

第一章 总论

地球生态系统与人类社会的发展

人口、资源与环境已经成为各国人民共同关心的全球性问题，也是我国社会主义现代化建设遇到的首要问题。要了解人口、资源与环境，需要从地球生态系统及人类社会发展方式的选择说起。

第一节 地球生态系统

生态系统指生物群落及其地理环境相互作用的自然系统。毛泽东曾精辟地说过，“外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。”地球生态系统正是作为内因的生命要素与作为外因的环境要素相互联系、相互制约并最终通过内因而起作用的必然结果。

一、地球物理环境

1. 宇宙世界中的地球

茫茫宇宙，浩大无垠。有人作过计算，以 18.6 万英里 / 秒 (29.93 万千米 / 秒) 的速度作太空旅行，从地球到太阳需要 8 分钟；从太阳到银河中心需 3.3 万年；而银河只是 20 个银河系星团中的一个，要穿越整个银河系星团得花 200 万年；但银河系星团不

过是巨大的室女座星群中超星群的一部分，穿越它们至少需要 5 亿年 若继续前行 到宇宙的更深处 则需 10 亿、百亿年……

与偌大的宇宙世界比，地球实在太小了，它的赤道直径才 12 756 千米，表面积 5.11×10^8 平方千米，体积 1.083×10^{12} 立方千米，在太阳系九大行星中排行第五。论年龄也是小字辈，银河系年龄在 10^{10} 年，太阳是 5×10^9 年，地球为 4.6×10^9 年。作为太阳系的行星，地球自身并不发光，它的光、热能量主要来自太阳。太阳的主要物质为氢、氦、碳、氮、氧和各种金属 其中氢最多 氢核聚变成氦核引起的热核反应产生的巨大能量，从内部辐射到表层，再辐射到宇宙空间。太阳的表层温度约为 $5\,770\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，中心温度高达 1.5 亿 $^{\circ}\text{C}$ ，这样的高温使太阳上不可能有任何生命。但是，太阳的光热辐射却为它的行星提供了巨大的能量。据计算，15 分钟内太阳投向地球的能量相当于 51 亿吨石油燃料所产生的能量，几乎等于目前全世界一年所用能量的总和。

有了太阳提供的能量，并不意味着地球一定会出现生命，太阳系九大行星普遍受到太阳的“关爱”，但出现包括人类在内的生命现象的只有地球一个。这里不能不提到地球特殊的轨道位置，在太阳系行星的排列中，地球距太阳 14 960 万千米，在水星、金星之后，位于其他行星之前。地球独特的轨道位置使自己在温度上获得了其他行星无法比拟的优势，地球的表面温度一般为 $\pm 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右，尽管南极最低温度到过 $-94.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，吐鲁番、西撒哈拉有过 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温，但多数地区、大部分时间的温度并不威胁生命安全。比较起来，其他行星的温度环境可就恶劣多了，水星向阳时温度达 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，背阳时又低到 $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；金星温度为 $480\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；火星白天温度接近地球温度，为 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 但晚上却到了 $-132\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；木星的最高温度才 $-140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；土星、天王星、海王星和冥王星的温度还要低。

既要有足够的能量、阳光、温度，又不能温度过高、温差太大，是万千星体（包括太阳系的行星）有无生命的关键之一。地球得

天独厚的轨道位置使自己成为宇宙世界的佼佼者。

2. 地球的物理环境要素

地球所以能够摆脱“死球”，变成充满生机活力的绿色天体，除特殊的宇宙原因以外，还包括地球自己特有的物质条件及构成。这些物质在防范宇宙侵害的过程中有效地保护了地球的安全，并以自己特殊的构成方式为地球生命系统的产生、发展准备了物理前提。

大气 在地球的表面有一层厚厚的大气，科学家们称之为“大气圈”。据估计地面上空 3 000 ~ 4 000 千米的地方都有空气存在，但测试和计算表明，大气圈空气总量的 99.999% 存在于地球上空 80 千米以内的范围，80 千米以上空气含量不到大气圈空气总量的十万分之一。

