

# 热熵、物熵和信熵对人类的影响

李 洁

(山东理工大学物理系 淄博 255012)

熵是量度任何系统在微观层次上的无序程度的物理量。无序度越高则熵值越大。这个概念既包括能量和组成物质本身的无序度,还包括所有建构事物系统存贮的信息的无序度。我们把前者称之为热熵和物熵,而后者称之为信熵。它们之间是相互关联的,在认识这几种熵对人类生存环境的影响的前提下,更好地把握对热熵、物熵和信熵的平衡取舍,才能对人类社会的生存和可持续发展起到积极的作用。

## 一、热熵和物熵的自然流向

从能量角度来看,熵定律意味着自然进行的能量转化过程总是由有序度高的能量向有序度低的能量转化,这个过程必定朝着熵增加的方向进行。例如用钝的钻头钻木,会产生热量,但决不会按照热力学第一定律的能量守恒定律,用这个热量再让钻头钻起来,甚至有稍许转动也不可能。高温物体所有分子的平均能量要高于低温物体,所以相接触时总是从高温物体向低温物体传递热量,因为碰撞使它们的状态向平衡过渡,系统才会稳定;而不是拉大它们的区别,使高温越来越高,低温越来越低,这样就会违反第二定律增加它们的有序程度。所以热熵自然是向着熵增大的方向进行。从宇宙形成到地球诞生以及地球生命的形成,热熵一直有缓慢变大的趋势。

爱因斯坦的引力理论在时空整体上,描述了我们赖以生存的弯曲的三维宇宙从过去到未来的一切时间上的可能的演化方式。如果这一理论是正确的,那么宇宙开始于大约 120 亿年前具有无限温度和密度的大爆发奇点,随着宇宙的膨胀,辐射的温度降低。大约在大爆炸后的 1% 秒,温度为 1000 亿度,宇宙大多数成分为光子、电子和中微子,和它们的反粒子,还有某些质子和中子。在以后的 3 分钟,当宇宙冷却至大约 10 亿度,质子和中子开始结合形成氦、氢和其他轻元素核。几十万年后,当温度降低至几千度,电子就缓慢到这种程度,轻核能够将它们捕获而形成原子。然而,构造我们的诸如碳和氧的更重元素,直到 10 亿年后才在恒星的中心燃烧氦而形成。在这个过程中,它创生了不同形式的能量和物质,即一种极高的有序自然演变为较低程度的有序方式——能量和物质,高能量不断地向低能量转化,伴随着简单物质

向种类繁多的复杂形式转化。能量熵值增加,物质种类增加。其有序度减小,物熵增加,随着宇宙进一步演化,45 亿年前地球在这种偶然的能量和物质的转化中诞生了。实际上每一种新的物质都是一种较高有序的能量体现。伴随着它的转化,能量又形成了一次新的凝结,但这个凝结的代价是巨大的。

我们将视野转向地球,过去的 45 亿年中,地球经历了复杂而巨大的变化。在太古代时期,由于甲烷及氨的作用,极大地改变了地球的环境,从而产生了水及二氧化碳。如果大气中有高的  $\text{CO}_2$  含量, $\text{CO}_2$  与水的结合产生碳酸,随着降雨的增加,将使地表的矿物遭受大量碳酸的风化作用,生物学家们根据岩石层的成分和年龄分析,认为过去 6 亿年的“斫笔逼”是由古生代(5.7 ~ 2.25 亿年以前)、中生代(2.25 ~ 0.65 亿年以前)以及新生代(0.65 亿年以前至今)组成的,大多数生命是在这一地质时代进化而成的。

这个过程开始了种类繁多的有机物到蛋白质、原始细胞、原生藻类、原生动物及植物的繁衍,一直到人类的出现。在这一时期,太阳能转化为动植物的生物能和化学能。一部分能量由食物链进行传递,光合作用使植物得以生存,并为众多食草型动物提供充足的食物,同样在动物的食物链中也存在这样一系列的能量转化。在这个转化中,消耗大量的有序能量才能获得较小的有序能量。如一只鸡要吃掉许多食物,才会存贮下个体生存所需能量,使小鸡成为大鸡,而将废弃物(熵值很低的能量)排出体外再由微生物进行消化分解。另一部分能量在远古时代,由海洋微生物在死后沉入海底,并由大量的泥沙覆盖,经过漫长的岁月,在压力和温度的作用下变成了我们现在所知的石油,而煤炭基本上也是这一时期形成的。以上这两种情况中,能量都在转化,但在转化过程中由于不可逆和耗散因素,使其能量大部分损失掉了,热熵增加。物熵增大。

