1 绪　　论

☞ 学习指南

本章介绍有关环境的基础知识，通过学习应掌握环境的概念和分类；了解环境问题产生的原因、发展的历程和当前人类面临的主要环境问题；了解环境科学的内容、任务和分支，充分认识保护环境、维护生态平衡的重要性，提高环境意识，树立良好的环境观。

1.1 环境和环境问题

1.1.1 环境及其分类

环境（environment）是一泛指名词。通常，环境是指以人类为中心的，作用于人的外界影响与力量及其范围或境界，即人类生存的环境。

《中华人民共和国环境保护法》明确指出，“本法所称环境是指：大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等。”应当指出的是，环境的范围不只限于上述内容，随着社会的进步，科学技术的发展，人类影响所及的环境比这要大得多❶。

人类的环境可分为社会环境和自然环境两种。

社会环境是指人们生活的社会经济制度和上层建筑的环境条件，是在自然环境的基础上，人类通过长期有意识的社会劳动，以及改造了的自然物质，创造的物质生产体系，积累的物质文化等所形成的环境体系。如生活居住区、工业、农业、交通、名胜古迹等。

自然环境是指存在于人类周围的客观物质世界，或者说各种自然因素的总和。构成自然环境的物质种类很多，主要有空气、水、植物、动物、土壤、岩石和太阳辐射等。这些是人类赖以生存的物质基础。目前环境科学所讨论的环境问题，主要指的是自然环境。

人与环境关系密切，如人体通过新陈代谢和周围的环境进行物质交换。根据人与环境的密切关系和人类对环境的加工改造程度，由近到远，从小到大，将环境分为聚落环境、地理环境、地质环境和星际环境。

(1) 聚落环境（settlement environment）

是指人类聚居和生活的场所。它是人类活动的中心，是人类有认识地开发利用和改造自然而创造出来的生存环境。聚落环境根据其性质、功能和规模又可分为院落环境、村落环境和城市环境。

a. 院落环境　是由一些功能不同的建筑物以及同它们联系在一起的场院组成的居住环境。有的院落环境较简单，如一座孤立的居住环境。有的较复杂，如一座大庄园或一栋现代化住宅。院落环境的另一个特点是具有明显的时代特征和地方色彩，如北极爱斯基摩人的小冰屋，中国西南热带少数民族的竹楼，内蒙古草原的蒙古包，黄土高原的窑洞等。院落环境

❶ 随着人类社会的不断发展、进步，环境的概念也在拓展。如有的学者把月球也视为人类生存的环境，这是由于：①人类的足迹已踏上月球；②海水的潮汐受月球的影响；③随着宇宙空间科技的发展，人类有可能开发和利用月球资源。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

的污染物主要是生活废弃物。

b.村落环境　村落是农业人口聚居的地方。由于自然条件的不同，以及农业生产的种类、规模和现代化程度的不同，村落的类型是多种多样的，如平原上的农村，海滨湖畔的渔村，深山老林的山村。村落环境的污染物主要是农业生产和生活的废物，此外还有施用的化肥、农药以及农用薄膜等。

c.城市环境　是人类利用和改造自然环境而创造出来的高度人工化的生存环境。目前城市环境有两个发展趋势。其一，世界城市人口占总人口的比重逐年增加（1950年为28.7%，1960年为33.9%，1970年为37.5%，1980年为40%）。但世界各国城市化的发展速度是不一致的，如新加坡城市人口占全国人口数为100%，比利时为95%，中国城市化的程度较低，据1982年统计，城市人口约占总人口的20%；其二，有向城市群或城市带发展的趋势，如美国东北部大西洋沿岸城市带，日本东京到太平洋沿岸城市带，英国以伦敦为中心的城市群，中国的京-津-唐、宁-沪-杭也有这种发展趋势。

人类聚落环境的城市化带来了一系列环境问题。如城市生产和生活均消耗大量的能源，释放出大量的热能，再加太阳的辐射能，使得城市的气温比周围郊区高，往往形成所谓的“热岛效应”❶；由于排放大量的有毒有害气体和颗粒物，使城市的大气质量下降，许多大城市发生过大气污染事件；工业废水、生活污水排入水体形成水污染；城市垃圾占用土地并直接或间接地污染水体和大气。

（2）地理环境（geographical environment）

地理环境位于地球的表面，处于岩石圈、水圈、大气圈和生物圈相互渗透、相互作用、相互制约的交织带上。它下起岩石圈的表层，上至大气圈对流层顶，厚约10～20km。

地理环境由水、大气、土壤和生物等组成的，是具有一定结构和功能的自然综合体。这里有常温、常压的物理条件，适当的化学条件和生物条件，为人类提供大量的生活资料，可再生资源，是人类活动的舞台和基地。

（3）地质环境（geological environment）

地质环境是指自地表而下的坚硬的地壳层，即岩石圈。在地理环境、地质环境，以至星际环境之间，经常不断地进行着物质和能量的交换。岩石在太阳辐射的作用下，经过风化过程，使固结在地壳中的物质解放出来，加入到地理环境中，参与自然界的物质循环。

地质环境为人类提供了大量的生产资料——难以再生的矿产资源。与此同时，大量的矿产资源被开发利用，使得介入环境中的元素及有机、无机化合物的种类与数量随生产的发展

❶ 热岛效应是指城市气温高于四周郊区气温的现象，是人类活动对城市区域气候影响中主要特征之一，是城市化对气候影响最典型的表现。城市气温与郊区同期气温差值的大小为城市热岛强度。热岛强度受季节、气候和城市人口密度等因素的影响，其最大值一般在2～7℃，下表介绍了我国部分城市的人口密度及热岛强度。

我国部分城市人口密度及热岛强度

城　市	城市面积/km²	人口/千人	人口密度/(人/km²)	年平均热岛强度	城　市	城市面积/km²	人口/千人	人口密度/(人/km²)	年平均热岛强度
沈阳	164	2410	14680	1.5	上海	140	6030	43120	1.2
北京	88	2390	27250	2.0	广州	55	3000	55050	0.6～1.0
西安	8.1	1300	16000	1.5	香港	94	3740	39800	0.8
兰州	164	900	5460	1.0					

与日俱增，这是环境保护中应引起注意的问题。

（4）星际环境

我们人类所居住的地球大小适宜，距太阳不远不近，正处于“可居住区”，是迄今为止我们所知道的唯一有人类这样高等生物居住的星球地球上的现象与变化是受其他星球的作用和影响的，如地球上的潮汐受月亮的影响，气候受太阳黑子活动的影响，能源也主要来源于太阳的辐射能。在环境保护中应充分利用星际环境，如利用潮汐能发电、风力发电、太阳能发电。同时，我们也要保护好地球以减少星际环境的负面影响，如大气中的臭氧层❶具有防止太阳光中的紫外线大量辐射到地球上的作用，一旦受到破坏，则地球上的生物会受很大影响，人类患皮癌病的人数将大大增加。

1.1.2 环境问题

这里所讲的环境问题不是自然灾害问题，而是指由于人类活动作用于我们周围的环境所引起的“公害”问题。

自然灾害问题又称第一环境问题，如火山喷发❷、地震、森林火灾、台风、洪水、海啸、旱灾、虫灾以及地方病、流行病等都是属此类问题。但第一环境问题是由于自然界本身的变异造成的环境破坏，往往是区域性的或局部的。