大气由多种物质混合而成。干洁空气、水汽和固体杂质被称为大气的三大要素。

大气中除水汽、固体杂质以外的整个混合气体都属于干洁空气，包括氮、氧、氩、氖、氦、氫、氫、甲烷、臭氧、二氧化碳等，其中氮占大气总量的 78.9%，氧占 20.94%，二者合计占大气总量的 99.84%，是名副其实的当家空气；空气中二氧化碳的含量不高，仅占大气总量的 0.03%，但二氧化碳的分子较大，分量较重，流动性较弱，基本沉积在大气层下沿 20 千米的范围，因而对地球环境的影响很大。由于二氧化碳主要源于动、植物的呼吸，有机物的腐化和柴薪、煤炭、石油等的燃烧，人口稠密的工业、城区，大气中二氧化碳的含量会超过 0.03% 达到 0.05% ~ 0.07% 海洋、森林或其他人烟稀少的地区，有时不到 0.02%；臭氧，与氧气的区别仅在于分子结构的差异，大气中部分氧分子吸收了太阳紫外线，分子结构由两个氧原子变成了三个氧原子，生成了臭氧。大气中臭氧的含量不高（不到大气总量的一亿分之二，主要分布在距地面 50 千米左右的空域），但对地球生命却至关重要，因为它吸收了太阳射向

地球的大部分紫外线，免除了地球生命的毁灭性灾难。

大气中的水汽来自地面水体、陆面蒸发、植物蒸腾与动物呼吸，是地球水循环的重要环节。水汽大多集中于大气的下层，离地面 1.5~2 千米范围内的水汽占大气中水汽的 95% 以上，距地面 5 千米以上一般很少有水汽。水汽随气温的变化而演化为云、雾、雨、雪、雹等形态，并在不同地区与时间因量的不均衡而酿成水、旱、雪、雹灾害。水汽在运行过程中还吸附了漂浮于大气中的各种污染物质，给地球落下酸雨。但水汽作为水资源非人工调节的主要形式，在地球水循环中的作用无可替代。

大气中的固体杂质，指悬浮于大气中的烟尘等物质。其半径大约在 $10^{-2} \sim 10^{-6}$ 厘米，绝大部分集中在大气的低层。这些固体杂质囊括了大风刮起的土壤尘埃、火山灰粉末，还包括人类生产和生活排放到空气中的烟尘、粉末与其他污染物。在城市，大气中悬浮物质的 80% 来自人类的排放。大气固体杂质对水汽成雨有一定的帮助，雨核是水汽成雨的关键，雨核基本上由大气中的固体杂质充当。但空气中的固体杂质对气温的影响较大，更为严重的是，空气中杂质含量过高，空气质量下降，对地球生命极为不利。

依据温度的变化，地球大气圈大体可分五个层次，即对流层、平流层、中间层、暖层和散逸层。

对流层是最靠近地面的气层。在这里温度与高度成反方向变化，其对应比例为每升高 100 米，气温下降 0.65°C 。对流层的厚度还随地球纬度的变化而变化，两极对流层的厚度仅有 8~9 千米，赤道上空的对流层则厚达 17~18 千米；此外，季节的变化也同样影响对流层，一般夏季最厚，冬季最薄。

对流层集中了大气层 70%~75% 的物质和几乎全部水汽，集中了自然界与人类社会排入大气层的几乎全部污染物质，还集中了各不同因子诱发的几乎全部气候现象（温度骤变、云雾雨雪、冰雹飓风与电闪雷鸣等）和大气污染。对流层的状况直接关系地球

生命系统的安危。

对流层上沿至距地面 50 ~ 55 千米的空间为平流层。这里空气稀薄，风平浪静，因空气主要沿水平方向平稳移动而名。与对流层相反，平流层基本不受地面温度影响，但在太阳紫外线作用下，分布于这一区域的氧分子还原成氧原子，并重新组合生成了臭氧，臭氧层是地球区别于周围星体的又一标志。

臭氧层吸收了太阳投向地球的 95% 以上的紫外线，是包括人类在内的地球生命系统的实实在在的保护伞。它还吸收了来自地面的 25% 的辐射热量，使平流层温度出现上高下低的奇异现象。

