

对青少年科学素养基准结构的分析

周立军¹ 李亦菲²

(北京市科学技术协会, 北京 100101) ¹

(北京师范大学教育学部, 北京 100875) ²

[摘要] 未成年人是我国全民科学素质行动计划的重点人群之一。为了促进未成年人提高科学素养、增强创新意识和实践能力, 需要编制《青少年科学素养基准》, 明确未成年人应具备的基本科学素质的内容, 为未成年人科学素质行动的实施和监测提供依据。本文对国内外青少年科学素养标准和评价项目进行了简要的介绍和分析, 并以科学素养的“九要素模型”为参考框架, 提出了青少年科学素质基准的内容结构。

[关键词] 青少年 科学素养 基准 九要素模型

[中图分类号] G812.45 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-8357 (2015) 01-0074-09

Analysis of Structural Benchmarks of Teenagers' Science Literacy

Zhou Lijun¹ Li Yifei²

(Beijing Association for Science and Technology, Beijing 100101) ¹

(Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875) ²

Abstract: Young people is one of the key population of the national science literacy action plan. In order to promote the teenagers to improve their science literacy and innovation ability, *the benchmarks of science literacy for teenagers* should be developed, laying the basis for the implementation and monitoring of the science literacy action for teenagers. In this paper, standard and evaluation project of the science literacy for teenagers home and abroad are introduced and analyzed briefly, and the content of structural benchmarks of science literacy for teenagers is proposed based on the Nine-component Model of science literacy.

Keywords: teenagers; science literacy; benchmarks; nine-component model

CLC Numbers: G812.45 **Document Code:** A **Article ID:** 1673-8357 (2015) 01-0074-09

《全民科学素质行动计划纲要(2006-2010-2020年)》(以下简称《纲要》)提出以未成年

人、农民、城镇劳动人口、领导干部和公务员四类重点人群科学素质行动带动全民科学素质的整

收稿日期: 2014-07-24

作者简介: 周立军, 博士, 北京市科学技术协会副主席, 主要研究方向为青少年科技教育管理, Email: zhoulijun@bjkp.gov.cn;

李亦菲, 北京师范大学科学传播与研究中心副主任, 硕士生导师, 主要研究方向为学习心理和科技教育,

Email: bjliyifei@139.com。

体提高。其中, 未成年人科学素质行动是提升全民科学素质的基础, 要使未成年人对科学的兴趣明显提高, 创新意识和实践能力有较大增强。为确保以上目标的实现, 纲要提出制定《中国公民科学素质基准》的要求, 要“借鉴国外相关经验和成果, 围绕公民生活和工作的实际需求, 提出公民应具备的基本科学素质内容, 为公民提高自身科学素质提供衡量尺度和指导, 并为《科学素质纲要》的监测评估提供依据”^[1]。

2006 年以来, 我国科普研究者对《公民科学素质基准》(以下简称《基准》) 的定位、内容、形式、实施等进行了研讨。

在《基准》的定位方面, 马来平强调《基准》是中国公民应具有的“基本科学素质水平”, 既要依据世界主要发达国家和地区的公民科学素质水平和国家发展的基本需要, 又要考虑当前我国大多数公民的受教育程度和科学素质基础^[2]。任定成则强调《基准》应关注解决与百姓生活和工作有密切关系的共性问题, 既要考虑科学文化修养, 又要考虑生存和发展技能^[3]。

在《基准》的内容方面, 任定成参照“2061 计划”的《科学素养基准》, 提出《基准》应包括元科学知识、科学知识、技术知识三个方面, 具体内容包括: 用科学的眼光看世界、科学如何解释世界、技术如何改变世界以及科学技术与社会的关系。张泽玉和李薇从我国科学课程标准的内容结构出发, 提出《基准》的内容应包括科学知识、科学方法、科学思想与精神三个方面, 并提出按人群分类制定基准、按阶段分段制定基准的建议^[4]。

与张泽玉和李薇的建议不同, 马来平强调应制定一个所有人都适用的《基准》, 各地在执行时, 根据本地区、本部门、本单位的情况和需要进行适当细分。

对于《基准》编制的实施, 刘小玲和李健民提出以下五点建议: (1) 检验基准的效度和信度; (2) 在试行的基础上修订为正式标准; (3) 形成《基准》的系列配套教材和读物; (4) 基准与学校教育互动; (5) 建立完

