# 第六章　生物与环境

生物的生活环境是指生物周围一切生物的和非生物的因素的总和。生活环境中的生物因素主要是指生活在一起的各类生物之间的相互关系，如寄生、共生等。但产生这种关系的最重要的因素是食物链。所谓食物链是指一定的环境范围内各种生物通过食物而产生的直接或间接的联系。非生物因素包括物理的和化学的因素，主要有温度、深度、底质、光线、水分、气体和盐度等。

生物与其生活环境之间是互相联系、紧密相关的。环境从根本上决定着生物的分布和生活习性等；但是生物也并非完全被动地依附于环境而生存。在长期的生存斗争中，生物都在不同程度上获得了适应环境的能力和潜力。不同的生物适应环境的能力是不一样的，能够在较宽限度范围内生活的生物称为广栖生物；只能在小范围内生活的生物称为狭栖生物，如造礁珊瑚，只能生活在温暖、清澈的热带、亚热带浅海环境。生物适应环境的方式也是多种多样的，有些生物具有独特的生活方式，它们通过冬眠、夏眠、迁移、保护色及警戒色等来适应各自特殊的生活环境。生物适应环境的能力是很强的，从两极至赤道，从高原至深海平原都有生物的足迹。但生物适应环境的能力毕竟是有限的，当环境条件在生物所能承受的一定限度内变化时，生物可以通过调节自身的生理机能（如冬眠、夏眠等降低代谢水平的方式）、改变生活方式或主动地寻找新的生活环境（如迁栖）来适应环境的变化，但当环境变化超出一定限度时，生物就会因无法适应新的环境而导致死亡。

研究生物与环境的关系具有重要的理论和现实意义。弄清生物与环境的关系、生物与环境的演化规律，对于我们了解生物的进化规律和地史时期地球环境的变迁具有重要的理论价值。当今社会、人口、环境和资源等全球性的问题正困扰着世界各国的和平与发展，通过对环境与生态的研究将有助于我们正确地处理好经济建设和环境保护的关系，维护整个地球的自然生态环境的平衡，以保证人类社会能够快速持续地向前发展。

## 第一节　生物的环境分区

生物环境分区的方案是多种多样的，按海陆分布情况来分可分为陆地和海洋；按海拔高度及海水深度可分为高山区、平原区、滨海区、浅海区、半深海区和深海区；按纬度来分可分为极地生物区、寒带区、温带区、亚热带和热带区等。

对于古生物学来说，由于绝大部分化石都保存在海相环境中，因此海洋生物环境就显得尤为重要。海洋环境内部的划分主要是根据水深及其他条件来进行的。首先可以划分为两大领域，即海洋的水体部分和海底部分。海洋水体内生活的生物主要是浮游和游泳生物。水体内根据阳光的透射程度可划分为上部的有光带和大约 200m 以下的无光带。海底环境内主要以底栖生物为主，根据深浅可进一步划分为大致相当于陆棚位置的滨海和浅海区，相当于大陆斜坡位置的半深海区和相当于深海底部的深海区。靠近海岸位于高潮线和低潮线之间的环

境称为期间带。高潮线以上的部分称为潮上带，低潮线以下的部分称为潮下环境。

(1) 滨海生物区：位于海岸附近的高潮线和正常浪基面之间。又称潮汐地带或潮间带。由于邻近大陆，常出现海湾泻湖、河口、三角洲，岛屿等，所以地形复杂。滨海生物区地处高能动荡的自然环境，经常有波浪和潮汐的作用，含盐度、温度和光线等环境因素昼夜变化很大，因此生物比较贫乏。滨海地带的生物为了适应这种动荡环境的需要，常具有坚硬的外骨骼壳（如厚壳的螺类或双壳类），或牢固地附着生长在岩石上（如牡蛎及藤壶等），有的生物在沉积物中营潜穴生活或在硬底上营钻孔生活，以躲避风浪的侵袭。

(2) 浅海生物区（正常浪基面至 200 m)：从潮汐地带向下至大陆架与大陆斜坡的交界处，海底地形比较平缓，水体不深。浅海区的上部（一般在 50 m 以上）阳光充足，藻类繁盛。50 m 以下的浅海区阳光减少，由于光照不足，极少有藻类生长，或完全没有藻类。

