的纲领和理念。

目前研究最火热、认可度较高且使用广泛的科学教育纲领是美国提出的 STEM 模式。STEM 是科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering) 和数学 (Mathematics) 英语首字母缩写<sup>[17]</sup>。STEM 教育旨在将原本分散的科学、技术、工程、数学四门课程集成一个新的整体, 试图把学生学习到的零碎知识与机械工程转变成一个探究世界相互联系的不同侧面的过程, 强调学生在“杂乱无章”的学习情境中提升设计能力、合作能力、问题解决能力和实践创新能力。STEM 教育意图培养学生形成包括科学素质、技术素质、工程素质和数学素质四个要素的综合科学素质, 这四个素质相互渗透, 并不孤立<sup>[18]</sup>。美国弗吉尼亚理工大学的学者 Yakman 于 2007 年在 STEM 基础上, 首次提出 STEAM<sup>[19]</sup>。其中 A (art, 艺术) 是指美术、语言、人文、形体艺术等含义, 她认为科学和技术的内容, 要以数学知识为基础, 并通过工程和设计的过程来实现, 如此将 5 个领域联系贯通。

除此之外, STS 和 HPS 的教育模式也被广泛关注。STS 是科学 (Science)、技术 (Technology) 和社会 (Society) 的英语首字母缩写。STS 教育强调理解科学、技术和社会三者的关系; 重视科学技术在生活和生产中的应用; 重视科学的价值取向<sup>[20]</sup>。HPS 教育是科学史 (History of Science)、科学哲学 (Philosophy of Science) 和科学社会学 (Sociology of Science) 的简称。HPS 教育主要是对公众进行科学史、科学哲学、科学社会学等方面的教育, 让公众在历史、哲学、社会学的语境中理解科学本质, 培养他们理解科学精神和创新的能力, 以使科学教育能真正地、有效地提高公民科学素质<sup>[21]</sup>。

2009 年以温·哈伦为代表的不同国家的科学家齐聚一堂召开研讨会, 之后对科学教育的认识和思考编著成一本小册子, 名为《科学教育的原则和大概念》。我国的韦钰院士参加了此次研讨会, 并将成果翻译成中文。《科学教育的原则和大概念》一经提出立刻吸引了教育界专家的关注, 它提出了科学教育的 10 项原则和科学中的 14 个大概念, 从科学教育的基本原则出发, 以科学大概念为主体, 分析了如何选择大概念, 科学大概念与小概念的联系以及大概念的理念在教学中的应用。

2012 年以来, 美国提出下一代 K12 科教标准, 简称 NGSS, 并于 2012~2015 年连续颁布《K12 科学教育的框架: 实践、交叉概念与核心观点》(2012)<sup>[22]</sup>、《新一代

的科学教育标准》(2013)<sup>[23]</sup>、《指导实施新一代的科教标准》(2015)<sup>[24]</sup>,以更新 K12 科学教育的内容和体系.该标准是在 1996 年版《全国家科学教育标准》基础上的改革和发展.与科教纲领和理念不同,NGSS 不仅给出了科教框架,更指出了具体的课程内容和指导实施意见.把科学教育划分成三个维度,实践、交叉概念与核心观点(见表 S2). NGSS 主张加强实践和工程技术的学习,以更好地将科学、技术、工程、数学的知识应用到日常生活中,培养分析问题和解决问题的能力;理解跨学科交叉概念,以形成系统连贯的科学知识体系和正确的科学世界观;掌握学科的关键科学大观点,以促进对学科的整体认知,梳理学科脉络.

### 1.5 特点分析

从“2061 计划”至今,美国在科学素质方面的研究和进展已经历了 30 个年头,经过梳理,结合相关国际研究成果对其进行分析,可总结以下三方面的特点.