## 二、自然界的能量传递和物种的动态平衡

在非人为因素和非自然灾害的情况下,大自然有其自身的规律性,一是能量收支的动态平衡,二是生物内部(动物、植物及微生物之间)数量及种群的

动态平衡,这两种平衡是相互关联的。

生物个体之间的能量传递,在自然的状态下保持一种平衡状态。在一定区域,肉食性动物吸收草食性动物的能量,草食性动物吸收植物体的能量,微生物分解所有生物的残骸为无机物进入植物,在光合作用下又重新回归于这种能量的循环过程。在这种循环中能量的来源是太阳光,不可回收的是每种生物体耗散的热量。但总体来讲生物内部的能量传递是收支平衡的,在满足能量平衡的基础上其数量和种群应该是平衡的。能量传递一旦因物种的不平衡,连接状态发生扰动,如某种生物数量过多,自然将会产生出新的物种来抑制该物种的数量增加。在生物演化和优胜劣汰的长久竞争中,都在发生着数量和种群的更改,达到新的平衡以保证能量传递的平衡。热熵和物熵在自然状态下也发生着非常缓慢的变化,但依然保持着能量和物种的动态平衡状态。在这个长久过程中,热熵和物熵呈缓慢增加趋势。

### 三、信熵的流向

信熵包括两个方面。其一是自然进化所给予动物和植物的遗传信息。其二,在人类社会出现以后所有由人类创造的精粹。国际特聘弧 T 讷饫镂颐侵惶致袋糯 1 畔 岸匀死嗟纳 ? 和发展有积极影响的信息,并将信息的熵称为负熵,信息量越大,信熵负值越大。

从生物的种类来讲,随着能量熵值的增加,其每一种植物和动物都有其特定的信息,这些信息不是轻易产生的,而是在大自然长久的自然选择、优胜劣汰的进化规律中保留下来的各类遗传信息,科学家根据分子遗传学的发现,应用生物化学提取和鉴定酶的技术,找到了一系列基因工程的工具酶。基因工程使用的工具酶具有一个重要特征:每一种酶都具有自身特定的功能。主要是限制性核酸内切酶和 DNA 连接酶,其他还有末端转移酶、单链核酸酶和反转录酶等。限制性核酸内切酶,简称限制酶。限制酶能够识别 DNA 大分子链上特定的核苷酸顺序,并能在某一特定部位将 DNA 断裂。这样,目的基因便有可能完整地存在于某一 DNA 片段上,然后再把它们分离出来。在基因工程中,限制酶是一种必不可少的工具酶,是进行 DNA 分子切割的特殊工具。目前已经发现的限制酶多达 20 多种,每一种都有极强的特异性,可以准确无误地进行核苷酸的识别。一般情况下,一种限制性内切酶能识别 4~6 个核苷酸序列。通过限制酶,体外切割后的 DNA,形成粘性末端,可与其他的 DNA

进行连接,但是自己不能直接连接。不同的 DNA 片段之间的连接需要另一种工具酶——连接酶的帮助。这种酶也是在细菌中发现的。所以基因与各种酶是不可分的,也是遗传信息的载体。生物的种类和数量越大,其所需的信息量也越大,而这个遗传信息是在几十亿年里消耗大量有序能量的基础上才得到的。尽管它的载体如此之小,却能达到纳米数量级,这是大自然的精华所在。信息个体具有高度有序性,将自然界各种物质综合成一棵树或一个人,以至人脑这样精细的结构,这是自然的杰作。而信息总量却随生物的多样性的增加,其信熵向负值方向增大。

