

人类的生态资源

《人类的生态资源》编写组

世界图书出版公司



前 言

在人类生态系统中，一切被生物和人类的生存、繁衍和发展所利用的物质、能量、信息、时间和空间，都可以视为生物和人类的生态资源。

人类社会的发展史，其实就是一部资源的开发利用史，从新石器时代，到青铜器时代、铁器时代、煤炭时代、石油时代，人类历史上每一次社会生产力的巨大进步都伴随着自然资源开发利用水平的巨大飞跃。

我国古代先哲在二千多年前就提出了“天人合一”的观点。这里的“天”指自然环境和所处自然环境下的所有物体；“人”是直立着从森林中走出的，具有复杂意识和主观能动的生物；“合一”，即和谐、统一。仅此四字，概括了包含所有生态意义在内的对立统一，即：相互依存、相互制约、相互转变的关系。

生态是“天”、“人”之和；生态之变自有其规律；生态是天地、八方、阴阳五行，其“道”则为规律。易则变之谓也，而变亦不离其规律，其谓之规律也。

生态资源之于人类，犹如水之于鱼儿，不能离也，一个池塘，一块草地，一片森林，一座矿藏都是大自然赋予我们的生态资源。生态资源很大，地球之上能被我们人类和其他生物所利用的物质、能量、信息、时间和空间的一切生态物质，都在生态资源范围之列。生态资源很复杂，形形色色、千奇百怪的食物链，以及错综复杂的生态因子之间的关系，直到今日，人



类还没能够完全弄明白。生态资源很丰厚，广袤无垠的大草原，数以亿计的生物群落，矿藏丰富的海底世界，取之不尽用之不竭的太阳能等等，都是无私的大自然赐给我们的丰厚礼物。

认识是为了更好地认识了解，利用生态资源，会有助于我们人类更好地保护它，利用它，改造它，使之更好地为我们人类服务。

由于时间仓促，书中或有不妥之处，敬请各位读者批评指正，不胜感激。



地球上的生态系统

生态系统的概念

什么是地球的生态系统，我们得从地球上的生物物种说起。

在地球生物圈中，有很多很多种生物。关于物种的数量还没有明确答案，众说不一。科学家们已经发现并命名的生物有 100 万种。有人说地球上 有 500 万种生物，但又有报告，光亚马逊河流域的原始森林中，就可能有 800 万种生物，由此，估计全球现存的物种大约有 1000 万种。还有一些科学家认为全球有 3700 万种生物。如果追算已经灭绝的物种，地球从其诞生之日至今共约出现过 5 亿~10 亿种生物。

这些生物都必须存在于一定的环境中，如一片森林，一块草原，一条河流。人们把某一种生物所有个体的总和叫做“种群”，把生活在某一特定区域内由种群组成的整体叫“群落”，群落与它相互作用的环境合起来就是生态系统。1935 年，英国植物生态学家坦斯列提出了生态系统的概念。后来，美国生态学家奥德姆给生态系统下了一个更完整的定义：生态系统是指生物群落与生存环境之间，以及生物群落内的生物之间密切联系、相互作用，通过物质交换、能量转化和信息传递，成为占据一定空间、具有一定结构、执行一定功能的动态平衡整体。简言之，在一定空间内生物群落与非生物环境相互联系、相互作用所构成的统一体，就是生态系统。即生态系统=生物群落+无机环境。根据这一定义，一个池塘、一块草地、一



一片森林或一座城市都是一个生态系统。所以说，生态系统是指一定时间内存在于一定空间范围内的所有生物与其周围环境所构成的一个整体。例如一片森林就是一个生态系统。森林中有狼有虎，有鹿有兔，有松有柏，有花有草，还有各种微生物。狼有狼的种群，鹿有鹿的种群，也就是说各种动物都有各自的种群；松有松的种群，花有花的种群，即各种植物有各自的种群；各种微生物也有各自的种群。所有的动物种群、植物种群和微生物种群合起来构成群落，群落中的所有生物和环境合起来就构成森林生态系统。