( ) 从实施角度看,每一份文件所执行的功能是不同的.以上这些文件都是由不同的机构制定发布,而且各自都有配套文献和实施措施,每份文件所执行的功能也是不同的.以“2061 计划”为例,最重要的三份文件中,《面向》面对的是全体美国人,是一个广义的科学素质标准,并且为后续文件的开发提供了一个科学严谨的结构框架.《科学素质基准》是《面向》的姊妹篇,采用完全相同的知识结构.如果说《面向》回答了成年人应该具备哪些科学素质的问题,并对所有 K-12 年级学生毕业时应该知道和掌握的科学、数学和技术方面的知识和技能提出了建议,那么《科学素质基准》更着重于探讨怎样使学生朝着具有科学素养的目标进步,并对某一特定的年级应该达到的标准提出了建议.而《科教标准》描述了对有科学素质的人的设想并提出了使这种设想成为现实的科学教育判据,它除了提出科教内容标准,还包括科学教学、科学教师职业发展、科学教育评价、科学教育大纲和科学教育体制,是从实施层面对科学教育的一个全面性指导文件.

之后的《技术素质标准》也目标明确,建议的是基础教育中的技术素质教育内容.四种信息素质标准各自所面对的目标群体不同,使用范围和方法,预期效果都不同.至于各个州和地区所颁布的科学素质标准文件更有针对性.这些标准文件在制定前都有充分研究基础,其实施都有相应的措施和辅助性出版物的配合,每一份文件都各司其职,共同为 K12 科学教育和提高公民科学素质而服务.美国大学前的教育是义务教育,高等教育的普及率也很高.因此,通过学校教育推进科学

素质标准的实施,是提高全体公民科学素质最有效的途径.这些标准的直接对象虽然不同,但是,由于教育的普及,实际上也适用于已经高中或者大学毕业的普通公众.值得一提的是,这些标准的制定者均非政府,而是不同的民间社团.制定者是多元的,制定出来的标准是多样的,标准的实施是非强制性的,但仍然得到科技界、教育界和其他社会各界的广泛共识<sup>[10]</sup>.

( ) 从内容演变看,有“总-分-总”的研究趋势.“2061 计划”最重要的三份文件都是基于《面向》所述的广义科学素质的.随着经济社会的发展,对科学教育也提出了不小的挑战.为了更完善科学素质的内容,使得学生获得的科学教育更全面和细致,对技术、信息、工程等方面的素质标准研究陆续展开.这种取广义科学素质其中一部分进行细化的研究主要基于两个源动力:一是一份《面向》无法将某一个重要领域的内容阐述得足够系统全面,基于完善内容的需要进行细化标准研究;另一个是,科技和社会的发展使得人们进入一个知识大爆炸的阶段,知识的更新与补充促使研究的进行,信息素质就是一个很有力的证据.

近年来,“大科学”的思想深入人心,多个交叉学科的兴起,使得学科融合成为一种趋势.在这种趋势的驱动之下,科学教育的标准也倾向于将之前进行细化的标准研究集成到一份文件中,以企图打破学科的壁垒,增加知识的系统性,促使学生们认识和学习科学的视野更加高而广.STEM 教育企图将科学、技术、工程和数学融合. NGSS 不仅包含了 STEM 所述的四部分,在结构设计上将科学教育划分成三个维度,实践、交叉概念与核心观点,其中交叉概念充分体现了学科融合.

( ) 从国际对比角度看,不同国家在不同社会语境中制定的基准和内容标准都不同.在美国对科学素质和科学教育研究得如火如荼的时候,英国学者更关注的是科学与社会层面的互动,提出“公众理解科学”的概念<sup>[25]</sup>,并提出了“缺失模型”、“民主模型”和“内省模型”进行深入研究.此时印度的学者塞加尔提出了“大众基础科学”,通过解决五大类与公众生活和工作关系密切的问题来体现公民科学素质水平,并且将标准的起点定得较低,实际上是从最低限度的要求进行讨论,认为全民最低限度的科学素质指每个公民都需要具备的某种最低限度的、基本的科学或技术知识,以及对科学方法有一个操作性的、实践性的熟悉和理解.对关系到日常生活和安全、关系到家庭、社区城市、省和国家的科学技术,有较好的理解.

