

# 环境科学与生态系统

吴宝铃

(中国科学院海洋研究所)

## 一、什么是环境科学

环境科学是近一、二十年蓬勃发展起来的一门新兴的综合性很强的学科，是近代自然科学领域中的一个新的生长点，是人类社会生产发展的必然结果，也是人类在利用改造客观物质世界的同时，对自然现象的本质和变化规律深入认识的表现。环境科学的诞生是20世纪60年代自然科学向深度和广度进军的一个重要标志。环境科学的发展为化学、生物学、地学、物理学、医学和工程学等开辟了新的领域，也对很多新技术的应用提出了新要求。环境科学充分利用上述各领域的科学知识和技术，对由人类活动引起的大气、土壤、水体和生物等环境的问题，进行系统的研究。环境科学是在多学科基础上发展起来的一门独立学科，由于各学科领域多边缘相互交叉渗透，给环境科学带来强烈的综合性特点。

美国国家科学基金委员会将自然科学的基础理论分为五个组，其中有一个组就是环境科学。环境问题是60年代以来，国际公认的五大社会问题之一，“国际生物学规划”中的主要项目。在国外，一些有成就的分子生物学家、生物物理学家、生物化学家、电子学家、数学家和工程学专家等都转而参加了环境科学的工作。

## 二、环境科学的重要分支学科——海洋环境科学

环境科学是研究环境质量及其改善和控制的科学，它包括了许多理论分支学科和技术分支学科。海洋环境科学既属海洋科学又是环境科学的重要分支。海洋环境科学当前研究的重点是，污染物在海洋中的分布、变化、迁移、转化的规律，所引起的环境质量变化，以及控制、改善海洋环境的原理和方法。随着我国工农业生产和科学技术的发展，海洋环境污染和保护问题日益为广大群众所关注。我们应该估计到，兴建十来个大庆，二十来个鞍钢等以及五小工业遍地开花可能造成的污染，紧密结合经济建设的实际，积极开展研究，切实走在前头，为实现四个现代化发挥更大的作用。

## 三、环境科学的基础理论之一——生态系统

环境科学是以生态学和地球化学为主要基础理论，生态学的环境理论即生态系统(ecosystem)。生态系统是英国的Tansley在1935年提出的，至40年代的Lindeman(1942)做了生态系统功能的动态、不同营养级能量的转换和生态系统的生产力研究，50年代Odum等(1953—1959)进一步做了能量流动、生物地球化学循环等问题的研究，目前在外国是获得普遍接受的理论。

当前在生物学领域内有两个明显动向：(1)分子水平，(2)群体水平。第1个动向是由个体—器官—组织—细胞—分子结构与功能的发展动向，揭发生命的微观秘密。第2个正好是相反的动向，个体—种群—群落—生态系统一直到包括全部生态系统的生物圈的发展动向，这是揭发生命的宏观奥妙。环境对种群、群落和生态系统起着重大影响，后一动向直接与环境污染有关，是

受环境污染问题激发起来的。近年来由于环境污染问题日益受到重视，生态系统的分析研究有了很大的发展。

## 1. 什么是生态系统

生态系统，也有译作生态系的，由于它是一个复杂的网络式结构，因此称生态系统为好。

森林、草原、湖泊、河流、河口和海洋等都是自然界的一部分（即生物群落所占的空间，也称生物群落生境），其中包含着各种生物群体（生物群落）和非生物的成分，在长期适应过程中，两者不可分割地相互联系和彼此作用，因此生物和它的周围环境成分（环境因素）联结成一个网络式结构，每个环境成分为网络的一个环节，相互之间进行着连续的能量和物质的交换，象这样的自然界一部分就叫作生态系统。

生态系统理论的基本之点是自然界的物质（水、碳、氮、钙、磷、钾、镁等）在不断循环之中，自然界的能量处于不断流动之中。物质是不灭的，自然界中的物质有其一定的循环规律，生态系统的物质循环和能量流动受一系列调节机制的支配，生物（特别是较高级营养级生物）是一种主要调节因子，即在调节机制中起主要作用。生物为了生存与繁殖，不断地从其周围环境取得必需的物质与能量，同时不断地把生命活动过程的产物排送至环境，环境生物地球化学就是研究自然各种元素的运动、分散、富集的规律，及在生物体内物质转移和代谢规律。

## 2. 有哪些生态系统

整个生物圈可以分为陆地生态系统、淡水生态系统和海洋生态系统，也可根据大小不同范围分为大生态系统（海洋）、中生态系统（潮间带）和微生态系统（一根树干）。海洋生态系统是一个很复杂的系统，又可分为许多的生态系统，如浅海生态系统、深海生态系统、浮游（水层）生态系统、底栖生态系统。底栖生态系统又可分潮间带生态系统、珊瑚礁生态系统和红树林生态系统等。