备的中国公民科学素质测评系统^[5]。

我们赞同按人群分类制定基准、按阶段分段制定基准的做法, 并主张从未成年人入手, 编制《青少年科学素养基准》。在面向青少年的科学素养标准或科学教育标准的制定方面, 美国 and 英国等西方发达国家积累了比较丰富的经验, 我国也在 21 世纪初分别编制了《2001-2005 年中国青少年科学技术普及活动指导纲要》和基础教育阶段《科学教育标准》。然而, 在编制《青少年科学素养基准》时, 既不能简单照搬国外的科学素养标准, 也不能沿用已有的标准, 而是要在借鉴国内外青少年科学素养标准和评价项目的基础上, 建立科学素养的结构模型, 为我国《青少年科学素质基准》的编制提供参考。

1 国内外青少年科学素养标准概况

1985 年, 美国科学促进协会 (AAAS) 联合美国科学院、联邦教育部等 12 个机构, 启动了一项面向 21 世纪、致力于提高科学教育质量的中小学课程改革工程——“2061 计划”。该计划认为, 有科学素养的人所掌握的科学知识不应局限于物理、化学、生物等传统自然科学中的概念和原理, 还应包括数学、技术和社会科学的知识, 因此, 需要在科学、数学、技术教育方面制定指导性的标准, 以引导全国的中小学、幼儿园开展科学和技术教育。

在启动后的 10 年内, “2061 计划”先后制定了两个基础文件: 《面向全体美国人的科学》(1989 年) 和《科学素养基准》(1993 年)。《面向全体美国人的科学》全面地讨论了从学前班到高中 (K-12 年级) 的科学、数学和技术教育的改革方案, 概述了所有高中毕业生在科学、数学和技术三个领域中应该和能够掌握的内容, 并列出了相互关联的知识范围。《科学素养基准》则规定了在 2 年级、5 年级、8 年级和 12 年级结束时, 学生在科学、数学和技术学习方面应该和能够掌握的具体内容。这些内容涉及科学、数学和技术三个领域的 12 个题: 科学的性质、数学的性质、技术的性质、自然环境、生存环境、人类机体、

人类社会、被改造了的世界、数学世界、历史展望、通用概念、思考与学习。

1995年12月,美国国家研究委员会理事会发布了《国家科学教育标准》,将“2061计划”提出的造就高科学素养公民的基本原则转化成可以操作的实施方案,不仅对具有科学素养的人提出了十分具体的构想,同时,设计了实现构想所应采取的行动路线,包括科学教学标准、科学教师的专业进修标准、科学教育的评价标准、科学内容标准、科学教育大纲标准和科学教育系统标准等6个组成部分。其中,内容标准从8个方面陈述了科学教育的具体内容,并分别对K-4年级、5-8年级、9-12年级学生应该达到的水平做出了规定。这8个方面的内容包括:统一的概念和过程、作为探究的科学、物质科学、生命科学、地球和空间科学、科学与技术、从个人与社会视角所见的科学、科学的视角与本质等。

与“2061计划”制定的《科学素养基准》不同,美国《国家科学教育标准》没有将数学与技术的知识纳入其中,也没有包含社会科学的内容,而是将科学知识局限在自然科学的范围内,分为物质科学、生命科学、地球和空间科学三个方面。之所以作这样的限制,是因为在美国的K-12教育体系中,技术领域有《国家技术教育标准》,数学领域则有《国家数学教育标准》,社会科学的内容则被纳入历史学科之中。不过,《国家科学教育标准》将《科学素养基准》提出的通用概念、思考与学习、科学的性质、科学发展的历史等内容纳入科学教育的内容标准之中。

为了帮助所有学生达到较高的能力水平,美国国家教育和经济中心与匹茨堡大学学习研究发展中心于1998年合作编制了《能力表现标准:英语、数学、科学、应用学习》(包括小学、初中、高中三个分册)。《能力表现标准》运用多种类型和多种学习条件下学生的作业实例和对作业的评注,具体展现学生应该达到的能力水平,并帮助教师、学生和家长理解达到标准的作业的特点。在科学学科中,《能力表现标准》从物质科学的概念、生