人类的生产、生活活动等人为因素造成的环境破坏或污染（pollution）为第二环境问题。环境保护工作的主要对象是第二环境问题

环境问题是伴随着人类社会的产生而产生的，也是随着人类社会的发展而加剧的，人类对环境问题的认识也是在人类社会的发展中不断加深的。归纳起来我们可以将环境问题的发展分为原始捕猎、农牧业、工业革命、工业发展和现代工业五个阶段。

人类诞生以后很长的岁月里，原始人群的食品主要以狩猎和采集为主。这个时期原始人群与自然界的物质和能量交换是极为有限的，主要表现为原始地依赖和利用自然环境。如果那时也发生所谓的环境问题的话，也只不过是因为人口的自然增长，过度的采集和狩猎、利用自然能力低而引起的饥荒。为了解除这一环境威胁，人类被迫扩大自己的环境领域，学会适应在新环境中生活的本领。

从原始社会到 18 世纪后半叶，即工业革命之前的一段农牧业阶段。此时的环境问题主要是大量地砍伐森林、过度地放牧造成的草原被破坏，引起严重的水土流失，水旱灾日益加重和土壤沙漠化、盐渍化、沼泽化。

18 世纪后半叶至 20 世纪初为工业革命阶段。工业革命带来了矿业的开发和耗煤量的激增，造成了大气、水、土壤等环境污染，即工业革命带来了工业污染。

20 世纪初至 60 年代为工业发展阶段。第二次世界大战以后，科学、工业、交通都得到

❶ 臭氧存在于距地面 20～30km 的平流层里，其含量占这一高度的空气总量的十万分之一。臭氧能吸收 200～300nm 的紫外线，对地球的生物具有保护作用。目前，世界各地区都出现了臭氧层减少的现象，如欧洲和北美上空的臭氧层平均减少了 10%～15%，西伯利亚上空减少了 35%，而在南极的上空甚至出现了“空洞”现象， 1994 年，南极上空的“空洞”达到 $2.4\times10^{7}km^{2}$。臭氧层受到破坏的主要物质是被广泛用来作致冷剂，发泡剂和清洗剂的氟里昂（氟氯烃）。

❷ 目前世界上约有 1000 多座活火山，平均每年约有 50 座火山喷发当火山大规模喷发时，含有火山灰和 SO_2 等气体会长期滞留在空中，使日照量减少，气候寒冷化。如 1883 年印度尼西亚喀拉喀托火山喷发，使北半球的气温下降了 0.3℃。

了迅速发展，劳动生产率大幅提高，人类的生产和生活活动排放到环境中的污染物超过了环境和人类所能承受的能力，生态平衡遭到严重的破坏。这个时期工业发达国家走了一段先污染后治理的弯路，并为此付出了高昂的代价，震惊世界的八大公害事件也就发生在此阶段（参见阅读材料）。

20世纪60年代以后称为现代工业阶段。在此阶段，科学技术和工业发展的速度大大超过以往的任何时期，人类大规模地改变环境的组成和结构，从而改变了环境中的物质循环和能量交换，污染的范围和规模都空前宏大。据估计，全世界“三废”当中，废渣每年要排放20亿t，液体废物按体积衡量每年排放500km^3。有毒、有害废气6亿t。由于人口的激增，造成水资源、矿产资源、能源等的供应十分紧张。

目前，人类面临的主要环境问题有以下几种。

（1）人口问题

人口问题已成为当前人类环境的首要问题。人口的迅猛增长❶，给社会带来了许多困难，并对环境造成很大的压力。人口问题也引发了粮食问题、能源问题、资源问题和环境保护问题。

（2）粮食问题

粮食问题实质上是人类的食物问题。人类的食物是由粮食、畜产品和水产品组成的，它们是由耕地、草原、森林和水域等生产出来的。在一定时期内，人类食物的产量总是有限的，因而，它的产量对人口的增长有较大的制约作用。

（3）能源问题

工业的发展、人口激增以及人类生活水平的不断提高，极大地加快了能源的消耗速度。然而，地球上化石能源的供应是有限的，所以在节约消耗能源的同时应大力开发新能源，如因地制宜地利用水能、风能、太阳能，合理地使用核能等。

（4）资源问题

在通常意义上讲，资源指的是能源、矿产、森林、草原、耕地、生物和水资源等。虽然人类在不断改进技术，科学地开发和利用自然资源，但像能源、矿产资源等不可再生资源是有限的，存在资源枯竭的问题，所以，要求我们在节约使用资源的同时，要不断开发新资源，如用合成材料代替金属材料。

（5）环境保护问题

人口的增长、粮食的紧张、能源的短缺、资源的枯竭最终均会引发环境保护问题，这些问题有些是区域性的、有些是全球性的问题。如大气中二氧化碳浓度在逐年增加，自1800年以来，大气中的二氧化碳浓度提高了25%。二氧化碳浓度增加的结果会产生“温室效应”❷，使地球表面升温，进一步导致极冰融化，海面上升，气候异常；人类排放的氯氟烃

❶ 1972年罗马俱乐部发表的《增长的极限》报告中指出，如果地球上的人口继续以现在的速度增加的话，能源、资源与粮食供应都很难跟上人口的增长速度，势必造成对地球资源的竭力开发，因此，极有可能在100年内破坏地球的自然生态系统。世界人口在1800年为10亿、1900年为16亿、1950年为25亿、2000年超过60亿，预计到2050年世界人口将增长到100亿。

❷ “温室效应”指人类活动所排放的温室气体（如CO_2、CH_4、O_3、N_2O和氟里昂等）的增加，使地球表面和低层大气温度升高的现象。全球的气温在过去100年内上升了0.3～0.6℃。海平面上升是温室效应的必然结果，据报道，全球海平面平均每十年上升1～2cm，过去一个世纪海平面上升了10～15cm，美国沿岸海面上升了30cm。海平面的上升会给沿海居民带来灾难性的影响（例如低地被淹、海岸被冲蚀、地表和地下水盐分增加等）。此外“温室效应”还会造成农作物减产，虫害数量增加，森林、草原火灾加重等不良后果。

气体和氮氧化物及超音速飞机的飞行活动都会消耗臭氧层，使其臭氧的浓度降低，从而破坏臭氧对紫外线的吸收作用；二氧化硫等酸性气体在大气中与水结合形成酸雨；此外，海洋污染、核污染、电磁污染、森林减少、土地沙漠化等全球性环境问题，都会引起生态环境的恶化。

1.1.3 中国环境问题

中国也同样面临上述五个环境问题。其中比较突出的问题有人口问题、水污染问题、大气污染问题和资源问题。

中国人口的增长历程与世界人口的变化大致相同。1760 年中国人口总数为 2 亿，1900 年增加到 4亿（140 年增加 2 亿），1954 年人口达到 6 亿（54 年的增长数相当于前 140 年的增长数），1969 年人口为 8 亿（15 年增加 2 亿），1980 年人口近 10 亿（11 年增加 2 亿）。以上数据表明中国人口逐年增长。中国人口的另一特点是农村人口多，城市人口少，如 1990 年城市人口占总人口数的 26.2% ，远低于世界平均水平（40%）。人口增长对环境造成压力是不可争辩的事实，其表现为各种资源的短缺，能源供应紧张，环境污染严重。人口增长的另一负面影响是资源的平均占有率下降以及一系列社会问题，如就业困难、交通拥挤、住房紧张等。

