

## 第五章 从“熵的困惑”中走出来

### 5.1 “多、变、广、乱”的熵概念

1948年，维纳出版《控制论》一书，申农发表《通信的数学理论》一文，几乎同时以类似玻耳兹曼关系式的形式表述了信息熵的概念。但信息熵的概念较热力学的熵概念推广了。这一点，在科学界引起了骚动和混乱，出现了“熵的困惑”。有的人认为，目前熵的概念是“多、变、广、乱”。

熵概念的“变”，从克劳修斯、玻耳兹曼到维纳和申农，是在不断深化和发展。这是科学发展中的正常现象，是科学发展的历史必然性，也是可喜的现象。正因为熵概念的发展，概念的含义被推广了。信息熵实际上就是“广义熵”或“泛熵”，作为对系统混乱程度的一种普适性量度，这就不仅仅限于热力学系统。因而广义熵失去了物理学的量纲，也失去了热力学的性质，所以可用于任何对象、任何系统。于是出现了各种各样、形形色色的概念。

因为熵的概念被推广，便导致了误用，引起了“乱”。如何治乱，首当在正本清源，弄清致乱之关键。有的学者指出，乱的关键，一是将热力学熵往非热力学系统上套，以偏概全，自然导致逻辑上的矛盾和混乱。这一点，从热力学的老祖宗克劳修斯和汤姆逊等人就开始了。他们把热力学的熵概念套用于整个宇宙，得出了荒谬的宇宙热寂论。另一致乱的关键，是将热力学熵的性质强加于广义熵，认为广义熵也必须被表述为“态函数”等等，从而否定广义熵的概念。其实，热力学熵是广义熵在热力学系统的具体化，而广义熵则是热力学熵的抽象化。抽象化成为广义熵之后，又可以对非热力学的具体系统再度具体化，从而出现形形色色的非热力学的具体熵。

弄清楚了广义熵与热力学熵概念之间的联系和区别，混乱自然就得以澄清。这正如“盐”和“食盐”这两个概念之间的关系一样。在化学发展起来之前，人们所说的“盐”仅仅指食盐(氯化钠)。后来在化学中“盐”的概念被推广了，凡金属离子与酸根的结合物都称为“盐”。这可说是“广义盐”。我们不能把食盐的所有性质都往广义盐上面套，更不能因为广义盐不具有食盐的某些性质(如咸味等等)就否定广义盐的概念。

也有些人对熵概念的泛化(广义化)表示担心，因而提出一种折衷的意见，叫做“熵的推广应用如”。其实，推广应用如仍限于热力学系统，就根本不存在“熵与交叉科学”的问题；如果将熵“推广应用”于非热力学系统，就非得先将热力学熵的概念泛化或抽象化不可。避开矛盾而终不免遇到原来的矛盾，又何不彻底解决矛盾呢？

### 5.2 “熵守恒”吗？

还有人提出“熵守恒”的论点，因为违反热力学第二定律，绝大多数人都表示不敢苟同。但近年来在国内学术界还流行着一种“系统的熵与负熵之和守恒”或“熵与信息之和守恒”的观点。熵与

负熵一正一负，不能说其总和守恒。如果说它们绝对值之总和守恒，则模糊了这两个参量的相反变化方向(熵意味退化，而负熵表示进化)，似不足取。正确地说，应该是一个系统的熵与负熵的变化互补，即一个量的增加导致另一个量的减少。事实上，这就是维纳的负熵概念，有如我国古代哲学思想中的阴阳消长关系，这就是著者提出的熵与负熵的互补原理。

任何系统，总存在有序和无序的矛盾。当系统完全无序时，熵即达到其最大值  $S_{max}$ ，有序度为0，亦即负熵或信息量为0；而当系统完全有序时，负熵达到最大值(负的最大值)，熵则为0。因而负熵可以表示为：

$$S_{负} = -(S_{max} - S_0) \quad (5.1-1)$$

式中，负熵与熵减少实际上是等价的，也符合西拉德、薛定谔、维纳和布里渊等人关于负熵的定义。

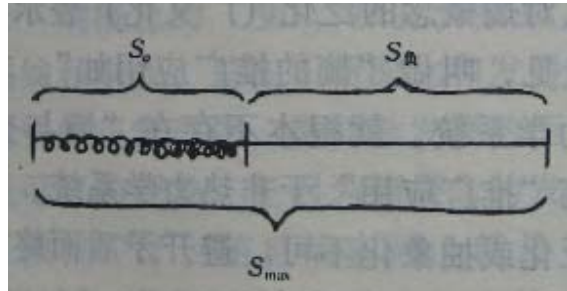


图5.1-1 熵和负熵

熵 ( $S_0$ )为阳，负熵 ( $S_{负}$ )为阴。这种互补的阴阳消长关系如图5.1-1所示。图中我们将  $S_0$ (熵)画成一个弹簧。弹簧在其弹性限度内总有自发伸长的趋向，表示系统的熵总是趋向自发的增加。而  $S_{负}$  则好像外力对弹簧的作用，力图将弹簧压缩。耗散结构与生命系统就是依靠从外界环境输入负熵而导致系统本身熵减少的。我们将图示的熵与负熵的互补关系编成一首儿歌以加强直观性和形象性：

