

第八章 生态系统及其稳定性



閔 茜

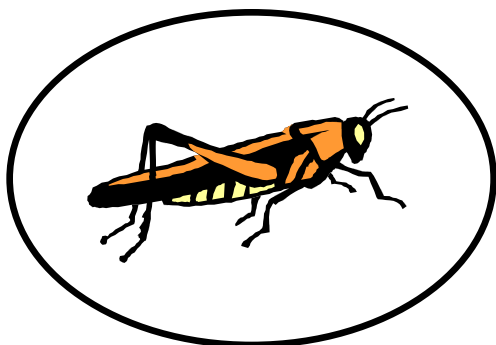


生命科学与技术学院
School of Life Science and Technology

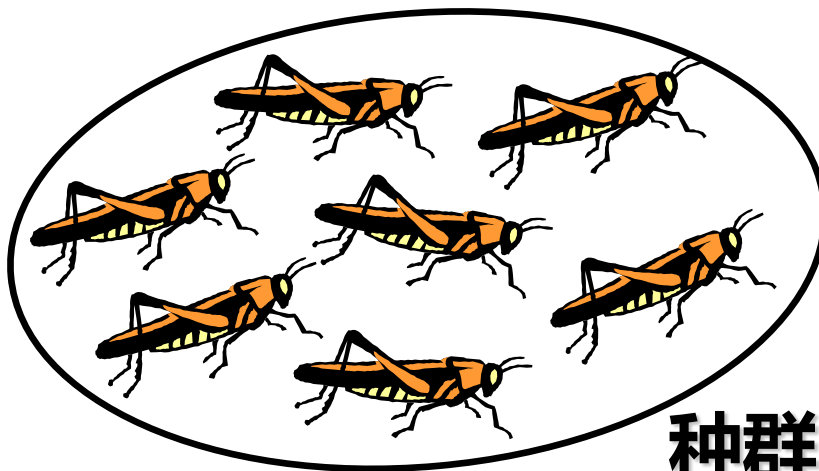
第五章 生态系统及其稳定性

第一节 生态系统的结构





个体



种群

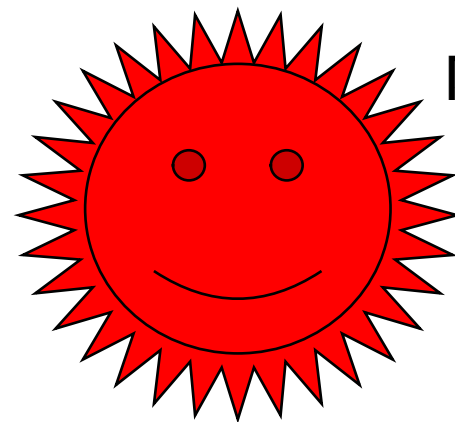
生态系统



群落



空气



阳光



水

无机环境

一、生态系统的范围

 1 生物群落与无机环境相互作用而形成的统一整体，叫做**生态系统**。

在一阴湿山洼草丛中，有一堆长满苔藓的腐木，其中聚集着蚂蚁、蚯蚓、蜘蛛、老鼠等动物，它们共同构成一个生态系统。如果将最后一句改为“这些生物共同构成群落”，则答案又是什么呢？

环境因子主要由以下几个方面组成：

- **光因子：**热量和温度因子
- **水因子：**与供水有关的诸多因子和湿度因子
- **地学因子：**与山脉、陆地、江河、海洋有关联的地质地貌、高度、深度、纬度等地理因子
- **气候因子**
- **土壤因子：**地质、结构以及土壤中水、肥、气、热的供应以及与物质循环有关的因子
- **化学因子：**水土中的营养盐、有机质含量、盐度与酸度、微量元素等因子，此外食物因子和营养因子也属于化学因子

一、生态系统的范围

- 1 **生物群落与无机环境**相互作用而形成的统一整体，叫做**生态系统**。
- 2 一个池塘，一块农田，一条河流，一片森林等都可以各自成为一个生态系统。地球上的全部生物及其无机环境的总和，构成地球上最大的生态系统——**生物圈**。

❖ 生物圈由许多大大小小的生态系统组成。



生物圈

生物圈 (biosphere)

- 奥地利地质学家休斯 (E.Suess)
1875年首次提出
- 地面上23km---地面以下10km



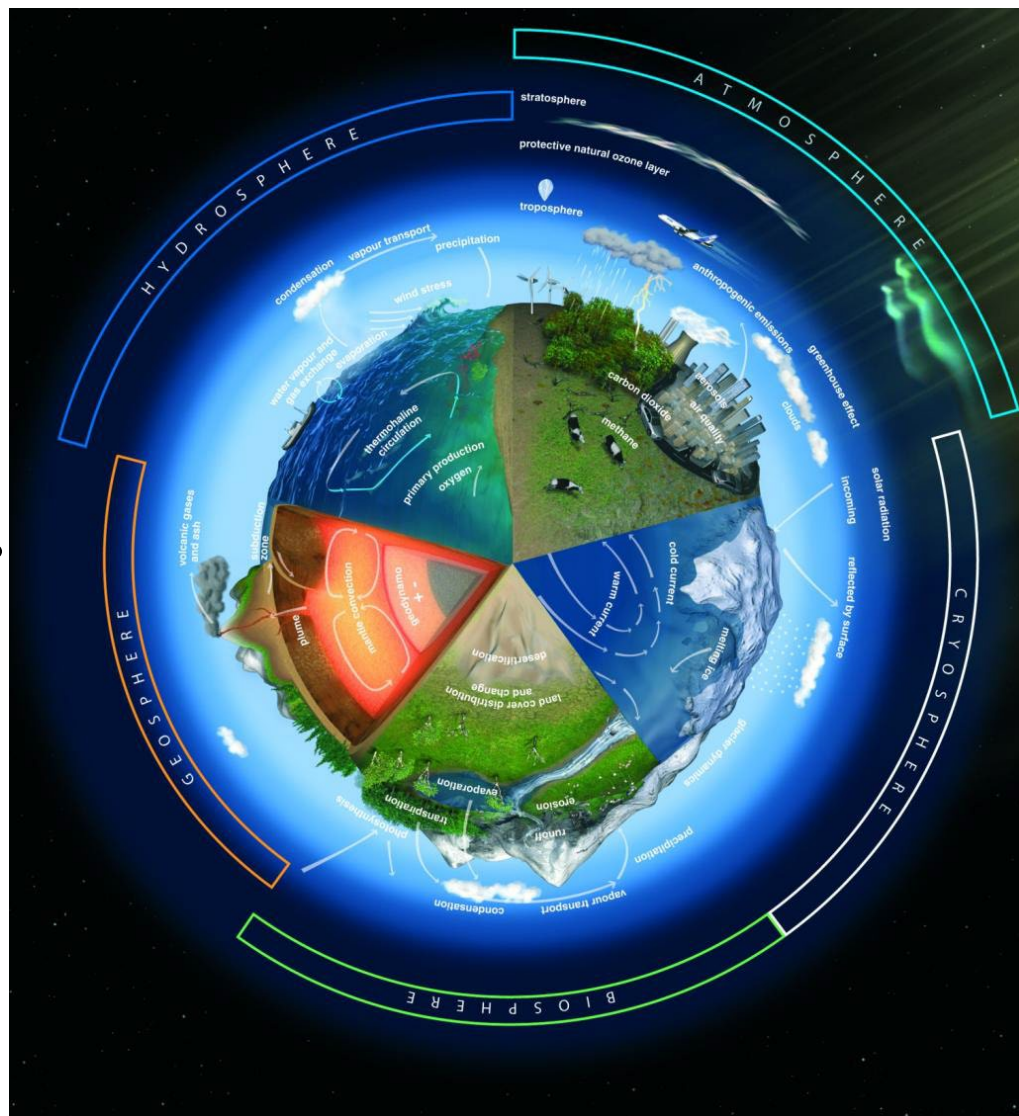
定义：地球上凡是出现并感受到生命活动影响的地区。

范围：包括大气圈的下层、岩石圈的上层、整个水圈和土壤圈全部。

生物圈的核心

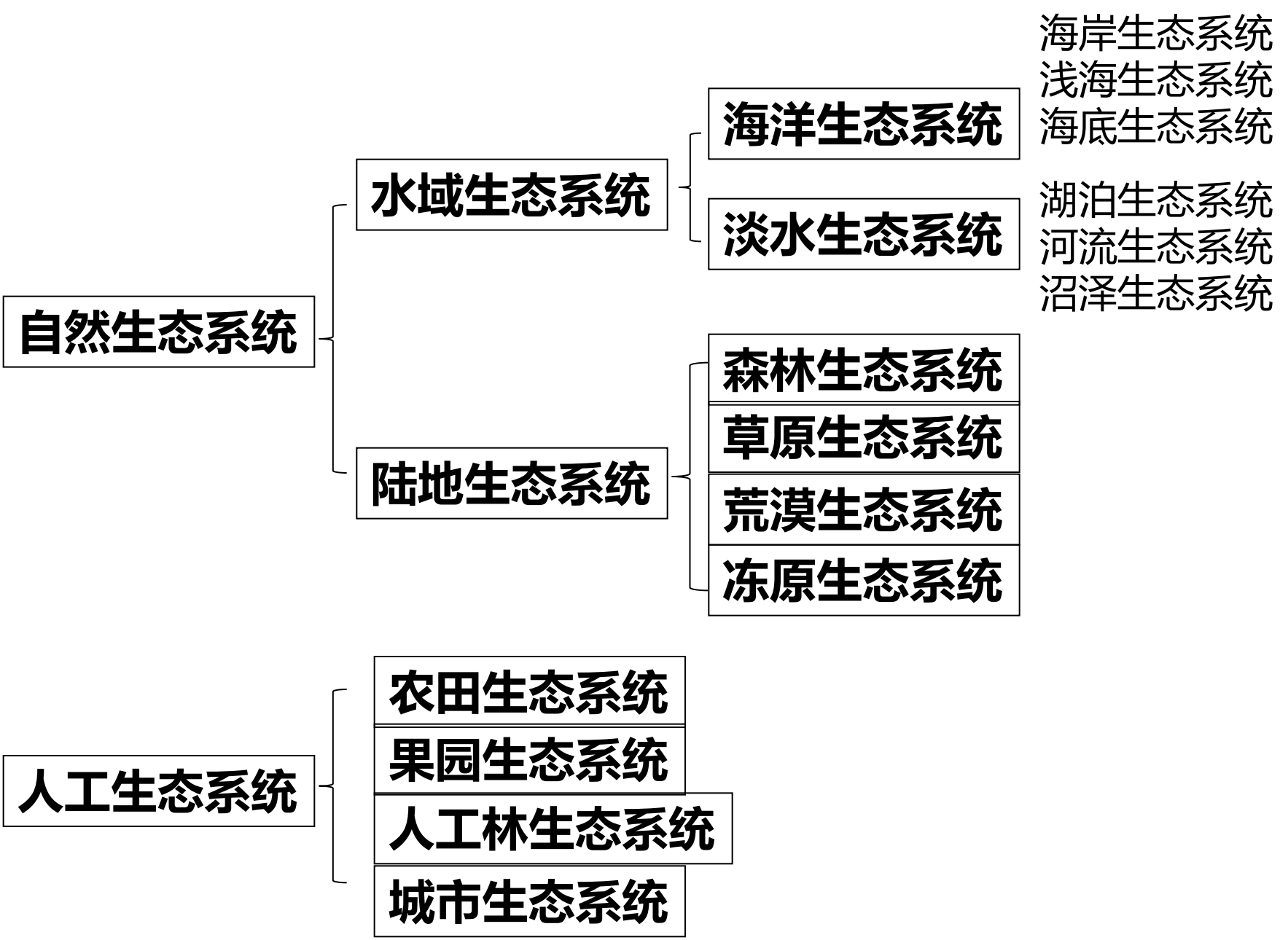
地表以上100米到水下100米

生态学：生物圈是地球上最大的生态系统。



一、生态系统的范围

- 1 **生物群落与无机环境**相互作用而形成的统一整体，叫做**生态系统**。
- 2 一个池塘，一块农田，一条河流，一片森林等都可以各自成为一个生态系统。地球上的全部生物及其无机环境的总和，构成地球上最大的生态系统——**生物圈**。
- 3 可分成自然生态系统和人工生态系统。



1、森林生态系统



1、森林生态系统

1. 分布：湿润、较湿润地区

2. 主要特点：

动植物种类繁多，群落结构复杂，种群密度和群落结构能够长期处于较稳定的状态

3. 生物的特征：

植物：以乔木为主，也有灌木和草本植物。

动物：树栖和攀爬种类多。



虎



滇金丝猴



蜂猴



犀鸟

2、草原生态系统



2、草原生态系统

1. 分布： 干旱地区

2. 主要特点：

年降雨量很少，群落结构较简单，受降雨量影响，不同季节或不同年份，种群密度和群落结构常发生剧烈变化，不同季节的景观大不相同

3. 生物的特征：

植物：以草本为主，也有少量的灌木丛，乔木很少见

动物：大多具有穴居或快速奔跑的行为特点，两栖类和水生生物很少见



高鼻羚羊

3、农田生态系统



3、农田生态系统

1. 分布：农垦地区

2. 主要特点：

人工建立的生态系统，因此，人的作用非常突出

3. 生物的特征：

动植物种类稀少，群落结构单一，人们种植的农作物是主要成员。但人们如果不加强控制和管理，勤于播种、施肥、灌溉、除草、治虫，农田生态系统将会很快退化，占优势地位的作物很快会被杂草和其它植物所取代。

4、海洋生态系统



4、海洋生态系统

1. 分布：地球上的全部海洋

2. 主要特点：

海洋生物主要受阳光、温度和盐度等非生物因素的影响

3. 生物的特征：

浮游生物多，浅海中有大型的藻类，如海带、裙带菜等。在200米以内的水层中有丰富的海洋生物。

有没有不需要阳光的生态系统？

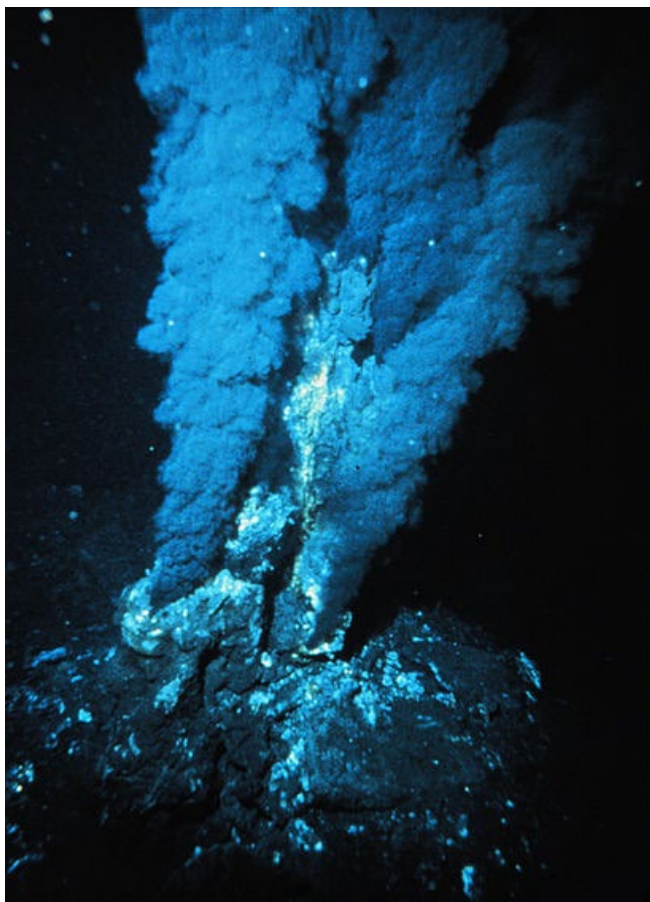
5、深海热泉生态系统



20世纪70年代末，科学家在东太平洋的加拉帕戈斯群岛附近发现了几处深海热泉，在这些热泉里生活着众多的生物。这些生物群落生活在一个高温（热泉喷口附近的温度达到300 °C以上）、高压、缺氧、偏酸和无光的环境中。

热泉地貌——“烟”

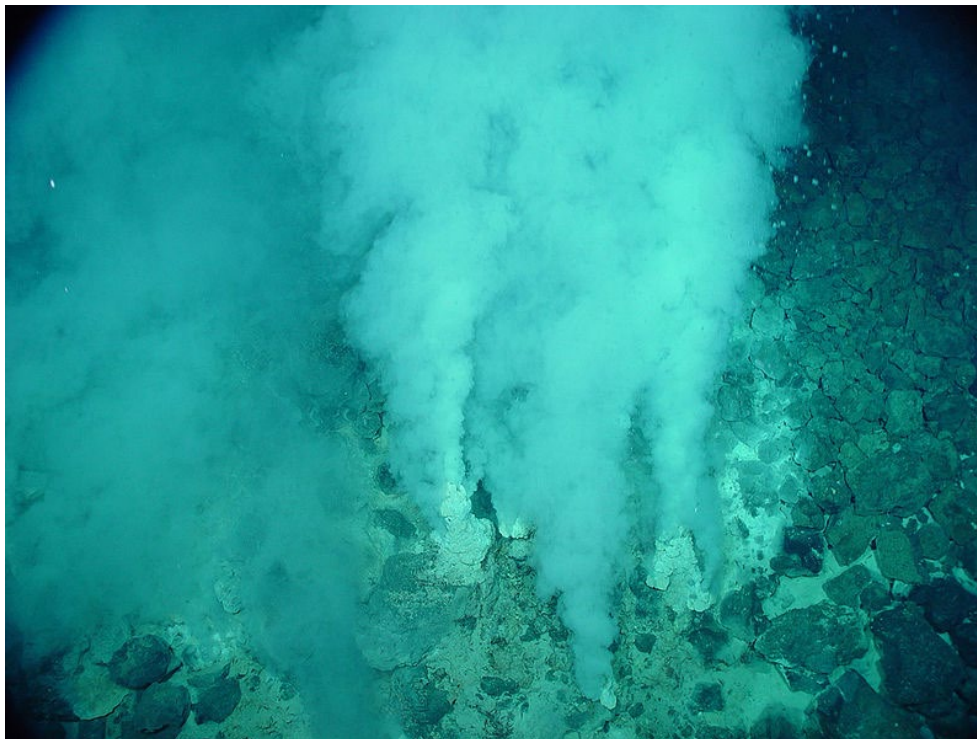
➤ 热泉喷发物大致有两种颜色——黑色与白色



- 黑色喷发物富含硫元素和铁元素，形成金属硫化物而显黑色。

热泉地貌——“烟”

➤ 热泉喷发物大致有两种颜色——黑色与白色



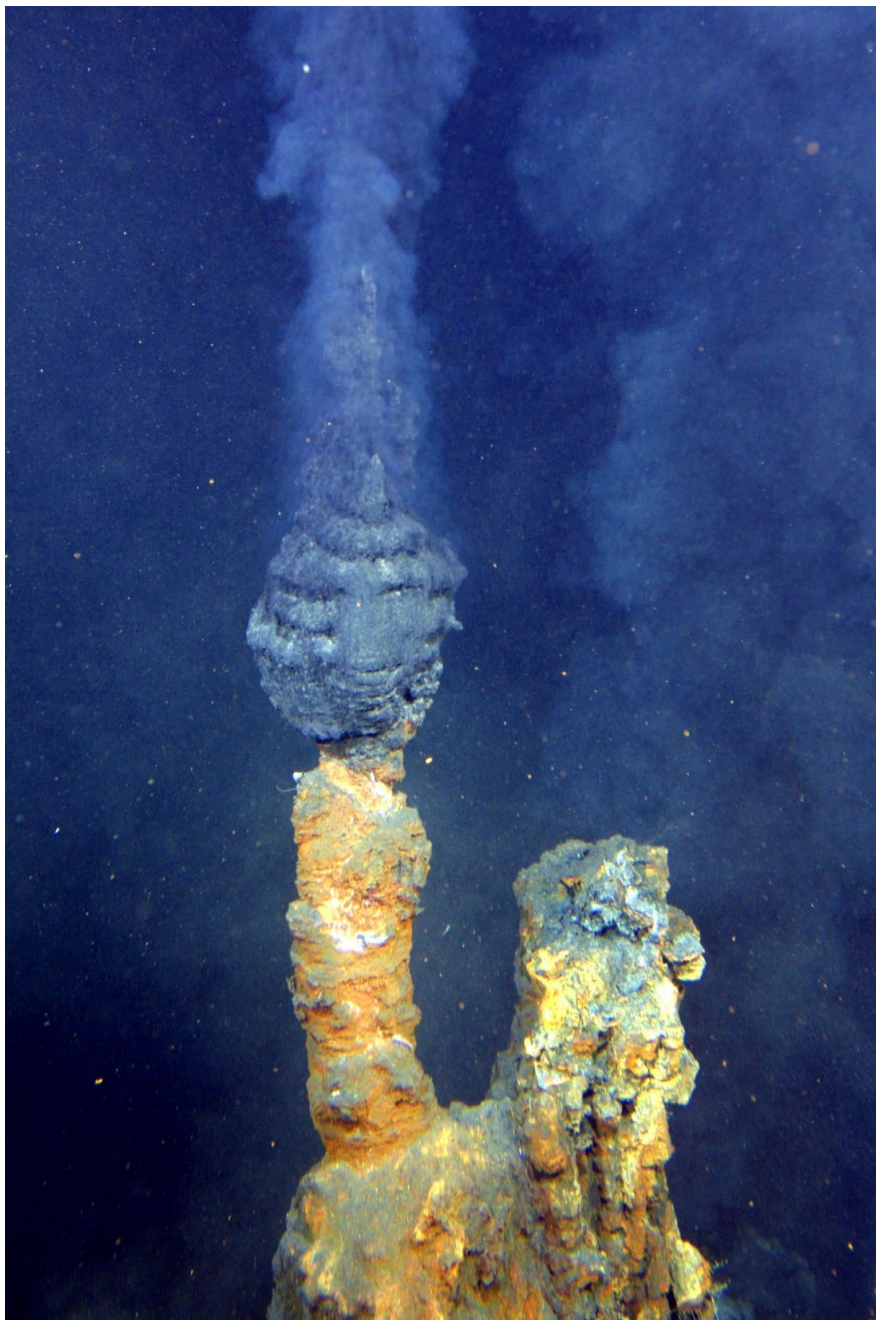
- 白色的喷发物中主要含碳酸钙和碳酸镁而显白色

热泉地貌——“烟”

- 热泉喷发物大致有两种颜色——黑色与白色
- 喷发物温度在 300°C ~ 400°C 之间，遇海水（ 2°C ）后急速冷却，其中矿物质沉积下来
- 喷发物中含有硫化物，对多数生物是剧毒的

热泉地貌——烟囱

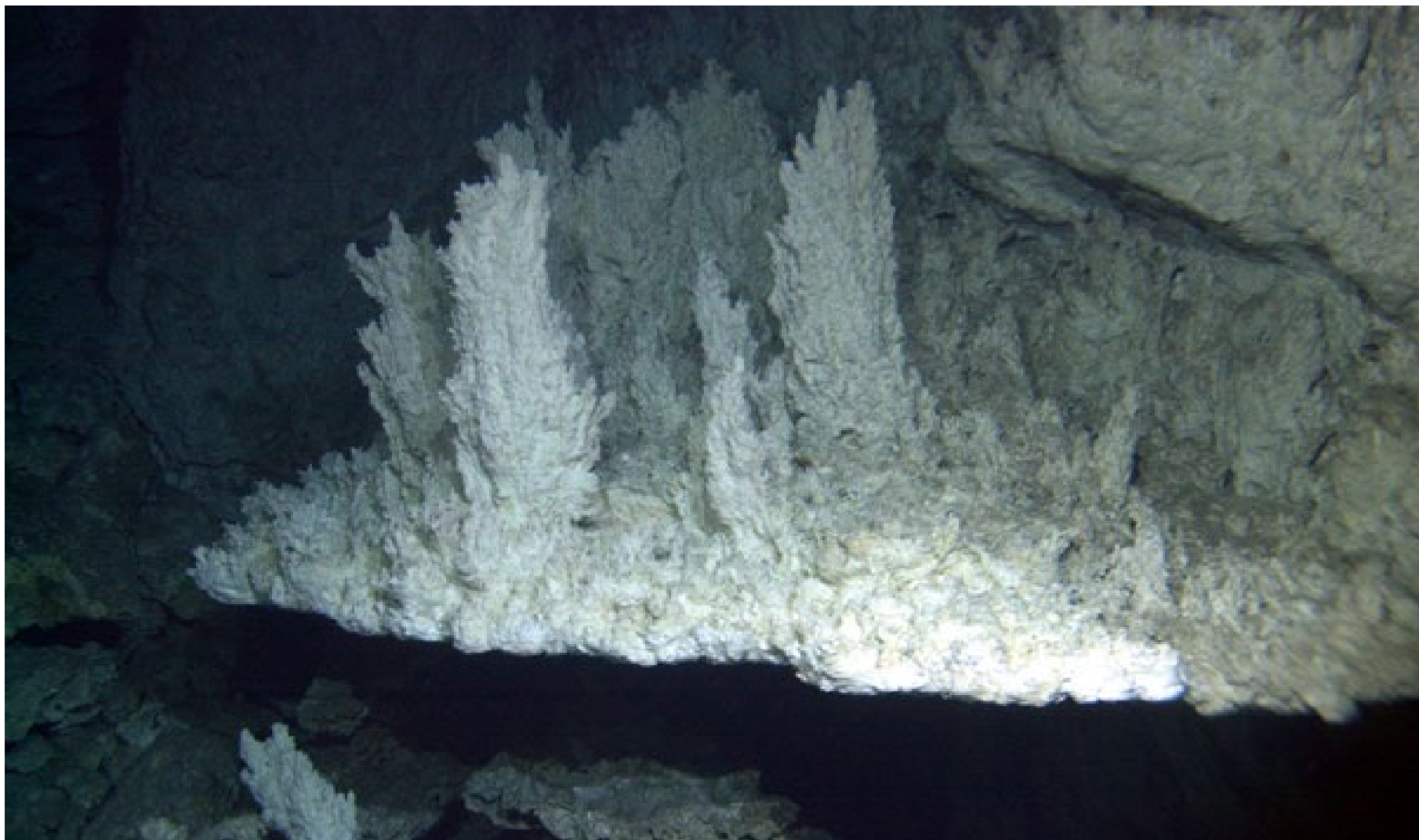
- 热泉喷发物遇海水急速冷却，其中矿物质沉淀下来堆积在热泉周围形成烟囱状堆积。
- 烟囱的颜色与喷发物所含矿物质密切相关。
- 沉积物中含有大量金属元素。除了较多的铜、锌、锰、钴、镍外，还有金、银、铂等贵重金属，形成了有巨大开发价值的“热液矿床”。