就与自然力的关系与性质可分为自然生态系统如原始森林等；半自然生态系统如养鱼的湖泊、养殖海带和海虾的近海海域、人工森林、牧场和农田等；人工生态系统是城市、矿区、工厂和密闭的船舱等。

上述的生态系统还属于开放式和密闭式两个类型，象海洋、河口、湖泊、河流、牧场、农田和工矿城市等是开放式生态系统；密闭的工厂、潜艇、宇宙航行的飞船等都是密闭式生态系统。

## 3. 生态系统的结构和功能

生态系统是自然界的一部分，也就是占据一定空间的自然界基本功能单位，包含着多种生物群体和无生命的环境，它具有一个复杂的网络式结构，这个结构被生物的、化学的和物理的作用所紧密相互牵连和彼此制约，即相互之间进行着物质的循环和能量的流动，也称质能循环代谢再生产。

生态系统里的生物群体（植物、动物、病毒和细菌、真菌等），根据它们在能量和物质运动中的作用分为三类：

### （1）生产者（植物）

由光合作用将太阳辐射能直接转换成化学能。这是一切生物生理活动的能源，植物的光合作用就是光——化学转换。绿色植物利用太阳辐射放出来的一部分能量（光能），结合二氧化碳、水和由根部吸收的无机元素、合成蛋白质等复杂的有机物。

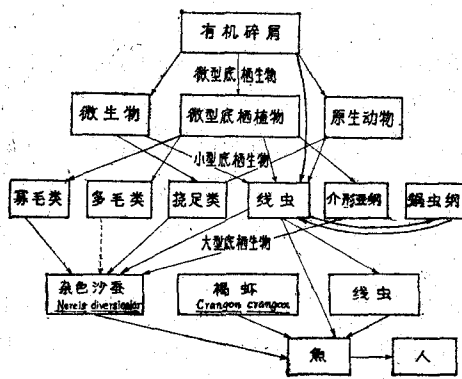


图1 底栖生物食物网  
(仿Гальцова 1976)

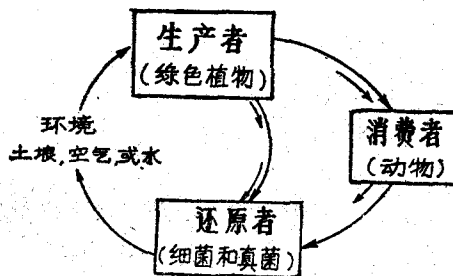


图2. 在一个生态系统中, 环境和有机体之间的物质循环简化图式  
(仿Whittaker 1970)

#### 4. 生态系统的特征

(1) 开放生态系统不断地同外界进行物质及能量的交换, 通过生态系统的能量单向流动现象叫能量流或能流(图3)。生物维持生命所需的碳、氧、氮、磷等元素, 原来以矿物形式, 从一个营养级传递到下一个营养级, 最后微生物作为矿物养分把这些经过生物过程制造的产品和一部分未利用的物质与能量放回到大气、土层和水圈中, 再被植物所利用。这种矿物养分在生态系统内, 一次又一次地循环, 称环境生物地球化学循环。所有物质进行循环, 能量不能进行循环, 能量最终以热能的形式被消耗, 不能重新再被利用, 所以能量消耗以后是不能补偿的。生态系统的主要特征是能量的单向流动和物质循环。

(2) 生态系统总是处于不断运动之中, 在相互适应调节状态下生态系统呈现有节序地相对稳定状态和适应外界变化的弹性, 这种稳定状态建立在组成成分及群落间在能量流动和物质循环方面的平衡关系, 即生态平衡。在相对稳定阶段, 生态系统中的运动(能量流动和物质循环)对

#### (2) 消费者(动物)

取食植物的食草动物, 又称第一性消费者; 第一级食肉动物或称第二性消费者以食草动物为食; 第二级食肉动物又称第三性消费者吃第一级食肉动物, 以此类推, 这样就构成一般的食物链索, 其中每个环节叫做一个营养级或食性级。以生活的动植物为食物组成的食物链索叫做生食食物链网, 自然生态系统中很少有如此简单的食物链索, 能量总是通过散漫而复杂的路线网而散布到多种多样的生物, 如图1所示, 生态系统越成熟, 它的组成越多样, 食物网越复杂。

#### (3) 分解者又称还原者(病毒、细菌和真菌等)

分解者也是一个十分复杂的类群, 动植物的尸体及其排泄物, 既是分解者的原料, 又要依赖它进行加工和分解, 才能供给生产者再生产用。微生物在动植物遗体的死组织上, 吸收可溶性有机食物为主。分解者通过分泌消化酶, 消化有机物成可溶形式而加以吸收, 通过这种消化过程和分解者本身的呼吸作用, 把有机物质分解为无机物。分解者同时利用未被消费者获取的有机物质的能量, 并把无机养分释放回环境(图2)。能量在分解者中, 实际上也要经过不止一次的转移, 构成所谓腐食食物链网。

