

终身学习视角下我国成年公民科学学习内容研究初探

鞠思婷^{1,2} 高宏斌¹ 颜 实¹

(中国科普研究所, 北京100081)¹

(中国科学院科技政策与管理研究所, 北京100190)²

[摘 要] 本文以终身学习的理念和关键能力的研究进展为背景, 以终身学习为视角论述成年公民科学学习的研究历程和实现形式。本文参考 STEM 教育、STS 教育、HPS 教育和美国新一代的科学教育标准等文献, 研究并提出了成年公民科学学习的六个方面的内容框架, 即掌握基本的科学知识 with 技能; 具有自我导向学习的动机、认知与能力; 理解科学的本质、科学方法和科学探究的过程; 树立正确的科学态度、科学伦理观与法律意识; 了解科学与技术的社会运行机制并积极参与科学决策; 理解科技创新并具备一定的创新意识。进一步对于成年公民科学学习指导大纲的编写研究进行了更深入的探讨。

[关键词] 公民科学素质 终身学习 非正式学习 STEM 教育

[中图分类号] G206 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-8357 (2015) 04-0044-08

A Research of Adult Citizen's Science Learning in China under a Perspective of Lifelong learning

Ju Siting^{1,2} Gao Hongbin¹ Yan Shi¹

(China Research Institute for Science Popularization, Beijing 100081) ¹

(Institute of Policy and Management, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190) ²

Abstract: This paper discusses the progress of adult science learning research and the implementing of it from the lifelong learning based on the progress of research on the concept and ability of lifelong learning. Its references mainly come from STEM education, STS education, HPS education and new generation science standards in US and it puts forward six dimensions on the content framework of adult science learning in this paper, they include mastering the basic scientific knowledge and skills, having a self-directed learning motivation, cognition and ability, understanding the nature of science, the scientific method and the process of scientific inquiry, setting up the correct scientific attitude and scientific

收稿日期: 2015-06-15

作者简介: 鞠思婷, 中国科普研究所博士后, 研究方向为科普研究, 材料学, Email: jusiting-123@163.com;
高宏斌, 中国科普研究所副研究员, 研究方向为科普研究, 生态学, Email: gaohongbin@cast.org.cn;
颜 实, 编审, 中国科普研究所副所长, 研究方向为科普研究, Email: syan600103@sina.com。

ethics and having a legal consciousness, knowing social operation mechanism of science and technology and actively participating in decision-making, understanding the innovation of science and technology and having a certain innovation consciousness. In a nutshell, this paper makes an in-depth study of the compiling of guidance outline for adults on science learning.

Keywords: civic scientific literacy; lifelong learning; informal learning; STEM education

CLC Numbers: G206 **Document Code:** A **Article ID:** 1673-8357 (2015) 04-0044-08

随着社会飞速前进, 知识经济及信息的产业化的发展势必导致旧的知识体系的瓦解。医学进步致使人口结构也发生了巨大变化, 老龄化社会的趋势对传统的学校教育方式提出了新的挑战, 于是 20 世纪 60 年代终身教育和终身学习理念应运而生。科学学习作为终身学习的重要组成部分近年来得到各国的重视, 作为组成社会结构的重要成员——成年人必须更新知识和技能, 培养个体的科学学习能力, 才能接纳新知识和新技能, 提高科学素质以适应并促进科学技术和社会发展的前进步伐。

1 终身学习的概念、能力与指标

1.1 从终身教育到终身学习

1965 年联合国教科文组织通过法国成人教育家保尔·郎格朗关于“终身教育”的提案之后^[1], “终身教育”成为世界成人教育发展的主要理论基础。而从 20 世纪 70 年代末开始, 成人教育观念中以“终身学习”取代“终身教育”的浪潮开始兴起。在我国, 成年公民指的是年满 18 周岁的公民。随着职业和生活领域的分化, 人们所需要的知识各不相同, 甚至同一个人不同的时间所需要的社会化职业技能及实用知识也不同。“终身学习”取代“终身教育”意味着将发展的主动权赋予成人自己掌握, 是成人自己根据社会需要以及个人愿望而做出主动发展的选择, 有助于他们切实根据自己面对的生存环境, 自己的发展目标而灵活地安排自己的学习活动。终身学习概念自身所具有的极大的包容性与扩张性使得成人的学习更具针对性、灵活性与高效性^[2]。

