

浅谈“无效混沌”

李心怡¹ 陆冰枫² 马毅秋³ 陆卫平⁴

1. 北京大学 北京市海淀区 100871

2. 读库文化交流(北京)有限公司 北京市朝阳区 100015

3. 上海探么挞诺文化传播有限公司 上海市长宁区 200050

4. 海口特特汇投资有限公司 上海市金山区 201517

摘要: 初始条件的微小变化将对后续结局产生重大的影响变化,这种关于混沌不确定性的描述被称作混沌的重要“特征”之一。然而,本文想要重点探讨的是,混沌中是否还存在着结局早已是决定论性的情形呢?比如常返于一定区间阈值的混沌,其结果实际早已成定论?以“蝴蝶效应”为例,并不是所有的蝴蝶翅膀的扇动都能引发龙卷风,它要求其无穷小的不确定性必须大到能够测量并能被系统捕捉利用,而且其依赖性连续的而非离散的。这需要有一系列复杂的因素相互作用才能发生。也就是说,实现“蝴蝶效应”需要一定的内外因的结合,否则便是“无效混沌”。这也进一步说明混沌在一些情况下,其影响可能是有限的或甚至是可以忽略的。

关键词: 混沌; 阈值; 常返; 离散; 无效

最近几十年来,混沌学说已经在现代科学领域占据着不可或缺的地位,尤其是在阐释我们生活中看似无序的事件以及宇宙层面的随机现象时,发挥着至关重要的密钥作用。无论是金融市场的波动还是气候变化的多样形态,混沌学说为我们解读这些系统如何对初始的细微变动产生巨大影响提供了理论支撑。正是借助这一理论,科研人员得以更加有效地预测和调控这些系统,尽管实现完全精确的预测依然充满挑战。然而,混沌学说的应用还不止步于科研领域,其在工程学、经济学乃至哲学领域的运用同样具有极高的洞察力,为我们观察和解读世界开启了一扇全新的视窗。

在生态管理体系中,混沌理论的实践运用格外受到关注。研究者们借助混沌模型对生物种群动态进行前瞻性分析,尤其是在对初始条件高度敏感的生态区域。诸如气候的微妙变动或人类活动的轻微干预,可能会引发生态系统的大规模响应,比如物种数量的剧减或骤增。依赖于混沌理论,科研工作者可以更加精确地预测此类变动,进而制定出更具针对性的保护措施,避免生态系统遭受崩溃或造成无法恢复的破坏。

然而,随着研究的不断深入,有种现象正在逐渐引起一些科研人员的关注,那便是无效混沌。要讲“无效混沌”,先要讲讲“蝴蝶效应”。

蝴蝶效应是气象学家洛伦兹1963年提出来的。其大意为:一只南美洲亚马孙河流域热带雨林中的蝴蝶,偶尔扇动几下翅膀,可能在两周后引起美国得克萨斯的一场龙卷风。其原因在于,蝴蝶翅膀的运动,导致其身边的空气系统发生变化,并引起微弱气流的产生,而微弱气流的产生又会引起它四周空气或其他系统产生相应的变化,由此引起连锁反应,最终导致其他系统的极大变化。此效应说明,事物发展的结果,对初始条件具有极为敏感的依赖性,初始条件的微小偏差,将会引起结果的极大差异。

以2010年冰岛Eyjafjallajökull火山的喷发为例,该事件显著地揭示了蝴蝶效应在全球范围内的深远作用。自火山喷吐出的大量烟尘遮天蔽日,不但对冰岛造成了影响,还使得欧洲大部分地区的航班停飞长达数周之久。专家们借助混沌理论对此进行了深入剖析,探究了此类微小的地质变动如何触发全球规模的波动。这样的研究成果对于航空部门和政府机构未来应对和预防类似自然灾害提供了重要参考。这一案例有力地证明,即便是地球上较为边陲且规模较小的自然现象,也有可能通过错综复杂的自然及人造系统相互作用,在全球层面产生重大的连锁反应。

