



普通高中教科书

# 生物学

选择性必修2

生物与环境

SHENGWUXUE

北京师范大学出版社



北京师范大学出版社



普通高中教科书

# 生物学

选择性必修2

生物与环境

主编 付尊英 刘广发

北京师范大学出版社



北京师范大学出版社





## 第1章 生物与环境的关系

- 第一节 环境对生物的影响 / 2
  - 一 非生物因素对生物的影响 / 2
  - 二 生物因素对生物的影响 / 6
- 第二节 生物对环境的适应 / 13

## 第2章 种群与群落

- 第一节 种群的特征 / 21
- 第二节 种群的数量变化 / 30
  - 一 种群数量增长模型 / 30
  - 二 影响种群数量变化的因素 / 35
- 第三节 群落的结构 / 39
  - 一 群落的物种多样性 / 39
  - 二 群落的结构特点 / 44
  - 三 生物在群落中的生态位 / 48
- 第四节 群落的演替 / 52

## 第3章 生态系统

- 第一节 生态系统的结构 / 59
  - 一 生态系统的成分 / 59
  - 二 食物链和食物网 / 64



第二节	生态系统的能量流动	/ 68
第三节	生态系统的物质循环	/ 75
第四节	生态系统的信息传递	/ 80
第五节	生态系统的相对稳定性	/ 85
第六节	生态系统稳定性的维持	/ 91

## 第4章 人与环境和谐发展

第一节	人口增长对环境的影响	/ 98
第二节	环境问题对人类生存与可持续发展的影响	/ 105
第三节	生态环境的保护	/ 111
第四节	生态工程在环境保护中的应用	/ 118

北京师范大学出版社





## 第 1 章

# 生物与环境的关系

海水环绕着岛屿，海浪拍打着礁石，明媚的阳光下，海鸟在空中翱翔，海龟在岛上爬行，海狮在礁石旁嬉戏，色彩斑斓的鱼儿在缤纷的珊瑚间游弋，生物与环境呈现出美丽和谐的景象。在这充满生机的自然界，生物与生物之间、生物与非生物环境之间存在着哪些联系呢？让我们一起走进这个神秘的世界，去探究生物与环境之间的奥秘吧。



### 学习目标

1. 在理解光照、温度和水等非生物因素对生物影响的基础上，形成进化与适应观等生命观念，并能用于解释生物生存与环境保护之间的相互关系。
2. 基于环境因素对生物的影响，能运用归纳与概括、演绎与推理等科学思维方法，阐释环境对生物影响及生物对环境适应的现象，论证生物与环境相互影响、共同发展的辩证关系。
3. 针对非生物因素对生物影响的议题，设计方案观测环境中非生物因素对生物的生长、发育和行为等的影响，阐述所得结果的意义。
4. 主动关注生物与环境的相互影响，运用生物与环境相适应的理论与知识，尝试提出环境保护与资源合理利用的措施。



## 第一节 环境对生物的影响

蜥蜴在沙漠中爬行，羚羊在草原上奔跑，海鸥在天空中飞翔……每一种生物都生活在特定的环境中，并受环境的影响。影响生物的环境因素有哪些呢？这些环境因素又影响了生物的哪些方面呢？

### 一 非生物因素对生物的影响

丹顶鹤是我国一级保护动物，主要栖息于开阔的湿地环境中，是一种被赋予了重要的文学和美学价值的珍稀大型涉禽。作为一种候鸟，丹顶鹤在我国的主要迁徙过程和路线是：每年2—3月从越冬地江苏盐城湿地北迁，经停河北北戴河湿地后，一般于4月中旬之前到达以黑龙江扎龙湿地为主的繁殖地，至当年9—10月，再沿此路线返回盐城湿地越冬。盐城湿地和扎龙湿地的自然条件有什么不同？这些因素对丹顶鹤的生活有什么影响呢？



#### 寻找证据 搜集

通过查阅书刊和网络资源，搜集影响丹顶鹤（图1-1）生存和繁衍的非生物因素，包括温度、水等，完成表1-1。



图 1-1 丹顶鹤及其生活环境

表 1-1 影响丹顶鹤生存和繁衍的非生物因素及其影响方式

非生物因素	对丹顶鹤的影响方式

根据搜集获得的信息，思考下列问题：

1. 影响丹顶鹤生存和繁衍的主要非生物因素有哪些？
2. 这些非生物因素如何影响丹顶鹤的生存？

## 光可以影响生物的行为和繁殖

丹顶鹤白天觅食，夜间休息，其活动与光有着密切的关系。光可以影响很多动物的行为：有些动物在白天的强光下活动，如大多数鸟类，哺乳动物中的大部分灵长类、有蹄类，昆虫中的蝶类、蝇类等；有些动物则在夜晚或晨昏的弱光下活动，如夜猴、蝙蝠、家鼠和夜鹰等。光还影响着动物的繁殖，如水貂在白昼逐渐增长的春夏之际繁殖，而绵羊、山羊等动物则在白昼逐渐缩短的秋冬季才进入繁殖期。除此之外，光周期还会影响许多动物的蛰伏、迁徙、换羽、换毛等周期性活动。

光对植物的繁殖也有着重要的影响。有些植物，如冬小麦、油菜等通常是在光照超过一定时长才开花，这些植物通常是在春、夏开花。有些植物，如大豆、菊花等在光照短于一定时长才开花，这些植物通常是在秋季开花。

了解光对动植物的影响，对引种驯化工作非常重要。引种前必须注意植物开花对光照时间的要求。在园艺工作中也经常通过改变光照来控制开花时间，以满足观赏需要。在人工养殖中，通过控制光照能促进动物的繁殖，这些成果已经广泛应用于经济鸟兽的饲养和繁育。例如，在家兔的饲养过程中，延长光照时间可以明显提高家兔受孕率和仔兔成活率。

## 温度可以影响生物的分布和代谢

由于季节温度的变化，丹顶鹤每年春季从越冬地迁徙到繁殖地，秋季从繁殖地迁徙到越冬地。温度除了影响动物迁徙外，还影响着生物的代谢。任何一种生物，其代谢过程都有酶的参与。每一种酶都有它发挥功能的最适温度，当环境温度偏离酶的最适温度时，植物和变温动物体内酶的活性就会下降，导致其代谢活动下降，恒温动物的代谢也会发生改变以适应温度的变化。当环境温度偏离最适温度过多时，生物则无法存活。因此，生物只有在一定的温度范围内才能生存。



温度影响生物在地球上的分布。每一种生物都有固定的温度适应范围：有的能在较宽的温度范围内生存，如马尾松、白桦、蟾蜍等分布在全球大部分区域；有的只能在很窄的温度范围内生存，如橡胶、椰子、可可等主要分布在温度高的热带地区。

## 水可以影响生物的生长和发育

水是维持丹顶鹤正常生理活动不可缺少的物质。生物的一切代谢活动都是以水为介质的，不仅生物体内的营养物质运输和废物排出离不开水，各种生理过程和生物化学反应也都必须在水溶液中进行，所以生物的生命活动需要充足的水分供应。

水影响生物的生长发育。就植物而言，当环境中的水分处于适当水平时，植物能维持自身水分平衡，代谢活动旺盛，生长发育快；当环境水分供应不足时，植物会萎蔫、停止生长；当环境水分过多时，一般陆生植物会出现根系缺氧、烂根。就动物而言，环境水分供应不足，可能导致一些动物因缺水而无法生存，还可能引起一些动物滞育或休眠。例如，在70%的相对湿度下，飞蝗由蛹发育成成虫的时间最短，如偏离此最适湿度，其发育时间就会延长。

任何一种自然环境都包含着许多种非生物因素。影响丹顶鹤的非生物因素除了光、温度和水以外，还有土壤、空气等。每一种非生物因素对生物的作用都不是孤立的，而是相互影响、相互制约的。这些非生物因素彼此联系，对生物产生综合的影响。例如，植物的光合作用同时受到光照、二氧化碳、水、温度和无机盐等非生物因素的影响。

### 实践应用 实验 (选做)

#### 水温对金鱼游动倾向的影响

##### ● 目的要求

1. 尝试水温影响金鱼游动的实验方法。
2. 说明水温对金鱼活动的影响。

##### ● 实验原理

不同生物对温度有不同的耐受上限和下限，温度超过耐受上限或低于耐受下限时，生物就不能生存。通常，动物对温度的变化具有主动选择最适温度的倾向。

##### ● 材料用具

金鱼；常温水，沸水；温度计，鱼缸（长度约1 m），带孔隔板。

##### ● 方法步骤

1. 向鱼缸注入常温水，并在鱼缸两侧做上A、B标记。在鱼缸中间位置竖直插入一个开孔隔板，将鱼缸分为A、B两区，隔板开孔直径约10 cm，使开孔位于水的中上部（图1-2）。在A区中放入20条金鱼，等待金鱼适应环境。

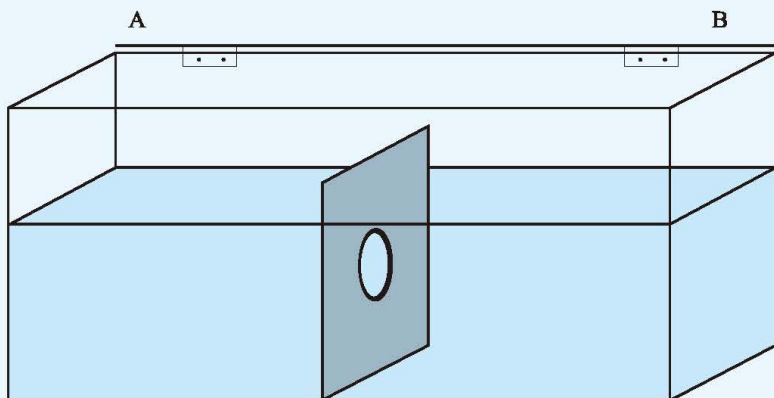


图 1-2 鱼缸示意图

2. 在鱼缸 A 区持续加入沸水，观察金鱼的活动，记录金鱼的活动区域和活动情况。

3. 改变金鱼的品种或者改变加入 A、B 区域水的温度，重复进行多次实验，并及时记录金鱼的活动情况。

#### ● 思考讨论

金鱼的游动倾向是什么？解释其可能的原因。

#### 检测评价

1. 郁金香为百合科郁金香属的多年生球根花卉，主要在早春开花，外形典雅、花色纯正，深受人们喜爱，是一种重要的园林观赏花卉。请回答下列问题：

(1) 影响郁金香开花的主要非生物因素是 ( )。

- A. 温度、水分                      B. 光照、温度  
C. 光照、空气                      D. 水分、空气

(2) 设计实验方案，探究光照对郁金香开花的影响。

(3) 分析光照、温度和水分对郁金香生长的影响。

2. 随着人民生活水平的不断提高，用水族箱美化居住环境已成为一种时尚。水草不仅能为水族箱增添色彩和自然的气息，还能增加水中的溶解氧，净化水质，改善观赏鱼类的栖息环境，为鱼提供产卵的场所。请回答下列问题：

(1) 影响水族箱中鱼类生活的非生物因素有哪些？

(2) 非生物因素是如何对水族箱中的鱼类产生影响的？

(3) 为使水族箱中水草和鱼类均能良好生长，在配置非生物因素时需要考虑哪些方面？

(4) 从净化水质的角度思考，可以如何改善水族箱中的环境？





## 城市照明与植物生长

随着城市化水平不断提高，人造光源在美化城市夜景中的使用越来越广泛，照明的时间也越来越长。城市照明对植物的生长发育有着重要影响：一方面，长时间的照明会影响某些植物生长，尤其是对酢浆草、鹿蹄草等阴生植物的影响更为明显；另一方面，城市照明延长了植物的光照时间，影响植物的开花周期及休眠节律，甚至导致一些植物不能正常地开花、繁殖。为了营造不同夜景效果，人们还会使用大量的单色光，不同波长的光影响植物的生长、幼芽的形成和细胞分化等，导致植物不能正常繁殖。因此，在设计城市照明系统时，应充分考虑不同植物的光周期和光质需求，选用高效节能灯具，并控制启闭时间，准确控光，避免过度照明造成植物的生长异常。



城市照明景观

## 二

## 生物因素对生物的影响

南美洲的科隆群岛（加拉帕戈斯群岛）被称为“活的生物进化博物馆”，岛上生活着成千上万种生物。这些生物不仅会受到光、温度和水等非生物因素影响，还会受到其他生物的影响。生物和生物之间会形成怎样的关系呢？



### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注科隆群岛不同区域的生物之间存在什么关系。

科隆群岛分布着种类繁多的生物。在空中，成百上千只军舰鸟（图 1-3）飞翔着，

它们有一对长而尖的翅膀，经常在空中袭击那些叼着鱼的其他海鸟，抢夺其口中的食物；海面上，数百只蓝脚鲣鸟（图 1-4）成群结队，飞速俯冲入水，对海洋中的鱼发起攻击；陆地上，加拉帕戈斯象龟（图 1-5）缓慢地爬行，它们身上寄生着大量的蜱虫，蜱虫从象龟体内摄取营养维持生存；在海域水下 2 600 m 深处，氧气匮乏，存在大量的硫化氢气体，巨型管虫（图 1-6）能将硫化氢吸收到体内，供体内依靠硫化氢的化能自养菌利用，化能自养菌则为巨型管虫提供生活必需的碳水化合物。



图 1-3 军舰鸟



图 1-4 蓝脚鲣鸟



图 1-5 加拉帕戈斯象龟



图 1-6 巨型管虫

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 军舰鸟和其他海鸟存在什么样的关系？
2. 蓝脚鲣鸟和海中的鱼是什么关系？
3. 蜱虫和加拉帕戈斯象龟是什么关系？
4. 巨型管虫是如何获得生存条件的？

## 物种间因争夺同一资源而相互影响

在科隆群岛，军舰鸟和其他海鸟有共同的食物——海洋中的鱼，军舰鸟利用自身飞行速度快等优势抢夺其他海鸟口中的食物，军舰鸟与其他海鸟之间的关系是种间竞争。种间竞争是两个或两个以上物种共同利用同一资源而相互干扰或抑制的关系。两个具有相同资源需求的物种在同一分布区内如果发生竞争，有时会导致一个物种排除另一个物种。例



如，双小核草履虫和大草履虫单独培养时都表现为正常生长（图 1-7），但是在混合培养时，两种草履虫开始时都能生长，双小核草履虫生长较快。一段时间后，大草履虫生长受到抑制而全部死亡（图 1-8）。

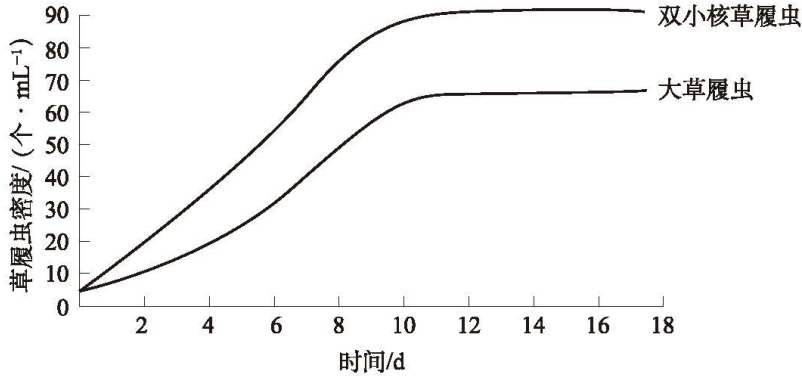


图 1-7 双小核草履虫和大草履虫单独培养下的个体数变化

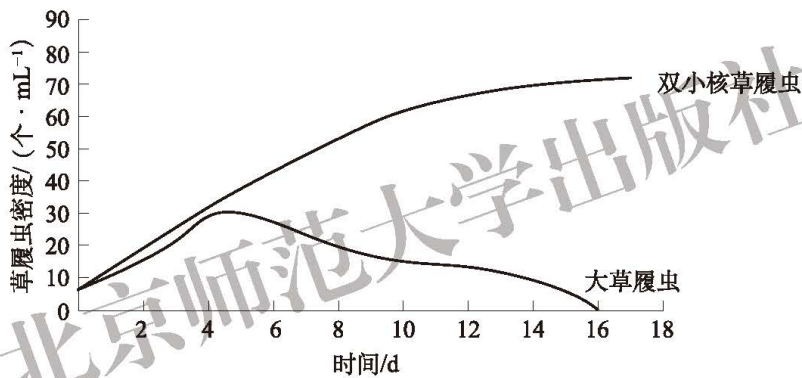


图 1-8 双小核草履虫和大草履虫混合培养下的个体数变化

如果两个物种在食物、居住地或筑巢地点的选择上略有不同，那么这两种生物就可能在分布区内长期共存。例如，长鼻鸬鹚和普通鸬鹚在同一水域觅食，而且在同一峭壁上营巢繁殖，但是两者的食物略有差异，前者主要以沙鳗、鲱鱼为食，后者主要以比目鱼、小虾为食。两种生物之间没有剧烈的竞争，因此它们能共同生活在同一环境里。

## 一种生物以其他生物为食

在科隆群岛海面上，蓝脚鲣鸟捕猎海洋中的鱼作为食物，蓝脚鲣鸟与海洋中的鱼是捕食关系。捕食是生物通过消耗其他生物活体的全部或部分而直接获得营养，以维持自己生命现象。前者称为捕食者，后者称为被捕食者。捕食者与被捕食者之间关系复杂，捕食者在进化过程中发展出了利爪、锐齿、毒牙等，利于捕食。被捕食者也相应地发展出了警戒色、保护色、拟态、假死、集体抵御等，以逃避、抵御被捕食。

捕食者数量的增加导致被捕食者数量的减少，而被捕食者数量的减少又将导致捕食者数量的减少，然后捕食者数量的减少又成为被捕食者数量增加的条件，于是又重复前面的

过程。如此周而复始、循环不息，捕食者和被捕食者的数量倾向于保持相对稳定。同时，从被捕食者数量的增加（或下降）到捕食者数量的增加（或下降）具有一定的时间间隔。在自然界中，捕食者和被捕食者是长期共存的（图 1-9）。

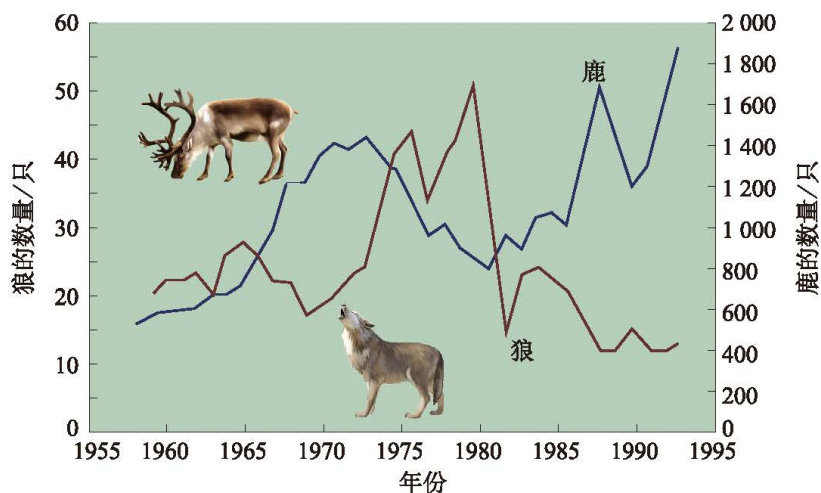


图 1-9 某地狼和鹿数量变化

利用生物与生物之间的捕食关系可以防治生物入侵和维持生态系统平衡。凤眼莲（水葫芦）曾经在我国南方多个地区的水域蔓延成灾（图 1-10），带来极大的生态、经济和社会危害。我国防治水葫芦的措施多为人工打捞和使用化学除草剂，但防除效果不理想。根据水葫芦象甲（图 1-11）与水葫芦的捕食关系，我国从阿根廷和美国引进了水葫芦的专食性天敌昆虫——水葫芦象甲，并在浙江温州河道释放。放虫后，水葫芦植株长势受到明显抑制。在国际上，水葫芦象甲是最早也是最为成功地控制水葫芦的天敌昆虫，多个国家或地区引进该虫用于控制水葫芦造成的生态入侵，绝大多数获得成功。



图 1-10 蔓延成灾的凤眼莲



图 1-11 水葫芦象甲

## 一种生物从另一种生物获取营养和居所

在科隆群岛，蜚虫靠吸取加拉帕戈斯象龟的营养物质生存，两种生物表现为寄生关系。寄生是指一种生物（寄生生物）寄居于另一种生物（寄主）体内或体表，通过摄取寄



主的营养以维持生命的现象。寄生生物长期或暂时地利用寄主的身体作为居住处，以寄主的体液、组织或已消化好的食物为食。寄生生物的寄生方式有全寄生和半寄生。菟丝子寄生在豆科植物上（图 1-12），从豆科植物体内获得水、无机盐和有机物，属于全寄生；寄生在槐、榆等植物上的桑寄生通过变态的根深入寄主的体内，从寄主体内获取水和无机盐，并不吸收寄主的有机物，属于半寄生。



图 1-12 菟丝子寄生在豆科植物上

### 不同种生物互惠互利共同生存

海底的巨型管虫为化能自养菌提供硫化氢，化能自养菌为巨型管虫提供有机物，两者是互惠互利的共生关系。互利共生是指两种生物共同生活在一起，相互依赖，相互有利。豆科植物与根瘤菌之间就是互利共生关系（图 1-13），豆科植物为根瘤菌提供碳水化合物，根瘤菌为豆科植物提供氮素营养。互利共生的生物在生理上相互分工，互相提供生命活动所需的物质，形成紧密的互利关系。



图 1-13 大豆根瘤（内含根瘤菌）

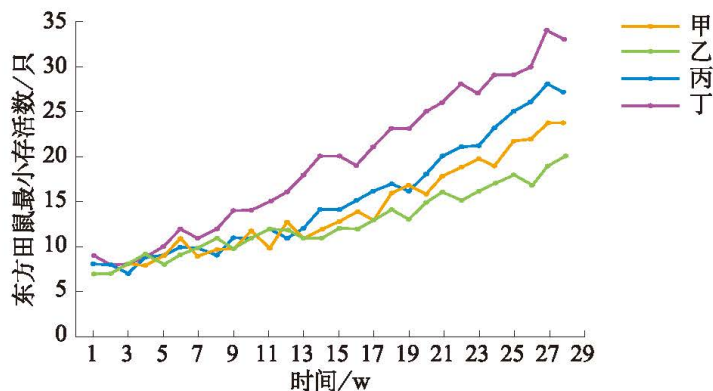
#### 实践应用 搜集

#### 搜集外来物种入侵资料

利用图书资料和网络资源，查阅我国口岸针对生物安全及核生化安全问题采取的检查措施，并针对某外来物种入侵的实例，搜集外来物种对当地生物造成了哪些危害的资料，人类针对外来物种入侵采取了哪些相应的措施。汇总全班同学搜集的资料，分析我国主要有哪些外来入侵物种。

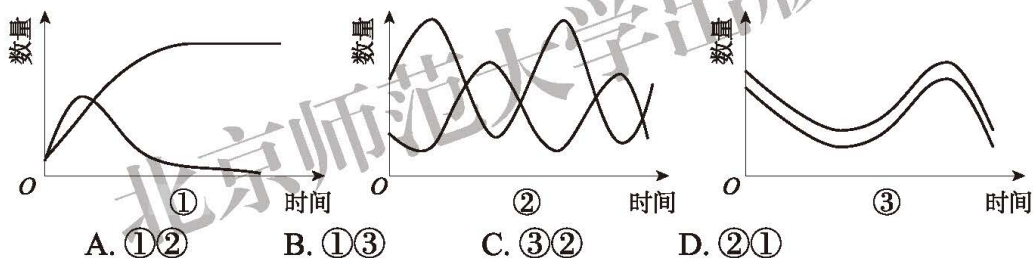
### 检测评价

1. 为了解捕食和种间竞争这两个生物因素对东方田鼠数量的影响, 研究者设计了 4 个处理组, 分别是甲组 (有捕食者、无竞争物种), 乙组 (有捕食者、有竞争物种), 丙组 (无捕食者、有竞争物种), 丁组 (无捕食者、无竞争物种), 结果如下图所示。



请回答下列问题:

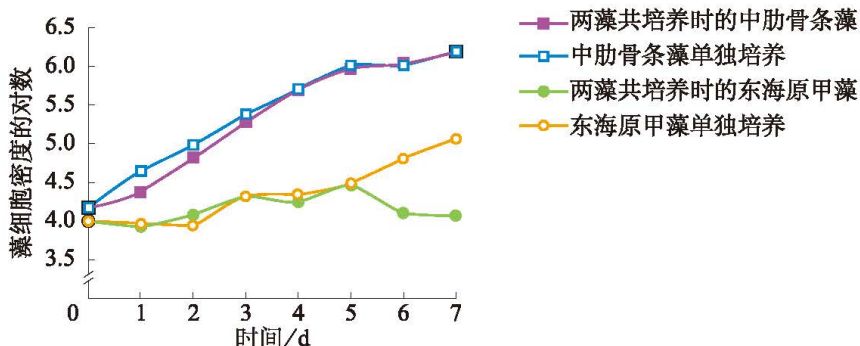
(1) 下列分别表示捕食关系和种间竞争关系物种数量曲线图的是 ( )。



(2) 据图中数据分析, 在 23 周时, 捕食关系和种间竞争关系对东方田鼠影响较大的是 \_\_\_\_\_, 写出你的判断理由。

(3) 此实验设计有两个变量 (是否有捕食者、是否有种间竞争物种), 是否满足实验设计的单一变量原则, 为什么?

2. 东海原甲藻与中肋骨条藻是我国近海主要的两个赤潮藻种, 几乎每年都会引发大规模的赤潮, 对海洋养殖业构成极大威胁。为了解浮游植物种间竞争在赤潮发生中的作用, 研究者设计了东海原甲藻与中肋骨条藻的共培养实验, 结果如下图所示。





请回答下列问题：

(1) 据图描述东海原甲藻与中肋骨条藻在单独培养和共培养时藻细胞密度的变化情况。

(2) 东海原甲藻与中肋骨条藻在共培养时藻细胞密度发生动态变化的原因是什么？

(3) 为进一步探究东海原甲藻与中肋骨条藻种间竞争的原因，还可以设计哪些实验？

(4) 大规模的赤潮对海洋养殖业构成极大威胁。导致海洋赤潮的原因是什么？如何预防？



## 开阔眼界

### 种间关系的协同进化

在捕食者与被捕食者、寄生生物与寄主、竞争生物之间存在协同进化。在非洲大草原上，瞪羚跑得越快，生存概率就越高，而瞪羚奔跑速度的提高反过来又成为猎豹的选择压力，促使猎豹也在进化中提高奔跑速度。

食草动物和它们所吃的植物也存在协同进化。马达加斯加有一种大彗星风兰，这种植物只在夜间散发出浓香，且在受粉后立即停止散发香气。该物种的另一个重要特点是其极少的、富含糖分的花蜜藏于极长的（超过 20 cm）花距靠近末端的地方。夜间浓郁的香气是吸引蛾类的诱饵，甜美的花蜜则是为授粉者提供的报酬。但什么样的蛾才能采食到藏在那么长的花距底部的花蜜呢？人们在发现这种兰花之后相当长的时间内都没有获得蛾类为大彗星风兰传粉的实证，这一问题也一直令人困惑。著名生物学家达尔文在其 1862 年的著作《兰花的授粉》中做出了“在有这种植物生长的地方一定有某种口器极长的蛾能替其授粉”的假设。1903 年，与这种花唯一协同进化的授粉者——马岛长喙天蛾被发现，达尔文的假设得以证实。马岛长喙天蛾具有长约 25 cm 的虹吸式口器，采食大彗星风兰的花蜜时，长长的口器伸入几乎与口器等长的、藏有花蜜的花距中，其身体可以将兰花的花粉传到柱头上，为大彗星风兰完成授粉。大彗星风兰的花距和马岛长喙天蛾的口器是自然选择的杰作，两者是在进化过程中发展出的相互适应的结构，是生物之间协同进化的典型代表。

## 第二节 生物对环境的适应

海鬣蜥是科隆群岛特有的物种。它们有深灰的体色，体表覆盖着鳞片，爪形状特异，营群体生活。海鬣蜥生活的费尔南迪纳岛是科隆群岛环境最恶劣、火山活动最活跃的岛屿，食物稀缺。海鬣蜥是如何适应当地环境的呢？生物适应环境的方式有哪些？



### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注海鬣蜥对科隆群岛环境适应的方式。

海鬣蜥（图 1-14）在漫长的进化过程中形成了与环境相适应的形态结构、生理特征以及行为。海鬣蜥体色呈深灰色，与礁石颜色相似。当太阳落山时，环境温度下降，许多海鬣蜥聚集在一起形成“鬣蜥山”。海鬣蜥体表有鳞片，尾较长，爪锋利且呈钩状。在陆地上海鬣蜥比较笨拙，但它们在水中可以灵活地移动、觅食。海鬣蜥的鼻孔与眼睛之间有一个盐腺，能将血液中多余的盐分排出。



图 1-14 海鬣蜥

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 海鬣蜥是如何适应温度变化的？
2. 海鬣蜥是靠什么结构来保持体内水分的？
3. 海鬣蜥是如何适应水底捕食的？



## 生物具有特定的形态结构适应环境

海鬣蜥体表有鳞片，可以减少水分的散失，并通过盐腺去除血液中过量的盐分；较长的尾和钩状的爪，利于海鬣蜥在水中游泳以及在海底爬行取食海藻和其他水生植物；深灰色的体色利于海鬣蜥吸收太阳辐射产生的热量，从而维持体温。

动物可以通过不同的形态结构来保持水分平衡。例如，昆虫有几丁质的外骨骼，两栖动物体表分泌黏液，爬行动物具有很厚的角质层，哺乳动物有皮脂腺和被毛，这些结构都能减少动物体内水分的散失。在炎热、干旱沙漠中活动的骆驼具有盘旋而充满皱褶的鼻腔（图 1-15），可以将呼出气体中含有的水重吸收，减少体内水



图 1-15 单峰驼鼻腔局部示意图

分丢失。恒温动物在寒冷环境下，身体的突出部分如四肢、尾巴和外耳等有变短变小的趋势，可减少散热。例如，温带赤狐的外耳大于冻原地带北极狐的外耳，而热带非洲大耳狐的外耳又明显大于赤狐的外耳（图 1-16）。



北极狐



赤狐



大耳狐

图 1-16 不同气候带三种狐外耳的比较

生长在高温环境下，有些植物体表具有密绒毛或鳞片，有些植物体呈白色或银白色，叶片革质发亮，能反射一部分阳光。有些旱生植物通过发达的根系增加水分的摄取，且叶面积很小，可以减少水分散失。例如，仙人掌科的许多植物，叶片退化成刺状（图 1-17），松柏类植物叶片呈针状或鳞叶状。也有些旱生植物具有发达的贮水组织，能储存大量的水分，如景天科的瓦松（图 1-18）等。





图 1-17 仙人球的刺状叶



图 1-18 瓦松

## 生物可以通过调节生理功能适应环境

生活在低温环境中的植物，其芽和叶片内常有油脂类物质利于保温，并可以通过减少细胞中的水分和增加细胞中的糖类、脂肪及色素等物质来降低植物的冰点，增强抗寒能力。大多数植物会在炎热的夏季通过增强蒸腾作用避免叶片过热受害。骆驼可以在外界非常炎热的条件下升高体表温度，减小身体和外界环境之间的温差，从而降低外界热量向体内大量传导带来的危害。

## 生物可以通过特定的行为适应环境

海鬣蜥在温度下降的夜晚会将身体蜷缩在一起，减少体内热量的散失。大多数的灵长类、有蹄类动物适应于在白天的强光下活动，而蝙蝠、家鼠和蛾类等则适应于在夜晚或晨昏的弱光下活动。适应于白天或夜晚活动的动物只有当光照强度上升或下降到一定水平时，才开始一天的活动，因此这些动物将随着日出日落时间的季节性变化而改变其活动的时间。有些动物能通过冬眠或迁徙躲避低温影响，还有一些动物会通过夏眠、穴居或昼伏夜出等行为避免高温带来的危害。植物茎的背地生长、植物根的向地生长、向日葵幼嫩花盘的向光生长，以及高温炎热的夏日正午植物会关闭气孔，这些现象表明植物对环境也具有一定的行为适应。

## 生物对环境的适应一般都表现为适应组合

植物对光适应的生态类型可分为阳生植物、阴生植物和耐阴植物。阳生植物适应在光照较强的环境中生存，如松、柳和杨（图 1-19）等；阴生植物多生长在潮湿背阴的地方，如酢浆草、绞草（图 1-20）等；耐阴植物介于阴生植物和阳生植物之间，既能耐受较弱的光照，也能在较强的光照下正常生长，如胡桃、云杉和金鸡纳树等。阳生植物和阴生植物叶片的形态和生理功能差异很大，它们叶片的形状、颜色、气孔密度、蒸腾作用强度和



光合作用强度等有明显的区别（表 1-2）。通过突变和自然选择，生物形成了适应非生物环境的形态结构、生理功能和行为等方面的特征。沙漠动物骆驼不仅能通过提高体温适应炎热，还能通过取食带有露水的或者多汁的植物枝叶补充水分，通过浓缩尿液减少失水，同时，它还进化出了能适应缺水的特殊的红细胞结构以及储存有大量脂肪的驼峰。



图 1-19 杨



图 1-20 绶草

表 1-2 阳生植物和阴生植物叶片的不同适应特征

特征	阳生植物叶片	阴生植物叶片
叶片形态	厚而小	薄而大
角质层	发达	不发达
栅栏组织	较厚而密	较薄或较疏
气孔	较密而小	较稀而大
叶脉	较密	较稀
叶绿素含量	较少	较多
蒸腾作用	较强	较弱
光补偿点、光饱和点	高	低

生物在特定环境下对各种非生物因素的适应往往都会表现出彼此之间的相互关联，形成一整套协同的适应特性，称为适应组合。

## 实践应用 观察 (选做)

### 观察水生和旱生植物叶片的显微结构差异

#### ● 目的要求

1. 观察水生和旱生环境下植物叶片的结构特点。
2. 说明植物叶片的结构特点对植物生长发育及植物对环境适应的意义。

#### ● 材料用具

眼子菜(水生植物)叶横切片, 夹竹桃(旱生植物)叶横切片; 显微镜。

#### ● 方法步骤

1. 用显微镜分别观察眼子菜叶和夹竹桃叶的横切片。
2. 参照图 1-21、图 1-22 对比角质层、气腔、导管等结构的差异。

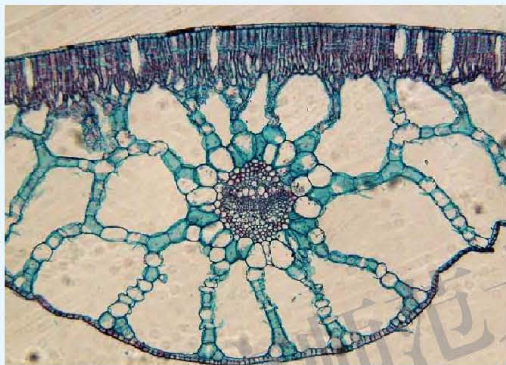


图 1-21 眼子菜叶横切 (100×)



图 1-22 夹竹桃叶横切 (100×)

#### ● 思考讨论

水生植物和旱生植物叶的结构分别有哪些特点? 这些特点如何使植物与所处环境相适应?

### 检测评价

1. 光照是影响绿色植物光合作用和蒸腾作用的重要因素。一棵高大的树木向阳面和背阴面的叶片所处的光照条件存在一定差别。请回答下列问题:

(1) 树木向阳面与背阴面叶片的大小关系是 ( )。

- |             |             |
|-------------|-------------|
| A. 向阳面大于背阴面 | B. 向阳面等于背阴面 |
| C. 向阳面小于背阴面 | D. 无法判断     |

(2) 生活在向阳面与背阴面叶片的叶肉细胞中叶绿体的大小和数目相同吗? 为什么?

