

论人口、资源、环境与熵

滕业龙 郑玉林

人口、资源、粮食和环境问题，是当今全人类都面临的四大问题。我国已将“实行计划生育”，“十分珍惜和合理利用每一寸土地，切实保护耕地”和“保护环境和生态平衡，防止污染和其它公害”作为基本国策。我国这三项基本国策不仅对本国具有重大的战略意义，而且对整个人类文明的进步也是一大贡献。

人类发展的历史，归根到底是人类不断追求丰裕和幸福的物质文化生活的历史，也就是不断利用自然和改造自然的历史。人类在利用和改造自然的许多方面已经取得了辉煌的成果，不仅摆脱了其它生物种群的侵扰或鲸吞，成为地球名符其实的主人，而且建立了高度丰裕的物质世界和高度文明的精神世界。然而正如恩格斯所告诫：“我们不要过分地陶醉于我们对自然界的胜利，对于每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。每一次胜利在第一步都取得了我们预期的结果，但在第二步、第三步都有了完全不同的出乎我们意料的影响，常常把第一步成果又取消了”。^①人类对自然界的每一次胜利都使人类自身付出了代价，即人类赖以生存的地球的总熵值迅猛增加了。

一、能量守恒与熵定律

熵(entropy)，作为热力学的一个术语，是用来衡量系统的混乱度的大小的。人类赖以生存的地球基本上是一个封闭系统。所谓封闭系统，是指任何一个与其周围的环境只

有能量交换而没有物质转移的系统。对地球而言，如果考虑能量输入，仅限于太阳光照的能量流入，而能量流出只有地球以热辐射的形式放出能量。在物质方面，除了来自宇宙空间的陨石外，再没有自地球外部进入的物质；至于物质流出，也只有很轻的物质即氢向宇宙空间飞散及少量人类制作的宇航装置飞入太空。因此，若站在宇宙空间的角度来考虑，则地球虽然不是一个完全的封闭系统，但可以近似地将之看成是一个封闭系统。如果从地球本身来考虑，则可以将之看成是由岩石圈、大气圈、水圈、土壤圈和生物圈五个子系统组成的，生物圈对其它各圈起着主导作用。必须指出的是，所谓系统是指由一组相互依存、相互作用和相互转化的客观事物所构成的具有特定功能的整体，作为它的组成成分，相对来说被称为子系统。当然子系统也都是可以再分的，因而实际上客观存在的系统都是多级递阶系统。生物圈作为地球的一个子系统，而人类社会只是生物圈的子系统，不同的国家又是人类社会的子系统。理解这一点是非常重要的，因为在任何一阶系统内，子系统总是相互依存、相互作用和转化的。

在地球封闭系统内，物质总是在不断运动的。就某一子系统而言，其运动状态可以发生变化，但这种变化不是凭空而来的，从低能量的运动状态进入高能量的运动状态，其它子系统必须对该子系统传递能量，反之

^①《马克思恩格斯全集》，第20卷，第519页。

亦然，该子系统能量变化大小正好等于其它子系统传递的能量，这就是能量守恒定律。它说明了整个宇宙的能量总和是一个常数，即谁也不能创造和消灭能量。地球系统内的能量大体上可以分成两大部分。第一部分是地球上物质的原子核能和地热能，这部分能量在生物圈形成之前就存在了。第二部分是太阳能在地球上的积累和贮存，这部分能量是在地球上出现生物之后才存在的。绿色植物通过光合作用，将太阳能积累并贮存下来，动物摄取植物贮存的太阳能并将其一部分也贮存在体内。地球上的化石燃料都是上古时期动植物贮存的太阳能。大量的实践证明，第二部分的能量是可供人类直接转化的，而第一部分能量必须使用了第二部分的能量才能为人类所利用。既然能量不可能消灭，当今人类社会就应该不存在能源危机及粮食危机了，熵定律从理论上可以说明这些危机的症结。

熵定律告诉我们，在任何一个封闭系统内，能量只能沿着一个方向转化，即从可以利用到不可以利用，从有效到无效，从有序到无序。如燃烧一块木材，它的能量虽然没有消失，却经过转化随着二氧化碳及其它气体一起散发到空间去了，能量的确没有消失，但再不能将这块木材重烧一次来放出同样的热了。熵定律解释了这一现象，它告诉我们每当能量从一种状态转化到另一种状态时，我们会得到一定的“惩罚”，这个“惩罚”就是我们损失了能在将来用于作某种功或放出热的一定能量。