印度的“大众基础科学”与美国的《面向》和《科学素质基准》分别代表了科学素质标准的两级,反映了发

展中国国家和发达国家的国家目标和国情状况,具体表现在标准内容上的差异。例如健康,当印度还在为战胜传染病、不良卫生习惯以及改善基本卫生设施而努力时,美国已经提出关于人类机体的全面了解以及身体健康和精神健康的理念。美国的科学素质标准不仅在知识和技能方面起点很高,而且加入了大量诸如数学、历史、思维、社会、科学本质等方面的深层内容。英国的公众理解科学课程对公民提出的科学素质标准则更倾向于在理解科学的基础上,理解科学与社会的关系,并参与科学决策。可见,由于各国发展程度不同,其对公民科学素质的认识、建设目标以及内涵结构有所区别。发达国家理解的科学素质更强调科学技术、科学方法及思维习惯并利用其对社会问题进行判断、决策和解决的能力,强调用历史去阐明科学探究、社会中的科学各方面的不同点,标准的起点高;而发展中国家则更加关注农业、健康、环境、基本测量和用于城市人口的技术等,标准的起点低。

## 2 我国备受关注和争议的文件——《中国公民科学素质基准》

2008年,科技部政策法规与监督司委托北京大学、上海市科学学研究所、中国科学技术信息研究所组织专家研究,各自推出了一套“中国公民科学素质基准”方案,最终由上海市科学学研究所进行汇总,形成《中国公民科学素质基准》(征求意见稿一稿)。该稿件成为以后各版本《基准》的雏形。在此基础上制定了测试题库和样卷,在长江三角洲上海、江苏、浙江三省(市)各选取2000名15~69岁的常住人口进行试测评。为推动国家正式颁布《基准》并提供实践经验借鉴,2012年科技部又启动“公民科学素质基准测评方法研究”课题,在北京、天津、上海、重庆、湖南、四川等六个具有代表性的省(市)进行素质调查。

2013年,在2012年试测评工作基础上,由科技部政策法规与监督司会同参加测评的各省(市)科普管理人员及科技部中国科学技术发展战略研究院、中国科学技术信息研究所、科技人才交流开发服务中心等部门与专家对《中国公民科学素质基准》(征求意见稿一稿)中的145条基准进行了精简和凝练,形成共含50条基准的《中国公民科学素质基准》(征求意见稿二稿)。2014年,科技部对《中国公民科学素质基准》(征求意见稿二稿)做了进一步修订,并于8月、9月两次对“征求意见稿二稿”进行了精简,邀请公民科学素质方面具有丰富经验的专家学者进行了卓有成效的修改,将米勒题目的测试点列入知识点,形成了《中国公民科学素质基准》(征求意见

三稿),分生活中的科学、劳动中的科学、社会发展中的科学、科技基础知识四个领域,共23条基准,112个知识点。同年12月,邀请多个领域专家,成立《中国公民科学素质基准》专家咨询委员会,并对“征求意见稿三稿”进行了再一次修订。

2015年,科技部政策法规与监督司历经十余次修订,并综合多轮专家、学者及地方科技行政部门的修改意见,制定完成《中国公民科学素质基准》,并经科技部办公厅在科技部网站自2015年10月26~31日公开征求意见。该版本包括科学知识、科学能力和科学精神三个领域,包含25条基准,130个基准点<sup>[26]</sup>。

2016年4月18日,《基准》由科技部和中央宣传部正式发布。《基准》适用范围为18周岁以上,具有行为能力的中华人民共和国公民,是《科学素质纲要》实施的监测指标体系,为定期开展中国公民科学素质调查和全国科普统计工作,提高公民科学素质提供衡量尺度和指导。《基准》共有26条基准、132个基准点,基本涵盖公民需要具有的科学精神、掌握或了解的科学知识、具备的能力,每条基准下列出了相应的基准点,对基准进行了解释和说明。

