

# 熵增加原理与绿色发展

► 闫长明

闫长明，清华大学学士、硕士，加拿大渥太华大学硕士、博士。清华大学对外-加达国际化培训中心主任。清华校友总会理事，清华企业家协会理事。欧美同学会第六届理事会副会长、加拿大分会前会长，海归创业学院执行院长。曾获清华大学实验室成果奖，国家科技部科技成果三等奖。

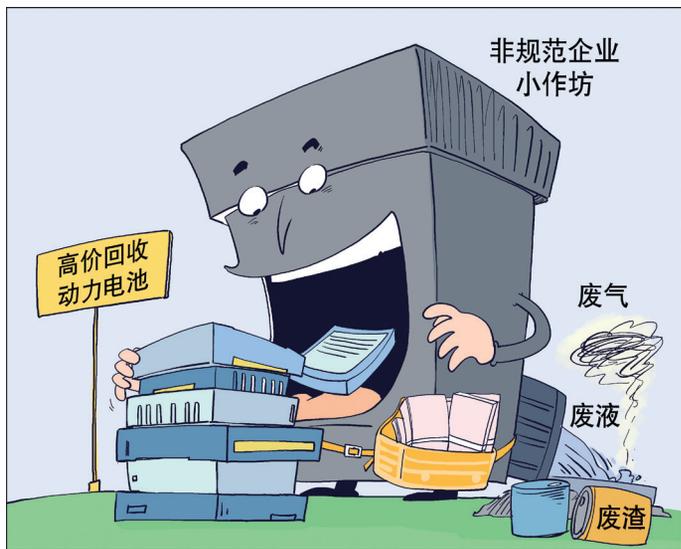


人类应该庆幸生活在美丽和谐的地球生态中。迄今为止还没有发现有第二个星球有这样适宜人类和万物生长的环境。地球出现已经有几十亿年，人类出现也有数十万年，大多数时候地球与人类相安无事，和平共处。人类只是自然界物种之一，地球遵循自然规律演化持续。但近百年来人类工业化的快速发展改变了地球生态，大自然秩序被打乱，甚至造成严重污染，这种发展模式不可持续。有没有什么指标既可以科学描述混乱度，又能成体系地研究和规范自然秩序？熵

是混乱度的表征，是热力学中的专业术语，用于表达热力学第二定律，也可以用于社会学研究社会发展过程。造物主创造了美丽的自然界和宇宙万物，人类为了满足自身发展，增加了地球的混乱度，甚至造成了环境的污染和破坏。人类制造熵增。根据热力学第二定律，对于地球而言，即使没有人类，地球的熵值也是在逐渐上升的，只不过近代人类的活动大大增加了地球的熵值上升的程度。

熵增加原理是热力学第二定律的另一种表达方式，即在没有外界干扰的封闭体系内，体系内的物理化学性质将趋于平衡稳定。热力学第二定律表明：封闭体系变化过程只能从有序到无序，而不是相反。比如一杯开水，热量逐渐释放到周围空间，杯中水温逐渐降低最终与室温一致。再比如把盐撒入水中，盐颗粒逐渐溶解在水中，形成浓度均匀的溶液。如果外界条件不改变，以上的两个过程不可逆转。一杯水的温度不会自己升高，溶液中的盐也不会自动结晶成盐颗粒。

大自然造物极其精妙，日月星辰都在按照自然规律运转。太阳系、地球、森林、植物与人都是自然生态体系。人类在数十万年的演化进化过程中，是大自然生态链中的一环。人类



环境污染隐患 新华社发 勾建山 作

也是高等智慧动物，进入工业化时代以来，产生了许多发明创造，如蒸汽机、火电厂、火炮、汽车、电脑和手机等。越来越智能的产品加速了人类文明进步，为人类生活提供了极大便利。对于物质和商品的依赖让人类走向“拜金主义”，现代价值观更多建立在物质资源占有的基础上。财富排行榜上富豪的社会影响力普遍高于思想家、艺术家、科学家或政治家。人类不遗余力地大规模生产各种商品，

以现代金融手段进行资本运作，以高于现在使用资产很多倍的估值融资或交易。商品加速生产和资本未来估值加快了现有资源、能源消耗，环境被污染和破坏加剧。未来更大的风险是发展模式不可持续，今天的估值将来无法保持或交易，导致未来不可控的“熵增加”。二氧化碳浓度增加导致气候变化如同病人的体温升高，只有退烧药可以暂时降温，如果没有消除病因，可能将是很大的隐患。人类社会的“熵增加”使地球不堪负重，熵增加还在加速，如不能从根本上找到解决办法，地球环境将难以修复，这颗星球将不再适合人类和许多生物生存。

在人类出现的数亿年前，地球郁郁葱葱被森林覆盖。森林吸收二氧化碳，释放氧气，形成大量的生物质，满足地球上动物和植物的生态需求，生态可持续发展。地壳变化沧海桑田，陆上森林和海洋生物被掩埋在地下，经过数千万年的热和压力作用，形成了煤炭、石油和天然气。这些过程极其漫长，熵增加极为缓慢。后来人类进入蒸汽机时代，发明了机车和火电厂，将煤炭、石油、天然气等化石燃料投入炉膛，几千万年形成的物质在不到一秒时间内燃烧殆尽。热量被人类利用，二氧化碳被无节制地排放到大气中。地球大气不分国界，二氧化碳浓度过高带来的气候问题需要人类共同面对和解决。这种人类活动带来的熵增加是地球以前没有过的，治理也要靠全球人类共同努力，没