中国水的问题表现为四个方面：一是水资源短缺，根据世界银行 20 世纪 90 年代的一个统计，中国每年因旱灾而造成的损失平均是 350 亿美元。黄河下游地区自 20 世纪 70 年代起，断流现象几乎每年发生，而且断流的时间越来越长，如 1972 年至 1994 年，黄河下游平均每年断流 18天，而 1995 年和 1997 年断流时间分别达到创历史记录的 118 天和 220 天。二是洪涝灾害严重，据世界银行估计，中国在洪涝灾害上的损失平均为 100 亿美元。洪涝灾害发生区域主要集中在南方，而缺水又多集中在北方，基于这点，中国正在规划南水北调工程，从东、中、西三条线路，分别从长江下游、中游和上游地区引水到北方地区。三是水污染严重困扰着中国，国家环境保护总局的一项调查表明，在被统计的我国 131 条流经城市的河流中，严重污染的有 36 条，重度污染的有 21 条，中度污染的有 38 条。中国科学院在 1996 年发布的一份国情研究报告也表明，全国 532 条主要河流中，有 436 条受到不同程度的污染。四是水土流失严重，如长江带入东海的泥沙每年达 6亿 t，输沙量已达黄河的 1/3. 水土流失最严重的是陕西省，年输沙量达 9.2 亿 t，占全国年水上流失总量的 1/5.

大气污染是中国另一主要环境问题。大气污染的主要污染物是 SO_2 和烟尘，这是由我国的能源结构造成的，目前，煤炭约占我国能源消耗的 75% ，因此燃煤是我国大气污染的主要来源，空气污染属煤烟型。据 1998 年中国环境年鉴统计， 1997 年 SO_2 排放总量为 2.35×10^7t，烟尘的排放总量为 1.87×10^7t。有 52.3%的北方城市和 37.5%的南方城市 SO_2 年均值超过国家二级标准（60μg/m³）。

在资源方面，中国的森林覆盖率为 13.9%，占世界森林总面积的 3%～4%，但人均占有量仅为 0.114hm² ，并且存在着病虫害、森林火灾及人为破坏等问题；我国的草地资源为 3.9 亿 hm² ，占国土总面积的 40%，但人均占有量仅为 0.33hm² ，为世界人均值的 1/2；我国的矿产资源十分丰富，到目前为止被利用的矿产资源已超过 150 种，其中很多矿产（如钨、锑、锌、煤、稀土等）的储量都居世界前列。在矿产资源的开发和利用上，中国存在利用率低、对环境的污染破坏严重等问题。

从 1972 年 6 月 5 日中国派代表团参加了在斯德哥尔摩召开的人类环境会议，到以后分

需要全本请访问 www.ertongbook.com

别于 1973 年 8 月、1983 年 12 月、1989 年 4 月、1996 年 7 月召开的四次全国环境保护会议，中国政府为解决环境问题做了许多艰苦细致的工作，并取得了较大成绩。

“全国规化、合理布局，综合利用、化害为利，依靠群众、大家动手，保护环境、造福人民”的 32 字环境保护方针；“预防为主、防治结合、综合治理”；“谁污染谁治理”；“强化环境管理”三大环境政策等方针、政策和相应的环境保护法、环境标准等都是在这一时期确立和提出的。此外，我国已建立了较完善的环境监测网，形成了完整的环境管理和监督体制，为促进我国经济和社会的可持续发展，保护自然资源，保护良好的生态环境打下了良好而坚实的基础。

中外环境问题告诫我们：保护环境、维护生态平衡是我们人类共同应尽的义务和责任；发展经济、创造文明不能以牺牲环境为代价。

思考及练习

1. 什么是环境？其分类有哪些？
2. 环境问题的发展分为哪几个阶段？
3. 当前人类面临的主要环境问题有哪些？
4. 试调查你所居住地存在的环境问题，并简要写成调查报告。
5. 讨论城市“热岛效应”的危害有哪些？

1.2 环境科学及其分类

随着环境问题的日益突出，人类对环境问题的认识也逐步深入，并积累了丰富的经验和知识，为解决环境问题打下了良好的基础。与此同时，环境科学逐渐形成并独立出来，产生了一门新兴科学——环境科学。

环境科学（environment science）是一门新兴的由多学科到跨学科的综合性科学，是研究环境质量及其控制的科学。环境科学作为一门综合性的科学，是以现代化学、物理化学、生物学、地质学、地理学、土壤学、气象学和医学等各学科的理论为基础，系统地研究人类生产和生活活动而引起的生态平衡的破坏程度及其改善与维护原来生态平衡的过程。其研究重点是致力于污染物在环境中的过程、变化规律及其引起的环境质量的变化，污染物对人体健康的影响，以及控制和改善环境的原理、方法和技术。

1.2.1 环境科学的研究对象和任务

环境科学是以“人类-环境”系统作为研究对象，研究“人类-环境”生态系统的发生、发展、预测、调控以及改造和利用的科学。“人类-环境”系统是人类与环境构成的对立统一体，是以人为中心的生态系统。

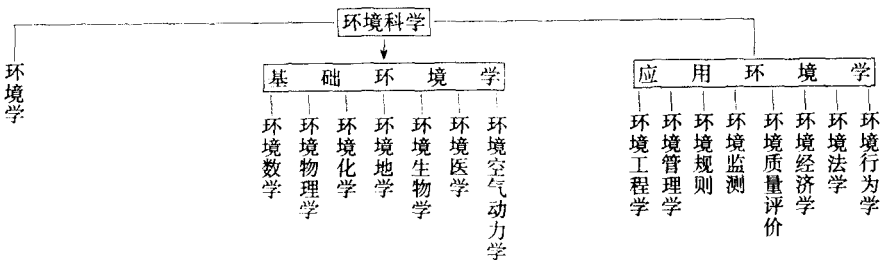
人类与环境的关系是通过生产和生活活动而表现出来的。人类的生产和生活活动也就是人类与环境之间的物质、能量、信息的交换活动，人类通过生产活动从环境中以资源的形式获得物质、能量和信息，然后通过消费以“三废”形式排向环境。因此，无论人类的生产活动，还是消费活动（生产消费与生活消费）无不受环境的影响，也无不影响环境，其影响的性质、深度和规模则是随着环境条件不同而不同，随人类社会的发展而发展的。

环境科学的基本任务就是揭示“人类-环境”这一矛盾的实质，研究人类与环境之间的关系，掌握它的发展规律，调节人与环境之间的物质和能量交换过程，寻求解决这一矛盾的

途径和方法，以改善环境，促进人类社会的不断向前发展。

1.2.2 环境科学的分类

环境科学的研究范围很广，它不仅涉及自然因素，也涉及社会因素。目前，环境科学尚处于发展阶段，很难将其严密分类，现比较普遍分类方法是将环境科学划分为基础环境学、应用环境学和环境学三大部分，详见下图。



20 世纪 70 年代以来，人们在控制污染方面取得了一定成果，某些地区的环境质量也有所改善。这证明环境问题是可以解决的，环境污染的危害是可以防治的。随着人类控制污染方面取得的进展，环境科学这一新兴学科也日趋成熟，并形成自己的理论和研究方法。它将从分门别类研究环境和环境问题，逐步发展到从整体上进行研究。此外，这些分支学科的发展过程中，还将出现新的分类学科。