命科学的概念、地球和空间科学的概念、科学联系和应用、科学思考、科学工具和方法、科学交流、科学探究等八个方面对学生应具备的科学能力提出了具体要求。这八个方面可以分为概念理解的标准(前3个方面)和科学探究的标准(后5个方面)。在概念理解的标准方面,要求学生从以下两个方面展现自己对某一概念的理解:(1)正确运用这一概念解释观察资料,并做出预测;(2)运用词语、图解、图形、图表等描述这一概念。在科学探究的标准方面,强调科学探究不仅是一种教学方法,而且是一种学习目标,强调学习过程和知识内容的相互联系。

作为科学教育的发源地,英国在20世纪40—80年代一直没有统一的国家课程,直到1988年议会通过的《教育改革法》确立由3门核心课程和7门基础课程构成的国家课程体系。其中,科学与英语、数学一起成为三门核心课程。1989年,英国颁布了第一部全国统一的《国家科学教育标准》,经过1991年和1995年两次修订和完善,于2000年发布了面向新世纪的《国家科学教育课程标准》。修订后的标准由科学课程的概况、学习计划、教学要求和达成目标四部分组成。其中,学习计划(Programs of Study)规定了学生必须学习的基本科学内容,主要包括科学探究、生命进程及生物、物质及其属性、物理过程四个方面,并按四个关键阶段(分别为1-2年级、3-6年级、7-9年级、10-11年级)进行描述。在“物理过程”中,包含了地球与空间科学方面的知识内容。对于每一个关键阶段,都规定了学习范围(Breadth of Study)。达成目标(Attainment Targets)提出了在每一关键阶段结束时区分学生能力水平的预期标准。预期标准由八个水平等级和一个突出表现组成,每个水平等级都在掌握科学知识、科学技能和理解力方面有相对应的描述,突出表现概括了处于某一水平等级的学生应展现出来的典型素质类型。

我国关于中小学生学习科学素养标准的文件主要体现在《2001—2005年中国青少年科学技

术普及活动指导纲要》(以下简称《指导纲要》)和义务教育阶段的科学学科课程标准中。《指导纲要》从科学态度、科学知识与技能、科学方法与能力、科学行为与习惯四个方面解释科学素养的内涵,并根据我国3至18岁儿童、青少年(以下简称青少年)生理、心理发展阶段和接受教育的平均水平,将其按照年龄划分为五个阶段,即:A段(3-5岁)、B段(6-9岁)、C段(10-12岁)、D段(13-15岁)以及E段(16-18岁)。针对上述年龄阶段,分别设定科学技术普及活动内容和目标。

2001年,我国教育部颁布了义务教育阶段各学科的课程标准,其中,科学学科课程标准包括:《科学(3-6年级)课程标准》、《科学(7-9年级)课程标准》、《物理课程标准》、《化学课程标准》、《生物课程标准》、《地理课程标准》等。以《科学(3-6年级)课程标准》为例,该标准将小学科学的课程目标和内容标准分为科学知识、科学探究和情感态度价值观三个组成部分。其中,“科学知识”包括生命世界、物质世界、地球与宇宙三个领域;“科学探究”既强调对科学过程的理解,又重视从事科学探究活动的的能力;“情感态度价值观”包括对待科学的态度、对待自然的态度、对待科学技术与社会关系的态度等。显然,我国的科学课程标准的内容基本上是参照美国的《国家科学教育标准》的内容标准编制的。

2 国内外青少年科学素养评价项目概况

根据对象不同,科学素养评价可以分为公民科学素养评价和青少年科学素养评价两个方面。公民科学素养评价以米勒的公民科学素养评价指标为代表,而青少年科学素养评价则以国际数学和科学学习成就趋势测评项目(TIMSS)和国际学生评价实践项目(PISA)为代表。我国开展中小学生学习科学素养评价实践近10年才出现,特别是在2006年国务院发布《科学素质纲要》以后。