平流层再往上至 80 ~ 85 千米处就是中间层，由于没有臭氧吸收地球热量辐射的影响，温度在这一区域又一次逆转，出现温度与高度反方向变化。

中间层再往上是暖层区域。暖层也称电离层，在太阳高能射线的作用下，这里的气体分子大部分被分解为原子，处于电离状态。与前述气层相比，暖层的范围更为广大，自中间层顶部一直往上至 800 千米处，都属于暖层。暖层的空气密度较小，在离地面 270 千米处，大气密度已不及地面的 100 亿分之一。

大气在暖层被电离以后，形成不同层次的带电粒子，这些带电粒子把地面发射来的不同波长的电磁波再反射回地面，使电波遍及全球。受地球磁场影响，这些带电粒子常常偏向地球两极，形成壮丽的极光。但对于地球生命而言，暖层的最大意义在于电离层挡住了太阳风的袭击。

暖层之外，空气更加稀薄，地心引力已十分微弱，一些高速气体分子开始离开地球，逃向星际空间，大气圈的这一层面称为散逸层；散逸层以外，还有一个向宇宙空间的过渡区域，其高度可延伸到离地面 22 000 千米的地方，这里有地球最后一道极为稀薄的电离气体，人们称它为地冕。

大气层对地球生命至关重要。一方面通过调温、调水为生命

系统提供了水、温环境；另一方面，与地球磁场一道为生命系统提供了防范宇宙伤害的屏障。（太阳在供给地球光热能量的同时，也把带电高能粒子、紫外线、X射线带给了地球，若没有防护，任何一项都可致地球生命于死地；与此同时地球每天面临近 80 亿颗陨石的袭击，这些陨石在与大气层的摩擦中基本被烧掉了，否则，地球也将和月亮一样变得千疮百孔，一派荒凉。）

水 水广泛存在于地球环境，被称为生命之源。水的出现从根本上改变了地球环境的物质结构，使生命物质的孕育和发展成为可能，在地球的自然演化过程中，被认为是最神奇的事情。水是地球上惟一能同时以固态、液态、气态三种形式存在的物质，也是地球上最活跃的物质之一，并因此成为地理系统中联系能量平衡与物质平衡的纽带和控制器，一切生物（生命体）的存在主要是通过与环境中的水的交换来进行的。水是生命世界不可替代的物质。

地球上的水很多，海洋、湖泊、沼泽、河流、冰川和极地冰雪都是水，水覆盖着地球表面四分之三的面积。除此之外，一切地球生命体最主要的成分也是水。地球的总水量达 1 380 000 兆立方米，是一个名副其实的水球。

但是，能为人们利用的水却不多，全球水资源的 97.47% 是海洋与部分湖泊中的咸水，仅有 2.53% 是淡水，而且 2.53% 中的大部分为极地、冰川、深层地下水和大气中的水汽，能够为人们利用的淡水资源尚不足淡水资源总量的 1%，能供人类饮用的地表洁净水更是少而又少。

水的形态不同，表现出的活跃性、地理分布、对地球生命的影响也不一样。

地球大气水汽的含量年平均为 25 千克/平方米，总量为 73.5×10^{15} 千克，相对其他水体，气态水在数量上微不足道，但由于它循环周期短（水汽滞留大气时间一般在数小时到 10 几天，平均 9.7 天）、变换速度快、转换频率高，其作用远远大于它的数量。

大气水汽的含量随地球纬度的变化而变化，赤道 0 度最高，达 45 千克 / 平方米 北纬 90 度年均不足 5 千克 / 平方米。时间季节对大气水汽的影响也很大，地面旱季与雨季的不同，直接反映出不同时期大气水汽的含量。水汽分布在时空上的不均衡直接导致了地面降雨的差异和径流的不同。据记载，我国台湾的火烧寮 1963 年 9 月 10 ~ 11 日 降水量达到 1 245 毫米；台湾新寮地区 1967 年 10 月的一天 降水量达 1 672 毫米；而留尼汪岛塞路斯地区，1952 年 3 月 15 ~ 16 日的日降雨量更是高达 1 870 毫米，创世界日最大降雨量的记录。相反，智利北部沙漠地区，从 1845 年到 1936 年的 91 年中竟未下过一滴雨；苏丹的沃利哈发地区也有 39 年降雨 0.5 毫米的记录。大气水汽时空上的差异引起的降水差别是地球水旱灾害的直接原因。