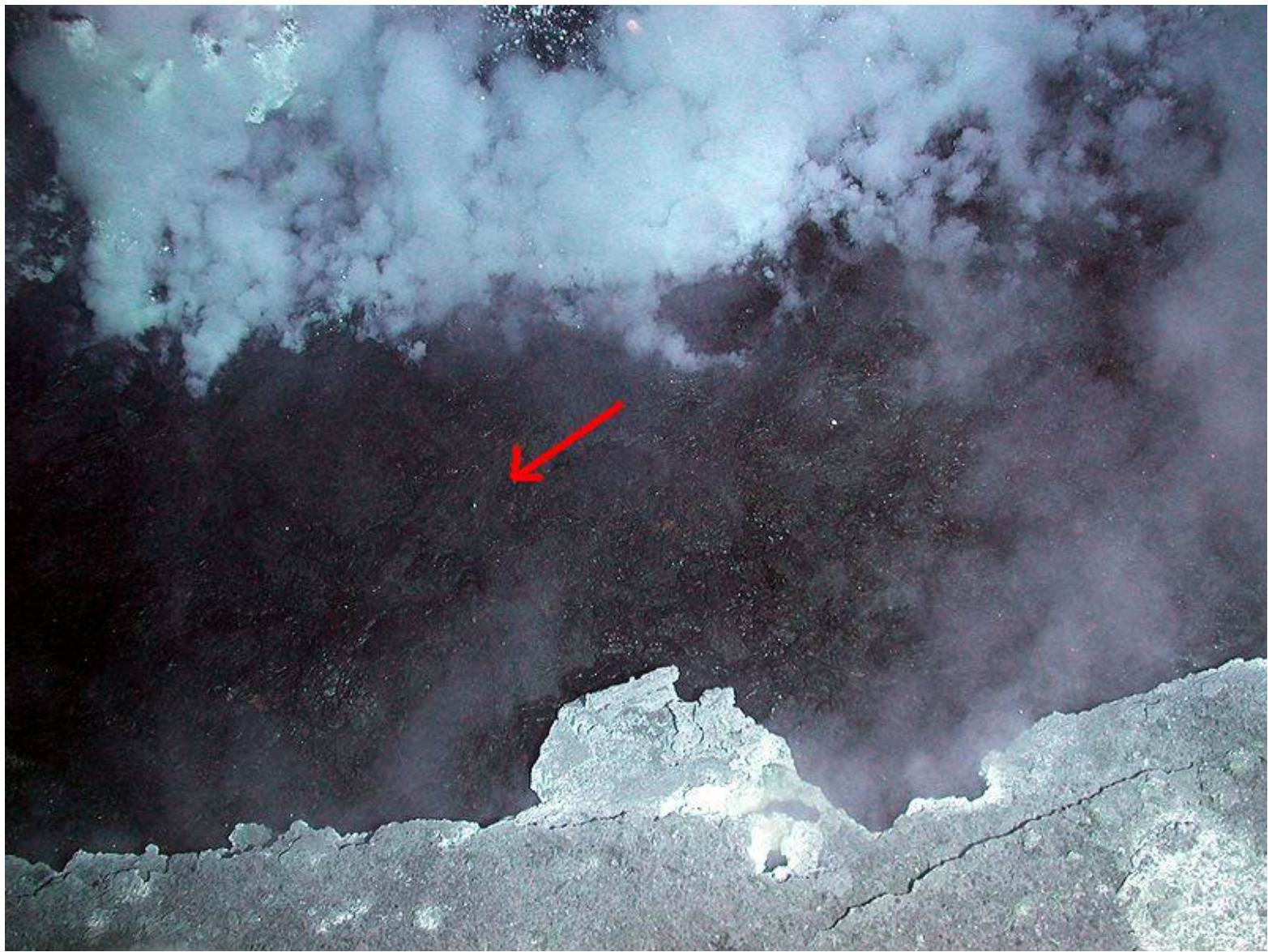
- **黄褐色的烟囱，是多数黑色热液沉积物的颜色。顶部为新近形成的黑色沉积物。**



- **白色喷发物沉积物多为白色，主要成分是碳酸钙和碳酸镁**



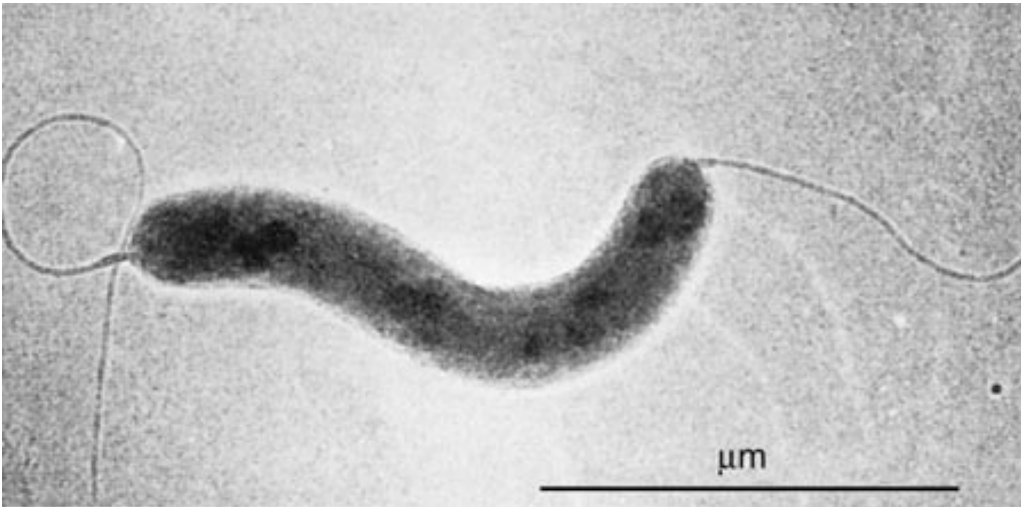
- **已经停止喷发的白色石灰质热泉沉积**



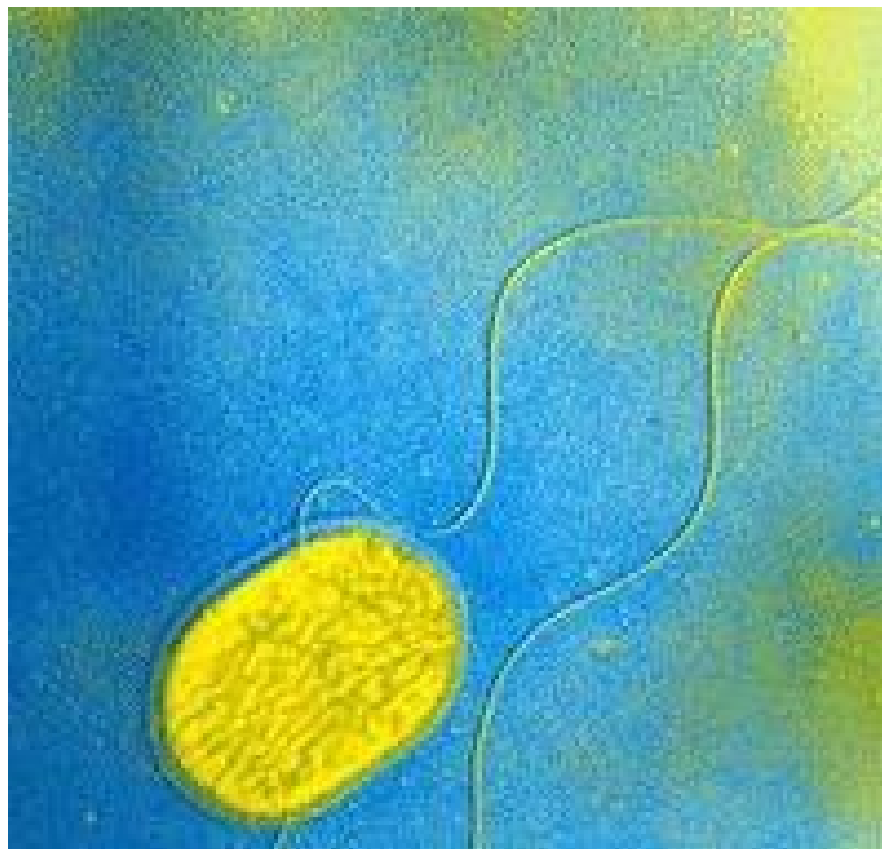
- 没有形成烟囱堆积的热液口，附近有黑色的金属软泥，构成了“热液矿床”

海底世界的生产者

——硫细菌



- **硫细菌并非一个特定的物种，而是一类能够通过氧化硫化物获取能量的原核生物的总称。**
- **硫细菌是热泉生态系统的主要生产者，不仅附着于热泉周围的岩石上，还与热泉周围的生物形成共生体。**



千奇百怪的热泉动物

- 由于深海环境漆黑无光，热泉附近的动物多数眼睛退化
- 几乎全部热泉动物直接地或间接地以硫细菌为食
- 部分热泉动物有特化的与硫细菌的共生结构

巨型管虫

- 巨型管虫直径5-8厘米，身长达3米。生活在巨大的白色管状结构内，前端部暴露在水中，环绕生长着血红色的触手。血红色来自于**血红素**



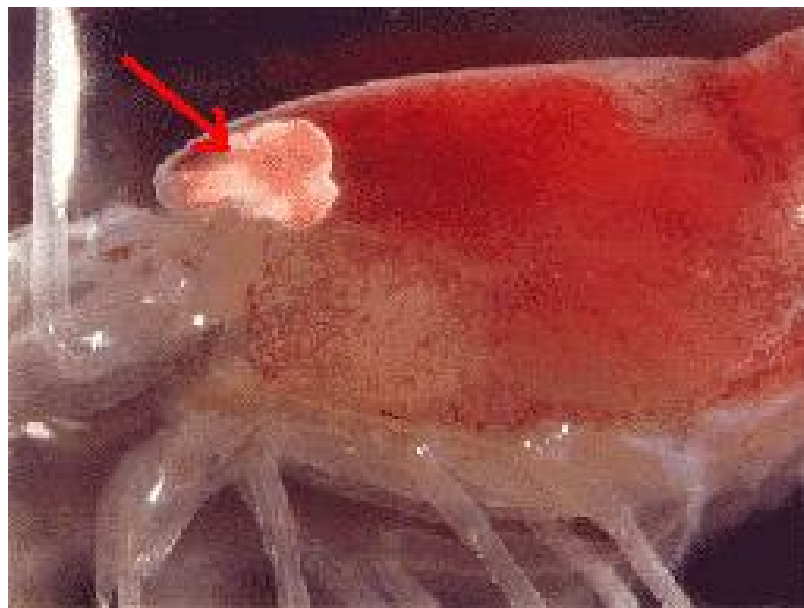


群集的巨型管虫

- **巨型管虫以体内共生的硫细菌为食。因此，管虫的体内进化出了专门供共生细菌生活的结构，叫做营养体。**

罗希虾

- 又名盲虾，视觉退化
- 以硫细菌为食
- 背部有感光组织，可感知红外线



多毛雪蟹

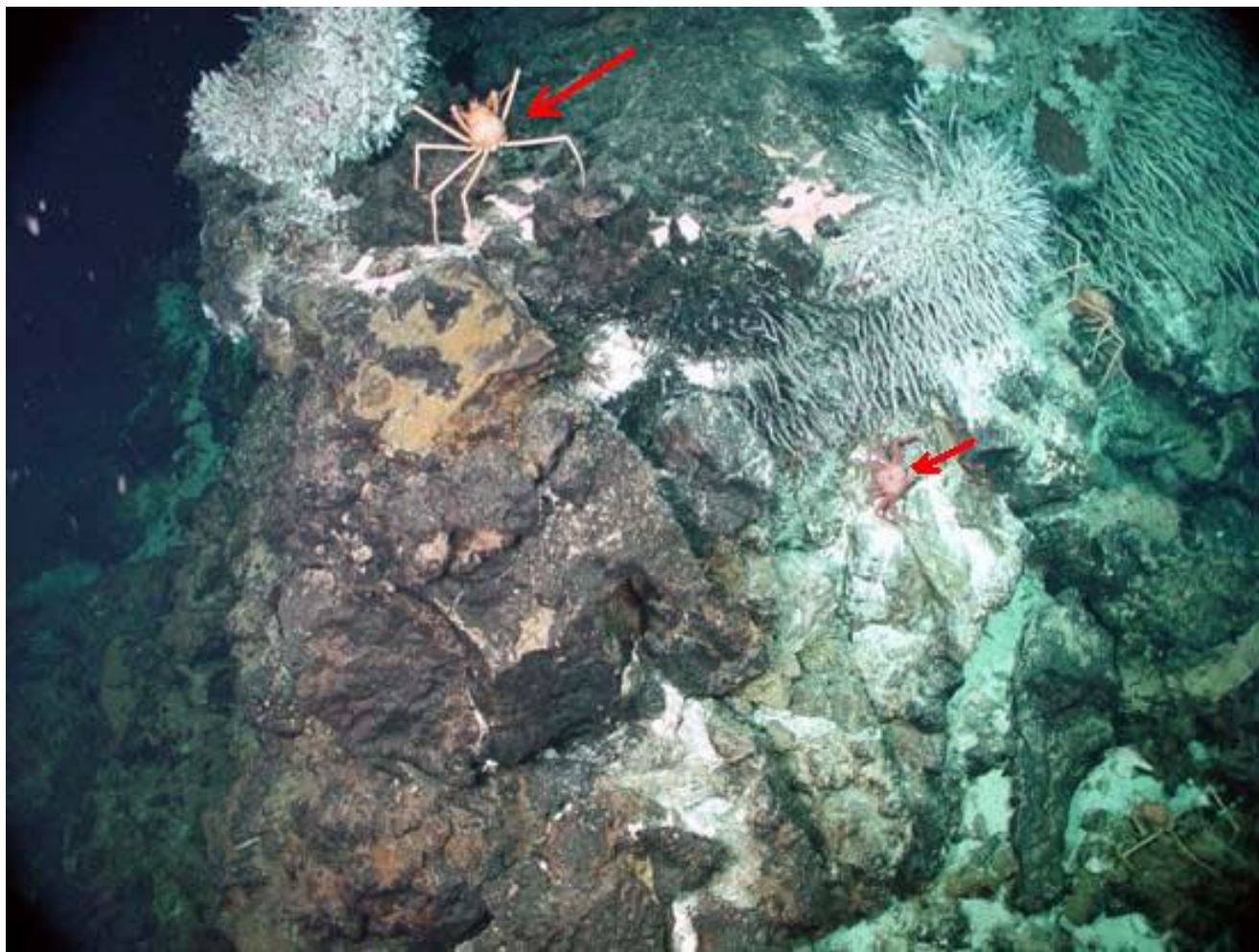
- 甲壳类群居动物，常成群结队在热泉附近爬行
- 绒毛是重要的感觉器官，方便捕食
- 绒毛还是硫细菌的生活场所，雪蟹在饥饿时刮取绒毛上的硫细菌充饥



巨型蛤

- 体长可达27cm
- 口和消化系统退化
- 鳃和足异常发达
- 与硫细菌形成共生体





多数热泉动物都有灵敏的红外线感受器和温度感受器。因为热液温度高达数百度，且喷发强度时强时弱，热泉动物必须随时调整与热泉的距离，既要获取食物，又要避免被炽热的泉水灼伤。

图为一只粉色海蜘蛛和海螃蟹在热泉附近的岩石上爬行

研究价值

- 热泉喷发物遇海水冷却形成黑烟囱和“热液矿床”，其中含有大量贵金属，有巨大的经济价值。
- 热泉与地球早期环境非常相似，研究热泉对于生命起源的研究有重大帮助。
- 热泉向人们展示了生命的另一种可能形式，为寻找地外生命提供了重要参考。

6、湿地生态系统



红树林 (Mangrove) 指生长在热带、亚热带低能海岸潮间带上部，受周期性潮水浸淹，以红树植物为主体的常绿灌木或乔木组成的潮滩湿地木本生物群落。组成的物种包括草本、藤本红树。它生长于陆地与海洋交界带的滩涂浅滩，是陆地向海洋过度的特殊生态系统。在我国，红树林主要分布在海南岛、广西、广东和福建。



广东茂名水东湾红树林

6、湿地生态系统

1. 分布：

沼泽地，泥炭地，河流，湖泊，红树林，沿海滩涂（海涂），水深不超过6米的浅海区；还有许多人工湿地如水库、池塘、水稻田等

2. 生物类型：动植物丰富

3. 生态价值：

- ① 作为生活用水和工农业用水的水源被直接利用；
- ② 补充地下水，在多雨或者河流涨水的季节，成为蓄水库，起到调节流量和控制洪水的作用；干旱季节又可补充地表径流和地下水，缓解旱情；
- ③ 是许多水禽的栖息地，以及鱼类的繁殖和肥育场所。

7、城市生态系统



7、城市生态系统

1. 概念：城市居民和周围生物以及非生物环境相互作用而形成的一类具有一定功能的网络结构。

2. 主要特点：

- ① 是以人为中心的系统；
- ② 土地、水体、大气都被人类活动所改造，住房、工业、企业、交通都是“人造”的；
- ③ 能量主要来自于化石燃料的燃烧；
- ④ 在物质和能量上是一个高度开放的系统，对其他生态系统既有高度的依赖性又有强烈的干扰性。

思考：

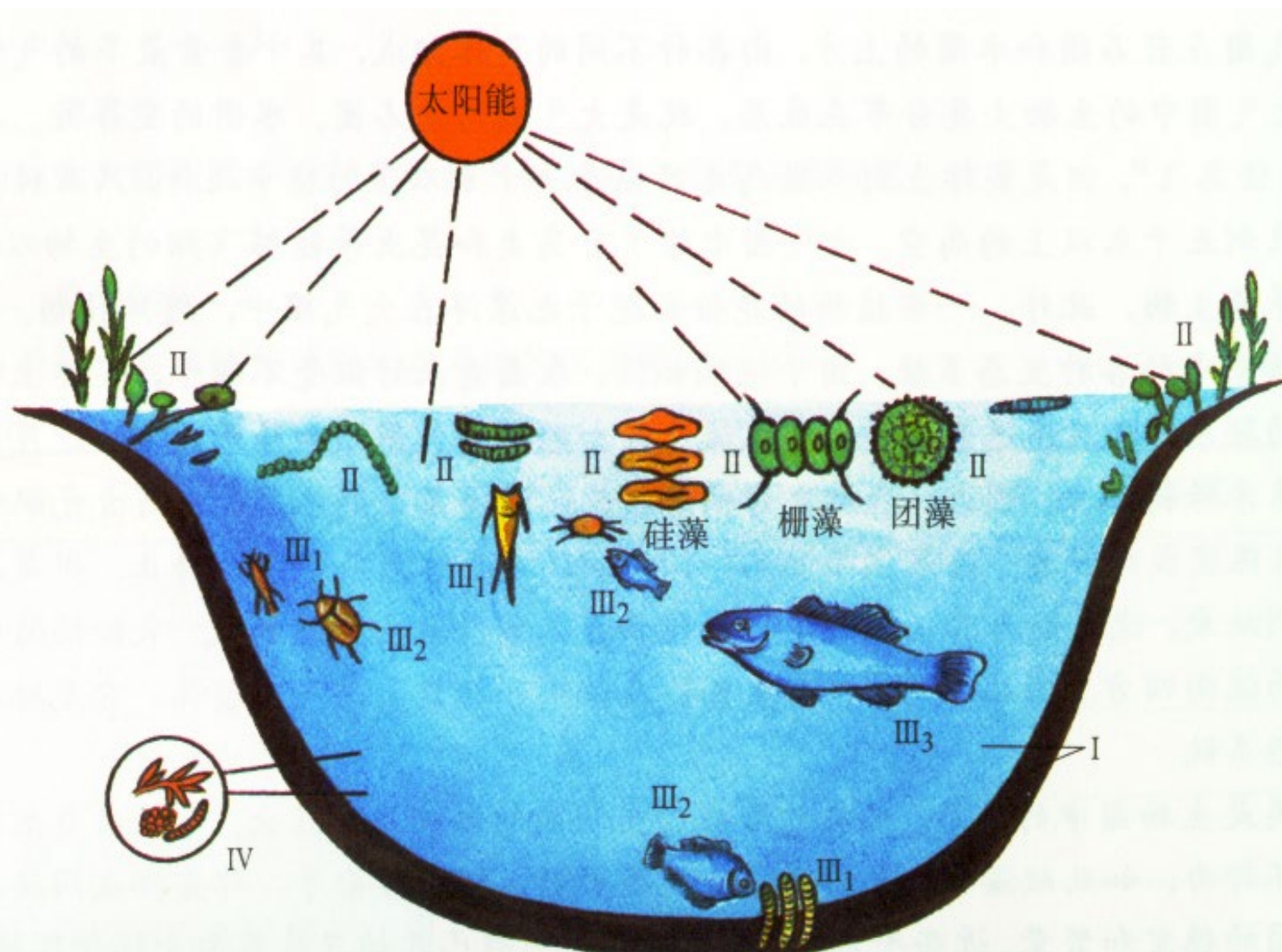
- 在一个生态系统中**生物群落与无机环境**到底是如何相互作用的呢？
- **生物与生物之间的内在联系**是什么呢？

二、生态系统的结构

(一) 生态系统的组成成分

(二) 食物链和食物网

池塘生态系统图解



I 非生物的物质和能量

II 生产者

III 消费者

IV 分解者

(一) 生态系统的组成成分

生态系统

非生物成分

非生物的物质和能量

阳光、温度、空气、水份、土壤等。

生产者

制造有机物 是生态系统的主要成分。

自养生物——主要是绿色植物，还有光合细菌等

消费者

异养生物——各种动物（植食、肉食，杂食，寄生）

利用现成有机物

分类

初级消费者：

植食性动物

次级消费者：

以植食性动物为食的肉食性动物

三级消费者：

以小型肉食性动物为食的大型肉食性动物

生物成分

分解者

异养生物——细菌、真菌和腐生动物

分解动植物的遗体、排出物和残落物中的有机物为无机物。

➤ **除绿色植物外，还有其他生产者吗？**

有。

自养型生物，如硝化细菌、能进行光合作用的绿眼虫。

➤ **所有的植物都是生产者吗？不是。**



↑ 菟丝子



猪笼草 →

分解者 decomposer

异养生物，能把动植物体的复杂有机物分解为生产者能重新利用的简单的化合物，并释放出能量。

➤ 分解者一般分为两类：

- 细菌和真菌(微生物)
- 其他腐食性动物

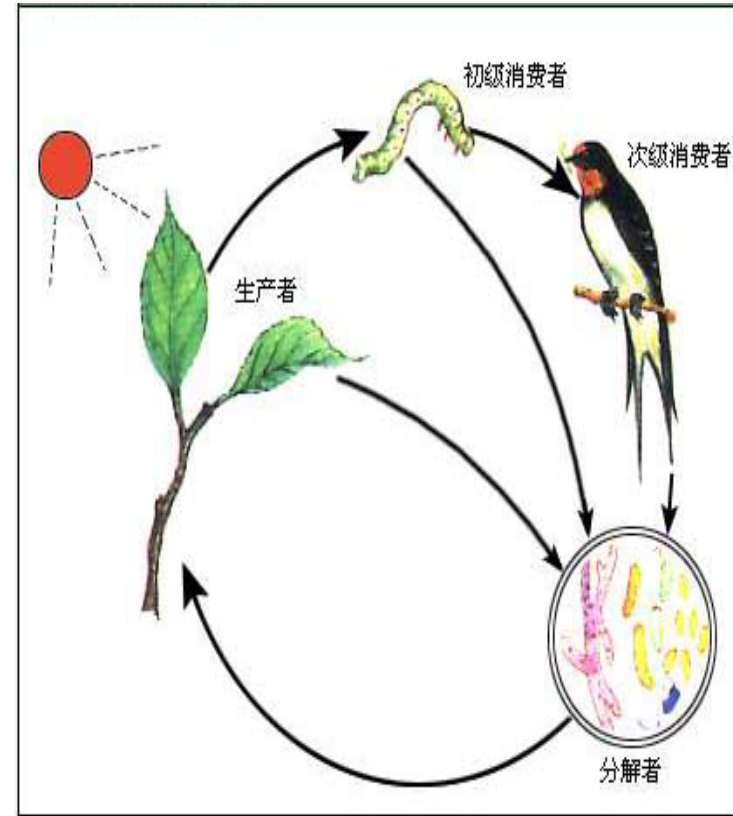
秃鹫、乌鸦、蚯蚓、螃蟹是不是分解者？

生产者、消费者和分解者之间的关系：

1、生产者制造有机物，为消费者提供食物和栖息场所。

2、消费者对植物的传粉受精和种子传播有重要作用。

例如：渡渡鸟和卡伐利亚树



渡渡鸟和卡伐利亚树

在毛里求斯岛上的卡伐利亚树，属山榄科、卡伐利亚属，是高大的热带乔木，树高可达30米，树围4米，多为百年老树，虽然树年年结果，就是不长幼苗，这个谜经科学家研究才得以破解，原来与渡渡鸟有关。渡渡鸟身高1米，体重可达13千克，几乎不会飞，早于1861年灭绝，。