由于浅海环境条件中含盐度变化不大，含氧量充足。深度只受季节的影响，上部偶受波浪的搅动，水层下部除受风暴外，基本保持稳定状态。因此浅海环境对绝大多数的生物生活都比较适合。这样浅海区生物的种类比滨海区生物的种类要多，也就是说浅海区生物的分异度比滨海区的要高。浅海区生物的丰度也比其他各区的要丰富，其中多为底栖爬行或底栖固着生物。它们中的大多数以水中悬浮的微生物或者从海底沉积物中摄取有机质为食。有的兼有以上两种摄食方式。在动物群中有以其他生物为捕食对象的肉食类，如头足类、棘皮动物的海星等。有专门以死亡的生物的尸体为食的食腐动物，也有以藻类等植物为食的草食性动物。

(3) 半深海或次深海生物区（200～1 000 m 左右)：从陆棚边缘至深海盆地的地区，即大陆斜坡地带，海水平静，温度、盐度比较稳定，含氧量稍低，常有浊流沉积。由于光线达不到水底，所以没有藻类生长，这样势必造成草食性生物的绝迹及肉食性动物的减少。底栖生物以食腐类生物为主，食腐生物以水层上部落下来的生物尸体为食，或在沉积物中寻找有机质碎屑为食。

(4) 深海生物区（深度超过 1 000 m)：指大陆斜坡以下的深海底部，是一个黑暗、寒冷的深渊（2～10℃)。深海底沉积物由上部降落的碎屑物质组成，其中主要是一些远洋浮游生物的骨骼。沉积速率异常缓慢（每千年约数厘米)，经常被底部浊流冲刷搅动而再沉积。经现代深海勘探证明，深海动物群的类别和面貌与半深海和浅海区的相似，但种群密度和群落构造有显著差别。其动物群的数量锐减，以能适应黑暗寒冷的深海环境为特征的特殊类型的生物为主。许多鱼类、甲壳类的眼睛消失，代之以细长的触角和鳍，常能发光发电。这些生物普遍缺乏易溶的碳酸钙骨骼，多以海底淤泥中的有机物为食，或以腐败的尸体或细菌为食。深海生物区的水层部分主要为浮游及游泳生物，大多数的游泳生物死亡后，其钙质骨骼一旦落入海底，就会被逐渐地溶解。只有一些硅质骨骼的放射虫可落入海底而得以保存。因此在某种程度上说，深海生物区的生物主要以浮游及游泳生物为主，因为底栖生物极为少见。

## 第二节　生物的生活方式

海洋生物根据其居住地段和运动方式的不同可以分为以下几种类型（图 6-1)。

(1) 底栖生物：指生活在水层底部，经常离不开基底的生物。底栖生物如果生活在基底表面以上则称为表生生物。有些表生生物营海底爬行或跳跃生活，称为底栖活动型生物，也有一些表生生物营海底固着生活，称为底栖固着生物。生活在基底表面以下的生物称为内生

生物。一些内生生物在软基底的泥沙中营潜穴生活，也有一些在岩石上或坚硬物体上营钻孔生活。部分底栖生物如珊瑚与腕足的幼虫阶段营浮游生活，而当幼虫固着以后，则变为底栖固着生活。

(2) 游泳生物：游泳生物具有游泳器官，能主动游泳，动物身体常呈流线型，两侧对称，运动、捕食和感觉器官较发达。如无脊椎动物中的头足类（包括鹦鹉螺类、菊石和乌贼等）和脊椎动物中的大多数鱼类及鲸类。

(3) 浮游生物：浮游生物没有真正的游泳器官，常随波逐流，被动地漂浮在水中，浮游生物的身体一般呈辐射对称，个体微小，骨骼不发育或质轻，壳常多刺以增大表面积，便于浮游。浮游生物可分为浮游植物和浮游动物两大类。前者包括硅藻、沟鞭藻和颗石藻等；后者包括原生动物的抱球虫类及放射虫类。许多无脊椎动物如海绵动物、腔肠动物及软体动物等的幼虫、大型的水母以及已绝灭的大部分笔石类均营漂浮生活。此外某些生物往往附着在水草、树干或其他游泳生物的身体上，营被动的水中漂浮生活，称为假浮游生物。