1.2 终身学习的概念与特征

2000 年, 欧盟发布《终身学习备忘录》(A Memorandum on Lifelong Learning), 备忘录中明确指出: “终身学习可以被视为涵盖一切有

目的的正式与非正式学习活动, 其目的在于增进知识、技能与能力”^[3]。2001 年, 欧盟在《实现终身学习的欧洲》(Making a European Area of Lifelong Learning a Reality) 报告中提到: “终身学习活动贯穿人的一生, 从个人、公民、社会以及就业相关的视角, 提升知识、技能和能力”^[4]。2003 年, 世界银行发布《全球知识经济下的终身学习: 发展中国家的挑战》, 报告中指出: “终身学习框架涵盖整个生命周期内的学习, 从幼儿到退休, 并发生在不同的学习环境中, 包括正规、非正规和非正式的学习环境”^[5]。可见, 早期对终身学习的研究和定义认为终身学习具有三个关键特征, 即终生持续性、方式多样性和学习自主性^[6]。

1.3 终身学习能力的构成

从“被动”上升为“主动”之后, 终身学习就演变成一种能力, 那么终身学习能力应该由哪些内容构成呢? 欧盟、经合组织、美国、加拿大、英国等均对终身学习能力给出了相关的说明^[7,8], 其中 2005 年欧盟委员会正式发布《终身学习关键能力: 欧洲参考框架》, 提出终身学习方面的八大关键能力: 母语沟通能力、外语沟通能力、数理和科技基本能力、信息能力、学习如何学习、社会和公民能力、创新和企业家精神和文化意识和表现^[9]。国内外学者也就终身学习能力的构成进行了研究^[9,10,13,14]。2010 年, Kriby 认为终身学习能力包括目标设定、知识和技能的应用、自我导向和评估、定位信息、应用学习策略^[11]。2011 年, Huseyin 则提出, 终身学习能力由自我管理、知道如何学习、创新和企业家精神、获取信息、信息素养、决策构成^[12]。2009 年, 我国学者钟志贤从关联主义学习理论的视角出发, 认为终身学习能力包括智商与情商相结合的能力、应用能力或实践能力、关联能力、搜寻能力、分布式学习能力、协作学习能力、信息素养、兼容和

整合能力、知识管理能力、决策与创新能力^[15]。2011年,穆肃提出终身学习能力包括信息素养、自主学习能力、问题解决能力、批判性思维能力、持之以恒能力、自我评价能力^[16]。可见,终身学习并不单单是针对具体知识点的获取过程,它其实是一种综合能力的培养过程,这种能力不仅包括必要的生活常识,还应该包括认知方法、共处能力和生存能力,有了这些能力,才能更好地树立正确的人生观、价值观和世界观,以更好地解决生活中遇到的各种问题。

2 科学学习是终身学习的重要部分

根据上述对终身学习的内涵与能力研究可知,终身学习非常重视数理、科技和信息能力的培养,这些能力恰好是全民科学学习能够达到的目标,在科学飞速发展的时代,理解和运用科学已经越来越成为一个成年人所必需的基本素质,因此科学学习应该作为终身学习的重要部分引起足够重视。

随着我国第9次全民科学素质调查的开始,公民的科学素质已经越来越受到国家和个人的重视,特别是“创新驱动发展战略”提出和实施以来,人们越来越意识到知识的力量,国家不仅需要科学精英,同时也需要全民都具备基本的科学素质,才能推动其在经济新常态下的可持续发展。根据2010年第8次全民科学素质调查结果显示,我国具备基本科学素质的公民占总人口的3.27%,仅相当于发达国家20世纪90年代的水平^[17],其主要原因是成年人的科学素质水平不高。因此提出全民科学学习,将科学学习作为终身学习的重点内容,是非常有必要的。

2.1 科学学习的研究历程

学者对于科学学习的重视,是从美国著名科学教育专家赫德(Paul DeHart Hurd)在1958年的文章《科学素质:它对美国学校的意义》(Science Literacy: Its Meaning for American Schools)首次将“科学素质”作为科学教育的主要议题提出而开始的^[18]。随着Shen和Millar等著名学者对科学素质内涵与维度的研究^[19,20],以及美国2061计划的启动,公民科