渡渡鸟喜吃卡伐利亚树的果实，其果核经鸟的肌胃的“减薄处理”后，才能发芽，后来，人们仿照渡渡鸟，对果核进行减薄处理，才培育出卡伐利亚树苗。

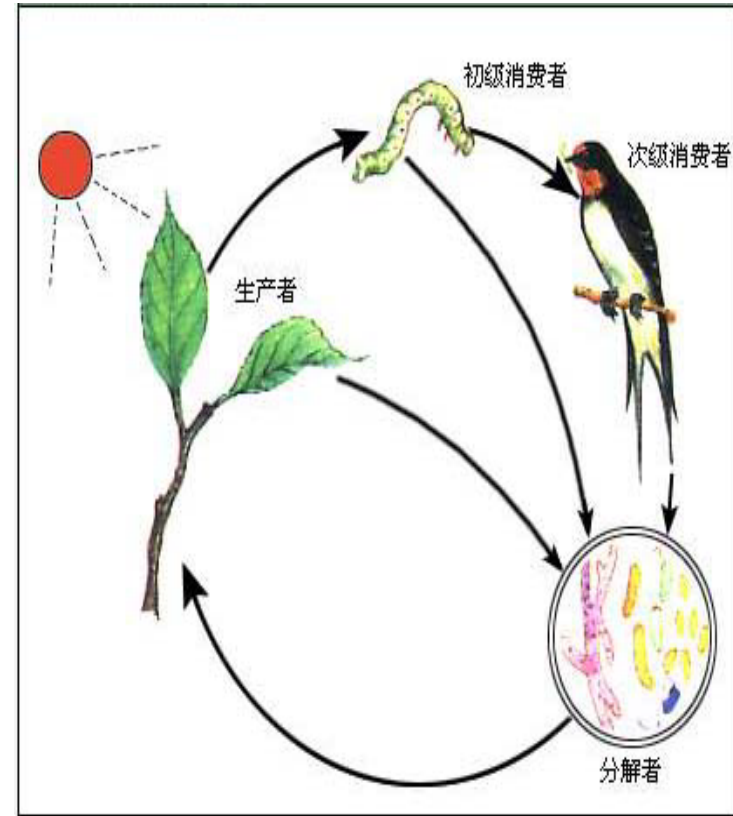
生产者、消费者和分解者之间的关系：

1、生产者制造有机物，为消费者提供食物和栖息场所。

——主要成分

2、消费者对植物的传粉受精和种子传播有重要作用。

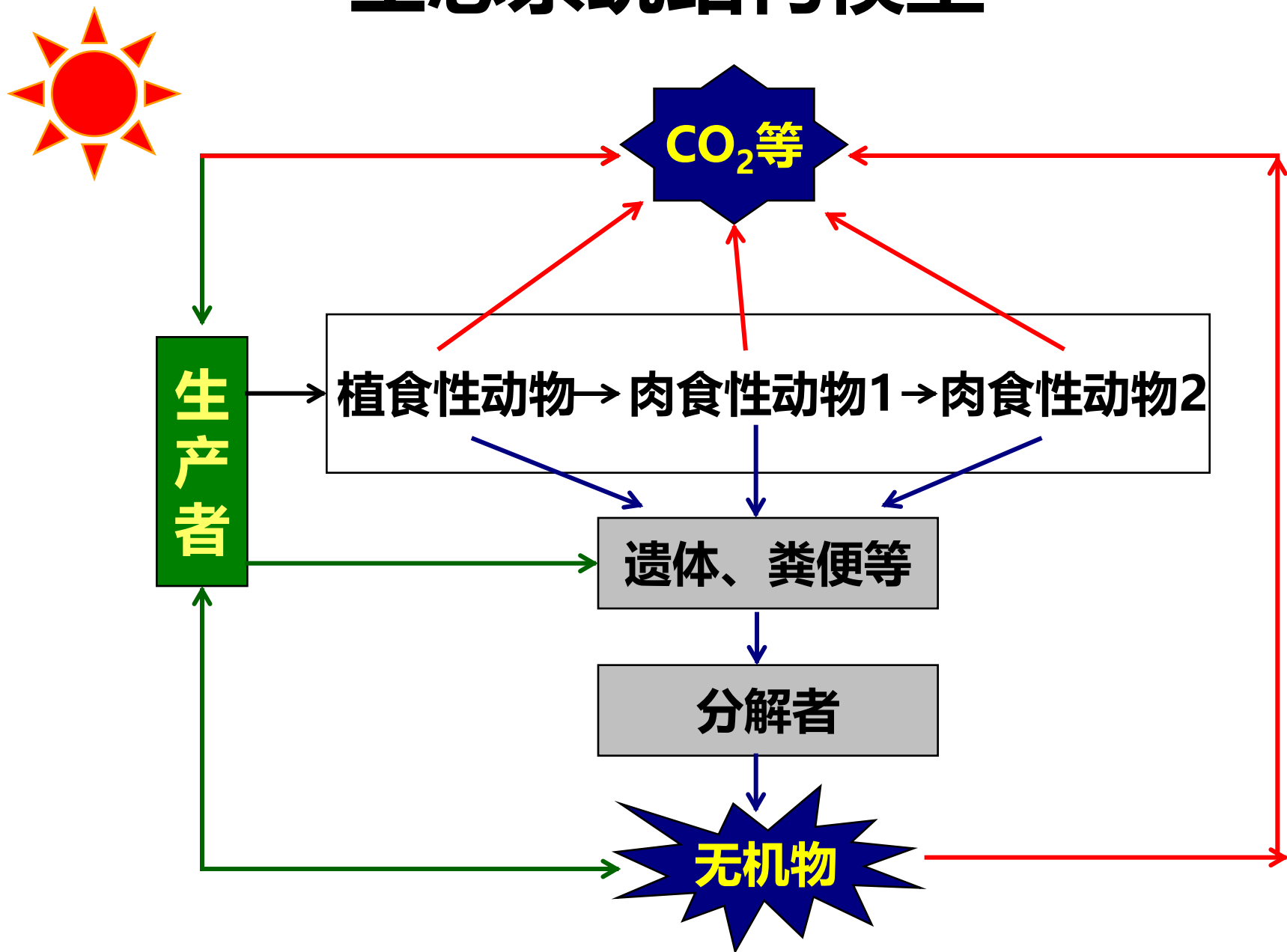
例如：渡渡鸟和卡伐利亚树



3、分解者将动植物遗体分解成无机物。

——必要成分

生态系统结构模型



生态系统的组成成分

1. 非生物的物质和能量

2. 生产者 producer

3. 消费者 consumer

一级消费者 (primary consumer)

二级消费者 (secondary consumer)

三级消费者 (tertiary consumer)

4. 分解者 decomposer

(二) 食物链和食物网

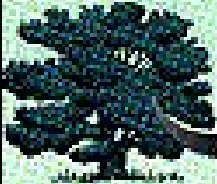
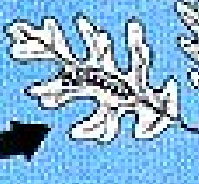
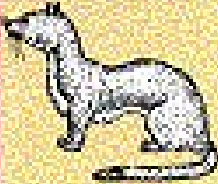
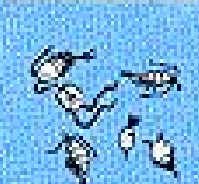
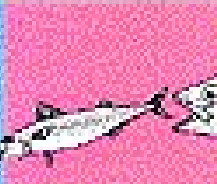
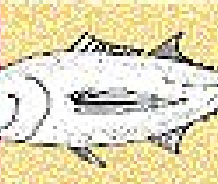
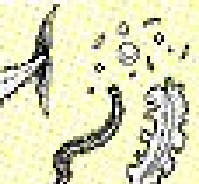
- 消费者大多是动物，动物在新陈代谢方面不同于植物的一个显著特点是什么？
 1. 必须直接或间接地以绿色植物为食物
 2. 通过它们的食物关系，构成食物链、食物网

食物链

食物链：各种生物之间由于食物关系而形成的一种联系
(狭义的食物链，即捕食链)

食物链	草	→	食草昆虫	→	蜘蛛	→	青蛙	→	蛇
成分	生产者		初级 消费者		次级 消费者		三级 消费者		四级 消费者
营养级	第一 营养级		第二 营养级		第三 营养级		第四 营养级		第五 营养级

营养级：各种生物在食物链中所处的环节

生态系统	自养	异养			
	生产者 初级营养水平	初级消费者 次级营养水平	次级消费者 三级营养水平	三级消费者 四级营养水平	分解者
阔叶林	 橡树	 毛虫	 山雀	 鼬	 细菌和真菌
浅海	 浮游植物	 浮游动物	 鲭鱼	 金枪鱼	 海生蠕虫

注意：分解者不占营养级！！！！

营养级和食物链

食物链生物	绿色植物	植食动物	肉食动物	大型肉食动物
结构模式	生产者	初级消费者	次级消费者	三级消费者
营养环节	第一营养级	第二营养级	第三营养级	第四营养级

注意:

1. 每条食物链（狭义的食物链，即捕食链）的**起点总是生产者**，终点是不被其他动物所食的动物。
2. 每一环节即为一个营养级，处在第几位即为第几营养级。**生产者总是第一营养级。**
3. 各种生物处的营养级的级别，并不是一成不变的。
4. 同种生物所属**消费者级别和营养级级别**一定是不同的，总是差一级。

三种类型：

- 捕食链：** 以植物为起点，经食草动物到食肉动物。
- 寄生链：** 以活的动植物体为起点，经各级寄生物。
- 腐生链：** 以动植物尸体为起点。

捕食链：

- 兔子吃草，狐狸吃兔子，虎吃狐狸，这种由捕食方式获取营养物质而形成的食物链。



- 特点：
能量传递的顺序是由植物传到动物，由小动物传到大动物。

注意：分解者不占营养级指的是狭义的食物链即捕食链，寄生也不占营养级，因为均没有捕食关系

寄生链：

以寄生方式获取营养物质而形成的食物链。

草→马→马蛔虫→原生动物

黄鼠→跳蚤→细菌→噬菌体

特点：

能量传递的顺序是由植物传到动物，由大动物传到小动物，这一点与捕食链相反。

腐生链：

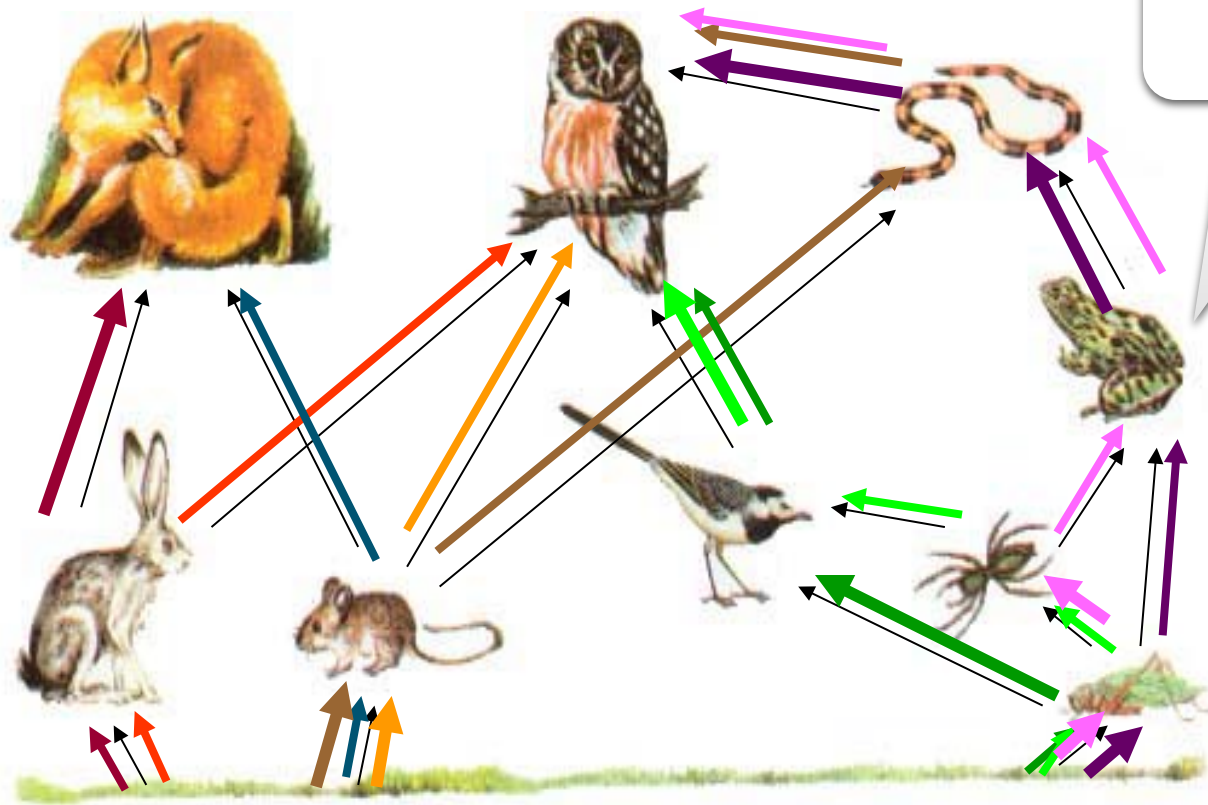
**专以动植物遗体为营养对象而形成的食物链，
起点是动植物的尸体或腐屑**

生物尸体→腐生细菌→硝化细菌

植物残体→蚯蚓→线虫类→节肢动物

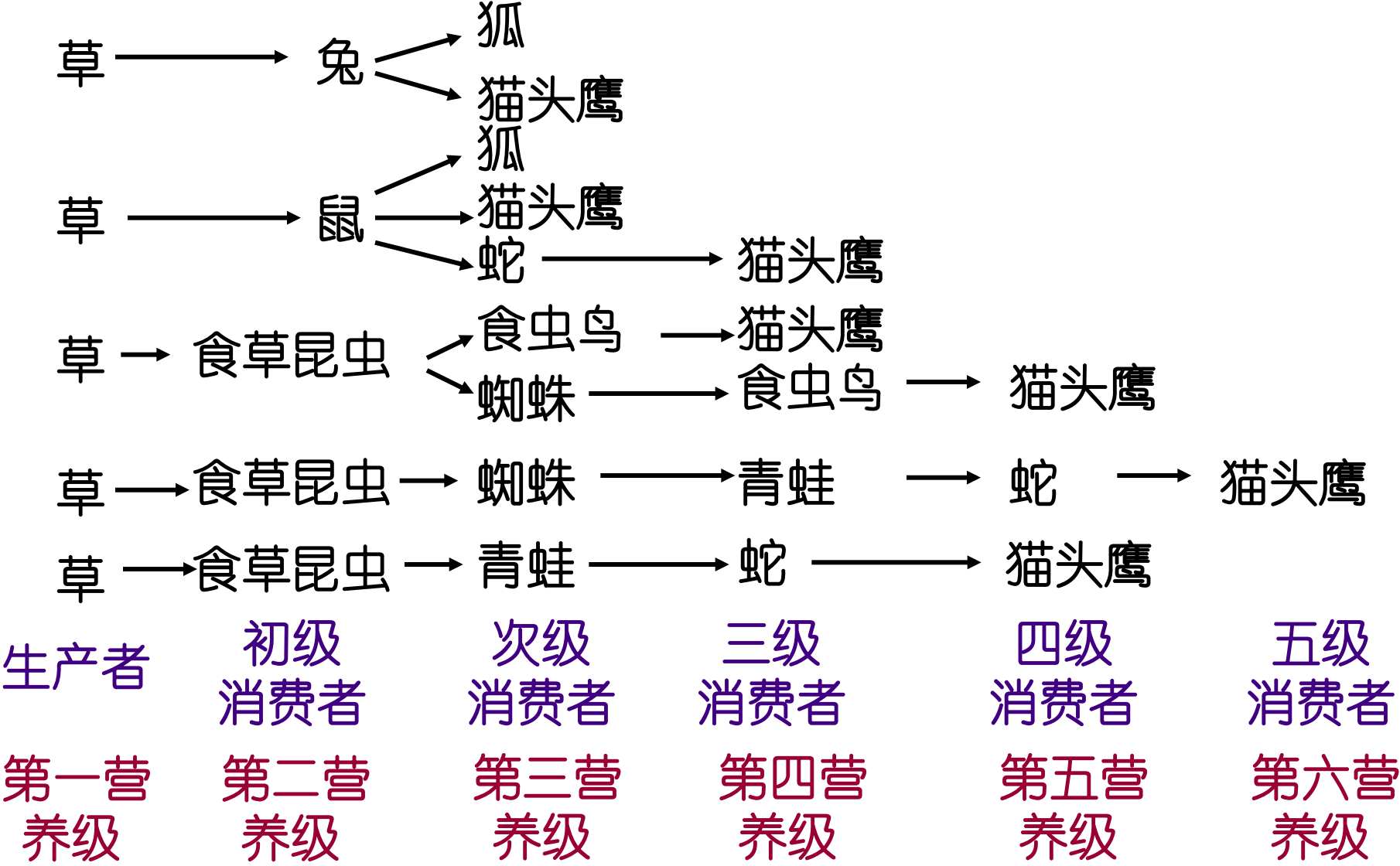
食物网

食物网：在一个生态系统中，许多食物链彼此相互交错连接形成的复杂营养关系。



数一数，有几条食物链？

食物网中的食物链与营养级



食物网特点

1. 一个食物网中有很多互有联系的食物链，每条食物链总是起于生产者，终止于最高营养级。
2. 一个食物网中各种动物所处的营养级不是一成不变的。

例：猫头鹰分别占第三、四、五、六营养级

3. 食物网中动物之间的关系有捕食和竞争关系

例：青蛙捕食蜘蛛，为捕食关系；青蛙和蜘蛛都捕食食草昆虫，因而又是竞争关系

食物网特点

4. 当第一营养级的生物（生产者）数量减少，则该食物链的其他生物数量都减少。
5. 当处于食物链的“天敌”地位的生物数量减少，则被食者数量先增加后减少，最后趋向稳定。
6. 生物的富集作用随着食物链的延长而不断加强，因为污染物中的物质化学性质稳定不易分解，在生物体内大量积累不易排出。

总结

1. 生态系统的结构的含义：

(1) 组成成分

(2) 营养结构：食物链和食物网

2. 对营养级的再认识：

食物网中同一环节上所有生物的总和

3. 食物链和食物网是生态系统能量流动和物质循环的渠道

1. 此食物网中的食物链有 5 条。

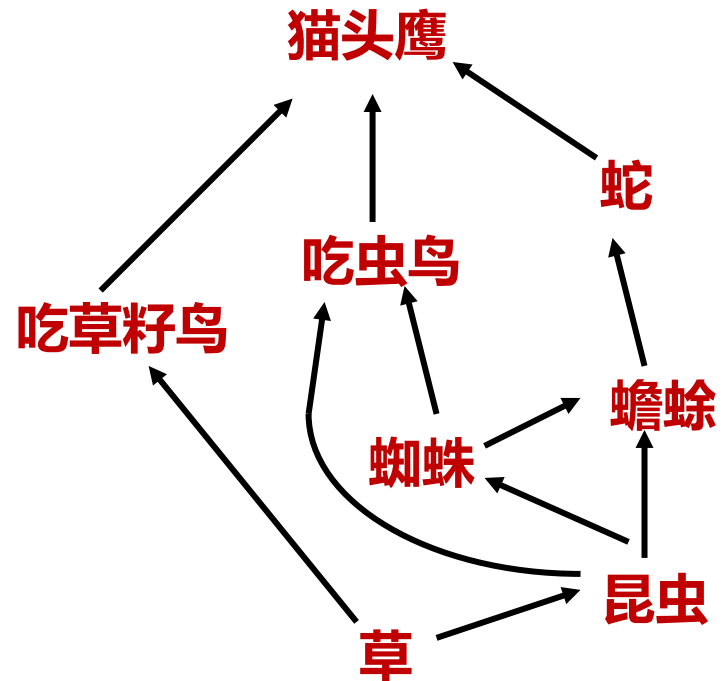
2. 属于第二营养级的有 吃草籽鸟、昆虫，只属于次级消费者的生物是 蜘蛛。

3. 猫头鹰占有 4 个营养级。

4. 蟾蜍和蜘蛛的关系既是 捕食，又是 竞争。

5. 吃虫鸟与蟾蜍之间的关系是 竞争。

6. 吃虫鸟如果因某种原因而减少，则蟾蜍的数量可能 增加。



思考题：

- **为什么食物链上一般不超过五个营养级？**

第五章 生态系统及其稳定性

第二节 生态系统的能量流动



复习

- 生态系统具备的必要条件有哪些？

1. 生物群落和无机环境 2. 两者要有联系

- 最大的生态系统是什么？

生物圈

- 硝化细菌是生态系统的什么成分？

生产者

- 生态系统的营养结构是什么？

食物链和食物网

- 生态系统的什么是沿着食物链和食物网进行的？

物质循环和能量流动

➤ 假设你像鲁滨逊那样流落在荒岛上，只有15kg玉米和一只母鸡可以食用，那么使自己活得最长的办法是：

- √ 1. 先吃鸡，然后吃玉米
- 2. 先吃玉米，同时用部分玉米喂鸡，吃鸡生产的蛋，最后再吃鸡



一、能量流动的概念

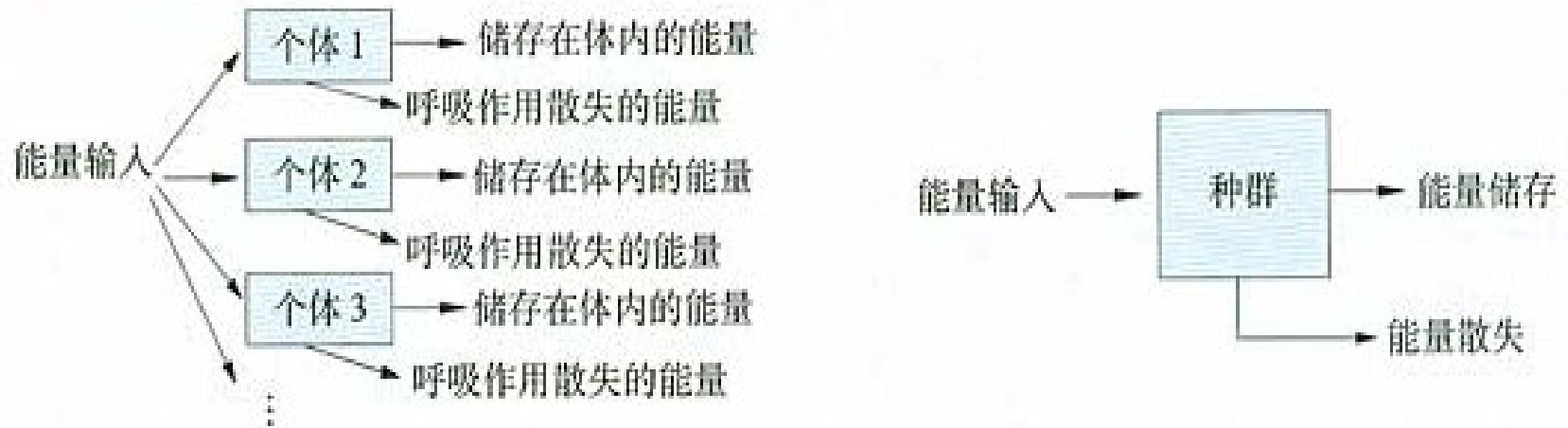
➤ 什么叫生态系统的能量流动？

指生态系统中能量的**输入、传递、转化和散失**过程。

- 能量是如何流动的？
- 从哪里开始研究？

能量流动的分析

能量流动的分析 能量流经一个种群的情况可以图示如下:



如果将这个种群作为一个整体来研究,则左图可以简化成右图形式,从中可以看出分析能量流动的基本思路。

- **在群体水平上研究;**
- **以食物链为主线进行研究。**

能量流动的过程

- 地球上几乎所有的生态系统所需要的能量都来自太阳。
- 进入生态系统中生物体的能量是生产者光合作用吸收的能量。这些能量固定到生产者所制造的有机物中。
 - 很少数是通过细菌的化能合成作用固定的化学能
- 进入生态系统中的太阳能约占太阳向地球输送能量的1%