(3) 试分析树木对夏季高温炎热的适应方式。



2. 科研人员为了揭示锦鸡儿属不同类型植物的生态适应机制, 为内蒙古高原地区造林植物物种的选择提供可靠的理论依据, 对该地区的锦鸡儿属 A 种(生活在半湿润至半干旱区)、B 种(生活在干旱区)和 C 种(生活在极干旱区)植物的叶片形态结构、渗透压、气孔开放度日均值进行了比较, 结果如下表所示。

种类	叶片形态	叶片厚度 / mm	叶片面积 / mm <sup>2</sup>	叶片被毛	渗透压 / kPa	气孔开放度日均值 / (mmol H <sub>2</sub> O · m <sup>-2</sup> · s <sup>-1</sup> )
A 种	平展或微瓦状	0.208	95.10	少许绿色柔毛	1 276	234.56
B 种	平展或瓦状	0.235	14.88	密灰色柔毛	1 807	211.37
C 种	平展或卷筒状	0.323	11.90	密直立或伏贴绢毛	2 286	152.93

请回答下列问题:

- (1) 锦鸡儿属植物有哪些适应干旱环境的形态结构特征?
- (2) 锦鸡儿属植物 A 种、B 种和 C 种的渗透压差异较大, 其意义是什么?
- (3) 简要阐述锦鸡儿属植物 A 种、B 种和 C 种气孔开放度日均值差异的原因。
- (4) 你认为选择哪一种锦鸡儿属植物作为沙漠植物最合适? 说明你的理由。

开阔眼界

善于潜水的威德尔海豹

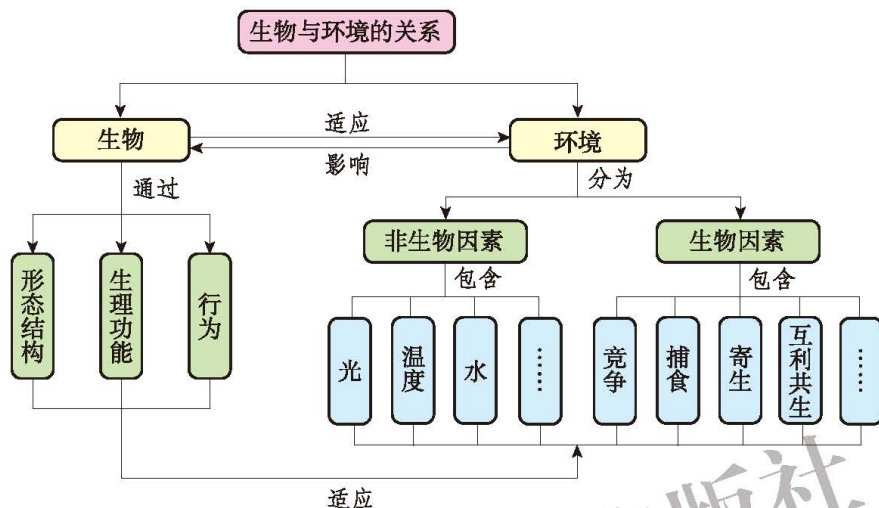
威德尔海豹是生活在南极的一种土著动物。成年海豹体长 3 m 左右, 体重超过 300 kg, 潜水能力很强, 可潜入 600 m 深海持续 1 h 之久。威德尔海豹能够深潜和长潜的奥秘在哪里呢? 科学家发现威德尔海豹每千克体重平均携氧 87 mL, 肺部携氧仅占 5%, 约 67% 的氧与血液中的血红蛋白结合, 其余的氧与肌肉中的肌红蛋白结合。下潜时, 威德尔海豹的心脏跳动可从每分钟 55 次下降到每分钟 15 次。流入皮肤、肺、肾脏等器官和肌肉的血液量减少到正常血量的 5%~10%, 使这些器官、组织的新陈代谢水平下降。流入脑和心脏等关键器官的血液量相对增加, 以保证这些关键器官的正常代谢。这就是威德尔海豹能够适应深潜和长潜的重要原因。



威德尔海豹

## 本章小结

## ● 基础知识梳理

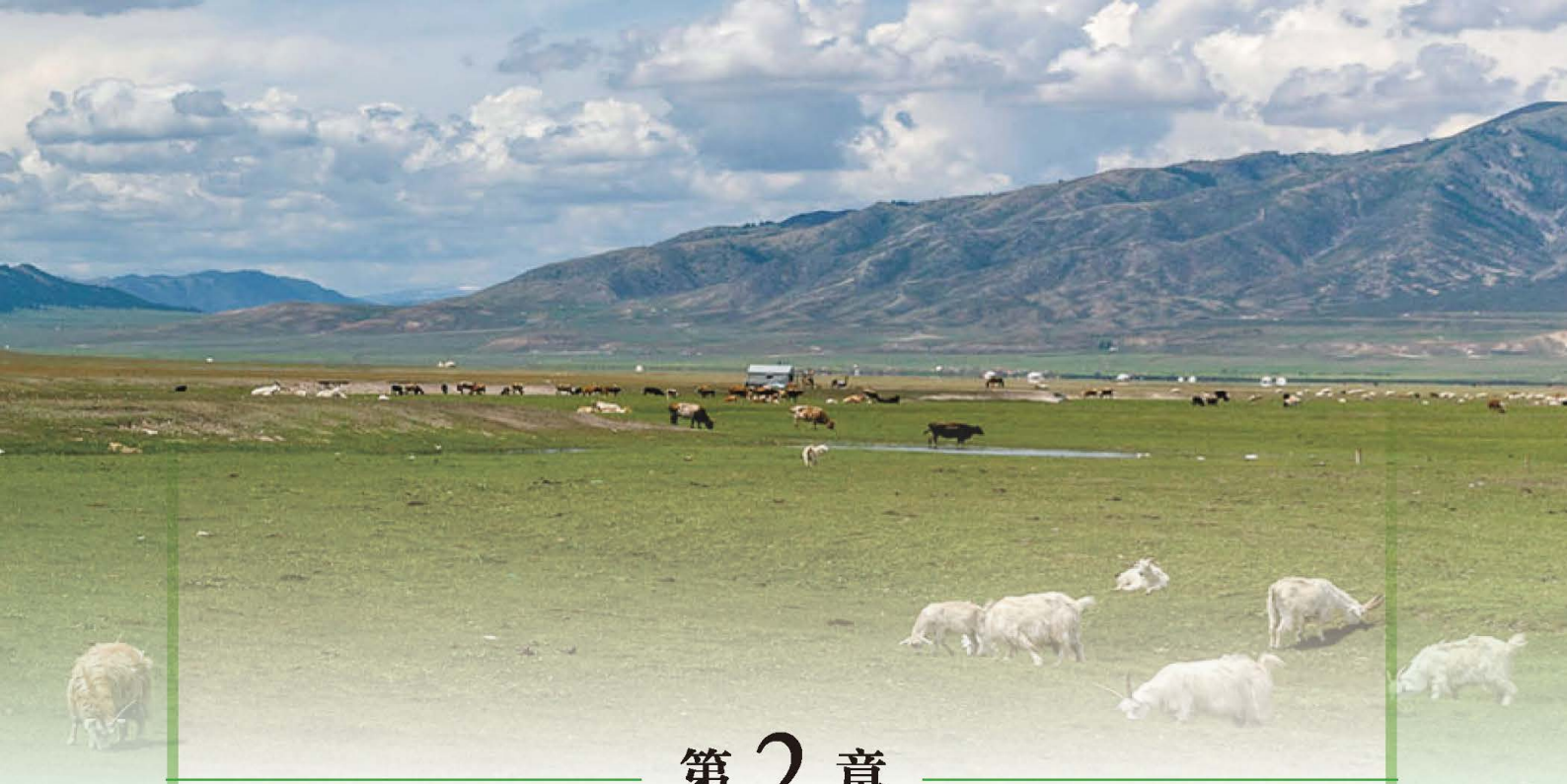


生物的生存离不开周围的环境，环境中的非生物因素和生物因素深刻影响着生物主体。光、温度、水等非生物因素影响着生物的生长、发育、繁殖、生存和分布等。环境中的生物因素与生物主体之间形成了竞争、捕食、寄生和互利共生等关系。在长期自然选择的过程中，生物对各种非生物因素和生物因素产生了形态结构、生理功能和行为上的适应。

## ● 学科素养提示

运用结构与功能观、进化与适应观等生命观念解释生物受环境的影响并适应环境的各种现象，阐述生物与环境相互作用、相互影响的辩证统一关系。通过搜集外来物种入侵案例、观察水生和旱生植物叶片的显微结构差异、尝试水温对金鱼游动倾向的影响实验等科学探究活动，分析外来物种入侵的危害，归纳生物适应环境的方式或途径，尝试为预防外来物种入侵、利用不同生物适应环境的方式为当地生产实践提出可行的措施与建议。





## 第 2 章

# 种群与群落

“敕勒川，阴山下。天似穹庐，笼盖四野。天苍苍，野茫茫。风吹草低见牛羊。”民歌展现了辽阔大草原上生机勃勃的壮美景色，也描绘了草原上的羊、牛以及各种牧草共存的美丽画面。在这充满生机的草原上，任何生物个体都不是孤立存在的，同一物种的个体间存在竞争、互助等关系，不同物种存在捕食、竞争等关系。同一物种的个体、不同物种的个体在特定的空间中构成了群体。那么，同一物种的个体在空间中构成的群体具有哪些特征？不同物种的个体在空间中构成的群体又有哪些结构特点呢？



### 学习目标

1. 在理解不同种群生物在长期适应环境和彼此相互适应过程中形成动态生物群落的基础上，形成结构与功能观、进化与适应观等生命观念，并用于阐释不同类型群落的结构、特征及演替规律。
2. 基于种群数量的变动和群落的动态变化，能运用综合分析、比较归纳等科学思维方法，来表征解释影响这一变化规律的因素。
3. 针对种群数量变化、群落演替过程中的现象提出问题，选用相应的材料和用具，通过调查、实验、探究等手段寻找证据，分析环境中生物的种类和数量的动态变化，阐述所得结果的理论和实践意义。
4. 主动关注生态环境保护问题，能用群落演替的理论解释退耕还林、退耕还湖、退牧还草等政策的意义，树立人与自然和谐发展的观念。

## 第一节 种群的特征

据估测，目前全世界仅有约3 000只丹顶鹤，我国是丹顶鹤最主要的分布国家，在盐城湿地，越冬丹顶鹤最大数量曾超过600只。同年冬季在盐城湿地越冬的丹顶鹤个体组成的群体具有哪些特征？这些特征之间有哪些内在的联系？

### 种群密度是种群最基本的数量特征



#### 寻找证据 实验

#### 调查草地中植物的种类和数量

##### ● 目的要求

1. 尝试运用样方法调查植物的种类和数量。
2. 计算单位面积中植物的个体数。

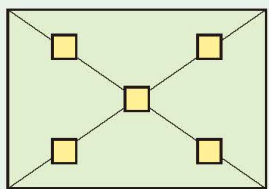
##### ● 实验原理

样方法是指在被调查植物的生存环境中，按一定的方法选取若干个样方，统计每个样方内植物种数和每一种植物的个体数。常用的取样方法有“五点取样法”和“等距取样法”（图2-1）。五点取样法是先以样地对角线交叉点为中心样点，再在对角线上选取四个与中心样点等距的点作为样点的取样方法。等距取样法是在长条形的样地内按相等的距离间隔取样的方法。

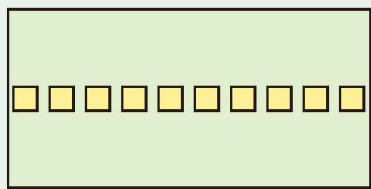


##### 注意

取样的关键是要做到取样的客观性，不能掺入主观因素。



五点取样法



等距取样法

图2-1 取样方法示意图

##### ● 材料用具

卷尺，绳，固定桩，笔，纸，植物分类图鉴等。



### ● 方法步骤

1. 在校园或公园的草地选取样方地，样方的大小一般以  $1\text{ m}^2$  为宜。

2. 按五点取样法或等距取样法开展调查，用卷尺量好距离，在样方四个角的顶点插上固定桩，并用绳连起来，显示出样方的边界（图2-2）。

3. 统计样方内的植物种数和每一种植物的个体数。对于边界上的植物应只计数相邻两条边上的个体数。对不认识的植物应采标本带回实验室后检索区分。将有关数据记录在表2-1中。



图2-2 样方的划定（正方形）

表2-1 草地上植物种类和数量调查表

采集时间：\_\_\_\_\_ 采集地点：\_\_\_\_\_ 采集者：\_\_\_\_\_

物种编号	物种名称	个体数
1		
2		
3		
⋮		

4. 分别统计草地中每个物种单位面积的个体数，并比较其差异。

根据实验获得的信息，思考下列问题：

1. 各组调查到的植物种类和数量是否相同？
2. 影响样方内物种分布的因素有哪些？

在一定时间内占据一定空间的同种生物个体的总和称为种群。一定时间内、一定空间内有多个不同的种群。不同种群之间，生物的个体总数存在差异。每一种群中全部的个体数除以总面积或总体积就是种群密度。种群密度的计算公式为  $D = N / S$ 。其中， $D$  为种群密度， $N$  为样地内某物种个体数， $S$  为样地面积或体积。在调查种群密度时，样方位置、样方大小等都可能使统计结果有差异。

不同生物种群密度差异很大，如土壤节肢动物每平方米可能有几十万只，而某大型哺乳动物可能每平方千米仅有几头甚至更少。种群密度能表明种群的大小，是种群最基本的数量特征。

由于某些动物活动范围广，要统计出它们的准确数量难度较大，常采用近似的方法来估计一个动物种群的种群密度。标记重捕法就是一种生态学上常用来在开放式环境中统计动物种群密度的方法。

大多数趋光性昆虫对波长为  $330\sim 400\text{ nm}$  的光波敏感，人们利用这一原理制成了黑光灯。晚上将黑光灯放置在野外，可引诱杀死昆虫，从而有效降低害虫的种群密度；同时还可对获取的害虫数量进行统计，通过与历史记录对照，分析得出害虫成灾程度。例如，如



果根据历史记录可以把每晚捕到 40 只左右的某种害虫作为预测暴发严重农林虫害的标准,那么在相同条件下,每晚捕到的这种害虫多于 40 只时,说明害虫密度已达到了可能暴发严重虫害的程度,从而为虫害预防提供科学依据。

## 出生率和死亡率决定种群数量变化

种群数量与生物的出生率和死亡率有关。出生率是指单位时间内种群新产生的个体数占种群个体总数的百分比。例如,一个个体数量为 100 的种群,一年内繁殖出 20 个个体,那么,这个种群的年出生率为 20%。种群出生率的高低受多种因素的影响,如性成熟速度、每次产仔(卵)数、每年繁殖次数、繁殖年龄的长短等。死亡率是指单位时间内种群死亡个体数占种群数量的百分比。死亡率的高低取决于生物的生理条件、捕食者、疾病、气候条件等因素。在一定时期内,出生率大于死亡率,种群数量就会增加;反之,种群数量就会减少。种群数量的变化是由出生率和死亡率决定的。

人口的出生率和死亡率可以为国家制定人口政策提供依据。过多或过少的人口数量都会影响社会经济的发展。为保证社会发展的可持续性,应确定一个合理的人口增长速率。

## 迁入率和迁出率影响种群数量

每年的秋冬季节,大雁从西伯利亚一带成群结队地飞到我国的南方。第二年春天,它们又经过长途飞行回到西伯利亚。许多生物的种群都存在着个体迁入或迁出现象。对一个种群来说,单位时间内迁入的个体数占该种群个体总数的比率称为迁入率,单位时间内迁出的个体数占该种群个体总数的比率称为迁出率。迁入率和迁出率反映种群内个体在地区间移动频繁的程度。在一定时期内,迁入率大于迁出率,种群数量增加;迁入率小于迁出率,种群数量减少。迁入率和迁出率影响种群数量。

影响迁入率和迁出率的因素是多方面的。气候的变化会影响鸟类的迁徙。在北方寒冷的冬季和热带的旱季,经常会出现食物短缺,迫使鸟类种群中的一部分个体迁徙到其他食物丰盛的地区。另外,日照时间、温度及鸟类内在的生理因素等都会影响鸟类的迁徙。影响人口迁入和迁出的因素也是多方面的:自然环境如气候、土地、水源等,社会经济环境如教育、收入、交通、就业等。

根据鸟类的迁徙规律,可以帮助鸟类繁殖,增加鸟类的种群数量。例如,每到春天,丹顶鹤就会北迁到辽河三角洲以北的湿地。自然保护区工作人员可根据丹顶鹤迁徙的规律,在保护区内适时营造有活水流动的不封冻区域,以便野生丹顶鹤饮水、洗浴;多处设置投食区,每天为丹顶鹤定时、定点投食;同时,在野生丹顶鹤经常活动的区域内保留部分芦苇不收割,为其提供适宜的隐蔽环境;还可以人工饲养丹顶鹤,招引野生丹顶鹤,从而使丹顶鹤种群数量逐年上升。



## 年龄结构可预测种群数量的变化趋势



### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注不同年龄个体在种群中所占比例。

2014年，研究人员根据美国、日本、印度的人口数据，绘制出了不同年龄个体所占比例图（图2-3）。

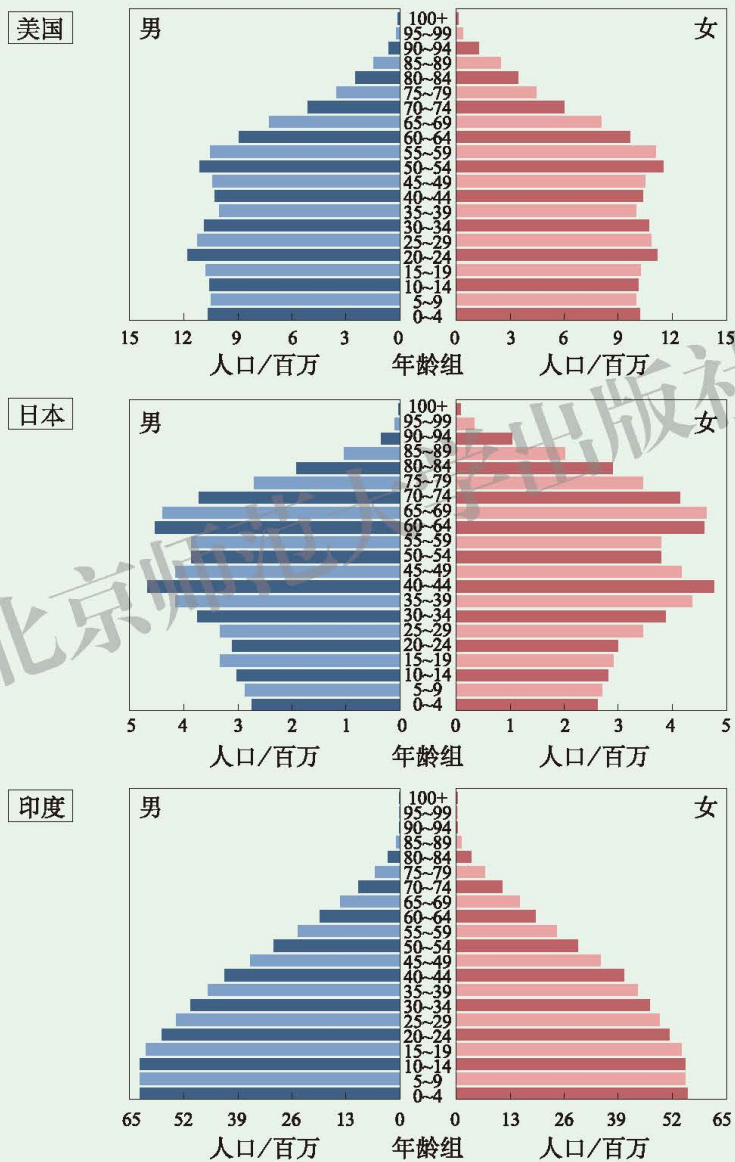


图 2-3 2014 年美国、日本、印度不同年龄个体所占比例

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 美国、日本、印度的人口年龄有什么特点？人口的发展趋势是怎样的？
2. 根据种群中不同年龄个体所占的比例如何预测种群的发展趋势？

种群都是由不同年龄的个体组成的，各个年龄或年龄组的个体在整个种群中都占有一定的比例，这构成了种群的年龄结构。从图 2-3 可以看出，美国的人口年龄结构呈钟形，幼年、成年、老年的个体数比例适中。在一定时期内出生的新个体数接近衰老死亡的个体数，人口数保持相对稳定。印度的人口年龄结构呈具有宽阔基部的三角形，意味着未来人口将迅速增长。日本的人口年龄结构显示老年人口所占比例大，意味着人口数量呈下降趋势。

根据不同年龄组个体数的多少，可将种群分为增长型、稳定型和衰退型（图 2-4）。如果种群中老年个体较多，幼年个体偏少，新出生的个体数不能补偿衰老死亡的个体数，出生率小于死亡率，种群数量就会越来越少，种群发展呈衰退趋势。当种群中幼年个体多，老年个体少，出生率大于死亡率时，种群数量越来越多，种群发展呈增长趋势。而当种群中各年龄组的个体数分布比较均匀，出生率约等于死亡率时，种群数量保持相对稳定，种群发展呈稳定趋势。

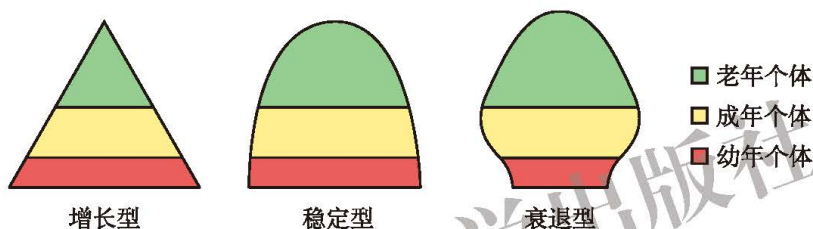


图 2-4 种群年龄结构的类型

年龄结构既影响出生率又影响死亡率，对预测种群的数量变化趋势具有重要作用。

梭梭是一种抗旱、抗盐碱能力很强的小乔木，适合在干旱地区种植。内蒙古西部种植的梭梭，因被大沙鼠啃食树皮、咬断树枝和根系，生长受到影响。研究人员依据大沙鼠臼齿咀嚼面釉质和齿质的特征以及体重和体长，将捕捉到的内蒙古大沙鼠划分为五个年龄组，并绘制出大沙鼠种群年龄结构图，成功地预测了大沙鼠种群数量的变化趋势，为有效防治大沙鼠鼠害提供了依据。

## 性别比例间接影响种群数量

性别比例是指种群中雌雄个体数目的比例。在自然界中，大多数生物种群的性别比例接近 1 : 1，如人类、盘羊等哺乳动物。有些动物种群有繁殖能力的雄性多于雌性，如蜜蜂（图 2-5）。一个蜜蜂种群由一只蜂王、数百只雄蜂和成千上万只工蜂组成。工蜂和蜂王都是雌性，但工蜂没有繁殖能力，只有蜂王有繁殖能力，所以具有繁殖能力的蜜蜂仍然是雄性多于雌性。还有一些生物以



图 2-5 蜜蜂种群

蓝色标记示蜂王，绿色标记示雄蜂，其余未标记的为工蜂



具有繁殖能力的雌性个体为主，如轮虫等可进行孤雌生殖的动物。

种群的性别比例有可能随环境条件的改变而改变。例如，鳄鱼的卵主要依赖太阳辐射产生的热量进行孵化，新生鳄鱼的性别则取决于环境温度。有研究表明，鳄鱼的性别是由卵开始孵化后第2~3周时的环境温度决定的。在此期间，如果卵所处的环境温度在30℃以下，孵化出的幼鳄即为雌性；如果环境温度为30~34℃，孵化出的幼鳄两种性别都有；如果环境温度超过34℃，孵化出的幼鳄则为雄性。另外，有些动物有性转变的特点，如黄鳝，幼年都是雌性，繁殖后多数转变为雄性。在自然生物种群中，性别比例会随着时间发生一定程度的变化。

在一雌一雄的单配偶制种群中，雄性个体与雌性个体的比例决定着繁殖力。例如，若1 000只粉红椋鸟的雄性和雌性性别比例为3:2，则繁殖对是400对，以每对产5只小椋鸟计算，则可出生幼鸟2 000只。如在相同条件下，粉红椋鸟的雄性和雌性性别比例为1:1，则可出生幼鸟2 500只。由此可见，性别比例可以影响生物的出生率，从而影响种群的数量。

根据性别比例影响种群数量的原理，在农业生产上常用性引诱剂诱杀雄性害虫，通过干扰害虫的性别比例，使一些雌虫不能完成交配，从而降低害虫的种群密度。

种群密度、出生率和死亡率、迁入率和迁出率、年龄结构及性别比例都是种群的特征。

### 实践应用 实验 (选做)

#### 模拟标记重捕法估算动物种群数量

##### ● 目的要求

1. 描述标记重捕法的原理。
2. 模拟标记重捕法调查动物种群密度。

##### ● 实验原理

标记重捕法是指在被调查的种群中捕获一部分个体进行标记后再放回原来环境中，经过一段时间之后进行重捕，依据标记个体数占总捕获数的比例来估计种群数量。

标记重捕法的估算公式为：

$$\frac{M}{N} = \frac{m}{n}。$$

- 式中， $M$ ——有标记的个体数；  
 $n$ ——重捕获得的个体数；  
 $m$ ——重捕获得的有标记的个体数；  
 $N$ ——种群数量。

##### ● 材料用具

豆子若干粒（多于40粒）；记号笔，纸袋。

### ● 方法步骤

1. 从装有很多同种豆子的纸袋中取出 20 粒豆子。
2. 用记号笔将这 20 粒豆子涂红 (图 2-6)。这些豆子代表捕捉后做过标记的动物。墨水干后, 将豆子放回纸袋内。
3. 摇动纸袋, 尽量使豆子充分混合, 然后随机从纸袋中取出部分豆子。
4. 在表 2-2 中记录取出的豆子的总数和其中做过标记的豆子的数量。
5. 然后将取出的豆子全部放回纸袋中。
6. 重复步骤 3~5 三遍, 计算每列数据的平均值。
7. 利用平均值, 通过下列公式计算原纸袋中豆子的总数:  $N = M \times \frac{n}{m}$ 。
8. 为判断估算数的准确性, 将纸袋内所有豆子重新计数, 并做好记录。



图 2-6 标记实验材料

表 2-2 “标记重捕法”模拟实验数据统计表

实验序列	有标记豆子数 ( $M$ ) / 粒	取出豆子总数 ( $n$ ) / 粒	取出的豆子中有标记的豆子数 ( $m$ ) / 粒
1	20		
2	20		
3	20		
平均值	20		

#### 9. 计算统计:

豆子数量的估算值:  $N =$  \_\_\_\_\_ 粒。

实际的豆子数量: \_\_\_\_\_ 粒。

### ● 思考讨论

1. 将估算值与实际的数相比较, 解释两者不完全一致的原因。对步骤做哪些改进, 可以使估算值更接近实际值?
2. 解释这种模拟方法更多用于动物种群数量估算的原因。
3. 假设你用真实的动物进行实验, 你将如何实施前 3 个步骤?

### 检测评价

1. 为了解学校草坪中蒲公英的种群密度, 某调查小组选取 10 个  $1 \text{ m}^2$  正方形的样方进行调查, 调查的数据如下表 (见下页) 所示。

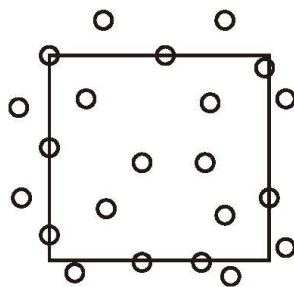


样方编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
蒲公英数量/株	11	10	8	12	7	9	10	9	11	12

请回答下列问题：

(1) 根据上述调查数据，该校园草坪中蒲公英的种群密度是\_\_\_\_\_。

(2) 若调查小组确定了如右图所示的一个样方，图中圆圈表示蒲公英的个体分布，请将表示应该计数个体的圆圈涂黑并计数。



(3) 样方调查所得的种群密度数值是否与实际种群密度完全一致？为什么？

2. 布氏田鼠以植物为食，会直接破坏植被，使土地裸露。研究人员对我国北方草原上的布氏田鼠进行了调查，调查样方总面积为 20 000 m<sup>2</sup>，随机布设 100 个鼠笼，放置一夜后，统计所捕获的布氏田鼠数量、性别等，进行标记后放归，3 天后进行重捕与调查。所得到的调查数据如下表所示。

调查方式	捕获数/只	标记数/只	雌性个体数/只	雄性个体数/只
初捕	32	32	14	18
重捕	36	4	18	18

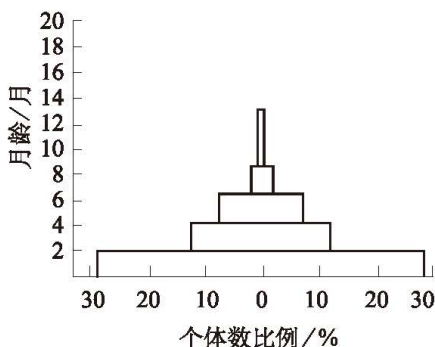
请回答下列问题：

(1) 据上表计算该草原布氏田鼠的种群密度。

(2) 要使上述所计算的种群密度与实际相符，理论上，在调查期内必须满足的条件是( )。

- A. 有较多个体迁出调查区
- B. 调查区内有较多个体死亡
- C. 调查区内新出生个体数很少
- D. 有较多个体迁入调查区

(3) 研究人员对捕获的布氏田鼠的月龄进行统计，获得了布氏田鼠的年龄结构图。



据图分析该草原布氏田鼠种群的年龄结构属于何种类型，在不考虑其他因素的前提下，预测其种群的发展趋势。

(4) 根据材料中的信息，提出两项有效控制布氏田鼠数量的可行建议。



### 开阔眼界

## 利用生态学原理防治茶叶虫害

在一些茶园里，常常可以看到一张张书本大小的黄板均匀地插在其间。这不是普通的黄板，它们实际上是一种诱虫板，在板中央放有诱芯，诱芯可以释放人工合成的昆虫熟悉的气味。诱芯通过释放气味将害虫吸引过来，用诱虫板粘住，使虫子“有来无回”。



茶园中的诱虫板

在有的茶园里，还挂有夜蛾诱捕器和茶尺蠖诱捕器。诱捕器上方都有一个瓶子，里面盛有药液，害虫被药液散发出的气味吸引，爬进瓶中再也出不来。目前研发出的昆虫信息化合物已有上百种。通过释放昆虫信息化合物这种方法可以有效降低有害昆虫的种群密度，改变害虫的性别比例，达到防治茶园虫害的目的。



## 第二节 种群的数量变化

在自然界中，种群的数量并不是稳定不变的。种群的数量可以因出生或迁入个体而增多，也可以因死亡或迁出个体而减少。种群数量究竟是怎样变化的？影响种群数量变化的因素有哪些呢？

### 一 种群数量增长模型

昆虫学家曾对蓟马的种群进行长期研究，发现在环境条件较好的年份，其种群数量增长迅速；但在环境条件不好的年份，其种群数量增长缓慢。像蓟马这样的种群，数量变化较大，而且研究时间跨度较大时，常常需要通过建立数学模型来直观反映其种群数量变化的规律。如何构建种群数量变化的模型呢？



寻找证据 建模

#### 构建细菌种群数量增长模型

细菌是原核生物，它的繁殖方式是分裂生殖。假设一种细菌，在温度、湿度适宜，营养充足且稳定的条件下，每 20 min 繁殖一次，数据见表 2-3，请用坐标图画出细菌数量变化曲线，构建该细菌种群增长模型。

表 2-3 细菌数量的记录表

时间 /min	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
细菌数量 / 个	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1 024
繁殖代数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

根据建模获得的信息，思考下列问题：

1. 绘制出的曲线呈什么形状？形成该形状曲线的原因是什么？
2. 如果营养和生存空间有限，细菌种群数量 ( $N$ ) 和繁殖代数 ( $n$ ) 的数学模型有可能发生什么样的变化？

## 理想状态下的种群数量增长呈“J”型

从表 2-3 的数据分析可知，细菌每 20 min 分裂一次，在营养和生活空间充足的条件下，200 min 后细菌的数量是 1 024 个。计算公式为  $N_t=2^t$ ，种群数量呈指数增长。

根据表中的数据，以时间为横坐标、细菌数量为纵坐标，构建数学模型的曲线图，得到了在理想条件下细菌种群数量的增长曲线——“J”型增长曲线（图 2-7）。

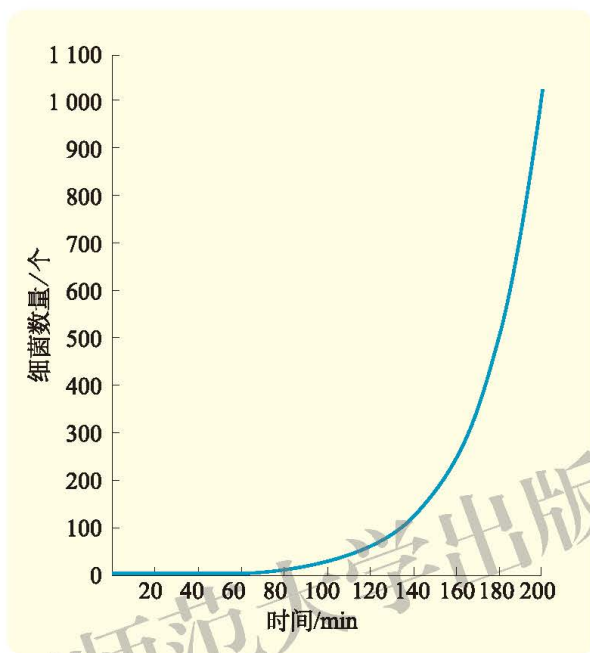


图 2-7 细菌种群数量的“J”型增长曲线

在食物充足、空间无限、气候适宜、没有敌害等理想条件下，生物种群数量呈现“J”型增长，种群数量每一个生长周期以一定的倍数增长。种群数量增长的函数模型为  $N_t=N_0\lambda^t$ ，其中  $N_0$  为该种群的起始数量， $t$  为时间， $N_t$  为  $t$  时间后该种群的数量， $\lambda$  为该种群每一个生长周期内的增长倍数。数学模型  $N_t=N_0\lambda^t$  能解释在理想条件下种群的数量变动。但是，在现实条件下种群不可能无限增长。

## 有限环境下的种群数量增长呈“S”型

自然界的资源和空间总是有限的。“J”型增长不可能一直持续下去。当种群数量增加时，受到食物、空间的限制，种群的增长减慢，直至停止增长，稳定在一定的水平。种群经过一定时间增长后，数量趋于稳定的增长曲线，称为“S”型增长曲线（图 2-8）。在有限环境下，种群数量有一个环境条件所允许的最大值，称为环境容纳量，记作  $K$ 。当种群数量达到  $K$  时，种群不再增长，此时种群数量就达到了平衡状态。

在种群数量增长的“S”型模型中，种群增长大致经历了以下过程：在开始的时候，种群个体数很少，种群数量增长缓慢；随着种群个体数的增加，种群数量增长加快；当



生物数量达到环境容纳量的一半 ( $K/2$ ) 时, 种群数量增长最快; 而种群数量超过  $K/2$  后, 种群进入减速增长阶段; 种群数量最后达到饱和, 在此时期, 种群增加的数量和减少的数量相当, 种群数量达到动态平衡的  $K$ 。

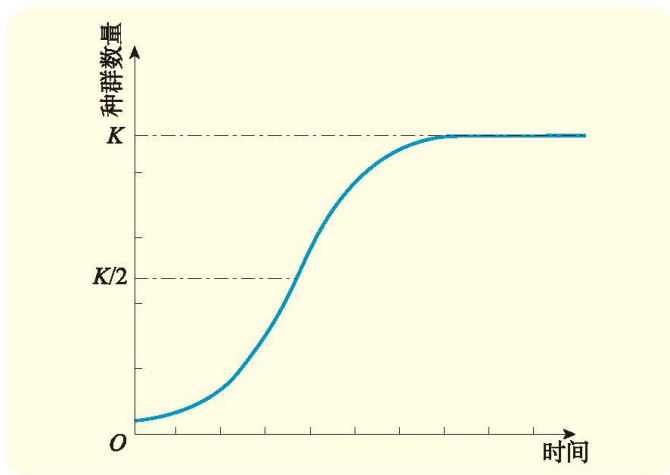


图 2-8 种群数量的“S”型增长曲线

人类对生物资源开发利用时, 如渔业捕捞、放牧等, 必须保证环境中的资源数量不低于  $K$  值的一半, 以保证资源的可持续利用。

在有害生物防治方面, 可通过降低  $K$  值, 从根本上限制有害生物种群数量的快速增长。例如, 可通过封锁粮食、清除生活垃圾等方法防治鼠害。

### 实践应用 实验

## 探究酵母菌种群数量的动态变化

### ● 目的要求

1. 尝试绘制酵母菌种群数量变化曲线图并进行分析。
2. 练习使用血细胞计数板进行计数。

### ● 实验原理

在含糖的液体培养基(培养液)中, 酵母菌繁殖很快, 迅速形成一个封闭容器内的酵母菌种群, 通过细胞计数可以测定封闭容器内的酵母菌种群随时间发生的数量变化。养分、空间、温度和代谢废物等是影响种群数量持续增长的限制因素。

### ● 材料用具

酵母菌母液; 酵母菌培养液; 试管, 量筒, 棉塞, 高压蒸汽灭菌锅, 恒温培养箱, 血细胞计数板等。

### ● 方法步骤

1. 取相同的试管若干支, 分别加入 5 mL 酵母菌培养液, 塞上棉塞。
2. 将上述装有培养液的若干试管放在高压蒸汽灭菌锅中进行高压蒸汽灭菌, 再冷

却至室温，并在试管上做甲、乙、丙等标记。

3. 各试管分别加入酵母菌母液 0.1 mL，摇匀后用血细胞计数板计数起始酵母菌个数，做好记录（表 2-4）。

4. 将试管放入恒温培养箱，30℃ 下培养。

5. 每小时取一次样，用血细胞计数板计数酵母菌个体数，并做记录。直至确定试管内酵母菌种群数量基本稳定，结束实验观察。

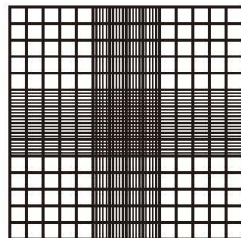
6. 根据实验结果，以时间为横坐标、酵母菌数量为纵坐标，绘制酵母菌种群数量变化曲线图。