2.1 米勒的公民科学素养评价指标

从1972年开始,美国国家科学委员会发布双年度调查报告——《科学工程指标》(最初名为《科学指标》),为公众和政策制定者提供关于科学、工程和技术量化信息。1979年,在米勒(J.Miller)的建议下,美国首次在公民科学素养调查中按照公众科学素养的三个维度(公众理解科学研究过程、学科中基本的科学概念和命题、涉及科学技术的当代政治问题)编制测试题,并在其后两年一次的调查中一直进行公民科学素养的测量。1989年,米勒等将这三个维度表述为:(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语汇;(2)理解科学探究的过程或本质;(3)理解科学技术对于个体和社会的影响。这一调查方案因其长时段稳定性和国际可比性一直被使用至今。

1986年,米勒在美国科学基金会的支持下设立了一个美国青少年纵向研究项目,采用同期群研究方法(cohort study),对全美50个公立学校7年级和10年级的5000名中学生开展了长达25年的纵向跟踪研究。研究发现:一方面,成人对科学议题的热心是在中学或大学时期发生的,此后基本维持不变;另一方面,科学技术特殊事件对成人热心关注科学技术的持久性具有重要影响,并且信息技术促使他们对科学技术领域的专业知识形成新的认知模式。根据米勒的跟踪调查结果,学校教育、科学技术特殊事件、信息技术是影响成人科学素养水平的重要因素^[9]。

2.2 国际数学和科学学习成就趋势测评项目(TIMSS)

成立于1959年的国际教育成就评价协会(IEA)在20世纪60年代初第一次组织了有10多个国家参加的国际数学评测和国际科学评测。70年代末、80年代初,IEA又组织了第二次国际数学评测和国际科学评测。1995年,IEA在美国国家教育统计中心(NCES)和国家科学基金会(NSF)的支持下,发起并组织了第三次国际数学和科学评测(Third International Mathematics and Science Study, TIMSS)。1999年,这项活动继续进行并被称

为 TIMSS-R 或 TIMSS-REPEAT。2003 年,为了更好地延续这项测评和研究活动, TIMSS 被解释为“国际数学和科学学习趋势测评”(The Trends in International Mathematics and Science Study)的缩写。

TIMSS 项目以向各国派发问卷的方法来采集数据资料,通过数据分析和比较研究,对参与国家 4 年级和 8 年级学生的科学素养状况进行排名,同时,也列出国际平均水平以供参考。TIMSS—2003 的科学测量框架由“内容”和“认知”两个方面构成。“内容”包括生命科学、化学、物理、地球科学和环境科学等;“认知”包括了解事实、理解概念、推理分析等。每一方面都有针对四年级和八年级科学课的内容而分别设计的若干题目,每一题目包含一系列具体的测试目标。除了“内容”和“认知”这两个方面外, TIMSS—2003 还包括一个独立的测试因素——“科学探究”,涉及一系列不同认知要求背景下的知识、技巧和能力。学生将完成需要在实际情况中应用所掌握的知识、技巧和思维过程的项目或任务,以展示他们对科学探究的基本理解或重要技能,包括能系统地描述问题以及假说、设计调查方案、收集数据资料并进行分析、得出结论和形成解释等。

在 TIMSS 的测试中,科学素养较高(约 690 分)的学生通常能够创造或使用概念模型来进行预测和解释,能对科学探究进行分析,进而掌握诸如实验的设计或明确被试的概念,评析不同观点等。得分在 550 分左右的学生能够运用科学知识进行预测和解释,能识别出哪些是科学研究能回答的问题,在数据比较时能选择相关信息等。得分在 400 分以下的学生能够识记简单的事实性科学知识(例如名称、因素、术语、简单规律),能够利用科学常识得出结论。

2.3 国际学生评价实践项目(PISA)

国际经济合作与发展组织(OECD)于 2000 年发起并组织实施了国际学生评价实践项目(The Program International Student Assessment, PISA)。该项目主要对接近完成基础教

育的 15 岁学生(初三或高一学生)进行评估,测试他们是否掌握参与社会所需要的阅读素养、科学素养和数学素养。通过对测试结果的分析, OECD 对各国的基础教育水平进行比较,同时,也为各国政府研究制定教育政策提供参照。下面以 PISA2006 为例,说明 PISA 测试的基本要点。