初始条件的微小变化将对后续结局产生重大的影响变化,这种关于混沌不确定性观点的描述几十年来几乎成为蝴

蝶效应的“招牌广告”，这一性态也随之被称作混沌的重要“特征”之一。虽然混沌理论在揭示和预测繁杂系统动态方面扮演了至关重要的角色，然而在具体运用过程中它也不无限制。尤其是当系统逼近或触及理论的边界时，混沌模型在预测方面的精确度往往遭遇质疑。比如，在遭遇极端气候变异或市场动荡等情形下，传统的混沌模型往往难以准确把握所有影响系统行为的细小因素，这些模型对于系统的突变或崩溃往往缺乏预见性。另外，混沌理论本身的核心理念即初始条件的微小变化能引发系统的巨大响应，这种高度敏感性使得在充满不确定性的条件下运用混沌理论显得尤为棘手。鉴于此，尽管混沌理论在科研与实际操作中具有不可忽视的积极作用，科研人员和技术工程师在运用该理论时仍需留意其不足之处，并融合其他科学技术手段，以增强系统分析的全面性和精准度。然而，这里想要重点探讨的是，混沌中是否还存在着结局早已是决定论性的情形呢？比如常返于一定区间阈值的混沌，其结果实际早已成定论？

先举个例子。在自然数0-1之间，虽然只相差1，但如果要对之间的所有有理数、无理数和小数进行数数，那是无法穷尽的，这就意味着从0到1之间存在着“混沌”。但对于许多数学计算来说，那又有什么关系呢？在现实世界的实际运算中，人们只需要取小数点后几位数就足够了，完全没有必要去考虑和罗列小数点后无限扩展延伸的所有数字。就像 π 值是无穷的，但人们计算时一般只需要精确到小数点后几位数字就够用了。回到“0-1”的话题，在很多计算中，人们有时就取约数1即可，这就直接跳开了其中的“混沌”。这就很有意思。

这告诉一个道理，如果“混沌”只是在某一区间里徘徊，只要不影响“算度”和“精度”，这个混沌是可以忽略不计的！这就是“无效混沌”的由来和它的本义。这还告诉我们，混沌是有价值轴的。就某区间本身来说，其间的混沌可能是有其价值和意义的，但相对那些独立于此区间的其他事物来说，这里的混沌或许并无丝毫实际价值和意义。这种“无效混沌”的潜在意思还在于：一，混沌在空间上是有“关联间隔”的，甲区域的混沌有时对乙区域来说也许并不造成任何影响，相当于生物学上的生殖隔离。二，混沌在时间上是有迟滞效应的，这种迟滞效应甚至可能趋向于无限的时效，等同于没有产生混沌效应。比如我们将一束光打向100亿光年外的星球，即使光束能够到达该星球，那也要在100亿年之

后了，对我们人类来说毫无意义，等同于没有到达。三，混沌在统计学上是有价值取向的，当混沌的内因子轻微得无足轻重并且不足以计数时，这样的“混沌”是可以忽略的，这直接颠覆了传统意义上对混沌的认知。

这就需要我们再次回到“蝴蝶效应”话题上来。

如果蝴蝶翅膀扇起的风无足轻重，轻微到不足以计数，那就可以判断此次蝴蝶的扇翅行为不大会产生“蝴蝶效应”，基本上可以忽略。此前说到的所谓“蝴蝶效应”，也只是是一种理论探讨而已。南美洲山谷里的那只蝴蝶，与美国德克萨斯州之间，隔着千山万水，中间又有多少山脉河流重重阻拦？就算那只蝴蝶曾经扇起过一丝微风，但在它面前早有几块巨石阻挡了这丝微风，巨石后又有成片广袤的森林横亘其间，广袤森林背后又有无数连绵起伏的群山横断于后，群山之后又有广阔无垠的海洋重重阻隔。这一丝丝的风，就算绕过了那大块巨石，也跨不过森林、山脉和海洋，一路过来，早已于某时某处消弭于无形，它哪还有那么多的神话传说？这就是这只南美蝴蝶扇动翅膀后可能遇到的真实情况。所以，混沌是有条件的，蝴蝶的翅膀不是想扇就能扇起龙卷风的。