### 小资料

#### 酵母菌的显微直接计数法

1. 取洁净的血细胞计数板一块，在计数区盖上一块盖玻片。

2. 用滴管吸取少许酵母菌悬液，滴于盖玻片边缘与血细胞计数板中间平台的缝隙处，让液体自行缓慢渗入，一次性充满计数室，防止产生气泡。



3. 静置片刻，将血细胞计数板置于显微镜载物台上夹稳，先用低倍镜找到计数室再转换高倍镜观察计数。

4. 按对角线方位，取左上、左下、右上、右下的 4 个中格（100 个小格）的酵母菌数。如果酵母菌体位于中格的双线上，计数时则数上线不数下线，数左线不数右线。

表 2-4 酵母菌种群数量变化实验记录表

试管编号	培养时间 / h				
	起始	1	2	3	……
甲					
乙					
丙					
⋮					
平均					

### 思考讨论

1. 酵母菌种群数量变化在时间上表现出什么样的过程？
2. 酵母菌种群数量变化属于何种类型？
3. 形成这种动态变化的原因是什么？

### 检测评价

1. 酵母菌是一类单细胞真菌。在生活实践中常利用酵母菌制作许多营养丰富、味道鲜美的食品和饮料。某学习小组为了探究酵母菌种群增长的最适温度，设置了



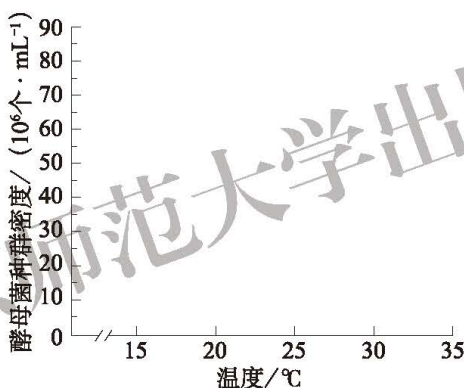
5组实验，每隔2h取样检测一次，连续取样8次。下表是他们进行相关探究实验所得到的结果。

温度 / $^{\circ}\text{C}$	不同时间酵母菌种群数量 / ( $10^6$ 个 $\cdot$ mL $^{-1}$ )							
	0 h	2 h	4 h	6 h	8 h	10 h	12 h	14 h
15	1.2	1.5	2.0	2.3	2.5	4.8	8.5	8.4
20	1.2	1.8	3.0	4.0	7.8	13.2	20.3	19.4
25	1.2	2.0	3.8	5.8	8.9	19.5	19.0	18.5
30	1.2	3.5	7.2	15.2	35.1	88.2	88.1	81.0
35	1.2	4.8	9.2	20.1	75.2	73.1	70.2	68.1

请回答下列问题：

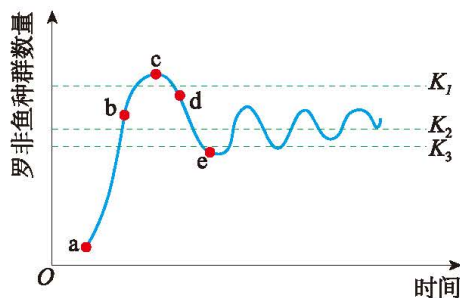
(1) 据表分析，酵母菌种群数量增长的最适温度约是\_\_\_\_\_ $^{\circ}\text{C}$ 。在上述实验条件下，不同温度下酵母菌种群数量随时间变化的相同规律是\_\_\_\_\_。

(2) 画出上述实验过程中不同温度条件下培养液中酵母菌种群数量达到  $K$  时的柱形图。



(3) 为了使实验数据更加准确，需要严格控制实验中的\_\_\_\_\_等无关变量。同一温度条件下，若提高培养液中酵母菌起始种群数量，则该组别中酵母菌种群数量达到  $K$  的时间将\_\_\_\_\_ (延长 / 缩短 / 保持不变)；若其他条件保持不变，适当提高培养液的浓度，则该组别的  $K$  将\_\_\_\_\_ (增加 / 减小 / 保持不变)。

2. 罗非鱼能适应咸水和淡水环境，被认为是未来动物性蛋白质的主要来源之一。某实验基地水库中放养了一批罗非鱼。种群数量变化显示，a~e段这种罗非鱼的种群数量发生明显波动。调查发现，有人在该水库中放生了大型肉食性鱼，一段时间后，罗非鱼种群数量达到了相对稳定状态。



请回答下列问题：

(1) 下列关于环境容纳量的叙述，正确的是( )。

- A. 环境容纳量是指种群的最大数量
- B. 种群密度不会改变环境容纳量的大小
- C. 在理想条件下，影响种群数量增长的因素主要是环境容纳量
- D. 食草动物在自然环境条件下，一年四季的环境容纳量以冬季最大

(2) 罗非鱼在 a~b 段呈 \_\_\_\_\_ 型增长，简述在 a~b 段罗非鱼种群数量变化的原因。

(3) 据前图，分析大型肉食性鱼最可能是在哪个时间点放入水库的。在捕食压力下，罗非鱼种群的环境容纳量接近  $K_1$ 、 $K_2$  或  $K_3$  中的哪个？

(4) 从可持续发展的角度分析，在捕捞罗非鱼时应注意什么。



## 开阔眼界

### 白头叶猴种群保护现状

白头叶猴是我国特有的国家一级保护动物，也是全球 25 种濒危的灵长类动物之一。白头叶猴是食草动物，主要以树叶为食，平均寿命 25 岁。它的分布范围非常狭窄，仅限于广西西南部约 200 km<sup>2</sup> 的喀斯特石山地区。

为了保护濒危的白头叶猴，20 世纪 80 年代以来，我国在广西西南部建立了多个自然保护区，这些自然保护区成为生物多样性保护——尤其是白头叶猴保护的关键地区。经过多方的努力，2016 年，白头叶猴的野外种群数量从建立保护区之前的 370 只左右增加到 1 000 只左右，白头叶猴种群数量的增长呈现良好的态势。



白头叶猴

## 二 影响种群数量变化的因素

朱鹮(图 2-9)是世界珍稀濒危鸟类。1981 年，我国科学家在陕西省汉中市洋县发现了 7 只野生朱鹮，这也是当时全球发现的唯一的朱鹮野生种群。随后我国展开了对朱鹮的拯救保护，经过 30 多年的努力，我国的朱鹮种群数量已超过 2 000 只，其中野外种群数量突破 1 500 只。那么，影响种群数量的因素有哪些呢？



图 2-9 朱鹮





## 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注哪些因素会影响蝗虫的种群数量变化。

干旱裸露的荒地是蝗虫最佳的产卵场所。在干旱的年份，由于水位下降，土壤变得比较坚实，地面植被稀疏，蝗虫产卵数大为增加。另外，干旱环境生长的植物含水量较低，有机物含量较高，蝗虫以其为食，生长较快，而且繁殖能力也较强。相反，蝗虫取食含水量高的植物会延迟生长、降低繁殖能力。阴湿多雨的环境易使蝗虫间流行疾病。雨雪还能直接杀灭蝗虫卵。蝗虫的天敌种类较多，有菌类、螨类、两栖类、鸟类和其他节肢动物等，天敌增加，也可抑制蝗虫数量。

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 引起蝗虫种群数量变化的因素有哪些？
2. 制约蝗虫种群密度增大的因素有哪些？

影响蝗虫种群数量的因素很多。如蝗虫种群密度越大，流行性疾病越容易传播，结果个体死亡多，种群密度降低；当种群密度较小时，疾病不容易传播，会使种群密度逐渐恢复。又如蝗虫密度越大，越容易造成食物短缺，种群数量随之减少；种群数量减少后，对食物的竞争减少，种群数量又会慢慢增加。像食物、流行性疾病这样，其作用随种群密度的大小而变化的种群调节因素称为密度制约因素。

生物种群的相对稳定和有规则的波动与密度制约因素的作用有关。当种群数量超过环境容纳量时，密度制约因素对种群的作用增强，种群的死亡率升高，种群数量逐步降到环境容纳量以下。当种群数量低于环境容纳量时，密度制约因素作用减弱，种群数量增长。

在雨水多时，无论蝗虫的种群数量大还是小，虫卵都会因水淹或因霉菌感染而大量死亡，因而不易形成蝗灾。而气候干旱的环境条件则能使蝗虫种群数量迅速增加，容易形成蝗灾。像雨水、干旱、降雪等气候因素都会对种群数量产生影响，但这些因素作用的强弱与种群密度是无关的，这类因素称为非密度制约因素。

生物种群数量不规则的变动往往与非密度制约因素有关，非密度制约因素对种群数量的作用一般总是直接且显著的。当某些非密度制约因素发生巨大变化（如大旱、大寒）或因人的活动（如使用杀虫剂）而使种群数量大幅度下降时，食物因素等密度制约因素就不再对种群数量起限制作用，此时种群的出生率升高、死亡率降低，种群数量会逐步恢复到原来的水平。非密度制约因素本身对种群数量没有反馈作用，但可以通过密度制约因素的反馈机制来调节种群数量。

无论是密度制约因素还是非密度制约因素，都是通过影响种群的出生率、死亡率或迁入率、迁出率来影响种群数量的。

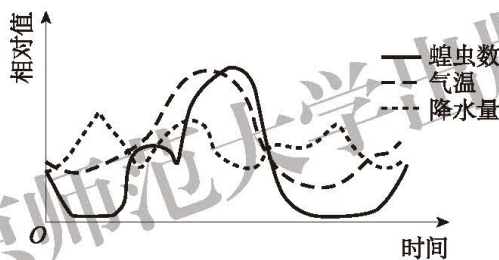
掌握影响种群数量的因素对有效防治虫害有重要的意义。例如，草地螟是一种农业常见害虫，成虫（图 2-10）喜食花蜜。应该在做好春季越冬幼虫存活率调查的基础上，结合当地的温湿度、蜜源植物等数据对迁入的蛾量及雌蛾卵巢发育程度做出及时、准确的测报，从而制订出有效控制其种群数量的措施，降低害虫的危害。



图 2-10 草地螟成虫

### 检测评价

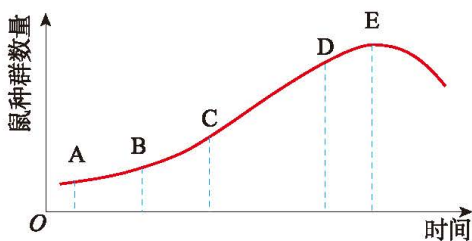
1. 东亚飞蝗，别名蚂蚱、蝗虫，为迁飞性、杂食性的农业害虫。为了给预防“蝗灾”提供科学依据，研究者通过 2 年时间对某地区气温、降水量变化与东亚飞蝗种群数量变化的关系进行了研究，结果如下图所示。



请回答下列问题：

- (1) 从图中可以看出，哪些非生物因素影响了东亚飞蝗的种群密度？
- (2) 东亚飞蝗种群的特征包括种群密度、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、性别比例等。
- (3) 研究发现：东亚飞蝗喜在坚实的土地中产卵。如在东亚飞蝗繁殖期人为疏松土壤，可影响其种群的\_\_\_\_\_，以降低种群密度。另外，可适当引入与其有\_\_\_\_\_关系的生物，抑制其种群数量增长。
- (4) 根据图中的信息和已学的影响种群特征的因素，预防“蝗灾”的措施有哪些？

2. 鼠的种类繁多，危害大，能传播鼠疫、流行性出血热、钩端螺旋体病等。为了研究制约鼠种群数量的因素，科研人员将某一鼠种群迁入一座荒岛后，获得了鼠种群数量变化曲线。





请回答下列问题：

(1) 该图是某鼠种群迁入荒岛后的鼠种群数量变化曲线，根据图中的曲线，

- ① 该图表示鼠种群增长的“\_\_\_\_\_”型曲线；
- ② 这个鼠种群繁殖速度最快在\_\_\_\_\_点左右；
- ③ 鼠种群繁殖开始受到限制在\_\_\_\_\_点以后；
- ④ 鼠种群数量最大( $K$ )在\_\_\_\_\_点；
- ⑤ DE段较CD段增长率下降的原因是\_\_\_\_\_；
- ⑥ 食物最可能成为鼠种群繁殖速度制约因素的是( )。

A. AB段      B. BC段      C. AD段      D. DE段

(2) 影响种群数量的因素很多，下列因素中，属于鼠种群数量密度制约因素的是\_\_\_\_\_。

- |      |           |          |
|------|-----------|----------|
| ① 鼠疫 | ② 流行性出血热病 | ③ 钩端螺旋体病 |
| ④ 谷物 | ⑤ 天敌      | ⑥ 温度     |

(3) 简述密度制约因素对鼠种群数量的影响。

开阔眼界

### 金平蝴蝶奇观

每年5—6月，云南省金平县马鞍底乡都会出现奇特的景观。树干上、小溪边、台阶旁，到处都有蝴蝶盘旋逗留，其中主要是箭环蝶。有的蝴蝶直接停在游人的衣服上、背包上、帽子上。受到惊扰后，它们会成群飞向天空，不到一会儿又聚拢停在一起。蝴蝶是非常脆弱的生物，但马鞍底气候适宜，植物繁茂，生态良好，为蝴蝶生存提供了不可多得的自然条件。据统计，2016年金平蝴蝶的数量超过了2亿只。



金平蝴蝶

## 第三节 群落的结构

内蒙古呼伦贝尔草原总面积约 100 000 km<sup>2</sup>，天然草场面积占 80%，是世界著名的草原。草原上有碱草、针茅、苜蓿、冰草等 120 多种植物，还有大型的哺乳动物、众多的啮齿类、鸟类，以及丰富的土壤动物和微生物。在每年的 4—5 月，呼伦贝尔草原星罗棋布的湖泊相继飞来大量天鹅、大雁、灰鹤、野鸭等鸟类。草原上聚集了大量的生物，存在着多个生物种群。这些生物种群相互影响，组成了一个集合体。这个集合体具有什么结构特点呢？

### 一 群落的物种多样性

仔细观察一块草地，你会发现在草地上分布着许多生物，如蒲公英、甲虫、蚯蚓等，此外还有肉眼看不到的微生物。一块草地上有多少种生物？怎样判断特定区域生物种类的多少呢？



#### 寻找证据 实验

#### 测定群落的物种多样性

##### ● 目的要求

1. 尝试用样方法测定群落的物种多样性。
2. 统计群落中物种种类数和各物种的个体数。

##### ● 实验原理

在一定空间内，群落物种多样性的高低取决于两个方面，一是群落中物种数的多少，二是各物种在个体数量上分配的均匀程度，即物种的丰富度和均匀度。群落中物种的丰富度和均匀度越高，物种多样性就越高，反之则较低。辛普森指数就是一种经常用作测定群落物种多样性的指标。

辛普森指数的计算公式为：

$$D=1-\sum_{i=1}^S\left(\frac{n_i}{N}\right)^2。$$

式中， $D$ ——多样性指数；

$S$ ——物种的数目（种数）；

$n_i$ ——第  $i$  个物种的个体数；

$N$ ——群落中所有物种的个体总数。



例如，一个群落中有3个物种，其个体数分别是100、50、30个，则辛普森

$$\text{指数} D = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right)^2 = 1 - [(100/180)^2 + (50/180)^2 + (30/180)^2] = 0.5864。$$

● 材料用具

卷尺，固定桩，绳，镊子，笔，纸等。

● 方法步骤

1. 在校园内或学校附近，选择一块天然草地和一块种植区，采用五点取样法或等距取样法划出若干个1 m<sup>2</sup>的样方。

2. 统计样方内动植物种类数和每一种的个体数，并将有关数据填入表2-5。(对不认识的植物可用植物分类检索表检索；对不认识的小型动物，能采样的要麻醉固定，带回实验室检索。对于难以检索、鉴定的动植物，采用特定的序号标记、区分即可。)

表2-5 群落物种多样性记录表

种类编号	个体数量
1	
2	
3	
4	
5	
6	
⋮	

3. 利用辛普森指数计算公式分别计算群落中动物和植物的物种多样性指数。

根据实验获得的信息，思考下列问题：

1. 辛普森指数与群落中物种数量和各物种个体数量的关系是什么？
2. 辛普森指数与物种多样性有什么关系？
3. 我国生物群落多样性有什么特点？

上述所调查的特定区域内的各种植物、动物、微生物种群组成的集合体称为群落。群落中的植物、动物、微生物是多种多样的。一定区域内物种的丰富度和均匀度称为物种多样性。由辛普森指数计算公式可以看出，当群落中只有一个物种时，辛普森指数最小，其值为0，物种多样性程度最低。物种的种类数越多，物种越丰富，群落的物种丰富度就越高。而各物种的个体数越均匀，群落的物种均匀度越高。在这样的情况下，计算得到的辛普森指数越大。因而辛普森指数是反映物种丰富度和均匀度的综合指标。辛普森指数越大，物种多样性越高。

我国疆域辽阔，地形、气候复杂，南北跨越热带、温带、寒带，生态环境多样，生物

群落多样，有草本植物群落、灌丛群落和森林群落等。例如，森林群落中植物种类丰富，有乔木、灌木以及草本、藤本、附生植物。其中有许多名贵的用材树种、油料树种等经济植物资源，还有名贵的药材，如人参（图 2-11）、天麻（图 2-12）。森林群落中的动物和微生物种类繁多。森林群落中的植物为其中栖息的动物提供住处和食物，一些动物还以其他动物为食。还有土壤中生存的大量微生物，它们以分解枯枝落叶或动物尸体残骸为生。这一特定区域内的所有生物组成一个整体，构成生物群落。



图 2-11 人参



图 2-12 天麻

### 实践应用 实验

## 土壤中动物类群丰富度的测定

### ● 目的要求

1. 尝试统计动物类群丰富度。
2. 分析影响土壤动物类群丰富度的因素。

### ● 实验原理

土壤中含有植物死亡的根系和枯枝落叶等有机质，这些有机质为多种土壤动物的生存提供了营养条件。不同的土壤中所含有机质的种类和数量不同，所以土壤动物的丰富度存在差异。

### ● 材料用具

硬质金属饮料罐，吸虫器，铲子，塑料袋，解剖针，放大镜，纱布，镊子，解剖镜等。

### ● 方法步骤

1. 制作取样器。选取圆柱形的硬质金属饮料罐，在高度为 5 cm 处剪断。这样的取样器容积为底面积乘高的积。
2. 将选择的取样点表面落叶轻轻拨开，将罐子扣在地表，用手来回旋转罐子，将其按入土中，按压到罐底与地表几乎平齐。用铲子将罐内的土壤连同罐子



一起挖出，将罐子中的土壤倒入塑料袋（图 2-13）。

3. 将采集到的土壤样品放入盆内（注意防止动物逃走），先用解剖针轻轻拨开泥土，用放大镜观察，找到体形较大的动物，并用包着纱布的镊子轻轻将其取出来。对于体形较小的动物，可以用吸虫器（图 2-14）采集，放入试管。

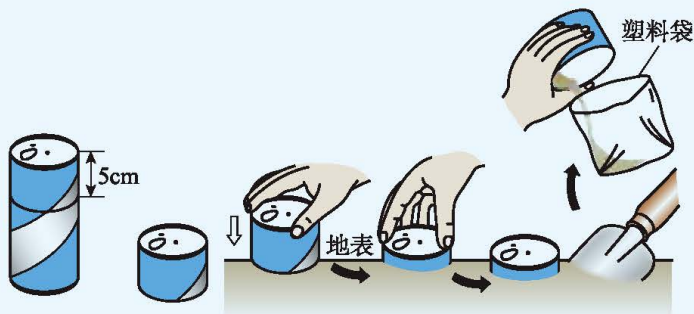


图 2-13 取样示意图

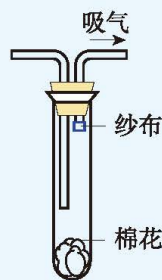


图 2-14 吸虫器示意图

4. 对于体形较大的动物通过观察、查阅资料进行分类、鉴定。对于用肉眼难以观察的小动物可用吸管或镊子取出，借助放大镜、解剖镜观察，并查阅资料对其进行分类、鉴定。对于难以鉴定的小动物，可记为“待鉴定 ××”，并记录下它们的特征。

5. 统计小动物的种类及每种个体的数目，将有关数据填入表 2-6。

表 2-6 小动物调查记录表

动物名称	个体数			备注
	样本 1	样本 2	样本 3	

### ● 思考讨论

1. 在班级内交流各自的研究报告，比较研究结果，就发现的问题进行讨论。
2. 如果要调查水中小动物的丰富度，应如何对研究方法进行改进？

### 检测评价

1. 为了研究草原群落的植物多样性与放牧强度的关系，选择某有羊草、贝加尔针茅、羽茅、黄囊苔草、糙隐子草、麻花头等草种的草原，对其在不同放牧强

度下的植物物种多样性进行研究。研究者将研究地划分为无放牧区、轻度放牧区、中度放牧区和重度放牧区，2年后的研究结果如下表所示。

放牧强度	多样性指标		
	物种丰富度指数	物种均匀度指数	辛普森指数
无	14.11	0.72	0.93
轻度	16.50	0.75	0.94
中度	15.63	0.69	0.90
重度	13.90	0.69	0.89

请回答下列问题：

(1) 羊草、贝加尔针茅、羽茅、黄囊苔草等不同草种之间的差异，体现的是 ( )。

- A. 物种均匀度多样性                      B. 生态系统多样性  
C. 辛普森指数多样性                      D. 物种多样性

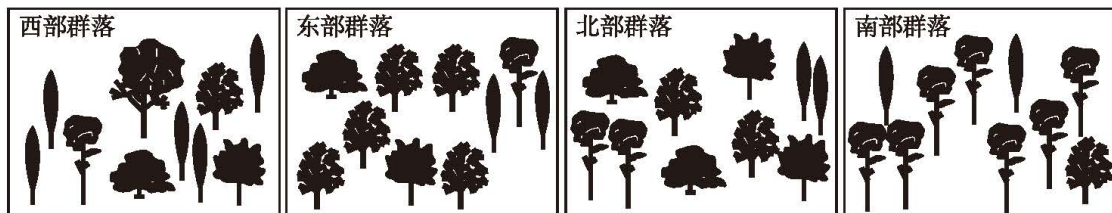
(2) 对研究结果进行分析，可以发现在有放牧的群落中，随放牧强度的增加 ( )。

- A. 物种均匀度指数越来越低              B. 物种丰富度指数越来越低  
C. 多样性指数先升高后降低              D. 多样性指数先降低后升高

(3) 根据上表分析放牧对物种多样性的影响是什么，主要原因有哪些。

(4) 结合上表的数据，阐述人类活动与物种多样性的关系。

2. 为了解某市主要植物群落的物种多样性状况，从而为有效保护生物多样性提供基础资料，某研究小组对该市不同区域的群落物种多样性进行了深入调查，获得了相关信息资料。下图表示4个不同区域的4种树木群落，其中不同的树轮廓表示不同树种，每一树轮廓分别代表10个个体。



请回答下列问题：

(1) 为了调查群落的物种多样性，采取的调查方法是什么？采用这种调查方法应注意什么？

(2) 生态考察中常使用辛普森指数表示 \_\_\_\_\_ 多样性。经计算，西部群落的辛普森指数是 \_\_\_\_\_。

(3) 4个区域中物种多样性最高的和最低的分别是 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_。

(4) 根据已有的知识，你觉得可采取哪些措施保护物种多样性？



## 二 群落的结构特点

喜马拉雅山脉全长约 2 400 km，宽 200~300 km，山势挺拔高峻，平均海拔在 6 000 m 以上，其中海拔 8 844.43 m 的珠穆朗玛峰雄踞在中国与尼泊尔的边境线上，为世界最高峰。喜马拉雅山脉南侧海拔 1 000~2 500 m 处为常绿阔叶林群落，其中主要的树木有印度锥、毛杨梅、全缘石楠及各种栎树，这些不同种生物构成的群落有哪些结构特点呢？

### 群落的垂直结构呈分层现象



#### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注热带雨林的结构特点。



图 2-15 西双版纳热带雨林

西双版纳热带雨林是我国高纬度、高海拔地带保存最完整的热带雨林（图 2-15）。由于终年高温高湿，热带雨林中的树木长得高大茂密，从林冠到林下植物分为多个层次。第一层树高度一般都在 30 m 以上，由高大乔木构成；第二层由 20~30 m 高的大树构成；第三层树高 10~20 m，由中小乔木构成；在 5~10 m 高度一般还有一个小树木

层；树木层之下是 1~5 m 高的幼树灌木层；在幼树灌木层之下通常为疏密不均的草本层。

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 西双版纳热带雨林从林冠到林下植物出现了什么现象？
2. 西双版纳热带雨林这样的现象对于群落的整体结构有何生态意义？

西双版纳热带雨林从林冠到林下植物出现了分层现象，自上而下分别是乔木层、灌木层、草本层。像这样，群落在空间中的垂直分化或成层现象称为垂直结构。垂直结构（图 2-16）显著提高了群落利用光照等环境资源的能力。各层光照强度不同，适应不同光照强度的植物在各层的空间上获得良好生长。热带雨林植物群落的地下部分也存在分层现象，乔木根系在地下分布较深，灌木根系分布较浅，草本植物的根系大多分布在土壤的表层，苔藓植物的假根则直接分布在地表，可见森林植物群落地下部分也具有明显的



垂直结构。其他群落也和森林群落一样具有垂直结构。

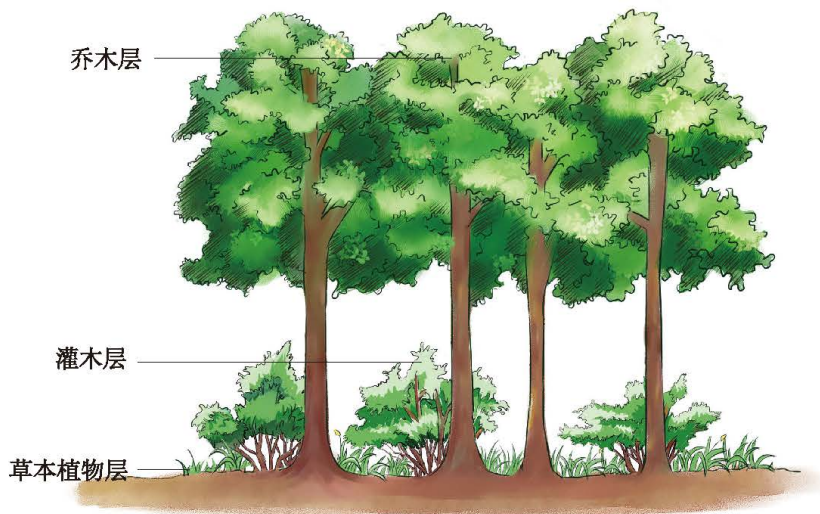


图 2-16 森林植物群落的垂直结构分层示意图

群落中植物的垂直结构为动物创造了多种多样的栖息空间和食物条件，因此，动物也有类似的分层现象。虽然有的动物活动性很强，可以出现在几个层次上，但大多数动物都只限于在 1~2 个层次上活动。例如，在欧亚大陆北方针叶林区，栖息着多种动物：草本层中，栖息着丘鹑、榛鸡和黄鼠等；灌木层中，栖息着树莺、苇莺和花鼠等；在森林乔木层中则栖息着柳莺等。随着时间的变化，群落中的植物对地上的光照和空间资源以及地下的水和营养物质资源的利用状况会发生改变，植物之间的相互关系以及群落中的物种组成也会发生变化，群落的垂直结构随之发生改变。

群落的分层使单位面积上可容纳的生物数量增多，这些生物可以充分利用环境条件，大大减弱它们之间的竞争，从而保持群落的相对稳定。

## 群落的水平结构呈斑块镶嵌现象

在以针茅为优势种的某草原群落中，针茅并不构成连续的植被，各个针茅草丛之间的空隙中，生活着各种各样的小型植物，其中某些植物也出现在针茅草丛的内部。

由于地形、土壤湿度、营养物质和光照强度等因素的差异，不同地段往往分布着不同的种群，同一地段上种群密度也有差异，它们呈现出斑块镶嵌分布（图 2-17）。像这样，由于环境的差异及物种间的相互作用，使得群落内的物种在水平方向上表现为在不



图 2-17 群落的水平结构



同空间形成不同物种组合的状况，称为水平结构。植物群落在水平空间上的结构差异，也造成动物种群水平分布的不均匀。

群落的水平结构会表现出随时间的变化而变化的特征。四季的更替、年际间的变化都会导致与植物群落相关的温度、光照、水等环境因素产生变化，植物的种类组成或数量会随之产生变化。生存在植物群落中的动物也会由于食物资源和栖居条件等的变化而迁入或迁出，环境中的微生物也会由于温度、湿度等条件和营养因素的改变而发生种类和数量的变化。

群落具有垂直结构和水平结构等特征，并可随时间而改变。根据群落垂直结构和水平结构的特点，在农业生产上，按照一定的行、株距和占地的宽窄比例合理配置作物群体，使作物高矮成层、相间成行，有利于改善作物的通风、透光条件，提高光能利用效率。例如，在葡萄地里种草莓等，可以提高农田的生产力。

## 群落中的生物具有与环境相适应的特点

由于地理位置、气候、地形、土壤等因素的影响，地球上的生物群落类型是多种多样的，仅热带地区，就有热带雨林、热带季雨林、热带旱生林、热带稀树草原、热带荒漠等群落。

热带旱生生物群落中的植物是一些小而多刺的乔木或灌木，而且在旱季无叶，以适应热带的干燥或半干燥环境。该群落中典型的植物有瓶子树、猴面包树（图 2-18）、金合欢，以及大戟科和仙人掌科的一些肉质植物（图 2-19）。位于亚热带和温带的荒漠、半荒漠，年平均降雨量低于 250 mm，季节性明显。存在于荒漠、半荒漠地区的群落中生长着特别耐旱的超旱生植物，它们具有与旱生环境相适应的形态结构特点，叶片缩小或退化，从而减少水分的蒸发。



图 2-18 猴面包树



图 2-19 巨柱仙人掌

除上述形态结构特点外，植物对高温的适应还表现为降低细胞含水量、增加糖类或无机盐的浓度，以利于自身代谢率的减慢。某些动物对高温适应的重要途径是适当放松恒温性，使体温有较大幅度的波动。这些动物在高温炎热的时候，将热量储存于体内，使体温升高；在夜间环境温度降低时或躲到阴凉处后，再通过自然的对流、传导和辐射等方式将体内的热量释放出去。动物将热量储存在体内，减少了散发热量需要蒸发的水量，这对在干热缺水环境中生存无疑是一种很好的适应。

热带稀树草原分布于热带干旱地区，以喜高温、旱生的多年生草本植物占优势，并稀疏散布有耐旱的小乔木。散生在草原中的乔木矮生且多分枝，具大而扁平的伞形树冠，叶片坚硬，具典型旱生结构。草本层以高约 1 m 的禾本科植物占优势，亦具典型旱生结构。藤本植物非常稀少，附生植物不存在。



以上事实表明，不同群落中的生物具有与该群落环境相适应的形态结构、生理特征和分布特点。

### 检测评价

1. 在欧亚大陆北方针叶林区，栖息着多种动物。在地被层和草本层中，栖息着两栖类、爬行类、鸟类和兽类；在森林的灌木层和幼树层中，栖息着树莺、苇莺和花鼠等；在森林的中层栖息着山雀、啄木鸟、松鼠和貂等；而在林冠层则栖息着柳莺等。请回答下列问题：

(1) 在欧亚大陆北方针叶林区的多种动物，有的生活在地被层和草本层中，有的生活在灌木层和幼树层中，有的生活在林冠层中，这种现象称为( )。

A. 种群密度 B. 适应 C. 群落的垂直结构 D. 群落的水平结构

(2) 欧亚大陆北方针叶林区森林植物的分层与\_\_\_\_\_有关，而植物的垂直结构又为动物创造了多样的\_\_\_\_\_，导致群落中的动物也具有分层现象。

(3) 欧亚大陆北方针叶林区生物群落的空间结构有何意义？

2. 我国西南横断山区地形复杂，气候垂直变化显著，植物种类繁多，从热带植物、亚热带植物一直到高山寒温带的植物都可以见到。研究人员对横断山区及周边地区丰富的生物资源进行了调研。下表是研究人员对某一海拔区域内鸟类分层情况的研究结果。

植物群落分层情况	鸟种	活动情况
上层	一种雀鸟	以高大乔木的种子为食
中层	煤山雀、黄腰柳莺、橙红鹤等	营巢
草本层	血雉、白尾梢虹雉等	以种子、幼嫩植物体、苔藓或昆虫为食

请回答下列问题：

(1) 表中呈现的某一海拔区域内所有的鸟类及其他生物称为\_\_\_\_\_，其多样性包括物种\_\_\_\_\_和物种\_\_\_\_\_。

(2) 关于森林群落结构，以下叙述不正确的是( )。

A. 在垂直方向，鸟类具有明显的分层现象  
B. 森林中的动物群落没有水平结构  
C. 鸟类在群落中的垂直分布主要依赖于植物  
D. 在水平方向上，生物种类分布有差异

(3) 根据表中资料，简述我国西南横断山区生物群落的结构特点。

(4) 根据资料，简述影响鸟类物种多样性的因素。





## 开阔眼界

### 桉树-菠萝的立体种植

海南省某林场模拟天然植物群落垂直分层的结构特点，在桉树幼林里栽培菠萝。

桉树是一种深根性树种，而菠萝的绝大部分根系分布在地面以下10~20 cm的范围内。两种植物根系深浅搭配，合理地利用了不同层次土壤内的水分和养分。同时，由于菠萝地上部分的覆盖作用，一方面有效地截留了一部分降水，降低了水土流失，另一方面又减少了地表蒸发。幼桉树高度在2 m左右，而菠萝属于半阴性植物。两种植物高矮结合，充分利用了不同层次的光能。

桉树-菠萝的立体种植，不仅可以充分利用光照、温度、水分、土壤，提高单位面积桉树和菠萝的产量，同时还具有保土蓄水、调节气候等重要的生态功能。

## 三 生物在群落中的生态位

在同一个池塘生物群落中，大量的浮游动植物生活在水表层；鲢鱼生活在水的上层，主要以浮游植物为食；而鳙鱼常栖息在水的中层，主要以浮游动物和一些浮游植物为食；草鱼则栖息在水体的中下层和近岸边的多水草区域，有时会跃出水面摄取草类；青鱼通常栖息在水的下层，食物以螺蛳、蚌、蚬、蛤等为主，也捕食虾和昆虫幼虫。为什么群落中各生物种群会在取食、分布等方面分别占据一定的资源呢？



### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注星杆藻与针杆藻都能存活的原因。

星杆藻和针杆藻都是硅藻，硅藻需要有硅酸盐作为其细胞壁的原料。将两种藻分别单独培养时，这两种硅藻的种群数量都能增长到环境容纳量，而硅酸盐则保持在较低浓度水平上（在实验中，要不断地定期向培养液中加硅酸盐）。当把两种硅藻混合培养时，初期两种硅藻均能生存和增殖，50天后，针杆藻存活，星杆藻灭亡。

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 分别单独培养时，两种硅藻种群数量都能增长到环境容纳量说明了什么？
2. 请分析混合培养后，针杆藻生存、星杆藻灭亡的原因。

## 生态位重叠导致物种间的竞争

分别单独培养两种硅藻时，由于空间的分隔，两种硅藻都能利用硅资源而使种群数量增长到环境容纳量。在混合培养条件下，两种硅藻享有共同的硅资源，这就就会导致竞争。由于针杆藻使硅浓度降到星杆藻所能生存和增殖的水平以下，针杆藻生存，星杆藻被排挤掉。

生物种群在群落中的功能关系和它们在时间和空间上占有的位置称为生态位。大自然中，凡存在者就有自己的“生态位”。如果资源很丰富，两种生物就可以共同利用同一种资源而彼此不给对方造成损害，只有当资源短缺时才会发生竞争。

在同一个地理区域，资源要求相似的物种之间，常常通过多种方式来减少生态位的重叠以避免竞争。例如，从植物群落的垂直结构上看，动物常常只局限在一定的空间觅食。这种空间分离减少了生态位的重叠，并减弱了物种间的竞争。

## 竞争可以导致生态位分化

在自然界中，两种生物生态位重叠越多，竞争越激烈。竞争可能使生态位出现分化。自然群落中的两个物种，通过种间竞争，使其中一个物种灭绝的现象是很少发生的，只有在外来因素（如人）介入或新物种进入的情况下才可能出现。更多的情况是，生态位有重叠的物种，通过自然选择和生物适应，生态位发生变化，从而减少或排除竞争，共同生存下来。例如，有 A 和 B 两个种群，A 种群主要以 a 为食，B 种群主要以 b 为食，它们又共同以 c 为食。自然选择对以 c 为食的个体有更大的压力，因而两个种群中以 c 为食的个体数会逐渐减少，最终使得两个种群的生态位发生变化，两个种群都生存了下来，这种现象称为生态位分化（图 2-20）。