中国的环境保护起步较晚，但成就突出。在环境科学方面也形成了较完善的环境科学体系，取得了较大的成绩。中国的环境保护事业的发展历程经历了三个阶段，这三个阶段分别是：1973～1978 年为起步阶段；1979～1992 年为发展阶段；1992 年以后为可持续发展阶段。中国为解决中国的环境与发展问题进行了坚持不懈的努力，然而，由于中国的环境问题比较突出，所以环境保护的事业任重而道远，相应环境科学的研究也会面临新的课题和新的挑战。

思考与练习

1. 什么是环境科学？它的研究对象是什么？
2. 人类与环境之间的关系是什么？
3. 环境科学分为哪几部分？

阅读材料

八大公害事件

20 世纪 30～60 年代，随着工业的发展，造成了大气、水体、土壤等的污染，并在一些发达国家发生了公害事件，所谓的八大公害事件是指：

(1) 马斯河谷烟雾事件　1930 年 12 月初发生于比利时马斯河谷。原因是该河谷中工厂多，并且当地出现了逆温天气（气温随高度而增加的现象），污染物 SO_2 浓度急剧增加，造成的大气污染，危害是几千人受害发病，60 人死亡。

(2) 多诺拉烟雾事件　1968 年 10 月发生于美国的多诺拉镇。大气污染的主要原因基本与马斯河谷烟雾事件相同。这次事件使当时只有 14000 人的小镇，四天内就有 5900 人患病，

20 人死亡。

(3) 伦敦烟雾事件　1952 年 12 月 5 日至 9 日发生于英国首都伦敦。当时，居民和工厂燃煤排出大量的 SO_2 和烟尘，同样遇到逆温天气，造成严重空气污染。五天内导致 4000 人死亡。这种事件在该地区共发生 12 起，死亡近万人。

(4) 洛杉矶光化学烟雾事件　1943 年 5 月到 10 月发生于美国洛杉矶市。该城有 400 多万辆车，产生大量的汽车废气，在紫外线作用下生成光化学烟雾。造成大多数居民患病，多人死亡。

(5) 水俣事件　1953 年以来发生于日本熊本县水俣湾地区。1959 年研究证实，是由于工厂排放含汞废水污染了水俣湾海域，鱼贝类富集水中的甲基汞，人或动物食用含甲基汞的鱼贝类而引起的。病人中毒的症状是：口齿不清，全身麻木，步态不稳，进而耳聋眼瞎，精神失常，甚至死亡。截至 1972 年，有 180 多人患病，50 多人死亡。在此期间，还现出了“自杀猫”等怪现象，也是由甲基汞中毒所引起的。

(6) 富山事件　1931 年至 1972 年 3 月发生于日本富山县附近。当地的炼锌厂未经处理的含镉废水排入河中，居民食用了含镉的大米和饮用了含镉的水。患者开始关节痛，后神经痛和全身骨痛（“骨痛病”的由来）、骨骼变形、易骨折。最后在疼痛中死去。截至 1965 年底，有近 100 人因“骨痛病”死亡。

(7) 四日市事件　1955 年以来，发生于日本四日市。该地区石油化工厂排放大量的 SO_2 和粉尘，年排放量达 13 万 t，造成大气污染。被污染的患者主要是呼吸道疾病（“四日市哮喘病”的由来）。截至 1972 年，日本全国“四日市哮喘病”患者高达 6376 人。

(8) 米糠油事件　1968 年初发生于日本九州。起因是九州大牟田市一家工厂在生产米糠油脱臭过程中，因管理不善，使多氯联苯混入米糠油中，造成 5000 多人患病，16 人死亡，受害者超过 10000 人。

实际上，世界上大的污染事件远不止上述八件。如 1971～1972 年冬天在伊拉克，由于人误服了用烷基汞杀菌剂处理过的小麦做成的面包，造成 6000 多人住院治疗，500 多人死亡。此外发生在印度的毒气泄漏事件、发生于前苏联的核泄漏事件等都属于大的污染事件。

2 生态学基础

☞ 学习指南

本章介绍生态学的基础知识，通过学习了解学习生态学的目的和意义；熟悉生态平衡的概念及其影响原因；了解生态学在环境保护中的应用；能在今后工作中应用其原理改善局部生态环境，如城市生态环境。

2.1 生态学与生态系统

2.1.1 生态学

生态学（ecology）是生物科学的一个分支，是一门研究生物与其生存环境相互关系的科学。

生态学研究的对象是生物（动物、植物和微生物）。生物与其生存环境之间的相互关系，一方面体现在环境为生物提供了必要的生存条件，并不断地影响和改变着生物，使生物有机体由简单到复杂、由低级到高级不断进化和发展。另一方面也体现在生物的整个生命过程对环境的反作用。这种相互关系具体表现在作用与反作用，对立与统一，相互依赖与制约，物质的循环与代谢等几方面。

生态学依其研究生物对象的组建水平不同，分成许多分支。研究个体与环境之间相互关系的生态学称为个体生态学，研究种群与环境之间相互关系的生态学称为种群生态学，研究群落与环境之间相互关系的生态学称为群落生态学近年来，生态学家把研究的重心转向生物与污染环境之间的关系及对生态系统的研究方面

生态学与环境科学之间有很多共同的地方，它们所研究的问题基本上是相近的，只不过研究的对象不同。所以，生态学的许多基本原理同样也可以应用于环境科学中。

2.1.2 生态系统

（1）有关概念

a. 生物圈（ecosphere）是地球表面全部有机体及与之发生作用的物理环境的总称。它的范围自海面以下约 11km 到地面以上约 10km。

b. 种群（population）一个生物物种在一定范围内所有个体的总和。生物只有形成一个群体，才能繁衍和发展，群体是个体发展的必然结果。种群具有相似的形态、生理和生活习性，如一个池塘中所有鲫鱼就是一个鲫鱼种群。

c. 群落（community）在一定的自然区域中许多不同种的生物总和。生物群落的范围有大有小，有的边界很明显，有的边界又难以划分，大的如一个热带雨林，小的如一点积水，一块农田都是一个群落。

d. 生态系统（ecosystem）是任何一个生物群落与周围非生物环境的综合体。是自然界一定空间内的生物与环境之间相互作用、相互制约、不断演变、达到动态平衡、相对稳定的统一体。

在人类生活的生物圈内有无数大小不同的生态系统。一个复杂的大的生态系统又包含着无数个小的生态系统。江、河、湖、海、森林、草原等都是典型的例子图 2-1 为一简化了的陆地生态系统。