当生物进化到一定阶段,由于人类的出现,并由个体进入群体,相互配合、相互依赖的关系加强,及互相沟通的需要,在长期的相互依存和矛盾中,产生了语言,了解其他事物包括大自然的规律,以方便农牧业需要,与自然的沟通也成为必然,产生了简单的几何、数学、天象知识。无论是语言还是认知,都属于信息范畴。随着社会的进步,生活水平的提高,人的精神需求突显出来,包括对人自身的认识,对大自然认识的总结和概括。产生了各门哲学学派,包括古代西方哲学和东方哲学学派,唯心主义及唯物主义学派,这些思想精华以信息的方式存贮于各类文字当中。当然,唯心主义哲学是一种主观信息,而唯物主义哲学是客观信息,它们不断地指导人的行为和思想意识,前一种信息使人认识自身,包括人的自身修养,对大自然的认识。在长期认识的升华和旧有意识的矛盾斗争中,将认识系统化,归类为自然科学和社会科学。前者在不断地发现发明和应用中,取得了非凡的成就,它不但使科学细化,而且极大地影响着我们的生活状态,这种信息是有能量的,就像邓小平同志指出的“科学技术就是生产力”。从它的形式来讲可以划分为繁多的自然科学门类;从它的载体来看,也在不断的更新其渠道,过去以书本为主,还有讲授,但如今其渠道之广可谓一言难尽,书本、广播、电视、电脑、网络五花八门。社会科学包括政治、经济、文化、上层建筑等等,我们称之为社会信熵。一方面信息量增大,信熵负值增加,另一方面信息的传播速度空前提高,信熵负值增长的速度急剧上升。

### 四、技术信熵对物熵的影响

回顾人类进化的历史长河,人由猿进化到直立行走经过了数百万年的时间,人类社会的进化史也经历了数万年的时间,在这个长期的进化过程中,人类创造性地开始利用自然,用物理的方法改造自然,如使

用简单工具,进行狩猎、采集,并有了语言。大约在6000年之前,由于人们对算学、几何、天象的经验性认识以及定居的需求,才有组织地利用太阳能种植食物,发展了农业和畜牧业。并在认知领域里创造了灿烂的古代文明,包括技术文明(青铜器、纺织、造纸、陶瓷等等),也包括精神文明(如音乐、美术、诗歌及各种哲学体系,如道学、儒学等等)。到了1750年,由于力学、热学及各学科的发展,使人类由农业社会步入了工业社会,创造了更多的新事物(蒸汽机、铁路、机床、轮船等及相应配套工程)。物质的种类的增加使得物质的有序度降低,物熵增大。上世纪以来,由于近代自然科学的迅猛发展,人们远看天外宇宙、近看微观粒子,可以用物理的方式搬动原子,如用隧道显微镜排列原子。所用电器的种类多到了眼花缭乱的程度,它使人类社会由体力劳动转向了脑力劳动,很大程度上改善了人们的工作方式和生活方式,和信息相关的产业所造就的产品,如电脑、手机等更是铺天盖地。可以用化学的方法合成成千上万种新型材料,以制备各类所需器件。可以用生物的方法改变繁殖方式,如克隆技术。另一方面从本质上讲,基于破坏性的事物也在超速度发展,从上个世纪的原子弹、氢弹,到上世纪末的各种地对空导弹、空对空导弹,各式超音速隐形轰炸机,各种核动力导弹巡洋舰及航空母舰、核武器、化学武器、生物武器,细想起来令人惊叹不已。在人的创造下,物质的种类已经在近200年里发生了翻天覆地的变化。

综上所述:伴随着物质的种类的增加,有序度降低,物熵增加。对于个体的物质,其有序度增加,这是以消耗能量并消耗物质的有序度为代价而获得的。比如木材,最原始的树木被砍伐后它的可用价值很高,可用来做房梁、桌子、床或是一次性筷子等,一旦被确认要生产的产品,将需要很多工序,如工具、人力、智慧等,这就是消耗能量和物质及信熵的过程,完工后可以看到做成的物品的本身的有序度增加,熵减小,但整个原来的木材的可用性降低,从整体来看其混乱程度增加,无序度增加,物熵增大。

### 五、热熵和物熵的增加对自然的影响

从整个宇宙的发展,地球演化及生命进化的过程和人类历史的发展过程来看,无论热熵还是物熵以及信熵,它们是同步增长的,热熵的增加伴随着物熵的增加,同时由于人的自然因素,追求有用物熵的目的性促进了技术熵和社会熵的负增长,而信熵的增加,正日新月异地改变着各类熵值的变化。信熵的增加其好的方