不光森林，草原、沙漠、湖泊、海洋、农田、城市都是生态系统，整个地球生物圈也是一个大的生态系统。

生态系统都是由生物因素和非生物因素两部分组成。非生物部分包括阳光、空气、水分、土壤等各种物理的和化学的因素；生物部分又可分为生产者、消费者和分解者三类。

生产者是指绿色植物，包括草、树、庄稼、藻类，它们能够吸收空气中的二氧化碳，同时汲取土壤中的水分和矿物营养元素，借助太阳光能来合成有机物，并提供给其他生物。



和谐的草原生态系统



消费者是指各种动物和人。它们自己不会利用太阳光合成有机物，生存依靠吃生产者为主。

分解者是细菌和酶，它们把生态系统中消费者和生产者的尸体分解成水、二氧化碳和营养元素，还给大气和土壤，再供生产者使用。

地球上的生态系统的分类很多，如可以简单地分为陆地生态系统和水域生态系统。陆地生态系统又可分为森林生态系统、农田生态系统、荒漠生态系统、草原生态系统以及冻原生态系统等等。水域生态系统又可分为海洋生态系统和淡水生态系统。

生态系统是一种有生命的系统，它与其他系统比较，具有以下特点：

(1) 生态系统中必须有生命存在。生态系统的组成不仅包括无生命的环境成分，还要包括有生命的生物组分。只有在有生命的情况下，才有生态系统的存在。

(2) 生态系统具有一定地区特点的空间结构。生态系统通常与特定的空间相联系，不同空间有不同的环境因子，从而形成了不同的生物群落，因而具有一定的地域性。正所谓“一方水土，养育一方人”。

(3) 生态系统具有一定的时间变化特征。由于生物具有生长、发育、繁殖和衰亡的特性，使生态系统也表现出从简单到复杂、从低级到高级的更替变化规律。

(4) 生态系统的代谢活动是通过生产者、消费者和分解者这三大功能类群参与的物质循环和能量转化过程而完成的。

(5) 生态系统处于一种复杂的动态平衡之中。生态系统中有生物种内、种间以及生物与环境之间的相互关系，这些关系不断发展变化，使生态系统处于一种动态平衡之中。任何自然力和人类活动对生态系统中的某一环节或环境因子的影响，都会导致生态系统的剧烈变化，从而影响系统的生态平衡。如过度砍伐森林、大面积围湖造田。

(6) 各种生态系统都是程度不同的开放系统。生态系统不断从外界吸入物质和能量，经过转化变为输出，从而维持着生态系统的有序状态。各种生态系统的最重要的外界输入是太阳光能。



生态系统的组成

生态系统包括生物组分和无机环境组分两大部分。其中的生物组分包括生产者、消费者、分解者三大功能类群；环境组分则是指生态系统的物质和能量来源，即生物活动的3种基质（大气、水、岩石土壤）以及参与生理代谢的各种环境要素，如光、温、水、氧、二氧化碳和矿质养分等。生态系统内生产者、消费者、分解者和无机环境之间存在着非常密切的关系，通过彼此之间的物质转化、能量流动和信息传递，来实现生态系统的功能。

生产者

生产者是指自养生物，主要包括绿色植物和一些化能合成细菌。这些生物能利用自然界的无机物合成有机物，并在环境中通过太阳辐射能或化学能转化成生物化学能贮藏在生物有机体中。其生产的产品是其他生物的食料和能源。因此，人们把生产者的这种同化过程又称为初级生产。相应的，生产者又称为初级生产者。初级生产是生态系统中无机物质和太阳辐射能进入其物质循环和能量转化过程的关键。初级生产水平的高低，直接



生机勃勃的绿色生产者



影响到生态系统的存在与发展。

消费者

消费者是指除微生物以外的异养生物，主要指的是各种动物。它们不能自食其力，必须以消费其他生物或生物残体为生。根据食性不同，消费者又可分为草食性消费者（如马、牛、羊），肉食性消费者（如虎、蛇、鹰）和杂食性消费者（如猪、鸡、鸭）。其中，草食性消费者以直接吃食植物的枝、叶、果实、种子和植物的其他凋落物而获得营养，故又称为初级消费者；肉食性消费者以



食草型消费者

草食性消费者为食物来源，因而又称次级消费者。生态系统中的消费者，除主要的草食性消费者、肉食性消费者和杂食性消费者三大类外，还有腐食性消费者（如鹭）和寄生性消费者（如跳虱）两大类。这类消费者虽然不是有机物的最初生产者。但在推动生态系统的物质循环和能量转化过程中，也是一个极为重要的环节。

