

实践、跨领域的概念和核心概念

——美国《K-12 科学教育框架》介绍

文 | 周建中 / 中国科协“做中学”科学教育改革实验项目教学中心（东南大学）

2011 年 7 月，美国国家研究理事会正式发布了《K-12 科学教育框架——实践、跨领域的概念和核心概念》（以下简称“《框架》”）。这一《框架》由科学教育标准（K-12）框架制订委员会历时 18 个月完成。该委员会是由美国国家研究理事会遴选的来自自然科学、数学、工程学、认知发展心理学、学习科学、教育政策与执行、科学课堂教学研究和科学教育实践等领域的 18 位专家组成。《框架》明确提出了学生需要学习和参与的核心概念和实践活动，是为美国新的《国家科学教育标准》的制订而开展的前期工作。计划于 2012 年秋发布的美国《国家科学教育标准》将以这个《框架》为基础。

《框架》的制订和评审过程严格而细致，先后有 400 多位教育专家和科学家参与到不同阶段的制订工作中。框架制订委员会的 18 位教育专家 and 不同学科领域的科学家，在他们的专业知识、关于学生如何学习科学的最新研究以及先前的各种标准文件基础上，在生命科学、物理科学、地球与空间科学、工程技术与科学的应用 4 个学科领域的专家团队的指导下，开发了《框架》草案，并于 2010 年夏天发布。该草案广泛征求了科学家、科学教育工作者、教育研究人员和其他科学教育相关人员的意见。美国科学教师协会（NSTA）、美国科学促进会（AAAS）、美国国务院科学顾问团和一些特定研究团队帮助收集他们各自成员的反馈，然后总结各种意见对草案进行修订。同时为了确保《框架》的质量，国家研究理事会在保密状态下进行了密集的同行评议。超过 20 位专家提出了审阅意见，并最终形成这个正式由美国科学院出版社出版的版本。

基于对已知的科学学习本质的理解，K-12 科学教育框架的结构和内容制订基于以下几个指导性原则：儿童是天生的研究者；关注核心概念和实践；对科学的理解随时间而加深；科学和工程既需要知识，也需要实践；科学教育与学生兴趣和经验的结合；教育公平性的提升。其中，“关注核心概念和实践”是经过广泛讨论后在《框架》草案的基础上新增加的一条指导原则。这条原则的增加是基于新的神经教育学的研究成果，力图帮助学生将不连贯的知识片段组织和整合起来形成核心概念，培养学生建构更灵活、更连贯及更广泛的科学认知和实践能力。

《框架》的具体内容分为 3 个维度：科学与工程的设计（从事科学探究和工程设计的实践）、跨领域的概念（在科学与工程领域中通用的、统一的跨领域的概念）、科学学科内的核心概念（物质科学、生命科学、地球与空间科学，以及工程、技术和科学的应用）。为了支持学生的学习，这 3 个维度的内容都需要整合到标准、课程、教学指导和评测当中。当学生在学习具体的科学概念时，需要通过科学实践来进行探究（科学）和设计（工程），而不仅仅是学习知识，需要进行更深入的科学实践操作，同时还必须帮助学生逐渐建构那些跨领域的概念。

在科学与工程实践部分，《框架》用“实践”这个词代替“技能”，是为了强调进行科学研究不仅需要每个实践中特有的技能而且也需要相关的知识，避免将科学实践简化为一套单一的程序，如：识别和控制变量、实体分类等，这并不

利于发展学生进一步理解概念和科学的方法。《框架》中对实践（如模仿、形成解释、参与辩论与评价）的反复强调是为了形成这样一种观点，即应该通过探究过程来学习科学。这个部分的主要内容来自于：①当科学家研究和建构有关世界的概念、模型和理论时使用的主要实践方法；②当工程师设计和构建系统时使用的重要的工程技术实践。《框架》中给出了K-12年级科学课堂中需要学习的8种基本实践：

- ◆ 提出科学问题，明确工程难题；
- ◆ 建立和使用模型；
- ◆ 设计和实施调查研究；
- ◆ 分析和解释数据；
- ◆ 利用数学、信息与计算机技术和计算思维能力；
- ◆ 建构科学的解释，设计工程解决方案；
- ◆ 基于证据的辩论；
- ◆ 获得、评估和交流信息。