面是显而易见的。其一,增加了劳动者在这一领域行业的数量,使脑力劳动人数加大;二是改变了对能源的利用方式,如核能源、太阳能的开发和应用;三是丰富了人类的物质生活需求;四是丰富了人类精神活动,满足了人们对未知世界探求的渴望;五是建立了与社会发展同步的法律、政治、经济体系。但是与此同时,在我们不断追求完美生活状态的同时,却往往由于经验不足、急功近利、在条件不允许时,忽略了发展带来的负面影响。由于医学水平的大幅度提高,人的寿命不断延长,出生率不断提高,人口数量激增,如解放初期,中国只有4亿人口,而只在这60~70年里却增加到了12亿,而世界人口在1825年为10亿,1930年20亿,1960年30亿,2000年60亿,预计2100年到120亿。另外环境污染、温室效应、沙漠化、自然资源的匮乏,严重影响着人类的生存和可持续发展。

自然有其自身的规律,从前面所述我们看到,自然物熵和热熵成缓慢的增长趋势,人作为最高等的生物,也要参与这样的循环。由于信熵的作用及信熵的快速负增长,人在参与的过程中,正在或者说已经极大地改变了这种缓慢增长的熵的动态平衡。主要表现在以下几个方面:

由于人口的增加,污染也随之而来,使环境中物熵增大,有序度降低,环境的可利用率降低。

人类对水的污染已经相当严重,生活在印度亚穆纳河两岸的人们,已经习惯了它的脏乱不堪。各种漂浮其中的工业和生活垃圾剥夺了人们从中汲取生活用水的权利。尽管政府提出了治理计划,却无法在短期内为它彻底清洗容颜。原油在全球范围内的运输为各国工业送去源源不断的能源,而在运输过程中发生的各种事故却为海洋带来无穷无尽的灾害,对水体的污染不仅危及到其中赖以生存的各种生物,而且还严重影响了海洋的自洁能力。自60年代开始,世界上的重大石油污染事件已有近20起。1989年美国埃克森航运公司的油轮在阿拉斯加附近海面上形成8英里长、3.5英里宽的原油泄漏污染带。南极洲终年冰雪覆盖,这片“白色大陆”蕴藏着大量未被污染的淡水资源。然而,人类的活动已经开始频频威胁这片洁净的大陆。任何水域的生态一旦失衡,不仅意味着水体遭受了污染,还可能滋生其他环境问题。印度班加罗尔的湖泊由于藻类及水葫芦等植物的疯长,不仅造成鱼类的死亡和水质污染,还进而成为蚊子滋生地,增加了该区域居民因蚊虫叮咬而造成传播性疾病的风险。工业的迅速发展无形中提高了各类水源遭受污染的可能,而这种影响往往会直接破坏整个水域的

生态平衡。西班牙南部科托多尼亚纳国家公园的河，由于附近一家硫铁矿厂的废液池破损，500 万立方米的有毒液体毒死了大量鱼类。这个公园也是欧洲鸟类最大的栖息地，因此这些鸟类的生存也受到威胁。这些事实都充分说明了污染极大地破坏了局域环境的物熵动态平衡。

近 200 年来新的创造物大多是以消耗能源为基础的，消耗的能量是惊人的。这极大地破坏了能量的收支动态平衡，并进一步使热熵增大，空气中的物熵增加，造成温室效应。同时人为产生的很多新的废弃物，因难以快速进入生态系统的生物链中进行降解，而影响了物熵的动态平衡。

例如，一辆内燃机小汽车的理想状态效率为 30%，但由于各种损耗，实际效率却很低，如来自燃料箱的功耗为 70 千瓦，其中 1 千瓦被蒸发、26 千瓦通过散热片散失、26 千瓦由排气管排出、摩擦损耗 3 千瓦，有用的克服空气阻力和转动阻力的功率只有 9 千瓦，其工作效率为 13%。一座 1000 兆瓦的燃煤发电厂只有 40% 的效率，所以它将在 1 小时内消耗 2500 兆瓦的能量，向空气中释放出 1500 兆瓦品质低劣的热能，并伴随释放氧化硫（酸雨的成因）及二氧化碳（温室效应）及其他污染物。这个利用率以发达国家美国为例，1935~1975 年其每年的发电量成指数增长，如图 1 所示，因为在此期间内大约每 10 年电力产量就翻一番，于是 1935~1975 年间的增长率就是每年 7%。1975 年美国全部电能大约由 400 座大型发电厂提供，那么照这个速率 2005 年将会有 3200 座发电厂，但事实上前面已经谈过，石油和煤炭是在几亿年前贮存下来的，由于这一不可再生资源有限，1975 年后只维持在 7%~3% 的增长率上，但是消费却没有降低，所以中东石油输入就成为美国的一大外贸渠道，这些年中东地区的战争，石油才是根本的原因。由此可见，能量的转化不但极大地引起了地球熵值的增大，而且消耗能源的物质的大