2016年4月18~30日,全网共监测到“中国公民科学素质基准”相关信息2574条,其中新闻487篇、微信361篇、原发微博1278篇、论坛254篇、移动客户端94篇、博客68篇、纸媒23篇、问答9篇。半数讨论在微博引发,网民对此关注度极高。

大多数网友(87%)认为《基准》出现了严重的错误,六成的网民对《基准》的科学性提出质疑。从热词分析看,舆论焦点在于《基准》的科学错误和“阴阳五行”的写入。讨论中还涉及对《基准》制定过程的质疑,并将《基准》编排奇怪的根本原因指向其遵循的《纲要》。对专家言论在全媒体舆情中分析得出,专家认为《基准》有价值,但依托其开展调查需谨慎(数据来源于中国科普研究所科普信息化研究项目组与新华网合作的统计数据)。

## 3 编制《全民科学素质学习大纲》

### 3.1 《全民科学素质学习大纲》的编写

中国科协从1989年开始关注和着手研究中国公民科学素质问题。1990年起,中国科协在美国米勒体系基础上,制定了中国公民科学素质调查问卷及测评方法,开始对中国公民科学素质进行测评,至2015年已连续九次完成中国公民科学素质测试工作,为我国教育和科技相关政策的制定提供了有利的数据支撑和研究基

础,“普及科学知识,推动全民阅读,公民具备科学素质的比例超过10%”已写入国务院目前颁布的“十三五”规划中。

1999年,中国科协上报中共中央、国务院《关于实施〈全民科学素质行动计划〉的建议》(以下简称《建议》),提出将提高公民科学素质列入各级党委和政府的重要议事日程。《全民科学素质行动计划》又被称为“2049计划”,即新中国成立100周年时,中国公民达到“人人具备基本科学素质”。《建议》得到国务院的肯定。国务院于2002年4月给予复函,指出以《全民科学素质行动计划》的方式对提高全民科学素质做出总体规划和系统安排,具有重要意义。这份复函催生了2006年《科学素质纲要》的颁布。

《科学素质纲要》明确提出需制定《中国公民科学素质基准》,国内多个课题组也对基准的制定原则和内容进行了研究。《科学素质纲要》发布10年来,科普工作者十分努力地提高公民科学素质,但工作中一直缺乏基础的内容指导和基本的内容准则。

为促进我国公民科学素质快速提升,并为各地科学素质建设工作提供有力指导,中国科协2015年组织编写并出版《公民科学素质系列读本》。在系列读本编写之初,为了科学、规范地编写具有权威性的读本,并促进我国公民科学素质基准的研究和制定,同时开展《全民科学素质学习大纲》(以下简称《学习大纲》)的研究和编写工作。它是《公民科学素质系列读本》编写的基础蓝本和纲领,为公民科学素质学习,尤其是成年人终身科学教育提供内容标准。

《学习大纲》以“四科两能力”为基准,围绕“节约资源能源、保护生态环境、保障安全健康、促进创造创新”的工作主题,服务于我国创新驱动发展战略,以促进实现“两个一百年”为长远目标,参照国内外相关的公民科学素质标准,吸收借鉴科学教育纲领与相关课程标准,以实现公民科学素质能力提升、满足公民生产生活需求为目标,开展研究编写工作。《学习大纲》的编写遵循科学性、基础性、系统性、前瞻性、时代性的原则。

在以上背景与编写原则的指导下,中国科协组织相关领域专家学者,对国内外有关“科学教育”和“科学素质”标准进行了研究。在此基础上,邀请来自于中国科学院大学人文学院、中国科学院数学与系统科学研究院、北京师范大学生命科学院、北京师范大学地理学与遥感科学学院、上海交通大学科学史与科学文化研究院、北京理工大学人文与社会科学学院等不同的专家团队主持编写工作。每个专家团队就编写内容均邀请数