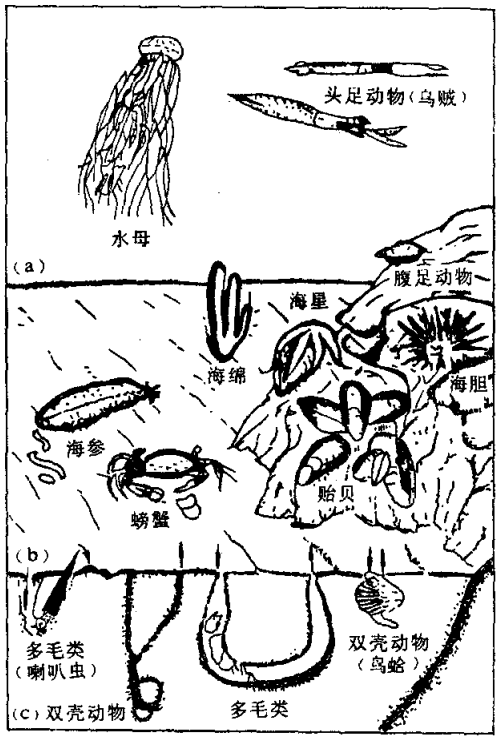



图 6-1 海洋无脊椎动物生活方式
（引自 Raup and Stanley, 1978）
(a) 浮游生物和游泳生物；(b)、(c) 底栖生物，生活于硬质（右）、软质（左）底质上，或软质底质(c) 内

陆生生物的生活环境包括陆地、河流、湖泊和沼泽等。它们的生活方式与海生生物的生活方式有类似之处。有底栖固着的各类植物及菌类；有底栖活动（包括爬行、行走和蠕动）的各类四足动物及昆虫、蚯蚓等无脊椎动物，其中有些生物可以在陆地上穴居；河湖中有游泳的鱼类、虾、浮游的藻类及小动物等；有空中飞翔的鸟类及昆虫等。

## 第三节 影响生物生存的主要环境因素

各种水生生物，包括底栖生物、游泳生物及浮游生物，它们的生存、繁殖和分布均与温度、深度、光照、含盐度、底质以及其他生物因素密切相关。对于陆生及水生生物来说，除温度、光照及生物因素外，海拔、湿度、水陆分布及空气条件等对它们的生活也起着很大的影响。下面将一些重要的环境因素及其对生物的影响概述如下。

(1) 温度：温度是决定水域中生物的生存、繁殖和分布的最重要因素之一。温度主要来自阳光的照射，一方面它随着纬度及季节的变化而变化，另一方面又随水体深度的不同而改变，一般来说表层水体的温度变化较大，底层水体的温度较稳定。海水中仅在 250～300 m以上的水层才有季节性温度的变化，其下水层温度终年无大变化。另外，局部地区由于有大洋暖流通过，或因海底火山喷发或熔岩作用影响，可造成局部增温，有利于某些生物的生长和繁殖。陆地的温度除了受纬度的控制外，还受海拔高度的影响，一般温度随海拔高度的升高而降低。

另外，温度也控制着生物的分异度和分区，分异度是指在一定环境中生物种类的多少。一般来说，温度高的地区生物的种类也就越多，分异度也就越高；温度低的地区生物种类就少，生物的分异度也就越低。如极地的生物种类比热带生物种类明显减少。分异度最高的地方往往是生物礁，生物礁发育在温暖、清澈、盐度正常的热带、亚热带浅海环境里。现代生物礁的分布严格受纬度的控制，主要分布在南北纬 28°之间的热带浅海。因此通过对地层中生物礁地理分布的研究，可指示地史时期热带的位置。温度控制生物群分区的现象十分明显，不同温度气候带中生物群的面貌是不同的。另外，由于生物所产的卵的孵化需要有一定的温度条件，因此温度又控制和影响着生物的繁殖。