学素质一度成为国际研究热点。经济合作与发展组织(OECD)、欧盟、美国、英国、日本等也出台了很多相关政策,支持公民科学素质的研究。

以美国与印度为例,二十世纪八十年代,美国科促会从未来美国公民更好适应科技快速发展的角度出发,组织各个领域的专家一起研究制订了《面向全体美国人的科学》,其科学和系统的知识框架,几经修改,仍然是目前最基本的科学素质纲领性文件之一,被世界各国所研究、借鉴和使用^[21]。印度学者塞加尔从公众需求的角度出发,提出了基础科学包的概念,通过解决五大类与公众生活和工作关系密切的问题,定义了全民最低限度的科学^[22]。根据国情的不同,两国对于科学素质的理解和科学学习的内容与侧重点各不相同,但上述两个文件均以全民科学学习的角度而制定。随后美国科促会制订《面向全体美国人的科学》的姊妹篇《科学素养的基准》,针对K12某一特定的年级应该达到的标准提出了建议^[23]。对于公民科学素质的研究重点渐渐转移到K12教育中的科学教育纲领与课程标准,而不再着重关注成年人的科学学习。如美国将高等教育中的STEM(Science, Technology, Engineering, mathematics)科学教育纲领引入K12教育体系,以此进行课程改革,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)^[24]、《下一代的科学教育标准》(2013)^[25]、《指导实施下一代的科教标准》,以更新K12科学教育的内容和体系^[26]。

近年来,伴随着互联网传播手段的兴起,非正式学习的理念得到社会的广泛认同,成年人的科学学习又开始被学者所重视。如2007年,美国成立了“非正式科学教育提高中心”,与国家科学基金会(NSF)促进非正式学习(AISL)计划合作,整合大量的科学家、教育家等,以及媒体、博物馆、动物园等科普场馆资源,针对未成年人和成年人的非正式学习进行研究。2006年我国国务院发布了《全民科学素质行动计划纲要(2006—2010—2020年)》,公民科学学习伴随着科学素质提升的社会需求正得到

全社会的广泛重视,特别是为顺利进入创新型国家行列,我国必须在2020年将我国公民的科学素质提升到10%,任重道远。在我国,科学素质水平低主要是由于成年人的科学素质水平不高,因此,必须要通过成年人终身学习的途径,在全国掀起全民科学学习的热潮,让公众自主地进行科学学习而提高科学素质。

2.2 科学学习的实现形式

那么个体如何进行科学学习而获得知识呢?采用终身学习中的三分法,本文将学习分为正规学习(formal learning)、非正规学习(non-formal learning)、非正式学习(informal learning)^[27,28]。通过这三种学习途径,成年人科学学习得以全面开展:

(1) 正规学习中的成年人科学学习

正规学习是由教育与培训机构提供且是结构化的;学习者的学习是有意识的;学习结束提供资格证书。主要是指发生在学校的课堂里的学习,教师按照课程的要求,组织学生在教室里系统地学习知识,学生的学习依据设定好了的日程安排进行^[29]。成人高校作为成人教育中正规学习的重要组成部分,在促进成年人终身学习能力和科学学习发展中发挥着重要作用。但成人高校几乎都定位于专业技能的学习与文凭证书的获取,只有少数专业的课程中会涉及系统的科学学习的内容。

(2) 非正规学习中的成年人科学学习

非正规学习是指发生在课堂之外的其他场所的较为系统的学习。它不像正规学习那么严谨,不是由教育或培训机构提供,不提供学历或资格证书,学习也是结构化的,并且学习者学习是有意识的,如单位开展的培训讲座活动,以及远程教育等^[30,31]。单位给予成年学习者的培训机会,通常能系统地介绍某些技能,快速有效地提高成年人适应工作的能力,但其培训内容多跟职业技能、沟通协作有关,科学学习的部分甚少。远程教育的飞速发展也为成年人提供了学习机会,但可选择的科学学习内容也较少,且较为被动。