位以上该科学领域的著名专家召开多次会议,对《学习大纲》的科学性和系统性进行严密论证并根据意见进行严谨修改,经数轮专家论证和审批通过后形成了约30万字的《学习大纲》。《学习大纲》以提高全民的科学素质为目标,面向全体公民,面向未来发展,既包含科学的知识和方法,体现科学的本质,又崇尚科学精神和科学态度,同时也强调科学与社会、科学与人文的结合。

《学习大纲》分八个部分,分别为科学观念与方法、数学与信息、物质与能量、生命与健康、地球与环境、工程与技术、科技与社会、能力与发展(见表S3)。每个部分的知识细分至三级结构,每个一级结构均包含该部分的内容简介或知识框架导图,以方便读者对该部分的知识有一个系统全面的了解。其中,科学观念与方法包含四个部分,末级知识点为31个;数学与信息包含五个部分,末级知识点45个;物质与能量包含四个部分,末级知识点73个;生命与健康包含七个部分,末级知识点81个;地球与环境包含三个部分,末级知识点46个;工程与技术包含三个部分,末级知识点40个;科技与社会包含五个部分,末级知识点24个;能力与发展包含五个部分,末级知识点45个。

《学习大纲》提出的知识点,系统、全面地构架出所在学科领域的知识主干,在描述科学知识的同时,注重知识点之间的关联,重视整体结构的设计,并在具体知识点的阐述中体现科学方法和科学思维,以提高公民的科学素质,提高公众应用科学知识处理实际问题的能力和参与公共事务的能力。《学习大纲》是我国公民科学素质建设的基础蓝本和核心纲领,不仅仅为公民科学学习提供了直接内容,也为科普资源的开发提供根本的内容标准,指导科学、规范地进行科普创作。以《学习大纲》为理论指导和蓝本资源,中国科协不仅编写了六本针对不同人群的科学素质读本,又进一步开发了一系列科普资源,如中国公民科学素质“读一读”、中国公民科学素质“测一测”、并开发了近400个科普动漫片等。目前《学习大纲》已经完成了所有的编写、征求专家意见、征求公众意见和修改的工作,预计将于近期由全民科学素质行动计划纲要工作办公室正式发布。

### 3.2 科学素质的内涵与外延的拓展

以上的《学习大纲》和《公民科学素质系列读本》都是服务于公民科学素质建设的文件,但各自面向的人群和目标定位是明确清晰的,两份文件各司其职。《公民科学素质系列读本》是在《学习大纲》的框架和理论指导下的较为具体和更有针对性的科普资源。《学

习大纲》是一份基础性的文件，跟美国的《面向》类似，它用约 30 万字呈现了当前国际国内形势下，我国公民所应该具备的广义的科学素质框架和内容。很明显，在社会经济飞速发展的今天，一份科学素质文件是无法支撑我国公民科学素质建设的，因此需要在科学素质建设中有更长远和系统的布局和计划。

2015 年 11 月，中国科协委托专门研究团队启动了《全民技术素质学习大纲》(以下简称《技术素质大纲》)编写工作。一个高速发展、高度繁荣的国度，不仅应有先进的科学，而且应有与此相匹配、相协调的技术；一个和谐发展、有能力适应现代生活的人，也不仅要懂得系统的科学知识，而且应具备基本的技术素质。美国新一代的科学教育标准(NGSS)定义科学教育框架有三个维度，其中第一个维度就是加强科学实践和工程技术的学习，可见技术素质在广义科学素质的框架中越来越受到重视。根据 2015 年的第九次公民科学素质调查结果进行分析，公民对于“生命与健康”和“地球与环境”方面的答题正确率较高，对“工程与技术”方面的答题正确率较低。尤其在中国经济发展越来越依靠技术创新带动工业发展的时代，在创新驱动发展、“大众创业，万众创新”和“中国制造 2025”的战略指导下，提高全民的技术素养是一项提高我国科技软实力的重要工作。对技术素质进行相关研究并编写《技术素质大纲》，是为