PISA2006 将科学素养分解为四个方面:科学情境、科学能力、科学知识、以及学生对科学的态度。每个方面包括若干成分,每个成分又包括若干子成分,用于指导具体的试题编制和水平认定。在测试项目(test unit)的编制中, PISA2006 把科学素养的四个方面整合到一个框架中:试题取材涉及科学和技术的生活情境,在该情境中需要学生表现出一定的科学能力;而学生表现的水平受制于学生知道什么(科学知识)和如何应对(科学态度)。PISA2006 的测查内容包括科学知识、科学能力、科学态度三个方面,其中,态度维度不单独对编制测验项目进行评价,而是依托或嵌入在科学知识和科学能力两个维度的测验项目中,大约一半的测验项目中会设计一道态度题。

在测试结果呈现方面, PISA 根据学生的测试结果,将对科学素养的水平分为由下至上逐次提升的 6 个等级,并对不同等级的表现进行能力描述。例如,水平 1 的学生只有有限的科学知识,并仅能把这些知识应用于少数熟悉的情境中。而水平 6 的学生则可以在复杂的生活情境中识别、解释和应用“关于自然世界知识”和“关于科学本身的知识”;能将不同的信息资源联系起来,并从中寻找证据来证明结论的正确性;能展示高级的科学思考和推理过程,展示在不熟悉的科学和技术情境中积极地运用科学的能力;可以在个人、社会或国际情境相关的背景中运用科学知识。

2.4 我国中小学生科学素养评价的实践案例

为了落实未成年科学素质行动的要求,我国许多地区相继开展了针对青少年科学素质的调查与评价活动。根据科学素养指标体系和测评工具的不同,面向中小学生的科学素养评价活动大致分为以下四种类型:一是采用问卷

调查的方式开展学生科学素养评价,以重庆市小学生科学素养调查为代表;二是采用测验的方式开展学生科学素养评价,以杭州市初中生科学素养测评为代表;三是参照 PISA 项目的学生科学素养评价,以上海市青少年科学素养调查为代表;四是以 TBSL 为测量工具的学生科学素养评价,以广西壮族自治区中学生基本科学素养调查为代表。

2.4.1 采用问卷调查方式开展学生科学素养评价

2004 年,重庆市在首批国家级基础教育课程改革实验区(北碚区)的小学 5 年级学生中组织开展了小学生科学素养调查。本次调查采取分层抽样调查方法,选择城市重点小学、城市一般小学、农村小学共 4 所,抽查样本以班为单位,共发放问卷 350 份,收回 330 份,其中有效问卷 330 份。调查内容涉及科学兴趣、科学知识、科学方法和科学精神四个科学素养的核心要素。调查发现,不同层次学校学生的科学素养存在显著差别,城市重点学校最好(63 分),农村学校次之(56 分),城市一般学校较前两类学校差(48 分)。

2.4.2 采用自编测验方式开展学生科学素养评价

2006 年,杭州市开展的初中生科学素养评价以《全民科学素质行动计划纲要》以及教育部编写的《科学(7~9)年级课程标准》的内容为基准,从“科学探究”、“科学态度、情感与价值观”、“科学知识与技能”、“科学、技术与社会”四个维度,建构了检测初中生科学素养的 4 个一级指标,并参考科学课程标准关于科学素养的相关表述,制定了 11 个二级指标。根据这一指标编制的测试题总分为 260 分。从杭州市两所具有代表性的中学进行抽样调查,一所为城区中学,另一所为乡镇中学。调查反映了学生在四个方面的得分情况,并考察了城区学生和乡镇学生的差异。

2.4.3 参照 PISA 项目开展学生科学素养评价

2007 年,上海市在 PISA 项目采用的科学素养模型的基础上,建立了评估上海青少年“面向未来”科学素养五种能力的结构模型,包括阅读能力(R)、数学能力(M)、科学解释能力(Pe)、科学探究能力(S)、问题解决

能力(P)。

参考 PISA 的做法,上海的调查通过问题情境测试的方式评估学生科学素养的发展状况。测试工具由四个情境题组成,分别涉及能量、电池、假期旅游、网上购物四个方面。各项测试题,按两个层次设置测试点:第一层次包括阅读能力(R)、数学能力(M)和问题解决能力(P),共有 30 个测试点;第二层次包括科学解释和预测(Pe)及科学探究(S),共有 10 个测试点。四个情境试题共包括 110 个测试点。通过对获得的数据进行分析,该调查从科学素养发展背景和状况两个方面,对上海市青少年科学素养发展情况作出了结论。