(3) 非正式学习中的成年人科学学习

非正式学习是完全意义上的个别自学,指

学习者个人为实现自己的理想目标或满足自己工作生活兴趣等需要而自觉进行的学习活动。非正式学习产生于日常生活的活动(即日常的工作、家庭和休闲活动);学习是非结构化的,一般无组织、无系统,甚至有时是无意识的,获得的知识通常是碎片化的^[32]。1998年,由加拿大约克大学的社会研究所随机抽样对1562名18岁以上的成人进行了平均为32分钟的电话调查,调查发现,超过95%的成人都进行了他们认为比较重要的非正式学习。根据澳大利亚统计局2006—2007年的调查,在澳大利亚25到64岁的人口当中,有74%的人在过去的一年中进行了某种形式的非正式学习。上网和阅读是其中最普遍的非正式性学习方式^[33]。

根据美国国家研究理事会出版的报告《非正式环境中的科学学习:人,场地,追求》,有关科学学习的非正式环境分为三种:日常生活环境,如家庭讨论、在树林中漫步、个人喜好、书籍、移动阅读等;经过设计的环境,包括博物馆、科学环境中心,科技馆等;项目,包括课后项目,暑期项目,俱乐部或者博物馆的项目等^[34,35]。其中前两种环境中的科学学习通常相对零散,流动性较大,而项目的学习通常针对某一项技能与知识,通过合理设计可以定向而持久^[36]。

研究指出“非正式环境中的科学学习”包含六个可以互相支持的方面:产生兴趣、激动和学习的动机;理解科学内容和知识;参与科学推理;对科学的反思;使用科学的语言和工具;身份认同^[35]。这六个方面呈现了科学学习的重要结果,即知识、技能、态度和思考的习惯等。同时也告知学习者在科学学习时应该尽可能把科学实践化、概念化并能反思科学。总之,成年人在非正式学习中能够接触的科学知识较正规学习和非正规学习更多,且是在好奇心的驱动下通过观察、活动、学习发现科学问题,通过科学设备、工具的使用以及各种心智的推理加上想象力的发挥而学得利用科学方法,获得科学概念和知识^[37]。非正式学习已经成为成年人科学学习的主要途径,对培养成年学习者积极的科学兴趣、科学态度和身份认同

有重要的作用。

3 成年人科学学习的内容研究

3.1 科学教育的基本纲领与模式

以上研究得知非正式学习是成年人进行科学学习的主要途径,但非正式学习最大的缺点是知识的零散性,那么应该如何引导全体公民进行系统的科学学习呢?我们以正规教育中的科学教育做参考来回答这个问题。科学教育的过程必然会涉及到具体教什么,学什么,其教学纲领和模式是什么。对此国内外学者也进行了一系列的研究,目前认可度较高且使用广泛的科学教育纲领是 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。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,试图把学生学到的零碎知识与机械工程转变成为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^[38]。在 STEM 基础上,美国弗吉尼亚理工大学的学者 Yakman 于 2007 年首次提出 STEAM。STEAM 中的 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^[39]。2012 年以来,美国提出下一代 K12 科教标准,简称 NGSS,把科学教育划分成三个维度,实践(Practices)、交叉概念(Crosscutting Concepts)与核心观点(Core Ideas.)。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;理解跨学科的交叉概念,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^[24]。NGSS 提出的科学教育的三个维度对科学知识与体系的深入剖析不仅对 K12 科学教育有巨大的指导作用,也为成年人的科学学习提供了内容指导。

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^[40]。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,培养他们的理解科学精神和创新能力,以使科学教育能真正地、有效地提高公民科学素养^[41]。对于一个参与社会工作和生产生活的成年人来讲,掌握多少具体的科学知识显然是远远不够的,如何在理解科学的基础上运用科学,指导实践和公共决策也是科学学习不可或缺的重要部分,因此以上 STS 和 HPS 的教育模式对于成年人的科学学习具有较大的借鉴意义。

3.2 成年人科学学习的内容初探

在当今科技与社会不断渗透融合的情况下,单纯地学习科学知识已经不能满足个体与社会的需要。根据以上对科学教育纲领的分析,结合公民科学素质的相关研究,本文以为成年人科学学习的内容应该包括六个维度的内容:

(1) 应掌握基本的科学知识与技能,以引导健康生活和工作

在一个越来越依赖科学的世界里,每个市民都需要具备基本的科学(和技术)知识和技能。通过对科学知识的掌握,来指导公民日常生活和工作,如掌握基本的生命与健康相关科学知识,能够指导公民正确看待疾病与养生问题,掌握基本的物质与宇宙知识,能够促使公民科学地看待自然与世界,引导公民理智生活,了解国家甚至国际重大工程与技术,能够激发公民的社会责任感,了解科技走向,以促进个人职业技能的发展等。总之,公民应对关系到日常生活和安全、关系到家庭、社区城市和国家的科学技术,有较好的理解。

