

[脑科学与科学教育]

为什么需要围绕大概念和模型来组织科学教学

文_韦 钰

韦钰，电子学专家，教育家，中国工程院院士，中国少数民族教育学会理事长，中国电子学会副理事长。曾任教育部副部长，中国科协副主席。



科学研究作为一项重要的社会实践活动是一条连绵不断的、始终充满活力的长河，但是它的发展不是渐进改良式的，而是会间或出现激进的飞跃式的变革阶段，有的科学概念的建立会给科学的发展带来革命性的变革，从而引起科学研究范式的转移。这是上世纪60年代学者库姆(Thomas S.Kuhn)在他所撰写的《科学革命的结构》一书中提出来的观点，并且成为学界的共识。

诺贝尔物理学奖的获得者费曼(Richard Phillips Feynman)说过：“如果发生一场大灾难，所有的科学知识都将被毁灭，只允许留下一句话给后代，如何能以最少的字句传递最重要的信息呢？我相信应该是有关原子的假定：所有的物质都是由原子组成的，这种小的微粒处于永恒的运动之中，它们相距不远时，相互吸引；而当一者被塞入另一者之中时，相互排斥。”

可见概念作为组织起来的科学知识，它们是有层次的。也就是说，有一些概念能够解释的客观现象较少，可以称它们为较小的概念；有的则更为抽象，建立在较小的概念之上，往往可以解释更多的客观现象，这些就是较大的概念。科学概念中有一些概念要比另一些概念能够解释更多的自然现象、甚至跨领域的自然现象。在人类的历史上这些科学概念的建立也给科学的发展和人类社会的进步带来更大的影响。

我们需要选择一些重要的概念来进行学习也是实施探究式科学教育所必需的。学习同样的内容，与用传统讲授的方法相比，探究式科学教育需要的学习时间要长，这就需要学习内容更为集中。特别是在科学知识爆炸性增长的今天，提高综合解决问题能力的途径不是简单地扩展学习知识的内容，而是要把知识组织得更为合理，学少一点，学得深一点。美国调查了8130个学生的学习成绩，证明需要围绕核心概念学得少一点、深一点，这样做比学得宽一点，浅一点要好¹。因此美国现在已经公布了高中生毕业时，能够进入更高一级学习时应该掌握的语文、数学等核心概念，科学的核心概念也将在日后不久进行公布。

◎ 来自学习科学研究的支持

近30年来有关学习科学的研究，使我们了解了人们是怎样学习的、怎样能够理解和掌握一些概念的，得出了一些十分重要的结论。为什么专家要比生手善

	感知	直觉决策系统	推理决策系统
过程		快速、平行、自动、联想、不可刻意追求、习得不易	慢速、序列、可控需要努力、有规则可循、有灵活性
内容	感知 当前的刺激 受刺激约束	概念的呈现 涉及过去、现在、未来 可由语言诱发	

图 1 人的决策系统

于解决问题呢？就他们的知识结构来看，有以下三方面的原因：①专家具有他们所熟悉领域的知识，而且能够把这些知识和周围的世界相联系；②他们所具有的知识是有组织的，也就是说有清晰的概念和表达概念之间联系的模型；③他们对自己的认知过程能够监测，具有反思和元认知的能力。

2002 年“诺贝尔经济学奖”获得者，普林斯顿大学的卡纳曼（Daniel Kahneman）教授毕生从事有关人决策行为的研究²。他得到这样的结论：人有两类决策系统，第一类决策系统是直觉决策系统，第二类是推理决策系统（图 1）。直觉决策系统又分成两种：一种依靠当时的直接的感知来形成判断。例如儿童在作判断时，常常使用的是这种决策方式。儿童会凭借第一眼的印象，说：你是坏人或是好人。情侣“一见钟情”作出的抉择常常会凭直觉像儿童那样作判断。在依靠直觉来进行决策的另一种情况是需要建立在已经获得的概念和模型之上，也就是需要有了相应领域的知识积累以后，在一种激情，或是特别沉浸的情绪状态下，依靠直觉来进行决策。这种类型的决策过程是快速的、平行和自动的处理过程，常常需要启动联想思维，而不需要有意识的搜寻。这个过程通常是不明晰的。这种直觉的决策过程需要建构在已经获得的概念和模型之上。经过长期的学习和经验积累，专家判断他熟悉的专业问题时常常会启

动这种直觉的决策过程。创新的思维也是一种直觉的思维过程，有时也称之为灵感。灵感是不常出现的，而且是不能预期的，它不能刻意追求，也不能依靠简单的训练而获得。另一类依靠推理判断来决策的过程是一个较慢的、串联的、可控的、费力的、有规则可循的过程。这个过程是可以训练的，也就是我们通常的学习概念和模型的过程。这两类的决策过程也会在解决问题时交替出现。但是，不管是直觉的决策还是推理判断的决策，只要不是类似于儿童的、依靠当时的感知信息进行快速判断的话，掌握概念和建立模型都是决策必要的基础。学什么概念，如何建立模型必然会影响到决策判断能力和创新能力。

认知科学家研究了专业棋手和不是专业棋手在记忆棋谱能力上的区别。如果是正规的棋谱，专业棋手的记忆能力明显比非专业人士要好得多。但是对杂乱摆设的棋子，专业棋手和普通人的记忆能力没有明显的差别。说明专业棋手之所以成为专才，是因为他们在训练过程中形成了一些记忆的模式。这些模型在他们竞赛作决策时是起作用的。

2011 年美国《科学》杂志上刊登了日本科学家的一个十分有趣的研究结果。他们利用功能核磁共振成像，对日本将棋（Shogi）的专业棋手与业余棋手下棋过程中的决策行为进行了研究³。他们比较了两类人，即专业选手和业余人士在下棋过程中作决策时的脑激活区

域。得到的结果表明，专业选手和业余选手在看棋谱和做出下一步棋子移动抉择时，脑激活的区域是不同的。专业选手在作快速决策时，激活的脑区是位于边缘系统中的基底核。基底核所保存的记忆是非陈述性记忆，它需要经过模仿、学习和积累经验的过程才能形成。说明专业选手在作快速决策时利用了一种当时不需要意识控制的直觉的决策过程，依靠的是他们经过长期训练而习得的有关棋谱的某种模型，决策的正确度和速度与所训练的已经掌握的棋谱知识有关。而业余选手激活的脑区则十分分散，他们需要启动前额皮层的工作记忆区，而且是否熟悉所见到的棋谱会影响他们的自信，从而影响取得的效果。这项研究对学习专业知识需要围绕概念和模型来进行，提供了有力的实证支持。

本文摘自韦钰院士的论文《科学课程要围绕重要的科学概念和模型组织教学》，有删改。

参考文献

[1] Schwartz et al. Depth versus breadth: How content coverage in high school science courses relates to later success in college science coursework. Science Education, 2008; n/a DOI: 10.1002/sce.20328

[2] Daniel Kahneman, Maps of Bounded Rationality a Perspective on Intuitive Judgment and Choice, Nobel Price Lecture, December 8 2002

[3] Xiaohong Wan et al., The Neural Basis of Intuitive Best Next-Move Generation in Board Game Exp, 341 (2011); 331 Science DOI: 10.1126/science.1194732 ■



全民科学素质行动
科学教育专栏