(2) 水深：海洋中海水深度的变化影响到其他一系列的环境因素，深度与压力呈正比，与光线透射度呈反比。在一定范围内海水的深度又与温度的变化有关。由于深度会影响光线的透射度，所以水深控制着各类生物特别是绿色植物的垂直分布。如藻类的分布下限是水深 200 m，在 15～50 m 左右藻类最为丰富。另外，由于光线中不同波长的光其穿透海水的能力不同，造成不同类型的藻类在分布深度上的差异。如浅海近岸处生长蓝绿藻，在其下 20～30 m 以褐藻最多，而红藻可分布在水深 30～200 m 左右。水深控制着植物的垂直分布，因此势必影响其他以植物为食的草食性动物的分布，并最终影响到肉食性动物的分布。深度对海洋生物分布的控制可通过和深度有关的透光度、压力、盐分、温度、溶解氧及食物供应等对物种的分布施加影响。图 6-2 表示的是各种底栖生物在不同海水深度中的分布情况。

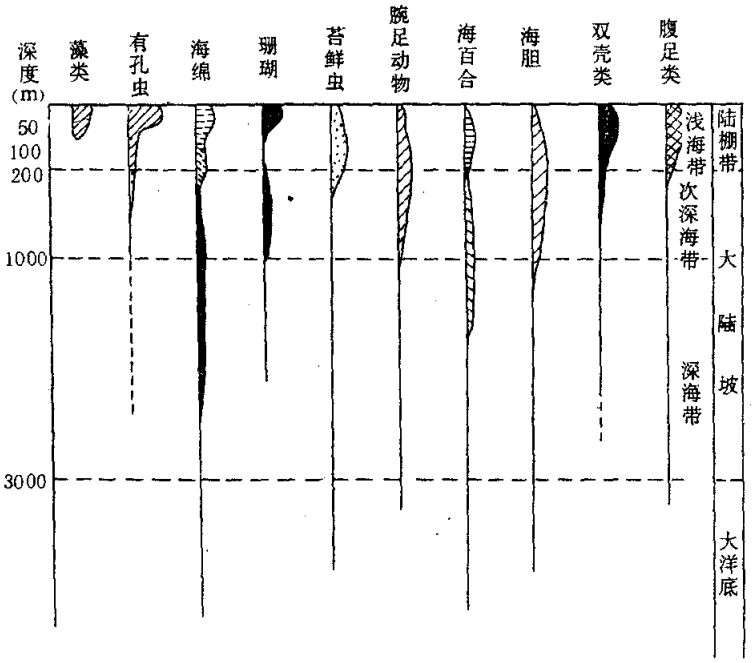



图 6-2　各种底栖生物与深度的关系

(转引自杨式溥，1993)

(3) 光线：光线与水深及水体的清澈度有关。与光照条件直接相关的是水底植物和浮游植物，根据水体中光照强度的强弱可分三带：①强光带，自水面至水深 80 m 左右，本带内光线充足，植物能进行光合作用，因此浮游植物及浮游动物都很丰富；②弱光带，自 80 m 以下

至 200 m 左右，此带内浮游植物已大量减少（但红藻和硅藻较发育）；③无光带，在 200 m 以下，此带为黑暗区，植物绝迹，动物较稀少而特殊。因此地层中海生藻类化石的存在是浅海环境的重要标志。对于陆生生物来说，有的动植物喜欢阴湿的环境，而有的则喜爱在阳光充足的地方生活。

（4）盐度：正常海水的含盐度为 35‰，干旱地区海水的盐度高于此值，如红海北部可达 40‰。在河流入海口，由于淡水的注入，有的地区海水的盐度可降到 16‰，如黑海。正常盐度海水中生物种类多样，但当海水的盐度升高或降低时，便出现海水的咸化或淡化，这都会引起生物在种类和数量上的变更，常表现为生物种类贫乏。只能适应正常盐度海水生活的生物称为窄盐性生物，如大多数的造礁珊瑚、具铰纲的腕足类动物、头足类动物及棘皮动物等。能够适应盐度变化范围较宽的生物称为广盐性生物，如双壳类、腹足类及苔藓动物等。各种无脊椎动物和藻类植物与海水含盐量的关系如图 6-3 所示。