二、能量流动的过程

1. 生态系统的能量来源是什么？

太阳能

人工生态系统还包括人为提供的能量：
耕种、灌溉、施肥、除草等。

2. 能量流动的起点和渠道是什么？

起点：**生产者** 渠道：**食物链和食物网**

3. 流经生态系统的总能量是什么？

流经生态系统总能量：**生产者所固定的太阳能的总量(约占1%)**

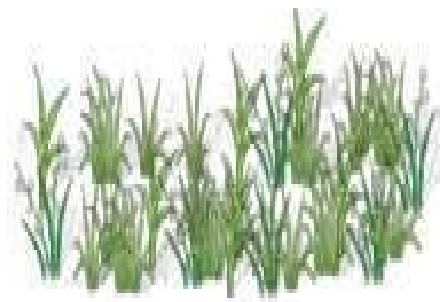
二、能量流动的过程

4. 各个营养级能量的来源又是什么？

来源：{ 生产者 —— 太阳能
 { 消费者 —— 前一营养级

5. 各营养级能量的去路有哪些？请以生产者（第一营养级）为例说明

去路：{ 呼吸作用消耗
 { 被下一营养级的生物所利用
 { 被分解者所利用



生产者固定
的太阳能

呼吸散失

用于生长、
发育、繁殖

遗体、
残枝败叶 → 分解者

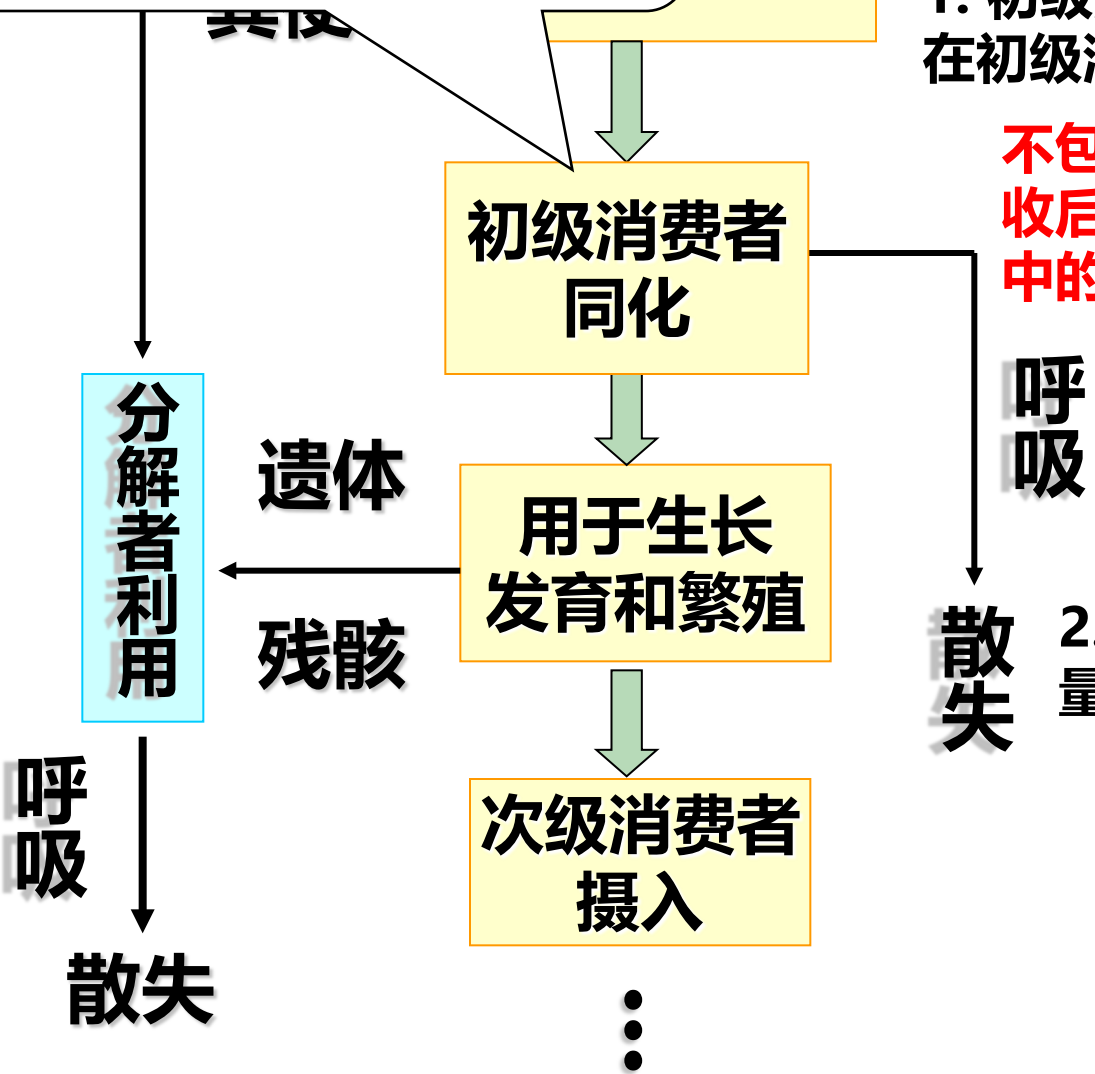
初级消费者摄食

能量流经第一营养级示意图

流经第二营养级示意图

同化作用是指生物体把从外界环境中获取的营养物质转变成自身的组成物质,并且储存能量的变化过程。

消费者



问题？

1. 初级消费者粪便中的能量包括在初级消费者同化的能量中吗？

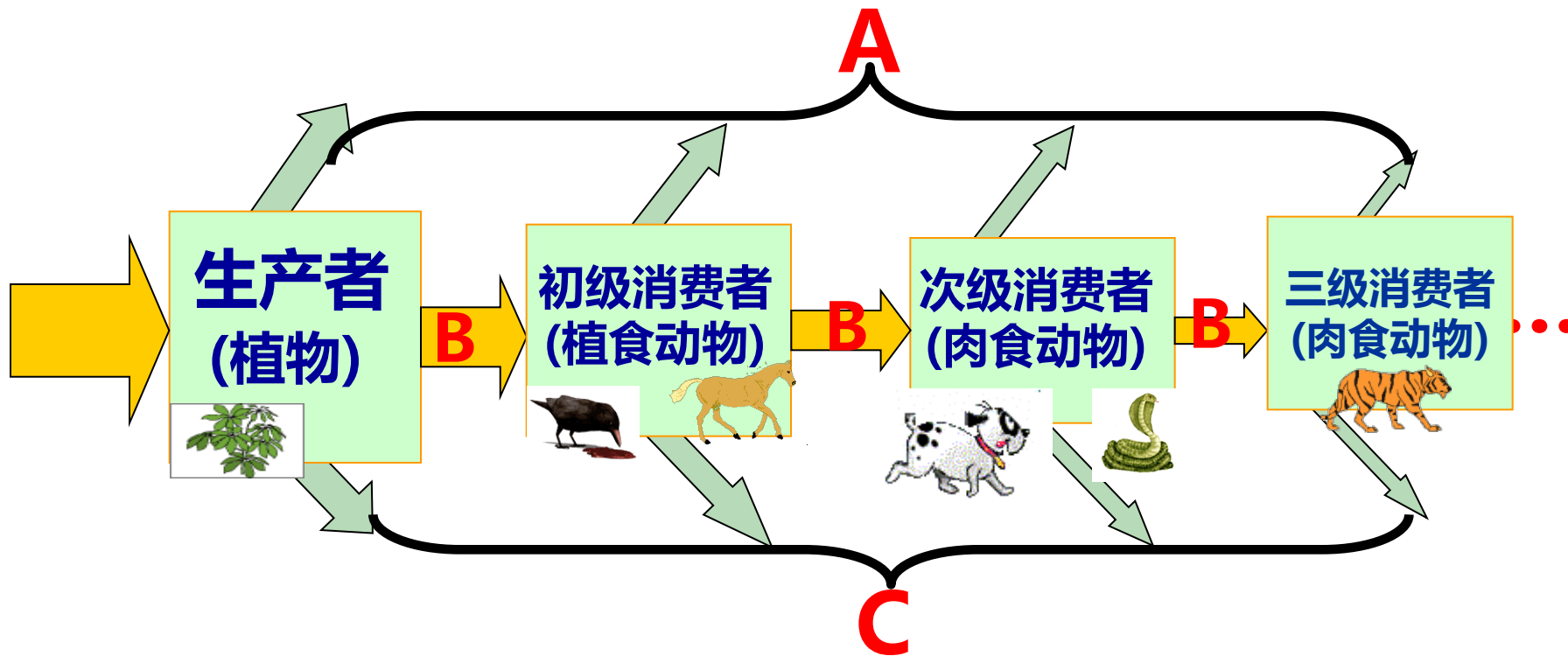
不包括。同化的能量是被吸收后储存在消费者自身组织中的能量。

2. 初级消费者同化的能量有哪几个去向？

- ① 呼吸作用散失；
- ② 被分解者利用；
- ③ 下一个营养级摄食。

请观察:

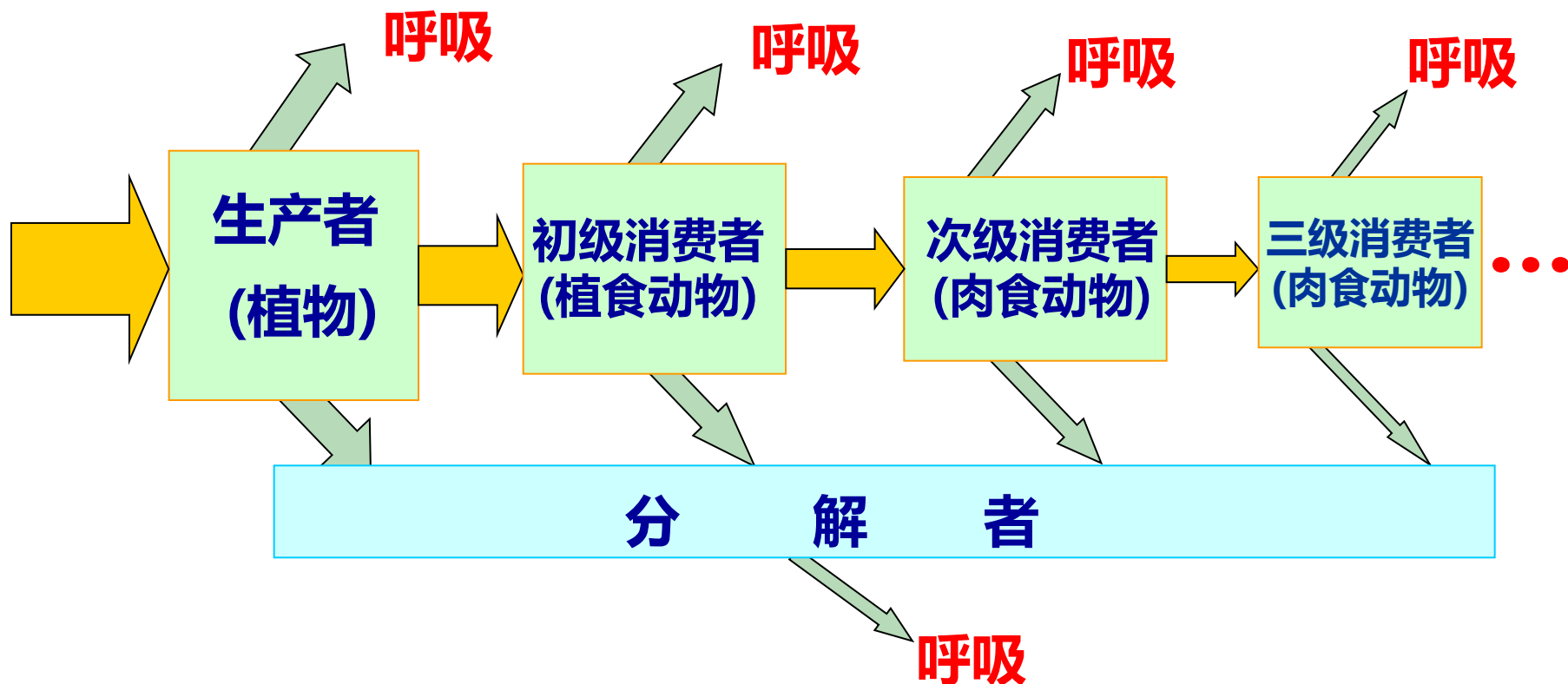
生态系统的能量流动过程图解:



请表述:

图中的**箭头A**、**B**、**C**各表示什么含义?

生态系统的能量流动图解：



一个营养级所同化的能量 =

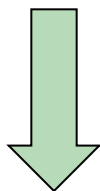
呼吸散失 + 被分解者利用 (遗体) + 被下一营养级利用



流经某生态系统的能量能否再回到这个生态系统中来？

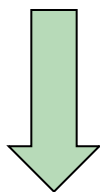
不能！

太阳光能



光合作用

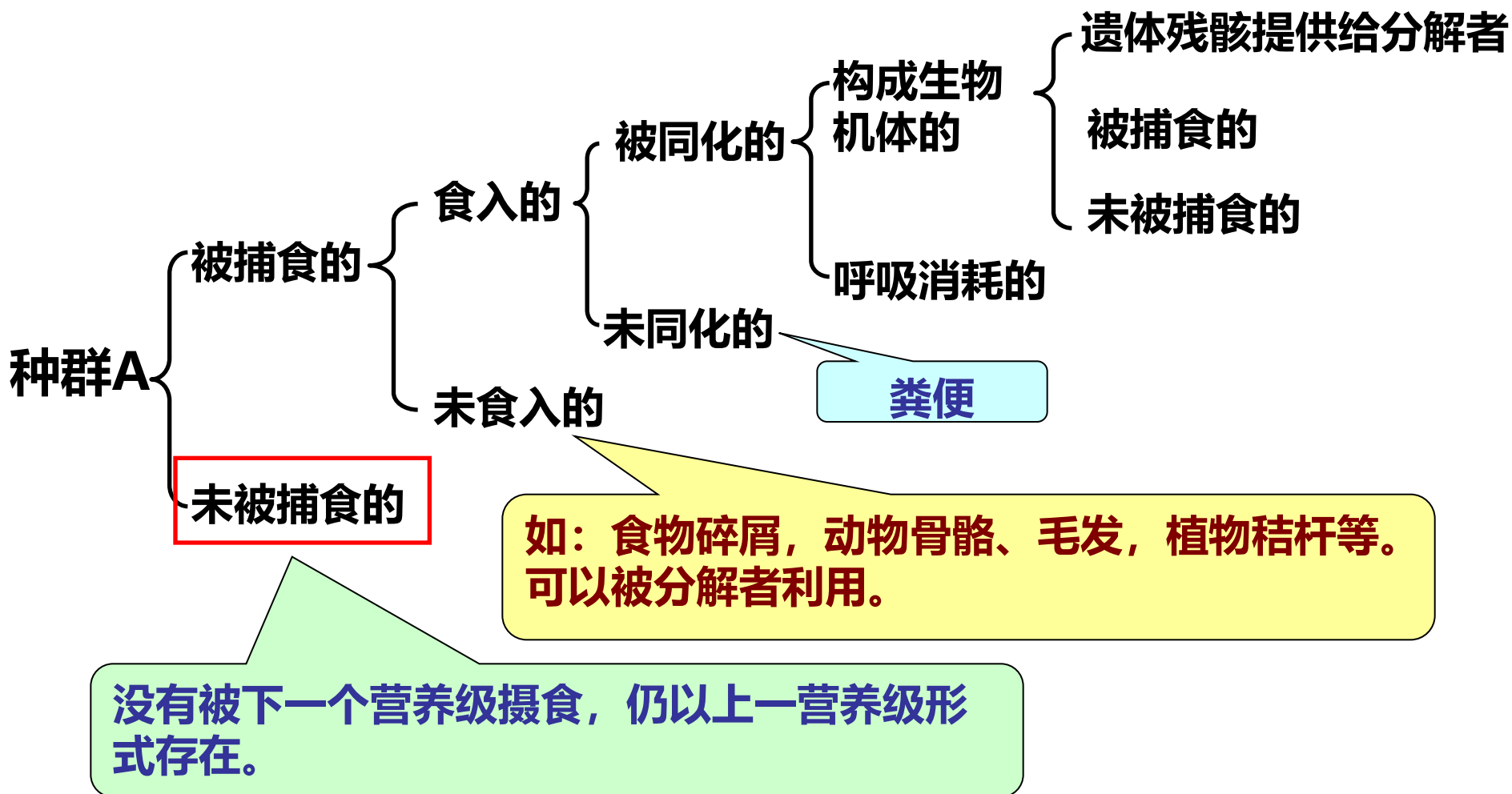
生物体内的化学能



呼吸作用

热能（最终归宿）

能量在种群之间的流动情况



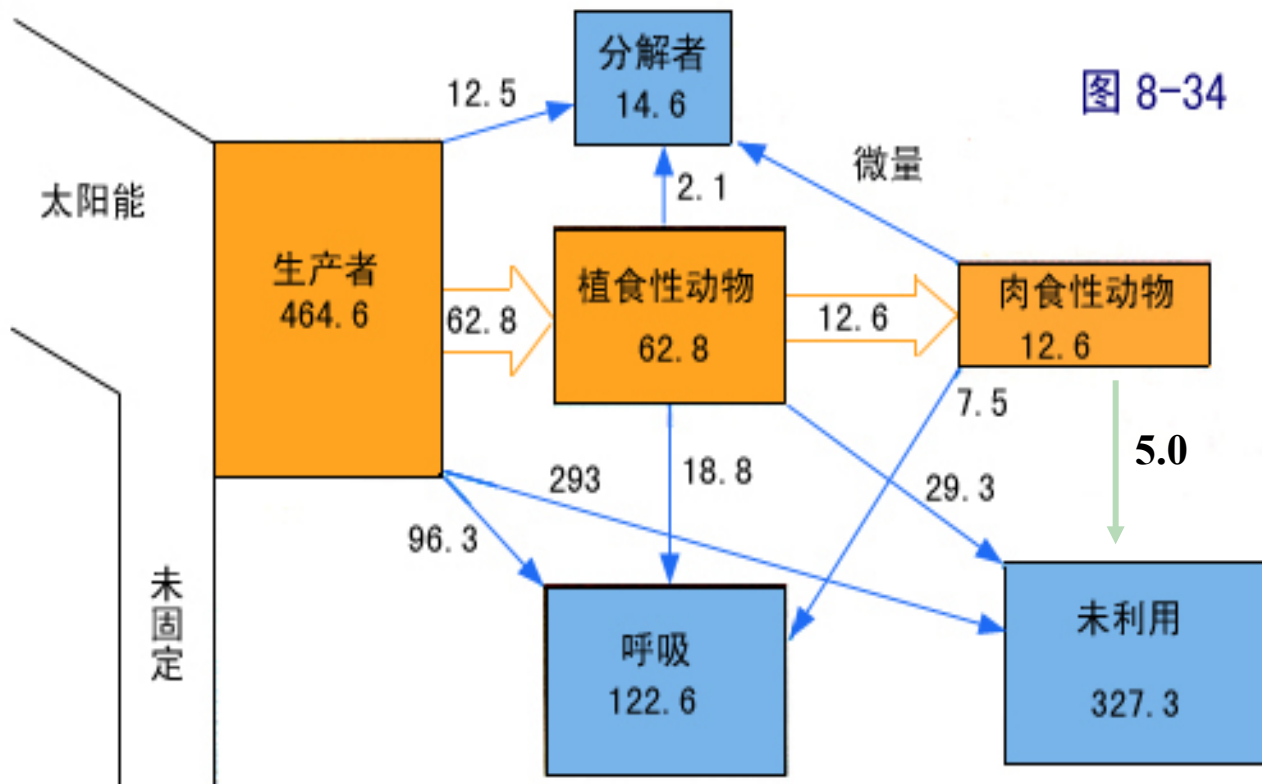


图 8-34 赛达伯格湖的能量流动图解
(图中的数字为能量数值, 单位是 $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ (焦每平方米厘米每年)。图中的“未固定”是指未被固定的太阳能, “未利用”是指未被后一个营养级和分解者利用的能量。为研究方便起见, 这里将肉食性动物作为一个营养级)。

1. 第一营养级和第二营养级流出能量与流入能量的出入比分别是多少?

$$\frac{62.8}{464.6} \times 100\% = 13.52\%$$

$$\frac{12.6}{62.8} \times 100\% = 20.06\%$$

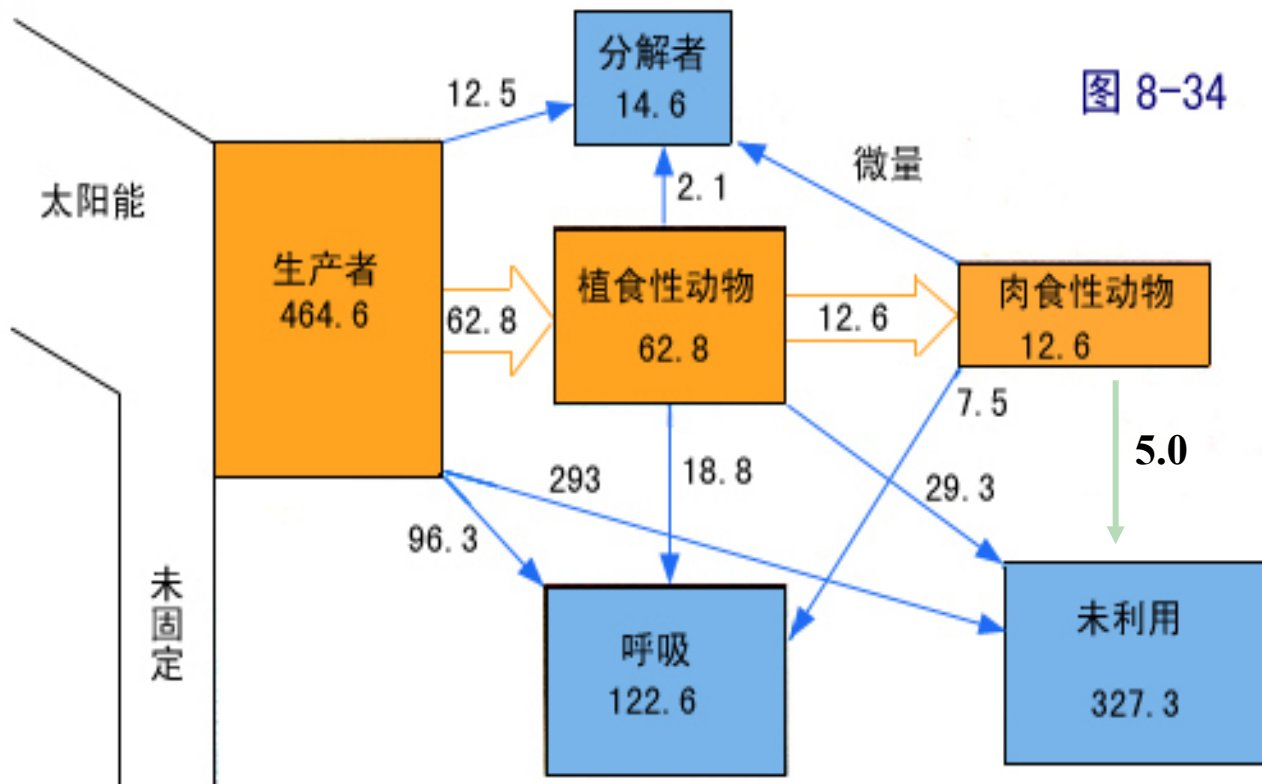


图 8-34 赛达伯格湖的能量流动图解
(图中的数字为能量数值, 单位是 $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ (焦每平方米厘米每年)。图中的“未固定”是指未被固定的太阳能, “未利用”是指未被后一个营养级和分解者利用的能量。为研究方便起见, 这里将肉食性动物作为一个营养级)。

2. 上图中“未利用的能量”是指哪些能量呢?