分解者

分解者是指细菌、真菌和放线菌等异养微生物，并包括一些原生动物和微小的腐食动物（如甲虫、白蚁和蚯蚓等）。它们在生长发育过程中，把复杂的动植物残体或排泄物中的有机物分解成无机物，同时把有机物中的化学能转化为热能，并将这些无机物和热能再释放归还到环境中。分解者在生态系统的能量转化和物质循环利用中也具有重要意义，特别是在营养循环利用、废物消除和土壤肥力形成中起着巨大的作用。



不管是消费者和分解者的生产都依赖于初级生产，所以它们的生产又称为次级生产，因此其本身又称为次级生产者。

环境组分

环境是生态系统物质和能量的来源，包括生命活动的三种基质：大气、水、土壤和岩石，以及参与新陈代谢的光、温、水、二氧化碳、氧气和各种矿质营养元素。这些环境因素都是潜在的生产力，虽然其自身不能构成产品，但生物却能从这里可以获得物质和能量，得到生活保证，因而直接关系到生物群落的存在和发展。

生态系统的结构

构成生态系统的各个组分，尤其是生物组分的种类、数量和空间配置，在一定时期内通过相互联系和相互作用而处于相对稳定的有序状态。人们通常把生态系统构成要素的组成、数量及其在时间、空间上的分布和能量、物质转换循环的有序状态称为这一时期的生态系统结构。

生态系统的形态结构

生态系统的形态结构是指生态系统的生物种类、种群数量、种的空间配置（水平分布和垂直分布）和群落的时间变化（发育和季相）。例如，在一个特定边界的森林生态系统中，其动物、植物和微生物的种类和数量基本上是稳定的。同时，在空间分布上，自上而下存在明显的成层现象，即地上有乔木、灌木、草本和苔藓，地下有浅根系、深根系及其根际微生物。

在森林中栖息的各种动物，也都有各自相对固定的空间位置，如许多鸟类在树上营巢，不少兽类在地面筑窝，鼠类则在地下掘洞栖息。从水平分布看，林缘、林内植物和动物的分布也明显不同。此外，从时间变化看，随着春夏秋冬的季节变化，动植物和微生物的生长发育发生相应的变化并使整个森林生态系统出现春夏绿树成荫、鸟语花香，秋冬落叶满地、鸟兽休眠的季相交替。

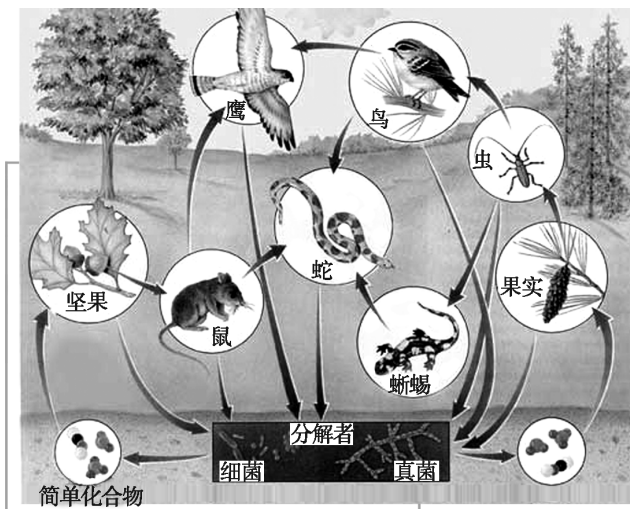


生态系统的形态结构是生态系统作为一个统一整体的基本骨架，它不仅影响着生态系统营养结构的形成，而且对系统内的能量转化方式、物质循环利用和信息传递途径都会产生导向作用。

生态系统的营养结构

生态系统的营养结构，是指生态系统各组分之间建立起来的营养供求关系。当从食物对象的角度研究营养结构时，生态系统的营养结构实质上是由生物食物链所形成的食物网构成。

食物链：食物链即是指生态系统中生物成员间通过吃与被吃方式而彼此联系起来的食物营养供求序列。例如，在草原生态系统中，野兔吃青草、狐狸吃野兔、狼吃狐狸，就构成了“青草—野兔—狐狸—狼”的食物链。食物链作为生态系统营养结构的基本单元，是



