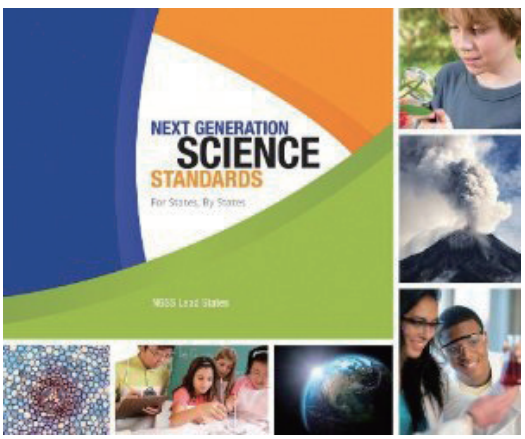
从 NGSS 解读美国科学教育的新观点

文 _ 叶兆宁 / 东南大学学习科学研究中心



2013 年 4 月，美国《新一代科学教育标准》（简称 NGSS）终于完成了修订，公开发布于官方网站上（NGSS 的正式出版物将于 2013 年秋问世——作者注）。在美国第一个国家科学教育标准执行 17 年后，世界格局的变化、国际国内的教育形势，以及教育理论的变革迫使美国科学教育不断反思、向前发展，以适应社会的快速进步。1989 年来美国科学教育领域的一系列研究（详见附表 1）不仅诞生了全世界第 1 个国家科学教育标准，也使 NGSS 的发布水到渠成。

正如 17 年前，《科学素养的基准》和《科学教育标准》的相继问世一样，先有《K—12 年级科学教育框架》（以下简称《框架》）再出台 NGSS，这是美国修订其科学教育标准的两个核心步骤。《框架》中以概念描述的方式明确规定了 K—12 年级学生应该学习的具体内容，而 NGSS 则以贯穿学科和年级的组织方式，给出更为具体和详实的内容和实践指导，两个文献相辅相成。

本文中“新观点”的更准确提法应为“转变的观点”。仔细阅读附表 1，不难发现其中的一系列文件显示出美国科学教育研究的连贯与继承、变化与发展。因此在《框架》和 NGSS 中，都清晰地表述出当今美国在科学教育思想和方法上观点的转变，并在 NGSS 的附录 A 中总结为以下 7 点：

（1）K—12 年级的科学教育应反映出科学内在关联的本质。

（2）NGSS 的内容是学生的预期表现，而非课程。

（3）NGSS 中的科学概念需要从幼儿园到 12 年级连贯地建构。

（4）NGSS 中不仅关注对内容的深入理解，也关注对内容运用的深入理解。

（5）从幼儿园到 12 年级，科学和工程应集成在 NGSS 中。

（6）NGSS 为将要升入大学、就业和成为公民的学生而设计。

（7）NGSS 要与通用核心内容标准（Common Core State Standards（English Language Arts and Mathematics）英语、艺术与数学）相对应。

本文将逐一对其进行分析，以窥美国科学教育的发展方向和趋势。

观点之一：K—12 年级的科学教育应反映出科学内在关联的本质

正如在真实世界中人们所实践和经历的科学一样，K—12 年级的科学教育应当反映出科学内在关联的本质，这是 NGSS 中首要提及的需要转变的观点。

科学内在关联的本质体现在《框架》和 NGSS 中反复强调的 3 个维度，即科学与工程实践（science and engineering practice）、跨学科概念（crosscutting concepts），以及学科核心概念（disciplinary core ideas）。《框架》中曾指出：《框架》的设计是为了帮助实现一种

科学与工程教育的构想，即学生通过在校期间多年的学习，积极参与科学与工程实践、运用跨领域概念，以加深他们对这些领域核心概念的理解。并指出3个维度就像1根绳索中缠结在一起的3股，应将其看作一个有机结合的系统。

