



# 熵与生命科学

刘云松

(聊城教育学院 山东 252051)

热力学第二定律指出,一切与热现象有关的实际宏观过程都是不可逆的。而直接反映热力学第二定律的是态函数熵,其数学表达式是熵增加原理: $ds \geq 0$ 。其物理意义是:一个孤立系统的自发过程总是朝着熵增加的方向进行,即从有序走向无序。而生命的发生、演化及成长过程都是从低级到高级、从无序到有序的变化。表面看来,这似乎都与热力学第二定律相矛盾。普里高津的耗散结构理论澄清了这一切。打开了一个从物理科学通向生命科学的窗口。

耗散结构理论突破了热力学第二定律只适用于孤立系统的限制,将其适用范围推广到开放系统,并将热力学第二定律的数学表达式改为  $ds = d_i s + d_e s$ 。其中  $ds$  为系统的熵变; $d_i s$  为系统内不可逆过程产生的熵变,即熵产生且恒大于、等于零; $d_e s$  为系统与外界交换物质与能量而引起的熵变,称为熵流。对于孤立系统, $d_e s = 0, ds = d_i s \geq 0$ ,这就是熵增加原理。对于开放系统, $d_e s \neq 0$ ,只要  $d_e s < 0$ (负熵流),同时  $|d_e s| > d_i s$ ,就有系统的熵变  $ds < 0$ 。这时,系统的熵不是增加,而是减少,因而有序度增加,系统就可以进化为更加有序,组织化程度愈来愈高的状态。由于一切有机体乃至人类社会都是偏离乃至远离平衡态的开放系统,所以扩展后的热力学第二定律就可以完全适用于生命和社会等不断进化的活生生的现实了。

先看个体的生长过程。胚胎的发育、成长过程,是由生殖细胞(含有较少的信息量——简单、无序)分化出不同器官、发育为成体(含有较多的信息——复杂、有序)。这个在母体中所进行的从无序到有序的过程,必然有  $d_e s < 0$ ,即熵流从系统(母体)流向了外界,使总熵变  $ds$  为负。客观上是母体吃进了有序,或按薛定谔的说法:“生命之所以能存在,就在于

从环境中不断得到负熵”。因为人们进食(主食和副食),不是吃进了分散(无序)的原子,而是吃进了由已经含有高度有序的分子构型所构成的动植物。由于负熵的作用(利用了外界的物质和高能)使胎儿在母体中生长为高度的有序体——成熟的婴儿而呱呱落地。

再看成熟的生命有机体。对于成熟的生命有机体,每天保持着大致相同的状态,可近似看成稳态。所以成熟的机体在一定时间内可以为:  $ds = d_i s + d_e s \approx 0$ (稳态)。其中  $d_i s$  为一定时间内因系统内部发生的过程引起的熵变; $d_e s$  为一定时间内因系统与外界之间的物质与能量的交换而引起的熵变。而机体内的生化反应,物质的扩散,血液流动等过程是不可逆的,因此  $d_i s > 0$ ,为了补偿  $d_i s$  的正值, $d_e s$  必为负。 $d_e s$  又可分为两项:一项是由于同环境进行热交换而引起的熵变,其值可正、可负;另一项是由于同环境进行物质交换引起的熵变。有机体不断从环境摄取高度有序的低熵大分子物质(如蛋白质、淀粉等),而排泄出的是有序性小的高熵小分子物质(如  $CO_2$ 、水汽、尿、汗等),这就保证了  $d_e s$  为负值。因而机体内部不可逆过程中产生的熵传给了环境。

由以上讨论可知,生命有机体不断地与周围环境进行物质与能量的交换,它通过新陈代谢,不断从外界获得的负熵大于系统内部产生的正熵,使机体处于协调的有序状态,从而维持生命。所以,非平衡态是有序之源,是生命的保证。随着时间的推移,一旦有机体失去了从外界吃进负熵、吃进有序的能力而成为孤立系统,那么,按照熵增加原理,它最终要达到熵极大的平衡态,即最无序的状态,这就是生命的终止。正如薛定谔所说:“有机体就是依赖负熵为生的。”负熵的引入,推动了生命科学的研究。