(2) 应具有自我导向学习的动机、认知与

能力

公民要有自主学习科学的意识与动力,科技与社会的发展日新月异,公民只有不断学习,保持主动获取知识的积极性,才能跟得上社会的脚步。比如,20世纪初,我国的移动通信设备刚刚起步,公民只需要学会使用固定电话拨号,或者移动手机进行简单的通话即可,15年间,信息技术遵循摩尔定律迅速发展,智能手机更新换代频繁,如果不学习就无法使用高科技产品为生活和工作提供便利。除自主学习能力之外,公民应该具备在科学基础之上的自我反思、自我评价和问题解决能力,这体现在对科学知识的选择,公民应该具备根据自己的需求有选择性地进行学习,对于学习到的内容有选择性地吸收,并融会贯通的能力。

(3) 应理解科学的本质、科学方法和科学探究的过程

公民应知晓科学的本质,并熟悉和理解科学方法,如科学是基于证据的,经过了严格的推理,有时也是经验性的等。所谓科学理论中的“科学”也并不是绝对正确的,而是相对的,原有科学理论在被新理论不断取代的过程中逐渐演绎、进化与发展,并不断向真理靠近。整个科学史是一部不断被“证伪”而不是被“证实”的历史。除此之外,公众应该对科学方法有一种操作性、实践性的熟悉和理解,即理解科学探究的过程,并能使用简单的科学方法、思维和逻辑,来处理生活中遇到的问题。

(4) 应树立正确的科学态度和科学伦理观

科学技术与人类文明密切相关,但众所周知科学也是具有两面性的,掌握了越多的科学技术就意味着具备越大的变革能力。哪些变革是对人类有利,哪些变革又是灾难性的呢?这不仅涉及了科学知识,更多的是科学伦理问题。公民应该关注科技对国家对社会的影响,树立正确的科学态度和社会责任感,理性而不偏激地看待科学研究和发展,不一味崇拜科学至上的论调,也不盲目反对新技术而因噎废食。科学是一把双刃剑,运用不当会对公民的日常生活带来干扰,甚至对整个社会的发展带来较大的负面影响。公民也要树立基本的法律

意识,不使用科学侵犯他人的权益,在自己的权益受到侵犯时要拿起法律的武器。

(5) 应了解科学与技术的社会运行机制并积极参与科学决策

公民需了解科学技术的社会建制,即科学技术活动的整个社会组织体制和制度。科学技术的社会建制的确立,意味着科学和技术已成为社会构成中的一个相对独立的社会部门(科研院所、大学、学会、课题组)和职业门类(科学家、工程技术人员、管理人员)。公民需了解科学的社会规范(以公有主义、普遍主义、无私立性、独创性和有条理的怀疑主义),理解科学家从事科学的目的和应受到的社会约束,科学也可以接受有条理的怀疑主义^[42]。在此基础上,公民需了解国家的科技政策、科学活动结构、科学活动规范、知识产权制度、科研组织管理制度等,以便于公民能够了解更多学习科学的渠道,更有目的地学习和运用科学,科学合理地参与国家的科学决策,共同推进科学技术与社会的发展。

(6) 应理解科技创新并具备一定的创新意识

当今社会,科技创新能力成为国家实力最关键的体现。在经济全球化时代,一个国家具有较强的科技创新能力,就能在世界产业分工链条中处于高端位置,就能创造激活国家经济的新产业,就能拥有重要的自主知识产权而引领社会的发展。科技创新包括知识创新、技术创新和现代科技引领的管理创新。由于科学和技术是关于人认知和改造自然的知识,技术还包含着技艺,而且人的参与程度越大、越多,则科学和技术知识的含量、密度和水平就越高,因此李克强将“大众创业,万众创新”作为现阶段经济新常态下的国家战略^[43]。因此公民在具备基本科学素质的基础上,应培养一定的创新意识,共同推进国家自主创新产业的发展,促进经济转型。

