经典力学的新方法

J. Maddox

大约一个世纪以来，在经典力学范畴内，大多数问题是不可解的，这是经典力学的主要缺陷。现在，使复杂问题变得易于处理有了一些希望。

19世纪物理学的乐观主义者认为，牛顿定律及其随后进一步的发展与完善，能够解决所有问题。现在大家充分认识到，这只是一种物理学上的乐观主义的看法，并对此不屑一顾。但这样做并非都是正确的。19世纪确实是可以以建立起如Hamilton力学之类的精致的体系而自豪。只要算术（或代数或微积分）上是可行的，它就能给出全部问题的解。

通常的意见是，乐观主义者忽视了首先是Maxwell电磁理论以及后来是使人们的观点发生根本变革的进展对力学基础的威胁。最近，人们一直在议论，19世纪关于求解变量数为10^{23}数量级的实际问题的运算只不过是个程序问题的推断，是愚蠢的。但是，在19世纪乐观主义盛极一时后达一个世纪的现在，却提出了这样的问题：批评家们自己是否没有能够更加建设性地利用这段时间。

经典力学就其目前情况来说是优美的，但是它并非尽善尽美。它只有一些最简单的问题可解。至于其他问题，例如从Hamilton体系中，求出几个"运动常数"是可能的；在特殊情况下，这些常数在物理上可能互有联系。但是若要计算居里温度（高于该温度，铁磁材料不再有磁性），以了解试件的物理学中的动量和角动量是否守恒，则经典力学又有什么用途呢？在19世纪的力学中自然地出现的这些物理量，往往不是特别令人感兴趣的。

这就是为什么最近一直对用其他的方法来计算甚至是经典力学的复杂体系的物理特性如此感兴趣的原因。20世纪的羞愧是，大多数体系只是到最近才建立起来。在40年代，Onsager对二维Ising格子（Ising lattice）的性质的精确计算是一个里程碑。所谓Ising格子是最简单的一种正方形格子，其顶点有两类，其中只有最邻近的一对顶点相互作用。它既可作为合金，如β黄铜合金的有序-无序模型，又可作为铁磁性材料的模型。另一种与此密切相关的计算复杂体系的方法是点格自动机法（cellular automata）。点格自动机[1)]可比拟为活的有机体，按照规定的法则一代一代地繁衍。

其中大多数方法的缺点在于它们往往需要进行数值仿真，所以只有付出艰苦、巨量的劳动以后，才能揭示出一般的原理。最熟悉的一个例子是用T. A. Witten聚集过程模型，来研究在扩散率控制过程的环境下聚集体的形成（Witten T A, Sander L M. *Phys. Rev. Lett.*, **47** (1984): 1400）；而聚集体是非整维结构（fractal structures）的证明，有助于建立例如聚集体的总质量与它的线性尺度之间的模型律。

采用常规数字处理的其他两类问题，现已给出了更一般的论述，这意味着，目前人们的

1）参见：力学进展，**17**，1（1987）：76—80；力学与实践，**9**，2（1987）：1—6。——编者

雄心壮志正在达到这样的程度：有可能提出探索复杂行为的某些简单模型这种令人感兴趣的问题．这种模型之一，是按树形结构格子扩散（diffusion）的过程．这种树形结构格子，原则上是适用于各类系统的模型．例如，如果一种树形图的"叶子"处于离根部最远的封闭端点，则一个合理的问题是：如果粒子或特性只能顺着下面的树枝从一片叶子向另一片叶子移动，那么叶片间某种任意分布的特性，将如何统计地自行重新排列．

Constantin P. Bachas 和 B. A. Huberman 在刚刚发表的一篇论文中正确地指出，在一棵树的叶子间，某种特性的重新排列是按层次组织起来的生物系统行为的一种典型的过程（*Phys. Rev. Lett.*, **57** (1986)：1965）．根据这一思想，例如有人要问，蛋白质分子的微观性质是如何由氨基酸序列和分区结构的层次来确定的．他们现在所完成的工作的特殊兴趣是在，即使下部结构很不简单（例如每个顶点有许多树枝），似乎仍然希望树形图扩散问题有一个解析解．

Bachas 和 Huberman 用树叶间概率重新分布的概念进行研究，而这种观点是更普遍适用的．他们的结论之一是，对于松弛过程或趋于稳定图形的重新排列过程，胖形树要比瘦形树的速度快得多．这本身可能并不令人感到奇怪：在每个顶点上的若干个枝叉既能使树更加茂盛，又能提供更多横向输运的机会．较意外的是，他们得出这样的结论：均匀的树（每一顶点上有一固定数目的枝叉）和无规的树的扩散速度，先天地比所有中间状态结构的树的扩散速度要快．

费城 Temple 大学的 Martin Grant 和 J. D. Gunton 在同一杂志的同一期上接着发表了一篇文章，沿着同一方向前进了一步．他们做的工作是设计点格自动机结构的连续介质比拟，并进行求解（出处同上，1970页）．与19世纪的微观动力学不同，这一问题的精华之处在于它在时间上是不可逆的．显然它与不可逆动力学有联系．在不可逆动力学中，力学系统的状态由一个时刻向另一个时刻的转换，是由一个矩阵（不是 U 矩阵或厄密矩阵）来表示．当然，这些系统也是如 Ilya Prigogine 所主张的，是一些高度有序的系统（如活着的东西），它们不仅仅是偶然出现的，而且还受基础动力学的制约和支配．

Grant 和 Gunton 对于如何从复杂系统的所有变量中，分离出非常缓慢地（与其他变量相比）随时间变化的变量，以及对于耗散如何导致"缓慢"的变量随时间指数式地增长（至少在系统发展的初期是这样）等问题，给出了完美的解释．这个论证使得在用点格自动机进行数值仿真时，所观察到的明显出现非常有序的图案是可信的．作者顺便提到，在结晶系统中，常见的树枝状晶体快速增长．这种树枝状晶体具有与似乎受物理学所支配的通常的热力学平衡极不相同的结构． Grant 和 Gunton 关于"不可逆性可导致［热力学的］不稳定性"的猜想是否成立？以及它是否能解释自身有生命系统（如活体）的存在？这些问题目前还未得到解决．但它又是与 Hamilton 动力学迥然不同的一个重要问题．

张秀琴译自：*Nature*, **323** (Oct. 1986)：755. **（李家春校）**