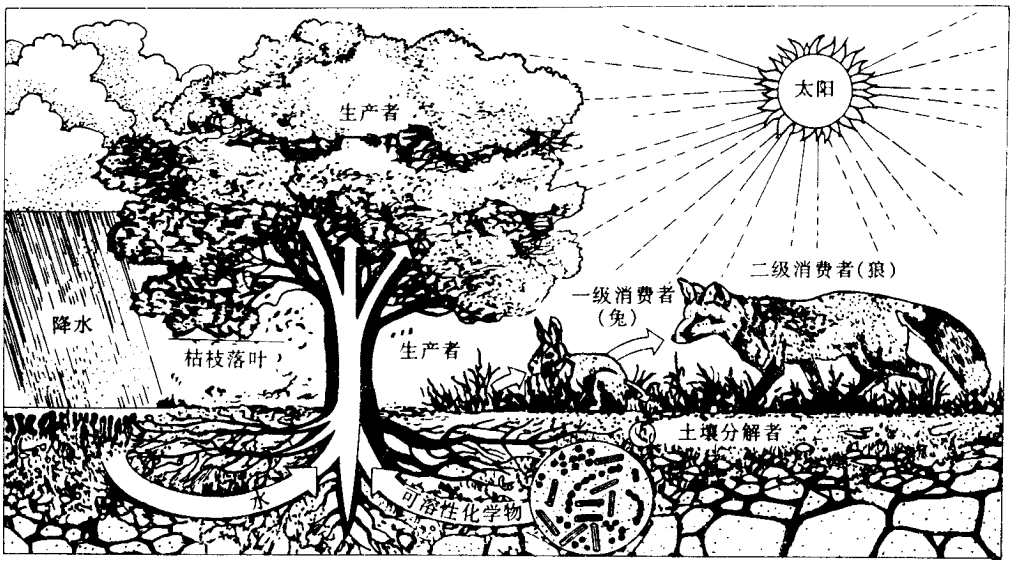


图 2-1　陆地生态系统

(2) 生态系统的组成

生态系统是由四个部分组成的。

a. 生产者（producer）主要指绿色植物，凡能进行光合作用制造有机物的生物，包括单细胞的藻类，都属于生产者。

b. 消费者（consumer）主要是指动物，又分为一级消费者、二级消费者等等。草食动物直接以植物为食，是一级消费者；以草食动物为食的肉食动物，称二级消费者；以二级消费者为食的动物，称为三级消费者……。在生物圈中，各种生物基于生产者和各级消费者之间的营养关系，构成了生态系统的食物链（food chain）。所谓食物链，就是一种生物以另一种生物为食，彼此形成一个以食物联系起来的链索关系。如在草原上，青草→野兔→狐狸→野狼；在湖泊中，藻类→甲壳类→小鱼→大鱼。后者以前者为食。当然，在一个生态系统中，食物关系往往很复杂，各种食物链相互交错，形成食物网。

c. 分解者（decomposers）指各种具有分解能力的微生物，也包括一些微型动物（如鞭毛虫），分解者的作用是把动、植物尸体分解成简单的化合物，再重新供生产者利用。

d. 无生命物质　指生态系统中各种无生命的无机物、有机物和各种自然因素。

以上四部分使生态系统构成统一的整体，相互之间沿着一定的途径，不断进行物质和能量的交换，在一定条件下，保持着暂时的平衡。

(3) 生态系统的结构

生态系统的结构分为形态结构和营养结构，这里主要介绍营养结构。所谓营养结构是指生态系统各组成部分之间建立起来的营养关系。营养结构模式见图 2-2。

(4) 生态系统中的能量流动和物质循环

每一个生态系统都有一个能量流动和物质循环系统，二者紧密联系，形成一个整体。在

生态系统中还存在信息联系。能量流动、物质循环和信息联系构成了生态系统的基本功能。生态系统中能量流动和物质循环见图 2-3。

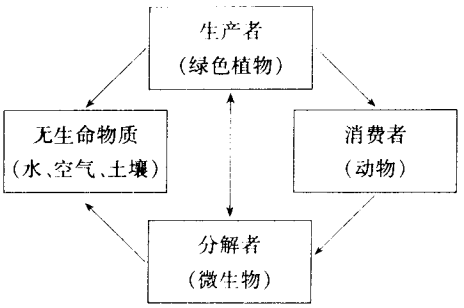


图 2-2　生态系统营养结构模式图

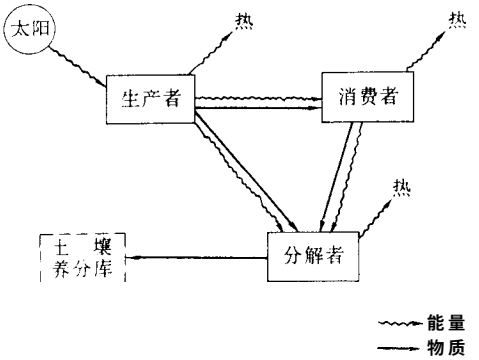


图 2-3　生态系统中能量的流动和物质循环

a. 生态系统中的能量流动　绿色植物将太阳的辐射能转化为化学能贮存在有机物质中，供消费者需要。能量通过食物链依次传递给草食动物和肉食动物。动物死后的尸体被分解者分解，在分解过程中把有机物贮存的能量释放到环境中。同时，生产者、消费者和分解者的呼吸作用，又要消耗一部分能量，被消耗的能量也放散到环境中去，这就是能量在生态系统中的流动。

生态系统中的能量流动有三个特点，(a) 生态系统中的能量来源于太阳能，对太阳能的利用率只有 1% 左右；(b) 生态系统中的能量流动是单方向的，即沿着食物链由低级向高级流动，具有不可逆性；(c) 生态系统中的能量沿食物链逐渐减少，通常某一营养级只能从其前一级营养级获得其所含能量的 10%。

b. 生态系统中的物质循环　构成生命有机体的主要元素是碳、氢、氧、氮、磷。它们占整个原生质的 97%，它们也是自然界中的主要元素。这些元素及所组成的化合物的循环是生态系统最基本、最主要的物质循环。其中与环境污染有密切关系的主要是水、碳、氮三大循环。

(a) 水循环　水是组成生物有机体的主要组成部分，又是生态系统中能量流动和物质循环的介质。此外，水在调节气候、清洗大气、净化环境方面均起重要作用。

水的循环过程，自海洋、湖泊、河流及地表水不断蒸发，形成水蒸气，进入大气，植物吸收到体内的水分通过叶表面的蒸腾作用也会进入大气。在大气层中，水蒸气遇冷，形成雨、雪、雹、雾等重新返回地面。回到地表的水，一部分直接落到江、河、湖、海中，一部分渗入土壤，形成地下水，再供植物吸收。还有一部分在地表形成径流而进入水体。这就是水循环（图 2-4）。

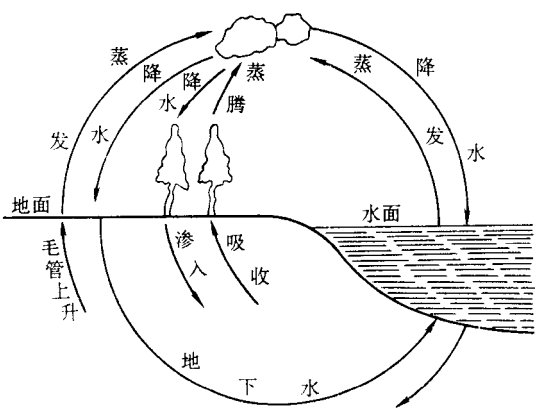


图 2-4　水循环示意图

(b) 碳循环　碳存在于生物有机体和无机环境中，是构成生物体的主要元素之一。在大气中的碳约为 700 亿 t。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