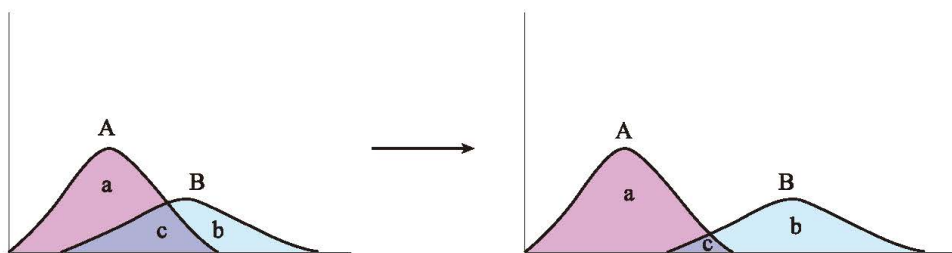


图 2-20 生态位分化示意图

动物在生态位上的分化一般有三种适应方式：划分分布区域和活动范围；错开活动的时间；改变食物的种类，形成不同的食性。动物从各种不同的角度分别获取资源，使各个种群能够在群落中共存。生态位的分化是自然选择和生物对环境长期适应的结果。

生态位理论可以用来指导农林业生产，推行混交套种。例如，我国东北地区利用某些药用植物是阴生植物的特点，进行林-药复合种植。四川省的沐川等地在泡桐林内分别栽培黑木耳、金针菇、草菇、平菇和冬菇。通过时间序列、空间配置、结构搭配，相继将林



木与农作物进行套种，以提高土地利用效率、保护生物多样性，实现生态效益和经济效益同步发展。

实践应用 分析

### 分析当地自然群落中几种动物的生态位

自然群落中有各种生物，每种生物都与其所处环境中的光照、温度、水分、食物，以及与其共同生活在这一环境中的各种其他生物之间形成特定的关系，并表现出对各种生物资源和非生物资源的某种需求水平。尝试观察你生活的地区中某种自然群落内几种动物的生活习性，记录其在一定时间内的活动范围、环境温度状况、水分条件水平、食物种类，以及被何种动物取食等。必要时可拍照或录像，然后按表 2-7 的要求做好记录。

表 2-7 生态位调查记录表

动物名称	生活环境	食物种类	被何种动物取食

针对所做调查，分析哪些动物的生态位相近，哪两种动物的生态位差别最大，有没有生态位完全相同的两种动物。

### 检测评价

1. 1934 年，生态学家高斯选用了两种形态和习性上很接近的草履虫进行了以下实验：取相等数量的双小核草履虫和大草履虫，用一种杆菌为饲料，放在容器中培养。结果显示，开始时两个种群的数量都有增长，随后双小核草履虫个体数继续增加，而大草履虫个体数下降，16 天后只有双小核草履虫存活。这两种草履虫都没有分泌杀死对方的物质。请回答下列问题：

- (1) 分析实验资料，下列有关叙述不正确的是 ( )。
- A. 混合培养后，能正常生长的是双小核草履虫，不能正常生长的是大草履虫
  - B. 由于双小核草履虫比大草履虫具有一定优越性，因此在食物数量有

限的情况下，它能胜过大草履虫而生存下来

C. 混合培养后，能正常生长的个体的发展趋势是先增加后稳定，在这个过程中，生物因素的关系将由竞争转变为种内斗争

D. 如果两种草履虫生活在同一自然环境里，也会发生与高斯实验相同的结果

(2) 运用生态位知识，分析解释同一容器中，为何大草履虫消亡、双小核草履虫存活。

2. 科研人员在研究某森林中部分鸟类的生态位时发现：绿啄木鸟和棕鸟都在地面取食，但前者吃蚂蚁，后者吃昆虫的幼虫。鹁在树干和大树枝上取食昆虫的幼虫，而鸺从一个停歇点起飞捕捉飞行中的昆虫。森莺和柳莺各有自己的取食领域，彼此互不侵犯。请回答下列问题：

(1) 下列有关生态位的叙述错误的是( )。

- A. 食性不同的鸟类占有不同的生态位
- B. 如果两种鸟类的生态位相同，可能发生激烈的竞争
- C. 以昆虫为食的不同种鸟类生态位都是相同的
- D. 在树上空间位置不同的鸟类占有不同的生态位

(2) 以上几种鸟在生态位上的分化主要有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_的适应方式。

(3) 查阅资料，举出若干个在生产实践中利用了生态位原理的实例。



## 第四节 群落的演替

内蒙古地区某片草原，原始植被为贝加尔针茅草，经开垦种植了几年玉米后因产量低而弃耕。弃耕后的2年内该地区以猪毛蒿、狗尾草等杂类草占优势；之后3~4年内，羊草、狼尾草等根茎类禾草进入，并逐渐占据优势；随着土壤变坚实，丛生禾草定居，并逐渐代替了根茎类禾草，恢复到贝加尔针茅群落。这一过程历时10~15年。在这一过程中，一定空间上的群落经历了哪些阶段？一个群落是怎样被另一个群落替代的呢？



### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注一个群落被另一个群落替代的过程。

1883年8月7日，印度尼西亚喀拉喀托火山爆发，炽热的岩浆滚滚而出，所到之处生物全部死亡，这个地区成了一片熔岩裸地。后来，在坚硬的岩石上最先生长的是地衣；几年后，地衣减少，苔藓植物生长起来；到了20世纪初，地面上稀稀疏疏长出了小草，并逐渐繁盛；又过了30年左右，灌木逐渐繁茂起来，形成了小树林，现在已恢复形成了森林群落。

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 从裸露的岩石演化到森林，大致经历了哪些阶段？
2. 在弃耕的农田上会发生怎样的演替？
3. 群落的变化是否最终能达到相对稳定的状态？

印度尼西亚喀拉喀托火山爆发后，原有的群落消失了。随着时间的推移，一些生物种群又占据原有的空间。再过一段时间，又会有另一些生物的种群兴起。最后，群落会达到一个相对稳定的阶段。像这样随时间的推移，在同一地段上，一个群落被另一个群落替代的过程就叫作群落的演替。

印度尼西亚喀拉喀托火山爆发后，在裸露的岩石上出现了新的群落。发生在裸岩上的群落演替大致要经历以下阶段（图2-21）。

**裸岩阶段** 没有植物及植物繁殖体，或者是原来存在过植被但被彻底消灭的时期。

**地衣阶段** 地衣在坚硬的岩石表面生长，并可微微潜入岩石的内部。借助于其分泌的有机酸可加速岩石风化形成土壤的过程。

**苔藓阶段** 当地衣将环境改造到一定程度后，苔藓便生长起来。苔藓的生长进一步使岩石分解、土层加厚、有机物增多，土壤中微生物的群落也越来越丰富。



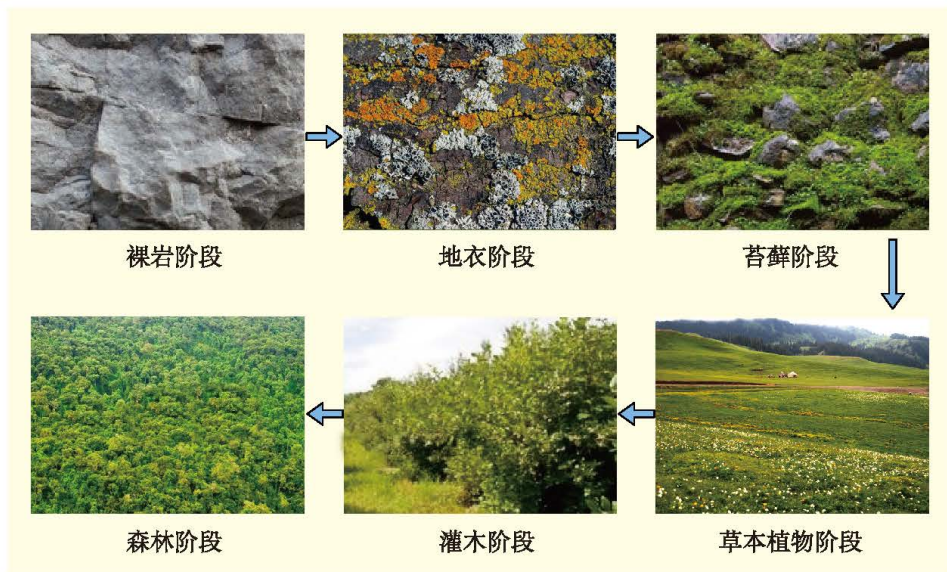


图 2-21 初生演替各阶段

**草本植物阶段** 当土壤厚度增加到一定程度时，草本植物能够生长并进一步改善环境，使多年生植物得以生长。昆虫等小动物进入这个地区。土壤有机质越来越丰富，通气性越来越好。

**灌木阶段** 到草本植物阶段后期，会出现喜阳灌木与草本植物混生的现象。灌木的生长起到了遮阴、避风等作用，同时为动物提供更为丰富的食物，于是成为许多鸟类的栖息地。

**森林阶段** 在灌木阶段形成的湿润土壤上，各种乔木的种子萌发并成为茂盛的树林。树林的形成进一步改善了各种植物的生存环境，物种进一步多样化，群落演替到森林阶段。

我们将这种在没有植物及植物繁殖体的地段上发生的演替称为初生演替。一般来说，初生演替是一个漫长的过程。

一块弃耕的裸露农田，如果任其自由发展，农田里很快就会长满一年生的各种杂草，之后出现多年生的杂草；几年之后，各种灌木繁茂地生长起来；再过一些年，乔木就可能取代灌木成为这里的主要植物；最后这块农田演变成了一片森林，并逐渐成为一个非常稳定的植物群落（图 2-22）。由于环境条件的限制，某些地段上也可能演变成为稳定的草本植物群落。这种发生在有植物繁殖体的裸地上的演替称为次生演替。



图 2-22 弃耕农田演替



一个群落替代另一个群落的演替过程，包括初生演替和次生演替两种类型。演替虽然是一个漫长的过程，但它并不是无休无止、永恒延续的。一般来说，当一个群落经过一系列的演替过程，最终达到平衡状态时，演替就不再进行了。在此群落中，生物的种类、数量以及与环境的关系等都达到相对稳定。只要不发生气候的剧烈变化，没有人类过度的干扰和其他生物的显著影响，生物群落就能长期地保持相对稳定。

人类的活動可以使群落演替按照不同于自然演替的速度和方向进行。“塞罕坝”字面含义为“美丽的高岭”，位于河北省最北部的围场县。历史上，这里树木参天，辽金时期被称为“千里松林”。后来由于国力衰退，外来者掠夺性地采伐，山火连年不断，农牧活动日益增多，这里的树木被采伐殆尽，大片的森林荡然无存。中华人民共和国成立后，国家林业部门决定改善塞罕坝的恶劣环境。建设者经过 50 多年的艰苦奋斗，创造了一个荒原变为林海、沙漠成为绿洲的绿色奇迹（图 2-23）。塞罕坝人在茫茫的塞北荒原上成功营造起了全球面积最大的人工森林生态系统，创造了巨大的社会效益和非凡的生态效益。



图 2-23 塞罕坝的人工林

实践应用 **观察** (选做)

### 观察鱼缸中群落的变化

● **目的要求**

1. 阐明群落演替的概念。
2. 使用显微镜观察水中的浮游生物。

● **材料用具**

池塘水，稻草（或麦秸）浸出液；鱼缸，滴管，载玻片，盖玻片，显微镜。

### ● 方法步骤

1. 按体积比 3 : 1 的比例向鱼缸中加入稻草（或麦秸）浸出液和池塘水至鱼缸容积的 2/3。
2. 将鱼缸置于一个不受干扰，并且没有阳光直射的地方两天。
3. 用滴管从鱼缸中水体的表层采样。
4. 将采集的水样制成装片，用显微镜观察。画出你观察到的某几种生物，并数出样本中每一种生物的数目。
5. 用取自靠近缸壁中层水体的样本，重复步骤 4。
6. 用取自缸底水体的样本，重复步骤 4。
7. 一周后，重复步骤 3~6。

### ● 思考讨论

1. 描述一段时间后鱼缸中生物种类和数量的变化。这是生物群落演替吗？如果你认为是，那么是初生演替，还是次生演替？请说明理由。
2. 在本次实验中，什么因素可能影响这个群落的变化？

### 检测评价

1. 为了了解环境特征与植物群落组成和结构的关系，某研究小组的同学调查了野外山坡上三个不同地点 A、B、C 的植物群落，结果如下表所示。

生物种类	不同地点物种数 / 个		
	地点 A	地点 B	地点 C
草	3	5	9
蕨类	7	5	8
灌木	15	4	2
针叶树	0	2	0
落叶树	20	5	0

请回答下列问题：

- (1) 根据调查结果判断物种丰富度最大的是哪一处，并说明判断依据。
- (2) 如果遭遇山火，山坡的植被彻底烧光，则原地点将发生的群落演替类型属于什么演替？
- (3) 下列有关群落演替的说法不正确的是 ( )。
  - A. 群落在演替过程中，其物种构成不断地变化
  - B. 初生演替一般比次生演替进行得慢
  - C. 群落演替是指随着时间的推移，一个群落被另一个群落代替的过程
  - D. 如果时间允许，弃耕农田总能形成树林



2. 某地的常绿阔叶林因过度砍伐而遭到严重破坏。经过几十年时间, 常绿阔叶林逐步得以恢复。研究人员对该保护区恢复过程每一次更替的群落类型及其植物的组成进行了调查, 具体结果如下表所示。

演替阶段	群落类型	植物种类数 / 个		
		草本植物	灌木	乔木
1	草丛	34	0	0
2	针叶林	52	12	1
3	针、阔叶混交林	67	24	17
4	常绿阔叶林	106	31	16

请回答下列问题:

(1) 该常绿阔叶林恢复过程中的群落演替属于初生演替, 还是次生演替? 具有什么特点?

(2) 群落的初生演替和次生演替的主要区别是 ( )。

- A. 影响因素不同
- B. 初始条件不同
- C. 产生的植物种群不同
- D. 产生的生物数量不同

(3) 群落演替的总趋势是 ( )。

- A. 物种多样性的增加和群落稳定性的提高
- B. 物种多样性的减少和群落稳定性的降低
- C. 物种多样性的增加和群落稳定性的降低
- D. 物种多样性的减少和群落稳定性的提高

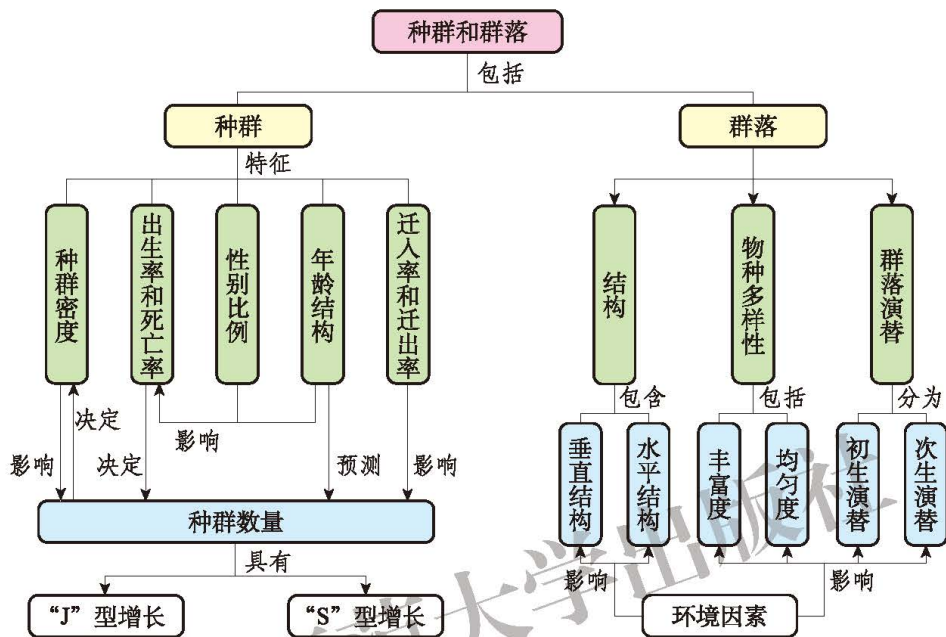
(4) 在上述常绿阔叶林恢复的演替过程中, 物种多样性最丰富的阶段是 ( )。

- A. 第 1 阶段
- B. 第 2 阶段
- C. 第 3 阶段
- D. 第 4 阶段

(5) 在这一演替过程中, 各种不同植物变化的特点是什么?

## 本章小结

## ● 基础知识梳理



种群是同一时期内占有—定空间的同种生物个体的集合，而同一时期在—定空间内共存—定的多种生物则构成了群落。种群密度是种群的基本特征，种群特征还包括出生率和死亡率、迁入率和迁出率、年龄结构、性别比例等，这些特征都会影响种群数量。种群数量的变动、群落中物种的多样性、群落的垂直结构和水平结构、群落演替的过程等，都受到环境因素的影响。不同种群的生物在长期适应环境和彼此相互适应的过程中形成动态的生物群落，不同群落类型中的生物具有与环境相适应的形态结构、生理特征、分布特点。因此群落中的生物与环境一般是相适应的。保护生态环境是保护生物和维持环境稳态的基础。

## ● 学科素养提示

基于生物种群的特征及其影响因素，通过探究酵母菌种群数量的动态变化、模拟标记重捕法估算动物种群数量、测定土壤中动物类群丰富度、分析当地自然群落中几种动物的生态位、观察鱼缸中群落的变化等科学探究活动，树立进化与适应观、稳态与平衡观等生命观念。用数学模型等方式表征和分析种群数量变化规律，预测种群变化趋势。举例说明不同类型群落的结构、特征及演替规律，并利用这些规律或理论为当地生产实践和环境保护面临的问题提出自己建设性的意见。





## 第 3 章

# 生态系统

“泉眼无声惜细流，树阴照水爱晴柔。小荷才露尖尖角，早有蜻蜓立上头。”小池泉水、池边绿树、明媚阳光、轻柔微风、新发荷叶以及驻足蜻蜓，勾勒出了一幅精致的生态系统画面。生态系统的各个组分之间相互影响、相互依存，通过执行一定的功能，使整个系统处于相对稳定的动态平衡状态。生态系统的结构是怎样的？它的功能又是如何实现的呢？



### 学习目标

1. 在理解生物群落与非生物的环境因素相互作用形成多样化的生态系统，完成物质循环、能量流动和信息传递的基础上，形成物质与能量观等生命观念，阐述生态系统中物质循环、能量流动和信息传递的过程和特征，分析人类活动对自然生态系统动态平衡的影响。

2. 基于生态系统具备有限自我调节能力的事实，能运用系统演绎、逻辑推理、动态分析等科学思维方法，预测和论证某一因素对生态系统的干扰可能引发的多种潜在变化。

3. 针对生态系统功能上的特点或规律，能在实地调查、制作生态瓶等活动中合理设计，记录和分析数据，得出结论，阐述特定生态系统中的生物与非生物因素及两者对生态系统稳定性的影响。

4. 主动关注和科学规划生态系统的资源利用，能运用稳态与平衡观来提出合理的利用建议。

## 第一节 生态系统的结构

地球上有许多大大小小的生态系统，大至人类和各种生物赖以生存的生物圈，小至森林、草原、湖泊和池塘。不同类型生态系统的组成和结构是怎样的？各有什么特点呢？

### 一 生态系统的成分

冬去春回，小草透出了绿意，柳枝冒出了新芽，树林里传出了鸟儿的婉转啼鸣，蜜蜂吮吸着花蜜，飞舞在群花之中……池塘、树林、草地等一个个生态系统都散发着浓郁的春的气息。地球上的生态系统不仅形态有区别，生物组成也各有其特点。那么在一个生态系统中，存在哪些成分呢？



#### 寻找证据 阅读

阅读图 3-1，比较草地生态系统和池塘生态系统，重点关注两个生态系统的成分。

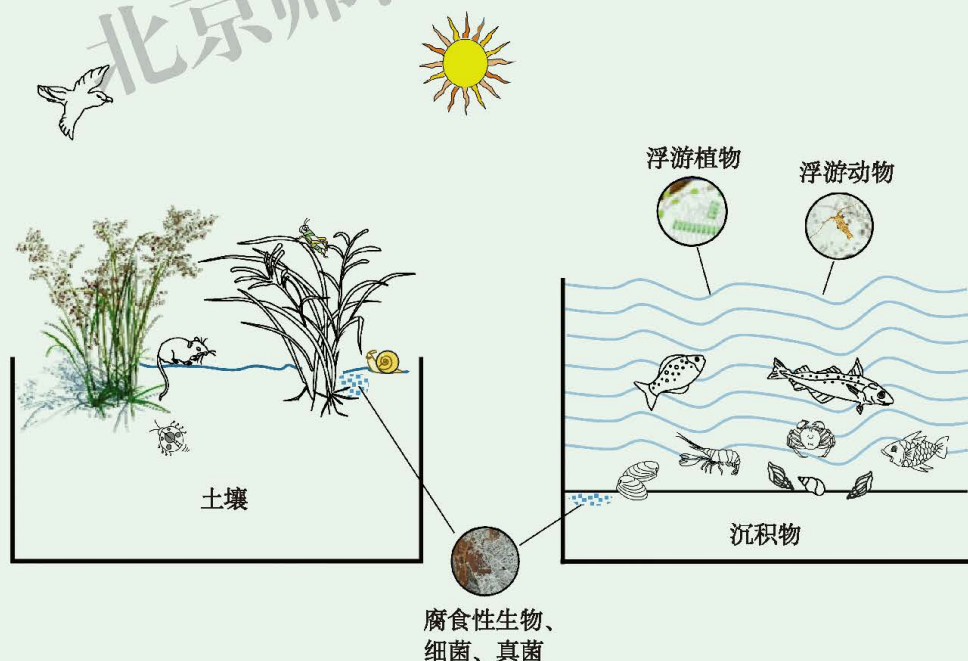


图 3-1 草地生态系统（左）和池塘生态系统（右）示意图

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 两个生态系统示意图中，分别显示了哪些生物成分和非生物成分？



2. 除了图中显示出来的非生物成分, 还有哪些非生物成分可能也对整个生态系统产生着影响?

3. 各种生物成分和非生物成分在整个生态系统中分别发挥着什么样的作用?

## 生态系统的成分包括非生物成分和生物成分

草地生态系统和池塘生态系统中, 阳光、无机物、有机物、温度、水等称为非生物成分, 它们是生物生存的重要条件。

草地生态系统和池塘生态系统中各自生活着不同的植物、动物和微生物: 蜗牛爬行在植物丛中, 蝗虫停留在杂草上, 鱼在水中游动, 一些贝类匍匐在水底……枯枝落叶上和池塘中都生活着细菌和真菌。各种植物、动物和微生物组成了生态系统中的生物成分。

每种生物都在生态系统的运转中扮演着各自的角色, 这个角色是由它如何获得能量和物质, 以及如何与生态系统中的其他生物相互作用所决定的。在一个生态系统中, 生物扮演的角色有三种: 生产者、消费者和分解者。

生产者是指能利用简单的无机物制造有机物的生物, 如森林中乔木层、灌木层和草本层的各种绿色植物都是生产者(图3-2)。能量首先是以太阳光能的形式进入大多数生态系统的, 绿色植物能够把太阳光能转化为化学能, 储存在有机物中, 不仅可以满足自身的生长、发育和繁殖的需求, 还为消费者和分解者提供了物质和能量。一些化能自养生物(如光合细菌、硝化细菌等)和光能自养生物(如蓝藻等)也是生产者。



图3-2 生态系统中的生产者

消费者是指直接或间接以生产者所制造的有机物为食的动物, 根据其所吃的食物可以分为以植物为食的食草动物和以动物为食的食肉动物。例如, 池塘中以浮游植物为食的浮游动物是食草动物, 以浮游动物为食的鱼类是食肉动物。其中, 食草动物为一级消费者, 也叫初级消费者; 以食草动物为食的动物为二级消费者, 也叫次级消费者。依次还有三级消费者、四级消费者等(图3-3)。





图 3-3 生态系统中的消费者

分解者是指以生物的有机物残遗和死亡后的尸体为能量和物质来源的细菌、真菌以及其他异养生物（图 3-4）。分解者的作用是把大分子有机物分解成简单的无机物同时释放出能量，生成的无机物可以被其他植物利用。分解者在维持生态系统的能量流动和物质循环方面的作用是任何其他生物都不能替代的。

生态系统由生产者、消费者和分解者等生物因素以及阳光、空气、水等非生物因素组成，特定生态系统的生物与非生物因素决定其营养结构。



图 3-4 生态系统中的分解者

## 各种成分通过相互作用构成了生态系统

在某个时期，存在于自然界特定空间内的生物与其所处的环境之间相互作用、相互影响，形成具有一定结构并执行一定功能的整体，称为生态系统。

在生态系统中，食草动物以生产者为食，食肉动物以食草动物为食，分解者以生产者和消费者的残遗物和尸体为物质和能量来源，而它们释放到环境中的无机物又能被生产者再次利用。各生物成分之间相互依存，并都通过获取能量和物质维持生命（图 3-5）。生态系统中的各种成分通过相互作用，形成了一个生物与生物间、生物与环境间相互协调，能维持相对稳定的功能系统。生物因素和非生物因素紧密联系，使生态系统成为具有一定结构和功能的统一体。

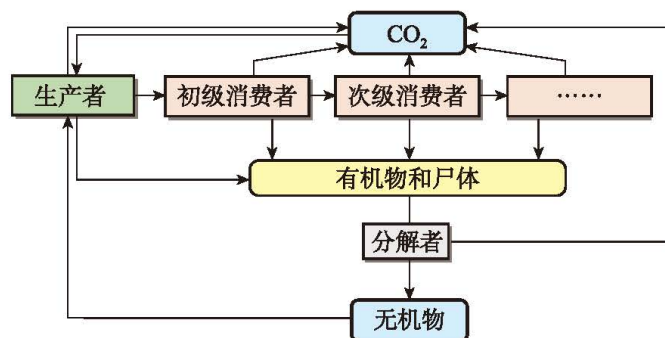


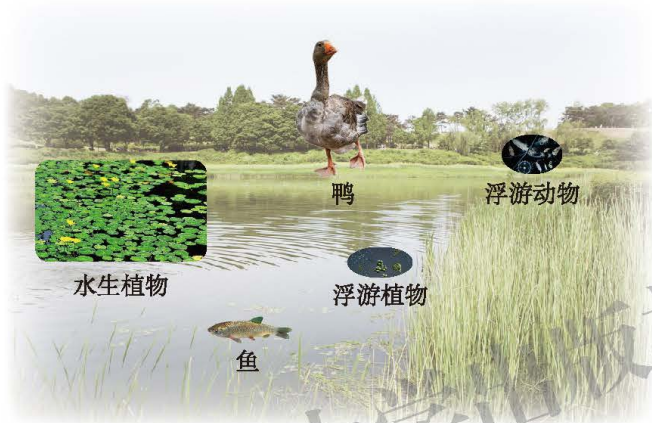
图 3-5 生态系统结构的一般性模型



在生态系统中，环境条件发生改变会引起生产者、消费者或分解者数量的增加或减少，三者通过相互调节，维持生态系统相对稳定的平衡状态。因此，了解生态系统，能为人类正确认识人与环境之间的关系，科学地管理、开发利用生态资源提供启示。

### 检测评价

1. 池塘生态系统有其独有的外貌和生物组成，对池塘生态系统有重要影响的成分是水生动物、植物和微生物等。下图显示了一个池塘生态系统。



请回答下列问题：

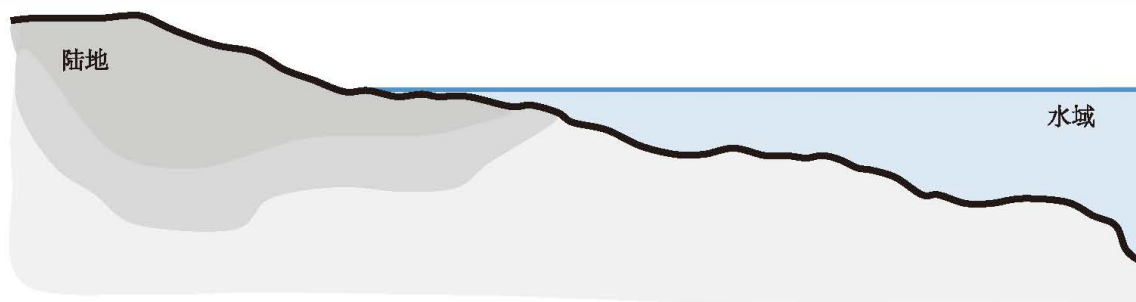
- (1) 列举出图中呈现出的池塘生态系统的各种成分。
- (2) 一个盛有池塘水的罐子可被称为一个生态系统，其原因是 ( )。
  - A. 罐子中生活着水藻
  - B. 罐子中有水和空气
  - C. 罐子中的多种微生物以水藻为食
  - D. 罐子中生活着多种生物，且依赖于一些非生物成分得以生存
- (3) 请就如何维持池塘生态系统的稳定性提出建议。

2. 我国许多湿地是珍稀鸟类的栖息地，对于野生生物种群的存续、筛选和改良等具有重要意义。上海辰山植物园内有一个湿地植物专类园区，种植有多种湿生、水生、耐阴湿植物，形成了物种丰富的湿地生态系统。现在请你参与该湿地园区的建设，一起来为这一“人造的自然”出谋划策。

- (1) 下列植物中，不适合种植在湿地植物园区的有 ( )。
 

A. 睡莲	B. 黑藻	C. 雪松	D. 芦荟
-------	-------	-------	-------

(2) 现有若干沉水植物、浮叶根生植物、挺水植物需种植在园区的一个新开发区域。根据规划，需展示水生植被的生态演替，即陆生—湿地—水生的过程。若分别用□、○、△符号表示沉水植物、浮叶根生植物和挺水植物，请将其标记在图中，展示出你的设计方案。



(3) 湿地植物专类园区兼顾水质净化等生态功能，查阅资料，举出几种有水体净化功能并适宜种植在湿地的植物。



## 开阔眼界

### 太空农场

人类什么时候可以在月球，甚至火星上长期生存呢？科学家正为此做着准备……20世纪90年代，人们已经开始尝试在太空种植农作物，希望实现在太空中自给自足。2015年年底，美国宇航员已能吃到太空农场生产的太空莴苣。

在过去的20多年间，我国成功利用航天技术培育出了多个农业新品种。2014年5月，“月宫一号”试验成功，完成在太空种植蔬菜的初步试验。

“月宫一号”是我国建立的第一个、世界上第三个生物再生生命保障系统，植物舱采用了特殊的LED灯提供光源，而且可根据不同植物的生长需要独立控制环境条件。I期试验栽培了5种粮食作物、15种蔬菜作物和1种水果。各种植物生长良好，也满足了试验人员的食物需求。



小麦



大豆



油莎豆



玉米



豇豆



苋菜



马齿苋



四季豆



奶油生菜



紫油菜



油麦菜



黄瓜

“月宫一号” I 期试验种植的部分植物



## 二 食物链和食物网

在草原上，羊吃草，狼吃羊，这一现象显示了生态系统中生物成分之间最重要的联系，即营养关系。这种营养关系的多样化与生态系统的复杂程度存在什么联系？这种关系在生态系统中是固定不变的吗？

### 生产者和消费者通过食物关系形成食物链



寻找证据 建模

#### 构建草原生态系统营养关系模型

非洲稀树草原上生活着各种生物（图 3-6），在这样一个自然生态系统中，各种生物间存在着一定的取食关系。尝试通过查阅相关资料，获取图中各种生物的营养来源信息，通过连线的方式构建该生态系统中生物间的营养关系模型。



图 3-6 非洲稀树草原上的各种生物

根据建模获得的信息，思考下列问题：

1. 上述各种生物中，彼此之间存在什么样的联系？
2. 上述生物分别属于生态系统中的哪些生物成分？其中消费者有哪些？
3. 上述哪些生物在取食关系中是起点？

在草原生态系统中的各种生物之间都存在着直接或间接的联系，羚羊、斑马、角马、长颈鹿和大象都以草和树叶为食，是初级消费者，同时它们也是狮子的捕食对象。生产者产生的有机物通过一系列的取食和被取食关系在生态系统中传递，生物之间存在的这种营养关系，称为食物链。在草原生态系统中，角马吃草，狮子吃角马（图 3-7），这是一条捕食食物链，以绿色植物为起点。



图 3-7 捕食食物链

### 食物链相互交叉形成食物网

实际上，自然界中生物之间所存在的取食和被取食关系远不像食物链所表达的那么简单。食虫鸟不仅捕食螳螂，还会捕食蝗虫、蛾类和其他动物，且食虫鸟本身也是多种动物的捕食对象。可见在生态系统中的生物成分之间，通过能量传递存在着错综复杂的联系，这种联系像一张无形的网把相关生物都包括在内。这种由许多条食物链彼此相互交错连接而成的复杂营养关系就称为食物网。

食物网中的所有生物都处于不同的环节上，构成了不同的营养级。在一个水生生态系统的食物网中（图 3-8），有一条食物链为水生植物→螺→鲢鱼→鸬鹚。水生植物作为生

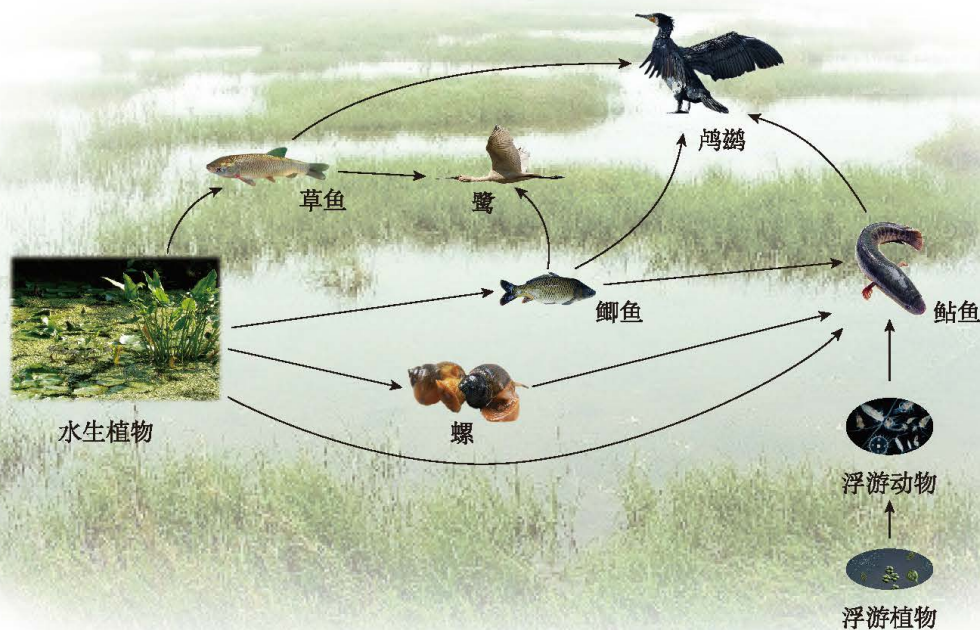


图 3-8 水生生态系统的食物网



生产者处于第一个环节上，就是第一营养级；螺以水生植物为食，属于第二营养级；鲑鱼捕食螺，属于第三营养级；鸬鹚则属于第四营养级。但各种动物在食物网中所处的营养级并不是绝对的，当鲑鱼直接取食水生植物时，它就属于第二营养级。

地球上的生态系统是多种多样的，苔原生态系统是地球上食物网结构比较简单的生态系统，该系统中没有乔木，植物以苔藓、地衣和小灌木为主，动物类群也比较简单。而在热带雨林生态系统中，物种组成极为丰富多样，从而形成了复杂的食物网。生态系统中生产者和消费者通过食物链和食物网联系在一起形成复杂的营养结构。

### 某些有害物质会通过食物链富集

当环境受到有害物质污染时，某些有害物质会通过食物链的各营养级，在生物体内逐步富集，这一过程称为生物富集。以多氯联苯（PCB）为例，PCB 是一类不溶于水但很容易在生物的脂肪及其他有机物中沉积的有毒有害物质。人们在对北大西洋和波罗的海某些海域 PCB 污染的研究中发现，浮游植物、浮游动物及无脊椎动物体内的 PCB 浓度可达海洋中 PCB 浓度的数十万甚至百万倍。随着食物链的进一步延伸，海洋中的鱼类、鸟类和哺乳动物体内 PCB 的浓度逐级递增至更高水平（图 3-9）。除此之外，造成环境污染的重金属及其他很多种有害物质都会通过食物链在生物体内富集。



图 3-9 PCB 通过食物链在生物体内不断富集

在贝类养殖环境的检测管理中，要科学划分和管理养殖区域，避免将养殖区域设置在重工业区及重金属废弃物的直接排放区域，要加强连续性的水质监控，同时加强对海洋生物的质量检测和评价。又如，研究发现阳桃在镉质量分数超过 12 mg/kg 的污染土壤中生长 5 个月后，枝和叶富集的镉质量分数超过 100 mg/kg，最高可达 487 mg/kg。培养在镉质量浓度为 25 mg/L 营养液中的水葱，地上部分含镉 264.71 mg/kg，地下部分含镉 234.39 mg/kg。据