固态水包括冰川、冰山、极地冰盖、永久冻土中的水、高层大气中的冰晶和降下来的霏雪等。固态水的数量占地球水的比例仅次于海洋 为 2.04% ，由于固态水基本上是淡水，因而在淡水资源中占有极高的比例 达 77% 以上。

因为冻结，固态延长了水的交换周期。有关研究表明，固态水一个周期需要 8 600 年左右（不包括人为及地球变暖因素的作用力）。大量水源在特定空间固化，降低了地表水面，为地球提供了显山露水的机会，进而使陆生生物和人类有了生存和发展的空间。水的固化，也为地球生命提供了淡水储备，其相对稳定的结构为世界许多河流提供了源源不断的淡水，支持着一个又一个生态系统。当然，霏灾雪害对生命是一种不可忽视的威胁，但在地球固态水体中并不起主导作用。

水的液态占地球全部水量的 97.95% ，有咸淡之分，咸水在液态水中占 97.31% ，包括河湖、地下、土壤水及生物体含水、矿物结晶水在内的液态淡水仅占 0.65% 。但它却是滋润地球万物的“救命水”植物靠它 动物靠它 微生物也要靠它。

因存在形式的不同，液态水的替换周期不一样：世界大洋约为 3 000 年，全部地下水为 5 000 年，湖泊水 10 年，河川径流水 11.4 天，植物体内水 2~3 天。因循环替换期短，河川径流量在地球总水量中尽管分量不大（约百万分之一），但在地球水的交换与循环中的实际流量及作用却远远大于所占比例数，成为对地球生命包括人类社会影响最大的液态水。

地球水的三种形态不是固定不变的，固态、液态水吸热之后转变为气态（固态水吸热后，部分直接挥发为气态，部分融化为液态后再挥发为气态），与大气混合，随大气环流运动，在适宜的条件下转化为雨雪霰，重新回到液态和固态，回到地面、海洋、极地（在地球梯度力的作用下，降水在陆地以径流的形式最终汇入大海，也有部分降水渗入地下，成为地下水。浅表地下水或被植物吸收，或经泉水入河，深层地下水则长期积淀，经火山喷发或人类开发后才重新进入水的循环）。蒸发、降水、径流集中体现了地球上水的动态平衡。

一般情况下，水的动态平衡是有序的。但无序的紊乱现象也时有发生，并由此带来世界各地的水旱灾害。导致水平衡紊乱的根本原因在于“水路不畅”，气候反常导致温差变异会影响水的循环；洋流的异常也会影响水的动态分布；地球植被状况及人类社会的活动同样会导致水资源的异常运动。

土石 地球有坚硬的岩石，也有松软的土壤，土石圈实际上包括地球的岩石圈和土圈两个概念。岩石圈指的是地球表层 30~40 千米厚度的地壳。如同动物的骨骼，岩石圈是地球大气、水体、生物等赖以存在的牢固基础，没有岩石圈的支持就没有地球表面的一切。

岩石圈蕴藏着丰富的化学物质，在水的作用下，矿质养分溶解渗入土壤，通过根部吸收进入植物体内，再通过食物链为动物吸收，岩石圈成为动植物生长所需矿质养料的宝库。

岩石圈还储藏着金、银、铜、铁、锡、镍、铬、钒、钛、钴等上百种金属资源及磷、钾、稀土、芒硝、石膏等非金属资源与丰富的化石燃料。但地球岩石圈的资源多为共生矿体，单一的开采既增加成本，浪费资源，还会将其他矿体当作垃圾污染环境。

土壤是陆地表面及海水和淡水底层能生长植物的疏松表层。是植物养分、水分、空气和其他条件的主要供应者，也是农业生产的基本资料，在生态环境科学上，土壤是生物生命赖以存在的重要环境因素。

与地球的其他物质圈相比，土壤圈是最小的圈，无论绝对厚度还是分布空间都不及其他圈层。土壤数量的娇小，与它的生成及特殊的物质组合不无关系。岩石圈表面的风化壳为土壤的形成准备了母质，土壤母质中富含矿物营养物质，但它还不是真正的土壤，矿物质、有机质与水分的有机结合才有了真正意义的土壤。它的生成既受成土母质、生物、地形、气候等自然因素影响，也受耕种、施肥、排灌等人因因素的作用。据考察，岩石风化成土壤母质需上万年甚至数十万年时间，土壤母质变成可耕熟地也要数年甚至数十年时间，因此，土壤是地球最为稀缺的资源，应当珍惜每一寸土地。

