

## 自组织与耗散结构

丁有瑚

(石油大学应用物理系 山东东营 257062)

人的大脑是极其复杂尚且高度有序的自组织结构,它是生物进化的“最高结晶”。自组织结构在自然界(包括人类社会)中是广泛而普遍存在的。在生命世界中,动物体与植物体中的结构组织皆为自组织结构,高等生物体的自组织结构是最好的典范。高等动物体内的呼吸器官、消化器官、血液循环器官、神经感觉器官、生殖繁衍器官等皆为复杂而又井然有序的系列,各种器官的结构组织及其功能恰到好处地适应环境及其自身的需要,包括斑马与长颈鹿及虎豹身上的花纹是那样的美丽动人而纹理有致、树叶花卉是那样的形象绚丽而丛叠井然,等等。这都是进化的“结晶”,是大自然的“造化”。

当初,自然界并没有高等生物,它是由低等生物进化而来的。进化的过程就是继承与发展的过程,继承就是遗传,而发展就是创新。生命体的遗传是由其体内的“遗传基因操作驾驭”的,“遗传基因”的载体是细胞中的大分子DNA, DNA中的碱基与核苷酸的排列顺序蕴涵着神秘的遗传信息密码,正是这种遗传信息在起着指令作用,“指挥着”机体组织的自复制自相似的繁衍活动;作为开放系统的生命体,一方面受着遗传信息的指令作用,另一方面又受着“内在随机性”及外部环境条件的制约,在一定条件下,就会发生“质的突变”,从而可使其向着更加复杂更加高级更加有序的方向演化。

对于非孤立系统或开放系统,通过非平衡相变自发地或自然地由无序态向有序态演化的现象,称之为自组织现象。自组织现象不仅存在于生命世界,也存在于无生命世界,天空中的“云街”及岩矿中的规则纹理等即为实例,“贝纳德流”也是范例。“贝纳德流”是贝纳德1900年实验发现的一种自组织现象。他在盘子里倒入一些液体,从盘子下面对这薄层液体进行加热,

开始时温度梯度不大,液体中只有一般的热传导,当液体温度梯度超过某一临界值时,液体中会出现许多规则的六角形“对流格子”,它的花样像蜂房那样有序,此时液体内部转向宏观有序化。自组织现象在其他领域的例子这里不再一一枚举。

自组织现象不能用热力学第二定律解释,但它并不违反这一定律。热力学第二定律指出,对于绝热系统或孤立系统,一切自发过程熵总是增加的即总是由有序态向无序态进化的,或者说,孤立系统总是自发地由有序态向无序态转化或退化。表面上看,自组织现象似乎违反了热力学第二定律,但实质上自组织现象的前提条件是非孤立系统或开放系统,在此条件下,热力学第二定律是“可以允许”由无序向着有序方向演化的。

1969年比利时布鲁塞尔理论物理学派领导人普利高津发表了《结构·耗散和生命》,提出了耗散结构理论。该理论认为,远离平衡态的开放系统,通过与外界交换物质和能量,可以在一定条件下,形成新的有序结构,实现从无序向新的有序转化。这种非孤立系统,从外界吸收了较高品位的物质或能量而向外界排出耗散了的较低品位的物质或能量,所以称之为“耗散结构”系统。而且,在一定条件(临界条件或阈值条件)下,系统处于非线性的非平衡态时变得不稳定,一个很小的“扰动”就可能引起系统的突变即非平衡相变,就会出现分叉现象或分支现象,从而形成新的有序结构,自组织结构系统便会向更加复杂更加高级更加有序的方向进化。一级分支现象可以解释某些简单的时空有序的自组织现象,高级分支现象则可解释某些复杂的时空有序的自组织现象。

另外,值得提及的是,几乎与普利高津同时,德国物理学家哈肯也在探索自组织现象的理论机制,哈肯从另一角度提出了协同学,哈肯的协同学可以说与普利高津的耗散结构理论是异曲同工的。自组织现象及其结构理论与混沌学和麦克斯韦妖等的关联,这里就不再赘述。