地球上万物的形态、结构和运动都只不过是能量的不同聚集与转化形式的具体表现而已。如一块香皂都能体现从一种形式转化成为另一种形式的能量，制作这块香皂一定转化了其它地方积累起来的能量，生产工艺需要能量，运输需要能量。消费这块香皂，它所包含的能量并没有消失，而只是转移到其它地方去了。尽管香皂原来包含的能量没有消失，但却永远再不能具有洗涤效果了，因

为香皂从有序状态变成无序状态了，这种无序度或称为混乱度也就是熵。实质上熵是不能为人类使用的能量总和的测定单位，在一个封闭系统内，要把能量转化为功，这个系统的不同部分之间就必须有能量集中程度的差异即温差，当能量从高集中程度转化到低集中程度，就作功。每一次能量从高水平转化到低水平，都意味着下次能再作功的能量就减少了。这种不同的能量状态分别被定义为有效能量和无效能量。熵的增加就意味着有效能量的减少，而在一个封闭体系里，能量水准的差异总是趋向于零，如果没有外界负熵的流入，熵值的增加是自发的、不可逆的过程。必须指出的是在一段孤立时间内的一个特定场合，可以逆转熵的过程，但同时必须转化更多的有效能量，使整个环境熵的总值进一步增加。一幢摩天大楼拔地而起，完全是一个从无序到有序的过程，但花费的建筑材料如砖、水泥、铁筋等，都在另外地方转化了有效能量。熵定律揭示了在一个封闭系统内，所有能量总是从有序状态向无序状态转化。当熵值处于最小状态时，即有效的量处于最大值，整个系统也就处于最有秩序的状态。相反，熵为最大值、有效能量就处于完全耗散的状态，系统的秩序最乱。

二、人口与熵定律

人类诞生以前，地球上就是一个生机勃勃的世界，有花，有鸟，有飞禽，有走兽。有密茂的植被、广袤的沃土和丰富的矿藏。对今天人类来说，那时地球是一个自然资源极为丰富的世界。各种生物在自然法则下，有条不紊地生活，生老病死各得其所。整个地球有效能量多，具有高度的秩序，熵处于低值状态。人类诞生之初，在采集—狩猎型社会里，人类转化有效能量很少。只是到了后来人类征服自然本领变大了，使得人口增加，其结果仅靠采集、狩猎已不能满足自身生存的有效能量需要了，人类不得不由采集—狩猎生产方式转为种植、养殖生产方式。

人口进一步增加，使人类不得不开垦更多的土地、毁林造田。现代人类不断追求舒适和丰裕的物质文化生活就必须不断地耗散越来越多的有效能量。

世界人口的增加是地球熵值增大的主要原因。在地球封闭系统内，每一个生命都在耗散着有效能量，它从周围环境摄取有效能量使自身能够朝着与熵值过程相反的方向发展，即完全依靠制造周围环境的混乱来维持自身的秩序。植物通过光合作用而生存，光合作用是从太阳光中摄取负熵。在由青草—蚱蜢—青蛙—蛙鱼—人类组成的食物链中，在其每一个环节都要把有效能量转化成无效能量，使地球整个系统损失更大的秩序。实验表明，食物链的每一个环节，平均仅有10—20%的有效能量被吸收后留在体内，再被转化到食物链下的一个环节，而占吸收有效能量的80—90%的有效能量则完全被浪费，并以热量或功的形式损失在生物圈以外了。据测算，一个人要维持生命得以延续，每年要消费大约300条蛙鱼所蕴藏的有效能量，这些蛙鱼要吃掉9万只青蛙，9万只青蛙要吃掉两千万只蚱蜢，而这些蚱蜢又要吃掉1000吨青草。维持一个人活着对地球熵值增加竟是如此之大。