- a. 下一个营养级不能利用的能量
如: 草根
- b. 下一个营养级能利用而未利用的能量
如: 羊不能吃完所有的草
- c. 分解者能利用而未利用的能量

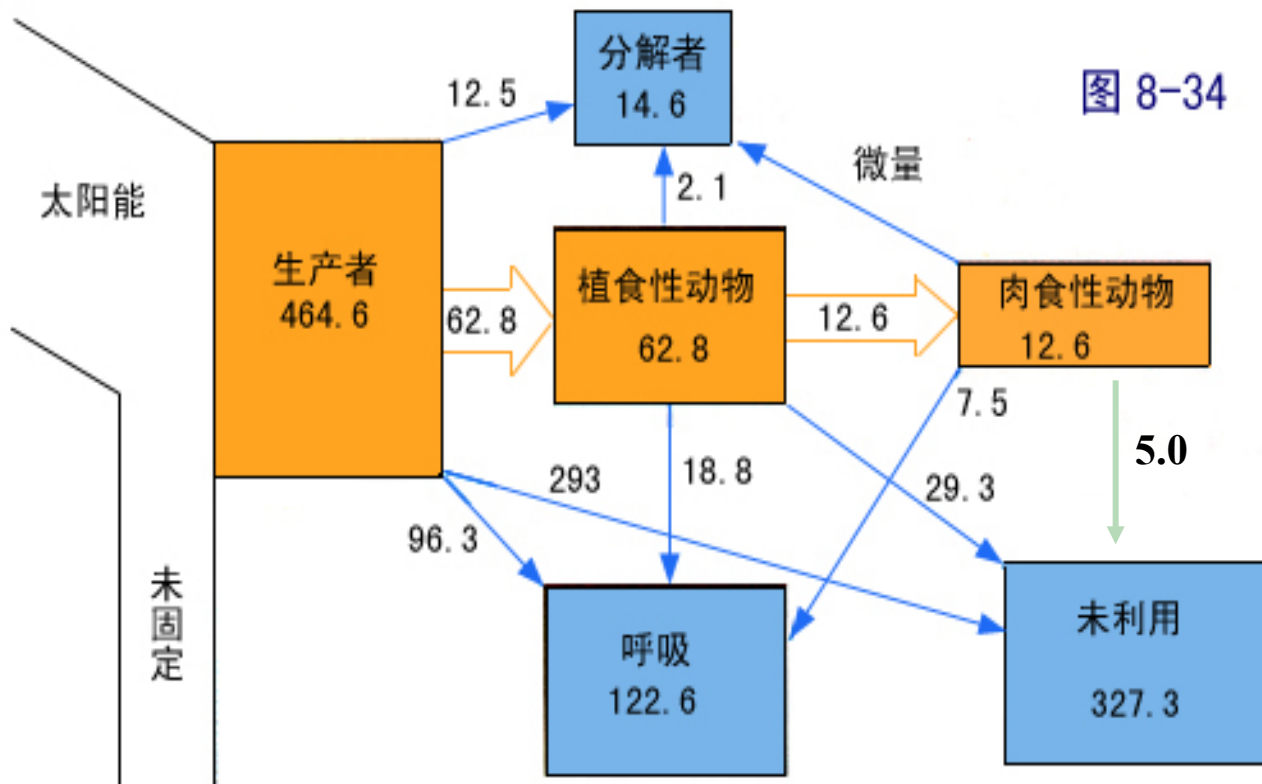


图 8-34 赛达伯格湖的能量流动图解
 (图中的数字为能量数值, 单位是 $\text{J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ (焦每平方米厘米每年)。图中的“未固定”是指未被固定的太阳能, “未利用”是指未被后一个营养级和分解者利用的能量。为研究方便起见, 这里将肉食性动物作为一个营养级)。

3. 能量在相邻的营养级之间的传递效率在多大范围内?

10% — 20%

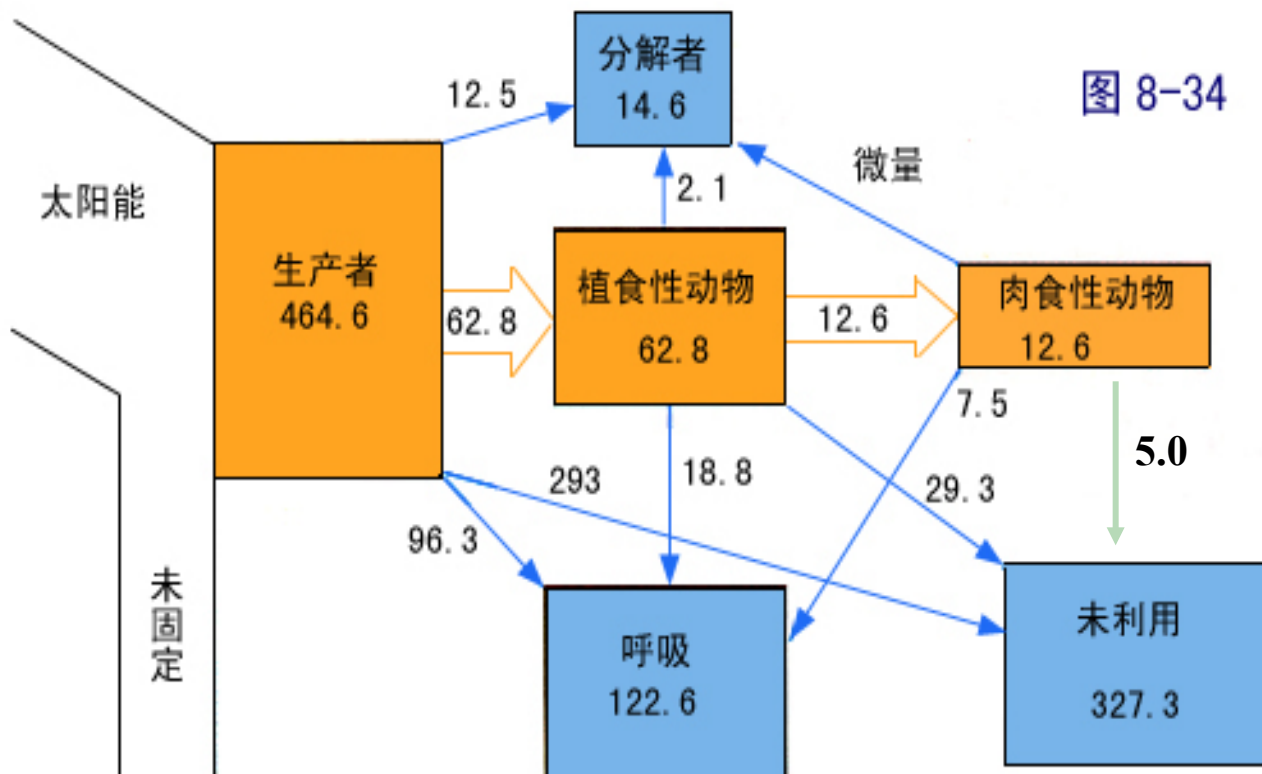


图 8-34 赛达伯格湖的能量流动图解
(图中的数字为能量数值, 单位是 J/(cm²·a) (焦每平方米厘米每年)。图中的“未固定”是指未被固定的太阳能, “未利用”是指未被后一个营养级和分解者利用的能量。为研究方便起见, 这里将肉食性动物作为一个营养级)。

能量流动符合能量守恒定律

营养级	输入能量	输出能量 (包括所有去向)
生产者	464.6	$12.5 + 62.8 + 293 + 96.3 = 464.6$
植食性动物	62.8	$2.1 + 12.6 + 18.8 + 29.3 = 62.8$
肉食性动物	12.6	$7.5 + 5.0 + \text{微量} = 12.6$

三、能量流动的特点

1. 单向流动：不可逆转，不能循环

食物链各个营养级的顺序是不可逆的，而各个营养级的能量总是以呼吸散失热能，即必须源源不断地输入，又不断地散失。

2. 逐级递减：沿食物链，传递效率为10%~20%

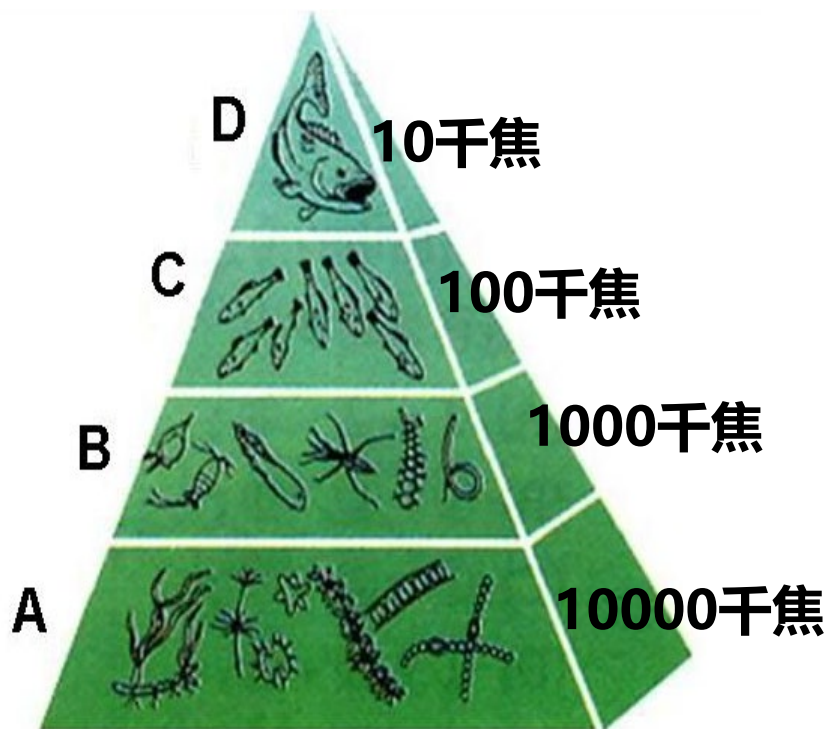
逐级递减的原因：自身呼吸消耗、被分解者分解、未被下一个营养级利用。

能量金字塔可以更直观地体现能量流动的特点。



能量金字塔

- 由单位时间内各营养级所得到的**能量数值**，由低到高绘制的图形。



在一个生态系统中，**营养级越多**，在能量流动的过程中**消耗的能量就越多**，能量流动是单向、逐级递减的。

思考：

能否表示生物的数量和重量呢？

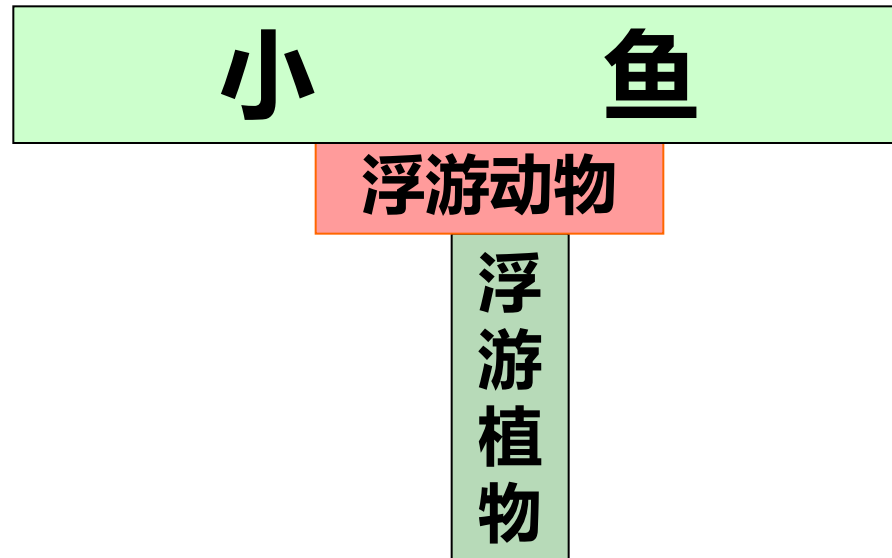
图 8-35 某一个湖的能量金字塔

- A. 第一营养级 B. 第二营养级
C. 第三营养级 D. 第四营养级

生物质量金字塔：按生物的质量表示

三级消费者（吃大鱼的鱼）	3万吨
次级消费者（吃小鱼虾的大鱼）	17万吨
初级消费者（吃大叶藻的小鱼虾）	1200万吨
生产者（大叶藻）	4800万吨

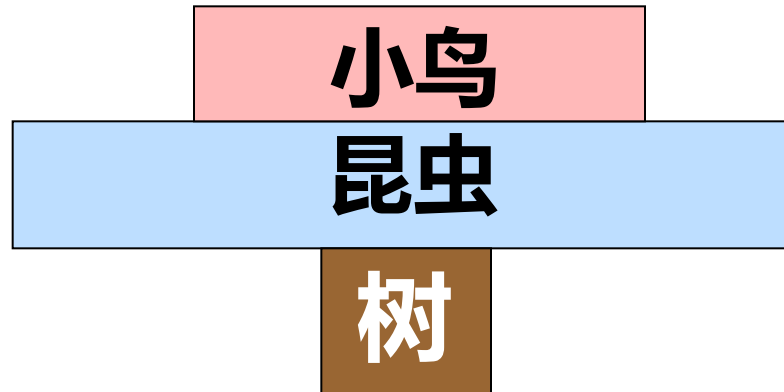
例外：



生物数量金字塔：按生物的个体数量表示

三级消费者（肉食动物、吃小鸟的鹰）	3只
次级消费者（肉食动物、吃昆虫的小鸟）	354904只
初级消费者（草原动物、昆虫）	708624只
生产者（野草）	5842424株

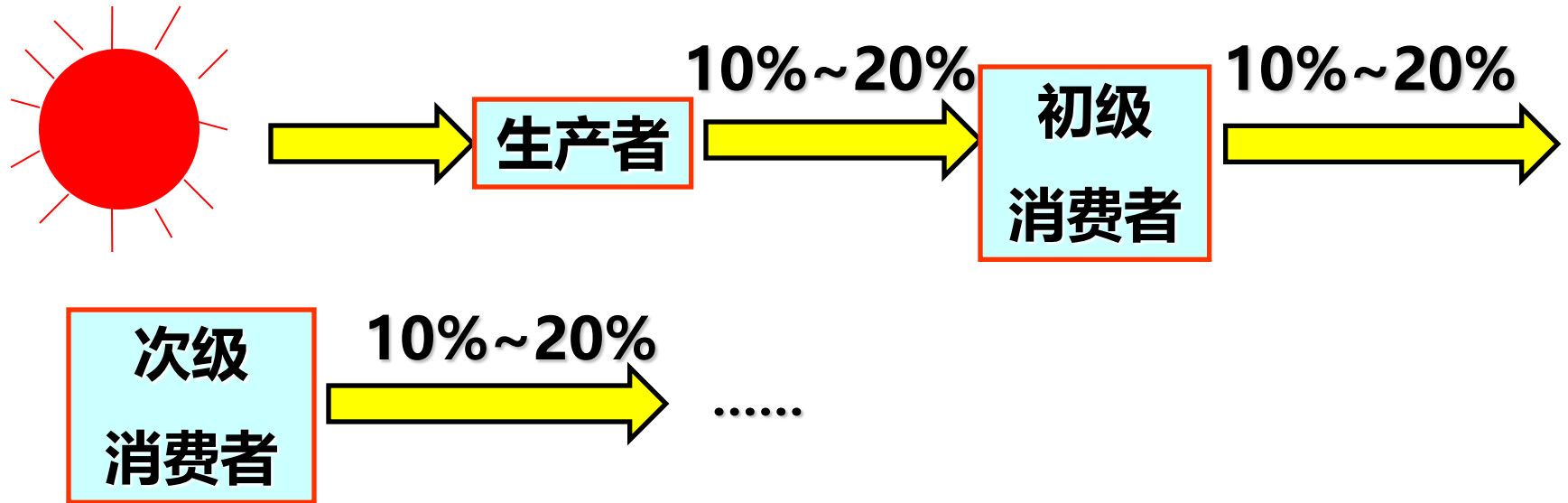
例外：



**能量金字塔永远是正金字塔形，
而数量和质量金字塔有时倒置。**



为什么一般的食物链上营养级不会多于5个？



答：根据能量传递效率为10%-20%计算，流入到下一营养级能量是很少的。所以营养级越高生物种类和数量就越少。当能量流经4-5个营养级，所剩的能量就少到不足以再维持下一营养级的生命了。

为什么谚语说“一山不容二虎”？

参考要点:

根据生态系统中能量流动逐级递减的特点和规律，营养级越高，可利用的能量就越少，老虎在生态系统中几乎是最高营养级，通过食物链(网)流经老虎的能量已减到很小的程度。因此，老虎的数量将是很少的。故“一山不容二虎”有一定的生态学道理。



➤ 引申：

**人增加一千克，要消耗多少千克的植物？
为什么肉类食品的价格比小白菜价格高？**

- **美国生态学家林德曼，提出了“十分之一定律”：从理论上讲，一个人靠吃鱼增长身体1kg，就得吃掉10kg鱼，10kg的鱼则要吃掉100kg的浮游动物，100kg的浮游动物要吃掉1000kg的浮游植物。也就是说，1000kg的浮游植物才能养活10kg的鱼，进而才能使人增长1kg体重。**

四、研究能量流动的实践意义

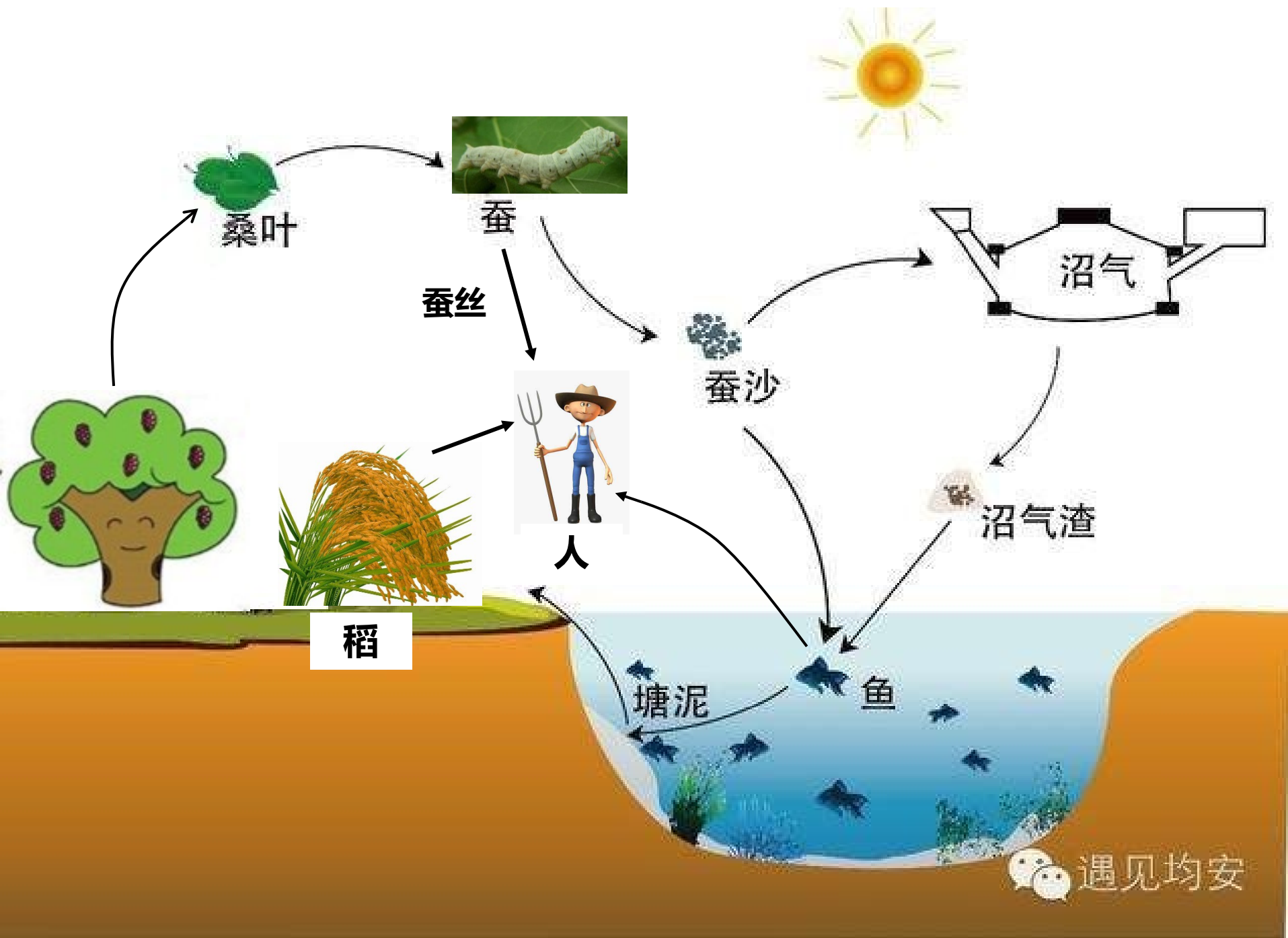
1. 帮助人们科学规划、设计人工生态系统，使能量得到最有效的利用。

如：生态农业



视觉佛山

佛山地区的桑基鱼塘



四、研究能量流动的实践意义

1. 帮助人们科学规划、设计人工生态系统，使能量得到最有效的利用。

如：生态农业

2. 帮助人们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。

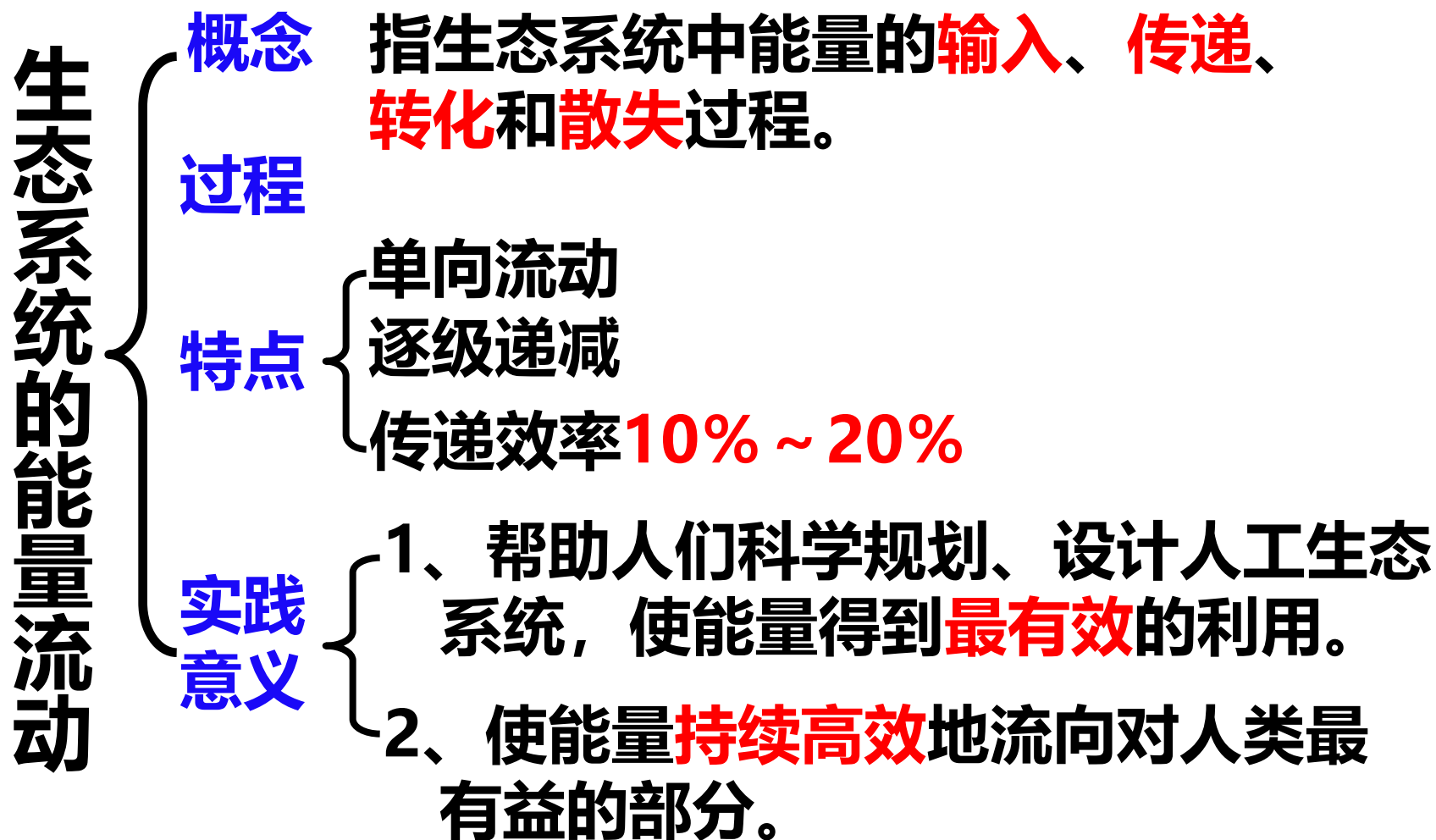
如：草场放牧

牧民草原如何放牧，才能达到产畜量高又不会导致草场退化？

合理确定载畜量，灭鼠、灭虫



小结



调查

参考调查点：稻田生态系统

组成成分：

- 1. 非生物的物质和能量；**
- 2. 生产者： 水稻、杂草、浮游植物等；**
- 3. 消费者： 田螺、泥鳅、黄鳝、鱼、青蛙、
浮游动物、昆虫、鸟类等；**
- 4. 分解者： 多种微生物。**

- 1. 生产者主体是水稻，其他生产者有杂草、浮游植物等。农民主要通过喷洒除草剂，或人工除草的方式抑制杂草的生长。**
- 2. 初级消费者有：田螺、浮游动物、植食性昆虫、植食性鱼、鸟类等。一般而言，植食性昆虫和鸟类等往往对水稻生长构成危害，田螺、植食性鱼数量较多时也会对水稻生长构成危害。农民采取喷洒农药、竖稻草人等措施防止或减少这些动物的危害。**
- 3. 次级消费者有：泥鳅、黄鳝、肉食性鱼、青蛙等。一般而言，这些消费者对水稻生长利大于害。农民通过禁捕，或适量放养等措施，实现生态农业的目标。**

- 4. 农民对秸秆的传统处理方式有焚烧或填埋等；现代农业提出了综合利用思想，例如，秸秆可作为多种工业原材料，还可以用来生产沼气，以充分利用其中的能量。**
- 5. 主要通过合理密植的方法提高作物的光能利用效率。**
- 6. 通过稻田养鱼等措施，实现立体化生态农业；通过建造沼气池，实现能量的多级利用。**