碳的循环过程，陆地上的绿色植物通过光合作用吸收空气中的二氧化碳，再转化成糖类等有机物质而释放出氧气，供动物需用。同时，动物、植物通过呼吸作用又把二氧化碳释放到环境中。动物、植物的尸体被微生物分解，所产生的二氧化碳也返回到大气中。化石燃料的燃烧所产生的二氧化碳也释放到大气中。空气中的二氧化碳很大一部分为海水所吸收，逐渐转变为碳酸盐沉积到海底，形成岩石。此外，火山爆发、森林火灾等也使碳元素转化为二氧化碳而回到环境中。碳循环示意图见图 2-5。

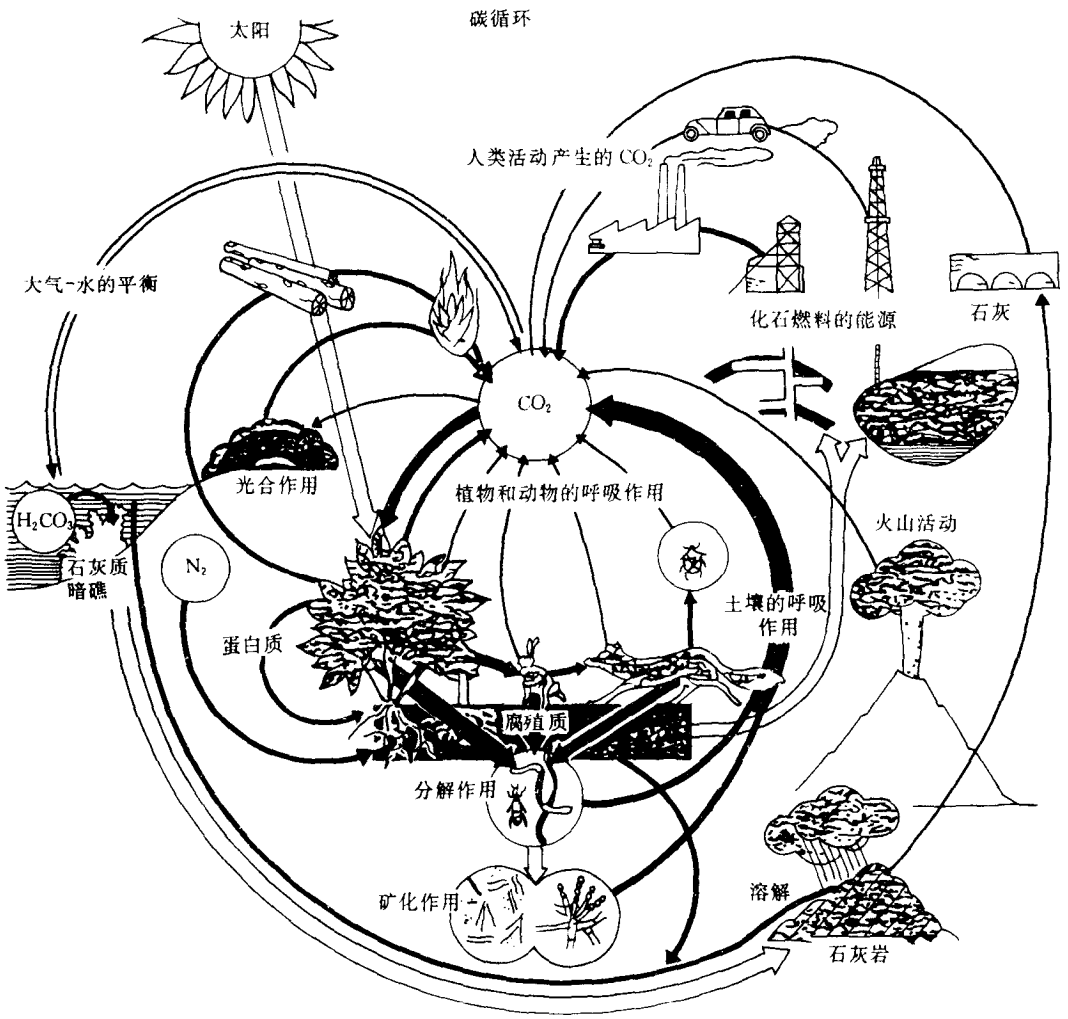


图 2-5 碳循环示意图

(c) 氮循环 氮存在于生物体、大气和矿物质中

氮的循环过程，大气中的氮通过各种固氮途径（生物固氮、工业固氮、大气固氮等）进入生物有机体。动、植物死后，身体中的蛋白质被微生物分解成硝酸盐或铵盐而返回土壤。此外动物的代谢作用也会将一部分蛋白质分解，生成氨、尿素、尿酸等，排入土壤。土壤中的氮，一部分被植物吸收，另一部分在反硝化菌的作用下，分解成氮气。这就是氮的循环，见图 2-6。

c. 生态系统中的信息联系 生态系统的各组成部分之间及各组成部分的内部，存在着

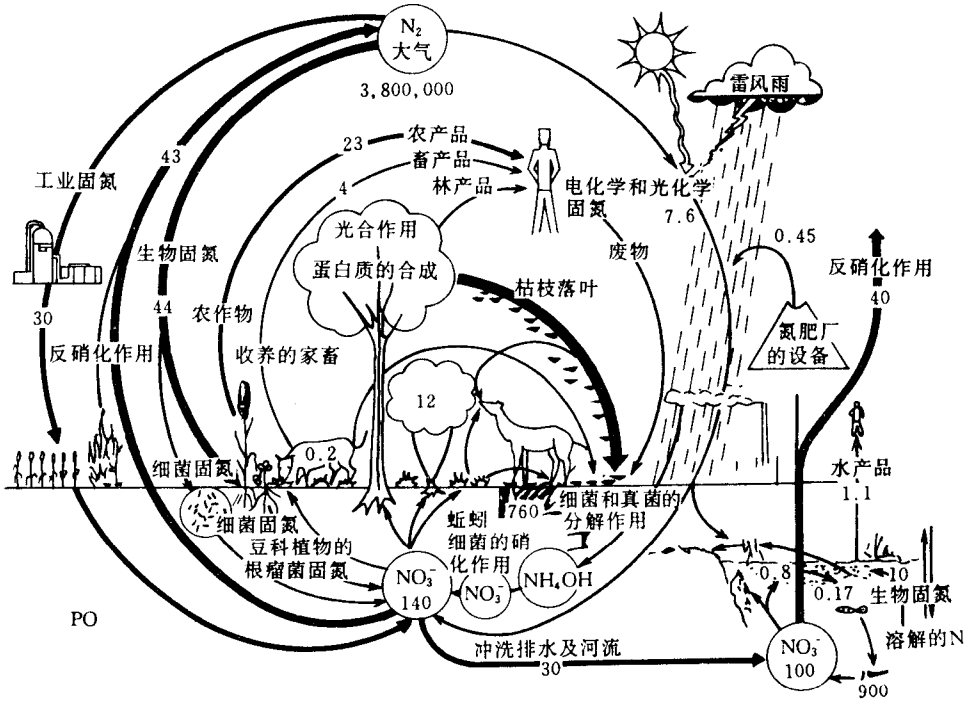


图 2-6　氮循环示意图

各种形式的信息。生态系统的信息传递在沟通生物群落与其生活环境之间，生物群落内部各种群之间的关系上有重要的意义。

生态系统的信息（information ）联系形式主要有营养信息、化学信息、物理信息和行为信息。

营养信息是指通过营养关系，把信息从一个种群传递给另一个种群，或从一个个体传递给另一个个体。如在食物链中，若动物 A 以动物 B 为食，则动物 A 数量的增长必然造成动物 B 数量的减少，而动物 B 的数量的减少反过来又抑制了动物 A 数量的增长。