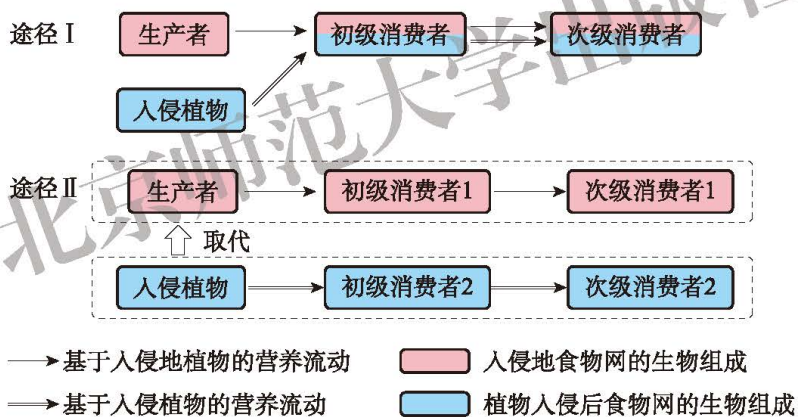
此，科学家在治理重金属污染土壤时，选择富集能力强、生长迅速的植物，利用其根系吸收环境中重金属污染物，达到治理、清除污染，修复环境的目的。

### 检测评价

1. 李时珍在《本草纲目》中详细地描述了生物之间的关系：“鸱步则蛇出，鸱鸣则蛇结。鹤、鹤、鹰、鹞、鹫，皆鸟之食蛇者也；虎、猴、鹿、麝、牛，皆兽之食蛇者也。蛇所食之虫，则蛙、鼠、燕、雀、蝙蝠、鸟雏；所食之草，则芹、茄、石楠、茱萸、蛇粟。”请回答下列问题：

- (1) 李时珍的上述描述涉及生态系统中的哪些生物成分？
- (2) 根据李时珍的描述，绘制一个至少含有5条食物链的食物网。

2. 外来植物入侵在经济、环境、社会等方面给被入侵地区带来了巨大的危害。互花米草入侵长江口，导致长江口的芦苇数量大量减少，以芦苇为食的蜡蚧、飞虱等节肢动物种群也减小或消失。研究表明，互花米草可通过下图所示的两种途径影响长江口生态系统。



请回答下列问题：

- (1) 互花米草通过途径 \_\_\_\_\_ 入侵了长江口生态系统。
- (2) 蜡蚧、飞虱等节肢动物在当地食物网中，属于 \_\_\_\_\_ 消费者。
- (3) 根据题干信息分析，外来植物入侵后，对当地生态系统会造成什么样的影响。



## 第二节 生态系统的能量流动

生态系统中能量的传递和散失维持着各种生物的生长、发育、繁殖，这些能量是如何提供给生物体的呢？整个生态系统中的能量又是如何传递和流动的呢？

### 生态系统中各类生物的营养关系决定了能量流动的途径

水稻通过光合作用制造了淀粉，并将能量储存于淀粉中。当你吃米饭时，摄入并消化了淀粉，产生的葡萄糖被吸收后，经氧化分解释放了能量，供给生命活动的需要。那么，能量在生态系统中的流动过程如何呢？



#### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注能量在食物链中的流动。

“九月圆脐十月尖，持螯饮酒菊花天”，是说农历的九、十月是食蟹的最佳季节。螃蟹是杂食动物，在自然条件下以取食水草、腐殖质为主，也喜食螺、蚌、蠕虫、昆虫，偶尔也捕食小鱼、虾（图 3-10）。



图 3-10 螃蟹的食物关系

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 在同等自然条件下，螃蟹甲和螃蟹乙获取能量的途径有什么不同？
2. 水草属于第几营养级？其能量来源于哪里？
3. 用箭头和文字在图中标出各营养级能量的去向。

图 3-10 中，水草通过光合作用固定了太阳能，其中一部分能量被水草自身的呼吸作用消耗，剩下的储存在体内的能量用于水草的生长、发育和繁殖。一部分水草被螃蟹甲和螺取食，经过能量的转化，从第一营养级进入第二营养级，而没有被利用的那部分，最终将以枯枝落叶等形式进入生态系统，并被分解者分解，一部分能量被分解者利用，未被分解者利用的能量以热能的形式散发到环境中。

在整个生态系统中，能量就是这样沿着食物链和食物网进行着传递。在每一个营养级

上都发生着极其相似的能量输入、转化和输出的过程（图 3-11）。在生态系统中，能量的输入、传递和输出的整个过程称为生态系统的能量流动。

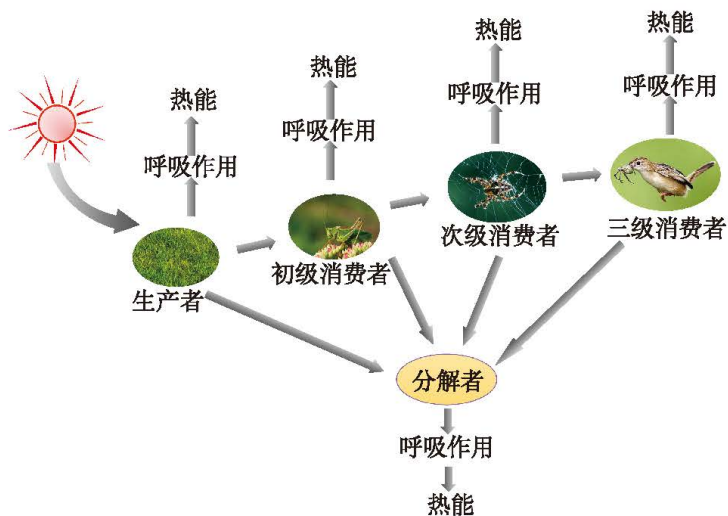


图 3-11 生态系统中能量流动的一般性模型

生态系统中的大部分植物并没有被消费者利用。有些植物由于未被动物取食而未被利用，而被取食的植物，因不能完全被动物消化吸收，所以也并不是全部被动物同化和利用。

生态系统中的生物种类繁多，食物网复杂，但是各级消费者和分解者所需能量的根本来源是生产者固定的太阳能。因此，只有加强对绿色植物的管理和合理利用，才能让生态系统更好地服务于我们的生产和生活。例如，人类在利用草地放牧牛羊时，不能过度放牧影响牧草的正常生长。草场的质量降低，也就预示着未来牛、羊等畜产品的产量会降低。

#### 思考

食物链中的“→”  
代表什么？

## 能量在生物群落中单向流动并逐级递减

生态系统中不同形式的能量以有机物的形式储存和转化。绿色植物将光能转化为化学能储存在体内，食草动物在摄食绿色植物后，会将绿色植物体内的化学能转化为自身有机物中的化学能，并沿食物链继续传递。在这些过程中，能量既不能凭空产生，也不会消失，当能量以食物的形式在不同营养级的生物间传递时（图 3-12），只能按一定的比例由一种形式转变为另一种形式。这个比例是如何计算得到的？能量流动又有哪些特征呢？



图 3-12 能量沿食物链流动





寻找证据 阅读

阅读下面资料，关注能量在流动中的数值变化。

1957年，美国生态学家奥德姆（Howard Odum, 1924—2002）对美国佛罗里达州的银泉水域生态系统进行了能量流动分析，得到以下数据（图3-13）。

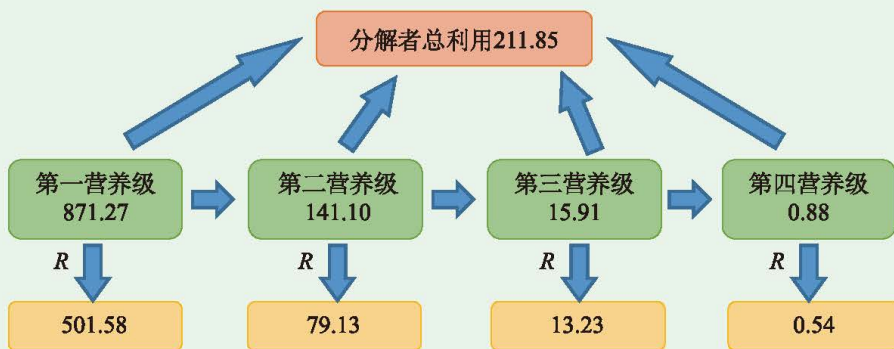


图3-13 美国银泉水域生态系统的能量流动分析

图中的数值表示能量值，单位为  $10^2 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ；  
各营养级下方的数值表示每一个营养级的生物所同化的总能量值；R表示呼吸消耗

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 生态系统能量流动的过程中，能量随着营养级的升高出现什么样的变化？
2. 输入某个营养级的能量值，占上一个营养级同化的总能量的比值分别是多少？
3. 生态系统中的能量流动有什么特点？

当能量沿着一条食物链流动时，测定食物链每一个营养级的能量值就可以获得生态系统内一系列特定点上能量流动的准确资料。根据奥德姆的研究数据，可以看出，在生态系统中，能量只能从第一营养级流向第二营养级，再依次流向之后的各个营养级，最终所有的能量都以热能的形式散发到环境中去。输入一个营养级的能量不会全部流入下一个营养级，只有10%~20%的能量能够流入下一个营养级。综上所述，能量在生物群落中单向流动并逐级递减。

为了更形象地表示各营养级之间能量变化的关系，将各营养级所固定的总能量值的多少绘制成图，形成一个金字塔形，称为能量金字塔（图3-14）。

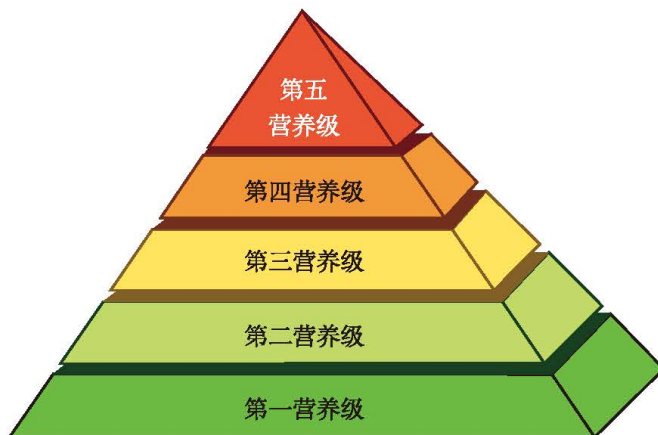


图3-14 能量金字塔示意图

各个营养级之间的关系也可以用生物个体数量、生物量来表示。

如果以生物个体数量表示，则金字塔为数量金字塔。金字塔底部代表生产者的数量，通常生产者的个体数量最多，而往后的各个营养级的生物个体数量逐渐减少。

若是以生物的干重表示营养级中生物的总量，则金字塔为生物量金字塔。一般来说，生产者的生物量大于食草动物的生物量，而食草动物的生物量又会大于食肉动物的生物量。

能量金字塔、数量金字塔及生物量金字塔统称为生态金字塔。生态金字塔表征了食物网各营养级之间在个体数量、生物量和能量方面的关系。

数量金字塔和生物量金字塔有时会出现倒金字塔的情形。例如，在开阔的大洋生态系统中，第一营养级浮游植物的个体很小，生活史很短，因此在某一时刻调查时，浮游植物的生物量常低于浮游动物的生物量。再如，森林中的一棵树上生活着数百只昆虫，昆虫的数量多于树木。

人类虽然不能改变生态系统中能量流动的客观规律，但研究能量流动，可以帮助人类合理地调整生态系统中的能量流动关系，使能量持续高效地流向对人类最有益的部分。

当前，我国的农业正朝着高效、产品安全、资源节约、环境友好的目标发展。在农业生态系统中，首要目标是实现作物的良好生长，将更多的能量转化到人类的目标产物中去，增加作物的产量。在食物链中引入鸡、牛、羊等动物，它们可把秸秆、糠麸、菜叶、杂草等转化为蛋、奶、肉等，成为人类直接利用的经济产品；而通过粪肥、秸秆还田等途径，可以向生态系统补充有机物，保持土壤肥力。此外，畜禽的粪便可以通过发酵来生产沼气，沼气作为能源物质，具有方便、节能、卫生、环保等诸多优点，沼渣还是一种良好的“绿色肥料”（图 3-15）。这种对农业产品的多级利用，可以很大程度提高农业生态系统中的能量利用效率，满足人类更多的产品需求。

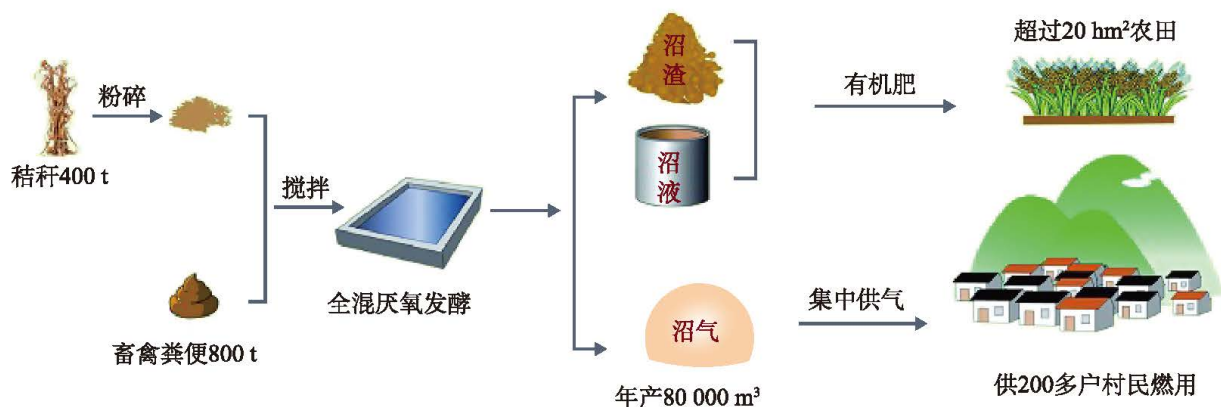


图 3-15 畜禽养殖废弃物多级利用模式图



实践应用 调查

### 调查农田生态系统中的能量流动

调查可参考以下提示开展。

1. 成立调查小组。

2. 讨论和确定调查内容，其中应包括以下几点。

(1) 调查并确定生态系统中的生产者、初级消费者和次级消费者。

(2) 初步统计生态系统中每一营养级生物的个体数量。

(3) 了解生态系统中养殖动物的饲料来源、作物秸秆的处理方式等。

(4) 了解农民是如何提高农田生态系统对太阳能的利用的。

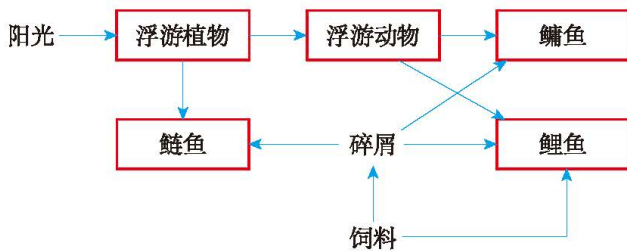
3. 选择一块农田进行调查。城市的同学可以调查公园、社区生态系统，也可以通过搜集资料、走访现代化农业园区、采访农业部门负责人等形式进行调查。

4. 根据调查的食物链数据，绘制一个数量金字塔。

5. 整理并分析资料，撰写一份该生态系统能量流动的调查报告，对该生态系统能量的流向和利用提出建议。

### 检测评价

1. 在池塘中混养不同食性鱼类，合理搭配鱼种，建立合适的食物网，可以用较低的成本收获较高的效益。下图显示了一个池塘生态系统的能量流动，该系统中输入了两类能量：太阳能、饲料能量。研究表明，适当提高光能利用率、增加饲料投放量，均可使产量大幅度提高。



请回答下列问题：

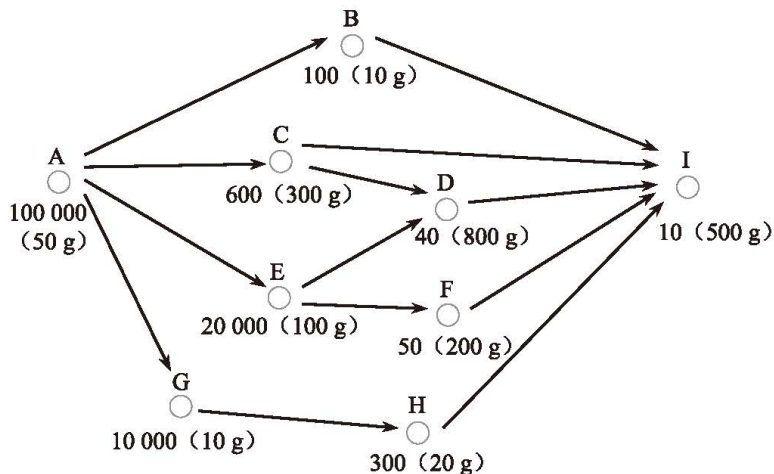
(1) 研究发现，池塘浮游植物对光能利用率较低，但对池塘水体施加氮肥后，利用率明显提高了。请分析其中的原理。

(2) 适当提高光能利用率，可以不同程度地提高池塘中各种生物的产量。其中受光能变化影响程度最小的是哪种生物？为什么？

(3) 你对上述两种提高产量方案的实施有什么建议？

(4) 除了上述两种提高产量的方案外，是否还有其他可行的方法？

2. 森林生态系统中存在着复杂的食物关系，下图表示森林中的一个食物网，其中数字表示该生物的个体数量，括号内的数字表示该生物的平均体重。



请回答下列问题：

- (1) 该食物网中占据第三营养级的生物有哪些？
- (2) 在初级消费者中，除去哪种生物对上述生态系统能量流动的影响最大？为什么？
- (3) 若除去 D 后，在一定时间内，生产者的数量有何变化？



## 开阔眼界

### 生态卫士——白蚁

森林中的一棵大树倒下了，那么树从空气中固定的碳、从土壤中吸收的营养，岂不也浪费了？倒下的树干太占地地方了，怎么清理掉呢？不用担心，白蚁又不容辞地承担了这项重任。相比细菌、真菌等微生物只能水滴石穿般地慢慢侵蚀木头，白蚁可以在短时间内把整块木头粉碎。如果缺少白蚁，森林的物质循环和能量流动就会受到严重的影响。



快速破碎木材的白蚁

白蚁也会进攻活着的树，但通常是遭到雷劈或被大风折断的树。因为健康的树会分泌足够多的防御性化合物，让白蚁敬而远之，只有病弱到一定程度的树才会受到白蚁的进攻。





大白蚂蚁丘

以色列沙漠地带的白蚁可以吸收转化食物里 80% 的碳和 65% 的氮并以粪便的形式固定。非洲稀树草原的大白蚁会建造高大的蚁丘，这些蚁丘给很多动物提供了食物和庇护所。

千百年来，白蚁日复一日地把其他生物无法利用的死亡树木一点点分解。被分解的死亡树木一部分转化为富含有机质的土壤，另一部分转化为白蚁自己的血肉，并间接养活了包括穿山甲在内的许多靠白蚁为生的动物。生态系统获得了肥沃的土壤，植物欣欣向荣；病弱的树木被剔除掉，将更多的空间和资源留给健康的树木。在有白蚁的生态系统中，白蚁是无可替代的生态卫士。

北京师范大学出版社

## 第三节 生态系统的物质循环

地球表面的水圈、大气圈和岩石圈与生活其中的生物，构成了地球上最大的生态系统——生物圈。在生物圈中，有各种各样的生物，还有大量的水、氧、碳、氮、磷等物质。这些构成生物生存条件的物质虽然很多，但也是有限的。地球上的生命几十亿年来一直都在吸收、利用着这些物质，这些物质为什么没有消耗殆尽呢？水和各种物质在生态系统中是如何运转的呢？

### 水通过蒸发、降水和径流在生态系统中循环

没有水，生命就不能维持，生态系统就不能运行。如图 3-16 所示，太阳辐射使海洋中的水蒸发并进入大气，大气中的水蒸气在风的推动下移动并重新分布，最终以降水的形式回到海洋和陆地。陆地上的水可以暂时储存于土壤、湖泊、河流和冰川中，或者通过蒸发进入大气，或以液态经过河流最后返回海洋。海洋表面的蒸发量大于降水量，而陆地上的蒸发量小于降水量，因而降落到陆地表面的水又有大约 1/3 的量通过地表径流回到海洋。

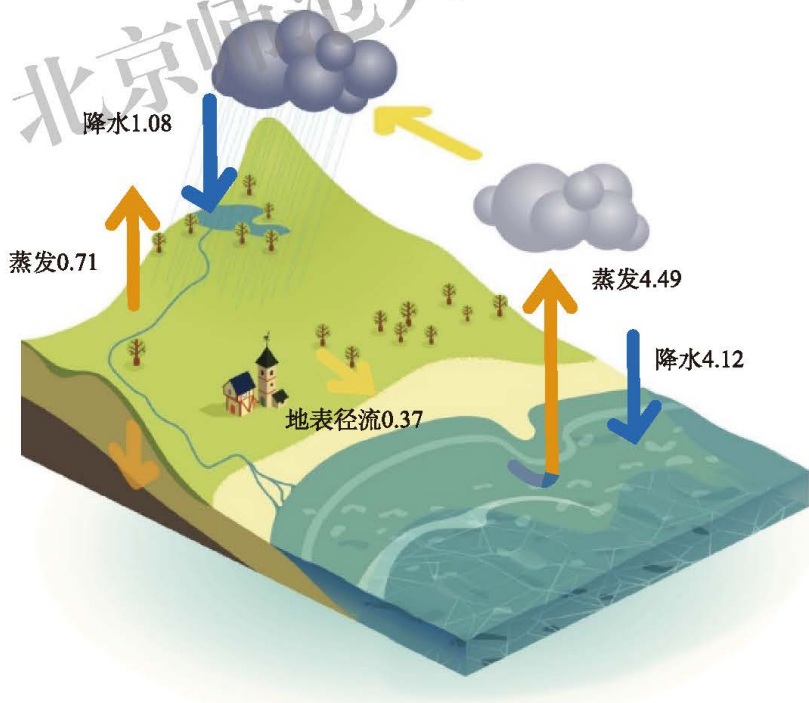


图 3-16 全球水循环示意图

图中的数字代表水的年移动量，单位为  $10^{17}$  kg/a



生态系统中所有的生命都与水息息相关。植物从土壤中吸收水分，在水供应适宜的情况下，植物的气孔开放程度最佳，二氧化碳得以顺畅进入，以合成有机物。动物可饮水，也可从食物中获取水分，以供生命活动的需要。生物体的代谢反应都以水为介质，只有在水的参与下，物质才能完成无机物和有机物之间的循环过程，同时借助水排出废物使生命系统得以维持。

水是地球上较为丰富的无机化合物，水循环强烈影响并带动了其他物质的循环。

## 碳以二氧化碳为中心进行循环

在生态系统中，碳的存在形式主要是大气中的二氧化碳、海洋和陆地中的无机碳和生物体中的有机碳。其中，二氧化碳是生物群落与无机环境之间进行碳循环的主要形式。

生产者通过光合作用把二氧化碳转变为有机物，除去呼吸消耗一部分，其余的构成植物体。生产者中的一部分有机物被消费者取食，保存在生态系统中；各种生物通过呼吸作用把二氧化碳释放到环境中；各种动植物的尸体和残遗物绝大部分被分解者分解后，释放出二氧化碳，其余的经过在地壳中的长期沉积，转变为化石燃料，开采出来的化石燃料被燃烧利用，产生二氧化碳返回大气（图 3-17）。

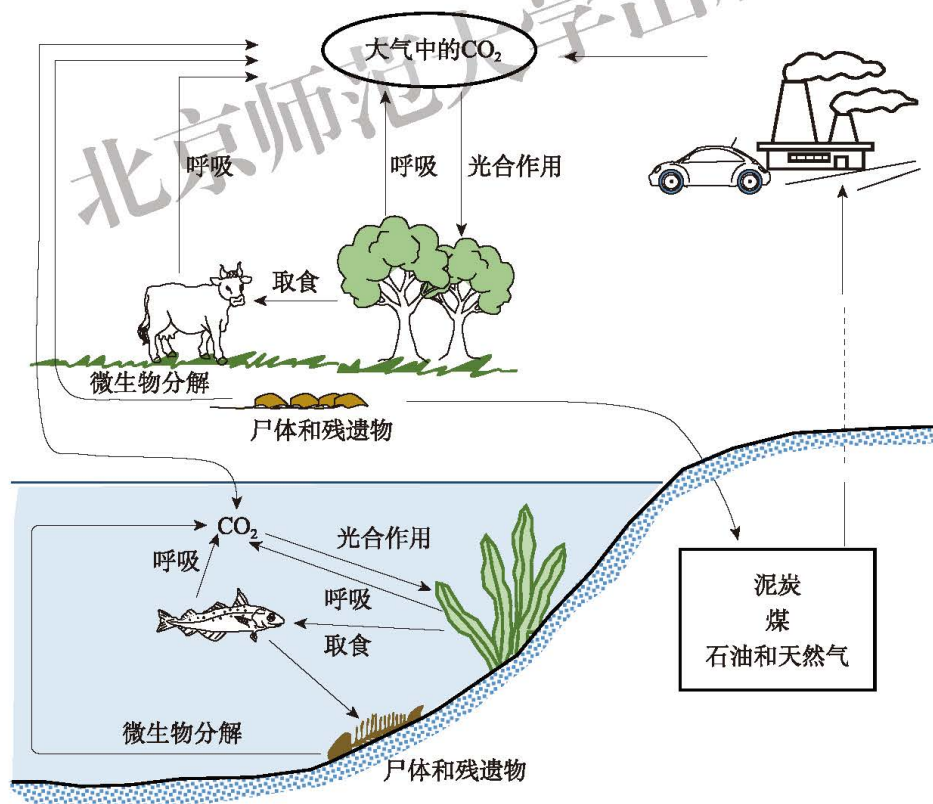


图 3-17 碳循环示意图

## 氮通过一系列氧化还原反应进行循环

蛋白质是构成生物体的重要原料，氮是蛋白质的基本组分。虽然氮气在大气中约占 79%（体积比），但是一般不能被生物直接利用。有些植物，如大豆、豌豆、花生、苜蓿、三叶草等，它们的根上有被根瘤菌侵染形成的根瘤。根瘤菌将处于游离状态的氮气转变成含氮的无机化合物，供给植物直接利用，这一过程称为固氮。

氮循环是一个复杂的过程，有多种微生物参与其中。除了根瘤菌有固氮作用外，其他如氨化细菌、硝化细菌等，也能以不同的方式，将植物不能直接利用的含氮化合物转变成能被植物直接利用的氨或硝酸盐，进入生物体中的循环。其中，氨化细菌能将蛋白质水解为氨基酸，再将氨基酸氧化而释放出氨。硝化细菌能把氨转化为亚硝酸盐，再进一步氧化为硝酸盐。反硝化细菌可将硝酸盐还原为亚硝酸盐，并进一步还原为氮氧化物，从而实现氮循环（图 3-18）。其中，氨的氧化过程称为硝化作用，硝酸盐的还原过程称为反硝化作用。

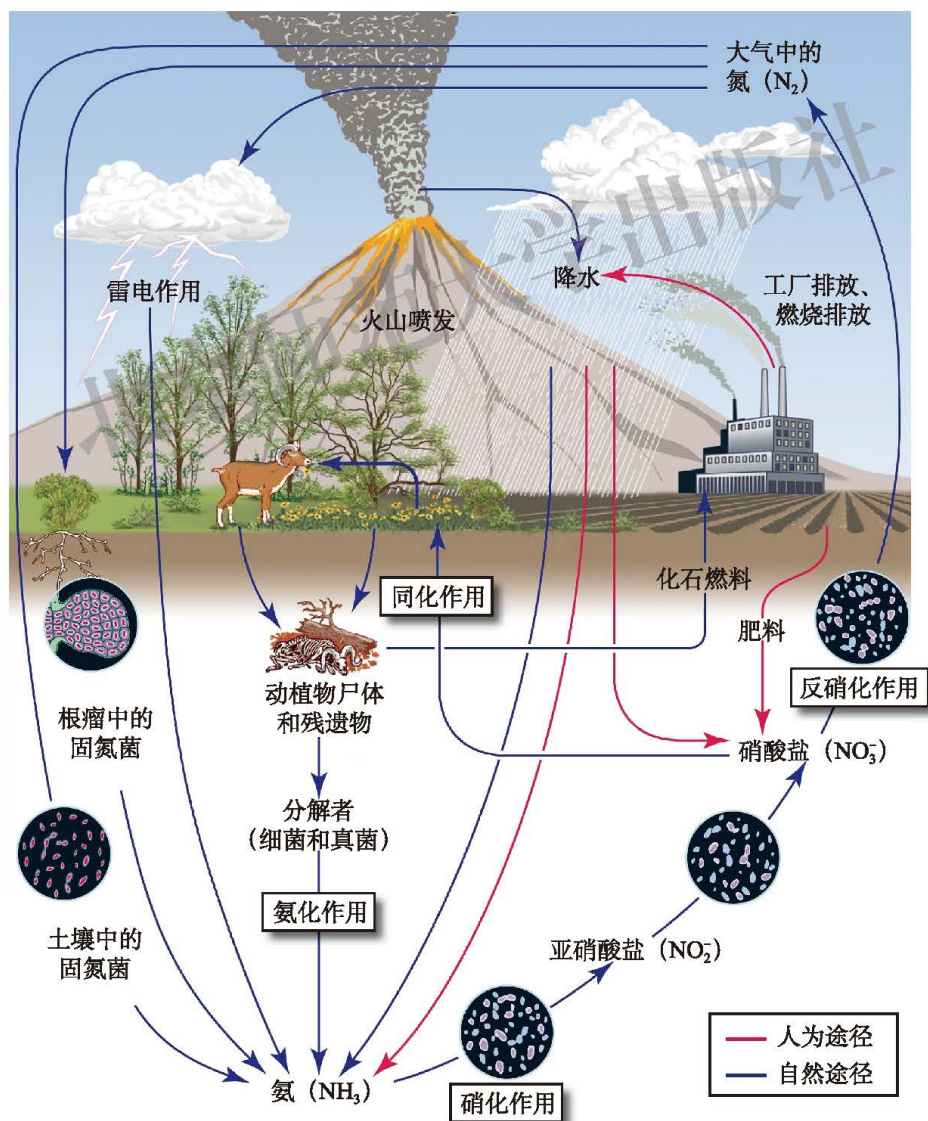


图 3-18 氮循环示意图



20世纪初，人类发明了工业固氮，即用高温、高压和化学催化的方法将  $N_2$  和  $H_2$  合成  $NH_3$ ，由此结束了人类完全依靠天然氮肥的历史。氮肥的广泛使用，极大地促进了农业的发展，使农作物的产量大幅度提高。但是，工业固氮的过程也在某种程度上破坏了全球氮循环的平衡。

## 物质循环和能量流动以不同的方式同时进行

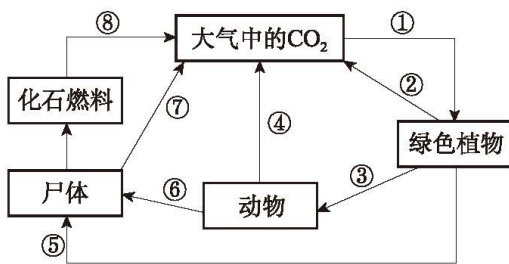
在生态系统中，组成生物体的 C、H、O、N、P、S 等化学元素是不断循环的，它们从无机环境到生物群落，又从生物群落到无机环境，进行着往复循环运动。也就是说，生态系统中的物质在生物群落与无机环境之间不断循环。

物质循环和能量流动是生态系统的两个基本过程，两者总是相伴发生，它们使生态系统各个营养级之间和各组分之间组成了一个完整的功能单位。物质为能量的流动提供载体，使能量能够在食物链和食物网中进行传递。能量的固定、储存、转换，以及最终释放到环境中去的各个过程，都是伴随着物质的合成和分解等过程发生的。而物质循环所需要的动力，则来源于能量的供应。能量的流动使得非生物环境和生物群落之间的物质不断循环往复。同时，两者有一个重要区别：生物固定的太阳能在食物链中的流动是单向的，并且逐渐以热的形式耗散，因此，生态系统必须不断地从外界获得能量来维持稳定；而物质在生态系统的生物成分和非生物成分中反复循环。

各种化学元素在生态系统中的稳定循环，是保证生态系统平衡的前提。但是，森林砍伐、农业活动、河流改道等人类活动会影响局域蒸发、蒸腾和降水，进而可能改变区域或全球的水循环；化石燃料的大规模使用，产生大量二氧化碳，导致全球大气温度升高；过多地使用化肥不仅会污染土壤和水体，还会导致氮循环失衡。人类活动对于碳、氮等元素的循环的干扰，会使物质循环的结果难以预测。因此，利用物质循环和能量流动规律，人们能够更加科学、有效地利用生态系统中的资源。例如，在污水处理过程中，不仅要考虑治理水污染，保证水质的安全，还要考虑是否能把水中的污染物转变为可利用资源，以实现资源的循环利用。

### 检测评价

1. 大气中的  $CO_2$  被陆地和海洋中的植物吸收，然后通过生物或地质过程以及人类活动，又以  $CO_2$  的形式返回大气中。下图显示了碳循环的过程，其中数字表示生理过程或化学变化。



请回答下列问题：

(1) 下列碳循环的过程中，微生物承担作用的是( )。

A. ③      B. ⑥      C. ⑦      D. ⑧

(2) 下列正确表示有关过程中能量转换的是( )。

选项	过程	能量转换
A	①	光能→植物中的化学能
B	④	动物中的热能→光能
C	⑤	植物中的光能→尸体中的化学能
D	⑦	尸体中的化学能→光能

2. 生活、工业、农业废水排入湖泊、水库、河口、海湾，造成水体的富营养化，会引起鱼类及其他生物大量死亡，并引发饮用水源地的生态安全问题。科研人员对某湖泊生态系统中氮、磷的循环过程进行了研究，测定了氮、磷的主要输入和输出途径以及输入和输出量，如下表所示。

输入途径	输入量 / ( kg · a <sup>-1</sup> )		输出途径	输出量 / ( kg · a <sup>-1</sup> )	
	氮	磷		氮	磷
河流	2 615 830	128 570	河流	2 865 200	145 710
降水	209 510	4 370	水草收割	72 850	3 480
农田径流	144 420	5 950	捕鱼	21 170	1 810
居民、工厂排放	78 320	7 780	蚬、蟹、蚌等捕捞	12 960	870
饭店、旅游排放	6 430	640			
过往船只排放	18 250	1 830			
放养鱼、蚬、蟹等	17 140	2 720			
合计	3 089 900	151 860	合计	2 972 180	151 870

请回答下列问题：

(1) 研究表明该湖泊每年氮和磷的输入与输出基本保持平衡，据表中数据分析，维持氮、磷平衡的最重要的因素是( )。

- A. 随河流输入的量 and 输出的量基本一致  
 B. 随降水输入的量被河水稀释了  
 C. 各类水产品的输出量远大于水产品养殖的输入量  
 D. 人类活动的排放量较低

(2) 根据已有知识，说出湖泊中的氮、磷在生物成分之间的转移途径。

(3) 从防治富营养化的角度，对该湖泊生态系统的管理提出建议。



## 第四节 生态系统的信息传递

自然界中的动物可以通过多种方式实现相互交流或传递某种特殊信息。例如，虎能够在活动的区域留下高度特化的尿作为标记信息，彼此间总会仔细观察前者留下的痕迹，以避免彼此遭遇而发生不必要的争斗。鼬在遇险时会放出具有强烈臭味的气体，不仅可以起到防御的作用，还可以给同类报警。在纷繁的自然界中，都存在哪些信息交流的方式呢？

### 生态系统中的信息传递有各种类型



#### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注与鱼类行为相关的信息。

水底世界并不像我们想象的那般寂静，鱼类也有自己的语言。大多数的鱼主要靠鳔来发声，鳔的收缩引起气体振动，从而发出声音。有的鱼则利用喉齿摩擦发声，也有的鱼利用背鳍、胸鳍或臀鳍的刺振动而发声，还有不少鱼利用呼吸时鳃盖的振动或肛门的排气而发出声音。当发现天敌入侵时，有的鱼会发出声音，同伴听到警报声后立即同声相和，大家迅速奔逃；鲑鱼、淡水鲈鱼等在受伤后会发出一种特殊的声音向同类呼救。但当鱼类听到外界不熟悉的声音时，它们的第一反应是逃逸。例如，有船从水面驶过时，鱼类通常会下潜到较深水层。

有的鱼有避光的特性，这些鱼随光照强度增加而减少活动。生活在水体中上层的鱼一般具有较好的视觉系统，它们对视觉上反差较大的物体比较敏感，这有利于其发现食物和躲避敌害。

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 鱼类依靠感觉功能获取了哪些外界信息？
2. 鱼类在摄食行为中，需获取哪些信息？

鱼类对声音、光、气味、温度等刺激能做出相应的反应，从而采取捕食、繁殖、洄游等行为。在生态系统中，能够引起生物产生生理、生化和行为反应的各种信号，都称为信息。根据信息在生态系统中传递过程的差异，一般将信息分为物理信息、化学信息和行为信息。

鱼类利用本身的生物电场与地球磁场间的相互作用而完成洄游过程中的定位；鸟类的

叫声婉转多变，不同的鸣叫声表达了不同的含义，且每个鸟类家族有着自己的“方言”。烟草种子必须要有光才能萌发；含羞草在感受到震动刺激时，会有小叶合拢、叶柄下垂等反应。生态系统中的各种光、颜色、电、磁、声、热等以物理过程为传递形式的信息，属于物理信息（图 3-19）。