从历史的角度看，地球熵值的迅猛增加是一种短暂的突变现象，这是因为人口的急剧增长只是在近代才出现的。人口的急剧增长迫使人类从周围的环境中摄取越来越多的有效能量，从而使地球总熵值迅猛增加。仅仅维持一个人活着每年就要消耗大约1000吨青草所蕴藏的有效能量，而活着的人们总是在不断追求舒适、丰裕和幸福的物质文化生活，即除了从能量角度上的饮食外，还要燃薪做饭、穿衣御寒、交通旅游、文化娱乐等一系列物质文化活动，这些活动的每一个环节都消耗着有效能量。因此，与其它生物一样，人类生来就不是有效能量的创造者，而只是它们采集者和转化者。不采集和消耗地

球上的有效能量，任何人就不能生存；不采集和消耗更多的有效能量，任何人就不可能活得更舒服、更惬意。

在整个地球系统内，由于南北差距，人类消耗有效能量是极不平衡的。占世界四分之一的人口消耗三分之二的有效能量，而占世界人口近一半的人口仅仅能够维持温饱。就粮食而言，发展中国家的人均消耗热量仅为发达国家的三分之二左右，蛋白质仅达二分之一，而高质量的动物蛋白只有五分之一。如果把饲养禽畜间接地为人类所消耗的粮食加进去，那么发达国家中居民人均消费粮食便是发展中国家的三倍。

发达国家的经济增长，是以人均消耗大量的有效能量作为基础的。它们对把地球熵的总值增加，其人均值要比发展中国家大得多。以美国为例，它的人口仅占世界人口的6%，却消耗相当于全世界除粮食外的有效能量的40%。因此，如果发达国家人口与发展中国家人口按同一比例增长，并且不巧取豪夺发展中国家的有效能量，要实现大幅度的经济增长是不可能的，甚至难以维持目前高标准的生活水平。

发展中国家以目前的人口数量，在近期要想达到发达国家的经济水平，也许是不可能的，除非能充分利用到来自地球系统以外的有效能量。地球作为一个封闭系统，各种物质以其有限的数量，参与各种循环和反应。就有效能量而言，对于人类在地球上生活的短暂时间内，几乎只是一个定值，因为它们的循环需要经过亿万年的漫长时间。举例来说，实现高标准的生活水平，就必须有现代化的医院、学校、高速公路、电气化铁路等公共设施，这些公共设施实质上就是有效能量不同的凝聚形态。因此，如果发展中国家以目前的人口数量，经济发展到现在发达国家的水平，那么地球熵的总值将会更大，自然资源将会更少，有效能量耗散得会更多。

即使地球人口保持“零”增长，随着人

类历史的发展,地球熵值仍然会有所增加,这也许是一条难以抗拒的自然规律。但是人类可以采取各种方法,包括技术进步,使地球熵值的增加速度降到最低的程度,使人类能够持续不断地发展。

三、资源与熵定律

1. 土地资源与熵定律。大多数农民都能认识,即使有温和的气候和充足的阳光,也不可能同一块土地上年复一年无休止地种出同样数量和质量的作物来。某一时候长出一颗麦苗,都意味着将来在同样的一块地方将少长一棵麦穗,这是因为土壤圈和其它系统一样也遵循着熵定律。土壤是由有机质和无机胶体组成的复合体,加上土壤微生物区系及酶的多样性才能使作物能够生长。然而土壤的存在是暂时的,并不是地球表面永恒的附着物,最终它或化为尘埃随风而逝,或变成沉积物被冲入大海。肥沃的耕地也是有效能量的一种聚集形态,是熵流程的一部分。作物摄取了土壤中的负熵才能维持自身的秩序,从而使土壤的熵值不断增大。

在一定的时间内,只要土地侵蚀的速度慢于大自然将岩层和生物排泄物风化成交土的速度,那么人类就可能将表土维持在接近稳定的状态。但是由于风暴、干旱、洪涝等自然灾害的作用,尤其是人类活动的干预,现在土壤侵蚀的速度远远大于了自然恢复表土的速度。人类对土地的过度开发以及生态系统的破坏,使土壤中可供作物生长的营养物质减少了,结果有些地方土壤熵值剧增。