3.3 成年人科学学习需要指导大纲的正确引导

正如上文所述,成年人科学学习的对象包括大量未接受高等教育,甚至未完成义务教育的成年人,正规教育中使用的科学课程标准在此已经不完全适用。目前成年人科学学习多依

靠非正式学习途径中的对于科学知识的点滴积累过程,这种方式获得的知识虽然面很广,但知识点过于零散,缺乏系统性,这就迫切需要一个合适的指导大纲对成年人科学学习进行正确指导。结合上文分析,成年人科学学习指导大纲应具备以下几个特点:(1)指导大纲的内容须包含成年人科学学习的基本内容,即上文所述的六个维度;(2)指导大纲的内容必须保证科学性、系统性,以便于给公众最准确的科学指导;(3)指导大纲应区别于公民科学素质基准,由于成年人群体受教育水平和素质水平存在较大差异,指导大纲应尽量做到内容通俗,全民通用;(4)指导大纲不是静止的科学知识,而应该是一个动态的可更新并体现甚至引领时代发展的纲领性文本;(5)指导大纲作为一本基础指南,可以为开发具有人群特色、学科特色和地方特色的科普资源及产品提供规范和引导。

4 结语

在21世纪世界经济大变革的时期,知识将要代替工业资本占据经济发展的主导地位。这就要求公民具备较强的获取知识、运用知识和创造新知识的能力。因此,强调成年人在实践终身学习的过程中重视科学学习,掀起全民科学学习的热潮,提高公民的科学素质迫在眉睫。成年人科学学习需明确学习的内容与目标,需从六个方面进行科学学习,提高自主学习能力。成年人科学学习也应注意学习的环境与获取知识的渠道研究,目前非正式学习成为成年人科学学习的主要途径,但这种学习方式主要的缺点是获取的知识比较零散,这就需要一本针对中国公民科学素质提升任务的学习指导大纲,对成年人的科学学习进行系统、科学、规范的指导,一方面可以作为成年人自学的科普读物,另一方面也可以给科普工作者作为标准参考。

参考文献

[1] 胡源源. 普通高校教师的在职教育研究[D]. 南昌: 江西

师范大学, 2008.

- [2] 王保星. 从终身教育到终身学习[J]. 比较教育研究, 2003, 160(9): 67-71.
- [3] Commission of the European Communities. A Memorandum on Lifelong Learning[R]. Belgium: Brussels, 2000: 3.
- [4] Commission of the European Communities (Directorate-General for Education and Culture & Directorate-General for Employment and Social Affairs). Making a European Area of Lifelong Learning a Reality [R]. Belgium: Brussels, 2001: 9.
- [5] World Bank. Lifelong learning in the Global Economy: Challenges for developing countries[R]. USA: Washington, D. C., 2003: xiii.
- [6] 马东明, 郑勤华, 陈丽. 国际终身学习素养研究综述[J]. 现代远程教育, 2012(1): 3-11.
- [7] 穆肃, 杨帆. 国际视野下终身学习能力的比较研究[J]. 现代远距离教育, 2011(6): 3-8.
- [8] OECD. Definition and selection of competencies: executive summary[R]. Neuch Tel: Swiss Federal Statistical Office, 2005: 10-15.
- [9] Deakin Crick, R., Broadfoot, P. & Claxton, G. Developing an effective lifelong learning inventory: the EL-LI project[J]. Assessment in Education Principles Policy and Practice, 2004, 11(3): 247-272.
- [10] Stringher, C. Learning competence: an Italian exploratory research in elementary schools, in Learning to Learn Network Meeting Report from the 2nd Meeting of the Network[R]. Ispra: CRELL/JRC, 2006: 32-37.
- [11] Kirby, J. R., Knapper, C. & Egnatoff, W. J. Development of a scale to measure lifelong learning[J]. International Journal of Lifelong Education, 2010, 27 (3) : 291-302.
- [12] Huseyin. Lifelong learning competences scale (LLCS): the study of validity and ability[J]. Journal of Education, 2011, 41: 449-460.
- [13] 赖丽珍. 终身学习所需关键学习能力之分析[C]. 中国台湾终身学习年国际终身学习学术研讨会论文集, 1998: 151-172.
- [14] Ai TzuLi & Chia ChiTsai. An indicator system for adult lifelong learning literacy[J]. The Journal of Human Resource and Adult Learning, 2007, 3(1): 61-69.
- [15] 钟志贤, 王水平, 邱婷. 终身学习能力: 关联主义视角[J]. 中国远程教育, 2009, (4): 34-38.
- [16] 杨帆, 穆肃. 终身学习能力构成及能力项关系的研究[J]. 开放教育研究, 2011, 17(3): 81-88.
- [17] 高宏斌. 第八次中国公民科学素养调查结果发布[J]. 中国科学基金, 2010(1): 63-64.