《框架》反复强调，这些实践活动必须在K-12整个学段与核心科学概念的学习和应用紧密结合，尤其是通过科学探究和工程设计活动，在提出问题和明确难题、分析和解释数据以及建构解释和方案设计等环节加深学生对科学的理解。

在科学、数学和技术领域始终贯穿着一些重要的概念，这些超出于学科界限的跨领域的概念反复出现在、并适用于科学和工程中的所有领域，能有效地用于说明事物、创造理论、观察和设计。在《框架》中详细论述了贯穿科学与工程学科的7个跨领域的概念，它们可以帮助学生将很多学科知识与一个统一的、科学的世界联系起来。学生通过对各个领域内的核心概念的反复学习，来加深对这些跨领域的概念的理解。这些跨领域的概念分别是：①模式；②因果关系；③尺度、比例和数量；④系统和系统模型；⑤能量和物质；⑥结构和功能；⑦稳定性和变化。

由于科学的发展，教师无法在K-12年级详细地向学生教授与特定学科相关的所有知识。科学教育的一个重要目标不是为了教“事实”，而是为了让学生准备足够的核心概念，以便今后他们自己能够获得更多的信息，继续得到很好的发展。《框架》制订委员会通过应用下面列出的标准选定了科学和工程中的有限的核心概念：

- ◆ 对于多个科学或工程学科来说都是非常重要的或者是某一学科的关键组成成分；
- ◆ 为理解和研究更为复杂的概念和解决问题提供重要工具；
- ◆ 结合学生的兴趣和生活经验，或者结合需要利用科学或技术知识来理解的社会或个人关注的内容；
- ◆ 在深度和复杂度水平日趋增长的各个年级都能够开

展的教和学的内容。就是说，这些概念对于年幼的学生来说也可以学习，但在广度上也足够在各个年级不断进行探究。

这些核心概念来自于物质科学、生命科学、地球与空间科学，以及工程、技术和科学的应用领域，每一个核心概念都需要教师和学生有充分的时间进行深入的探究以达到理解的程度。《框架》对核心概念的呈现采用了学习进程（learning progression）的形式，强调在K-12年级以一种连贯的方式培养学生的科学能力，并符合学习进程的逻辑性。《框架》提供了每一个核心概念的详细说明，并分解出核心概念的主要组成部分，同时给出了到2、5、8、12年级结束时，学生对每个概念应掌握的程度。

《框架》建构的核心理念就是“学习是一个连续性发展的进程”。《框架》设计的目的是帮助孩子们持续性地建构和完善他们的知识和能力，从他们对周边环境的兴趣和对世界运行的最初想法开始。《框架》的结构聚焦于有限的科学和工程领域内和跨领域的核心概念，避免提供大量浅显的主题，从而为教师和学生更深入地探索每一个概念时提供更多的时间。细节数量上的减少也是为了给学生多些时间去参与到科学调查和讨论当中，从而实现了对核心概念更深入的理解。

《框架》强调，对科学和工程的学习包括整合科学解释的知识（如内容知识）和用于科学探究与工程设计的实践，必须在K-12阶段的科学教育中将知识和实践相互整合在科学课程的教学设计和教学活动中；强调科学实践，尤其是语言和数学等多学科对科学教学的支持。

通过这个《框架》，我们可以更好地了解美国所有完成高中学业前学生应该学习的内容及其学习进程序列，但是还无法了解到各年级层次的详细程度，以及高中水平的课程描述和标准。这份《框架》作为一份指南适用于标准开发者，也适用于课程设计者、评估开发者、国家和地区科学教育官员、从事科学教育教学的专业人员以及在非正规环境下的科学教育工作者。《框架》还需要融入到科学教育标准中，融入到教师培训、课程与评测资源的开发中，才能真正对教学实践带来深入的影响。

“对于孩子是如何学习的，以及如何创建支持科学学习的环境等方面，我们已经积累了很多的知识，现在是一个去发生改变的时机”，Brian J. Reiser（《框架》制订委员会成员，美国西北大学学习科学教授）这样说，“研究提供了这种可能性，并帮助我们清晰地看到有效的科学教育应该怎样做！”

正如美国科学教师协会在其官方声明中所说：这份《框架》将对科学教育带来转型性的变化，迈出了《美国科学教育标准》（1996）和《科学素养的基准》（1993）之后美国科学教育史上最重大、最有前途的一步。■