解决如何提高公民的技术素养提供内容指导。

进一步地，中国科协将继续对我国公民科学素质进行深入研究，计划编写《工程素质学习大纲》、《信息素质学习大纲》和《数学素质学习大纲》，以及开发相关素质测评体系，为提高我国公民科学素质，以软实力促进我国经济社会发展而坚持不懈地努力。

#### 4 结束语

《基准》的颁布是我国公民科学素质建设的一个里程碑，也许这份文件存在一些失误的地方，但仍是基准研究探索的重要尝试，仍然能给科普工作者一个激励和参考，我们期待《基准》会有更科学严谨全面的再版。同时，我们也应该认识到，26 条基准、132 个基准点并不能全面架构我国公民科学素质的所有内容。目前阶段需要多种途径探索基准相关问题，以上《基准》和《学习大纲》可以说是多元化探索的不同方式。只有更深入地对科学素质的内涵、维度、结构和内容，汇集更多自然科学、工程技术、教育、科技史、科技哲学、科技传播等领域的科学家的智慧，出台公民提升广义科学素质所需的科学素质、技术素质、工程素质以及信息素质等系列内容范本，才能用一系列优秀的成果给我国公民科学素质的建设提供理论依据和内容指导。

#### 推荐阅读文献

- 1 Shen B S P. Scientific literacy and the public understanding of science. In: Day S, ed. Communication of Scientific Information. Basel: Karger, 1975. 44-52
- 2 Bybee R W. Achieving scientific literacy: From purpose to practices. In: Rodger W B, ed. Portsmouth, NH: Heinemann, 1997. 75
- 3 Miller J D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review. Daedalus, 1983, 2
- 4 Miller J D. The measurement of civic scientific literacy. Public Understand Sci, 1998, (7): 203-223
- 5 Nation Commission on Excellence in Education. A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform. Washington D C: US Government Printing Office, 1983
- 6 American Association for Advancement of Science. Science for all Americans. New York: Oxford University Press, 1990 [美国科学促进协会. 面向全体美国人的科学. 中国科学技术协会, 译. 北京: 科学普及出版社, 2001]
- 7 American Association for Advancement of Science. Benchmarks for Science Literacy. New York: Oxford University Press, 1993 [美国科学促进协会. 科学素养的基准. 中国科学技术协会, 译. 北京: 科学普及出版社, 2001]
- 8 National Committee on Science Education Standards and Assessment. National Science Education Standards: Observe, Interact, Change, Learn. Washington DC: National Academy Press, 1996
- 9 The International Technology Education Association. Technology for All Americans: A Rationale and Structure for the Study of Technology. Washington DC: National Academy Press, 1996
- 10 Ren D C, Zheng D. On the establishment and evolution of the standards of citizens' scientific and technological literacy in the USA (in Chinese). Guizhou Soc Sci, 2010, 24: 17-30 [任定成, 郑丹. 美国公民科学技术素质标准的设立和演变. 贵州社会科学. 2010, 24: 17-30]
- 11 AASL & AECT. Information Literacy Standards for Student Learning. Chicago: AASL, 1998
- 12 Committee on Information Technology Literacy. Being Fluent with Information Technology. Washington D C: National Academies Press, 1999