- [18] Hurd, D H. Science Literacy: Its meaning for American schools[J]. Educational Leadership. 1958, 16(1): 13-16.
- [19] Shen, B S P. Scientific literacy and the public understanding of science [A]. Day, S. ed. Communication of Scientific information [M]. Basel: Karger, 1975, 44-52.
- [20] John. D. Miller. Scientific literacy: A conceptual and empirical preview [J]. Daedalus, 1983(2): 29-48.
- [21] 美国科学促进协会. 面向全体美国人的科学[M]. 北京: 科学普及出版社, 2001.
- [22] 纳兰德·K. 塞加尔. 提高科学文化素养. 1999. 见: 全民科学素质行动计划制定工作参考文献, 2003(2): 119, 121, 128-129.
- [23] 美国科学促进协会. 科学素养的基准 [M]. 北京: 科学普及出版社, 2001.
- [24] National Research Council. A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas [M]. Washington, D.C. : The National Academies Press. 2012.
- [25] National Research Council. Next generation science standards: for states, by states[M]. Washington, D.C. : The National Academies Press. 2013.
- [26] National Research Council. Guide to implementing the next generation science standards[M]. Washington, D.C. : The National Academies Press. 2015.
- [27] Heather L. Ainsworth, Sarah Elaine Eaton. Formal, non-formal and informal learning in the science[R]. Calgary: Onate Press, 2010: 13-35.
- [28] OECD. Terms, concepts and models for analysing the value of recognition programmes [DB/OL]. [2015-04-11]. <http://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/41834711.pdf>.
- [29] Colin Latchem. Informal learning and non-formal education for development[J]. Journal of Learning for Development-JL4D, 2014, 1(1): 18-22.
- [30] 刘文利. 科学教育的重要途径——非正规学习[J]. 教育科学, 2007(2): 41-44.
- [31] 黄富顺. 台湾地区非正规学习成就的实施与展望[J]. 成人教育, 2009(1): 9-14.
- [32] 张宝辉. 非正式科学学习研究的最新进展及对我国科学教育的启示[J]. 全球教育展望, 2010(9): 90-92.
- [33] David. W. Adults' informal learning: definitions, findings, gaps and future research[R]. New Approaches to Lifelong Learning Working Paper, 2001(21): 15-32.
- [34] Marsick V. and Watkins K. Informal and incidental learning[J]. S. B. Merriam ed. The new update on adult learning theory. New Directions for Adult and Continuing Education, 2001(89): 25-34.
- [35] Bell, P. Bruce. Lewenstein, Andrew W. Shouse, and Michael A. Feder. Learning science in informal environments: people, place, and pursuits[M]. Washington, D. C.: The National Academies Press. 2009.
- [36] Joseph L. Polman., Informal learning across sites and disciplines: what do we know, where do we need to go, in informal learning environments that build connections to local communities while engaging citizens [R]. Symposium Presented at the Annual Conference of the American Educational Research Association, 2011, New Orleans, Louisiana.
- [37] Renninger, K.S. Interest and motivation in informal science learning[DB/OL].[2015-4-18].
- [38] http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbasse/ documents/webpage/dbasse_080085.pdf.
- [39] 钟柏昌, 张丽芳. 美国 STEM 教育变革中“变革方程”的作用及其启示[J]. 中国电化教育, 2014(4): 18-24.
- [40] 傅骞, 王慈晓. 当创客遇上 STEAM 教育[J]. 现代教育技术, 2014, 24(10): 37-42.
- [41] 张远秀. HPS 教育对科学教育的作用探析[J]. 现代企业教育, 2014(12): 297-298.
- [42] 顾昕. 科学的社会结构与社会运行机制[J]. 自然辩证法研究, 1988, 4(4): 17-28.
- [43] 代红延. 科技创新[DB/OL]. 中国城市低碳经济网, [2015-04-24] http://www.cusdnorg.cn/news_detail.php?id=219308.

(编辑 王奕琳)