熵就像弹簧，要看负熵强不强。

负熵强，熵就弱；

负熵弱，熵就强。

### 5.3 熵与负熵不可混淆

有人将负熵与熵混为一谈，这也是导致“熵的困惑”原因之一。例如曾有人认为人类语言发展过程中，语言(以及文字)量的增加是熵增加。这实际上是负熵增加或熵减少。还有人提出“知识熵

”的概念，认为“创造力的大小，应正比于一个人头脑里包含的知识熵的大小”，这里也是把负熵误称为熵了！

在热力学和热工学中，还有一对与熵和负熵相对应的概念，即（无用能）和（有用能）。有人提出“就是负熵”。负熵在热力学中应与熵具有同样的量纲（热量/温度），但却仅具能量的量纲而没有温度的量纲，显然与负熵的量纲不同，两者不能混为一谈。如果负熵就是，那么熵岂不是了？！

实际上，熵乘上绝对温度才是；相应地，负熵乘上绝对温度才是，或者反过来说，除以绝对温度才是负熵。对于等温过程，与负熵是成正比的。流是负熵流的载体，中携带有负熵，但两者不是同一个物理量。

布鲁克斯(R. Brooks)和威里(E.O. Wiley)在1986年出版《从熵来看进化》(Evolution as Entropy)一书(25)。作者在该书中声称“进化是一种熵现象”。熵意味着混乱，而进化是一种增加有序度的过程，应该是一种“负熵现象”。显然，布鲁克斯等人在熵和负熵的概念上是混淆不清的。该书中甚至还混淆了热力学熵与广义熵(泛熵)的概念，把含义推广了的熵(泛熵)说成是热力学熵，加上书中还有一些其他的物理学方面的错误和语病，以致遭到著名生物物理学家莫洛维茨(H. Morowitz)的严厉批评。莫洛维茨在美国的《生物学与哲学》杂志1986年第1期上针对布鲁克斯等人的书发表书评，题目竟是“熵与胡说”(Entropy and Nonsense)!(26)

1987年，惠肯(J.S. Wicken)出版《进化热力学和信息》一书(27)，该书比较详尽而且正确地介绍了热力学熵、信息熵(即泛熵)和负熵的概念，并运用泛熵论的负熵概念讨论了生物界的种种进化过程，是国外泛熵论与生物进化方面的一部代表作。

#### 5.4 里夫金的世界观新在哪里？

泛熵论的热寂世界观以美国学者里夫金(J. Rifkin)为代表。里夫金与霍华德(T. Howard)合作，于1981年出版《熵：一种新的世界观》一书(我国已出版中译本)(28)。他们在书中声称，“熵定律是自然界一切定律中的最高定律”，宇宙“越来越失去原来的秩序，最后将达到熵的最大值，达到热寂的最终平衡状态”。这只不过是沿袭和引用19世纪克劳修斯、汤姆逊等人的宇宙热寂论而已。那么，里夫金标榜的“一种新的世界观”又新在哪里呢？

里夫金等在书中宣称牛顿的机械论世界观已经消亡，统治人类各方面的是熵的定律(即热力学第二定律)。里夫金赋予这个定律以广泛的哲学意义，把该定律推广到热力学以外的领域，认为自然现象(包括生命现象)和社会现象都是熵增加的过程，最终都是退化和衰亡。这是泛熵论意义上的热

寂论，是一种无所不包的悲观论。里夫金的“一种新的世界观”原来不过是把热力学范围内的宇宙热寂论推广成泛熵论意义的热寂论而已。

里夫金的热寂悲观论，尚有一点可取的是，与颓废派的热寂悲观论不同，里夫金的悲观论是主张节约的热寂悲观论。颓废派人认为，既然一切都从有序趋向混乱，则社会倒退和道德沉沦是必然结果，因而放浪形骸，自甘堕落。里夫金虽然也主张热寂论的悲观论，但却反对放纵堕落，而是主张节约能源，降低能耗，尽可能延缓熵的增加，建立“低熵社会”。在低熵社会里，人们过着朴素的斯巴达式的生活。里夫金说：“当世界达到最大熵状态，再无更多能量作功的时候，由于万物陷于一片沉寂，时间便会终止。从熵的意义上说，节约时间的唯一方法便是使社会能流尽量接近我们环境中的自然状态”。“为维持健康和体面生活而进行的生产和消耗越少越好。熵定律已教导我们，为了使所有生命尽可能地向未来发展，必须把社会能量流动降低到最低水平。熵的经济是必需品的经济，而不是奢侈品的经济”。主张以节约能源为前提而建立发展缓慢的甚至是停滞的低熵社会，这也是里夫金的“一种新世界观”的新颖之处。

