

生命与熵

廖耀发 廖 彬 吕 桦

(湖北工学院数理系 武汉 430068) (浙江广厦建筑集团 杭州 310013)

熵是一个古老而又年轻的概念,说它古老,是因为早在 100 多年前(1854 年)就有人提到了它;说它年轻,是因为它有极强的生命力,正日益广泛地渗透到了许许多多的科技领域及日常生活之中。本文不拟介绍熵在各个领域中的应用,而只想就熵对生命科学中某些方面的影响作些初浅的说明。

按照热力学的观点,生命是个开放系统。根据开放系统的热力学理论可以算出,其熵变

$$S = \frac{Q}{T} - \frac{\sum_j \mu_j e N_j}{T} - \frac{\sum_j \mu_j i N_j}{T} \quad (1)$$

式中, Q 代表生命系统与外界环境交换的总热量, $e N_j$ 代表生命系统与外界所交换的第 j 种组元物质的摩尔数, $i N_j$ 代表生命系统内部各种生化反应所引起的第 j 种组元物质摩尔数的增加, μ_j 为第 j 种组元物质的化学势, T 为生命系统(人)的温度。

如果我们用 $Q_{\text{吸}}$ 表示生命系统从外界吸收的热量,用 $Q_{\text{放}}$ 表示生命系统向外界放出的热量;用 S_0 表示生命系统在某一时刻的定态熵, S 表示生命在其后任意时刻的定态熵,则系统与外界交换的热量 $Q = Q_{\text{吸}} - Q_{\text{放}}$,系统的熵变

$$S = S - S_0 = \frac{Q_{\text{吸}}}{T} - \frac{Q_{\text{放}}}{T} - \frac{\sum_j \mu_j e N_j}{T} - \frac{\sum_j \mu_j i N_j}{T} \quad (2)$$

我们知道,熵是系统混乱度,或者说是正常有序偏离程度大小的表示。因此,对生命系统而言,如果其熵变 $S > 0$,则说明生命系统偏离了正常状态,或者是出现了病变,或者是趋于衰老。于是,他便会调动一切可以调动的力量;或靠体内自身的功能,或借外界因素(如食物、药物、理疗等)的帮助,想方设法,增加负熵(带负号的熵)的流入,以抵消 S 的增加,使系统的总熵不增或减少,以图生命系统恢复常态或发育成长。但是,自然规律及生物体内的过程却总是要使熵增加,于是,在生命系统中,围绕熵增加和反抗熵增加的斗争便会不断地进行。玻耳兹曼曾用这样一句话来对上述观点进行了概括:“生物为了生存而作的一般斗争,既不是为了物质,也不是为了能

量,而是为了熵”。可见,熵在生命进程中的重要。

用熵的理论来定量讨论生命问题要涉及到较多的近代生物化学及不可逆过程热力学,特别是耗散结构等方面的许多知识,而上述知识的有关理论,目前也还在进一步的完善之中。因此,本文不准备从这方面去过多地讨论,而只想从熵的概念出发来对生命进程中的生、老、病、死作个简要的说明。

1. 生长

从熵的角度来看,生长就是生命系统从一定的有序结构过渡到更高层次的有序结构,从一定的定态熵向更低水平的定态熵过渡。虽然,这只有靠增大负熵流才能办到。由于人是恒温的, T 为常量,所以,增大负熵流 $-\sum_j \mu_j e N_j / T$ 的最有效的办法是增加食物的化学势 μ_j 及数量 $e N_j$ 。显然,前者指的是食物的质,它要求食物的有序性要高,要易于为人所“同化”,用通俗的话来说,就是要富于营养,易于消化。而后者指的则是食物的量,也就是说要吃饱,吃好。

2. 衰老

从物理的观点来看,衰老很可能是人体的熵的一种长期、缓慢而不可抗拒的增加。当生命进行到一定的阶段以后,由于各种组织系统的“自然磨损”,从而便出现了功能退化,使之与外界因交换物质而获得的负熵流变小,而内部的熵产生成分 $-\sum_j \mu_j i N_j / T$ 却在不断增加,于是便导致了熵变 S 的长期缓慢地增加。这是自然规律,不可抗拒。人们只能尽可能地设法降低 S 的增长速度,放慢衰老的进程。

由式(2)可以看出,有两种办法可望能够达到上述目的:一种是增加 $\sum_j \mu_j e N_j$,即吃多一些,吃好一点。不过,对于老年人来说,由于机体组织的功能已经开始退化,因此,对食物的利用、同化已大不如前,所以,如果食之不慎,将会有大部分的食物不能被消化、利用,反而要以废热 $T S$ 的形式耗散掉。由于废热是以熵变 S 的形式反映出来的,因此,如果此时机体中某一部分的功能受阻,使这一部分废热的熵增不能及时排出体外,则便会在体内积聚,反倒还会增加人体的熵值。所以,对于老年人来说,要特别

