



Views & Comments

通过介科学关联“微”与“宏”

Raffaella Ocone

School of Engineering and Physical Sciences, Heriot-Watt University, Edinburgh EH14 4AS, UK

20世纪90年代，笔者受邀对中国科学院的李静海教授和郭慕孙教授的文章进行评审，其中阐述了能量最小多尺度（EMMS）的概念。EMMS理论在各种会议上已被充分讨论过，该理论也是李的博士论文的研究对象。当时看到这篇文章，我的第一印象就是这是一个很有意思的概念，但也不过是一个阐述考究的学术精品而已。该理论阐述严谨，但我当时绝未想到这样一个理论会有巨大的实际作用。大约20年后，我必须承认我当时错了：EMMS发展壮大。李及其团队甚至能够将其应用于工业界，并且证明了该理论具有普遍性，这使其可用于各种场合，因此能够服务于不同的技术领域，如软件开发和虚拟过程工程。

介尺度只是一个基本概念，李呼吁的是发展“介科学”——一种组织科学知识的新方法。这是一个宏大的（革命性的）论断，正如李近来在本刊中所强调的那样[1]。《从多尺度建模到介科学》一书[2]是李及其合作者30年来的工作总结，该书很好地说明了介科学的重要性，EMMS范式也基于此。该书清晰地解释了我们在工程中观察到的现象为什么是“竞争中的协调”原理的结果，最近对此又做了综述[3]。李的工作表明介尺度不仅是工程学的特征，也是很多其他科学领域的特征。

知识界的大量努力旨在采取自下而上的方法来提供证据和理论，以便“重组”它们的单元，从而获得对整个系统的合理描述。有些小尺度理论确实是独立存在的，因为它们没有可以进行测试的宏观唯象理论背景。

所有科学面临的挑战是获得对复杂系统的准确、完整的描述。实验技术的进步已使揭示诸如玻色子等不可见粒子的存在成为可能，这极大地帮助科学家将复杂系统分解成单元，目前的挑战就在于重构和重组这些基本单元。例如，统计理论代表了一条可能的重组路线；然而，它们当然不是唯一可能的方案。需要强调的是，有些概念比我们过去认为的更加普遍，这些概念可以应用于不同的领域和不同的层次（这里值得一提的是，Kauffman[4]设想过一种统计力学的新形式，在这种形式下，单元不是粒子而是系统）。尽管如此，系统比它们所可能展现的要复杂得多：当处理复杂系统，表达行为复杂性时，会发现存在多个层次的组织结构——层次是不容忽视的。

“重组”复杂系统的挑战意味着能够根据其微单元来解释系统的“宏表现”。不经过介于“小”（即微尺度）和“大”（即宏观尺度）的中间尺度——介尺度，这种“重组”是不可能的。正如李所清楚阐述的那样，介尺度是研究许多现象的难点所在，导致我们对工程应用中所观察到的所有宏观现象的行为认识不足。研究复杂系统时，众多的研究方法大致可分为两种极端情况。例如，在其一端，人们可以找到诸如Maxwell和Boltzmann理论，这些理论有力地证明了分子的存在。通过将气体理论与机械系统类比，Boltzmann认为物体确实由非常小的粒子组成。相反，在另一端，自下而上的努力力图“重组”单元，获得对整体的合理描述。

下一个问题是用简化的或降低复杂性的方式来表达

的问题。李精确地表达为“竞争中的协调”。

李的文章是呼吁一种对待知识的多学科方法。统一学习一直是科学家共同的梦想。“爱奥尼亚式迷情”（由物理学家和历史学家Gerald Holton提出的表达）是对科学统一的信仰：即世界是由一些自然法则组织起来的，并可由这些法则来解释。Einstein在给他的朋友Marcel Grossmann的一封信中说：“从那些直接看来似乎是完全不同的事物的复杂现象中认识到它们的统一性，是一种奇妙的感觉。”

李的团队的大量著作，以前面提到的那本优秀的书[2]为巅峰，是工程师对“统一”学习的首次完整尝试。

我呼吁不仅在我们研究复杂性时要采取这种方法，而且在培养下一代研究人员时也要采用。

References

- [1] Li J. Exploring the logic and landscape of the knowledge system: Multilevel structures, each multiscaled with complexity at the mesoscale. *Engineering* 2016;2(3):276–85.
- [2] Li J, Ge W, Wang W, Yang N, Liu X, Wang L, et al. From multiscale modeling to meso-science: A chemical engineering perspective. Berlin: Springer-Verlag; 2013.
- [3] Li J, Ge W, Wang W, Yang N, Huang WL. Focusing on mesoscale: From the energy-minimization multiscale model to mesoscience. *Curr Opin Chem Eng* 2016;13:10–23.
- [4] Kauffman SA. The origins of order: Self-organization and selection in evolution. New York: Oxford University Press, Inc.; 1993.