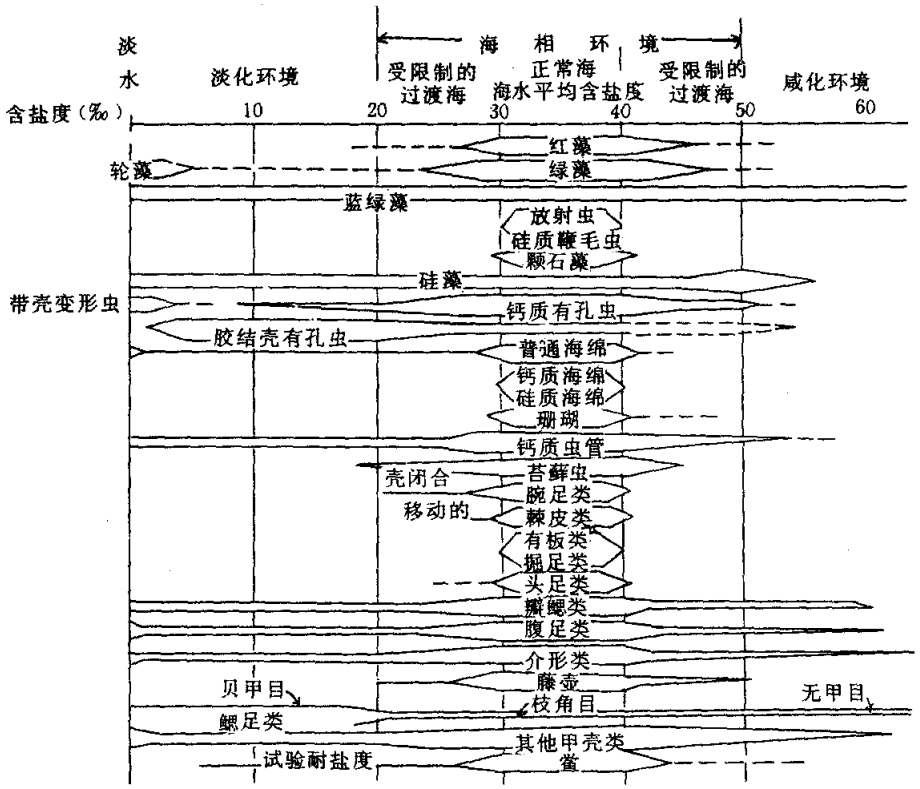



图 6-3　主要无脊椎动物和藻类化石分布与含盐度的关系

（转引自全秋琦、王治平，1993）

（5）底质：水中底栖生物居住所依附的环境物质称为底质。底质一般分为硬底质和软底质。硬底质如岩石、各种贝壳和其他坚硬的物体；软底质为含有各种砂砾、细砂和淤泥的沉积物。不同的底质有不同的动植物群，如沿岸岩石及贝壳上附着有许多藻类及各种具有固着能力的无脊椎动物，在潮间带各种硬底质中还可见钻孔生物；在砂质软底中则以潜穴为主；泥质软底中常有丰富的软体动物和节肢动物的甲壳类。

（6）气体：海水中主要气体有氧、氮、二氧化碳，此外还有硫化氢、甲烷及氨等。后三种气体对大多数生物是有害的，在滞流的深水及闭塞的海湾中，由于死亡生物大量聚集，在

腐烂过程中产生大量的硫化氢等有害气体，对底栖生物的生长极为不利，只在上部水层中可有浮游或游泳生物生活。现代海洋中缺氧海区的典型例子是黑海。在地史时期的海相沉积中，也出现过缺氧的还原环境，如华南志留纪早期形成的黑色笔石页岩，岩石中有机质含量高，而且常见还原矿物黄铁矿，生物化石主要为浮游型的笔石类。对于陆生生物来说，大气中各种有害气体（如 $SO_2$）也会危及它们的生存。

（7）海拔：同一纬度地带由于海拔的高低也会造成生物（特别是植物）的分布和分带现象。高原地区由于寒冷、缺氧、植被稀少等因素的影响，导致动植物种类的减少。随着海拔的逐渐降低，气候由干冷转向温湿，植物由针叶、细叶类向阔叶类转化，同时植物种类也逐渐增多。如现代青藏高原地区主要为一些草本植物和细叶的红柳灌木丛，缺乏高大的乔木。