由于土壤的生成离不开生物有机体的作用，因而脆弱性在所难免。沙漠化、盐碱化、水土流失及化石肥料、有机农药的滥施都可能引起土壤的蜕变，应当保护好每一寸土地。

所有这些自然圈构成了地球环境最基本的要素，是地球生命系统和生态环境的物质基础。

二、地球生态系统

1. 地球生命的起源

根据科学家们的研究，约 45 亿年前，地球是一个死寂的星体。但地球周围的大气已经存在，这种由火山喷发和地下渗漏出的原

始大气,主要成分是二氧化碳、甲烷、氨、氮、水蒸气和硫化氢,由于没有生命,没有绿色生物的光合作用,大气中没有氧气,即使有少量水分子在紫外线作用下分解成氢原子与氧原子,氢气也会迅速逃逸,氧分子与地面矿物结合亦会很快消失。这种大气用今天的标准衡量,属于剧毒的窒息性气体,但它却成为孕育地球生命的温床和摇篮。

在太阳紫外线的作用下,加上雷电、火山、陨石碰撞及各种宇宙射线的交汇作用,大气的各种成分相互撞击,化合分解,经过长达数千万年乃至上亿年的演化,积累了合成生命的最基础物质:氨基酸、糖、嘌呤、嘧啶、核苷酸、卟吩等等。有了这些合成生命的基本物质,在适当的化学条件下,生命的出现便可大功告成,因而成为生命起源中具有里程碑意义的阶段。几十年前大自然创造的这个奇迹,得到了人类社会的实验证明。1953年,美国科学家唐来·米勒在一项特殊的实验中重复了这一过程,把甲烷、氨、水汽、氢等原始时代存在过的物质放入一个特制的玻璃仪器,然后模仿自然雷电的过程,对瓶内实施火花放电。经过8个昼夜,原来毫无生命的瓶内,出现了多种氨基酸和有机物。其中四种氨基酸与自然界生命体内的氨基酸完全一样。其后,更有实验合成了地球生命体中全部20种氨基酸。

氨基酸生成之后,经过空气中的“干热聚合”,进一步变成具有生命活性的类蛋白质,这些类蛋白质随雨水落入地面,又汇聚于原始海洋,在海水中完成了生命合成的最后一个环节——蛋白质成为原始生命。

非细胞形态的原始生命是在大气缺氧的条件下产生的,即使出现原始细胞形态的生命,地球上仍然没有氧气。氧气的出现得益于单细胞绿藻的发展,它们的光合作用使地球大气的氧含量逐渐增加,使比绿藻更高级的生命出现成为可能。但这一时期的生命还只能存在于海洋,因为陆地没有足够的氧气供生命呼吸,也没

有氧气的变异——臭氧层的保护。这一过程持续时间约有 10 亿年。

到距今 4 亿年左右，大气中氧的含量已增至今天水平的 10% 以上。处于距地面 50 千米左右的氧分子在太阳紫外线的作用下变异成为臭氧，臭氧层吸收了来自太阳的绝大部分紫外线，成为地球生命的保护伞。至此，地球生命离开水体，开始了陆上生命世界的繁荣。

当然，生机勃勃、多姿多彩的生命世界，不是一蹴而就的，也不是一帆风顺建立起来的，斗转星移、沧桑变化，地球上的生命系统是在太阳能作用下，生物与环境长期相互作用的结果。经过大自然洗礼淘汰，适者生存，每一物种与人类一样能够发展到今天，必定有自己的生长优势，因而应该有属于它们的生存权利。

2. 地球生态系统

生物群落及与之适应的地理环境之间相互作用的自然系统叫生态系统。地球生态系统是一个由多层次子系统构成的大系统。理论上讲，只要有生物存在，便会有生态系统。按生物群落划分，有森林、草原、湿地、农田、河流、湖泊及海洋生态系统；依气候状况划分，有热带、亚热带、温带、寒温带、寒带与极地生态系统；从范围大小区分，小则一口水塘、一片树林、乃至一棵独立的大树（医学上借机提出体内生态系统，因超出了概念本身的科学含义，不能算作微观生态系统），大可至一个地区、一个国家、一个水系流域、整个大陆、全部海洋、全球系统。

