



蝴蝶效应

丁有瑚

(东营石油大学数理系 山东 257062)

“蝴蝶效应”也可称“台球效应”，它是“混沌性系统”对初值极为敏感的形象化术语，也是非线性系统在一定条件（可称为“临界性条件”或“阈值条件”）出现混沌现象的直接原因。

一、蝴蝶效应的由来

蝴蝶效应来源于美国气象学家洛伦兹 60 年代初的发现。在《混沌学传奇》与《分形论——奇异性探索》等书中皆有这样的描述：“1961 年冬季的一天，洛伦兹（E. Lorenz）在皇家麦克比型计算机上进行关于天气预报的计算。为了考察一个很长的序列，他走了一条捷径，没有令计算机从头运行，而是从中途开始。他把上次的输出直接打入作为计算的初值，然后他穿过大厅下楼，去喝咖啡。一小时后，他回来时发生了出乎意料的事，他发现天气变化同上一次的模式迅速偏离，在短时间内，相似性完全消失了。进一步的计算表明，输入的细微差异可能很快成为输出的巨大差别。这种现象被称为对初始条件的敏感依赖性。在气象预报中，称为‘蝴蝶效应’。……”“洛伦兹最初使用的是海鸥效应。”“洛伦兹 1979 年 12 月 29 日在华盛顿的美国科学促进会的演讲：‘可预言性：一只蝴蝶在巴西扇动翅膀会在得克萨斯引起龙卷风吗？’”

二、蝴蝶效应的含义

某地上空一只小小的蝴蝶扇动翅膀而扰动了空气，长时间后可能导致遥远的彼地发生一场暴风雨，以此比喻长时期大范围天气预报往往因一点点微小的因素造成难以预测的严重后果。微小的偏差是难以避免的，从而使长期天气预报具有不可预测性或不准确性。这如同打台球、下棋及其他人类活动，往往“差之毫厘，失之千里”、“一着不慎，满盘皆输”。

长时期大范围天气预报是对于地球大气这

个复杂系统进行观测计算与分析判断，它受到地球大气温度、湿度、压强诸多随时随地变化的因素的影响与制约，可想其综合效果的预测是难以精确无误的，蝴蝶效应是在所必然的。我们人类研究的对象还涉及到其他复杂系统（包括“自然体系”与“社会体系”），其内部也是诸多因素交相制约错综复杂，其“相应的蝴蝶效应”也是在所必然的。“今天的蝴蝶效应”或者“广义的蝴蝶效应”已不限于当初洛伦兹的蝴蝶效应仅对天气预报而言，而是一切复杂系统对初值极为敏感性的代名词或同义语，其含义是：对于一切复杂系统，在一定的“阈值条件”下，其长时期大范围的未来行为，对初始条件数值的微小变动或偏差极为敏感，即初值稍有变动或偏差，将导致未来前景的巨大差异，这往往是难以预测的或者说带有一定的随机性。

三、产生蝴蝶效应的内在机制

所谓复杂系统，是指非线性系统且在临界性条件下呈现混沌现象或混沌性行为的系统。非线性系统的动力学方程中含有非线性项，它是非线性系统内部多因素交叉耦合作用机制的数学描述。正是由于这种“诸多因素的交叉耦合作用机制”，才导致复杂系统的初值敏感性即蝴蝶效应，才导致复杂系统呈现混沌性行为。

目前，非线性学及混沌学的研究方兴未艾，这标志人类对自然与社会现象的认识正在向更为深入复杂的阶段过渡与进化。

从贬义的角度看，蝴蝶效应往往给人一种对未来行为不可预测的危机感，但从褒义的角度看，蝴蝶效应使我们有可能“慎之毫厘，得之千里”，从而可能“驾驭混沌”并能以小的代价换得未来的巨大“福果”。