（8）生物因素：主要表现在各类生物在获取食物的相互关系上，这些关系包括获取食物的机制、捕食与被捕食的关系及共生关系等。有人将相互有利的生物之间的关系称为共生（mutualism）；只对其中一方有利的称为共栖（commensalism）；对一方有利，而对另一方有害的称为寄生。在所有这些关系中，食物链的关系最为重要。如草原上有羊的地方常招来狼群。羊吃草、狼吃羊，由此构成一种食物链的关系。在这种食物链的关系中只要其中一个环节发生变化，就会影响到一系列与之有关的生物。如狼的存在，一方面威胁到羊的生存；但如果没有狼，羊就会肆意繁殖，毁坏草地，最终危及自身生存。故从某种程度上说“狼吃羊又有利于羊群的繁衍”。自然界的这种食物链法则很难用人类的道德准则来加以评判和衡量。在古生物化石的研究中，同一岩层中的各种化石，在未弄清楚它们之间的关系之前，可统称为伴生生物。图 6-4 表示的是一个简化了的食物网关系。

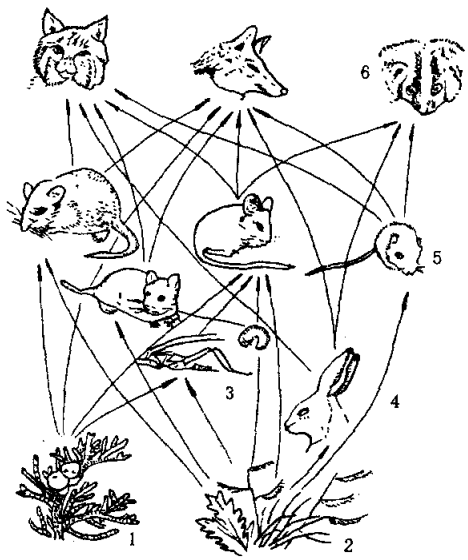



图 6-4　一个简化的食物网

（转引自武汉大学等，1978）

1. 桧树；2. 草本植物；3. 节肢动物；4. 兔；5. 啮齿动物；6. 食肉兽类。

## 第四节　群落与生态系

所谓群落是指生活在一定的生态领域内的所有物种的总和。该生态领域的范围可大可小，大可到一个海盆，小可至一个池塘。一个群落中某一物种的所有个体的总和构成一个居群，群落是由居群所组成的。一个群落中往往存在着为该群落所特有的种，该种在其他群落中缺失或少见，可以用来作为该群落的标志，该物种就被称为该群落的特征种。群落中个体数量最多的种，即竞争能力强，最适合于该环境的种称为优势种。而次要种是指群落中个体数量不多的种。介于次要种与优势种之间的种称为亚优势种。

由群落及其所生存的环境共同构成一个统一的整体，该综合体就称为生态系或生态系统（ecosystem）。在生态系中生命的和非生命的因素总是处在不停的相互作用过程中，各种物质和能量在不断地运行、调整和循环以维持整个生态系统的动态平衡。一般来说，要实现一个

生态系统的整体运行和物质循环，其内部必须具有以下四种基本的组成部分。

（1）非生物的物质和能量，包括无机物、水、气体和日光能等。日光是生物能量的来源。

（2）生产者，也叫自养生物，主要是指植物。植物通过光合作用，同时吸收水土中的无机盐和水及空气中的$CO_2$等来合成植物淀粉和植物蛋白，贮存在植物体中。植物的这种生产作用一方面维持了自身的生长和繁殖，另一方面也为其他草食性和杂食性的动物提供了食物来源。

（3）消费者，也称异养生物，主要是指动物。根据这些动物在食物链中所占位置的不同，可分为初级消费者、次级消费者和高级消费者。初级消费者主要是指草食性的动物，也包括食浮游植物的水生动物。次级消费者则以初级消费者为食。高级消费者则主要是指一些大型的肉食动物，包括一些猛禽。但高级消费者不一定必须以次级消费者为食，它可以跨越某个环节直接以初级消费者为食，反映出生态系中食物和能量流动的交叉性和复杂性。此外寄生生物也通常归入消费者行列。