以上的生产者(植物)、消费者(动物)和分解者(微生物)构成生态系统的基本结构, 通过基本结构完成系统中的物质与能量的循环与转化过程, 这就是生态系统的代谢功能。

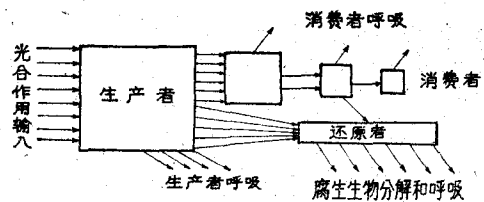


图3. 自然群落中的能流  
(仿Whittaker, 1970)

其性质不会发生影响，因此所谓平衡是动态平衡，即随着时间的推移和条件的变化，生态系统是在不断地变化着。

(3) 一个自然生态系统是长期发展而来，有其发展的历史，在无人为的干扰下，由简单到复杂，由低级到高级，由变动到稳定向前发展。今天有正常生命存在的地球部分—生物圈，是经过以百万年计的漫长岁月形成的，这要追溯到地球的形成，生命的起源和生物的演化。生命起源于海水，随着生物的演化逐步扩大生物圈，从水域到占据大陆，进而征服长空，因此生物圈的形成和生物发生都经过一定的序列，同时也建立了多种物质和能量的循环规律，其中二氧化碳、水和氮是对生物具有重要意义的三大循环物质（简称大循环）。

(4) 从进化的观点看，任何一个自然生态系统都在不断地发育和发展，有的表现在形态上的变化，有的表现在结构和部分功能的改变。变化有内因和外因，在正常的自然情况下，外因是有季节性的序列，内因是缓慢累积的。生态系统是生物圈的组成部分，也是生物圈的基本单元。生态系统在内外因作用和生物圈大循环的一定控制下，通过分解、合成及交换等过程，自动地进行适应、调节、修补和建造。也就是生态系统的结构与功能，彼此互相适应，又存在矛盾，推动生态系统的变化。

(5) 生态系统具有一定自身调节能力，能调节自己并能忍受改变了的条件，这就是生态系统的反馈（feedback）。反馈是系统（如机器、动物等）调节控制的基本形式，反馈原理既是各种自动调节器、伺服系统设计的原理，也是人体血压、体温等生理调节作用的规律，在生态系统中的反馈系统是有限度的。

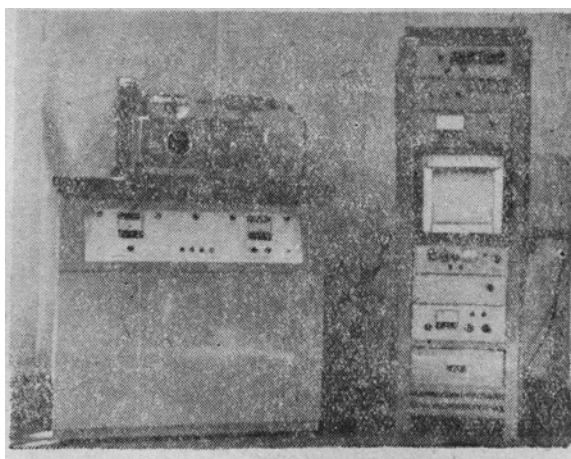
(6) 生态系统的脆弱性（易受损害的程度）；弹性；惯性，即抵抗结构和功能特征变位的能力和复原力。以上这4个特征在很大程度上调节着一个系统对压迫的反应和它从压迫中恢复过来的速度和程度。

新  
仪  
器

## BD-74型多晶X光 衍射仪研制成功

多晶X光衍射法在工业和科研的许多领域已应用多年。近年来，由于粒子探测技术和测角方法的改进，仪器的稳定度、分辨率、重复性不断提高。六十年代以后，多晶衍射术在海洋地质领域也广泛采用。深海钻探船〈格洛玛〉号就以此法作为海洋海底岩心矿物分析的主要手段。此外，如海洋粘土的层错缺陷、矿物结构分析都离不开衍射法。七十年代以来，世界上出现无定形物质结构研究的新趋向，衍射仪和其它手段配合是研究海底非晶质硅以及锰结核结构等理论课题的重要工具之一。

过去我国使用的衍射仪都是依赖于进口，现国内已能自己生产，以北京大学为主、青岛电子医疗仪器厂、中国科学院海洋研究所等单位参加协作，经过几年的努力，成功地研制出了一台多晶衍射仪。全部元件均为国产。这台仪器具有下列特点：1. 废弃陈旧的盖革计数管，采用新颖的铍窗闪烁探测器，改进了图谱背底放。2. 测角仪用无级变速以减少振动和噪音。3. 衍射角（ $2\theta$ ）自动显示，便于观测读数并减轻工作人员受射线国的损害。



北京大学物质结构研究室仪器组、中国科学院海洋研究所二室X光实验室