### 5.5 掉进了熵中的世界观

里夫金的悲观论虽然不是颓废派的悲观论，但悲观论毕竟是悲观论。里夫金主张节约，却反对发展，反对技术进步，也反对社会发展。他说：“熵定律已经向我们显示，‘增长’实际上意味着世界财富的减少，不过是一个将可用能源转化成无用状态的过程。熵告诉我们，经济增长越快，离末日越近”。“复杂的技术和浪费性经济增长只会毁掉我们人类的前程，我们为何还要执迷不悟？如果我们继续相信高能环境，这就不是希望而是幻觉了。”

可是，里夫金的观点是自相矛盾的。他又说：“我们不应为消除这种幻觉而感到沮丧；相反，我们这一代人有机会开始一场地球变革，使濒临灭绝边缘的世界进入有秩序的新时代。我们应为此感到欢欣鼓舞”。一个停止发展、保守复旧的社会，怎么可能进入令人感到欢欣鼓舞的新时代呢？里夫金还说：“熵代表了腐败和混乱，但它同时也代表着生命本身的展开”。不幸的是，“进化意味着为建立起秩序越来越大的孤岛而必然带来更大混乱的海洋”。更大混乱的海洋，充其量也只能为生命本身展开提供一个孤岛而已。显然，里夫金又一次掉进了自相矛盾的混乱中，或者说，掉进了熵中。

对于煤和石油等矿物能源(不可再生的能源)，当然应该注意节约。问题是以消耗能源为代价而求得人类社会生产和科学技术的发展，却是必要的。当然，不可再生的能源总有枯竭耗尽的一天。但人类不能像里夫金所告诫的那样停止发展而去等死——

等待末日的来临。人类将以永远进取的姿态去开辟新能源，例如核聚变能就很有希望。1982年美国大型托卡马克聚变反应堆(Tokamak Fusion Test Reactor, 简称TFTR)点火成功，就被列为当年世界十项重大科技发展之一。(里夫金对热核聚变也颇多微词，简直近乎顽固了!)最近又报导好些国家(包括我国)都成功地进行了常温下的核聚变试验。对这类试验的确切性目前虽还在争论中，但核聚变作为未来的一种新能源，却是可以肯定的。在遥

远的未来，人类还有可能找到比核聚变更为巨大的能源，例如使实物转化为场时释放的能量。当代高能物理实验中应用正负电子对撞，可以产生高能光子，1988年我国也研制成功了正负电子对撞机。未来的人类若能实现将任何实物转化为场，而限于正负电子对撞的话，那所获得的能量将是无与伦比的。垃圾、废水、废气等都将是极其巨大的能源，它们转化为场后将是“没有灰烬”的。此外，像太阳能和水力等“可以再生的能源”，虽然在天文学的时间尺度内不是永存的，但至少可以“与日月并寿”，在太阳死寂之前，是取之不尽，用之不竭的。何况太阳能和水力这类能源，即使不用它，它也会自行耗散而白白浪费掉，并不因为人类利用它们而增加其耗散，人类何不用之以求自身之发展。

总之，我们不能同意里夫金的停止发展的世界观。人类需要发展，需要负熵！

### 5.6 一个笑话

在某次研讨会上还出现了一个有趣的笑话：为了消除关于熵的混乱概念，有位代表全面、彻底地否定所有的熵概念(包括克劳修斯和玻耳兹曼的经典熵概念)。发言的最后，他展示了一张幻灯片，其上大书：“减少熵就是减少混乱，消除熵就是消除混乱。”而赞成熵概念的另一位代表(即著者本人)却对他说：“我们在这一点上达到了共识!”原来这两位代表说的竟是完全不同的含义!熵是系统的混乱度的量度，消除熵当然就消除了混乱，这是后一位代表(即著者)的意思；前一位代表的意思则是消除熵概念本身。这样一来，许多赞成熵概念的代表竟然指责后一位代表是“搞调和折衷的儒家”。但愿这个笑话能预示将来的熵研究者们能在真正共同的基础上达到真正的共识。