食物链

系统内物质循环利用、能量转化和信息传递的主要渠道。食物链上每一个食性级称为一个营养级。上例中青草为第一营养级，野兔为第二营养级，依此类推，分别用符号 T_1 、 T_2 、 T_3 ……表示。

由于食性不同，食物链常被划分成下列4种类型：①捕食性食物链，又称活食食物链或草牧链，它是以直接消费活有机体或其组织和器官为特点的食物链。例如湖泊中存在的藻类—甲壳类—小鱼—大鱼食物链，便属捕食食物链类型。②腐食食物链，又称残渣食物链或残屑链，它是以有机体或排泄物为食物，通过腐烂、分解，将有机物分解为无机物的食物链，例



如森林中存在的枯枝落叶经蚯蚓变成有机颗粒或碎屑，然后经真菌、放线菌分解而成为简单有机物，最后被细菌分解成无机物，便属腐食食物链类型。③混合食物链，又称杂食食物链，这种食物链的特点在于构成食物链的多个环节中，既有活食食物链环节，又有腐食食物链环节。例如草原中存在的植物—草食动物—粪便—蚯蚓—鸟类食物链，便属混合食物链。④寄生食物链，它是以寄生的方式取食生物活体的组织或器官而构成的食物链。例如哺乳类或鸟类—跳蚤—原生动植物—细菌—过滤性病毒食物链，便属寄生食物链类型。此外，自然界还有很多种能捕食动物的植物，如瓶子草、猪笼草、捕蝇草等，它们能捕捉小甲虫、蛾、蜂甚至青蛙。这些植物将诱捕到的动物进行分解，产生氨基酸后再吸收利用，这是一种非常特殊的食物链。

食物网：食物网即是指由多条食物链相连而成的食物供求网络关系。在生态系统中，各种生物之间吃与被吃的关系，往往不是单一的，营养级常常是错综复杂的。食物网的形成就是由于一种生物常常以多种食物为食，而同一种食物往往被多种生物取食所致。

食物网现象及其规律的揭示，在生态学上具有以下重要意义：①食物网在自然界是普遍存在的，它使生态系统中的各种生物成分之间产生直接或间接的联系。②食物网中的生物种类多、成分复杂，也就是说食物网的组成和结构往往具有多样性和复杂性，这对于增加生态系统的稳定性和持续性非常重要。③食物网在本质上体现生态系统中生物之间一系列反复吃与被吃的相互关系，它不仅维持着生态系统的相对平衡，而且是推动生物进化、促进自然界不断发展演变的强大动力。

生态系统的功能

生态系统具有能量流动、物质循环和信息传递三大功能，能量流动和物质循环是生态系统的基本功能，信息传递在能量流动和物质循环中起调节作用，能量和信息依附于一定的物质形态，推动或调节物质运动，三者互相联系，不可分割。