那么，这要有什么样的基本条件呢？首先，蝴蝶扇动翅膀产生的微风必须要有一定的“风力”（内因），它不能太微弱，它应当能够或者至少能在一定的条件下维持着这股驱动力，直至目标达成。其次，蝴蝶扇动翅膀产生的微风必须能够绕得过各种障碍物（如巨石、山脉、森林等），并且能够在适当的时间和地点与其他气象因素或地理因素（外因）相互作用，才能最终引发龙卷风。再次，从南美峡谷到美国德克萨斯州，在距离上应当是“可及”的，它不会因“遥遥无期”而使扇翅行为成为实际上的无意义的动作，就像100亿年后的那束光，是种“无效混沌”。

质言之，蝴蝶效应虽然强调对初始条件的敏感依赖性，但这也不是绝对无条件的。在现实世界中，往往会出现初始条件钝化乃至消弭的情形，亦即初始条件的离散，因而导致许多事件之间的关联变得并不明显或直接，它们之间的混沌效应可能也就被忽略不计。因此，混沌对初始条件敏感依赖性的表述应当是有严格定义的，这在以往众多著作的阐述中常常被忽略。具体来说，混沌对初始条件的敏感依赖性，应当既指事件对初始条件的依赖，更应指对实时变化中的各种叠加条件的依赖。而持续不断的实时变化才是最终促成“蝴

蝶效应”的幕后推手。

总而言之，并不是所有的蝴蝶翅膀的扇动都能引发龙卷风，它要求其无穷小的不确定性必须大到能够测量并能被系统捕捉利用，而且其依赖性连续的而非离散的。这需要有一系列复杂的因素相互作用才能发生。也就是说，实现“蝴蝶效应”需要一定的内外因的结合，否则便是“无效混沌”。这也进一步说明混沌在某些情况下，其影响可能是有限的或甚至是可以忽略的。

这个概念在实际应用中非常有价值。例如，在工程和科学研究中，了解何时可以安全地忽略某些微小的变异或不不确定性，可以帮助我们更有效地分配资源和注意力。同样，在经济和社会科学中，识别出哪些微小的变化可能导致重大影响，而哪些可能是“无效混沌”，可以帮助政策制定者和社会管理者作出更明智的决策。

然而，这个概念也提醒我们，混沌和复杂系统的行为往往是难以预测的。尽管我们可能能够识别出某些情况下的“无效混沌”，但在其他情况下，微小的变化可能仍会产生意想不到的、重大的后果。这就要求我们在面对复杂系统时，保持谦逊和谨慎，不断学习和适应新的信息和环境变化。

混沌理论展示了在自然和社会体系中，初始条件的细微差异如何引发剧烈的系统反应。尽管“无效混沌”概念凸

显了混沌学说在某些特定状况下的应用限制，但它依旧是一个强有力的手段，帮助我们分析和预测繁杂系统的运作。今后的科研工作将深入挖掘混沌学说的应用范畴，并寻求在确保系统的稳定性和可预测性的基础上，如何巧妙地运用系统固有的不确定性与复杂度来进一步调控系统。借助这些研究，有望更高效地应用混沌学说优化技术运用，完善政策制定，以及增强我们对经济和生态系统变化规律的掌握和应对策略。

参考文献：

- [1] (英) 齐亚丁·萨达尔 (Ziauddin Sardar) 著, 王伊鸣, 王广州译. CHAOS(混沌学)[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2019:60-61.
- [2] (英) 伦纳德·史密斯 (Leonard Smith) 著, 徐巍译. 混沌理论 [M]. 北京: 外语教学与研究出版社, 2024:94-95.
- [3] (德) H.G. 舒斯特著, 朱鋈雄, 林圭年译. 混沌学引论 [M]. 成都: 四川教育出版社, 2010:1-6.
- [4] 朱华, 姬翠翠编著. 分形理论及其应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2011:207-252.
- [5] 马克思主义哲学编写组编. 马克思主义哲学 (第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 人民出版社, 2023:97-105.