（4）还原者或分解者，主要是指微生物。这些微生物的作用主要是将植物体中复杂的有机物分解为简单的无机物并释放到无机环境中去，以供植物的再次吸收利用。还原者是生态系统中不可缺少的重要组成部分。

生态系统最简单的例子是池塘（图 6-5）。在池塘这样一个生态系统中自养生物或生产者是其他各种有机体赖以生存的基础。自养生物产生的物质和能量经过初级消费者、次级消费者到高级消费者，但整个生态系统的全部有机体最终将供给分解者所分解。

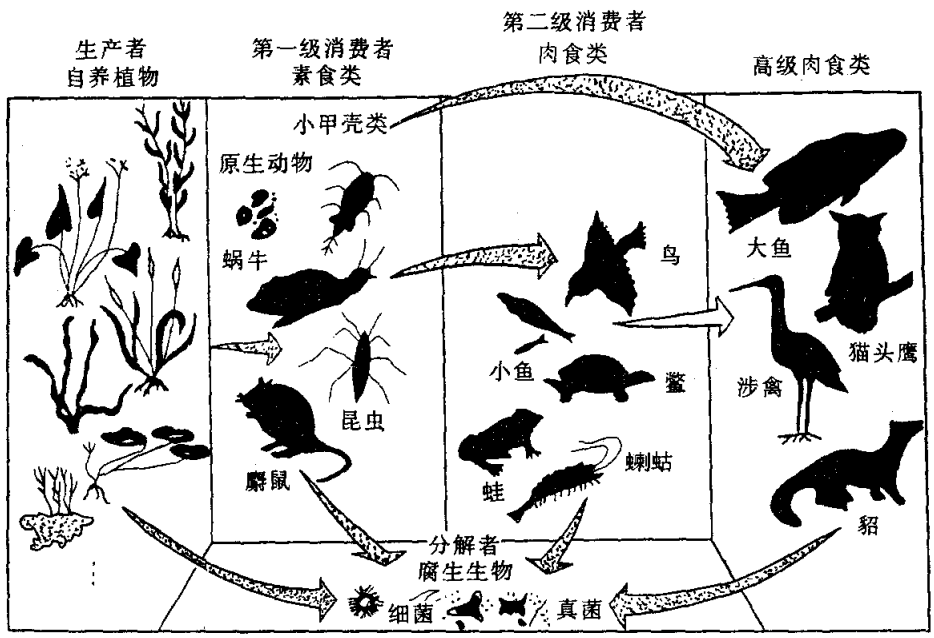



图 6-5　池塘食物网（据 Ferb，1970）

## 第五节　环境的古生物学分析方法

环境与生物之间的这种互相作用、互相影响的关系使得我们有可能通过对古生物化石的研究来分析和推断古环境的特征。古环境的研究可以通过沉积学、地球化学和古生物学等不同的方法来进行。应用古生物学来分析环境的方法很多，这些方法包括指相化石法、形态功能分析法和系统的群落古生态分析法等。

1. 指相化石法

所谓指相化石是指能够反映某种特定的环境条件的化石。如造礁珊瑚只分布在温暖、清澈、正常盐度的浅海环境中，所以如果在地层中发现了大量的造礁珊瑚，就可以用来推断这种特殊的环境条件。再如舌形贝（*Lingula*）一般生活在浅海潮间带环境。

2. 形态功能分析法

解释古代生物的生活方式，除利用现代生物进行将今论古对比外，还可以利用形态功能分析的方法。所谓形态功能分析法就是深入地研究化石的基本构造，力求阐明这些构造的功能，并据此重塑古代生物的生活方式。形态功能分析的原理建立在生物的器官构造必须和外界生存条件相适应的基础上。在生物进化过程中，功能对器官和构造的变化起着重要的作用。生物的形态和生理同环境相适应是在生物长期进化过程中受到外界环境条件不断的作用和影响迫使生物不断地改变自身而形成的。如穿山甲、旱獭等穴居生物由于长期适应地下挖洞生活，使其四肢具有强健的爪子，而鱼类等由于长期适应游泳生活，则使其身体呈流线型并具有一些与游泳生活相适应的器官系统。再如生活在浅水动荡环境中的生物其壳体一般较厚，因为厚壳有利于保护自己，而壳薄、纤细的生物（如笔石等）则多适应于相对静水的环境中。