土地作为有限的自然资源的观点,为越来越多的有识之士所共识。据地质学家测算,恢复8厘米厚的表土大约需要600年的时间。很显然,地球表土的熵值增加是一个非常现实和持续的问题。遗憾的是许多人对此并没有充分认识。大批沃土被混凝土和沥青复盖了,丧失了土地所特有的功能。对土地只有索取而较少投入,使土地的肥力下降,从而使植物不能有效地转化和贮存太阳能。

不仅如此,土壤和植物组成的特定的系统,会对人类活动而造成的环境污染起到净化作用。因为这个系统如同一只强有力的过滤器,通过这一系统的物理、化学及生物学过程,将环境中污染物质起到消解和转化的效果。因此,珍惜和合理使用现有的土地资源是人类缓解地球熵值剧增的有效办法之一。

2. 森林资源与熵定律。众所周知,在一切自然资源中,森林赐予人类的恩惠最多。森林是人类的发祥地,人类祖先在森林里靠采集野果和狩猎动物为生,尽管人类走出丛林已经很久了,但森林为人类造福一刻也没有中止。它调节区域性气候,使气候更加温和宜人;它涵养水源,提供源源不断的洁净水;它保护林区植被,使下游免遭旱涝之苦,并进而使下游土壤及土壤养分不致于流失。

森林对人类最大的贡献至今还未为人们完全认识,那就是森林能通过光合作用源源不断地从地球系统之外的太阳摄取负熵,使地球系统的熵值降低,有效能量增加。这些有效能量集中在各种野生生物体内,它们已有效地为现代人类广泛使用。以森林作为栖身养息场所的野生生物为人类提供的优质皮料和高质量蛋白,成为人类高标准生活的消费品。

更为重要的是,森林里的野生生物经过了漫长的进化过程,为人类提供了食物生产的遗传基地。每一生物进化过程实质上是直接或间接摄取太阳负熵的过程,所谓“优胜劣汰”就是能够最大限度地摄取周围环境的负熵,使自身形成高度的秩序,而得以生存,否则就遭淘汰。能够生存到现在的野生生物,简直难以想象它们从周围的环境中摄取了多少负熵。人类育种、驯化牲畜和水生生物是以它们及其野生亲缘物种所含的遗传物质作为基础的。没有野生生物遗传的多样性,即使人类耗费再多的有效能量,也难以发展

和选择食物品种,“绿色革命”也就无从谈起。

3.海洋资源与熵定律。海洋是另一个摄取太阳负熵的重要场所,海洋中的浮游植物,通过光合作用将太阳能贮存在体内,再经过食物链的作用,为人类聚集了大量的有效能量。平均说来,鱼和其它海味各占人们饮食中总蛋白摄入量和动物蛋白摄入量的6%和17%。海洋动物作为独特的化工原料来源,为人类发展化工、医药和生物遗传研究节省了许多有效能量。海洋和土壤一样,对人类造成的环境污染同样起着净化作用,这些净化作用主要是通过海洋生物的作用而实现的。

海洋对环境污染的净化作用是有限的,当污染负荷超出了它所能承受的“弹性强度”后,它的生物生产量就会受到影响,直至全部丧失生产能力。更为严重的是,毒化了的海水降低了食物链中海味品的“生物学质量”,造成的残毒会直接或间接地危害人类的生命和健康。不幸的是,人类为了维持自身的秩序或过度地从海洋中摄取负熵,或向海洋中排放和倾倒有毒有害物质,使污染负荷超出了海洋所能承受的程度。某些地方由于污染,大批海洋性生物直接死亡。人类对某些海洋动物的过度捕捞,极度破坏了海洋生态系统,使海洋为人类提供的有效能量大为减少。

海洋生物是人类有待于开发利用的最后资源。本世纪五十年代,从海洋生物中发现了一系列奇迹般的药物,其中一些作为民间土方已被使用了几个世纪,加上对陆地野生生物的药用研究,几乎爆发了一场医药革命,人类从实践中认识到野生生物王国就是新化合物丰富的储库。一项研究显示,现代备用的药品约30%都来源于海洋生物,而不是来自合成化学家的实验室。美国洛杉矶加州大学威廉·玛克勒博士说:“将来会从海洋生物体中获得大量较好的药物。当然