生态系统一般由生物与非生物两部分组成。非生物成分主要有太阳辐射能、空气、水及岩石、土壤。

生物成分包括三大基本类型，即“生产者”、“消费者”和“还原者”。“生产者”指绿色植物，它们通过叶绿素利用太阳能，把吸收来的水、二氧化碳和无机盐类，经光合作用，制造出初级产品——碳水化合物，使原本不能被生物直接利用的太阳能，转换成了化学

能，并以碳水化合物形式固定起来，成为包括人类在内的一切生物最根本的营养物质来源。同时，生命活动所需的碳、氢、氧、氮、硫、磷、钙等化学元素及微量元素也是通过植物根、叶的吸收，并合成有机物之后才能为生物所利用。因此，没有绿色植物就没有生态系统。“消费者”主要指各类动物。其中草食性动物直接以植物叶、枝、果或种子为食，被称为一级消费者，食草昆虫、动物及水域生态系统中的螺蛳、贝类、小鱼小虾一般属于一级消费者。二级消费者指肉食性动物，它们以草食动物肌体为食，如瓢虫、蜻蜓、青蛙、灰喜鹊、啄木鸟、黄鼠狼等等。二级消费者之上还有以它们为食的三级消费者和更为凶猛的四级消费者狮、虎、豹、隼、鹰、鲨鱼等等。熊、鱼等动物，既吃植物，又吃食草动物，层次划分上属于杂食者，人类也是杂食动物。“还原者”又称“分解者”，是一个数量惊人的庞大群体，包括细菌、真菌、放射菌等微生物和土壤原生动物、土壤中小型无脊椎动物，它们在消化吸收动植物排泄的废物和遗体时，能同时将养分从机体中释放出来，返回地球无机环境，供“生产者”再利用。由于分解者的作用，自然生态系统中不应该有“垃圾”的概念，一切物质在生态系统内，都处于生—长—死—烂（回归无机界）—再生长的循环往复之中。

生态系统中存在着永不停息的能量流动、物质循环（物质是能量的载体，能量的捕捉、储存、运输离不开物质的合成、分解、转化，本章所述能量流动包括了物质循环）。太阳辐射是最根本的能量来源，如前所述，太阳辐射的能量是惊人的，但在光合作用中被绿色植物吸收固定的太阳能却不多，仅占太阳辐射到地球能量的1%，它是地球生态系统全部能流的“源头活水”，是一切生物得以存在的根本条件。因而保护绿色植物实际上是在保护地球生命向太阳索取能量的机制；增加绿色植物实际上等于增加地球生命的能量储存；若能通过基因工程，提高绿色植物光合作用的效率，地球生命系统有可能不会再为能量短缺而担忧。

地球生态系统的能量流动是通过生物间的“食物链”实现的。“螳螂捕蝉 黄雀在后”、“大鱼吃小鱼 小鱼吃虾米”生物间食与被食的关系看似杂乱无章，实际上，不同生物之间有着相对稳定的食与被食的关系，且环环相扣，如同链条。食物链的初始环节是作为生产者的植物（草、叶、单细胞藻类等）因为它们是一切营养的基本来源，又称第一营养级。位于食物链末端的营养级，多为捕食能力很强的凶猛动物（因一种生物往往捕食多种其他生物，也可被多种其他生物食用，因而食物链在现实世界常常纵横交错，以食物网的形式出现）。太阳能由绿色植物光合作用转化为生物能，并借食物链（网）的相互作用流向动物和微生物；水分和碳、氮、氢、氧、磷等各种营养物质通过食物链（网）不断地合成、分解，在地球环境与生物之间往返流动，并存在一定的流动规律。美国生态学家林德曼曾对水域生态系统中食物链各营养级之间的能量流动进行过研究。发现 1 000 千克浮游植物才能生产 100 千克浮游动物，100 千克浮游动物才能生产 10 千克鱼，10 千克鱼才能满足人增加 1 千克体重的能量需要。这一现象在生态学上称为十分之一定律，也叫“生态金字塔”。它说明了地球上的各种生物要能生存发展，不仅要从食物链或食物网获得源于无机环境的物质和能量，而且各生物还必须按照营养级间能量逐级递减的规律，保持一定的数量比例。