鉴于21世纪科学与工程的重要性，当学生面对科学知识时，需要能意识到要结合情境理解，如科学知识如何获得和运用、科学如何和一系列概念联系起来，以帮助人们深入了解周围的世界。因此，学生的学习成果应包括学生将内容知识运用于实践的能力。实践成为学生联系科学知识和实际的桥梁，也成为建构和使用核心概念的过程。《框架》和NGSS中在设计K—12年级的学习要求时都充分考虑了科学教育中如何将知识与实践相互融合，以体现科学内在关联的本质。反复强调3个维度的关联，并在内容标准中着重体现出来，这点与以往的标准相比，有着非比寻常的意义和教育价值取向。

观点之二：NGSS的内容是学生的预期表现，而非课程

不同于1995年美国课程标准中的表述，用预期表现（performance expectations，关于预期表现的详细内容参见本期专题文章《NGSS中的新模式——预期成果》——编者注）作为NGSS的主要内容，并以贯穿学科和年级的相关主题的组织方式呈现，这是NGSS特有的表达模式，也体现了美国科学教育观点的一种转变。

预期表现是可评估的陈述，说明了学生应知道的和能做的。在附表1中的相关文献中，最早提及预期表现的是由国家评估理事会（National Assessment Governing Board）和美国教育部（U.S. Department of Education）于2008年发布的《2009年国家教育进展评估框架——“科学”》。在这篇文献中定义了4个科学实践，即识别科学原理（Identifying Science Principles）、运用科学原理（Using Science Principles）、运用科学探究（Using Scientific Inquiry）、运用技术设计（Using Technological Design）。并指出这些科学实践可以与科学内容结合起来发展学生的预期成果，而这些预期成果正式发展评测条目的基础。因为评测更关注的是学生的理解，而非记忆，同时科学实践也不是脱离内容的技能，因此无论是对知识、还是技能的评测都需要关注学生如何使用科学知识参与和组织科学实践，即学生如何在科学实践中反映他们对知识、技能的理解和运用。

NGSS不仅发展了科学实践，而且沿用了这种方式将其强调的科学与工程实践、学科核心概念、跨领域概念和评测结合在一起，通过“预期成果”对期望学生能知道的和能做到的进行了描述，且这些描述是可观察、可评测的，以提高标准执行的可操作性，同时与国家评测的要求相一致。

观点之三：NGSS中的科学概念需要从幼儿园到12年级连贯地建构

科学教育标准关注从幼儿园到高中毕业整个阶段的学习（详细内容参见本期专题文章《学习进程与NGSS》——编者注），这似乎是1995年美国科学教育标准中已经呈现的观念和趋势。其实，这一观点转变的核心并不在于年级跨度，而在于“科学概念”和“连贯建构”两个关键词上。这两个关键词的含义体现在以下两个方面。

1．科学概念的选择是有重点、有“优先权”的，且是少数的

从《框架》到NGSS中在学科领域上都选择了物质科学（physical sciences）、生命科学（life sciences）、地球与空间科学（earth and space sciences），以及工程、技术和科学应用（engineering，technology，and applications of science）4个主要领域组织学科概念，并在其中选择少数最为核心的概念展开教学。国际科学院组织（国际科学院组织（InterAcademy Panel，IAP），成立于1993年，共有全世界106个国家的科学院参加，旨在通过各成员科学院间的合作与交流，研究一些重要的国际科技问题，并为决策者的政策制定提供科学依据——作者注）科学教育项目组的专著《科学教育的原则和大概念》中清晰地解释了为何要在K—12年级的科学教育中关注核心科学概念，亦或称为大概念（big ideas）。任何科学领域中都包括很多概念，教学应以哪些能帮助学生理解该领域的重要特征以及对学生终身学习有益的概念为主，而不是对所有科学概念面面俱到。《框架》中也持有同样的观点，并指出这些学科核心概念

应能部分或全部满足以下条件：

● 在跨越多个科学或工程学科间明显重要的概念或是单一学科中的关键性原理；

● 能为理解或研究更复杂的概念和解决问题提供关键工具的概念；

● 与学生的兴趣和生活经验相关的概念，或是与需要科学或技术知识解决的社会或个人关心的事件相联系的概念；

● 在深度和复杂度水平逐渐增长的各个年级都必须具备可教性和可学性概念。也就是说，这个概念对低年级学生来说是可以学习的，并且该概念具有能维持多年持续调查探索的广度。

