



大家还记得中学课本上的指数和幂吗？请看大屏幕。如果第一组等式表达的是积跬步以至千里，积怠惰以至深渊，那么第二组等式则告诉我们，每天只比你努力一点点的人，其实已经甩了你很远。等式左边细微的差距，却导致等式右边结果的天壤之别。这是为什么呢？

现在请大家继续看大屏幕，这是混沌摆，由一个丁字形主摆和三个副摆连接构成。伽利略 16 世纪就提出，单摆的运动规律是可以预测的。但这里请大家仔细观察，混沌摆的主摆和副摆时而转动、时而摆动，每一次的运动轨迹都不同，似乎找不到一种特定的规律。这又是为什么呢？

且听我慢慢道来。由于混沌摆的主摆和三个副摆相互联系，构成了一个相互关联的复杂系统。这个系统最有趣的是，如果我们想让它重复之前的运动轨迹，会发现这几乎是一个无法完成的任务，因为无论如何操作，混沌摆每一次的运动轨迹都无法复制，它展现的是 20 世纪最伟大的发现之一——混沌理论。混沌指的是在确定系统中貌似随机的不规则运动，它对初始条件极其敏感，初始的微小变化被不断放大，对结果会造成巨大的差别，也就是我们常说的“差之毫厘，失之千里”。所以如果我们想重复混沌摆的运动，必须给它一个和之前方向、大小完全一样的力，可这样的分毫不差人工很难做到，那么它的运动轨迹自然也就大相径庭了。

混沌理论听起来似乎很严肃，但著名的蝴蝶效应大家听说过吗？简单来说，就是一只蝴蝶在巴西扇动翅膀，两周后有可能导致美国的一场龙卷风。这种说法从何而来呢？1963 年，美国气象学家罗伦兹用计算机来模拟气象变化，平时他将初始输入数据精确到小数点后第三位，可这一天，罗伦兹把数据 0.506 精确到小数点后第六位 0.506127，让他大吃一惊的是这 0.000127 的差异，居然使计算结果比设想的偏离了十万八千里！由此



罗伦兹发现，误差会指数级地增长，造成结果的巨大偏离。他用“蝴蝶效应”形象地解释这种现象，因为在大气运动中，即使各种误差和不确定性很小，也有可能被逐级放大，形成巨大的大气运动。所以，想要长期、准确地预测天气是不现实的。

自从混沌理论面世以来，人们逐步发现许多事物如果从混沌理论出发，更有利于研究它的运动发展规律。比如医学界认为人类正常的心脏运动是混沌的，混沌理论或许能帮助预测心脏病；而经济学家们通过研究股市涨落、汇率浮动等问题，创造了混沌经济学这门新的学科。

可以说，混沌理论为人类认识世界打开了一扇新的窗口，科学界普遍认为，20 世纪的三大科学革命，除了相对论和量子论，就是混沌论了。大家不妨想一想，其实混沌理论也是一门生活智慧，“少壮不努力，老大徒伤悲”“千里之堤，毁于蚁穴”，现在，您对这些老话，是否有了更深刻的理解呢？