2.4.4 以 TBSL 为测量工具开展学生科学素养评价

广西壮族自治区开展的中学生基本科学素养调查采用南非学者 Laugksch 和 Spargo 编制的基本科学素养问卷 TBSL 的中文版本为测量工具。TBSL 的题项来自《面向全体美国人的科学》,包括科学内容、科学本质和科学技术与社会(STS)三个方面,其中,科学内容包括地球与空间科学、生命科学、物质科学和健康科学四个方面,共 72 题,通过成绩为 45 分;科学本质指科学的暂时性、经验性、主观性、创造性、社会/文化性、观察和推理、理论与规律等,共 22 题,通过成绩为 13 分;科学技术与社会涉及技术的作用、技术、科学技术与社会之间的关系等,共 16 题,通过成绩为 10 分。三个方面共 110 道题,通过成绩为 68 分。调查样本来自广西壮族自治区的南宁等 8 个主要城市的 17 所中学的学生。

3 基于科学素养九要素模型的青少年科学素养基准

3.1 教育目标分类学与科学素养的 9 要素模型

1956 年,为规范学校各课程考试的出题、施测及评分,B.S.布鲁姆及其同事提出了一个教育目标分类体系—《教育目标分类学手册:认知领域》;1964 年,又提出了情感领域的目标体系。1966 年,辛普森和哈罗提出运动技能领域的目标体系。这些目标体系自提出以来,已被翻译成 20 多种文字(中文版于 20 世

纪 80 年代中期出版)，为各类各级学校的课程开发、教学设计和学习测评提供了基本依据，并引发了大量其他教育目标分类体系的产生，对教育的科学化产生了广泛而深刻的影响。

1995 年，在目标体系的提出者之一，测量和评价专家戴维·克拉斯沃尔与课程理论家洛林·安德森的提议下，组建了一个教育目标分类学修订小组。经过长达 6 年的编写和修改，形成教育目标分类学的修订版^[7]。修订后的教育目标分类学对认知领域的目标按“知识类别”和“认知过程”两个维度进行分析，其中，“知识类别”包括事实性知识、概念性知识、程序性知识和元认知知识（也称反省认知知识），“认知过程”包括记忆、理解、应用、分析、评价和创造六种水平。两个维度相互配合，形成以下的二维模型（参见表 1）。

表 1 修订后的教育目标分类学认知领域目标的二维结构

事实性知识	记忆	理解	应用	分析	评价	创造
概念性知识						
程序性知识						
元认知知识						

参照以上的二维模型，我们建构了科学素养的“九要素模型”。这一模型将“科学”分解为“科学知识”、“科学过程”、“科技成果”三个方面，将“素养”解读为“读（理解）”、“写（表达与应用）”、“悟”（情感与态度）三个方面。通过将“科学”和“素养”两个维度的各个方面组合，得到科学素养的九个要素（参见表 2）。

表 2 科学素养的“九要素模型”

素养 科学	读(理解)	写(表达与应用)	悟(情感与态度)
科学知识	理解科学知识 (事实、术语、 概念原理等)	表达科学知识,解 释自然现象	尊重科学,不相信 迷信 尊重事实,不盲从 权威
科学方法	理解科学过程 和方法	应用科学方法进 行科学探究	求真务实,严谨细 致
科学成果	理解科技成果 的具体功能	应用科技成果解 决个人和社会问 题	正确看待科学技 术与社会及自然 的关系