- 13 Association of College and Research Libraries. Information Literacy Competency Standards for High Education. Chicago: ACRL, 2004
  - 14 LA/ALCR/STS Task Force. Information Literacy for Science and Engineering/Technology. Chicago: ACRL, 2005
  - 15 The Green Bay Area Public School District Board of Education. Standards 8L Benchmarks, 2016-05-09
  - 16 North Central Regional Educational Laboratory. enGauge. 21st Century Skills: Literacy in the Digital Age. California: Metiri Group, 2003
  - 17 Maryland State STEM Standards of Practice Framework Grades 6-12, Maryland: Maryland State Department of Education, 2012
  - 18 Ju S T, Gao H B, Yan S. Research of adult citizen's science learning in China under a perspective of lifelong learning (in Chinese). Stud Sci Popular, 2015, (4): 44-51 [鞠思婷, 高宏斌, 颜实. 终身学习视角下我国成年公民科学学习内容研究初探. 科普研究. 2015, (4): 44-51]
  - 19 Fu Q, Wang C X. When maker in STEAM education (in Chinese). Mod Educ Technol, 2014, 24: 37-42 [傅骞, 王慈晓. 当创客遇上 STEAM 教育. 现代教育技术, 2014, 24:37-42]
  - 20 Huang X. The research on the characteristics of STS education (in Chinese). Comp Educ Rev, 2002, (9): 30-35 [黄晓. 论 STS 教育的特点. 比较教育研究, 2002, (9): 30-35]
  - 21 Zhang Y X. The research of the compact on science education of HPS (in Chinese). Mod Enterp Educ, 2014, (12): 297-298 [张远秀. HPS 教育对科学教育的作用探析. 现代企业教育, 2014, (12): 297-298]
  - 22 National Research Council. A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington DC: The National Academies Press, 2012
  - 23 National Research Council. Next Generation Science Standards: For States, By States. Washington DC : The National Academies Press, 2013
  - 24 National Research Council. Guide to Implementing the Next Generation Science Standards. Washington DC: The National Academies Press, 2015
  - 25 Royal Society. The Public Understanding of Science. London: The Royal Society, 1985. 9-12
  - 26 Li Q, Yang C, Wang X T. The Research on "The Benchmark of Civic Scientific Literacy in China" (in Chinese). Annual Report on China's Civic Scientific Literacy(2015-2016). Beijing: Social Sciences Academic Press, 2016. 61-63 [李群, 杨琛, 王旭彤. 《中国公民科学素质基准》研究综述. 中国公民科学素质报告(2015-2016). 北京: 社会科学文献出版社, 2016. 61-63]
- 

## 补充材料

- 表 S1 《面向》给出了公民科学素质的建议
- 表 S2 NGSS 提出的科学教育的三个维度及具体内容
- 表 S3 《全民科学素质学习大纲》的内容设计

本文以上补充材料见网络版 [csb.scichina.com](http://csb.scichina.com). 补充材料为作者提供的原始数据, 作者对其学术质量和内容负责.



# Benchmark of civic scientific literacy: the inspiration of international achievements and the exploration in China

GAO HongBin & JU SiTing

*China Research Institute for Science Popularization, Beijing100081, China*

In April 2016, Ministry of Science and Technology enacted a specification called “The Benchmark of Civic Scientific Literacy in China”, which had a roused general concern and dispute. This paper summarized and discussed these disputes. On this basis, the international (especially America) research work and achievements on the concept and structure of civic scientific literacy, the process to develop those civic scientific literacy standards, as well as the development of their contents were analyzed and combed. The characteristics and the regularity about the international work were summarized, which may have implications for the related research work in China. At least three characteristics were found from the documents released: (1) From the perspective of the implementation, the functions performed by each document were different. These documents were made by different agencies, and each had supporting documents and implementation measures, and performed different functions. (2) From the perspective of the content evolution, there was a research trend of “general-divide-general”. The most important three documents of “2061 project” were on the base of general scientific literacy. Then, the literacy standard researches on technology, information, engineering and other aspects were performed continuously. Recently the amalgamation of disciplines was reflected from the NGSS (Next Generation Science Standards) and STEM (Science Technology Engineering Mathematics). (3) From the perspective of the international comparison, there was significantly different on the contents and standards among different countries in different social contexts. Developed countries had high starting point of the standard, which more emphasized on scientific methods and thinking habits, and how to use them to make judgment, decision and solve problems, while developing countries had low starting point of the standard, which pay more attention to agriculture, health, environment, and basic technology of measurement used in the daily life. Then it introduced the process and progress of research work on the benchmark of civic scientific literacy in China, especially the “The Learning Outline of Scientific Literacy for All Chinese”, of which the function definition, the process of writing, the content and the application were presented. Finally, the suggestions, planning and outlooks on further civic scientific literacy standards researches in China were given in this paper.