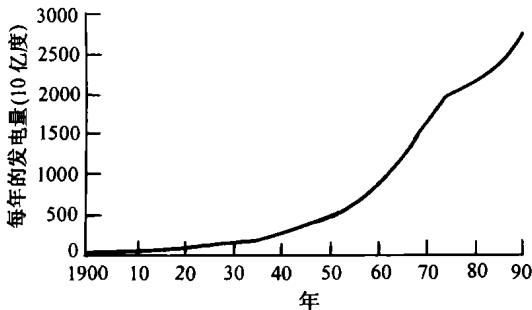


图 1

幅度增加又使这一情况急剧恶化，同时也引起人们为生存而战的悲惨结局。

能量的消耗，促进了空气有害物质的增加，物熵随之增加，并引起了全球变暖的严重后果。

二氧化碳在空气中的浓度增加，而二氧化碳对温室效应起着决定性作用，1750 年前后开始的工业革命

之前的几百年里，二氧化碳保持着天然大气浓度，大约为 280ppm ( $2.8 \times 10^{-4}$ )，从那时起  $\text{CO}_2$  开始积累，到 1995 年超过 360ppm ( $3 \times 10^{-4}$ )，即增加了 30% (见图 2)。由此所产生的全球化

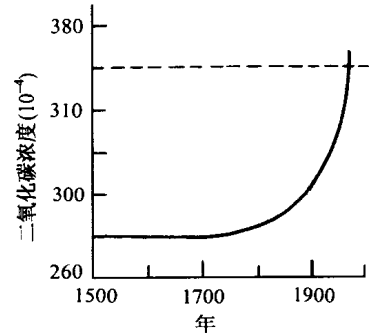


图 2

气候变暖也正以明显的态势显现出来 (如图 3 所示)。

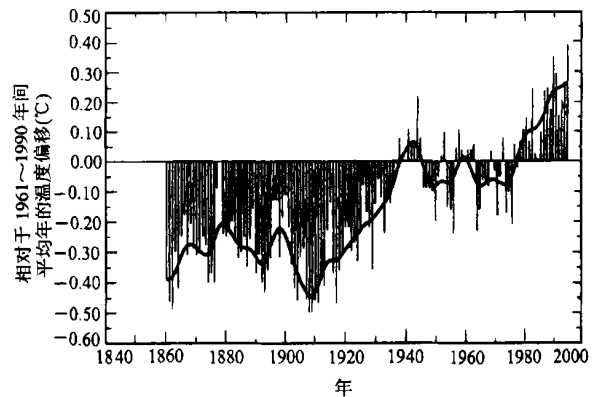


图 3

一方面非生物的种类单位时间增加量，引起能量的大幅度消耗，物熵和热熵增加。另一方面因物熵的增大，所造成的负面影响也是有目共睹的。过去的物质循环依赖于有机物与无机物之间、有机物内部之间在各类活性酶、菌及微生物的作用下进行的相互转化，但由于现在人类所创造的许多物质已经难以由大自然在短时期内消化分解和转化，如塑料、电池、核废料以及迅猛发展的信息产业所生产的电脑手机等各种电子产品的废弃物。虽然这个领域发展时间不长，但在功能上的优越性却使它成为世界主流行业。今后的发展势头可想而知，这种物熵的增加，如果不及时在事前进行周到而全面的考虑，问题是严重的。

中国在环境问题上也不容乐观，黄河断流，湿地大面积减少，森林的严重破坏，大庆油田几乎成无米之炊，中国人口众多，现在正处于经济发展的增长

期,随着经济发展,对车辆的需求,能源的需求将进一步加大,在这一关键时期如何防患于未然,是我们能否持续发展的重大问题。大量的事实说明:在极力使用技术信熵的同时,如果不考虑全面的生态影响,其负面结果会极大地违背人类的最终愿望。

人类在参与生物大循环过程中,人口暴增超速消耗着生物个体的有序度,使生物的种群数量不断减少。这使生物局域范畴物熵减小,但从整个有机物与无机物种类的整体来看物熵呈快速增长趋势。