生物种类的组成、种群数量、种群分布及与具体地理环境间的联系使地球生态各子系统在结构上相互区别，并表现出功能上的差异。由于取向不同，生态系统的功能评价也不一样，一般包括两个方面：首先是生产力功能，即通过食物链，经过能量、物质的输入、输出，系统所带来的生物产量。实践证明，不同生态系统在生物产量上差别极大。其次是恢复功能，即对外部冲击或环境变异引起的破坏进行自我调节的能力。一般讲，所有自然生态系统都有自我调节的功能。但不同结构与环境下的生态系统的自我调节

能力存在天壤之别，热带雨林恢复能力最强，干旱荒漠地区的生态系统一旦遭到破坏，几乎无法自我恢复。

不论是生产力还是系统自身的恢复力，生态系统功能的发挥，都需要系统结构的相对稳定，要求能量和物质的输入、输出基本相等，生产过程、消费过程、分解过程基本平衡。只有在生态平衡基础上，生态系统的功能才能正常发挥，否则，不仅指望不了生物产量，还会导致系统退化、失灵，酿成灾难性的后果。

第二节 人类社会的发展与地球生态系统

人类社会的出现比地球生态系统的产生要晚。地球生态系统早在 30 亿年前随着生命现象的产生就开始了，人类起源至今不过 300 万年。但是，人类社会对生态系统的影响却超出了地球历史的任何年代，在人类出现之前，地球上曾发生过氧气大气圈取代原生性大气圈、全球降温、海陆变迁等重大环境事件，并波及地球生命及相应的生态系统，其发生的频率以万、百万、亿、十亿年次计。人类出现以后，地球生态系统变化的次数明显增多，时间缩短，且有加速发展趋势，如今天的地球上每一分钟就有数万亩森林消失、数百个物种灭绝。

一、人类给地球生态系统带来的影响

1. 食物链终端角色的变换改变了生态系统发展的方向

人类作为“消费者”，与其他动物本质上并无两样，离不开从自然环境获取物质、能量，为了种群的繁衍，也要生儿育女。但人类毕竟不是一般的动物，也不像其他动物那样仅仅靠自己的身体去适应环境。除了生物属性，人还有社会性的一面，通过相互间的交往、协作，学会了制造和使用工具，使自己以其他动物所不及的

方式向自然环境索取生活资料。

工具的制造和使用，拉开了人类与其他动物的距离，对地球生态系统产生了前所未有的影响。首先是食物链相关角色的改变。生态系统中各种生物以食物链的形式相互联系，进行能量交换，且彼此间依据能量转换的效率构成“生态金字塔”。人类出现以后，处于食物链终端环节或“生态金字塔”顶级位置的凶猛动物遇到了人类社会的挑战，并最终让位于人类社会，使人类登上了“生态金字塔”至高无上的宝座。“万物皆备于我”，一切可利用的动物与植物成了人类社会发展的“资源”，且无须担心其他生物对自己生存的威胁（尽管个案中会有动物、植物危及人的生命和生存，但就地球生态系统人类最终取得了支配地位而言，不会再有其他生物与人争位）。这种改变，使生态系统中生产者与消费者及通过食物链（网）进行的能量流和物质流原有的自然秩序与方向不得不为人类的生存服务。人类与地球生态环境之间也因此伏下了最深刻的矛盾根源。

2. 人工环境的出现使地球生态系统的结构变得更为复杂

随着人口数量的增加及人类社会生产力水平的提高，自然生态系统按部就班的状态已不适应需要。为了达到自己的目的，人类已不满足于直接利用原始的自然条件获取物质与能量，而要改造自然环境，使生态系统按照人类的要求提供物质产品。处在干预中的自然生态系统食物链（网）上的物质与能量流动被人为强化。不仅如此，还建立了各种形式的人工生态系统，以取代自然生态系统，现代城市被认为是最完备的人工生态系统，即使远离城市的乡村原野甚至地球的南北两极，没有人类烙印的纯自然的地方已不多见。

与自然生态系统相比，人工生态系统的结构更加复杂。自然生态系统以生物为中心，以食物链为纽带，能量流动以食物为基本物质形式；人工生态系统以人为中心，以满足人类社会的需要为纽