图 3-19 萤火虫的荧光（左）与花朵的艳丽色彩（右）

生物生命活动过程中产生的一些代谢产物，能参与并影响生态系统的功能活动。这些代谢产物是具有信息作用的化学物质，属于化学信息，如性外激素、生物碱、芳香族化合物等。这些化学信息深深地影响着生物种间和种内的关系，有的起相互制约作用，有的起相互促进作用，有的起相互吸引作用，有的起相互排斥作用。例如，雌性蚜虫能分泌性外激素，用以引诱雄性个体来交配，但是这种激素也可以吸引蚜虫的天敌大草蛉。

生物在生命活动过程中，也能通过特殊的行为方式传达信息，这是行为信息。例如，蜜蜂发现蜜源后跳圆圈舞和“8”字舞；有些鸟会通过飞行姿势和舞蹈动作来传递求偶信息。

## 信息在生态系统中双向传递

在生态系统中，种群和种群之间、种群内部个体和个体之间甚至生物和环境之间都存在着信息传递。信息传递需要信源、发送器官、信道、接收器官和信宿五个主要部分（图 3-20）。

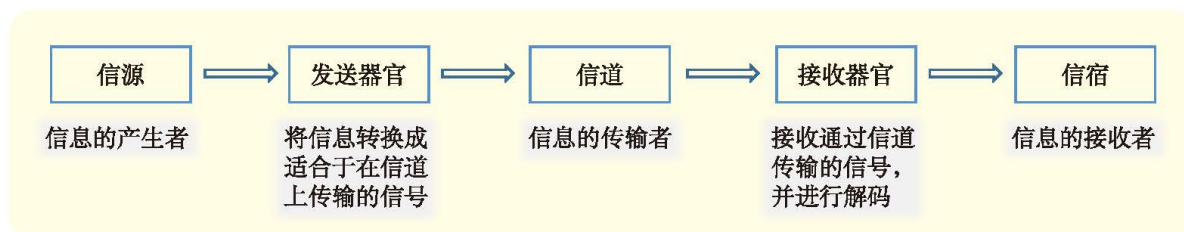


图 3-20 信息传递的基本过程



在信息传递过程中，信源和信宿的角色是可以相互转换的。某一信息的信源可以是另一信息的信宿，而某一信息的信宿又可能是另一个信息的信源。因而生态系统信息传递的方式往往是双向的，有从输出者向输入者的信息传递，也有从输入者到输出者的信息反馈。

生态系统中的各种生物在各种各样的信息流中充当着信宿和信源的角色。例如，某种动物能够发出声音对同种生物进行召唤，同时还能接收到很多种其他生物发出的各种信息。整个生态系统构成了一个复杂的信息传递网络。

生态系统中的信息传递，决定着生物的取食、栖居、防御和保护等一切过程。例如，动物总是栖息在最有利于生存的环境中，这是其对环境的光、温、水、气等信息的综合反应。而各种生物的体形和体色都有尽量与其生存环境相一致的特性，这也是一种信息作用，可降低生物遭受敌害的可能。例如，生活在不同环境中的螳螂，其体形和体色都各不相同，但与其生存环境保持协调一致（图 3-21）。有的动物会以特别的姿态变化来威吓敌人，这也是一种信息。例如，豪猪会竖立体刺，形成可怕的态度，从而赶走对手。



图 3-21 形形色色的螳螂

信息传递是生态系统的基本功能之一。生态系统中物理、化学和行为信息的传递对生命活动的正常进行、生物种群的繁衍和种间关系的调节起着重要作用。

在农业生态系统中，用一定频率的声波处理某些蔬菜、谷类作物及树木等的种子，可以提高发芽率。利用光信息可以调节和控制生物的生长发育。例如，根据各种植物的光周期特性不同，利用光照处理调节不同光周期的植物，使其在同一时间开花进行杂交，从而培育优良品种。而随着光电技术的发展，人们将 LED 应用在了植物组织培养、遗传育种、太空农业等领域，根据植物需要进行发光光谱的精确配置，实现了传统光源不具备的节能、环保和高效利用空间等功能。此外，利用化学信息防治害虫，可以降低化学农药的使用量。例如，在青花菜、芦笋的栽培中，应用性信息素防治斜纹夜蛾后，可以减少施用甚至不施用农药。

 实践应用 **观察** (选做)

## 观察蚂蚁的信息传递

### ● 目的要求

1. 描述蚂蚁在发现食物后的个体及群体行为。
2. 概述信息交流在蚂蚁种群生活中的意义。

### ● 材料用具

蚂蚁；白糖或动物油，樟脑球；放大镜，挖掘工具，笔，笔记本。

### ● 方法步骤

1. 选择一个蚂蚁活动较活跃的蚁穴，将少量白糖或动物油放置于距离蚁穴口 20 cm 左右的地方。
2. 观察首先发现食物的蚂蚁的行为、随后一段时间内其他蚂蚁的行为变化以及搬运食物的整个过程。
3. 用樟脑球在蚂蚁走过的地方轻轻划几下。
4. 观察处于樟脑球划线后面的蚂蚁的行为变化。

### ● 思考讨论

1. 不同的蚂蚁个体之间是如何进行信息传递的？
2. 蚂蚁的不同分工与信息传递之间有什么联系？

 **检测评价**

1. 蜜蜂的嗅觉感受器可区分和识别大约 700 种花朵的气味，并能识别多种人工气味。蜜蜂自身也能发出很多气味，每个蜂群都有独特的气味。其中，蜂王发出的信息素使得蜜蜂王国的社会生活井然有序。蜜蜂也能借助于摩擦翅肌发出声音来传递信息，还能借助于舞蹈传递蜜源地距离和方位信息。请回答下列问题：

- (1) 蜜蜂靠什么进行交流？从上述资料中找出蜜蜂通信的方式。
- (2) 蜜蜂的信息传递发生在 ( )。

- ①一个蜂群和另一个蜂群之间    ②一个蜂群内部个体和个体之间  
③蜂群和环境之间

- A. ①      B. ②      C. ③      D. ①②③

2. 世界上的鸟种类繁多，鸟卵的颜色和大小因种而异，而且同种鸟所产的一窝卵也不同。在鸟类巢寄生行为中，寄生生物和寄主之间的共同进化主要体现在鸟卵的颜色和斑纹上，寄主通过增强对寄生卵的识别能力，来降低被寄生的代



价。模型卵常被广泛用于验证和测试寄主对外来寄生卵的识别能力。鸟类研究者尝试制作模型卵来测试鸟类的卵识别能力，研究杜鹃和其寄主的行为关系。请回答下列问题：

- (1) 寄主能够识别杜鹃卵来防御巢寄生，这是应用了哪种信息传递类型？
- (2) 如果让你制作模型卵，你会考虑卵的哪些指标？为什么？
- (3) 实验证明，模型卵和真卵在研究中的效果差异不大。用模型卵替代真卵的优点是什么？



### 开阔眼界

## 植物也会“窃窃私语”

植物真的不会说话吗？还是以人类听不见的方式在“说话”？科学家已成功破解了某些植物的“语言”。

其实，植物的“说话”是通过释放化学物质来完成的，它们说的话没有声音，却可能有气味。我们熟悉的松香味、樟脑味、柠檬味等气味，都是植物释放出的化学物质引起的。这些挥发性有机物既是植物的主要次生代谢产物，也是植物与其他生物之间传递信息的媒介。

植物之间信息传递的一个重要作用就是主动防御可能出现的虫害威胁。例如，除虫菊在受到伤害时释放出的挥发性有机物可以诱导相邻植株合成除虫菊酯，在释放出的挥发性有机物中，各化合物的比例和浓度对相邻植株除虫菊酯的合成起决定性作用。

同时，食植类昆虫也会“偷听”植物说话。由于不同植物释放的挥发性有机物的种类和比例有较大差异，食植类昆虫得以通过感知这些挥发性有机物找到自己的美食。虽然空气中到处都是不同植物释放的挥发性有机物信号，但食植类昆虫能根据特定化合物的比例，从一堆“嘈杂声”中准确地分辨出自己需要的信号，找到目标，饱餐一顿。

## 第五节 生态系统的相对稳定性

池塘是一个生态系统，池塘中的水生植物是重要的生产者，能直接或间接为鱼、蟹、螺等水生动物提供食物，也为这些动物提供躲避天敌的隐蔽场所，甚至提供产卵、孵化和育幼场所。如果不遭遇重大变故，池塘生态系统将保持相对稳定。生态系统是如何维持相对稳定的呢？



### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注苔原生态系统和热带雨林生态系统的差异。

在北极北部冰雪覆盖的荒原地带和北极南部的森林生物群落之间，有一大片叫作苔原的过渡区域（图 3-22）。苔原的冬季漫长而寒冷，最低温度可达  $-70^{\circ}\text{C}$ ，有 6 个月见不到阳光。苔原上生长的植物多是灌木和草本，乔木根本无法生长，而苔藓和地衣却很发达。苔原生态系统的消费者主要有驯鹿、麝牛、北极兔、旅鼠、北极狐和狼等，还有一些鸟类。那里几乎没有爬行动物和两栖动物，昆虫的种类也很少。



图 3-22 阿拉斯加的苔原

而在热带雨林（图 3-23）中，每公顷土地上能有几百种树木。热带雨林全



图 3-23 热带雨林



年高温多雨，无明显的季节区别，年平均温度 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。热带雨林生长着众多乔木，树干高大挺直，常具有板状根（图3-24），一年四季都有植物开花结果，森林常绿。热带雨林的群落结构复杂，昆虫、两栖类、爬行类等变温动物在这里广泛发展。热带雨林是地球上动物种类最丰富的地区，如巴拿马附近的一个不到 $0.5\text{ km}^2$ 的小岛上，就生活着50多种哺乳动物。



图3-24 乔木的板状根

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 生活在苔原和热带雨林生态系统中的动植物种类和数量有何差异？
2. 当受到外界干扰时，哪种生态系统更容易遭到破坏？
3. 当遭到破坏时，哪种生态系统更容易恢复？

### 抵抗力稳定性的大小取决于物种多样性的高低

苔原生态系统的物种多样性单一，若地衣全部死亡，就会导致整个生态系统的全面崩溃。反之，热带雨林生态系统的物种多样性丰富，营养结构复杂，当受到程度较轻的干扰时，热带雨林生态系统中的各种生物的种类和数量不会大幅度减少，仍然能够维持正常的能量流动、物质循环和信息传递的功能。这样的生态系统有着较强的稳定性，在一定程度上可以抵抗传染病、虫害、霜冻、干旱等干扰造成的危害。生态系统抵抗干扰和维持自身的结构和功能不受破坏的能力，称为抵抗力稳定性。生态系统的物种多样性程度高，抵抗力稳定性也强。因此，人们常通过采用不同种类、不同生长年龄、不同大小的植物混种，形成具有复杂结构的生态系统。例如，在林业中，混种乔木、灌木和草本等不同植物；在农业上，同一片土地上种植两种或两种以上作物（图3-25）。20世纪后期，人们开始有目的地把乔木、灌木和农作物、牧草的种植，甚至畜牧业生产放在同一片土地上，形成混农林业生态系统。例如，杉木和虎杖混种（图3-26），玉米、花生、大豆、芝麻等植物间作种植，改善了土壤肥力，促进了农林业的可持续发展。



图3-25 农作物的多样化种植





图 3-26 杉木与虎杖混种

### 恢复力稳定性与抵抗力稳定性呈负相关

热带雨林是对维持人类生存环境作用最大的森林生态系统，其复杂的结构一旦受到严重破坏，要想恢复到原来的平衡状态，则相当困难，需要很长时间。生态系统受破坏后，自身恢复到平衡状态的能力，称为恢复力稳定性。在恢复力稳定性较强的生态系统中，由于其长期储存下来的能量和营养物质较少，对环境中的干扰因素的抵抗力稳定性较低。例如，草原生态系统中（图 3-27），生产者以多年生草本植物为主，一旦受到火烧等干扰，生态系统的功能就会受到影响，表现出一片萧条，但是来年又会恢复到原有的平衡状态。



图 3-27 呼伦贝尔草原

生态系统具有保持或恢复自身结构和功能相对稳定，并维持动态平衡的能力。这种能力称为生态系统的相对稳定性。生态系统的稳定性包括抵抗力稳定性和恢复力稳定性。

### 生态系统的稳定性会受到各种因素的影响

相对稳定的生态系统一般都具备良好的自我调节能力，在受到外界干扰的时候，可以使生态系统在物质循环的水平、能量流动的过程和信息传递的途径方面保持相对稳定。但生态系统的稳定性会受到自然或人为因素的影响。例如，过度放牧会导致草原生态系统荒



漠化，火山爆发会将高山灌丛变成熔岩裸地，大暴雨导致的泥石流会让森林生态系统瞬间瓦解，入侵物种水葫芦使很多水生生态系统结构和功能紊乱甚至趋于崩溃……生态系统的结构和功能因受到外界因素的干扰而发生变化，表现为稳定性受到影响。

在自然条件下，生态系统总是朝着生物种类多样化、营养结构复杂化和功能完善化的方向发展，直至生态系统达到成熟和稳定的阶段。但是对生物多样性构成威胁的因素很多，人类越来越频繁的经济和社会活动加速了物种灭绝和外来物种入侵两大过程，在一定程度上改变了物种多样性和生态系统多样性。所以人类需要根据生态学原理，制订一系列措施保护生态系统，保护生物圈这一人类赖以生存的家园。

## 实践应用 实验

### 设计并制作生态瓶

#### ● 目的要求

1. 分析维持生态瓶中生物生存所需的无机环境。
2. 探究使小型生态系统较长时间保持平衡的条件。

#### ● 实验原理

生态系统的各成分之间具有通过能量流动和物质循环维持生态系统稳定的功能。其成分构成越相对多样且比例合理，生态系统维持稳定的能力越强，所制作出来的生态瓶越能维持较长时间。

#### ● 材料用具

小鱼（或小虾），螺，金鱼藻，浮萍；澄清池水，细沙，凡士林；带有塞盖的塑料容器。

#### ● 方法步骤

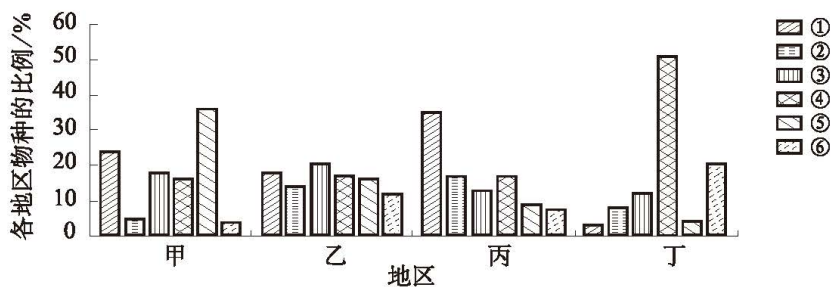
1. 用热水将容器及塞盖清洗干净。
2. 在容器底部铺一层细沙，然后注入澄清池水。
3. 选择一定种类和数量的生物，轻轻放入容器中。
4. 用塞盖封闭容器，缝隙处涂上凡士林。
5. 将封闭后的容器放在合适的位置。定时观察水生植物的颜色变化以及水栖动物的活动和生存情况。记录该封闭生态系统所能保持稳定的天数。
6. 分组制作多个组分不同的生态瓶，并比较各生态瓶的稳定性。
7. 撰写一份分析报告，对你设计制作的生态瓶的稳定性做出评价，并分析其中的原因。

#### ● 思考讨论

1. 除阳光外，任何物质都无法进入该生态瓶，那么，瓶内动植物生存所需的物质是怎样获得的？
2. 若在容器内增加生产者、减少消费者，能否延长该生态系统保持稳定的天数？

### 检测评价

1. 许多生态系统都是经历了上千万年的变化发展而留存下来的，其稳定性维系着其中所有生物的生存。研究人员对某低海拔阔叶林区进行了调查，选择甲、乙、丙、丁四个地区，调查统计了①~⑥六种哺乳动物的数量，并将采集所得到的数据绘制成下图。



(1) 据上图的数据统计分析，在四个地区中生态系统的稳定性最高的是 ( )。

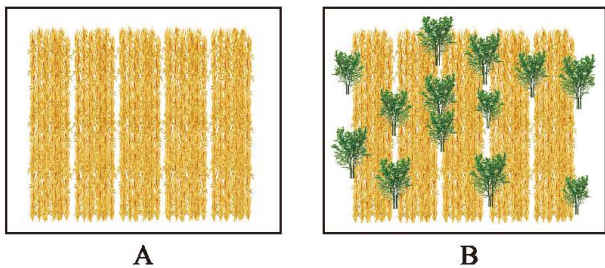
- A. 甲地区      B. 乙地区      C. 丙地区      D. 丁地区

(2) ①~⑥六种哺乳动物之间存在着食物关系，若低海拔阔叶林区中的①物种灭绝了，则最可能导致生态系统崩溃的营养结构是 ( )。



2. “绿色革命”得益于自然界的物种多样性，人们将各种作物品种进行远缘杂交而得到自己需要的品种。一些高产粮食品种被许多国家引种，进行大规模单一种植，创造了世界粮食史上的高产纪录。然而，人们逐渐发现了“绿色革命”的负效应，其对农业生态系统的发展产生了破坏作用。请回答下列问题：

(1) 图 A 和图 B 显示的是两种农作物种植方式。最可能导致“绿色革命”产生负效应的是图 \_\_\_\_\_ 所采取的种植方式。



(2) 说出两种“绿色革命”可能产生的负效应。





## 昆虫迁徙

昆虫迁徙是昆虫经过上万年进化而形成的复杂行为，它们通过迁徙来适应资源和环境的季节性变化。昆虫能够通过主动寻找利用有利的季节性气流来实现远距离迁徙，通常春季往北飞，秋季往南飞。人们对昆虫迁徙最熟知的案例可能就是生活在北美洲的黑脉金斑蝶了，它们如同候鸟一样，有南北迁徙的习性，迁徙的距离超过4 000 km，一次完整的迁徙需要3~4代黑脉金斑蝶通过“生命接力”完成。除去像黑脉金斑蝶这样特别典型的案例，人们对绝大多数其他昆虫的迁徙知之甚少，可能严重低估了这种活动的重要性。

现在，人们通过特定设计的垂直雷达对昆虫的迁徙进行了科学的监测和研究。这种雷达不仅可以获得空中的昆虫数量和密度，还可以测量空中飞行昆虫的个体大小、体形、飞行速度、飞行方向以及飞行时头部的朝向。科学家通过观测研究认为，昆虫迁徙可能是整个陆地生态系统中规模最大，也是最重要的动物迁徙活动。昆虫身体富含营养物质，其迁徙带来了能量和物质的跨区域移动，影响到全球生态系统的生态服务、生态过程以及生物地球化学过程。大多数迁徙性昆虫都提供着非常重要的生态服务，维持着生态系统的稳定和健康，比如传播花粉，作为某些农业害虫的天敌，或者成为鸟类和蝙蝠等的食物。迁徙性昆虫对气候变化非常敏感，因此还可以作为生态变化的指示生物。气候变化导致许多昆虫数量下降甚至灭绝，然而那些适应下来的物种则会快速增长，往往成为农业害虫。

## 第六节 生态系统稳定性的维持

西双版纳热带雨林地处北回归线以南的热带地区，属于热带季风气候，终年阳光充足、湿润多雨，是我国热带雨林生态系统保存最完整、最典型、面积最大的区域。它还是地球北回归线沙漠带上唯一的一块绿洲，被誉为地球的一大自然奇观。西双版纳是当今地球上少有的动植物“基因库”，共有高等植物 5 000 多种，包括被称为“活化石”的孑遗植物 30 余种，稀有植物 135 种，当地特有植物 150 多种。它还是一个繁荣的动物王国，栖息着约 540 种陆栖脊椎动物，约占我国陆栖脊椎动物种数的 25%。在历经数亿年的地球演变之后，这样的自然生态系统是如何保持自身稳定的呢？



### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注土壤生态系统的稳定性。

据统计，土壤中约有数百万种细菌、真菌、藻类、原生动物、环节动物和线形动物等生物。土壤中还有植物种子、植物根系和地下茎等（图 3-28）。土壤生态系统的一种基本食物链是以植物根系为第一营养级，土壤食草动物为第二营养级。食物链不仅是土壤生态系统物质循环和能量流动的基本途径，也是地下部分与地上部分相互作用的纽带。不同种类的植物、不同类型的土壤及植物根系多样化的分布位置等，为各种土壤动物提供了食物及栖居条件，使土壤生态系统内部形成复杂而稳定的关系。



图 3-28 土壤生态系统

此外，植物的根系会产生各种分泌物，使其周边区域形成一个与本体土壤不同的根际环境，这一环境中的微生物多样性会明显改变，而根际微生物又通过改变植物的生长条件和营养的可用性，影响植物多样性、群落结构和生态系统的复杂性。

蚯蚓是土壤生态系统的重要一员，它促进植物枯枝落叶的降解，促进土壤有机物的分解与转化，它的活动为土壤微生物的繁育创造了有利条件。蚯蚓的粪便中含有丰富的有机质以及植物所需的元素，土壤微生物不仅可以将蚓粪转化成易被植物吸收的有效成分，而且还能合成一系列有生物活性的物质，刺激植物根系发育，促进植物生长。



根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 土壤生态系统是如何实现相对稳定的？
2. 土壤生态系统是否在任何情况下都能保持稳定？

## 生态系统通过自我调节维持相对稳定

蚯蚓和土壤微生物等土壤生物通过其生命活动，改善土壤的水、肥、气、热状况，不仅可为植物根系生长和水分输导创造适宜的条件，而且可通过改变土壤养分在土壤中的空间分布，对植物间的营养竞争产生影响，从而间接影响植物群落的结构。植物生长良好，地下生物量增加，也为土壤生物提供了食物资源。在这种地下部分和地上部分相互作用的过程中，能量流动和物质循环在不间断地进行，生物个体也不断地得以更新。

自然界的生物是相互依存、相互作用的，不同的种群生活在同一个生物群落中，需要彼此相互适应。如果一个生态系统能维持其物种多样性，那么这个生态系统将表现为基本稳定。生态系统的稳定性是通过自我调节来维持的，系统的自我调节作用在很大程度上可以抵御和消除一定程度的外来干扰，保持或恢复自身结构和功能的相对稳定。生态系统的自我调节实质上是一种反馈机制。当生态系统中的某一成分发生变化时，它必然会引起其他成分发生一系列的变化，这些变化反过来又会影响最初发生变化的那种成分所产生的变化。也就是说，生态系统在受到一定限度的外来干扰时，能够通过自我调节维持稳定。

草原生态系统中，若植物增多，兔的食物增加，兔种群数量增多，狼捕到食物的机会也随之增加，狼的数量增加；这种结果又会导致兔大量被捕食，兔的数量下降，兔的取食量减少，于是植物的数量又会增多（图 3-29）。这种生产者、初级消费者和次级消费者之间的反馈调节使得生态系统处于一种相对稳定的平衡状态。

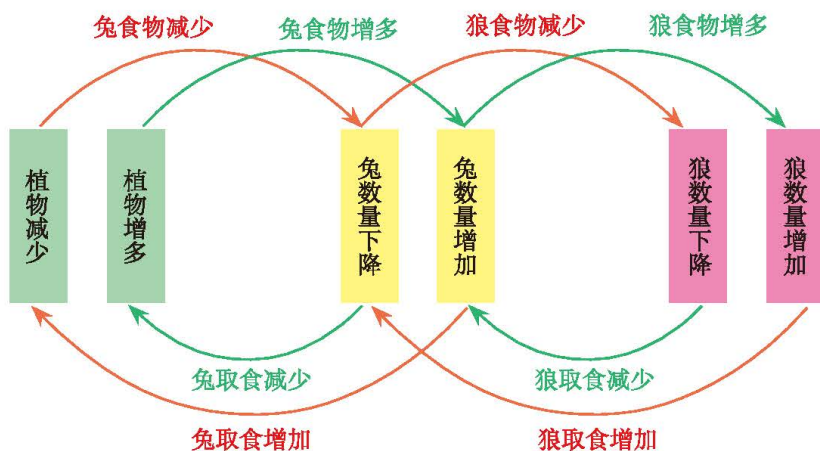


图 3-29 一个草原生态系统的反馈调节

## 生态系统的自我调节能力是有一定限度的

一个结构完整、功能健全、结构和功能之间相互适应的生态系统，就是相对平衡的生态系统。这种生态平衡是一种动态平衡，在没有外界干扰的情况下，生态系统能在较长时间内保持相对稳定（图 3-30）。但是，生态系统在不同的生长、发育阶段，由于内部的结构和功能之间相互适应的情况不同，对外界干扰的敏感程度是不同的。



图 3-30 稳定的森林生态系统

当生态系统受到强烈外界干扰影响时，如火山爆发、地震、泥石流等自然变化，或如喷洒大量农药、引入或消灭某些生物等人为影响，生态系统的自我调节功能就会受到损害，从而引起生态失衡，甚至导致生态系统原有的结构和功能丧失，这种变化最终会威胁人类的生存。例如，砍伐森林，会使绿色植物的个体数减少，光合作用产物减少，因而使得能量在生产者这一营养级上的流动受到影响，进而影响各级消费者获得能量，使生态系统结构和功能简化，不利于保持生态平衡。

生态系统的平衡是大自然经过很长时间才建立起来的动态平衡，生态失衡的初期往往不容易被人类所察觉，可是一旦发展到出现生态危机，就很难在短期内恢复平衡，带来的灾难性后果可能是人类无法弥补的。生态平衡与人类的生存、发展息息相关，因此，我们必须认识到生态平衡是生物圈作为正常的生命维持系统的重要条件。生态系统的空间、资源都是有限的，自我调节能力也是有限的，所以人类需要根据生态学原理，维持生态系统结构与功能的稳定，为人类提供可持续利用的资源。

### 实践应用 设计

#### 设计保持和提高生态系统稳定性的方案

从你周围的生活环境中，选择一个生态系统类型，如森林、湿地等，调查该生态系统的组成和结构，在此基础上对该系统如何保持和提高稳定性提出设想，撰写一份设计方案。



### 检测评价

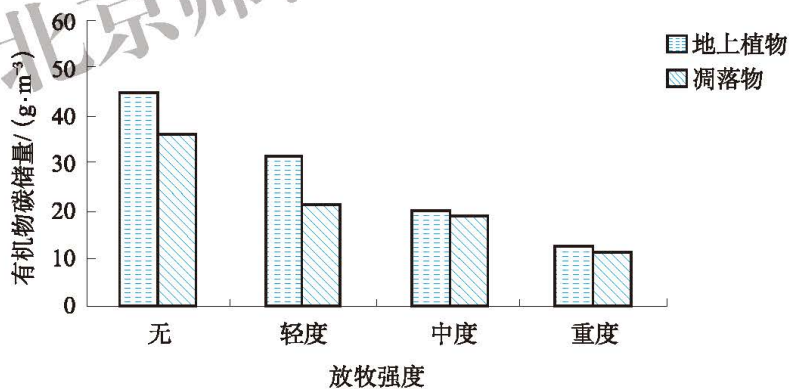
1. 科研人员在研究污水处理的实验中，向一个反应器中装入了小球藻和水蚤，并充入了一定量的含氮、磷丰富的污水。科研人员发现，实验初期小球藻数量上升，水蚤的数量也上升，中期小球藻数量下降，水蚤的数量也随之下降。请回答下列问题：

(1) 实验初期，为什么小球藻和水蚤的数量均上升？

(2) 在研究过程中，反应器中的小球藻和水蚤的数量变化是否属于反馈调节？

2. 草地生态系统是一种重要的陆地生态系统，在全球碳循环中发挥着重要作用。过度和不合理放牧造成草地退化，影响植被生产力及土壤有机质的分解和积累速率，进而影响土壤碳储量和生态系统的碳循环。科研人员以内蒙古荒漠草原为对象，研究不同放牧强度对草原的影响，实验数据如下表和下图所示。

放牧强度	土壤有机碳储量 / (g · m <sup>-3</sup> )			
	0~10 cm	10~20 cm	20~30 cm	30~40 cm
无	2 264.83	2 208.22	2 087.53	1 913.15
轻度	2 688.23	2 599.37	2 390.30	2 016.26
中度	2 810.76	2 445.04	2 196.60	1 937.47
重度	2 246.72	1 984.55	1 903.48	1 682.68



请回答下列问题：

(1) 据表中信息，描述不同放牧强度条件下、不同深度土壤中有机碳储量的变化趋势。

(2) 长期的重度放牧会降低土壤有机碳的储量，根据实验数据分析其中的原因。

(3) 根据研究结果，你对荒漠草原上的放牧强度有何建议？从维持生态系统稳定性角度阐述你的理由。



## 正在走向灭绝的灵长类动物

你见过僧帽猴、蓝眼黑美狐猴、白秃猴吗？你知道有的灵长类动物像老鼠一样小吗？

灵长目下共有500多个物种，它们主要栖息在热带雨林，其中有2/3的物种分布在巴西、马达加斯加、印度尼西亚或是刚果民主共和国。灵长类动物会给树木授粉，传播种子，对热带雨林的存在起到了关键作用。它们是人类在生物学上最近的亲属，观察它们能帮助人类了解自身的演化。



白秃猴

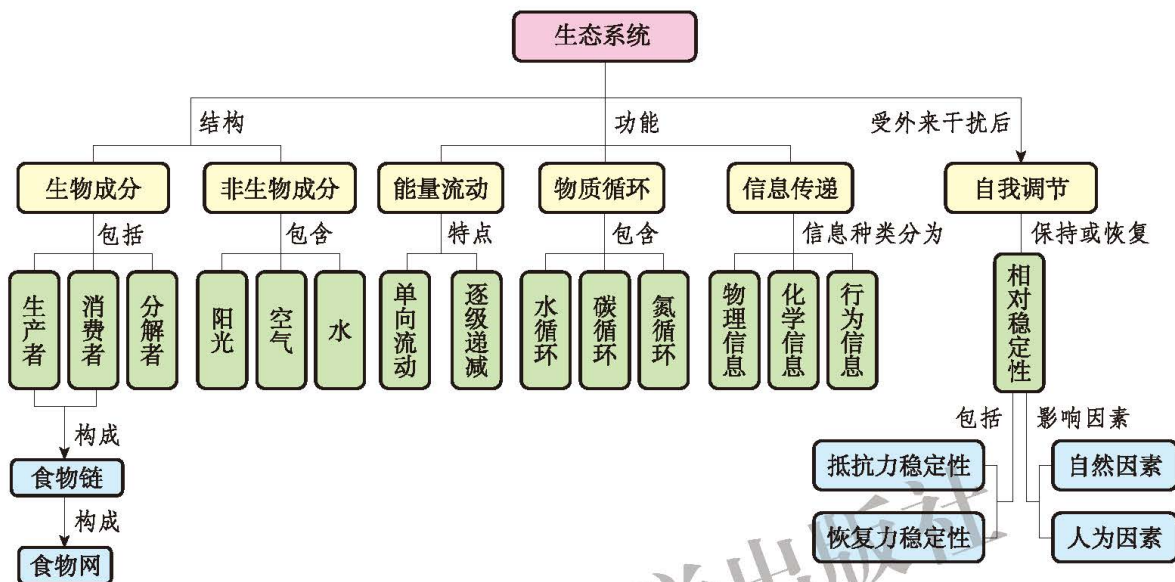
很多种灵长类动物的数量正在下降，若不采取行动，这个问题可能会更加严峻。灵长类动物面临的主要威胁是栖息地丧失，它们居住的森林被人类砍伐，或是改造成了农场、牧场。它们被人类捕获后当作宠物或者售卖残躯。道路建设、油气开采、矿物开采、污染、疾病和气候变化等，这些因素使威胁的清单越来越长，而且这些因素往往还会共同作用。

要减小对灵长类动物及其栖息地的压力，人类就必须降低对许多物资的需求，如热带硬木、棕榈油、大豆、橡胶、矿物和化石燃料等，同时推广那些可再生资源。我们必须认同一点——与可有可无的奢侈消费相比，其他物种的存亡更重要。



## 本章小结

### ● 基础知识梳理



各种生物与它们所处的环境构成一个相互依存、相互影响的整体，这样的—个整体具有一定的能量流动、物质循环和信息传递的功能。生产者主要通过光合作用固定能量并将其储存于有机物中。有机物中的能量沿食物链在生物群落中单向流动、逐级递减。伴随着能量流动，环境中的各种物质也实现了特定而复杂的循环，包括水循环、碳循环以及氮循环等。当人为因素或自然因素对生态系统的结构和功能形成一定干扰的时候，生态系统一般会表现出一定的维持稳定的能力，即稳定性。但干扰强度过大，则往往导致生态系统偏离原有的平衡甚至趋于崩溃。

### ● 学科素养提示

通过调查农田生态系统的能量流动、观察某些动物的信息传递、设计保持和提高生态系统稳定性的方案等实践活动，使用图示、文字和数字等方式表征和说明生态系统中能量流动、物质循环和信息传递的过程和特征，根据能量流动、物质循环和信息传递特点或规律，尝试为科学利用生态系统中的资源等提出可行方案。从生态系统具备有限自我调节能力的视角，预测和论证某一因素对生态系统的干扰可能引发的多种潜在变化。树立保护环境、维护生态平衡的社会责任意识，使社会经济发展和生态系统稳定相协调。





## 第 4 章

# 人与环境和谐发展

“明月别枝惊鹊，清风半夜鸣蝉。稻花香里说丰年，听取蛙声一片。”辛弃疾的词中描绘了一派和谐美好的田园风光，明月、清风、稻花香、鹊、蝉、蛙……都能带给人们愉悦的感受。然而，随着全球城市化发展，人与自然之间的关系也在发生着变化。人类活动对环境会产生什么影响呢？怎样才能实现人与环境的和谐发展呢？



### 学习目标

1. 在理解人类活动对生态系统的动态平衡有着深远影响的基础上，形成人与自然和谐发展的生命观念，阐述保护环境是人类生存和可持续发展的必要条件。
2. 基于人口增长速率以及人口增长对环境影响的事实，能运用归纳与概括、演绎与推理等科学思维方法阐释人口增长与环境保护之间的关系，论证控制人口增长和保护环境的重要性。
3. 针对酸雨对环境的影响，能选用简单的仪器，设计实验方案，完成大气降水酸度的测试，讨论当地环境存在的主要问题。
4. 主动关注生物多样性对维持生态系统稳态以及人类发展的重要意义，能运用稳态与平衡观，提出相应的人与环境和谐相处的合理化建议。



## 第一节 人口增长对环境的影响

1987年7月11日，世界人口达到了50亿。为纪念这个特殊的日子，联合国发展规划署理事会将每年的7月11日定为世界人口日，以唤起人们对世界人口问题的关注。世界人口增长现状是什么样的呢？人口增长会给环境带来什么影响呢？

### 世界人口快速增长



#### 寻找证据 阅读

阅读表4-1，重点关注世界人口变化趋势。

表4-1 1960—2015年世界人口的变化情况

年份	人口 / 亿	年份	人口 / 亿
1960	30.34	1990	52.85
1965	33.25	1995	57.10
1970	36.85	2000	61.18
1975	40.66	2005	65.17
1980	44.38	2010	69.31
1985	48.43	2015	73.55

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 将表4-1数据绘制成折线图，说明世界人口的变化趋势。
2. 世界人口快速增长的原因是什么？

世界人口总数由1960年的30.34亿增加到2015年的73.55亿（图4-1）。基本上每五年增长4亿，表现为快速增长。世界人口快速增长的原因是医疗水平的提高和农业技术的进步，使人类的死亡率下降、寿命延长。

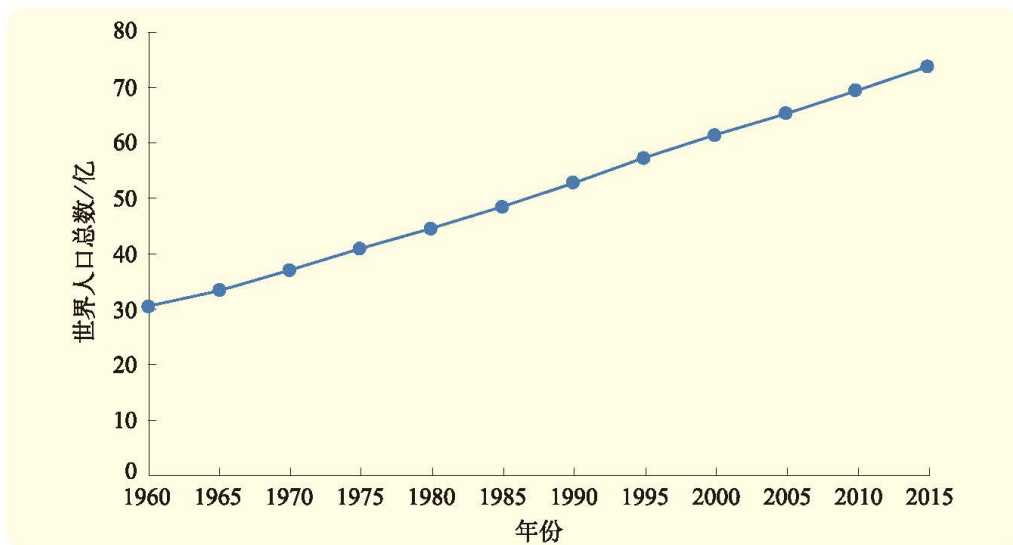


图 4-1 1960—2015 年世界人口数量增长曲线

我国是世界上人口最多的国家，2018 年年底，我国总人口为 13.95 亿，比 1949 年年底的 5.42 亿增加了 8.53 亿。1985—2018 年我国人口自然增长率如图 4-2 所示，人口增长率呈现逐渐减缓的趋势，但是我国人口基数大，人口增长绝对量仍然很大。