根据科学素养的“九要素模型”，可以将科学素养定义为个体理解科学知识、科学过

程和科技成果，并利用它们解释自然和社会现象、从事科学探究、解决实际问题的能力，同时，也包括个体对待科学知识、科学过程和技术成果的情感态度^[8]。

3.2 “九要素模型”与 TIMSS 和 PISA 的对比分析

TIMSS 的“内容”和“认知”二维结构与“九要素模型”的“科学”和“素养”二维结构在功能上相似，但在内涵上有所不同。将“内容”与“科学”相比，“内容”只涉及科学知识（包括生命科学、化学、物理、地球科学和环境科学等），不包括科学过程和科技成果；将“认知”与“素养”相比，“认知”包括了解事实、理解概念、推理分析，源自于布鲁姆的教育目标分类学，大致对应于素养中的“读”（理解）和“写”（表达与应用），但不包括“写”中的“开展科学探究”，也没有包括“悟”（情感态度）。TIMSS-2003 将“科学探究”作为了一个补充的测试因素，从而包含了“开展科学探究”这一要素。

PISA2006 以科学情境为载体，直接考查学生所具有的科学能力，并间接反映学生所具备的科学知识和科学态度。从“九要素模型”来看，科学能力、科学知识、科学态度基本对应于实用科学素养、基础科学素养、文化科学素养。在 PISA 的“科学知识”中，既包括“关于自然世界的知识”（其中含有技术系统的知识），也包括“关于科学本身的知识”，与“九要素模型”区分的科学知识、科学过程和科技成果基本对应；在 PISA 的“科学能力”中，包括“确认科学问题”、“科学地解释现象”、“使用科学证据”三个方面，较少涉及利用科技成果实际问题。在 PISA 的“科学态度”中，包括“对科学感兴趣”、“支持科学探究”、“对资源和环境有责任心”，大致对应于“九要素模型”中对科学知识的态度、对科学过程的态度及对科技成果的态度。综合来看，PISA 测验考查的科学素养内容与“九要素模型”阐释的九个要素是基本一致的。

4 青少年科学素养基准的内容结构

根据科学素养的“9 要素模型”，可以分

别从“科学”和“素养”两个维度分析科学素养基准的内容结构。

一方面,可以从“科学”这一维度,将科学素养分为科学知识素养(literacy based-on scientific knowledge)、科学方法素养(literacy based-on scientific process)、科技成果素养(literacy based-on scientific achievements)。其中,科学知识素养是对科学知识的理解、表达和感悟能力,包括“理解科学知识”、“表达科学知识”、“尊重科学知识”三个方面;科学方法素养是对科学方法的理解、运用和感悟,包括“理解科学过程与方法”、“开展科学探究”、“遵循科学规律”三个方面;科技成果素养是对科技成果的理解、应用和感悟,包括“理解科技成果”、“解决实际问题”、“善待技术成果”三个方面。

另一方面,可以从“素养”这一维度出发,将科学素养分为“基础科学素养”(basic scientific literacy)、“实用科学素养”(practical scientific literacy)、“文化科学素养”(culture scientific literacy)。其中,基础科学素养属于认识层面的要求,包括“理解科学知识”、“理解科学过程与方法”、“理解科技成果”三个方面;实用科学素养属于实践层面的要求,包括“表达科学知识”、“开展科学探究”、“解决实际问题”三个方面;文化科学素养属于情感态度层面的要求,包括“尊重科学知识”、“遵循科学规律”、“善待技术成果”三个方面。

2013年以来,北京市科协组建课题组,对北京市青少年科学素养基准的编制进行了一年多的研究,形成了《北京市青少年科学素养基准(征求意见稿)》。该《基准》从以下四个方面描述了小学低年级(1-3年级)、小学高年级(4-6年级)、初中、高中四个学段的学生应该具备的科学素养:(1)科学知识的理解与运用;(2)科学方法的理解与运用;

(3)技术成果的理解与运用;(4)科学态度(参见表3)。

4.1 科学知识的理解与应用

根据美国《国家科学教育标准》和我国义务教育阶段《科学教育标准》的内容标准,本《基准》从通用概念,物质世界、生命世界、地球与空间四个方面,分别对四个学段的学生应该获得的知识理解和能力表现作出了规定。其中,通用概念包括结构与系统,规模(尺度)与测量,恒定与变化,规律与关系,不确定性,模型等内容;物质世界包括物体、物质与元素,运动与力,能量等内容;生命世界包括生物多样性,生物与环境,生物圈中的人,细胞,遗传与进化等内容;地球与宇宙包括宇宙,地球,大气与气候,水,岩石、土壤和矿物等内容。