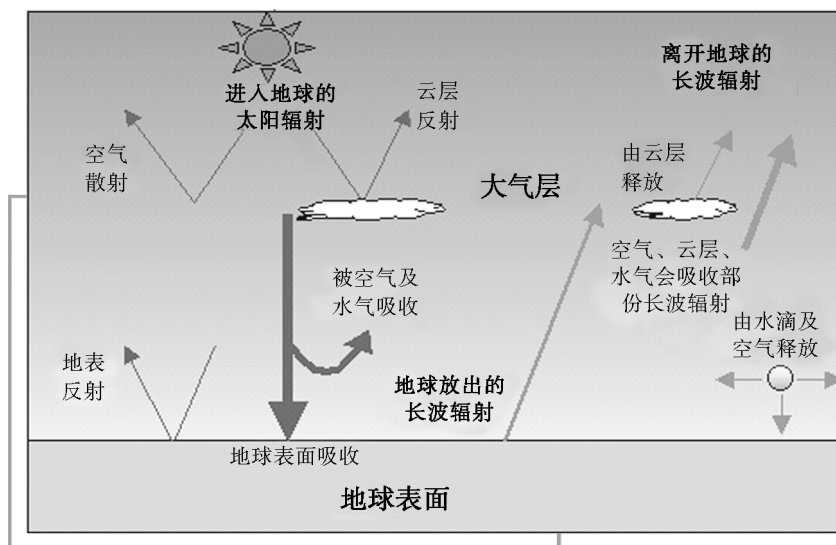
能量流动

能量来源

生态系统的能量来源主要包括太阳辐射能和辅助能两大部分组成。

太阳辐射能是生态系统能量的主要来源。太阳辐射能在生态系统中的效应因波长不同而异。在占太阳辐射能 99% 的主要波长 (0.15~4 微米) 范围内, 波长 0.4~0.76 微米为可见光, 约占总辐射量的 50%; 波长大于 0.76 微米为红外线, 约占总辐射量的 43%; 波长小于 0.4 微米为紫外线, 约占总辐射量的 1%。其中, 红外线的主要作用是产生热效应, 形成生态系统中生物的自然热量环境; 紫外线具有消毒灭菌的生物学效应, 能为优势生物提供自然的健康保护环境; 由于光是由 7 种不同波长的单色光所组成, 除绿光外, 其余都是绿色植物进行光合作用的生理辐射需要, 因此它是生态系统中一切生物化学能的源泉。

9



能量来源之一——太阳辐射

除太阳辐射能外, 对生态系统所补加的一切其他形式的能量统称辅助



能。在自然生态系统中，辅助能的作用不明显，输入量小到可以忽略不计的程度。但是，在半自然生态系统，特别是人工生态系统中，人类为了达到特定的目的，往往需要人为地引入大量辅助能，包括人工输入的各种物化能（输入系统中的有机物质或无机物质所含能量）和动力能（使用有机或无机动力所直接消耗的能量）。研究表明，农业生态系统辅助能输入量已达到整个系统能量输入总量的 42.1%，高的可达 61.8%。辅助能在生态系统中的作用是多方面的，概括起来主要有 3 项：①维持部分生物的生命。②改善生物的生活环境。③改变生态系统中的各种生物组分的比例关系。

能量流动途径

生态系统的能量流动，通常是沿着生产者—消费者—分解者进行单向流动，在能量流动过程中，由于存在呼吸消耗、排泄、分泌和不可食、未采食和未利用等“浪费”现象，从而使生态系统中上一营养级的能量只有一少部分能够流到下一营养级，形成下一营养级的有机体。实际上，在生态系统中，某一营养级的采食“浪费”部分，基本上进入腐生食物链由分解者还原，并以热能的方式返回环境。

生态系统不仅能量来源有太阳辐射能与辅助能之别，而且不同来源的能量在生态系统中的流动途径也有区别。

太阳辐射能路径：照射在生态系统绿色植物上的日光能，大约有一半可为光合机制吸收，这部分能量的 1%~5% 可转变为食物能（生物化学能），其余能量以热的形式离开生态系统。在植物制造的食物能中，一部分用于植物自身的呼吸消耗并以热量形式从系统中丢失；一部分作为产品输出；还有部分作为动物或微生物的能量来源，参与系统部分能量不完全循环流动。

无机能流动路径：无机辅助能以农药、化肥、农膜、农机具及其动力等形式输入到生态系统，进入生态系统中的无机辅助能一般不能直接转化为生物化学潜能，所以大多在做功之后以热能形式散失。

能量流动基本定律

生态系统能量转化的实质就是动植物利用自己的生物学特性，固定、



转化太阳辐射能为动植物产品中化学潜能的生物学过程。在转化过程中，能量不断地消耗与输出，使能量逐级减少，其转化遵循热力学第一定律、热力学第二定律和十分之一定律。

热力学第一定律（又称能量守恒定律）认为，能量可以在不同的介质中被传递，在不同的形式中被转化，但数量上既不能被创造，也不能被消灭，即能量在转化过程中是守恒的。在生态系统中，能量的转化也同样遵从热力学第一定律。例如，在绿色植物光合作用过程中，每固定 1 摩 CO_2 大约要吸收 2.093×10^5 焦的日光能，而光合产物中只有 0.469×10^6 焦的能量以化学潜能的形式被固定下来，其余的 1.624×10^6 焦的能量以热能的形式消耗在固定 1 摩 CO_2 时所做的功中。在这个过程中，日光能分别被转化为化学潜能与热能两种形式，但总量既没被创造，也没有被消灭。被固定的光合产物的化学潜能，一部分用于植物自身的呼吸消耗，一部分成为生态系统中其他生物成员的能量来源，这些化学潜在食物链的传递过程中，又分别被转化为动能、热能等形式。尽管能量的形式不断地变化，但都可以根据热力学第一定律进行定量分析。