带，单纯食物形态的物质很难担此重任，必然使用非食物形态的物质，例如开采自然界的煤、石油、天然气等矿物能源，利用各种金属、非金属矿物资源等等。结果生态系统中有了非食物的物质流和能量流。生态系统的结构因此发生了根本性改变，生态系统的功能因非食物物质的介入而增添了新的变数。

3. 科学价值观的扭曲加深了人类与自然界的矛盾

源于工具的发明与使用，人类依靠科学技术上的成就改变了自己，也改变着自然界的一切。使生态系统能量与物质流动的效率大为提高，自然资源以难以想像的速度与规模进入人类设计好的经济圈和生活圈。真理和谬误有时是同时发生的。科学技术之所以有力量，在于它帮助人类正确认识和利用了自然界的客观规律，人们应该更加自觉地利用科学技术认识自然规律，在遵循客观规律的基础上，用科学技术改造自然、控制自然、管理自然，在自然与人类社会的和谐中满足自己的物质需求。但现实生活中科学技术与自然界的的关系往往被扭曲，科学技术成了侵占、掠夺自然界的武器。大片原始森林被砍倒、大量海洋生物被捕食、大批陆生植被被毁坏，文明世界靠“剥削”自然界获得繁荣，技术圈靠“蚕食”生物圈得到发展。人在自然界面前变得越来越陌生，两者的矛盾日渐加深。自然资源的萎缩，环境污染的加剧表明生态系统能量和物质的输入、能流与物流的循环正在出现故障。人类在发展经济的过程中，不能只关心有多少物质财富而忽视自然生态，否则，整个生物圈结构和生态系统的功能遭到完全破坏，受威胁的不只是其他生物，人类社会的存在和发展也将成为问题。

二、工业革命前的人类与自然界

1. 史前人类的生存斗争

史前社会通常指人类的蒙昧、野蛮时代。这一时代约始于 200~300 万年前，终于公元前 5000 年左右，历时近 300 万年。在

这漫长的岁月中，人类的生存方式主要是采集和狩猎，以对大自然的粗犷式掠夺满足自己生命的起码需求。因为改造、征服自然的能力极小，人与自然的关系虽不再是一般动物与自然的关系，但也决非今天人类与自然的关系。人们只能用天然的石块和树枝从事简单的加工。这种粗糙的石器被称为“旧石器”。使用“旧石器”的时代叫做“旧石器时代”。人类社会 300 万年的历史中约有 299 万年是在生产力水平极端落后的旧石器时代度过的。

因为生产力水平的极端落后，自然界对于刚刚独立于其他动物的人类并非平静、和谐的伙伴，而是庞大、严厉甚至危险的对手。人类的生存既要面对来自大自然的灾害威胁，也要面对来自其他凶猛动物的攻击，还要面对来自人类自身的疾病、战争和食物短缺的伤害。尽管没有文字记载，但在与人类相近动物的研究及某些考古发掘中，完全可以推断人类祖先生活的艰难。坐落于北京周口店龙骨山的“北京人”遗址，几乎全貌展示了这一时期人类的生产、生活状况。在可统计的 22 人中，死于 14 岁的 15 人，15~30 岁的 3 人，40~50 岁的 3 人，50~60 岁的 1 人，按中间值加权推算平均年龄为 16.5 岁。

但恶劣艰苦的自然环境却锻炼出了人类的天赋、能力和性格。在与自然的搏斗中，尤其是制造、利用工具猎食野兽的过程中使自己从体力到智力都有了长足的发展，工具也出现了石斧、石刀、石链球甚至长矛、弓箭等多种发明创造，并学会了火的利用。从而使自己减少了对气候与森林的完全依赖，以有别于其他动物的方式生活在地球生态系统，并超越大陆的隔离分布于世界各地。

到了距今 1 万年前后，人类制造的石器有更大的进步，其精细、锐利程度为以往所不及。这种石器被叫做“新石器”。这一时期也因此被称为“新石器时代”。在人类发展的历史中，“新石器时代”被认为是人类走向文明社会的关键时期。因为这一时期，人类发现了对成熟种子的栽培利用，人们从种子的栽培利用中逐渐