因此，NGSS 中呈现的学科核心概念在数量上少于之前的《科学素养的基准》和《国家科学教育标准》中所包括的，以体现出“1 英寸宽，1 英里深”的教育思想。

2．K—12 年级的连贯建构体现出对科学教育中对学习进程的关注、研究和运用

学习进程（learning progression）是 21 世纪以来科学教育研究的热点问题，它是基于教学经验和研究而形成的对学生学习前进方向的可测试预设。这些预设说明了学生在掌握主要核心概念的进程中的普遍规律和路径。

基于此，《框架》的指导性原则之一就是“理解随着时间发展”，并指出：

要对世界的科学解释形成透彻的理解，学生需要有数年而不是几个星期或几个月时间的持续的机会学习、建构基本概念以及体会这些概念之间的相互联系。这种意义上的发展在学习进程的思路中已经被概念化。如果教育的最终目标是掌握科学学科的核心概念，那么精心设计的学习进程为达到该目标提供了一个可以采取的路线图。这样的学习进程不仅描述了学生对概念的认知是如何日趋成熟的，也描述了学生取得进步所需的教学支撑和经验。

因此，NGSS 中体现出的教育的连续性和一致性已不再是空洞的理念和思想，而是落实到具体学习内容、技能培养的过程和细节中。这不仅是观念上的转变，也是科学教育教学策略和方法的进一步变革。

观点之四：NGSS 中不仅关注对内容的深入理解，也关注对内容运用的深入理解

早在 20 世纪 80 年代，认知科学教就已发现，当学生学习深层知识（deep knowledge）并且清楚在真实世界和实际情况中如何运用这些知识时，知识会在学生头脑中保持得更持久，他们也能够将这些知识运用到更广泛的情境中。同时，对众多领域中专家与新手比较的相关研究结果表明：专家了解其领域的核心原则和理论结构，并且利用他们理解新知识或解决新问题；相反，新手倾向于将不连贯的甚至相互矛盾的知识片段视为孤立的实施，并努力寻找一种方式组织和整合它们。因此，当人们认识到知识的建构性、情境性、复杂性和默会性的时候，也认识到对知识的深入理解与了解其运用的密切相关，无法迁移的知识并不是真正掌握和理解的知识。

《框架》和 NGSS 中都以核心概念的方式给出了一整套各学科领域的概念，同时给出科学与工程的实践。在 NGSS 的预期成果中，则将各领域的概念、实践和跨领域的概念结合在一起，这些概念和能力需要学生在高中毕业时应能掌握和达成。因此，对于教师、课程及评测开发者而言，关注的是核心概念，关注的是与核心概念建构相关的实践和运用、理解和迁移。也就是说，核心概念的提出，能够提供一个获取新知识的组织结构，理解这些核心概念并进行科学与工程实践有助于学生今后在高中、大学及大学以后的阶段培养学生更广泛的认知和进行更深层次的科学与工程调查研究。

观点之五：从幼儿园到 12 年级，科学和工程应集成在 NGSS 中

将技术和工程整合到科学课程标准中的思想并不是新的思想，在 1989 年的《为了全体美国人的科学》、1993 年和 2008 年的《科学素养的基准》，以及 1996 年的《国家科学教育标准》中都包含有科学与技术的内容。尽管有这个多年的努力，在科学课程、评测及科学教师职前教育中，工程、技术与科学内容相比，仍然没有得到同等程度的关注。

NGSS 中一个完全不同的观点是：通过在所有年级、所有领域的课堂教学中把工程设计与科学探究视为同等重要，并且在每类主题情境中，与其他学科一样给出工程和技术的核心概念两种方式将工程和技术有机地整合到科学教育体系和结构中。