热力学第二定律（又称能量衰变定律或熵定律）认为，自然界的所有自发过程都是能量从集中型转变为分散型的衰变过程，而且是不可逆的过程。由于总有一些能量在转化过程中要变为不可利用的热能，所以任何能量的转化率都不可能达到 100%，生态系统中的能量转化同样遵循这一定律。始于太阳辐射的一系列能量转化过程，只有少量的能量转化为植物体或动物体的化学潜能，大部分则以热能的形式消耗在维持动植物生命活动或微生物的分解过程中。这些以热能形式散发的能量是一种毫无利用价值的能量形式，因此，生态系统的能量流动是单向的不可逆的。

十分之一定律是指在生态系统中营养级之间的能量转化，大致 1/10 转移到下一营养级，以组成生物量；9/10 被消耗掉，主要是消费者采食时的选择浪费，以及用于呼吸和排泄。这一规律是著名的美国生态学家林德曼在明尼苏达赛达·伯格湖的研究中发现的。这一规律说明，生态系统中的营养级之间具有稳定的数量关系。正是这种数量关系的存在，使能量在生态系统中的流动沿着生产者—草食动物—一级肉食动物—二级肉食动物的



方向逐渐减少，即能量的流量越流越细。由于生态系统中的能量转化过程服从十分之一定律，从而决定了一个生态系统的营养级数目一般只有4~5级。

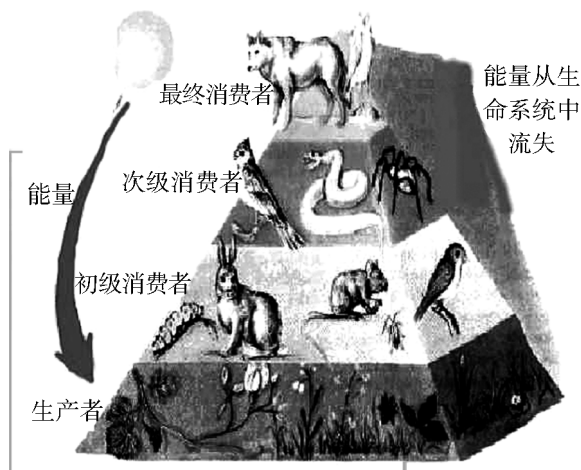
生态金字塔

生态金字塔是生态学研究用以反映食物链各营养级之间生物个体数量、生物量和能量比例关系的一个图解模型。由于能量沿食物链传递过程中的衰减现象，使得每一个营养级被净同化的部分都要大大地少于前一营养级。因此，当营养级由低到高，其个体数目、生物现存量和所含能量一般呈现出基部宽，顶部尖的立体金字塔形，用数量表示的称为数量金字塔，用生物量表示的称为生物量金字塔，用能量表示的称为能量金字塔。在这三类生态金字塔中，能较好地反映营养级之间比例关系的是能量金字塔。前两者在描述一些非常规形式食物链中个别营养级的比例关系时，就会出现生态金字塔的倒置现象或畸形现象。如用数量金字塔表示“树木—昆虫—鸟类”食物链的营养关系时，一棵树上就可能有成千上万个昆虫以树为生，又可能有数只鸟以这些昆虫为生。这样如用数量表示就是一个两头小中间大的畸形金字塔。用生物量金字塔表示海洋中“浮游植物—浮游动物—底栖动物”的食物链营养关系时，由于浮游植物的个体小，它们以快速的代谢和较高的周转率达到较大的输出，但生物现存量却较少，从而出现倒置的金字塔。