环境污染已使得相当数量的生物在以极高的速率消亡,海洋生物、陆地生物在1900年以后生物种群的灭绝呈指数增长趋势,而人口的增长在这个时期也呈现出这种增长趋势。在这种情况下,人类在吃的方面出现两极分化,很多人条件好了,为了满足猎奇心理无所不吃。而另一些处于温饱线以下的人,为了达到生存的需要不得不无所不吃。在用的方面,为了治病的需要加工其他生物的药物,为了保暖或是美观制作各类以动植物为原料的衣物等等。每生产一种与生物相关的新的物品就要耗费其他的有序物质和有序能量及技术信熵,可以想象这个过程,大量消耗这些生物制品的结果使这些物种几乎灭绝或是已经灭绝。而每种生物形态不单是物质的有序表现,而且包括有极大价值的负值信熵,它们在生物圈的食物链中都扮演着重要角色。因而生物内部物熵减小,失去能量传递过程中的种群及数量的动态平衡,而在生产过程中,所附带损耗的有序能量、技术信熵、附加创生的为之服务的工具材料等极大地增加了物熵,并向水及空气中释放有害物质,使无序度进一步扩大,所以总体物熵迅速增加。这也是快速破坏自然中生物与非生物之间物熵的动态平衡的一个重要因素。

另外,值得一提的是,人作为生命体系中层次最高、个体能量消耗最大、相对寿命最长的种群之一,在以人为本的前提下,其结束的生命体大部分并不参与食物链中的能量传递,比如火葬,这种形式是将其能量全部用于增加热熵。

这些事实对生态平衡是一个严峻考验。这个速度太快了,大自然无法在短时期内调节这个严重失衡的非平衡状态。

## 六、社会信熵对人类的影响

社会信熵也会影响人的感知和价值取向,进而影响一个正常社会应有的秩序。对一个公平竞争的社会,这种信熵会促使人的奋斗欲望,只要有坚韧的

毅力、吃苦耐劳的精神和对社会的信任感和责任感,就会达到个人对物质和精神追求的完美统一,即生理需要和心理需要,包括生理、安全与保障需要,社会交往、爱情与友谊需要,尊重需要,最高层是自我实现需要(包括有意义、自我满足、乐观轻松、有秩序、正义感和真善美等)。在追求过程中的消耗是有价值和意义的。而相反的,一个不公正的社会,其信熵会极大影响人们对社会的认同程度,如果所存在的社会体系总是以关系、金钱、权力为主要说服力,那么其追求和人类共识就会发生很大的变化,人们会崇拜至高无尚的权力、无所不能的金钱,在关系这张无形的网中游荡、徘徊、快乐或悲伤;为了金钱不顾一切,造假卖假,正义感弃之脑后,自我需求不断膨胀,私欲蔓延,就谈不上对他人的关爱,对大自然的关爱更无从谈起,而在这种追求中所耗费的所有能量对社会只有百害而无一利。另外,公共媒体信息也很大程度地影响到青少年的思想意识。在当今社会物质生活已基本满足需要的情况下,如何树立一个精神偶像,树立什么样的精神偶像,是媒体应该慎重考虑的问题。目前电视剧、电影不断地将众多帝王将相及如云美女推上屏幕,正传有之,戏说有之,历史已经在这样的宣传下变形扭曲。当然,人是有多重性格和多面性的,如果宣扬一种精神,要看其主流。何为英雄?那些为正义奋斗终生的人,那些为博爱付出艰辛的人,那些为科学事业奋斗不息的人,他们是真的英雄,是他们使大自然永远处于美丽壮观,使人类和其他生物共享和平与安祥。

面对这样激变的能量及物种的非平衡态,我们应该积极行动起来,深刻审视我们的幸福观,反省我们不断增长的物质需求对自然环境带来的灾难,正确评价人在改造自然的过程中的积极及消极作用,全面分析大自然对改造的承受能力,合理利用物熵和信熵,尽力降低高速增长的能量消费的赤字状态,缓解热熵和物熵的快速增长,尽可能利用信熵来恢复能量和物种的动态平衡。人类之所以伟大,在于我们拥有大自然赐予的优秀的遗传信息,世代努力获得的高价值技术负熵、社会负熵,因为这些,使我们能够想人之所想,得人之欲得。但在不断为之奋斗的同时,尊重自然才是利用自然改造自然的最好途径。发展是硬道理,但在这几种熵的取舍和利用中,如何能做到大爱和博爱,并能及时缓解目前的各种危机所造成的困境,也是造福于所有地球村民的大事。博爱归根结底还是爱人类自身。