化学信息是指生物在某些特定条件下，或某个生长发育阶段，分泌出某些特殊的化学物质，这些物质在生物种群和个体之间起着某种信息作用。例如昆虫分泌性外激素吸引异性个体，臭鼬释放臭气抵抗敌害等。

物理信息是指生物通过声、光、色、电等向同类或异类传达的信息。物理信息可以表达生物的安全、警告、危险、求偶等。

行为信息是指某些动物通过特殊的行为方式向同伴或其他生物发出识别、挑战等信息。如蜜蜂通过舞蹈告诉同伴花源的方向、距离等。

生态系统的信息联系对生态系统的调节具有重要作用。

思考与练习

1. 何为生态系统、生物圈、种群、群落？
2. 生态系统的组成是什么？
3. 在生态系统中碳是如何循环的？二氧化碳含量的增加会有什么影响？

2.2 生 态 平 衡

2.2.1 生态平衡的概念

自然界中的每一个生态系统，总是不断地进行着能量的流动和物质的循环，在一定时间和条件下，能量和物质的输入与输出处于暂时的、相对的稳定状态，称为生态平衡（ ecological balance）。

在自然生态系统中，生态平衡的表现是生物种类和数量的相对稳定以及生态系统结构和功能的相对稳定。

生态平衡是动态的平衡，不是静止的平衡。生态系统是一个开放系统，不断有能量和物质的输入、输出。这些能量和物质每时每刻都在生产者、消费者、分解者以及无生命者之间流动和转化。在生态系统中，当能量和物质的输入量大于输出量时，总生物量会增加，反之则减少。此外，各种自然因素和人为因素，都会对生态平衡造成影响，引起生态系统的改变。所以，生态平衡是动态平衡，是暂时的、相对的平衡。

生态系统能保持相对平衡，是由于其内部有自我调节能力。这种能力体现在两方面：一方面是，在一个生态系统内，有许多外力的因素在起作用，如生物的迁入、迁出、出生、死亡；水分、营养进入和离开土壤；食物链中的反馈关系等。当生态系统中的某一环节被扰乱时，该系统通过对抗、瓦解的调节机制以维持自己的平衡。另一方面，对污染物来说，环境的自净能力❶ 也可使生态系统保持相对的平衡。通常系统的组成成分越多样，能量及物质循环越复杂，其调节能力也越强。但生态系统的调节能力是有一定限度的。超出这个限度，调节就不再起作用，生态平衡就遭到破坏。

2.2.2 生态平衡破坏的原因

生态平衡破坏的原因有自然因素和人为因素两方面。

①自然因素引起生态平衡的破坏又称第一环境问题。如火山爆发、地震、海啸、台风、虫灾、蝗灾等都会破坏生态平衡。但自然因素对生态平衡的破坏和影响在地域分布上有一定的局限性，且出现的频率也不高。

②人为因素引起生态平衡的破坏又称第二环境问题。这些因素包括人为地毁坏植被，引进或消灭某一种生物，建造某些大型工程（如大型水坝），工业生产排放的大量污染物质和农业生产施用的化肥农药等。这些人为因素都能破坏生态系统的结构和功能，引起生态失调，甚至造成生态危机。如含有氮、磷的营养物质进入水体后，由于营养成分的增加，造成水体富营养化❷，水中的藻类会迅速、大量地繁殖，其结果会使水中的溶解氧下降，水生生

❶ 环境的自净能力是指环境利用自身物理、化学和生物的净化过程来消除污染的能力。物理净化的作用方式有稀释、扩散、淋洗、挥发、沉降等。如大气污染物通过气流的扩散、降水淋洗和重力沉降得到净化，水体污染物通过物理吸附，沉淀、流水稀释等作用使污染物的浓度得以降低，水体得到净化；化学净化是利用环境内部发生的化学反应（氧化还原、化合、分解、配位、凝聚等）达到消除或减小污染的能力。如水中的铜、锌、汞、镉等重金属离子可以与硫离子作用，生成难溶的硫化物沉淀；生物净化是利用生物的吸收、降解能力，使环境污染物降低或消失。如绿色植物可吸收 SO_2、CO_2等污染物质，水体中的微生物可分解有机物使水体得到净化。

❷ 中国湖泊水库富营养化的发展极迅速，根据 1987～1989 年对全国 26 个湖泊水库的调查结果：贫营养的 1个，中营养的 9个，富营养的 16个。16 个富营养化的湖泊面积达 3378.5km^2，占调查湖泊总面积的 36.8%。

物，尤其是鱼类会因缺氧而死亡。

2.2.3 改善生态环境的主要对策

改善生态环境，提高人类生存物质的质量涉及的范围很广，其主要对策有以下几种。

①加大普及、宣传生态环境知识，提高人们的环境保护意识。

②科学、合理地开发和使用土地资源、水资源和森林资源，并注意资源的综合利用。

③保护生物资源的多样性，提高生态系统抗干扰能力。

④严格控制工业“三废”污染，坚持“预防为主，防治结合，综合治理”的政策。

⑤改变能源结构，大力开发和使用对环境无影响或影响小的环保能源。

⑥控制人口增长，减小环境压力。

⑦加强管理，充分发挥法制和规划的作用。

⑧研究、开发、推广有利于生态环境的新技术。

在维护生态平衡的过程中，一要注意不能用单纯的经济观点对待自然资源，只顾生产和开发，不顾生态环境。二要注意不能片面强调保护生态。人类应当在遵循生态规律的基础上，科学地开发和利用自然资源，使生态系统逐渐向人类所希望的方向发展。

思考与练习

1. 生态平衡的定义和表现是什么？
2. 为什么说生态平衡是动态平衡？
3. 引起生态平衡破坏的原因有哪些？
4. 试讨论如何改善生态环境。

2.3 生态学在环境保护中的应用

2.3.1 生态系统的自净能力

当污染物进入生态系统后，对系统的平衡产生了冲击，为避免由此而造成的生态平衡的破坏，系统内部会产生一系列内部自我调节反应，以维持相对的平衡，这就是生态系统的自净作用(又称反馈调节)。

(1) 植物对大气污染的净化作用

绿色植物不仅具有调节气候、保持水土、防风固沙等作用，在净化空气、防止大气污染和减轻城市噪声方面也起重要作用。具体方式有以下几种。

a. 吸收二氧化碳，放出氧气。据估计，全球每年全部植物吸收的 CO_2 为 9.36×10^{10}t 。

b. 对降尘和飘尘有滞留和过滤作用。如每平方米面积吸尘量榆树叶为 3.93g，丁香为 1.61g 杨树为 0.55g。

c. 吸收大气中的有害物质。一些植物在污染物浓度较低时，可以吸收该污染物，而对植物本身不造成危害。如 $1m^2$ 的柳树和松树每年可吸收 0.07kg 的二氧化硫，每公斤西红柿的叶子可吸收 0.3g 氟，每平方米的洋槐吸收氯 4.2g。