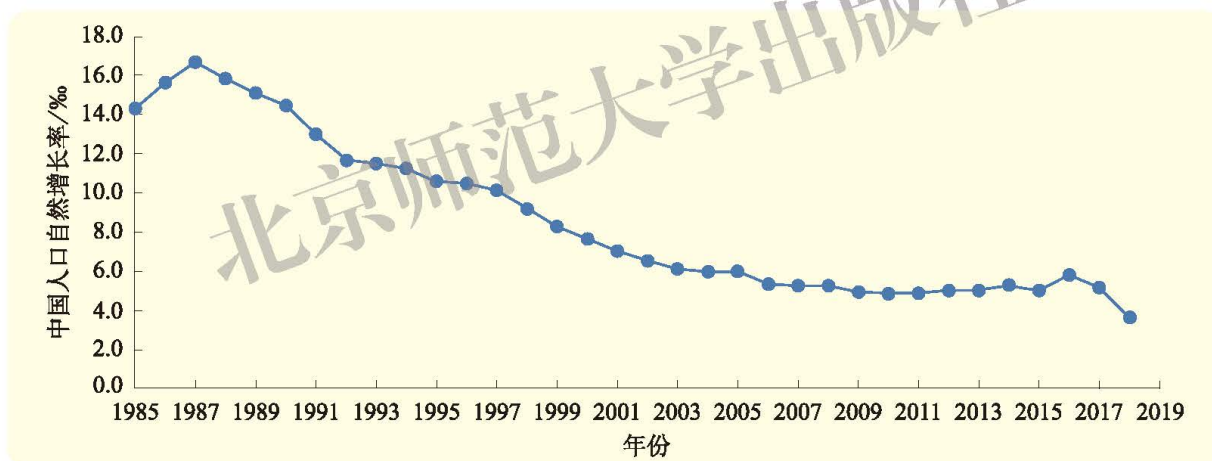


图 4-2 1985—2018 年中国人口自然增长率变化曲线

## 人口增长加大对自然资源的利用

水是生命之源，尽管地球表面约 70% 被水覆盖，但是淡水资源占地球总水量的比例不足 3%，而能被人类直接利用的淡水资源又不足淡水总量的 0.3%（图 4-3），可见地球上的淡水资源是非常宝贵的。随着人口的快速增长，世界用水量也在逐年增加。据联合国预计，到 2030 年，世界各地面对的“全球水亏缺”，即对水的需求和水补给之间的差距可能高达 40%。水危机已经严重制约了人类社会的可持续发展。虽然我国水资源总量居世界第 6 位，但是我国人口众多，因此人均占有的水资源仅为世界人均占有量的 1/4，我国水资源问题十分严峻。



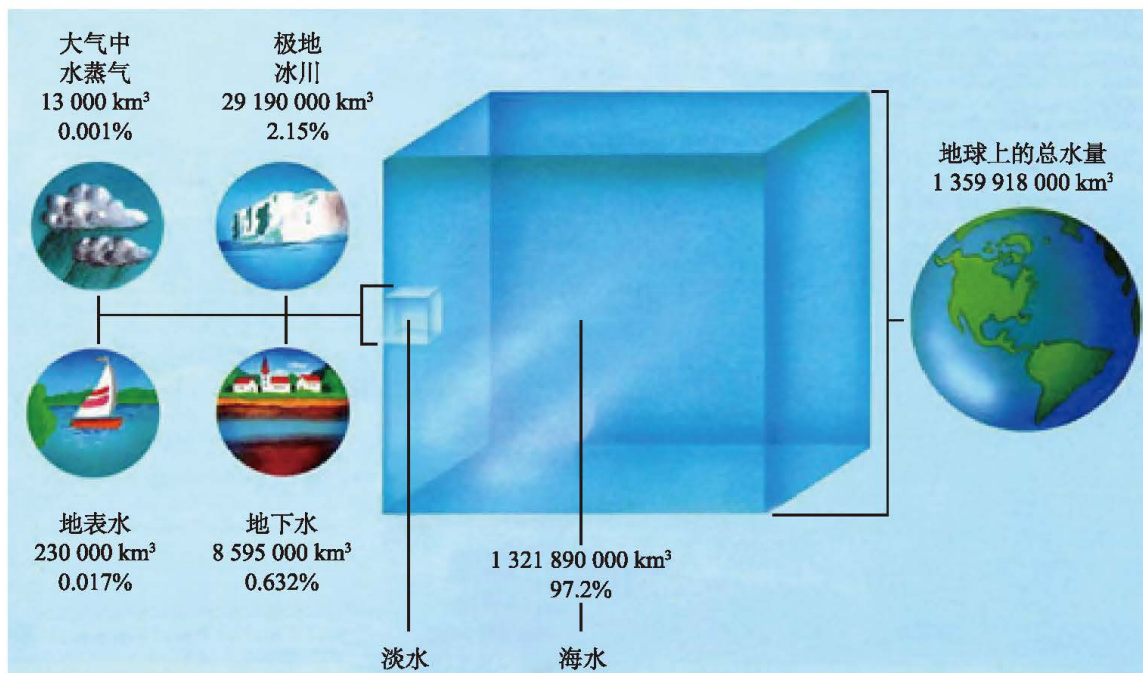


图 4-3 世界水资源示意图

人口的过快增长加大了对土地资源的利用。随着我国经济的快速发展，城镇化进程不断加快，人们对土地的需求越来越多，大量的耕地不断被城镇化发展所利用，导致耕地面积不断减少。此外，人口过快增长增加了能源的消耗。目前世界上 80% 以上的电力来自燃煤或燃油的火力发电厂。化石燃料储量虽然可观，但属于不可再生资源。在人口急剧增长的情况下，能源的需求量越来越大，化石燃料有可能枯竭，导致“能源危机”。虽然我国许多重要资源、能源储量位居世界前列，但人均拥有量远低于世界平均水平。同时，我国能源和水资源的分布又极不平衡，进一步加剧了资源的供求矛盾。未来几十年，随着我国人口的持续增长，人均拥有耕地、淡水、森林资源和一些重要矿产资源量将进一步下降。

## 人口增长对环境造成压力

人口增长会加剧水资源的污染。虽然造成水污染的原因多种多样，但绝大多数水污染是由人类活动引起的，如工业、农业、采矿业等废水排放和人们生活污水排放等。随着人口增长和工业化发展，我国废水排放量曾一度呈逐年增加趋势（图 4-4）。引起水污染的污染物种类很多，其中铅、铬、镉、汞以及类金属砷等对生物具有显著的毒性，而且还会通过生物的富集作用进入人体，造成慢性中毒或严重疾病。例如，水俣病就是由汞污染造成的。含各种有机物和无机物的工业废水和生活污水，为水中的藻类、浮游生物等提供丰富的营养物质而导致其大量繁殖，消耗水中的溶解氧，从而影响鱼类和其他水生生物的生存。

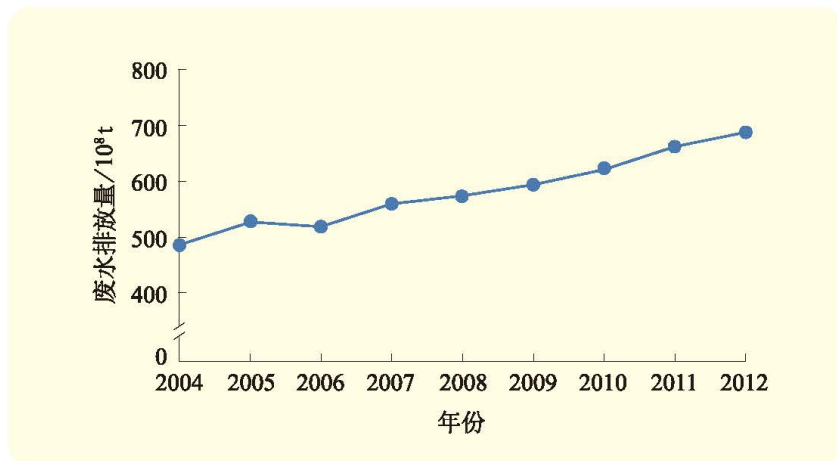


图 4-4 2004—2012 年全国废水排放量变化趋势

人口增长加剧了空气污染。随着工业及交通运输等事业的迅速发展，特别是煤和石油的大量使用，产生的大量有害物质如烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、碳氢化合物等被排放到大气中。当其浓度超过一定量时，会对人体、动物、植物等产生不利的影响。近年来，人们非常关注  $PM_{2.5}$ 。 $PM_{2.5}$  是指环境空气中直径小于或等于  $2.5\ \mu\text{m}$  的颗粒物。 $PM_{2.5}$  粒径小，活性强，易附带有毒、有害物质（如重金属、微生物等），且在大气中的停留时间长、输送距离远，对大气环境质量和人体健康的影响很大。

人类不恰当地开发利用资源导致自然资源衰退，如植被减少、水土流失、土地荒漠化和生物多样性降低等。其中，土地荒漠化已经成为全球性的环境问题，是导致贫困和饥饿的主要原因之一。随着人口增长，一方面，人们大肆砍伐森林，过度开发林草资源，使地表植被破坏，水土流失加剧；另一方面，人们不合理地耕种与放牧，大量施用农药、化肥，使土壤肥力下降，耕地、草地逐渐退化，最终导致了土地沙化及荒漠化（图 4-5）。据统计，全世界每年水土流失量高达  $2.4 \times 10^{13}\ \text{kg}$ ，大量肥沃土层流失使荒漠化的土地面积不断扩大。



图 4-5 过度放牧导致的土地沙化



固体废弃物一般是指人类在生产和生活过程中产生的固态或半固态废弃物质，如植物的枯枝落叶、动物的排泄物、人类生活中的各种垃圾、工业生产过程中的排出物等。随着人口增长和社会经济的不断发展，工业生产规模不断扩大，固体废弃物排放量也与日俱增。固体废弃物如果处理不当，不仅占用大量的土地资源，而且污染土壤、地表水、地下水 and 大气，并对人类健康造成重大影响。

人口增加对环境造成了很大压力，我们应积极应对人口增加对环境造成的压力并采取有效措施来保护环境。例如，垃圾分类就是一项很有效的措施。生活垃圾一般分为可回收物、餐厨垃圾、有害垃圾和其他垃圾四大类（图 4-6）。其中可回收物主要包括废纸、塑料、玻璃、金属等；餐厨垃圾由于有机物和油脂含量高，可采用厌氧发酵制沼气发电或堆肥的方式处理；有害垃圾是指含有对人体健康有害的重金属、有毒的物质或者对环境能造成危害或有潜在危害的废弃物，如废电池、废家电、过期药品等，由有相应危险废物处理经营许可证的企业进行处理。通过生活垃圾分类，将可回收物分离出来，可以提高废品回收利用率，使资源得到循环利用，同时还能减少生活垃圾处理过程中对水源、土壤和大气的二次污染。



图 4-6 生活垃圾分类标志

垃圾是放错位置的资源，通过垃圾分类投放和分类回收可以减轻环境压力，还可以节省土地、减少污染并实现资源的再生，是实现可持续发展的重要方面。每一个人都应该提高参与垃圾分类活动的积极性，增强为人类社会和经济可持续发展承担义务的责任感。

实践应用 交流

### 经济发展与环境保护的关系

随着世界人口的增长以及世界经济的迅速发展，环境破坏的问题越来越严重，环境保护问题已成为全人类共同关心的社会问题之一，是人类生存和发展面临的重大挑战。“绿水青山就是金山银山”，经济的发展与环境的保护是一种相互依存、相互制约的关系。在经济迅速发展的年代，我们将如何通过处理好经济发展与环境保护问题来保持经济发展与生态环境的平衡呢？请搜集相关资料，并进行交流讨论。

### 检测评价

1. 人口对环境的压力指数与区域内人口密度、面积、耕地面积、环境质量等关系密切。通过开展人口对环境压力指数的调查,可以为区域性可持续发展规划的制定提供可靠依据。研究人员研究了北京、天津、河北、上海、浙江和广东6个省市1990—2010年区域人口对环境的压力指数,结果如下表所示。

省或直辖市	人口对环境的压力指数				
	1990年	1995年	2000年	2005年	2010年
北京	21.49	26.69	31.48	35.45	49.76
天津	19.68	24.17	24.33	29.04	42.85
河北	3.22	4.20	4.27	5.41	8.39
上海	64.36	74.13	86.98	100.72	143.74
浙江	9.64	10.86	11.23	12.68	15.81
广东	9.19	11.67	13.62	15.26	19.29

请回答下列问题:

(1) 人口快速增长对环境产生的影响有( )。

① 空气污染    ② 水资源不足    ③ 太阳能不足    ④ 水土流失

A. ①②③    B. ①②④    C. ①③④    D. ②③④

(2) 据表中数据分析,人口对环境压力指数最大的城市是\_\_\_\_\_,分析可能的原因。

(3) 6个省市在1990—2010年人口对环境的压力指数的共同点是什么?为什么?

2. 土壤是人类赖以生存的自然环境和农业生产的重要资源,为研究重金属离子污染对当地农作物的影响,研究者测定了某矿区附近农田不同种类蔬菜的铅、镉富集系数(生物体内污染物的平衡浓度与其生存环境中该污染物浓度的比值),结果如下表所示。

蔬菜类型	蔬菜种类	重金属的富集系数	
		铅	镉
叶菜类	大白菜	0.001 3	0.022 8
	卷心菜	0.001 1	0.013 2
	菠菜	0.001 8	0.184 3
	生菜	0.001 1	0.063 3
果蔬类	番茄	0.000 0	0.003 6
	南瓜	0.000 1	0.000 2
	辣椒	0.000 1	0.021 7
	茄子	0.000 4	0.038 1



请回答下列问题：

(1) 为更直观地比较叶菜类和果蔬类植物对重金属镉的富集系数的差异性，请将表中叶菜类和果蔬类植物对重金属镉的富集系数转化为柱状图。

(2) 根据表中数据分析叶菜类和果蔬类植物对重金属铅和镉的富集系数的差异。

(3) 根据表中数据，为减少重金属污染对人体健康的危害，请提出对当地蔬菜种植生产的合理化建议。

(4) 查阅资料，分析土壤重金属污染的主要来源是什么，并为修复土壤重金属污染提出你的建议。

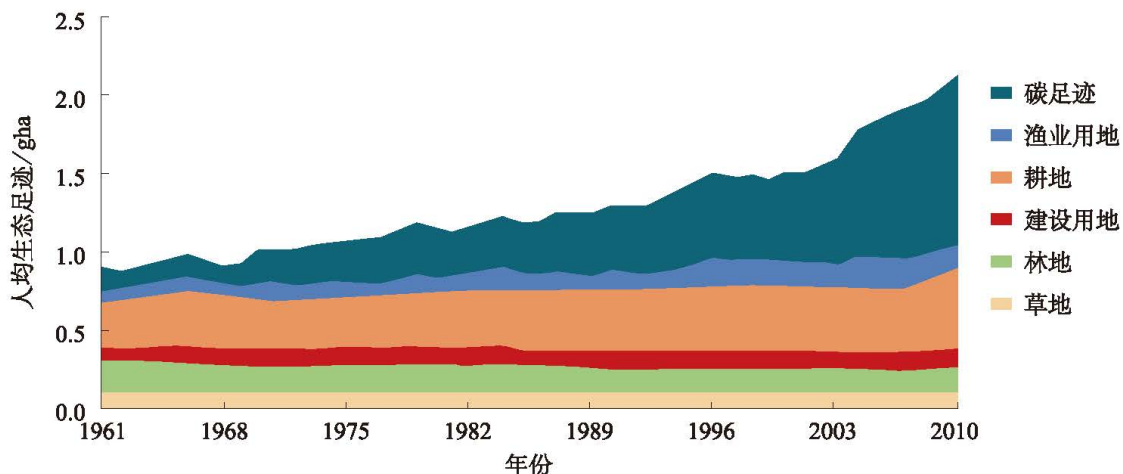


### 开阔眼界

## 生态足迹

生态足迹是指能为一个特定生活标准的人群提供所需的资源、处理其废弃物的陆地与水域面积。其组分包括耕地、草地、林地、渔业用地、建设用地和碳足迹（碳吸收用地）。生态足迹是用来衡量人类对自然资源的需求与消耗的有效工具，它将地区可再生资源供需状况加以量化，为环境经济政策的制定和生产、消费模式的选择提供参考，为推进生态文明建设提供依据。

2010年，我国的人均生态足迹为2.2 gha（gha，全球公顷，即每公顷具有全球平均产量的生产力空间），低于全球平均的人均生态足迹（2.6 gha）。由于人口数量大，我国生态足迹总量是全球各国中最大的。不断增长的人口与人均消费是导致我国生态足迹总量增长的原因。1961—2010年，我国的人均生态足迹保持相对稳定，增长最快的组分是碳足迹。2010年，碳足迹占我国总生态足迹的51%，其次是耕地足迹，占25%。



1961—2010年中国生态足迹的组分构成

## 第二节 环境问题对人类生存与可持续发展的影响

人类过度利用自然资源，导致在短时间里全球发生了巨大变化，引起了一系列全球性的环境问题，这些环境问题会给人类社会经济可持续发展造成什么影响呢？

### 全球气候变化威胁人类生存环境



#### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注全球表面平均温差变化趋势。

图 4-7 所示为 2014 年 10 月，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布的第五次评估报告中全球表面平均温差变化（相对于 1961—1990 年的平均温度）。

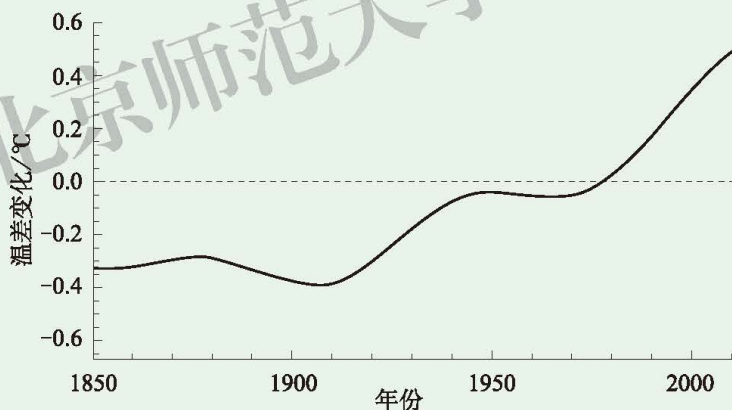


图 4-7 全球表面平均温差变化趋势图

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 1850—2010 年，全球表面平均温差变化趋势是什么？
2. 导致全球表面平均温差变化的主要原因是什么？
3. 全球表面平均温差变化可能带来的危害有哪些？

从 1850 年至 2010 年全球表面平均温差呈现上升的趋势，上升幅度约为  $0.9^{\circ}\text{C}$ 。尤其是在最近几十年中，全球变暖趋势明显。20 世纪中叶以来，我国气温上升也很明显，平均每 10 年约升高  $0.23^{\circ}\text{C}$ 。



全球变暖主要与二氧化碳排放量有关。大气中的二氧化碳、水蒸气和其他一些气体不仅能使太阳辐射几乎无衰减地穿透大气层到达地球表面，而且能阻挡地球向外层空间散发热量，其原理类似温室升温，因此，这类气体被称为“温室气体”。导致地球表面温度升高的现象被称为“温室效应”（图 4-8）。大气中能产生温室效应的气体有近 30 种，起主要作用的包括二氧化碳、甲烷和氧化亚氮等。

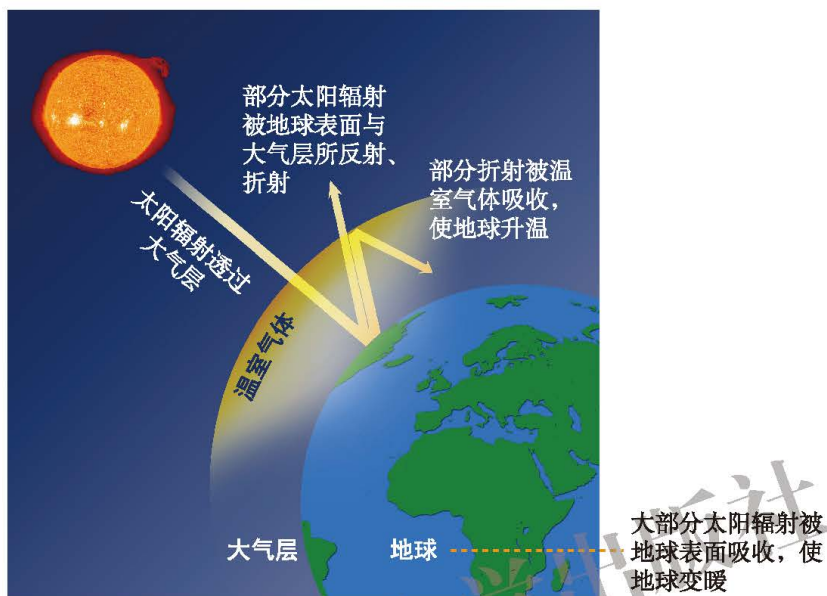


图 4-8 温室效应示意图

由于能源的过度使用和自然资源的过度开发，打破了大气层中二氧化碳浓度的平衡，导致更多的二氧化碳滞留在大气层中，从而引起全球气候变化。随着全球工业化发展，1965—2014 年全球二氧化碳排放量呈逐渐上升趋势（图 4-9），这和全球表面平均温度变化趋势基本一致。近些年来，全球二氧化碳排放量增长速度放缓，主要原因是燃煤使用减少，天然气、风能和太阳能的使用逐渐增多。

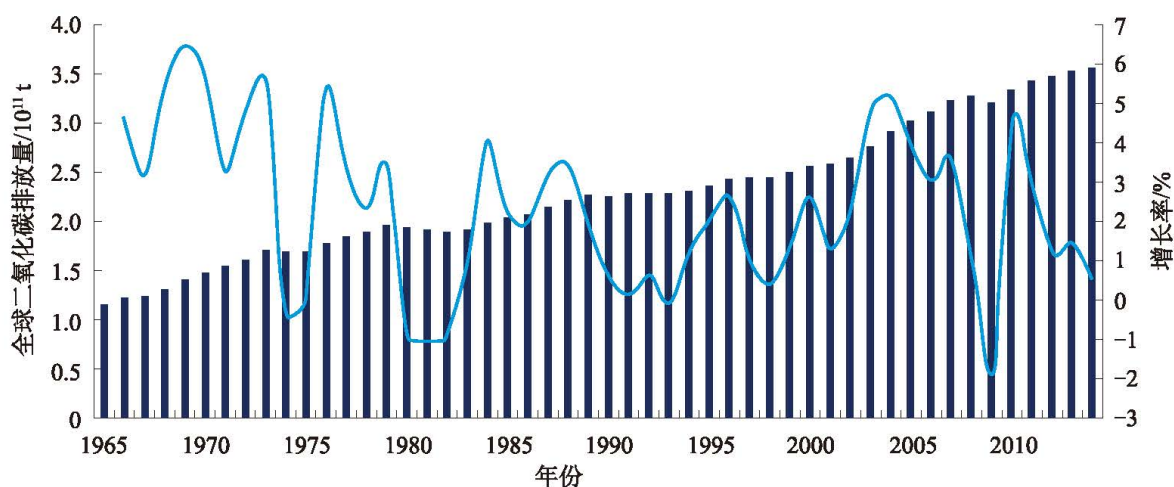


图 4-9 1965—2014 年全球二氧化碳排放量及增长率

曲线代表增长率，柱形代表全球二氧化碳排放量

全球变暖对地球最直接的影响是冰川融化、海平面上升（图 4-10）、潮滩生态格局变化等。此外，全球变暖也会导致旱涝灾害频发、病虫害加剧、农业减产、植被破坏、水资源分布不均、人类健康受到影响等后果。



图 4-10 全球变暖产生的直接影响

## 臭氧空洞导致地球遭受紫外线辐射危害

距离地面 20~30 km 的天空中有一层含有高浓度臭氧的平流层，它能有效地阻挡紫外线到达地球表面，减少紫外线对地球生命的伤害。

1985 年，英国科学家发现，南极上空的一片臭氧层变薄，形成了一个臭氧“空洞”（图 4-11）。有研究表明，南极臭氧空洞自 1979 年以来一直在扩大，而且在北极上空和其他中纬度地区也出现了不同程度的臭氧层破坏现象。

一般认为，人类过多使用氟利昂是导致臭氧层破坏的主要原因。氟利昂在紫外线的作用下被破坏，产生较为活跃的氯原子。一个氯原子可以相继破坏成千上万个臭氧分子，因而造成臭氧层中的臭氧分子不断减少（图 4-12）。除氟利昂外，不含氟的某些物质如四氯化碳、三氯乙烯、三氯甲烷等也都可以破坏臭氧层。

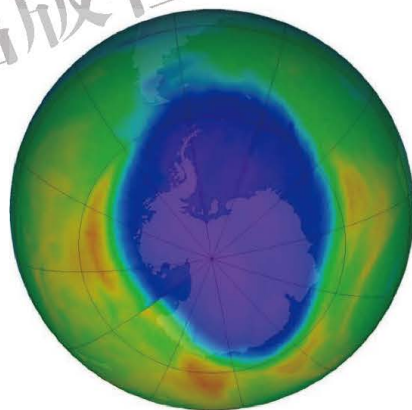


图 4-11 南极臭氧空洞

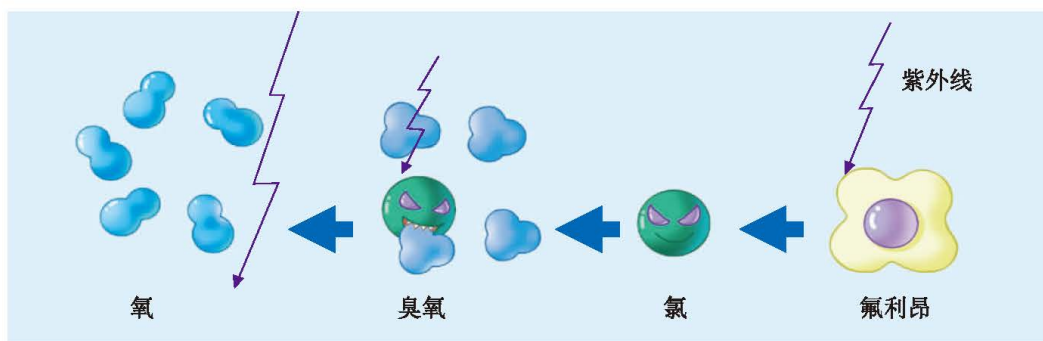


图 4-12 氟利昂破坏臭氧示意图



臭氧层的破坏，导致到达地球表面的紫外线明显增加，给人类健康和生态环境带来严重的危害。长期的超量紫外线照射，导致人类皮肤癌和白内障发病率上升。过量的紫外线对自然界的动植物也有不同程度的危害。例如，臭氧层变薄、紫外线辐射增加，导致浮游植物数量下降。为减少氟利昂排放，人们已经研制出了氟利昂替代品作为制冷设备的制冷剂，我国政府已承诺逐渐减少乃至不制造使用氟利昂。

## 酸雨导致区域生态系统紊乱

你是否发现，放在室外的自行车，尤其是被雨水淋之后锈得特别快？仔细观察，也许你会发现更多类似的现象存在，这是什么原因导致的呢？

酸雨是导致室外自行车等快速生锈的主要原因。所谓酸雨是指因空气污染而造成的酸性降水。通常情况下，pH 低于 5.6 的降水为酸性降水。自 20 世纪 30 年代以来，科学家发现许多地区出现了酸性降水，这种比正常雨水酸性强的降水，主要是由大气中的二氧化硫、氮氧化物等引起的。煤和石油燃烧产生的二氧化硫、氮氧化物等在大气中发生光化学反应，其产物溶于水蒸气形成酸性溶液，并随雨水等降回地面形成酸雨（图 4-13）。人类排放的二氧化硫和氮氧化物等能通过空气流动长距离输送，因此，酸雨是一个没有国界的世界性环境污染问题。



图 4-13 酸雨形成过程示意图

酸雨的危害是多方面的。酸雨可以破坏植物叶片表面组织结构，使大片森林衰亡。酸雨可以使河流、湖泊等水体酸化，抑制水生生物繁殖和生长，导致水生生态系统紊乱。酸雨可以使土壤酸化，导致土壤营养成分流失，降低土壤肥力；同时，酸雨还能把某些有毒重金属离子淋洗出来，使这些有害物质进入地表或地下水系统污染水源。

全球气候变化、水资源短缺、臭氧层破坏、酸雨、荒漠化和环境污染等全球性环境问题对生物圈的稳态造成威胁，同时也对人类的生存和可持续发展造成影响。

人类大规模开发和利用自然资源是导致全球性环境问题的重要原因。例如，全球性气

候问题主要是由大气中的二氧化碳等温室气体导致的。化石燃料是二氧化碳、二氧化硫的主要来源。控制化石燃料的消耗是减缓全球性气候变化的重要举措。通过创新科学技术提高化石燃料的能效，并开发其他形式的能源，如太阳能、核能、风能等，可以减少对化石燃料的依赖。同时，通过植树造林等也能有效地提高植物对大气中二氧化碳的固定。

防治污染，让人们拥有天蓝、地绿、水净的美好家园，是中国梦的重要组成部分。中国不断加强污染防治力度，先后出台了“大气十条”“水十条”“土十条”等防治大气污染、水污染和土壤污染的纲领性文件，并在实施中取得了积极进展和显著成绩。未来，中国将继续打好这“三大战役”，擦亮绿水青山。

### 实践应用 实验 (选做)

## 大气降水酸度的简易测试

### ● 目的要求

1. 进行大气降水酸度的简易测试。
2. 尝试判断酸雨污染程度。

### ● 实验原理

自然环境及人类生产、生活向大气中排放的  $\text{SO}_2$  和氮氧化物在和水反应后最终形成硫酸和硝酸，溶于雨、雪等中，即形成酸雨。可采用 pH 计或 pH 试纸对降水进行酸度测试，评估降水酸度。

### ● 材料用具

玻璃棒，烧杯；pH 计（精密 pH 试纸）等。

### ● 实验步骤

1. 降水时，将准备的烧杯放到室外开阔地接取雨水（雪），避开污染物。
2. 每隔 10 min，用烧杯取雨水（雪）少许，立即用 pH 计（精密 pH 试纸）测雨水（雪）的 pH，检测 5~6 次。
3. 记录实验结果，并绘制雨水（雪）的 pH 变化曲线。

### ● 思考讨论

根据实验结果，分析当地降水是否属于酸性降水。降水的 pH 最低是多少，呈现什么样的变化趋势。

### 检测评价

1. 在全球变暖的背景下，我国年平均地表气温明显增加，气温的升高对农业和森林生态系统有着重要的影响。



请回答下列问题：

(1) 导致全球变暖的主要气体是 ( )。

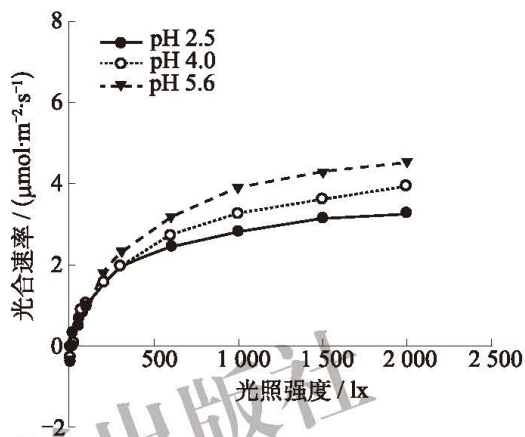
A. CO<sub>2</sub>      B. SO<sub>2</sub>      C. NO      D. H<sub>2</sub>S

(2) 下列属于全球变暖所造成的后果是 ( )。

A. 海平面上升    B. 臭氧层增厚    C. 固体废弃物增多    D. 酸雨减少

(3) 查阅相关资料，分析气温升高对农业和森林生态系统的影响。

2. 为判断酸雨是否会对亚热带森林产生影响，以便更好地对已退化的森林进行恢复，研究者配制 pH 为 2.5、4.0、5.6 的三种酸雨喷洒液喷洒马尾松幼苗，测定其对马尾松光合速率的影响，结果如右图所示。请回答下列问题：



(1) 酸雨对马尾松光合速率的影响是什么？查阅资料分析可能的影响机制。

(2) 酸雨除了对植物的光合作用有影响外，还会影响植物种子的萌发，设计实验方案探究酸雨对小麦种子萌发率的影响。

(3) 自然界中形成酸雨的机制和主要原因是什么？写出控制酸雨的两个方法。



开阔眼界

## 蝴蝶对全球气候变化的响应

生物对全球气候变化的响应已经引起人们的广泛关注。蝴蝶种类繁多，分布广，是多种植物传粉的媒介昆虫，大多对气候变化敏感，在全球生态系统中占有重要的地位。温度是决定蝴蝶生长发育速率的重要因素，全球变暖能加快蝴蝶的发育，导致其幼虫期变短，羽化时间提前，成虫期变长，飞行时间延长。全球变暖还拓宽了蝴蝶的生存区域，导致蝴蝶地理分布扩大，使蝴蝶栖息地向高纬度和高海拔区域扩散。

全球变暖对蝴蝶的种群动态和物种多样性有重要影响。蝴蝶是传粉昆虫，成虫的食物资源与相关植物的花期密切相关。由于气候变化对不同蝴蝶和植物的影响程度不同，有些蝴蝶能够跟踪植物物候变化，从而获取充足的食物资源。但大多数蝴蝶物种与相关植物之间的物候同步性会有差异，导致蝴蝶食物资源减少，种群数量急剧下降，对蝴蝶的物种多样性造成巨大的威胁。

## 第三节 生态环境的保护

藏羚羊是我国青藏高原的特有物种，在历史记录中，藏羚羊的数量曾达到百万只之多，由于不法分子的滥捕和偷猎，藏羚羊种群数量急剧减少到4万多只。近年来，我国政府大力加强环境保护力度，实行最严格的环境保护制度，保障人与自然的可持续发展。随着环境的改善和武装盗猎活动的减少，藏羚羊数量已突破30万只。藏羚羊数量的增加是我国生物多样性保护的重要成果，如何实现生物多样性的保护呢？



### 寻找证据 搜集

通过查阅图书和相关网络资源以及相关保护区进行走访，搜集全球及我国生物多样性变化趋势和重点保护野生动植物的生存现状。

根据搜集获得的信息，思考下列问题：

1. 全球及我国生物多样性的变化趋势是怎样的？
2. 生物多样性对人类有什么意义？
3. 我国在保护大熊猫、藏羚羊、丹顶鹤等珍稀物种方面采取了哪些措施？

### 生物多样性对维持生态系统稳定和人类生存发展有着重要意义

存在于大自然中的各种各样的生物和它们赖以生存的水、空气、土壤一起构成了人类的生活环境，可以为我们的衣食住行提供各种基本生活资源以及相关的生物资源产品，在我们的生活中时时处处体现着生物多样性的价值。生物多样性还可以为人类提供娱乐和休闲价值，如观鱼、赏花、森林浴等。除此之外，生物多样性还具有哪些重要意义呢？

不同种群生活在一个生物群落中，相互依存、相互作用形成一个生态系统。如果生态系统中某一个物种消失了，那么这个区域内可能会产生一系列的变化。例如，在草原生态系统中，如果某种草在食物链或者食物网中消失了，则兔的数量会相应减少，随之狼的数量也会受到影响。生物多样性丰富会使生态系统的结构更稳定。一个生态系统中生物多样性越丰富，物种自身的生存能力和对环境的适应性越强，生态系统的缓冲和补偿能力就越强。

除此之外，生物多样性在涵养水源、保护土壤以及调节气候等方面发挥着重要的作用。黄河流域是中华民族的摇篮，那里曾经肥原沃土，物产丰富，树木林立，百花芬芳，各种野生动物四处出没，是一片十分富饶的土地，然而由于历史上发生的常年的战争及人



类过度的开发利用，生物多样性受到严重破坏，水土流失、土地荒漠化严重。自20世纪70年代起，我国实施了“三北”防护林工程，生物多样性得到了一定程度的恢复，荒漠化进程得到了抑制，森林覆盖率逐年上升，环境不断得到改善。

生物多样性对人类的生存至关重要。一方面，人类呼吸需要氧气，而地球上的大部分氧气都是由植物等产生的。人类所需要的食品来自各种生物，如牛肉、鸡肉等肉类食品，鲫鱼、金枪鱼等水产品，以及蔬菜、水果等。另外，自然界的生物资源也为人类提供大量的生产原料，如皮毛、皮革、纤维、油漆、香料和胶脂等。另一方面，维持生物多样性有利于人类的健康。许多植物是药物的来源。例如，抗疟疾的青蒿素最初是从菊科植物黄花蒿（图4-14）叶中提取分离的；抗癌药物紫杉醇从太平洋紫杉（图4-15）中提取而来等。许多真菌也是预防和治疗疾病的药物来源，如青霉素来自青霉菌，环孢菌素来自雪白白僵菌等。生物多样性还为人类提供服务价值，如生态旅游、展览参观和科研教学活动等。