第五章 生态系统及其稳定性

第三节 生态系统的物质循环



讨论：

➤ 生态系统**能量流动**的特点：

- 单向流动、逐级递减
- 能量需要不断补充

➤ 维持生态系统所需的大量**物质**，为什么亿万年来却没有被生命活动所消耗完？

物质循环



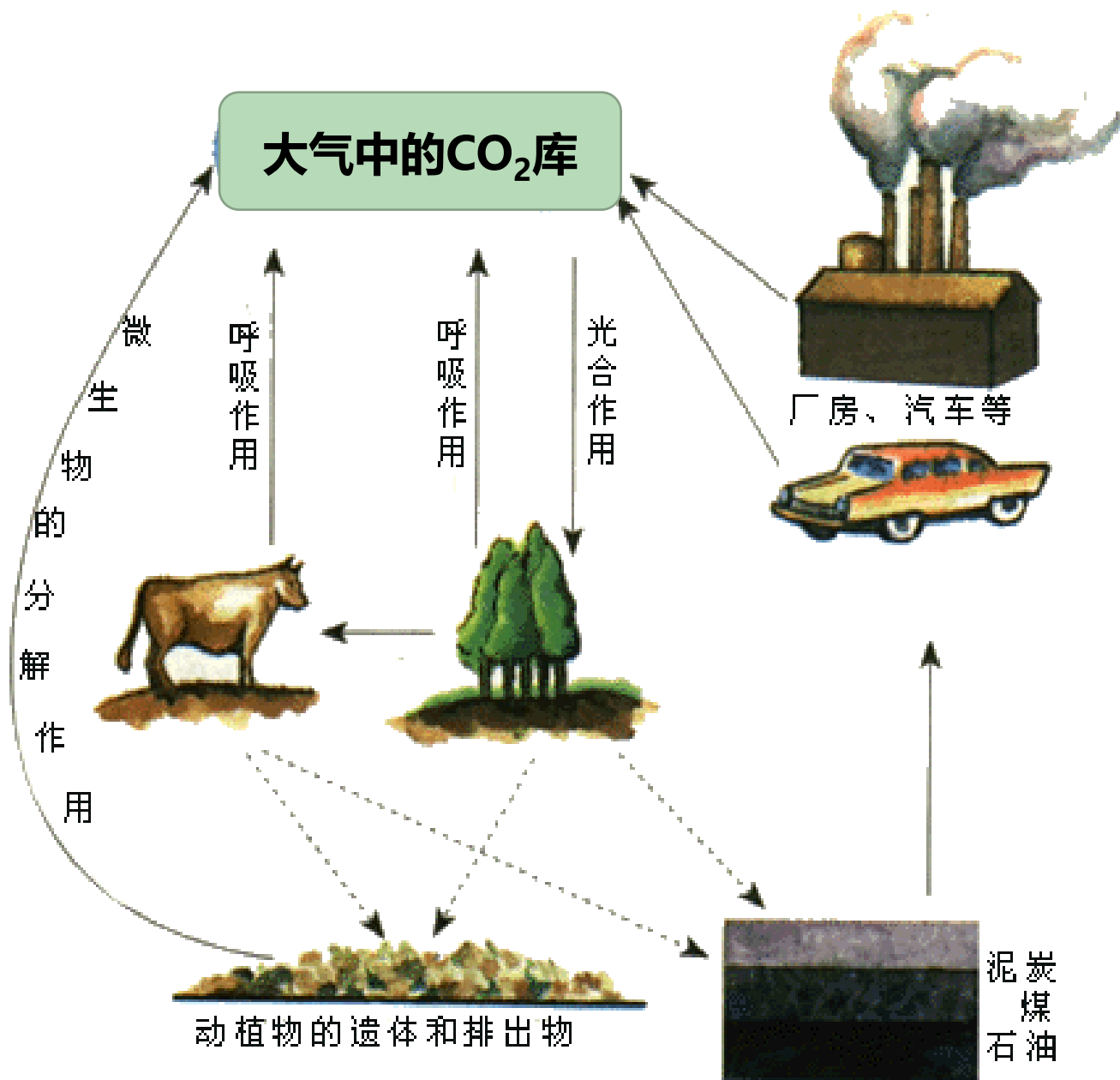
一、物质循环的概念

- 组成生物体的C、H、O、N、P、S等基本元素在生态系统的生物群落与无机环境之间反复循环运动叫生态系统的物质循环。
- 物质循环是全球性的，又叫生物地球化学循环。

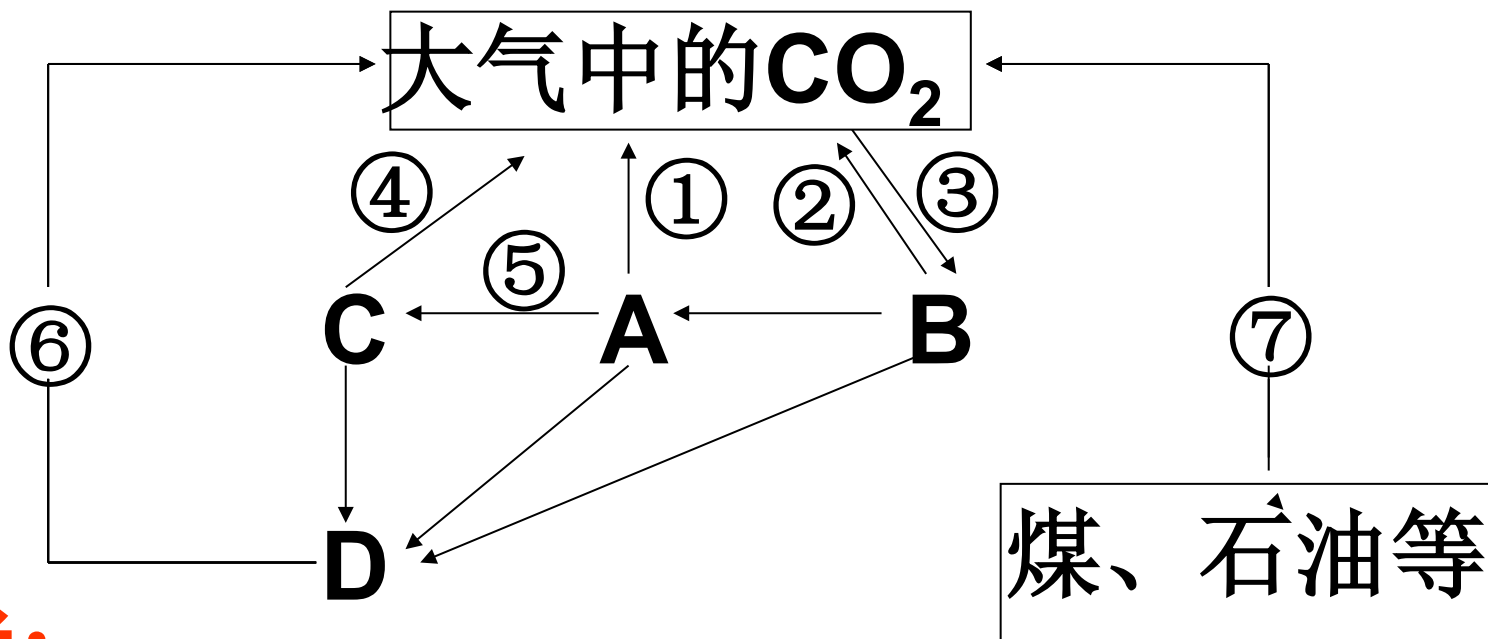
生物群落 $\xrightleftharpoons[\text{反复循环}]{\text{组成生物体的C、H、O、N、P、S基本元素}}$ 无机环境

碳循环

碳是有机化合物的“基本骨架”，没有碳就没有生命。碳在无机环境与生物群落之间是以 CO_2 的形式进行循环的。

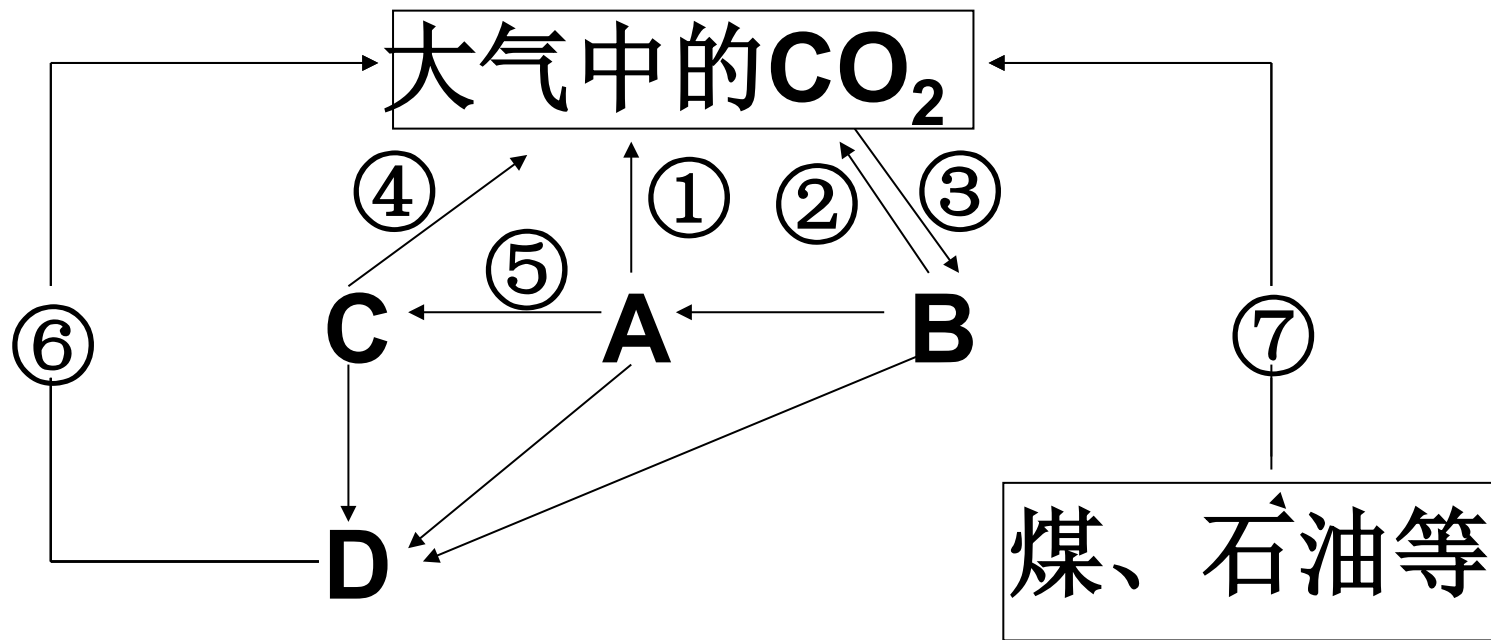


下图是碳循环的图解



思考:

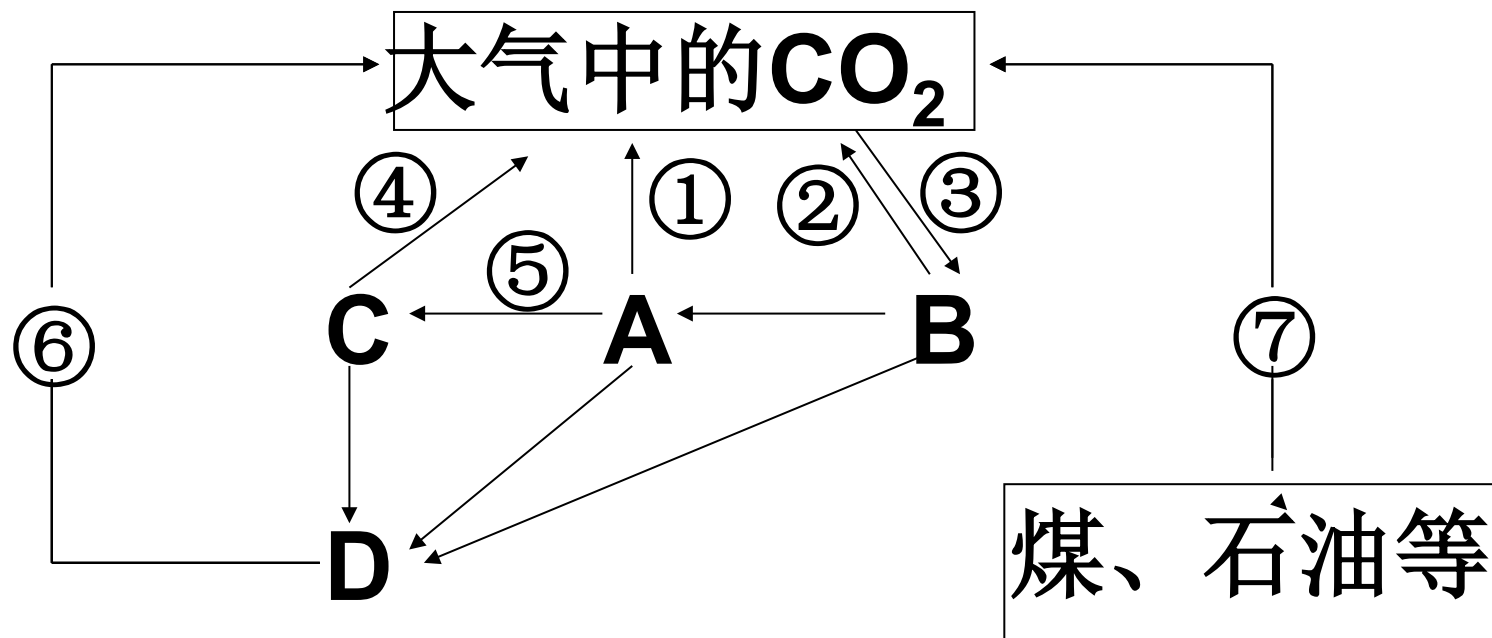
- 1、从生态系统的成分看, A、B、C、D各代表什么生物?
初级消费者, 生产者, 次级消费者, 分解者
- 2、碳分别以什么形式进入、离开生物群落?
气体CO₂



3、大气中的CO₂进入生物群落主要依赖于③**光合**作用。

4、碳从生物群落回到大气中主要依靠呼吸作用。

5、限制我国西北地区③过程总量的主要非生物因素水。

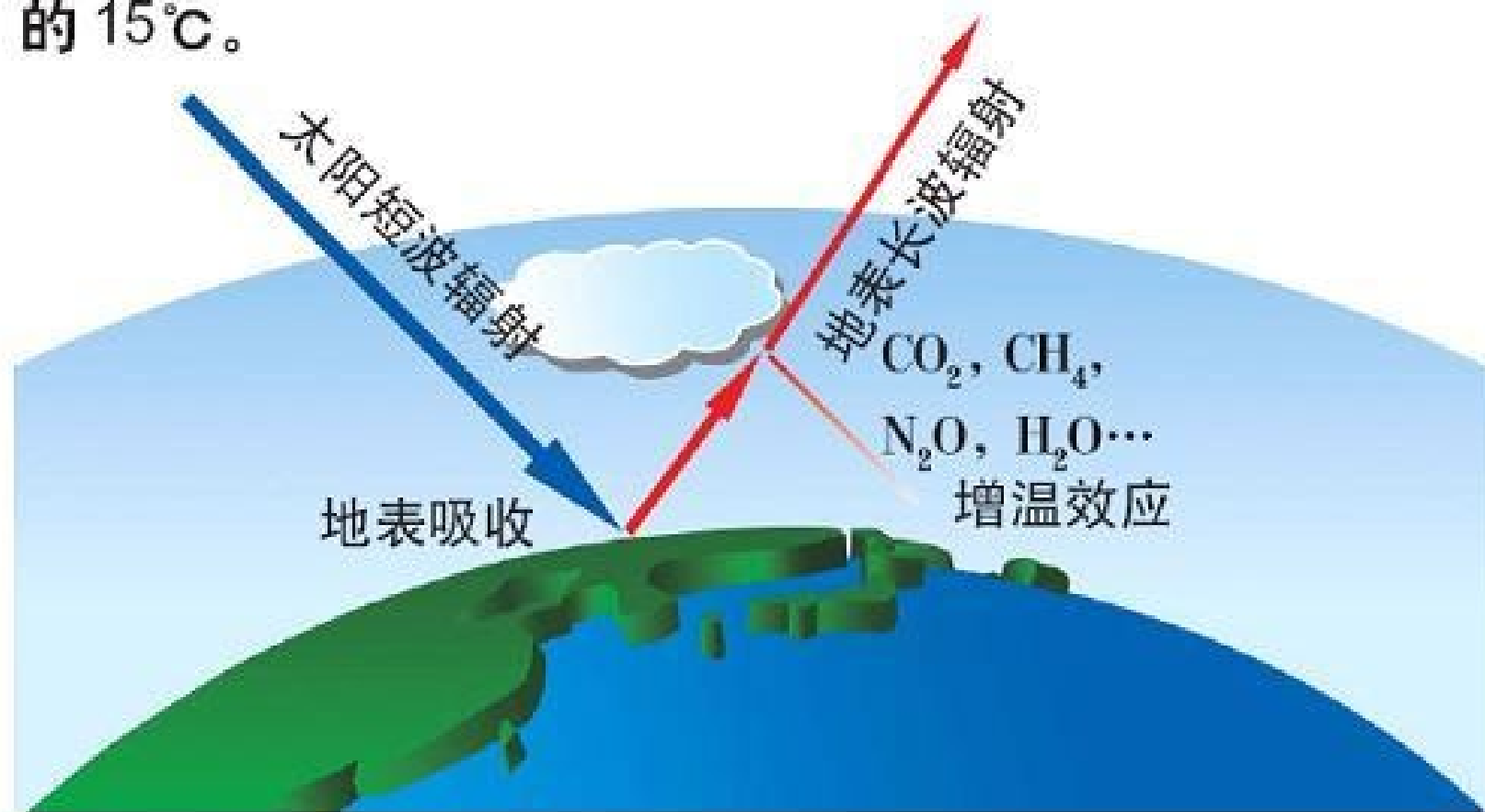


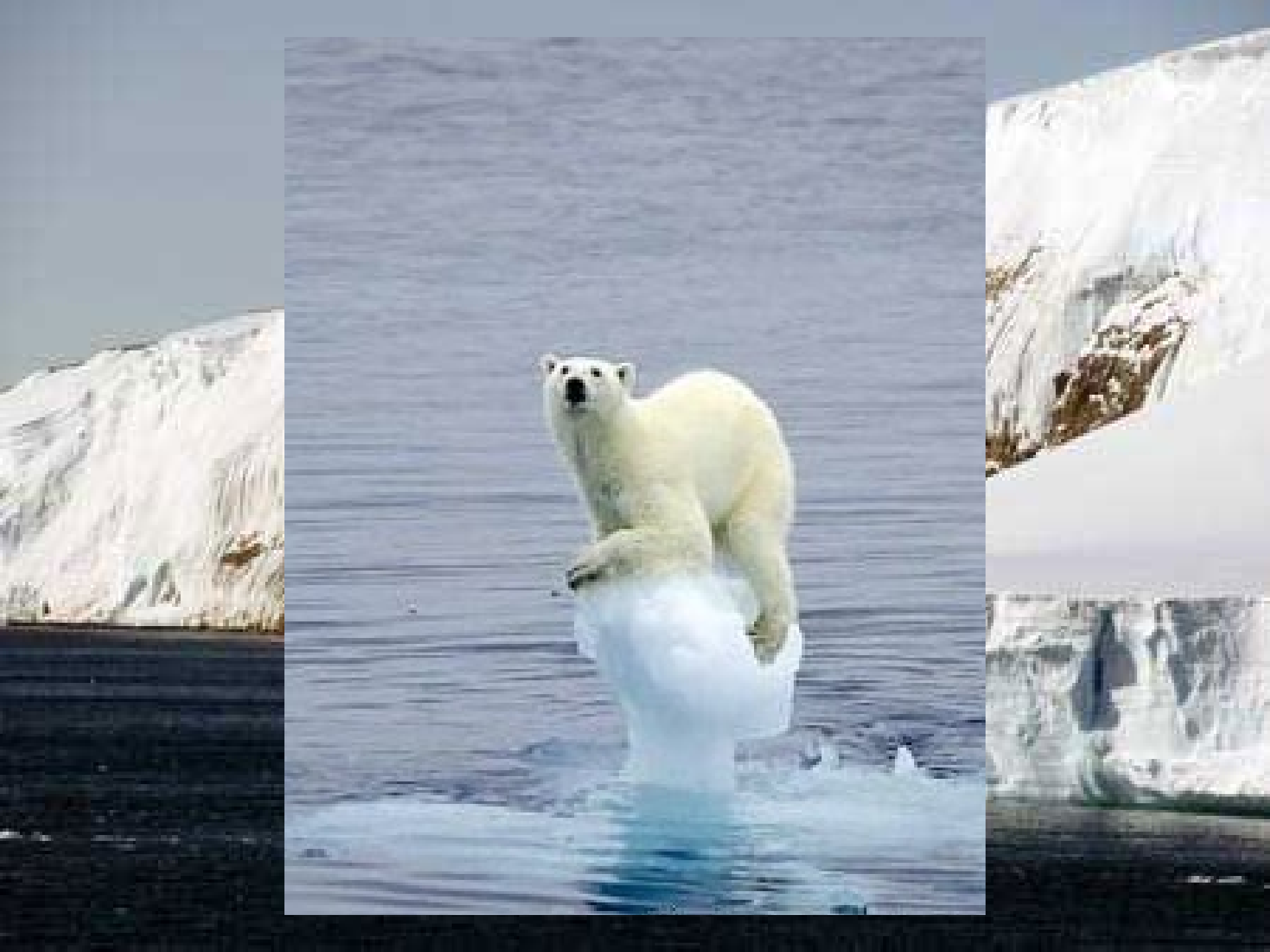
6、⑦过程的加剧将产生怎样的后果？

大气中CO₂含量增加，导致温室效应。

温室气体能吸收地表长波辐射，使大气变暖，与“温室”作用相似。

若无“温室效应”，地球表面平均温度是 -18°C ，而非现在的 15°C 。









7、温室效应的控制不只是某一个国家的事情，为此1997年12月11日联合国在日本东京有关温室气体的排放签署了《京都议定书》，这基于物质循环具有全球性的特点。

如何解决“温室效应”？

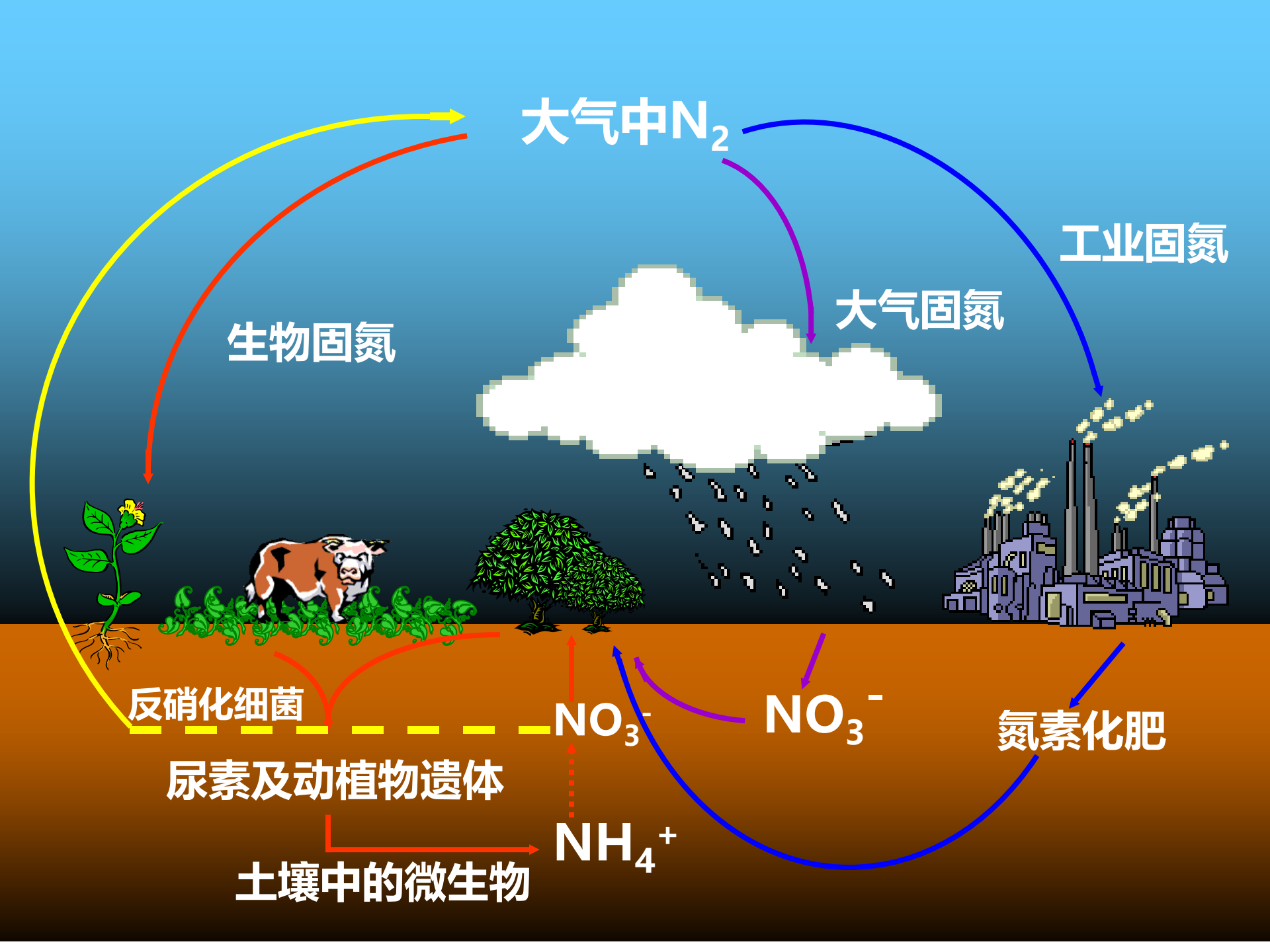
- 减少煤、石油等化石燃料的燃烧，提高能效。
- 开发新的洁净能源，如核能、太阳能、风能、水能等。
- 大面积植树造林，降低空气中CO₂含量。