4.2 科学方法的理解与应用

根据科学探究的一般过程,本《基准》从猜想与假设,观察与实验,分析与判断,表达与交流四个方面,分别对四个学段的学生应该获得的知识理解和能力表现做出了规定。

4.3 技术成果的理解与应用

根据科学技术成果的功能和形态,本《基准》从农业,材料与制造,能源及利用,信息技术,保健技术,空间技术等六个方面,分别对四个学段的学生应该获得的知识理解和能力表现做出了规定。

4.4 科学态度

针对科学的三个维度,本《基准》将科学态度分为对科学知识的态度、对科学方法的态度、对技术成果的态度三个方面,并分别对四个学段的学生在三个方面应该形成的科学态度做出了规定。在每个方面,都按照对立统一的思想提出要求,具体说:(1)在对待科学知识的态度方面,既强调要“尊重知识”(表现为有好奇心,积极寻求答案),也强调要“挑战权威”(表现为不迷信、不盲从);(2)在对待科学方法的态度方面,既强调要“尊重证据”(表现为考虑不同的、有冲突的证据),也强调要“大胆想象”(表现为不拘泥于证据,能够进行跳跃性思维);(3)在对待技术

表3 青少年科学素养基准的内容结构

	理解	表达与应用	情感与态度
科学知识	科学知识的理解与应用		科学态度
科学方法	科学方法的理解与应用		
技术成果	技术成果的理解与应用		

成果的态度方面，既强调对技术的重视（表现为支持技术成果的开发和运用），也强调对生命和环境的尊重（表现为关注技术对人和自然产生的负面影响）。

根据以上内容结构编制的《青少年科学素养基准》不仅可以为学校和校外教育机构的不同学段学生设计科技教育活动提供参考，而且可以为开展针对不同学段学生科学素养水平的评估和监测工作提供依据。

参考文献

- [1] 国务院：全民科学素质行动计划纲要（2006—2010—2020）[Z]. 2006-02-06.

- [2] 马来平.《中国公民科学素质基准》的基本认识问题[J]. 贵州社会科学, 2008(8): 4-10.
- [3] 任定成. 中国公民科学素质建设：理念与期望[C]. 北京：北京公民科学素质建设国际论坛, 2004.
- [4] 张泽玉, 李薇. 中国公民科学素质基准研究[J]. 科普研究, 2007(6):15.
- [5] 刘小玲, 李健民. 中国公众科学素质基准体系的可行和科学性研究[J]. 中国科技论坛, 2011(11): 116-120.
- [6] 李大光. 美国公众科学素养纵向研究及启示[J]. 科学, 2012(6): 28-31.
- [7] L.W.安德森. 学习、教学和评估的分类学：布鲁姆教育目标分类学修订版[M]. 皮连生, 译. 上海：华东师范大学出版社, 2008.
- [8] 周立军, 李亦菲, 赵红. 基于“九要素模型”的青少年科学素养指标体系建构[J]. 中国软科学, 2013(3): 66-78.

(编辑 丁雪)

论文写作指南（四）

7. 结 论

结论是整篇文章的最后总结。结论不应是正文中各段小结的简单重复，它应以正文中的实验或考察得到的现象、数据的阐述为依据，完整、准确、简洁地指出本研究结果所说明的问题、得出的规律以及解决的理论和实际问题。此外，也可将本研究结果与前人对本问题的研究结论相对照，在提炼成果的同时，查漏补缺。

8. 参考文献

这里所说的论文参考文献，指的是文后参考文献，即为撰写或编辑论文而引用的有关文献信息资源。所谓参考文献著录，即在论文中，凡是引用前人已发表的文献（包括作者本人之前发表的）中的观点、数据和材料等，一般都要对其在文中出现的地方予以标注，并在文后依次列出论文所引用的全部参考文献。论文参考文献著录，要求采用标准化的著录格式（详细标准请查阅《科普研究》网站“投稿指南”中的文件 GB/T 7714-2005《文后参考文献著录规则》），作者应对所引文献的完整性和准确性负责。国际推荐两种著录制度，本刊所采用的为顺序编码制，其要求为：在引文处，按照文中所引用参考文献出现的先后次序，用右上角标[1]、[2]、[3]……连续编码，并与文后参考文献编码一一对应。