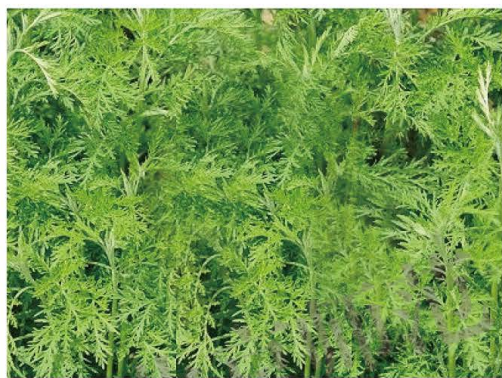


图4-14 黄花蒿



图4-15 太平洋紫杉

以上事实说明，生物多样性对维持生态系统的稳定性以及人类生存和发展具有重要意义。

## 就地保护和迁地保护是保护生物多样性的重要措施

地球上的生物多样性对人类的生存和发展有着重要意义，而人类却有意或无意地破坏了生物的生存环境，使生物物种减少或灭绝。世界自然保护联盟2016年9月公布的濒危物种红色名录显示，在该组织收录的82 954个物种中，有23 928个物种还在遭受灭绝的威胁。物种的减少使生物多样性降低，对人类自身的生存和发展构成了巨大威胁。因此，保护生物多样性就是保护人类自己。

生物多样性的保护主要包括就地保护和迁地保护两种途径。就地保护是指通过建立自然保护区，在野生动植物的栖息地对物种和生物群落实施有效的保护，使已经遭受破坏的生物物种得到恢复，这种措施能够有效地保护生物物种的自然属性。例如，四川卧龙国家级自然保护区主要保护西南高山林区自然生态系统及大熊猫（图4-16）等珍稀动物。



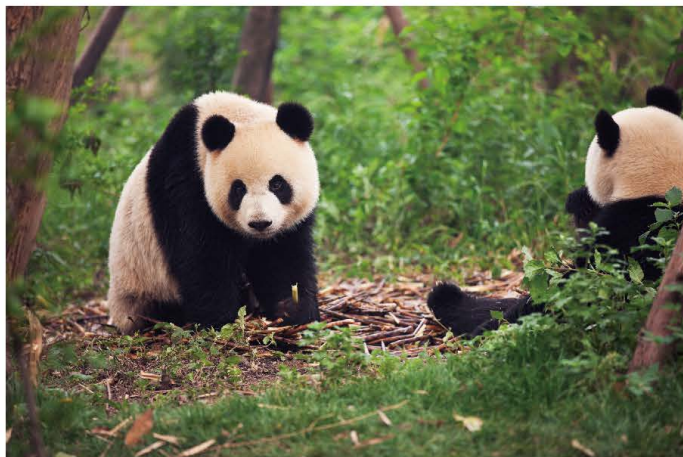


图 4-16 四川卧龙国家级自然保护区的大熊猫

迁地保护也称为易地保护，是将生物多样性的成分，从其原来的栖息地迁移到条件良好的人工环境中，易地进行有效保护的一种方式。迁地保护可以建立起能够自我维持的人工种群，在适宜情况下再放归自然。对于一些野生种群数量太少，或适合其生存的自然栖息地已经被破坏殆尽的濒危物种，迁地保护是最好的或唯一的选择。例如，长江江豚（图 4-17）目前已被我国列为国家一级保护动物，其数量呈急剧减少的趋势，通过迁地保护可对丧失适宜生境的长江江豚起到保护作用。



图 4-17 长江江豚

## 防治环境污染和控制资源过度利用可促进人与环境和谐发展

18 世纪工业革命后，随着工业的发展，各种环境问题不断出现，环境污染逐渐引起各国政府及民间环保组织的重视，治理污染也成为各国环境保护的重要任务。我国政府积极参与国际环境保护合作，并采取有效措施防治环境污染。到目前，我国相继颁布了《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国环境保护法》等一系列法律、法规，为控制环境污染做出了卓有成效的努力。同时，国家也采取一



系列措施遏制了酸雨、雾霾、河流污染、土地荒漠化等环境问题。

环境污染防治措施很多，包括物理技术、化学技术和生物技术。其中生物技术是与生物科学密切相关的污染治理措施，是通过生物体的吸收、分解、转化等作用，使环境中的污染物浓度降低、毒性降低或消失的污染治理方法，被广泛应用于水体、土壤、大气等多方面的污染治理。

城市污水和工业废水绝大多数采用微生物处理技术。一般情况下，污水处理要经过厌氧处理和好氧处理两个步骤。厌氧处理过程不需要通入新鲜空气，通过水中厌氧微生物的分解作用，将有机大分子物质降解成有机小分子。好氧处理过程需要向水中通入大量的新鲜空气，以促进好氧微生物氧化分解有机物（图 4-18）。处理后的污水经过沉淀，达到国家排放标准要求后，排入江河湖泊或再用于工农业生产。



图 4-18 城市污水处理厂的好氧处理

治理土壤污染可以利用植物或动物能够积累某些化学元素的特性，或利用植物及其根系微生物之间的相互作用，对污染物进行吸附、吸收、转移、降解、挥发，将有毒有害的污染物转化为无毒无害物质，最终使土壤功能得到恢复。

治理大气污染可以利用植物叶片吸收大气中的有毒物质，在体内分解、转化为无毒物质。例如，二氧化硫进入植物叶片后形成亚硫酸和亚硫酸根离子（毒性很强），亚硫酸根离子能被植物氧化并转化为硫酸根离子，硫酸根离子的毒性相对较小，这样植物就能自己降解毒物，避免受害。

开发新能源是控制能源过度利用的重要途径。太阳能（图 4-19）、风能（图 4-20）、核能的利用效率正随着技术的进步而提高，电动汽车正逐渐为公众所接受。生物能在许多国家也逐步得到广泛利用，而且产生了良好的生态效应。可燃冰分布于深海沉积物或陆域的永久冻土中，具有极高的资源价值。2017 年 5 月，我国在南海北部神狐海域进行可燃冰试采获得成功，成为全球第一个实现了在海域可燃冰试采中获得连续稳定产气的国家。新能源的利用不仅可以缓解能源的过度利用，还能减少温室气体和颗粒物的生成，减少环境污染。





图 4-19 太阳能发电



图 4-20 风能发电

## 善待地球是全人类的重要责任

地球是一个整体，一个区域的环境污染和生态破坏，可能导致全球性的环境问题。因此，世界各国及各个地区的人们必须携起手来，在生存观和发展观上进行一次深刻变革，把人类赖以生存和发展的资源、环境以及资本和技术等诸方面要素整合起来，寻求并建立一种可持续发展的战略。

中国作为世界上最大的发展中国家，在国际上扮演着重要角色。到 2016 年 6 月，我国已经缔结或签署了 30 多项国际环境公约。在社会发展的新时期，我国政府提出了人与自然是生命共同体的重要理念，指出人类必须尊重自然、顺应自然、保护自然，人类只有遵循自然规律才能实现人与自然和谐共生。在社会经济发展的过程中必须坚持节约优先、保护优先、自然恢复为主的方针，形成节约资源和保护环境的生产、生活方式，还自然以宁静、和谐、美丽。我国政府在未来将着力做好推进绿色发展、解决突出环境问题、加大生态系统保护力度、改革生态环境监管体制等方面的工作。绿水青山就是金山银山，生态文明建设功在当代、利在千秋，我国政府将牢固树立社会主义生态文明观，推动形成人与自然和谐发展的现代化建设新格局，为保护生态环境努力。

虽然我国已颁布了一系列环境保护法律和法规，但仅有这些政策、法律和法规还远远不够，关键是要树立“环境保护需要从我做起”的意识。在日常生活中，养成节约用电、节约用水、减少浪费的良好习惯，大力倡导低碳生活、绿色消费，营造一个保护环境的气氛，才能使自然环境免遭破坏，使人与环境和谐相处，实现可持续发展。

### 实践应用 调查

#### 调查当地生态环境问题

调查可参考以下提示开展。

1. 通过走访和查阅资料明确当地有哪些生态环境问题。
2. 调查相关问题带来的主要危害，包括危害范围、危害程度等。
3. 小组讨论提出可行的整改措施。



**检测评价**

1. 长白山国家级自然保护区位于吉林省东南部安图县、抚松县与长白县的三县交界处，是我国建立较早的自然保护区，是国家级森林和野生动物类型自然保护区。请回答下列问题：

(1) 建立自然保护区是保护生物多样性的的重要举措之一，保护生物多样性的意义有( )。

- ① 维持生态系统的稳定
- ② 提供多样的食物来源
- ③ 减少工业能源的消耗
- ④ 提供多种药物的来源

- A. ①②③      B. ①②④      C. ①③④      D. ②③④

(2) 保护生物多样性，除了建立自然保护区外，其他措施还可包括( )。

- ① 迁地保护，建立繁育中心
- ② 加强教育和法制管理
- ③ 控制污染源，减少环境污染
- ④ 禁止狩猎，保护栖息地

- A. ①②③      B. ①②④      C. ①③④      D. ①②③④

(3) 长白山自然保护区主要保护森林生态系统，除此之外，你还知道哪些自然保护区？主要保护什么生物呢？

2. 不同种类的植物滞尘能力有很大差异，研究人员对8种主要绿化树种的滞尘能力进行了测定，结果如下表所示。

树种名称	单位叶滞尘量 /g	滞尘能力 / (g · m <sup>-2</sup> )
棕榈	5.012 285	2.935 7
樟树	0.005 780	1.800 7
广玉兰	0.011 353	4.025 1
山茶花	0.026 638	2.890 3
珊瑚树	0.028 063	2.533 4
小叶女贞	0.003 803	2.378 9
桂花	0.004 286	2.089 2
悬铃木	0.003 087	1.324 8

请回答下列问题：

(1) 根据表中数据，滞尘能力最强的植物是哪种？滞尘能力主要与植物的什么形态特征有关？

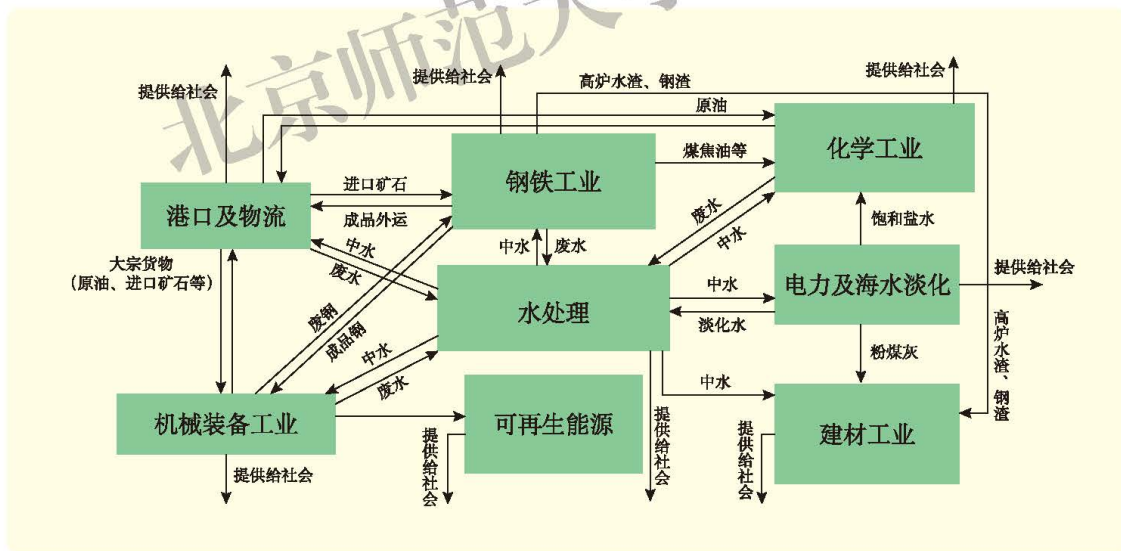
(2) 植物除了滞尘作用外，在环境污染防治中还有什么作用？



## 开阔眼界

### 循环经济

地球是一个自给自足的生态系统。它在太阳能的推动下，不需要补给什么物质，也没有多余的废物。现在有人把这一生态学观念应用于人类社会的经济模式，即人类按照生态学原理建造一个自给自足、不产生污染的封闭的经济或生产体系，使其内部具有极完善的物质循环和更新的性能。也就是说，一种产品排放的废物，可作为下一种产品的原料，依次循环利用，即构成所谓的循环经济链。随着资源的日趋减少，发展无废技术已成为许多国家消除环境污染、节约资源、保护和改善环境的一项重要任务。从某种意义上说，自然无废物。例如，钢厂的钢渣，对钢厂来说是废渣，但对水泥厂来说是上好的原料。再如，火力发电厂排放出来的粉煤灰，含有铅、汞、砷等有害元素，如果大量堆积会污染环境，但用它来生产水泥、烧结砖、粉煤灰砌块等，可实现废物资源化，从而取得生态效益和经济效益。因此，从根本上说，环境污染是由资源、能源的浪费造成的。发展无废技术，实现物尽其用，既是改善环境的需要，也是经济建设的需要。这样，就可以把污染消灭在生产过程中，达到保护环境、造福人类的目的。



循环经济示意图



## 第四节 生态工程在环境保护中的应用

稻田养鱼、桑基鱼塘、秸秆循环利用……人们已经开始利用工程技术进行环境保护，并取得了阶段性成果。根据生态学原理，可以采取哪些系统工程实现资源多层次、循环利用与环境保护呢？

### 生态工程可以实现资源多层次、循环利用



#### 寻找证据 阅读

阅读下面资料，重点关注稻田养鱼工程中的物质循环和能量流动。

稻田养鱼是将种植业与养殖业有机结合，多层次利用土地资源和水资源，提高生态经济效益的一种农业生产方式。在这个系统中，稻田为鱼提供适宜的生长环境，水中的杂草、害虫、浮游植物和浮游动物等为鱼提供食物。鱼可以捕食害虫，减少水稻虫害发生，鱼的粪便还可以作为水稻生长的有机肥料。水稻和鱼互惠互利，相互促进，形成了良好的生态系统（图4-21）。



图4-21 稻田养鱼

稻田养鱼一般可增加水稻产量10%，农民同时还可以通过水产品增加收入。此外，稻田中的鱼可捕食大量的蚊子幼虫和螺类，降低疟疾、丝虫病及血吸虫病等疾病的发病率。

根据阅读获得的信息，思考下列问题：

1. 稻田养鱼人工生态系统中的物质是怎样循环的？能量是怎样流动的？
2. 稻田养鱼人工生态系统有哪些优势？
3. 类似稻田养鱼人工生态系统的实例还有哪些？

在稻田养鱼人工生态系统中，水稻、杂草、浮游植物等是生产者，它们利用光能、水和二氧化碳进行光合作用制造有机物。浮游动物、鱼类、害虫等消费者以浮游植物、杂草和水稻等为食，鱼也吃浮游动物和害虫等。这样使杂草和浮游植物等生物的营养和能量沿着食物链传递给鱼。鱼的粪便为水稻提供有机肥料，促进水稻的生长。同时，鱼可以捕食害虫，减少害虫对水稻的影响。

稻田养鱼人工生态系统实现了资源的多层次、循环利用。应用生态学原理、采用系统工程的方法和技术,以环境保护与资源多层次、循环利用为目的,对环境和资源进行保护、改造、治理、调控、建设的综合工艺称为生态工程。

“四位一体”生态工程是我国北方典型的生态农业循环模式,该模式是以土地资源为基础、太阳能为动力、沼气为纽带,种植业和养殖业相结合,通过物质能量转换技术,将沼气池、牲畜棚舍、厕所和日光温室等组合在一起,形成一个封闭状态下的人工生态系统。在此系统中,人畜粪便为沼气池提供发酵原料,沼气池生产的沼气可以燃烧、照明,沼气燃烧产生的二氧化碳能促进日光温室内果蔬的生长。沼液可以回冲牲畜棚舍,沼渣和沼液可为日光温室内的栽培果蔬提供养料。日光温室可为沼气池、牲畜棚舍提供适宜的光照、温度和湿度等条件(图 4-22)。

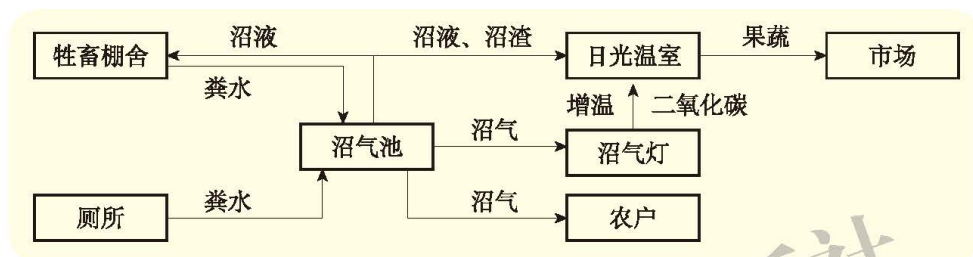


图 4-22 “四位一体”生态工程模式图

海湾鱼、虾、蟹、贝、藻兼养生态工程是充分利用水生生物的食性、栖息地不同和生物相互利用、依赖、竞争等生态特点,在同一海湾中同时进行鱼类、虾类、蟹类、贝类、藻类养殖的模式。在此工程中,鱼、虾、蟹类网箱养殖的残饵和排泄物可以为底栖养殖的贝类提供饵料,也可以被细菌分解成浮游植物、海带和紫菜生长所需的营养物质。浮游植物为浮游动物和贝类提供饵料,贝类可以加工成食品供人类食用,也可成为鱼、虾、蟹类的饲料。养殖动物、浮游动物通过呼吸作用产生的二氧化碳可作为藻类和浮游植物光合作用的原料;藻类、浮游植物通过光合作用产生的氧气可供动物呼吸(图 4-23)。

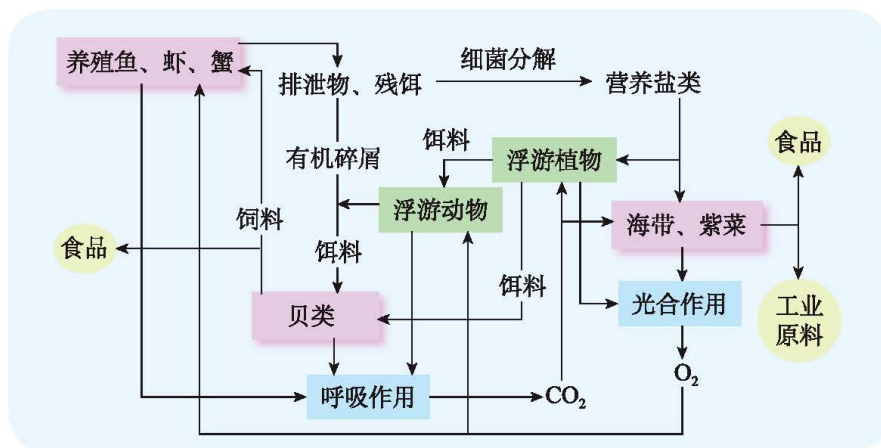


图 4-23 海湾鱼、虾、蟹、贝、藻兼养生态工程模式图

在中华鳖养殖废水-蔬菜栽培生态工程中,中华鳖养殖池产生的养殖废水,经排水沟流入半坡式的初级沉淀池内。在初级沉淀池内,一些大的悬污物、砂石等沉淀下来,上



部液体进入次级沉淀池。次级沉淀池生长着一定数量的水葫芦和福寿螺，水葫芦可以净化水质，福寿螺可以食用水葫芦，又可以作为中华鳖的食物。经过次级沉淀池处理的水，一部分进入种植温室，作为蔬菜的灌溉用水；一部分通过砂滤层流入净化池，净化池过滤后的水流入生物滤池，经杀菌消毒后可流入养殖温室再次利用（图 4-24）。此生态工程能够

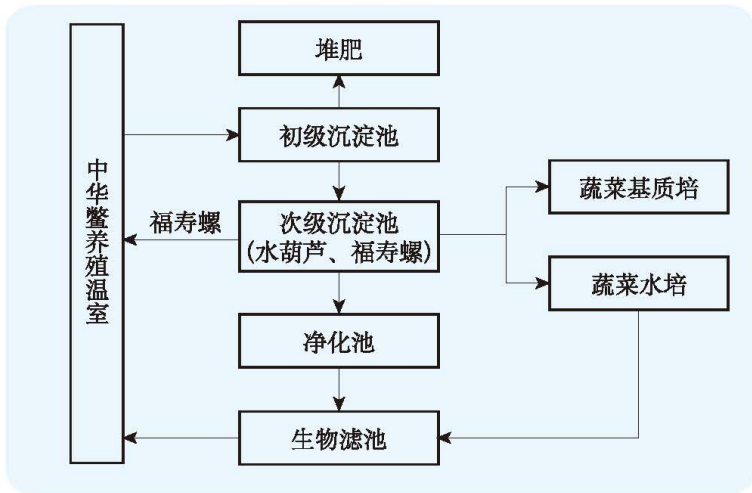


图 4-24 中华鳖养殖废水-蔬菜栽培生态工程模式图

回收利用废弃物中的营养物质，达到资源的循环利用，促进农业生产的可持续发展。

以上稻田养鱼工程、“四位一体”生态工程、海湾兼养生态工程、中华鳖养殖废水-蔬菜栽培生态工程的共同特点就是：根据生态学原理，采用系统工程的方法和技术，达到资源多层次和循环利用的目的，使特定区域中的人和自然环境均受益。

## 生态工程可以实现环境保护的目的

成都活水公园生态工程是在公园内建设人工湿地生态系统，实现水质净化和水体的循环利用。其原理是污水经人工湿地的吸附、过滤及微生物分解，多数污染物分解成无害的或可被植物吸收的物质，在维持湿地生物正常生长的过程中净化水质。成都活水公园位于成都市府南河畔，占地超过 24 000 m<sup>2</sup>。府南河水流入活水区，经厌氧池、植物塘床处理系统、鱼塘、戏水池及连接各工序的水流雕塑与自然水沟等，使水质得到净化再流回到府南河中（图 4-25），大大改善了府南河的水质。植物塘床处理系统酷似一片片鱼鳞，是活水公园水处理工程的核心，包括 6 个植物塘和 12 个植物床，种植了漂浮植物（浮萍、紫萍、水葫芦等），挺水植物（芦苇、水烛、茭白、伞草等），沉水植物（金鱼藻、黑藻等）。成都活水公园既有分解水中污染物和净化水质的作用，又具备良好的观赏价值。

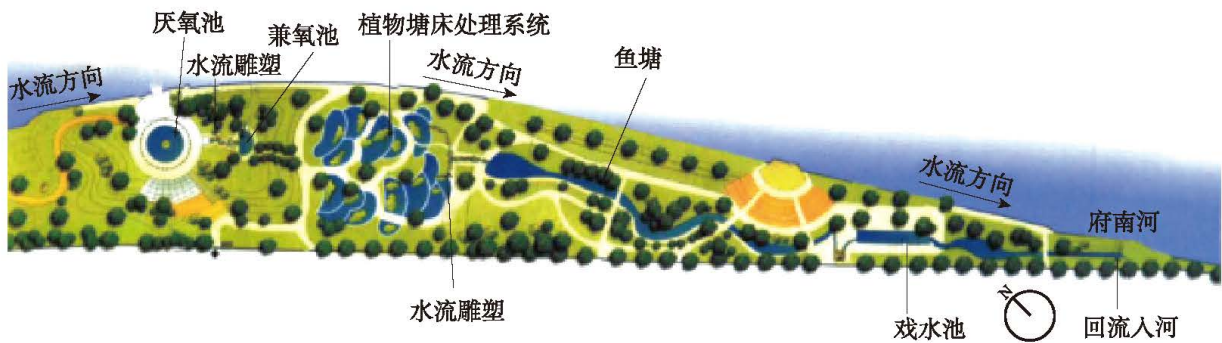


图 4-25 成都活水公园生态工程示意图

“三北”防护林生态工程是指在中国三北地区（西北、华北和东北）建造的大型人工林系统，东西长 4 480 km，南北宽 560~1 460 km，总面积  $4.069 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。这些地区曾经是森林茂密、草原肥美的富庶之地，由于人类活动和自然的影响，植被一度遭到破坏，土地荒漠化和水土流失严重。“三北”防护林生态工程从 1978 年开始，分为 3 个阶段、8 期工程进行，规划造林  $3.508 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。截至 2017 年 9 月，“三北”防护林生态工程累计造林面积  $2.918 \times 10^5 \text{ km}^2$ ，森林覆盖率由 1977 年的 5.05% 提高到 13.02%，森林蓄积量由  $7.2 \times 10^8 \text{ m}^3$  增加到  $2.098 \times 10^9 \text{ m}^3$ ，大大改善了环境，促进了区域经济社会可持续发展。

塞罕坝林场是三北防护林环北京、天津区段的主要组成部分。历经 50 多年的艰苦奋斗，林场工人成功营造了超过  $746 \text{ km}^2$  的人工林，森林覆盖率由建场初期的 11.4% 提高到 2017 年年底的 80%，林木总蓄积量达到  $1.0 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。据估算，塞罕坝林木每年生长增加蓄积  $8.0 \times 10^5 \text{ m}^3$ ，每年可产生 120 亿元的生态服务效益。勤劳勇敢的塞罕坝人创造了一个将沙漠荒原变为绿水青山的生态建设奇迹。

废水处理生态工程是通过动物、植物和微生物的固定与降解，净化污水中的污染物，并对污水中氮、磷等资源进行循环利用。某葡萄糖厂每年排放高浓度有机废水  $2.0 \times 10^5 \text{ t}$ ，是附近湖泊的主要污染源之一。为处理废水，首先使生产废水流入回收蛋白质和淀粉的池塘，回收废水中的蛋白质和淀粉等有机物，作为畜禽养殖场和综合养鱼场的优质饲料。剩下的废水排放到养殖鲇鱼的池塘中，以去除和利用污水中的有机物。然后使水流入种植水葫芦、水培蔬菜等植物的水生生物净化池，吸收、转化无机盐和分解有机物，降低它们在水中的浓度。经此处理后的水流入综合养鱼池和牲畜养殖场，以利用剩余的蛋白质和淀粉混合物。牲畜养殖场产生的粪便可作为沼气发酵的原料，产生的沼渣可用于综合养鱼池、牲畜养殖场和食用菌的培养，食用菌的残渣可以培养蚯蚓，进而作为禽类养殖场的精饲料，禽类粪便经处理后可作为牲畜的饲料（图 4-26）。这一生态工程是由许多回收、转化、回用的环节联结而成的一个系统，达到物质的良性循环，同步取得生态、经济和社会效益。

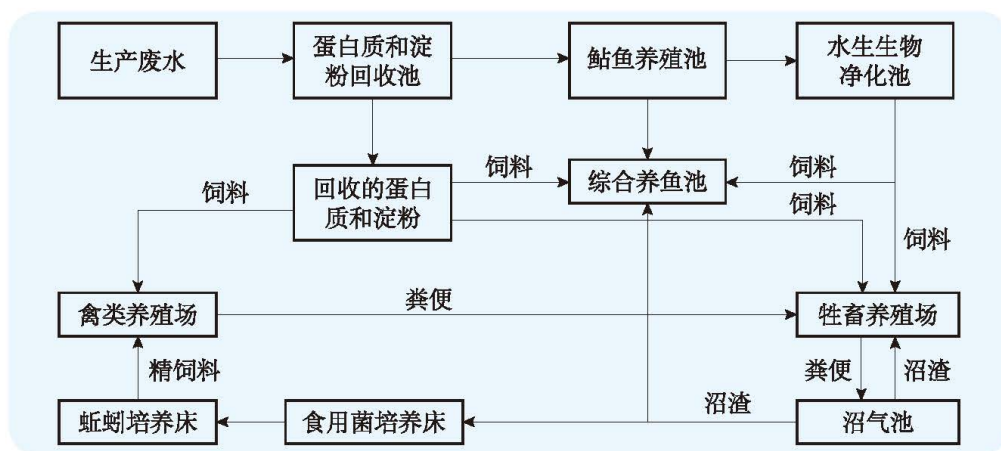


图 4-26 葡萄糖厂废水处理模式图



实践应用 调查

### 调查污水处理方法

调查可参考以下提示开展。

1. 选择一个污水处理厂（或制药厂、食品制造厂、化工厂、印染厂的污水处理车间）为调查对象。
2. 调查污水处理过程主要包括哪几个步骤，哪些步骤是核心的处理工艺。
3. 观察每道处理工艺进水、出水的水质，比较哪道处理工艺进水、出水的水质变化最大。
4. 汇总调查到的污水处理工艺类型，分析污水处理的关键过程和工艺，并简述作用机理。
5. 设计一个日常生活污水的简易处理装置。

### 检测评价

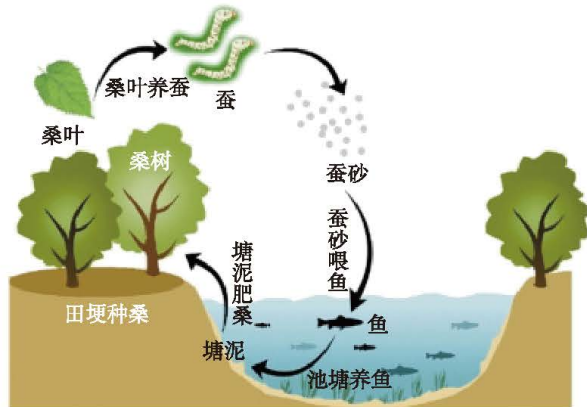
1. 秸秆焚烧是将农作物秸秆用火烧从而销毁的一种行为。近年来，南方某村建立了秸秆多级利用的生态工程模式，如下图所示。



请回答下列问题：

- (1) 农村秸秆焚烧可能带来的环境问题有\_\_\_\_\_。
- (2) 秸秆多级利用的生态工程模式充分体现了生态工程的\_\_\_\_\_特点，从而减轻了燃烧秸秆造成的\_\_\_\_\_污染。

2. 下图是桑基鱼塘生态工程示意图。



请回答下列问题：

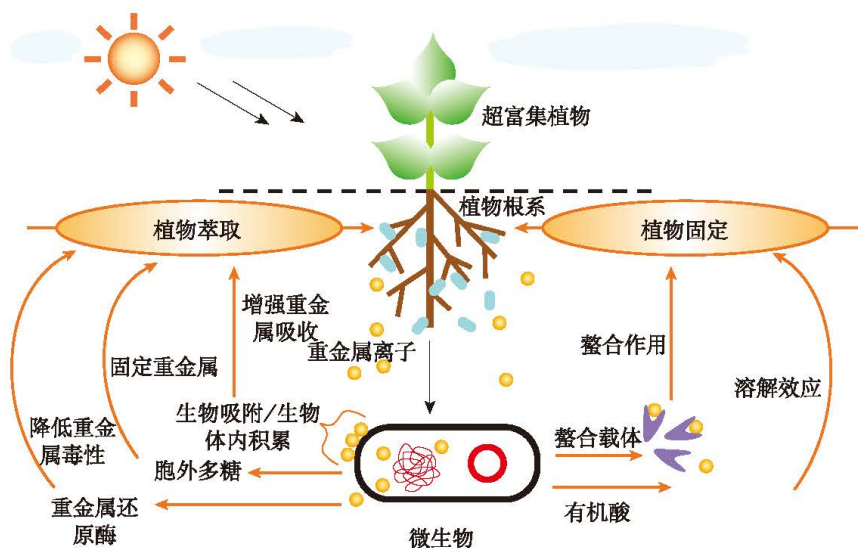
- (1) 桑基鱼塘的农业循环经济生态工程原理是什么？
- (2) 分析桑基鱼塘人工生态系统的物质循环和能量流动途径。
- (3) 如何优化桑基鱼塘循环模式，实现资源的多层次、循环利用？



## 开阔眼界

### “植物-微生物”土壤修复系统

“植物-微生物”土壤修复系统是在植物修复的基础上，联合与植物共生或非共生微生物形成的联合修复体。微生物能促进植物吸收营养物质，增强植物抗逆性。例如，真菌可以溶解、转运土壤中的无机矿物元素，根瘤菌能进行生物固氮等促进植物营养吸收，植物根部多种微生物的存在形成了稳定的根部微环境，可以增强植物抗逆性等。微生物还可以通过自身的成分如菌根外菌丝、几丁质、色素类物质吸附重金属，通过其分泌的各种有机酸或特殊物质活化重金属，增加其在植物根部的浓度。植物通过体内存在的特定重金属转运蛋白，将富集在根部的重金属转运到体内，或将土壤中的重金属吸附于根部，降低其流动性，从而减少重金属进入食物链的可能性。“植物-微生物”土壤修复系统由于经济成本和环境风险较小，逐渐成为土壤重金属污染修复的重要途径。

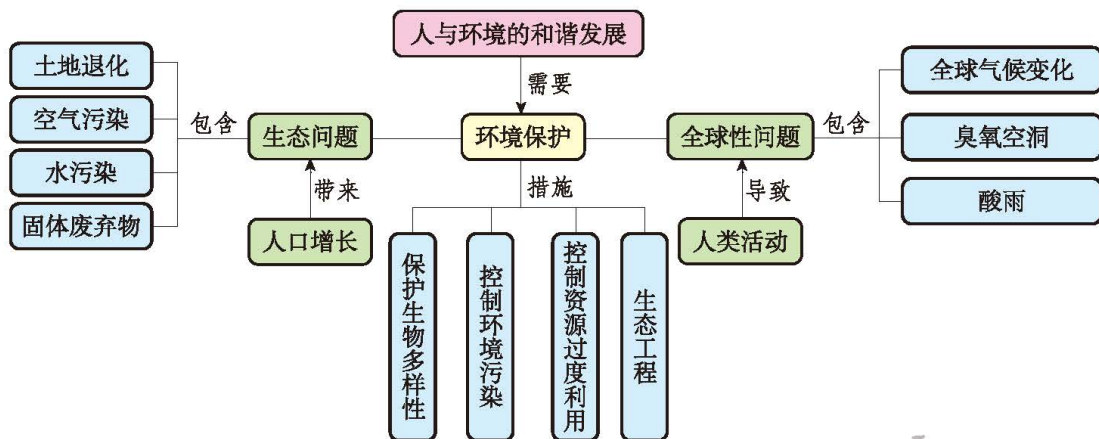


“植物-微生物”土壤修复系统示意图



## 本章小结

### ● 基础知识梳理



人口快速增长和人类活动不仅会导致淡水、能源和土地等资源的短缺，还可能造成土地退化、空气污染、水污染以及固体废弃物污染等生态问题，进而引起一系列的全球性环境问题，如全球气候变化、臭氧空洞和酸雨等。人们已经意识到了生物多样性对人类的重要价值以及保护环境的重要意义，通过就地保护和迁地保护等措施来保护生物多样性，采取控制污染和限制资源过度利用等措施来保护环境，并利用生态工程技术实现资源的多层次、循环利用与环境的保护等，取得了一定的成效。

### ● 学科素养提示

通过讨论经济发展和环境保护的关系、大气降水酸度的简易测试、调查当地生态环境问题、调查污水处理方法等实践活动，分析人类活动对自然生态系统平衡的影响及人工生态系统带来的经济、生态和社会效益，阐述生物多样性对生态系统稳定以及人类生存和发展的意义，关注全球性环境问题对生物圈稳态的影响，形成“环境保护需要从我做起”的意识，树立绿水青山就是金山银山的理念，践行绿色低碳的生活方式。尝试提出人与环境和谐共处的合理化建议。

## 后 记

北师大版普通高中教科书《生物学》是根据经全国中小学教材审定委员会 2004 年初审通过的普通高中课程标准实验教科书《生物》(主编:刘植义 付尊英)修订而成的。本次修订以教育部制定的《普通高中生物学课程标准(2017 年版)》为依据,力图在落实课程标准要求的基本理念,完成课程标准中课程目标、课程内容和学业质量等要求的基础上,全面提升教科书的水平。编写组着力围绕培养学生生物学核心素养、帮助学生构建生物学大概念进行总体设计,注重从真实情境出发,引导学生通过科学探究获取证据,再通过科学思维构建概念,进而形成生命观念,力求在解决实际问题中培养学生的社会责任意识,最终做到培养并提升学生的生物学学科核心素养。

本套教科书由付尊英和刘广发担任主编,潘紫千、白文忠、李连杰和乔文军担任副主编,乔文军、朱正歌、白文忠、万五星、边艳青(以教科书模块前后为序)担任分册主编。本套教科书的核心编写人员有(以教科书模块前后为序):刘欣、张斌、胡彬、肖振龙、朱正歌、侯金海、刘彤、王梦奇、白文忠、裴柳、张雪倩、乔萌萌、宋洁莲、陈华、闫白洋、边艳青、毕诗秀、周春江、周予新、齐永平、李冰。

本册教科书由万五星担任主编,主要编写人员有宋洁莲、陈华、闫白洋。参与本册教材编写、讨论的人员还有张灵芝、王梦奇、张静洁、乔萌萌、王亚琴、翁永良。

感谢王本志、李都、岑举人为本册教科书提供图片。

在教科书编写过程中,许多学科专家、教研员以及一线教师对教科书的修改给予了热情的帮助,同时也提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示感谢!

希望广大师生在使用过程中提出宝贵意见,以便我们进一步修改和完善。欢迎来电来函与我们联系:北京师范大学出版社基础教育一分社(100088), (010) 58802799, shengwu2@bnupg.com。

北京师范大学出版社