小结

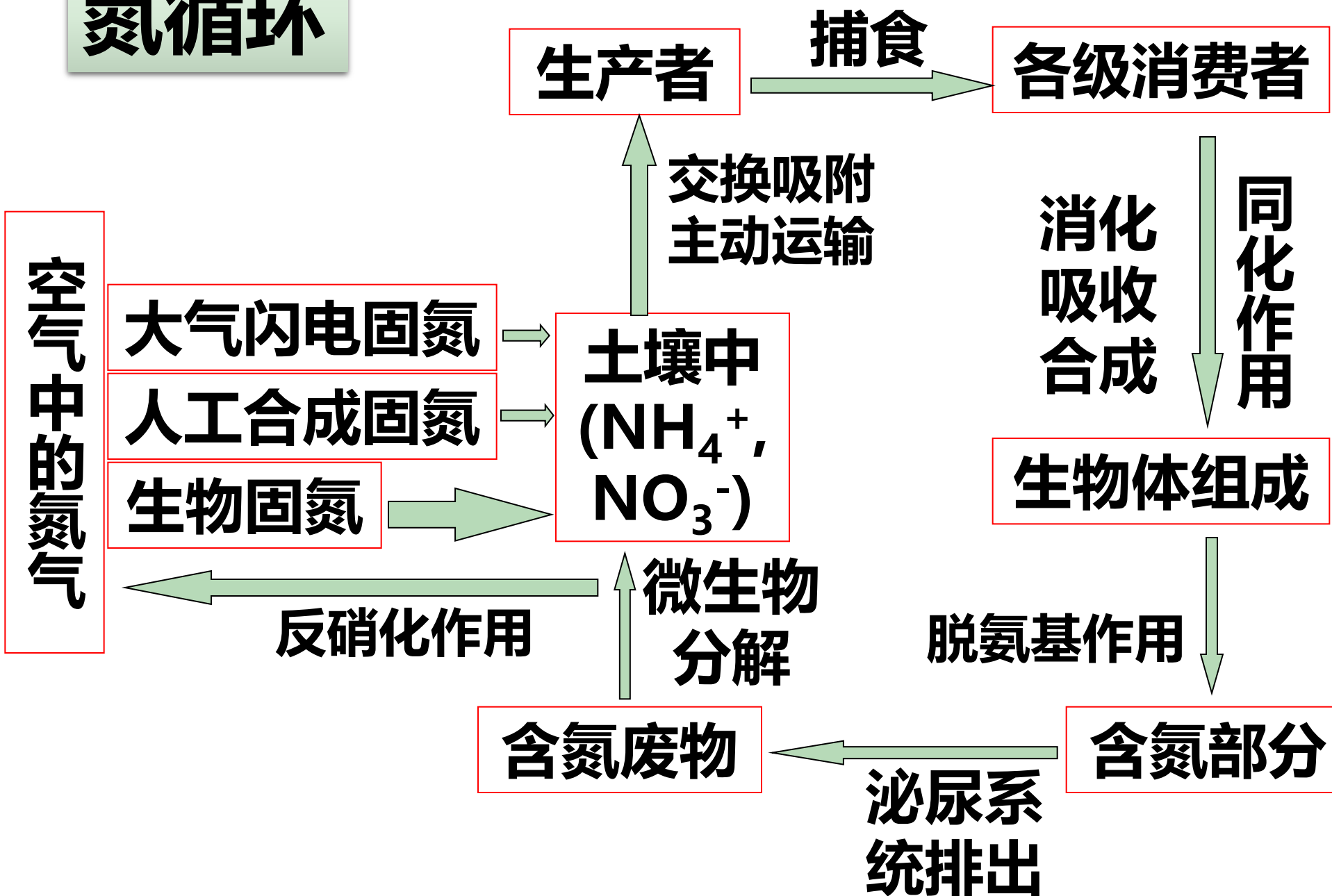
- (1) 碳循环的形式: CO_2
- (2) 碳在自然界中的存在形式: CO_2 和碳酸盐
- (3) 碳在生物体内的存在形式: 含碳有机物
- (4) 碳进入生物体的途径: 绿色植物的光合作用
- (5) 碳在生物体之间传递途径: 食物链
- (6) 碳进入大气的途径: ①生物的呼吸作用
②分解者的分解作用
③化石燃料的燃烧

氮循环

氮是组成蛋白质和核酸的主要成分。占大气成分的79%，必须经过生物固氮作用、硝化作用、反硝化作用等才能在生物群落与无机环境间反复循环。

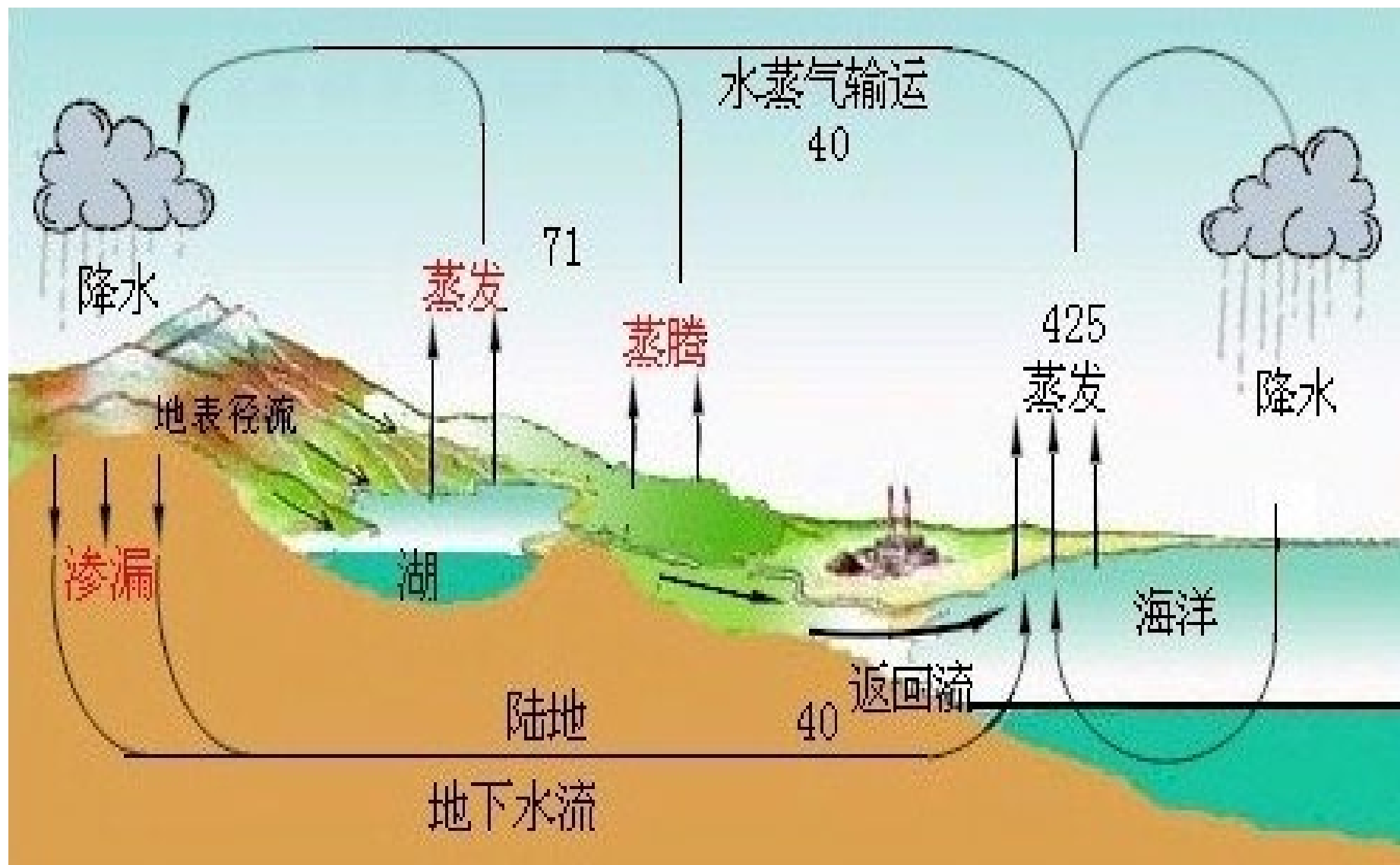


氮循环

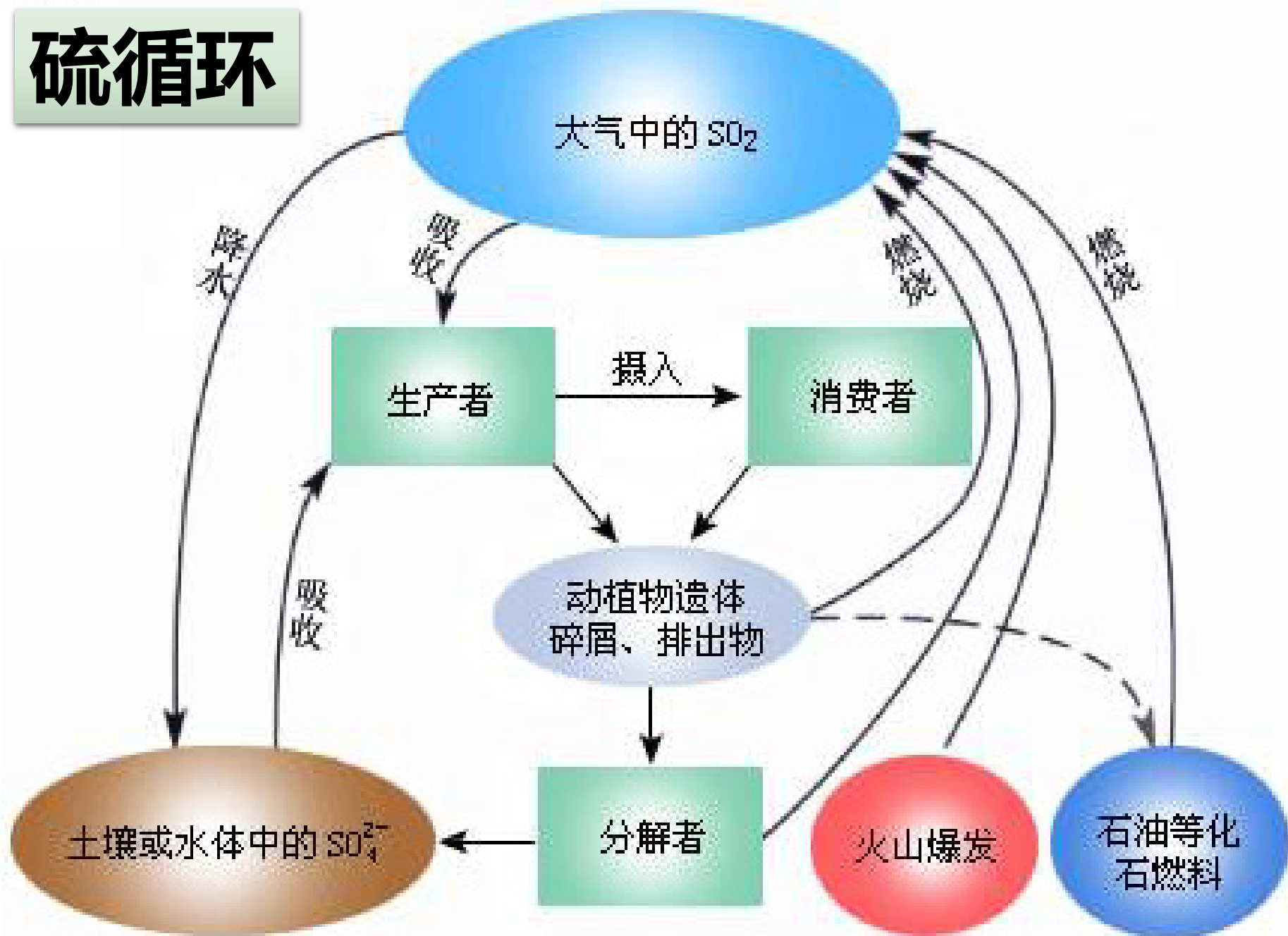


水循环

水是组成生物体的重要成分，约占体重的60%~95%，体内进行一切生化反应都离不开水。地球上水通过**蒸发**、**降雨**、**植物的蒸腾**、**吸收**等过程反复循环。



硫循环



能量流动和物质循环的关系

生态系统的存在是靠物质循环和能量流动来维持的。生态系统的能量流动和物质循环都是通过食物链和食物网的渠道实现的，二者是同时进行的，彼此相互依存，不可分割的统一整体。

能量流动和物质循环的关系

但是，能量流动和物质循环又有本质上的区别：能量流经生态系统各个营养级时**逐级递减**，而且运动是**单向的、不是循环的**，最终在环境中**消失**。物质循环是**带有全球性的**，在生物群落与无机环境间物质可以**反复出现，反复利用**，**循环运动，不会消失**。

能量流动和物质循环的关系

	能量流动	物质循环
形式	主要以有机物形式	组成生物体的基本元素在生物群落与无机环境间反复循环
特点	1.单向流动、不循环 2.逐级递减	1.反复循环 2.具全球性（生物圈）
联系	能量流动和物质循环二者是同时进行的，彼此相互依存，是不可分割的统一整体。	

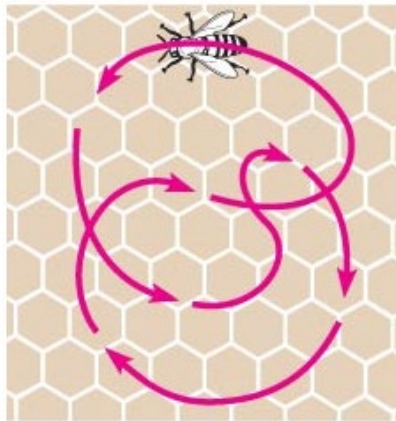
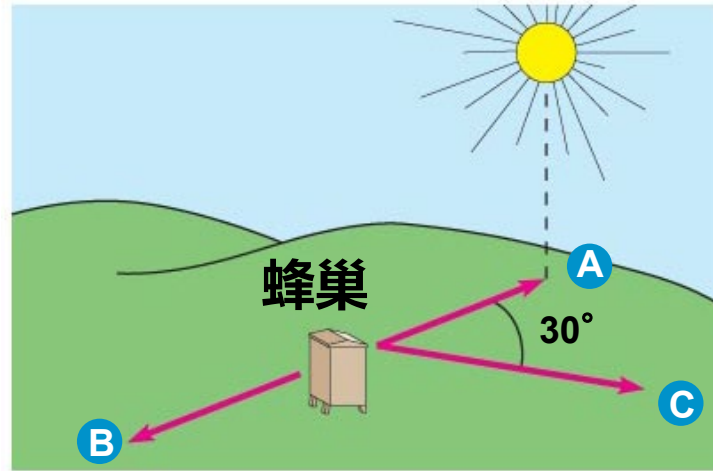
第五章 生态系统及其稳定性

第四节 生态系统的信息传递

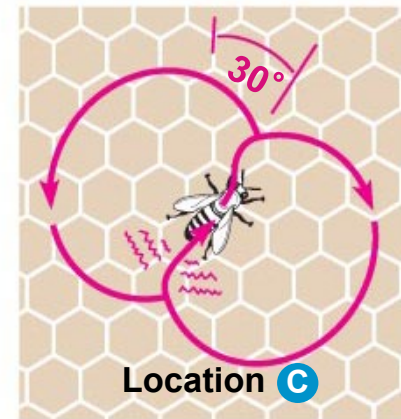
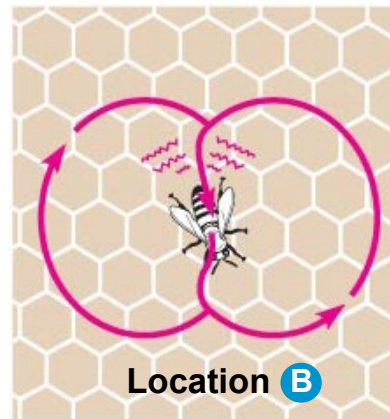
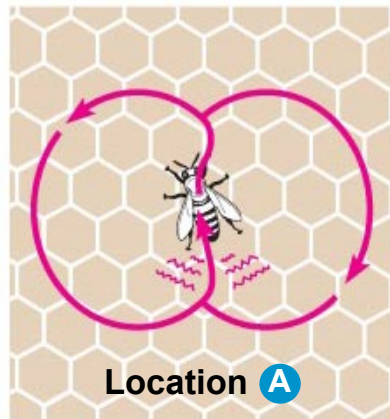




(a) 工蜂



(b) 圆圈舞
(蜜源近)



(c) 摇摆舞(蜜源远)

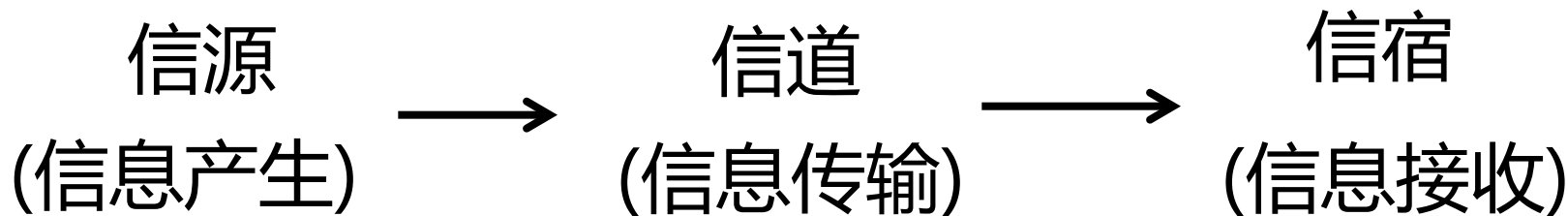
1. 什么是信息?

- 在日常生活中，一般将可以传播的消息、情报、指令、数据与信号等称作信息。



2. 信息传递的过程是怎样的？

- 信息传递的过程(一般有三个基本环节)



3. 生态系统中信息的种类

下列信息各属于哪种信息类型？

[案例1]



3. 生态系统中信息的种类

下列信息各属于哪种信息类型？

[案例1]

物理信息



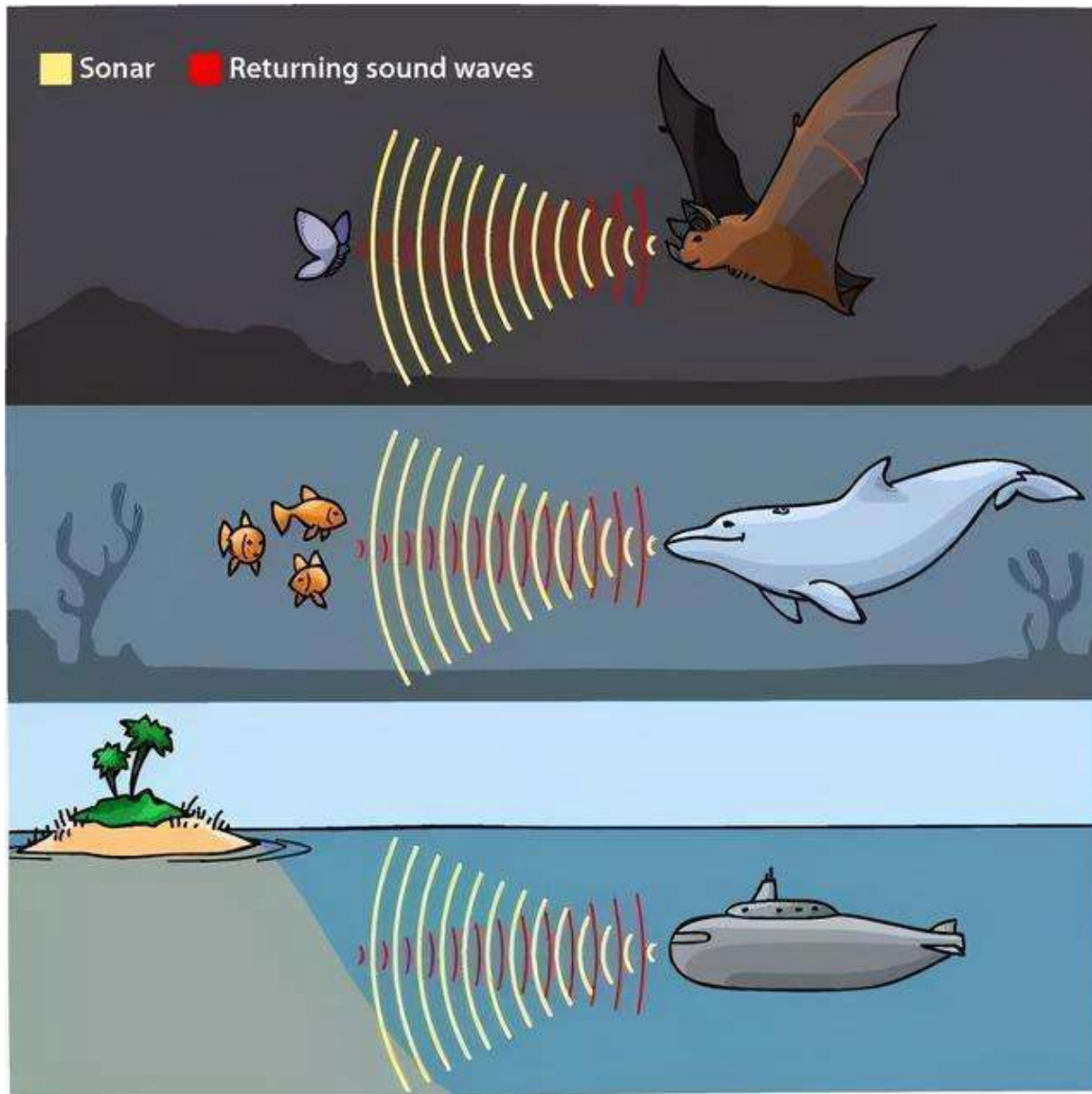
3. 生态系统中信息的种类

- 蝙蝠具有敏锐的**回声定位系统**，可以通过喉咙发出超声波然后再依据超声波回应来辨别方向、探测目标
- 有一些种类的面部进化出特殊的增加声纳接收的结构，如鼻叶、脸上多褶皱和复杂的大耳朵
- 还有的蝙蝠对地球的磁场感应异常灵敏，用它来辨别回巢的方向