《框架》中指出世界上主要的挑战需要科学与工程解决，例如清洁能源的效率，预防和治疗疾病，维持事物供给和水源清洁，以及解决由于全球环境变化使社会面临的问题。与此同时，工程和技术给学生提供了通过运用他们正在发展的科学知识解决实际问题的过程深化他们对科学的理解。因此，与原有的《国家科学教育标准》相比，更加鲜明地强调了将功能与技术有机地结合到科学课程中，并指出其作用应与科学同等重要。

观点之六：NGSS 为将要升入大学、就业和成为公民的学生而设计

20 世纪以来，科学技术的迅速发展带来了社会、经济和文化的迅速变化，新的科学发现、技术突破及重大创新不断涌现。科学技术促进了生产力的发展，为人类在更大范围、更深层次上认识并合理利用自然提供了可能，同时也促进了人类在生产方式、生活方式和思维方式上的变革。

毋庸置疑，科学和科学教育已成为当今所有美国人生活的中心。因为以往的世界从没有像现在这样复杂，这种复杂性使得科学知识对于理解整个世界至关重要。当人们需要理解当前事件、选择和使用技术、或在卫生保健问题上做出非正式决策的时候，理解科学是关键所在。同时，科学也是美国持续改革、领导和创造未来工作的国家能力的中心。对于所有学生，无论他们的未来教育和职业路径是怎样的，都必须为将要升入大学、就业和成为公民而在 K—12 年级阶段经历牢固的科学教育。换言之，科学教育的设计必须为他们的将来做好准备。

观点之七：NGSS 要与英语、数学通用核心内容标准相对应

NGSS 发布之际正是《英语和数学通用核心内容标准》（CCSS）实施之际，这给科学成为儿童综合教育（comprehensive education）的一部分成为可能，也是的 NGSS 在内容和要求上呈现出与 CCSS 相互对照的特点。这种对照不仅确保了所有内容领域学习的系统性，也使得它成为 NGSS 尤其与众不同之处。

NGSS 的附录 A 中，以上述 7 条阐述其在科学教育观点上的变化，包括涉及科学课程本身、科学与工程技术，以及科学与数学和语言学科等方面。NGSS 不仅关注核心概念，关注实践，关注科学、技术、工程与数学，更关注理解、运用、和各维度的整合。其实这些变化并非突变，在 2007 年的《将科学带进学校》一书问世以来，美国的科学教育已经进入一个反思过去、将科学研究带入科学教育、用实证科学研究指导教育政策和教学实施的时代。

参考文献

[1] www.nextgenscience.org（美国新一代科学教育标准官方网站）

[2] A Framework for K—12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas, National Research Council, 2012

[3] Science Framework for the 2009 National Assessment of Educational Progress, National Assessment Governing Board, U.S. Department of Education,2008

[4] Wynne Harlen, Principles and big ideas of science education, Association for Science Education, Great Britain by Ashford Colour Press Ltd., 2010

附表 1　美国 NGSS 的研究背景

年份	文献
1989	Science for all Americans, AAAS
1992	Content core/Scope, Sequence, and Coordination of National Science Education Content Standards, NSTA
1993	Benchmarks for Science Literacy, AAAS
1996	National Science Education Standards, National Research Council, NRC
1998	Blueprints for Reform, AAAS
1999	Designing Mathematics and Science Curriculum Programs, NRC
1999	Selecting Instructional Materials: A Guide for K—12 Science, NRC
2000	Inquiry and the National Science Education Standard, NRC
2001	Designs for Science Literacy, AAAS
2001	Classroom Assessment and the National Science Education Standards, NRC
2001	Atlas for Science Literacy, Volume 1, AAAS
2005	Systems for State Science Assessment, NRC
2007	Atlas for Science Literacy, Volume 2, AAAS
2007	Taking Science to School, NRC
2007	Rising Above the Gathering Storm, NRC
2008	Science Framework for the 2009 NWEP, National Assessment Governing Board
2009	College Board Standards for College Success: Science, College Board
2009	Opportunity Equation, Commission on Mathematics and Science Education
2009	Learning Science in Informal Environments, NRC
2011	Rising Above the Gathering Storm Revisited, NRC
2011	Framework for K—12 Science Education, NRC
2013	Next Generation Science Standard, Achieve