有国家可以置之度外。

燃烧是最大的熵增加。如煤炭、石油化学成分极其复杂，分离裂解过程是复杂多次的，在不同反应条件，如温度、压力以及不同的催化剂之下可以提炼或裂解出许多有价值的化学品，这些化学品可以是医药、生物、工业原料，再合成人类所需的各种产品，在化学反应过程中放出能量。现在化学化工技术可以设计并有效地控制化学反应，引导反应按照合理的方式和路径进行，这就是“绿色化工”或“绿色合成”，清华大学金涌院士、北京化工大学谭天伟院士、国家特聘专家路万里博士等是此领域的开拓者和先行者。绿色化工或绿色合成，即是将反应变化过程中的“熵增加”降为最低。化石原料中许多复杂物质经过分离和裂解后可以产生较高经济价值，如果只是简单一把火让其变成最简单、能量最低的二氧化碳物质，是极端的熵增加过程，实在太可惜了。

根据熵增加原理，如果要保持系统的可持续进行，则要尽量减少物质和能量的消耗，把过程中的熵增加降为最低。研究的体系和过程可以是微观的或者宏观的，也可以是自然科学或社会科学。如火电厂，未来在“熵增加”理论体系下如何进行改造？当煤炭作为原料进来，经过绿色化工设计后，有用的化工产品被有序地生产出来，不会有废固废液和废气的产生，反应过程中释放出的能量将用于发电供热等。这样的发

展模式将是生态可持续的，在理想的生态发展过程中几乎不会给自然带来环境影响和破坏，即人类活动的熵增加接近于零；这是“碳中和”的最终理想表述。

熵增加原理可以被广泛用于科研、工业、经济、环境、政府的绿色发展和“碳减排碳达峰碳中和”评价与指导体系。在2009年气候变化哥本哈根会议上，全球主要国家协商达成一致，共同承担二氧化碳减排责任，并建立了“清洁减排机制(CDM)”。中国作为发展中国家签署加入。中国改革开放取得了举世瞩目的成就，经济规模得以巨量增长，甚至成为全球制造业的中心。这个制造业中心得益于全球化的分工、中国的改革开放政策和中国人民的勤劳勇敢与智慧。但发展的代价也是巨大的，过度消耗了资源和能源，中国用生产的低端产品如纺织品、小家电、圣诞礼品等，换取西方国家高附加值的电脑、芯片和药物等，许多资源和能源如铜、铝、铁等多种矿石和石油、天然气甚至煤炭都大量进口。产生的矿渣量、二氧化碳排放量等污染物都是全球第一。固废废渣留在中国搬不走，其他国家不关心，但二氧化碳飘到天上为全球共享。小小地球村拥挤不堪，已承受不了世界各国造出来的各种垃圾，构建人类命运共同体已刻不容缓。中国国家领导人积极主动宣布力争实现“2030年碳达峰、2060年碳中和”的目标，既是对全球的庄严承诺，又是在主动承担全球社会责任。从熵增加原理看工业社会发展，即是社会发展的熵值增加过于快速，如不从根本上调整改变，人类发展不可持续，甚至已到失控的边缘。用熵增加原理指导绿色发展，可以有效对“碳减排碳达峰碳中和”做出科学量化，做出模型，规划、实施和监督整体过程。全球努力，降低地球和人类的混乱度，走上和谐共享生态发展之路。

熵增加原理有着生物学意义。一个人从出生到衰老，可以理解为熵增加。为了延缓衰老，我们要保证足够的营养和不要太过剩的能量，保持健康的体魄。人类是智慧生物，还要有思想的修炼和提升，这些可

以有效抵御熵增加，增加生命的长度、广度和深度。

熵增加原理可以解释或指导社会学的行为和和发展。人类早期是野蛮的，在许多地方存在掠夺和杀戮，通过这些极端手段可以维持自身部落的生存和发展，但对别的部落或更大的体系来说就是破坏和灾难。原始社会人口很少，不会构成地球资源消耗，也不会影响其他生物。但如今人类太强大了，不能恣意发展自己而破坏环境，需要承担保护环境和地球的责任。这就如同大家共同生活在拥挤的大院中，以前大家都往院子里倒脏水，但时间长了大家都受不了，于是就要商议形成一个规矩，从现在开始都少倒或者不倒脏水，小院不再混乱不堪了，即熵增加速度减小，院子重新变得干净整洁了。

美好生活是所有百姓努力追求的目标，但其实幸福与快乐往往不需要消耗过多的物质和能量。比如美酒佳肴，我们追求色香味的极致、充分的营养和适度的能量。色香味的感官在耳鼻喉舌，胃囊不是感官器官。胃囊是最高效的反应器，无论是美酒佳肴还是粗茶淡饭对胃囊都是一样的，都只是营养和能量。如果多余的能量使用不完，便储存起来成为脂肪。享用一顿豪华美酒大餐之后需要花更多的时间在健身房锻炼减肥，否则容易生成各种现代病，但减肥、看病或住院的费用远高于食物的成本。未来低热量、全营养、口感好将是减少熵增的理想食品，这是理想的减排理念，也是生活方式、消费观和价值观的转变。

人类是造物主的杰出作品，造物主不只造了人类的身体，还给了人类灵魂和思想。人类既由物质组成，又有丰富的精神世界。人与其他动物有根本的不同，人类积极向上是熵减过程。“躺平”的青年放弃奋斗的动力，生命活力降低，难以体验人生的快乐与幸福。人类摆脱不了物质的熵增过程，但造物主赋予人类的智慧，让我们主动思考减少物质的欲望，减少地球的熵增。冷静地思考未来，树立健康的生活方式，建立绿色生态发展模式，尽量减少自身和地球的熵增，人类的文明才能向更高层次发展，而不是相反。🍀