此外，植物还有减轻光化学污染、吸收和净化某些重金属、减少空气中的含菌量以及降低城市噪声的作用。

(2) 水体污染的生物净化作用

进入到河流、湖泊、水库、海洋等水体中的污染物，在水体中细菌、真菌、藻类、水草、原生动物、贝类、鱼类等生物的作用下，可以发生不同程度的分解和转化，变成低毒或无毒无害物质，这个过程称为水体的生物净化作用。其中，以细菌的作用最为重要。

目前，生物的净化作用已广泛应用到污水的处理中，如活性污泥法、生物膜法、生物氧化塘等，都是利用微生物能分解有机物这一原理设计的。在天然水体中，这种分解过程比较缓慢，并消耗大量的水中溶解氧。此外，分解的能力是有一个限度的，当污染物浓度过高，超过生物生存的阈值时，整个生态系统的功能就会受到冲击，水体的生物自净作用往往也会遭到破坏。

除上述微生物以外，许多水生植物也能吸收水中的有害物质。如在 18～20℃ 条件下，水葱 50h 内可将水体中 10mg/m^3 的酚全部吸收；100g 鲜芦苇在 24h 内能将 8mg 酚代谢为一氧化碳。风眼莲（水葫芦）、绿萍、菱角等有吸收水中汞、镉等重金属的作用。

(3) 土地-植物系统的生物净化作用

土地-植物系统对污染物的净化作用是通过以下几方面来实现的。

a. 植物根系的吸收、转化、降解和合成作用

b. 土壤中的真菌、细菌和放线菌等微生物区系对污染物的降解、转化和生物固定作用。

c. 土壤中的动物区系对含有氮、磷、钾的有机物质的代谢作用。据报道，科学家用实验的方法成功地从土壤中分离出特殊而高效的能分解某些污染物的微生物。如美国从土壤中分离出反硝化小球菌，它的酶提取液能除去三氯酸或三氯丁酸中的氯。日本从土壤中分离出红酵母和蛇皮癣菌，能分别降解 30%～40% 的多氯联苯。人们称这类微生物为“超级细菌”。

2.3.2 生物防治病虫害

传统的防治病虫害的方法是化学方法，即施加农药。该法存在着不利影响，如药物直接或通过食物链间接危害人体健康，甚至引起中毒；很多农药难于被生物降解，长期残留在果实或土壤中；长期施用一种农药，会使害虫产生抗性；在杀灭害虫的同时，也严重伤害害虫的天敌益鸟和益虫。

生物防治就是用生物或生物产物来防治有害生物的方法。生物防治方法主要有以虫治虫，和以菌治虫两种。

所谓以虫治虫，就是利用天敌防治有害生物的方法，如一些病虫害的天敌有草蛉、瓢虫、蜘蛛、蛙、蟾蜍、食蚊鱼、寄生蜂和许多食虫益鸟等。

以菌治虫就是利用病原微生物在害虫种群中引起流行病以达到控制害虫的目的。这些可以利用的微生物有细菌、真菌和病毒。如利用绿僵菌防治棉铃虫、稻苞虫、玉米螟；利用白僵菌防治大豆食心虫、玉米螟；利用赤小蜂防治蔗螟等。目前发现的昆虫病原性病毒也很多，如多角体病毒，可用于防治棉花、白菜等作物上的鳞翅目幼虫；我国利用核型多角体病毒防治寻毛虫、松毛虫、棉铃虫等。

此外，还有利用耕作防治（改变农业环境）、不育昆虫防治（控制害虫繁殖能力）和遗传防治（改变昆虫的基因）等方法。

2.3.3 污染物在环境中的迁移转化规律

污染物（pollutant）进入环境后不是静止不变的，而是随着生态系统的物质循环，在复

杂的生态系统中不断地迁移、转化、积累和富集。

杀虫剂 DDT 是用来杀灭农田害虫的，但生活在北极附近的爱斯基摩人、南极的企鹅及附近海岛的鱼体中都检出了 DDT，这说明 DDT 已经迁移到了地球的南、北两极。通过对污染物在生态系统中迁移、转化规律的研究，可以弄清污染物对环境危害的范围及其后果。

污染物进入环境后，还有一个积累、富集的过程。生物在代谢过程中，通过吸附、吸收等各种过程，从其生存环境中蓄积某些化学元素或化合物，并随生物的生长发育，生物体内污染物的浓度不断增大。此外，污染物质在生态系统中通过食物链的放大作用，也会富集。如在日本发生的“水俣病”，就是人食用富集了大量有机汞的鱼所引起的，这个食物链的关系是：汞通过“浮游生物→小鱼→食肉鱼→人”这一食物链逐级富集，最后传递给人类。通过对污染物在生态系统中积累和富集的研究，可以认识污染物的迁移转化规律及其危害程度。

2.3.4 环境质量的生物监测与生物评价

不同的生物物种对环境毒物、污染物及其含量有不同的反映和变化。所谓生物监测(monitoring)，就是利用生物对环境中污染物质的反映，也就是生物在污染环境中所发生的信息，来判断环境污染状况的一种手段。而被用来监测、评价环境质量及其变化、污染程度的生物称作指示生物

与化学监测和仪器监测相比，生物监测与生物评价不仅可以反映环境和物质的综合影响，而且还能反映出环境污染的历史状况。

生物监测对象主要是大气和水体。

(1) 大气生物监测

大气的生物监测主要是指植物监测。一些植物对大气污染物质的反应往往比动物和人体敏感得多，且症状也比较明显。利用指示生物进行环境监测的主要方法有以下几种。

a. 利用植物受害的情况，对大气质量做出判断。如二氧化硫污染物作用于阔叶植物时，其叶脉、叶缘之间出现不规则坏死小斑，颜色呈黄色或白色，若长期低浓度作用时，可表现老叶绿色变淡。当二氧化硫污染针叶树时，会使针叶顶端发生呈带状坏死。氟化物侵害阔叶植物，表现的症状是叶缘、叶尖出现浅褐色或褐红色坏死，偶尔在叶脉间出现小斑。氟化物污染针叶树，表现的症状是有棕色到红棕色的坏死尖，严重时整个叶片都可能坏死。

b. 利用地衣、苔藓做生物监测。地衣是一种特殊类型的植物，是藻类和真菌的共生体，当大气污染物作用于地衣时，藻类和真菌的协调遭到破坏。在监测中，可依据地衣、苔藓“种”的变化、数量、频度、盖度及其内部、外部的受害症状来判断该区污染轻重情况，严重的地区很少甚至绝迹，随着污染程度的减轻，可以观察到地衣的属和种的增加，在树杆上分布的高度也增加。

c. 其他方法。除上述一种方法外，还可以直接测定植物叶片、老皮中污染物的含量来判断空气污染程度；通过研究植物酶系统的变化或发芽率的变化来考查大气污染的程度；利用植物群落中各物种种类、数量的变化来估测当地空气质量。

目前，大气污染的生物监测逐步向定量化、标准化方向发展。

(2) 水体生物监测

水体污染的生物监测，是利用水生生物群落变化、种的类型、个体数量、受害程度、水生生物体内富集的毒物、污染物的程度等作为监测手段，来监测、评价水体污染的程度水

需要全本请访问 www.ertongbook.com