有上千种海洋生物和陆地生物一样,必须保护它们自己,以防受到疾病和环境的侵害,因此,它们体内肯定存在具有生物活性的药剂。”^①人类对海洋生物的药用及遗传研究,还只能说刚刚开始,同时,由于一些尚未研究的物种灭绝,这种研究大受损害。

必须强调指出的是,独特的、尚未研究的生物种灭绝和生态系统的破坏,意味着这些生物在进化过程中摄取周围环境的负熵完全耗散,会给人类带来不可逆转的损失。关于生命系统和生态学上的相互关系的基本知识,其中大部分都有待于进一步研究,这并非仅仅是学术上所关切的事,它构成了人类理解世界是怎样变化以及人类在其中所处的地位。耗散掉生物体内的负熵和丧失科学上的机会一样,从性质上都是难以预测的。不管现代工艺技术多么高明,人类的最终活动还是依赖于交织在生态网中的各种生物学过程,这些生态网是如此复杂,以致其稳定性受到干扰的后果是无法预言的。

四、环境保护与熵定律

人类为了维持业已建立的生命秩序和社会秩序,就必须破坏人类社会以外的地球上其它各阶子系统的秩序,即必须耗散地球上其它生物聚集的各种形态的有效能量。能量既不能被产生又不能被消灭,而只能沿着一个方向转化,即从可以利用到不可以利用。从这个意义看污染就是熵的同义词。也就是说,每当地球系统内发生了一件事,一定会有一定的有效能量被转化成不能再为人类利用的无效能量。许多人认为污染是生产的副产品,而实际上它只是生产过程中全部有效能量转化成无效能量的总和。因此,更为广义的污染是在某一系统中存在的一定单位的无效能量。

我们已经知道,在一段孤立的时间内的一个特定场合,可以逆转熵的流程,但我们同时必须消耗更多的有效能量,并使整个环

^①引自Philip·J·Hilts:“Useful Drugs Found in Sea Creatures”,Washington Post, Jan 6,1981.

熵的总值进一步增加。理解这一点对环境工程治理有特殊的意义。许多人相信,只要我们发展适当的技术,一切生产过程中所造成的环境污染都可以得到有效的治理。其实不然,虽然更为有效的治理技术对环境的效益和社会效益的确有非常重要的意义,但在所有治理过程中都要耗散另外的有效能量。这种局部环境污染通过治理得到的环境效益和社会效益,都使其它地方消耗了更多的有效能量,从而使整个环境熵的总值增加得更多。

一旦生产过程中已经造成了环境污染,无论是废气、废水还是废渣,用一般的人力或机械设备进行的污染治理,从有效能量被耗散,环境熵值增加角度看是没有多少实在意义的。因此在制定环境保护战略时,一定要实行预防为主方针。这种方针的实质是在了解人类活动可能产生对环境不良后果的前提下,预先采取防护措施,防止环境污染及其它公害。这要比那种产生了环境污染之后再治理的消极做法对人类健康和社会经济的损害大为减轻,地球的有效能量也可大为节省,起到的环境及经济效果也要好得多。实行以防为主的关键是要全面规划、合理布局,也就是要求经济与社会发展不能仅仅考虑经济规律,而且还要注意生态规律,以求得经济、社会和环境的协调发展。

推广低污染生产工艺是人类缓解地球熵值急增的有效途径。我国国务院早在1983年就作出了防治工业污染的规定:“采用能够使资源、能源最大限度地转化为产品、污染物排放量少的新工艺,代替污染物排放量大的落后工艺;采用无污染、少污染、低噪声、节省资源的新型设备,代替那些严重污染环境、浪费资源能源的陈旧设备;采用无毒无害、低毒低害原料,代替剧毒有害原料;采用合理的产品结构,发展对环境无污染、少污染的新产品,并搞好工业产品的设计,使其达到环境保护的要求;采用技术先进、效率

高和经济合理的净化处理设施,代替效率低、运行费用高、占地面积大的净化处理设施。”这个规定的实质就是在发展生产的同时,节省一切可以节省的有效能量,以避免环境熵值大幅度增加。

如同第二类永动机不存在一样,不存在不使地球熵值增加的人类社会活动,即人类每做成一件事,都要消耗地球的有效能量使原有的秩序降低,而熵值增加。虽然污染总是不可避免的,人类也不会束手无策。人类可以把环境污染治理同生态系统有机地结合起来,通过生态系统从太阳中摄取负熵,将因环境污染而增加的熵值抵销,从而保持地球总熵值不变。要做到这一点也许是困难的,而要实现这一目标,就必须发展新的技术。