物质循环

物质循环的概念

生态系统的物质循



生态金字塔



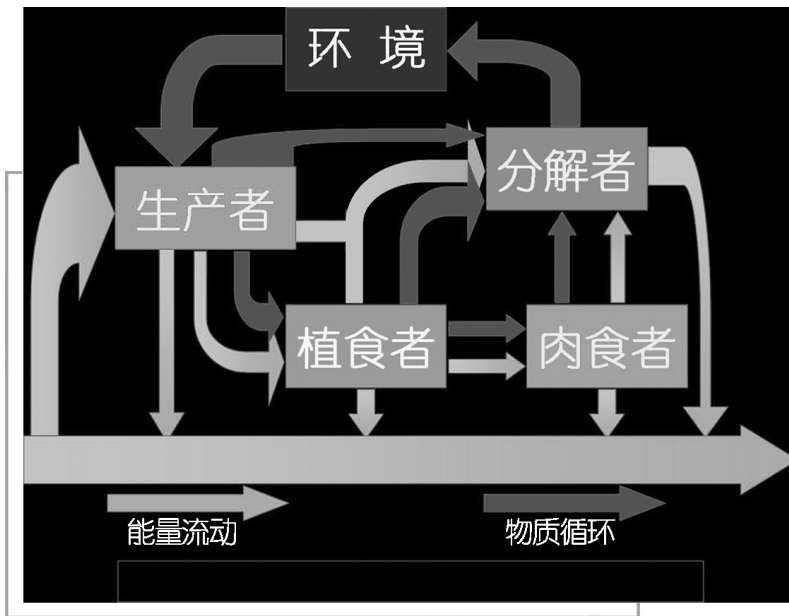
环, 就其本质而言又称地球生物化学循环。所谓生物地球化学循环, 即是指地球上的各种化学元素和营养物质在自然动力和生命动力的作用下, 在不同层次的生态系统内, 乃至整个生物圈里, 沿特定的途径从环境到生物体, 再从生物体到环境, 周而复始地不断进行流动的过程。由于循环物质涉及的范围不同, 生物地球、化学循环既包括地质大循环又包括生物小循环两个密切联系、相辅相成的过程。

地质大循环是指物质或元素经生物体的吸收作用, 从环境进入生物有机体内, 然后生物有机体以死体、残体或排泄物形式将物质或元素返回环境, 进而加入五大自然圈的循环。五大自然圈是指大气圈、水圈、岩石圈、土壤圈和生物圈。地质大循环的特点是物质循环历时长、范围广, 而且呈闭合式循环。例如, 整个大气圈中的 CO_2 通过地质大循环, 约需 300 年循环一次; O_2 约需 2000 年循环一次; 水圈中的水 (包括占地球表面积 71% 的海洋), 通过生物圈生物的吸收、排泄、蒸发、蒸腾, 约需 200 万年循环一次; 至于由岩石土壤风化出来的矿物元素, 通过地质大循环循环一次则需要更长的时间, 有的长达几亿年。

生物小循环是指环境中元素和物质经初级生产者吸收作用, 继而被各级消费者转化和分解者还原, 并返回到环境中。其中部分很快又被初级生产者再次吸收利用, 如此不断地循环。生物小循环的特点是历时短、范围小, 而且呈开放式循环, 即在循环过程中, 有一些物质和元素沿循环路线而进入地质大循环; 同时部分来自地质大循环的物质和元素又进入生物小循环。

物质循环的基本类型

生态系统的物质循环按循环物质的属性不同, 又可分为气相型循环和沉积型循环两大类。其中, 气相型循环即是指大气圈或水圈等储藏库的营养元素或化合物可以转化为气体形式, 并通过大气进行扩散, 弥漫到陆地或海洋上空, 在较短的时间内为植物重新利用的物质循环类型。气相型循环具有快速循环和全球性循环特点, 属于相当完善的循环类型, 例如二氧化碳、氮、氧等的循环和水循环。



物质循环示意图

沉积型循环是指岩石圈和土壤圈等贮藏库中保存在沉积岩里的许多矿物质元素只有当地壳抬升变为陆地后，才有可能因岩石风化、侵蚀和人类的开采冶炼，从陆地岩石中释放出来，为植物所吸收，参与生命物质的形成，并沿食物链转移；然后动植物残体或排泄物经微生物的分解作用，将元素返回环境。除一部分保留在土壤中供植物吸收外，另一部分以溶液或沉积物状态进入江河，汇入海洋，经沉降、淀积和沉岩作用变成岩石，当岩石被抬升或火山活动并遭受风化作用时，该循环才算完成。

物质循环的基本原理

生态系统的物质循环遵循物质不灭定律和质能转化与守恒定律，并存在物质的生物放大作用。

物质不灭定律认为，与能量相似，物质在转化过程中只会改变形态而不会自行消灭。但是，物质循环不同于能量流动，能量衰变为热能的过程是不可变的，它最终会以热能的形式离开生态系统，而物质虽然在生态系统内外的数量都是有限的，并且是分布不均的，但由于物质在生态系统中