注意饮食适度,否则将会适得其反。从熵的角度来看,老年人的饮食宜以产热量低、有营养、易消化的清淡食物为好。

降低衰老进程的另一种办法是降低人的体温,以减缓新陈代谢的速度。熵理论表明,热熵主要来源于分子的热运动。温度越低,热运动的进行就越缓慢,此时, S 之值就会越小,新陈代谢的速度就会越慢。而新陈代谢的放慢又可减少人体器官的“自然磨损”。可见,降低体温很可能是放慢衰老速度,延长人类寿命的一种好办法。国外曾有人对果蝇进行过试验,结果发现,果蝇“体温”每降低 8°C ,其寿命便延长一倍。

3. 病 态

从熵的观点来看,生命系统由于短期内的熵积累,使熵变过分增大而出现反常,这种状态称为病态,亦称“熵病”。一般而言,病变是一种十分复杂的现象,当然不可能仅用一个熵概念来反映。但是,有些疾病若能从熵的方面去思考,倒是比较容易理解的。

例如,医学上有个至今还不好解释的问题是人生病时为什么会“发烧”?但若从熵的概念去考虑则是比较容易理解的。

前已说明,人生病是由于体内积熵过多的结果。所以,要消除疾病就要尽快地排除积熵。因此,人体便会利用一切手段来加快排熵速度。按照热力学理论,任何高于 0K 的物体均可向其周围进行热辐射,人体也不例外。

由热力学理论可以导出,单位时间内通过辐射体单位面而辐射出的熵值,即熵流密度

$$J_s = \frac{ac}{3} T^3 = \frac{4}{3} \sigma T^3 \quad (3)$$

式中, $\sigma = \frac{1}{4} ac = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 称为斯特藩-玻耳兹曼常量, T 为人的热力学温度(即人的体温)。式(3)表明,人的排熵速度与人的体温的三次方成正比,体温越高,则其排熵速度就越大,可见,发烧是增加体温,加快排熵速度,以图自行恢复常态的一种本能行为。因此,对待生病发烧宜从“治本”(铲除发烧的根源)入手,而简单地采用“冷敷”降温的方法则是值得商榷的。

此外,对感冒的病变及治疗,若从熵的概念去分析、探讨,也能获得较为满意的结果。

大家知道,感冒多起因于受凉,特别是当人们参

加了剧烈的体育活动或重体力劳动,浑身出汗以后,突然受凉,则更易患此疾病。因为剧烈活动时身体需要消耗大量的能量,而这些能量则主要是依靠体内各种生化反应提供的。与此同时,体内还不可避免地要产生大量的废热 $T S$ 。如果散热不当:或吹风过甚,或为雨所淋,则会使皮肤感觉过凉。于是,大脑便一方面下令丘脑下部体温调节中枢,产热调温,以暖皮肤;另一方面,它又会命令相关职能组织,立即收缩,以便关闭皮肤表层毛孔,阻止体内热量的散失,以暖身体。这样,体内原有积熵非但不能顺利排出体外,而且还会因为体内不断产热而增加新的积熵,致使身体各部的“混乱度”逐渐增加,使人感到头晕眼花,四肢无力,发烧畏寒,全身不适,即患了感冒。对于感冒的治疗,中医的原则是“发汗清热”,西医的原则是“灭菌消炎”。从熵的角度来看,二者名异而实同,都是为了“清除积熵”。

下面再从熵的角度来看一看癌症的问题。当生命系统内部某一部分细胞的混乱度突然大幅度地增加时,这一部分细胞的熵值亦随之大增,使其中的微观秩序受到破坏,细胞中的脱氧核糖核酸(DNA)、核糖核酸(RNA)及蛋白质的合成都不够精确。这样,新旧蛋白质的信息(负熵)传递便会出现差错。近代生物理论指出,长时间氨基酸(蛋白质的重要组成部分)的排列顺序或空间构型上的微小差错都会导致蛋白质、核酸及酶的功能出现长远性的差错,这种差错,拨正极难!于是,局部组织便会出现癌症。癌症治疗之难,大概也与上述原因有关。据报道,国外有人曾对猴及蟑螂进行过致癌试验,结果发现,当将它们的生物钟(生物秩序)拨乱,使其节律严重失调,信息传递出现混乱,结果它们都得了癌症。可见,熵与癌症,确实有关。

4. 死 亡

当人体的积熵达到最大时,整个机体便会呈现出高度混乱的无序状态,使人体处于热力学的平衡之中。这时,人体各器官的功能都会因为混乱度抵达极大而丧失,于是,人体各部组织纷纷瓦解,人的一生到此终结。

应该指出,生命现象十分复杂,因此,当不可仅用一个熵概念来说明它的所有问题,更何况上述内容,有的还属猜测,结果如何,尚待熵理论与生命科学的进一步发展来验证。我们深信,不管生命科学如何发展,熵理论的作用及地位都是不应该忽视的。