在一切使得地球熵值增加的因素中,人类对有效能量的浪费最令人痛心。浪费就意味着有效能量的转化率为零,会加快有限的自然资源的消耗速度。如据化工部门200多个企业的调查,我国由于设备陈旧和工艺落后,每年投入生产的原材料,转化成产品的只占总投入量的三分之一,其余三分之二变为有害环境的“三废”排放掉了。因此,对公民进行艰苦朴素和厉行节约增收节支教育,对缓解地球熵值剧增十分有益。

五、结束语

人类赖以生存的地球是一个有限的封闭系统,而人类社会只是这个系统的子系统之一。人类社会与地球系统内的大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈和生物圈有着千丝万缕的联系,这些联系归根到底是人类的任何活动都要从这些子系统中摄取有效能量,使地球总熵值不断增加。人类缓解地球系统熵值急剧增长的途径主要有两条:首先,人类自身要控制人口增长,降低人口对环境的压力;杜绝浪费现象,最大限度地利用一切形态的有效能量;其次,人类要发展绿色植物

(下转第10页)

(7) 优先划给宅基地或划给较好的宅基地。

(8) 对晚婚晚育者优先分配住房,对独生子女家庭分配住房面积给予照顾。

(9) 对独生子女入托、入学、就医等方面予以优待。

(10) 对报名终身只要一个孩子的母亲延长产假。

(11) 提高独生子女父母和无子女者的退休金。

(12) 开办独生子女系列保险和节育手术保险。

(13) 独生子女要求参军的可以优先。

(14) 对男到女家落户的予以优待。

(15) 给予精神鼓励,使其得到精神利益,如颁发荣誉证书、纪念章、上光荣榜、公开表扬、介绍经验等。

(16) 在农村开办计划生育养老保险。即从各地实际情况出发,通过多种途径筹集资金,采取多种形式为独女户父母、两女绝育户父母、独男户父母办理养老保险。这是在改革新形势下,对几千年来农村养老制度的根本变革,具有划时代的意义。由于老有所养社会化程度的提高,淡化了必须养儿防老的观念,对引导群众树立新的生育观产生了决定性的作用。凡是计划生育养老保险办得好的地方,按政策条例生二胎的夫妇纷纷申请不要二胎指标,决心终身只要一个孩子,计划生育工作出现了可喜的新局面。

计划生育利益导向机制不仅适用于实行计划生育的个人,也可因地制宜地适用于计划生育先进工作者和计划生育先进单位,采取精神鼓励与物质鼓励相结合的方法,公开表彰计划生育先进单位和先进工作者。如对基层计划生育干部给予一定的待遇和照顾,对完成人口控制指标的地区和单位给予奖励等等。

实践证明,开始运用计划生育利益导向机制的地方都收到了很好的效果。通过利益导向,缓解了社会同家庭在人口生产上的利益矛盾,消除了不利于计划生育的因素,调动了各区、各单位和群众实行计划生育的积极性,有力地启动了人口控制的内在活力。计划生育利益导向新机制对控制人口增长的作用,必将越来越明显,越来越大。今后,随着改革的深化和社会主义生产力的提高,应当不断完善计划生育利益导向机制,在控制人口增长的伟大实践中,把社会制约机制和利益导向机制有机结合起来,使这两种机制相辅相成,互为补充,互相促进,尽快建立起符合我国国情、具有中国特色的人口控制机制,以保证人口控制目标的实现,促进社会主义现代化建设的发展。

(作者工作单位:国家计划生育委员会)

(上接第39页)

的复盖率,诸如植树造林、发展农、林、牧、渔业并存的综合生态经济,最大限度地摄取太阳的负熵;对已造成的环境危害,充分发挥大自然的自净能力,用环境生态治理作为清除环境危害的主要手段。由于系统的多阶

性,人类应该团结起来,协调行动,共同迎接未来的挑战。

(作者工作单位:滕业龙,
常州环境保护研究所;
郑玉林,航空航天工业
部第603研究所)