**benchmark of civic scientific literacy, “The Learning Outline of Scientific Literacy for All Chinese”, science popularization, science education**

doi: 10.1360/N972016-00611

表S1 《面向》给出了公民科学素质的建议

Table S1 Suggestions on civic scientific literacy in “Science for All Americans”

范畴	主题	概念
科学、数学、技术的性质	科学的性质	科学世界观、科学探索、科学事业
	数学的性质	规律与关系、数学、科学和技术、数学探索
	技术的性质	技术与科学、设计与系统、技术中的问题
认识自然规律	自然环境	宇宙、地球、影响地貌的因素、物质结构、能量互换、物体运动、自然力
	生存环境	生命的多样性、遗传、细胞、生命的相互依存、物质流与能量流、生命的进化
	人类机体	人的特性、人的生长、基本功能、学习、机体健康、精神健康
人类社会与改造世界	人类社会	文化对行为的影响、群体行为、社会变革、社会的协调平衡、政治和经济体制、社会冲突、全球的相互依存
	被改造的世界	农业、材料与制造、能源及其利用、交流、信息处理、保健技术
	数学世界	数字、符号间的关系、形状、不确定性、推理
科学的发展、系统与方法	历史展望	“地球中心论”的覆灭、天地合一、物质与能量、时间与空间的关联、时间的延伸、大陆板块的运动、认识火、原子的分裂、对生命多样性的解释、发现细菌、动力的使用
	通用概念	系统、模型、恒定与变化、规模
	思维习惯	价值观和态度、计算和估算、操作与观察、交流、批判-反应能力
通向未来的桥梁	有效地教与学	学习原则、讲授科学、数学和技术
	教育改革	改革的必要性、改革的前提
	下一个步骤	“2061计划”、行动议程、未来

表S2 NGSS提出的科学教育的三个维度及具体内容

Table S2 The framework of science education in NGSS

维度	内容
加强科学实践和工程技术的学习	提出科学问题并确定工程问题, 开发和利用模型, 规划和实施调查, 分析和解读数据, 使用数学和计算思维, 构造科学解释和工程设计解决方案, 使用证据进行论证, 获取、评价和信息交流模式, 因果关系: 机制和解释, 规模、比例和数量, 系统和系统模型, 能量和物质: 传递、循环和守恒, 结构和功能, 稳定和变化
理解跨学科的交叉概念	
掌握学科的关键科学大观点	物理科学, 生命科学, 地球与空间科学, 工程、技术与科学应用

表S3 《全民科学素质学习大纲》的内容设计

Table S3 The framework of “The Learning Outline for Scientific Literacy to All Chinese”

章节	内容
科学观念与方法	科学理念、科学观念、科学规范、科学方法
数学与信息	数与形、符号与推理、恒定与变化、不确定性、计算与信息
物质与能量	身边的物质、物质的构成、运动与相互作用、能与能源
生命与健康	生物多样性、分子与细胞、遗传与进化、稳态与控制、生物与环境、疾病防控与健康、生物技术与工程
地球与环境	宇宙中的地球、地球系统、地球和人类活动
工程与技术	现代制造技术、前沿高新技术、大型科技工程、民生科技热点
科技与社会	科学技术与人类文明、科学技术及其社会运行、科学技术与社会发展、提升公民科学素质
能力与发展	能力、科学研究的过程与重要环节、技术设计的过程与重要环节、工程实施的过程与重要环节、科学决策的过程与方法