3. 群落古生态分析方法

群落古生态分析法主要是根据群落的生态组合类型来分析古环境，并根据不同生态类型的群落在纵向上的演替来分析推断古环境的演化过程。

在古生态研究过程中，将对应于群落的生存环境单位称为小生境（biotope）或生态（niche）。无论是潮间带、浅海、半深海、深海还是生物礁体系中，均有与之相对应的生物群落。反过来，在古生态研究中我们可以通过对地史时期生物化石群落的分析来推断其生存环境。但必须注意，由于古生物化石保存的不完整性，古生物群落只是原生物群落的一部分，大部分不具硬体的生物一般难以保存下来。同时，研究古生物群落时，还必须考虑生物化石的原地性。在没有弄清原地性的情况下，将在同一地点、同一层位上采集到的一群化石统称为化石组合，而不管其是否经过改造和搬运。在群落的古生态研究中，必须考虑到生物埋藏的原地性。

群落的古生态研究一般包括以下几个步骤和内容。

（1）在被研究的地层中尽可能多地采集古生物化石，对化石产出的层位和岩性进行登记和描述。

（2）对每一层位上的化石组合进行解剖，识别出原地埋藏的化石和异地埋藏的化石。辨别原地埋藏和异地埋藏的主要标志有：①原地埋藏的生物化石往往保存较完整，表面细微构造往往未遭破坏，关节及铰合衔接构造没有脱落，表面无磨损现象。异地埋藏的化石群，个体保存多不完整，硬体的各部分经搬运后常遭磨损。原地埋藏的化石个体大小极不一致，包含有不同生长发育阶段的个体。异地埋藏的化石个体由于在搬运过程中的分选作用，常常个

体大小较一致。此外生物保持原来生活时状态的为原地埋藏，异地埋藏的生物不保持其原来的生长状态。②遗迹化石大多为原地埋藏，除粪化石及蛋化石等可能为异地埋藏外，其他如足印、钻孔及潜穴等由于其铭刻在沉积物表面或内部，不能被搬运，故均为原地埋藏。③化石的生态类型与其沉积环境的一致性，原地埋藏的化石群所反映出来的生态特征与其围岩所反映出来的沉积环境相一致。异地埋藏的化石群所反映出来的生态特征常与围岩所反映出来的沉积环境相矛盾，或几种不同生态环境下生活的生物化石保存在一起。④不同时代的化石保存在一起时，老的化石应该属于异地埋藏。这种情况往往是由于保存在老地层中的化石被重新风化剥蚀出来而后再次沉积到新地层中所造成的。

(3) 在确定原地埋藏和异地埋藏之后，就要对原地埋藏的化石进行群落的丰度和分异度的统计。所谓丰度是指群落中各个物种中个体数量的百分比；分异度是指群落中物种数量的多少，即物种的多样性情况。每种生物在群落中所占的百分比可以用直方图来表示。

(4) 通过对群落的丰度的统计来确定群落中的优势种、次要种和特征种。并对各个群落进行命名，群落常以其优势种的名称来命名。

(5) 通过对群落的分异度的统计，可以确定群落中种群的数量，根据各种群的生态习性来进一步弄清各群落中的营养结构及群落内部能量的流动情况。必须指出，由于古生物化石保存的不完整性，构成古生物群落的化石往往只是原来群落的一部分。

(6) 根据群落在被研究的地层剖面上的垂直分布及群落类型自下而上的演替，就可以推断沉积环境从早期到晚期的变化情况。其中生物的生活习性是指示环境的一个标志，底栖生物、浮游生物、游泳生物、遗迹化石类型、孢粉类型等都可以用来指示不同的生活环境；分异度是指示生态环境的一个标志，分异度高，也就是说种群的数量多，则说明该环境适合多种生物的生长，其环境应该较优越。分异度越低，说明其环境只适合少数物种的生活，其环境条件相对较动荡多变。