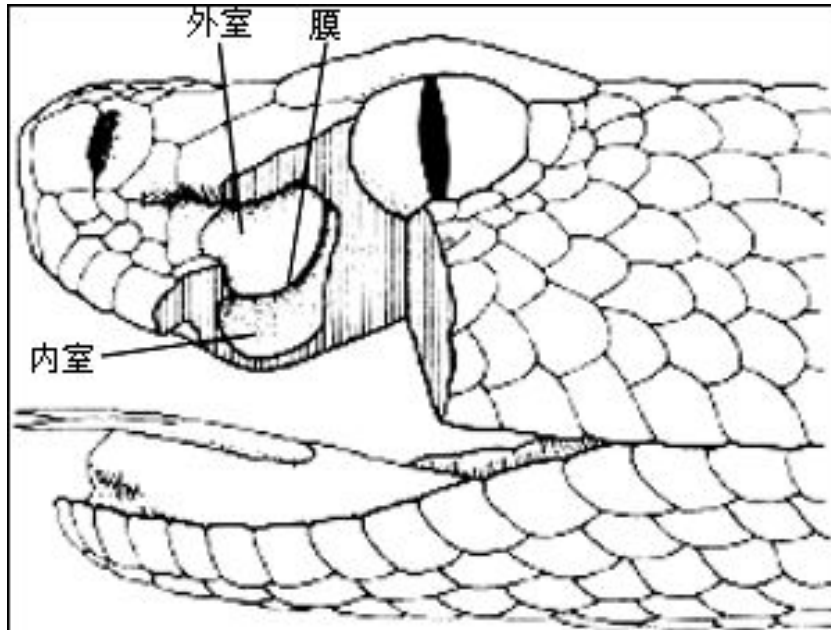


墨西哥兔唇蝠利用回声定位捕鱼

➤ 蝙蝠、海豚的回声定位与声纳



➤ 蛇的热感受器与导弹（红外线感受器）



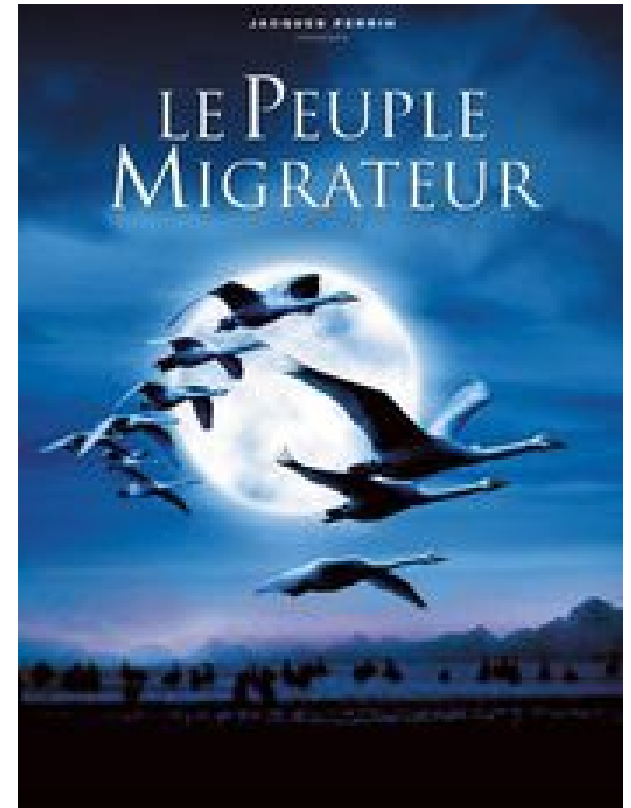
眼镜蛇的热感受器

头的两侧，鼻孔和眼之间有一小窝，即热感受器，深约 5mm 分为内外两室，两室间有膜其上布满三叉神经（脑神经 V）末梢



物理信息

➤ 鸟迁徙行为中对方向的判断（太阳 磁场）



物理信息

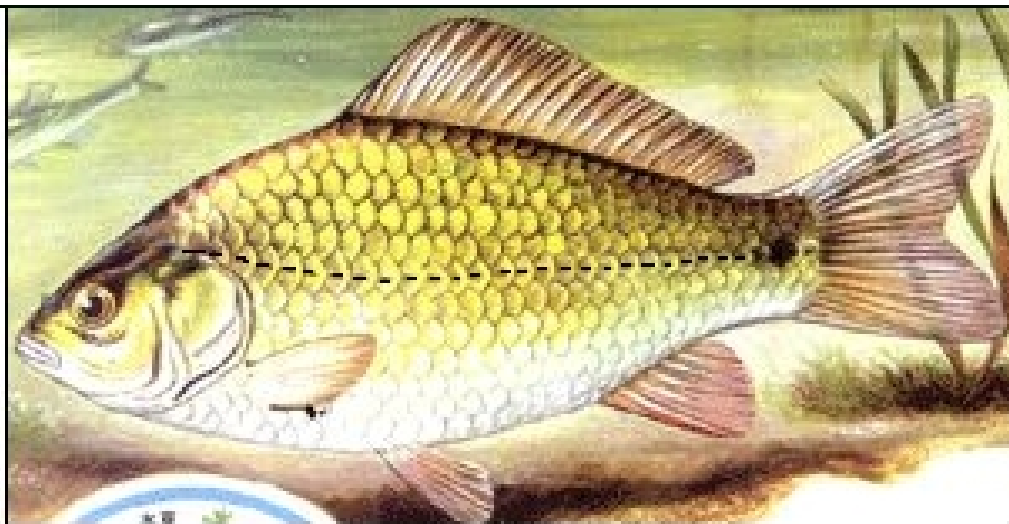
➤ 鸽子喙部发现感应磁场器官 识途靠地磁导航



物理信息

➤ 鱼的侧线

物理信息



侧线位于鱼体的上侧

通过皮肤表面的孔，
水的振动传入侧线管

皮肤

侧线管

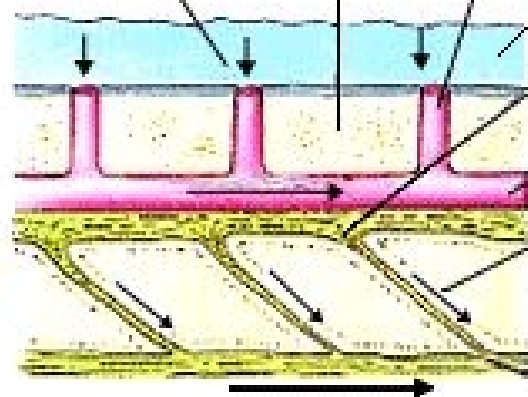
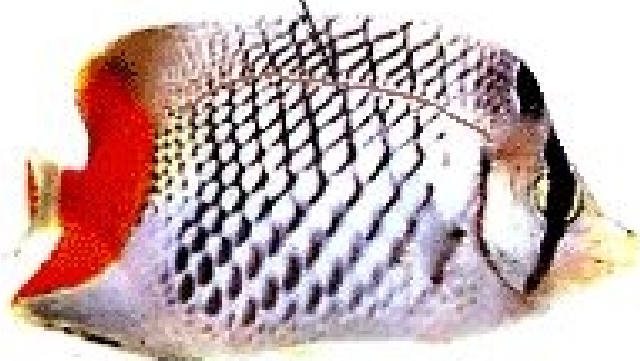
水

神经末梢

内沟

神经末梢把振动
转化为神经信息

感觉神经



植物有没有信息传递？

- 阳光与植物间的信息？

- **长日照植物**：只有当日照长度超过临界日长(14~17小时)，或者说暗期必须短于某一时数才能形成花芽的植物。否则只停留在营养生长阶段。

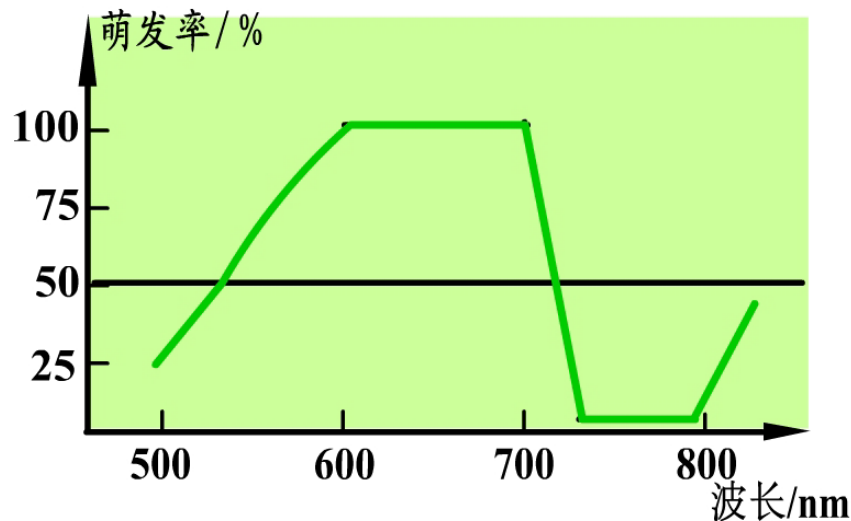
如：冬小麦、大麦、油菜、萝卜等。

- **短日照植物**：只有当日照长度短于其临界日长(少于12小时，但不少于8小时)时才能开花的植物。在一定范围内，暗期越长，开花越早，如果在长日照下则只进行营养生长而不能开花。

如：大豆、玉米、水稻、紫花地丁等。

植物有没有信息传递？

- 莴苣种子必须接受某种波长的光信息才能萌发生长



莴苣种子萌发率与光的波长的关系



声波



阳光



磁场



热量



温度、湿度



水的振动

生态系统中的**光、声、温度、湿度、磁力**等，
通过**物理过程**传递的信息，称为**物理信息**。

3.生态系统中信息的种类

[案例2]

化学信息

**凤眼莲根部的分泌物
可以明显地抑制由于水体
富营养化而大量繁殖的藻
类的生长。**



3.生态系统中信息的种类

化学信息



昆虫学家发现，一只雄飞蛾能够接收到几公里外雌飞蛾发出的某种信号，从而赶去相会。它们敏锐的触角能捕捉空气中不足1/3盎司的信息素（性外激素）。

化学信息

→ 狮、虎、狼
等撒尿圈地



- 蚊触须上的化学探测器（二氧化碳和剧烈运动时产生的乳酸）

大约有2700种蚊子还具有相当灵敏的视觉感受器和热传感器



生物在生命活动过程中产生的可以传递信息的**化学物质**，例如植物的**生物碱**、**有机酸**等代谢产物，以及动物的**性外激素**等，称为**化学信息**。

信息素：包括性信息素、聚集信息素、告警信息素、示踪信息素、标记信息素等。

黄瓜中某些品系在化学物质的信息作用下，可以阻止87%左右的杂草生长，维持其在农田生态系统中的优势。

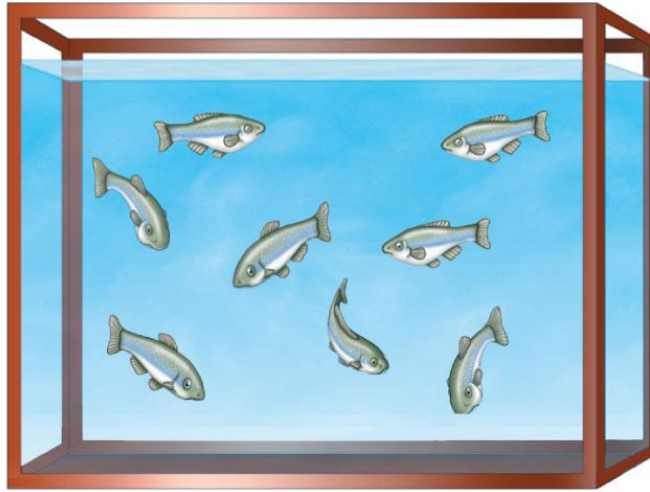


有时发生在同一个物种之内。在这些植物的早期生长中，这种毒素可能降低同一物种幼小个体的成活力。

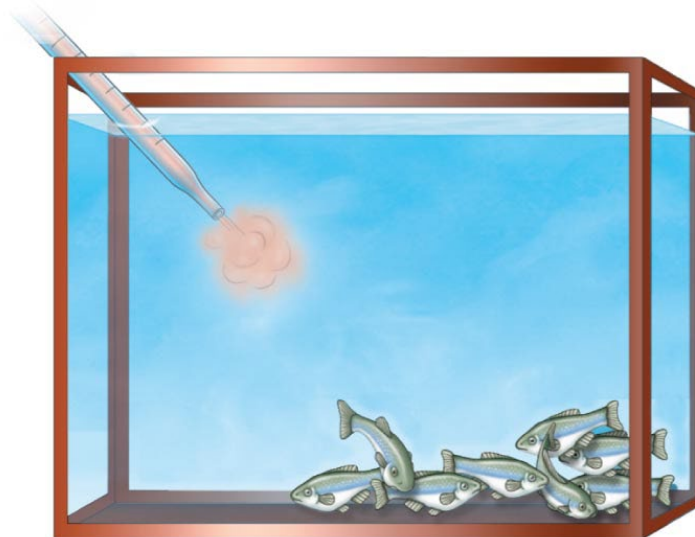


当这种毒素在土壤中积累时，它们就能使植物自身死亡，减少生态系统内部空间的拥挤。例如**桉树**。

- 当一条鲱鱼受伤时，鱼皮中的一种报警物质会分散在水中，引起该地区鱼类的惊吓反应。



(a) 鲱鱼
加入信息素报警信号前



(b) 鲱鱼
加入信息素报警信号后

3.生态系统中信息的种类

[案例3]

行为信息



- 在繁殖季节，公鸡“抖抖大红冠子花外衣”来引诱母鸡交配。



- 孔雀开屏

➤ 求偶行为



发光

- 萤火虫发出的萤光是一种求偶信号，以此与异性取得联系。但这种信号往往被第三者——狼蛛非法利用，结果双双被捕，成了爱情的牺牲品。
- 求偶、沟通、照明、警示、展示及调节族群等功能

➤求偶行为

鸣叫 以嘹亮的鸣声呼唤配偶的动物较多，其中有些只是简单的鸣叫，如蝉类。有些鸟类则伴有炫耀歌喉或滔滔不绝地“表白”。这种方式也容易暴露目标，往往酿成爱情悲剧。

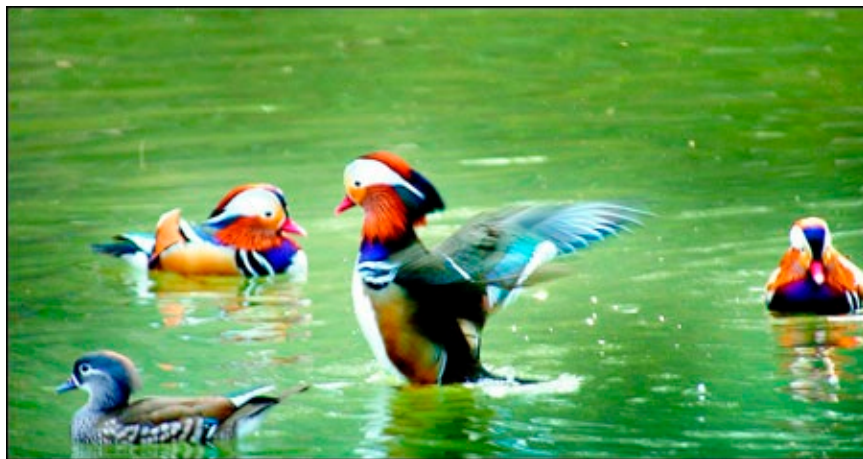


极乐鸟求偶炫耀歌喉



➤求偶行为

炫耀 这种行为多见于水鸟。如雄鸭子经常在雌鸭面前脉脉含情，不时用喙梳理羽毛，并涂擦脂肪，使羽毛平伏光洁，以炫耀自己的美丽姿态。有些鸟则只梳理色彩鲜明或者色彩别致的地方。最进步的是鸳鸯，它只象征性地用喙触碰一下翅翼上一根特别大的橙色羽毛。雄性孔雀凭着华丽的外表、雄健的气魄，常在雌性面前展翅、踱步、开屏等，以炫耀自己的健美。有些鸣禽则以歌舞的方式进行炫耀，从而取得配偶。





河豚遇敌形成刺



刺猬

动物对于**同种**或**异种**生物能够传递某种信息的**行为特征**，称为**行为信息**。

小结

	性质	来源
物理信息	光、声、温度、湿度、 磁力等	无机环境或生物体
化学信息	植物:有机酸,生物碱 动物:性外激素等信息素	生物体的产物或分泌物
行为信息	生物体的行为特征	生物体的动作行为

4. 信息传递在生态系统中的作用

- **生命活动的正常进行，离不开信息的作用**
- **生物种群的繁衍，离不开信息的传递**
- **调节生物的种间关系，以维持生态系统的稳定**
- **信息在生态系统中的作用可能还有很多**

5. 信息传递在农业生产中的应用

- 提高农产品或畜产品的产量



利用光照提高鸡的产蛋量



利用温度和湿度延长蔬菜的种植期

- **对有害动物进行控制**



播放集群信号录音引来鸟类



昆虫性信息素 防治病虫害

1、请将下列信息进行分类

(1) 哺乳动物的体温

(6) 电磁波

(2) 鸟类鸣叫

(7) 昆虫发出的声音

(3) 孔雀开屏

(8) 昆虫的外信息素

(4) 萤火虫发光

(9) 紫外线

(5) 植物分泌的化学物质

(10) 蜜蜂跳舞

属于物理信息的有

- (1) 哺乳动物的体温
- (2) 鸟类鸣叫
- (3) 孔雀开屏
- (4) 萤火虫发光
- (5) 植物分泌的化学物质
- (6) 电磁波
- (7) 昆虫发出的声音
- (8) 昆虫的外信息素
- (9) 紫外线
- (10) 蜜蜂跳舞

属于化学信息的有

- (1) 哺乳动物的体温
- (2) 鸟类鸣叫
- (3) 孔雀开屏
- (4) 萤火虫发光
- (5) 植物分泌的化学物质
- (6) 电磁波
- (7) 昆虫发出的声音
- (8) 昆虫的外信息素
- (9) 紫外线
- (10) 蜜蜂跳舞

属于行为信息的有

- (1) 哺乳动物的体温
- (2) 鸟类鸣叫
- (3) 孔雀开屏
- (4) 萤火虫发光
- (5) 植物分泌的化学物质
- (6) 电磁波
- (7) 昆虫发出的声音
- (8) 昆虫的外信息素
- (9) 紫外线
- (10) 蜜蜂跳舞

第五章 生态系统及其稳定性

第五节 生态系统的稳定性

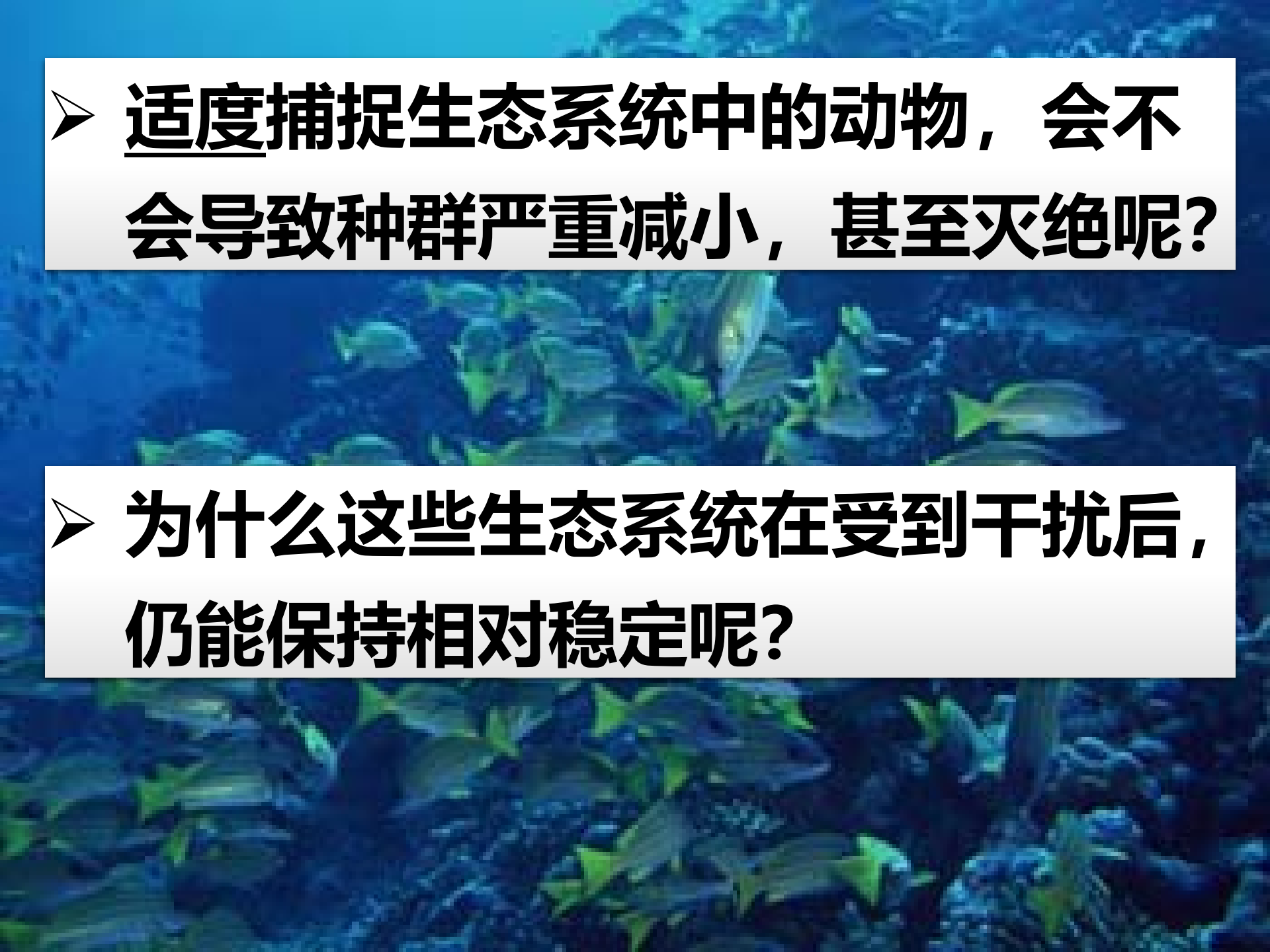


A photograph of a dense forest. In the foreground, a large, thick tree trunk is prominent on the left side. The forest floor is covered with fallen leaves and small plants. Sunlight filters through the dense canopy of green leaves, creating a dappled light effect. The background shows more trees and foliage, creating a sense of depth.

➤ 少量砍伐森林中的树木，森林的结构功能会不会遭到破坏？

➤ **草原上适量放养牲畜，草原会被破坏吗？**



A background image of an underwater scene with various fish swimming among coral reefs. The lighting is blue, creating a deep-sea atmosphere.

➤ **适度捕捉生态系统中的动物，会不会导致种群严重减小，甚至灭绝呢？**

➤ **为什么这些生态系统在受到干扰后，仍能保持相对稳定呢？**

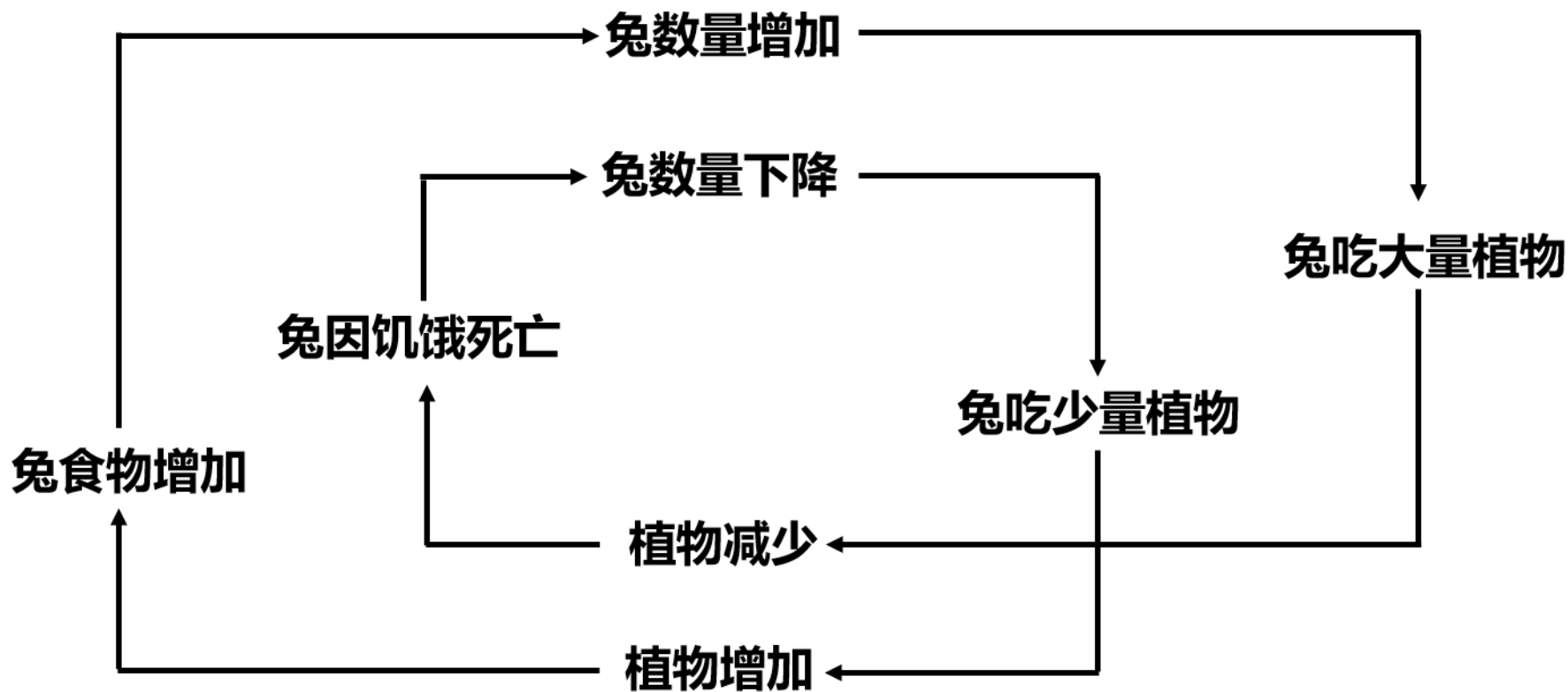
一、生态系统稳定性的概念

生态系统所具有的保持或恢复自身结构和功能相对稳定的能力，叫做**生态系统的稳定性** (stability of ecosystem)

二、生态系统稳定性的原因

- 由于生态系统具有**自我调节能力** (self-regulating)
 - 生态系统具有自我调节能力的实例有哪些？
 - 生态系统自我调节能力的基础是什么？
 - **生态系统自我调节能力的基础是负反馈调节。** 一个生态系统有羊、草和狼，如果羊增多，狼也会多。狼多到一定数量，羊就会下降。这就是负反馈。
 - **使一个物种的数量不至于多到一定程度，即为自我调节。**

负反馈调节



兔种群与植物种群之间负反馈示意图

- **生态系统的自我调节能力是无限的吗？**
- **那么生态平衡破坏的原因是什么？**

外界的干扰超过了生态系统的自我调节能力的限度。

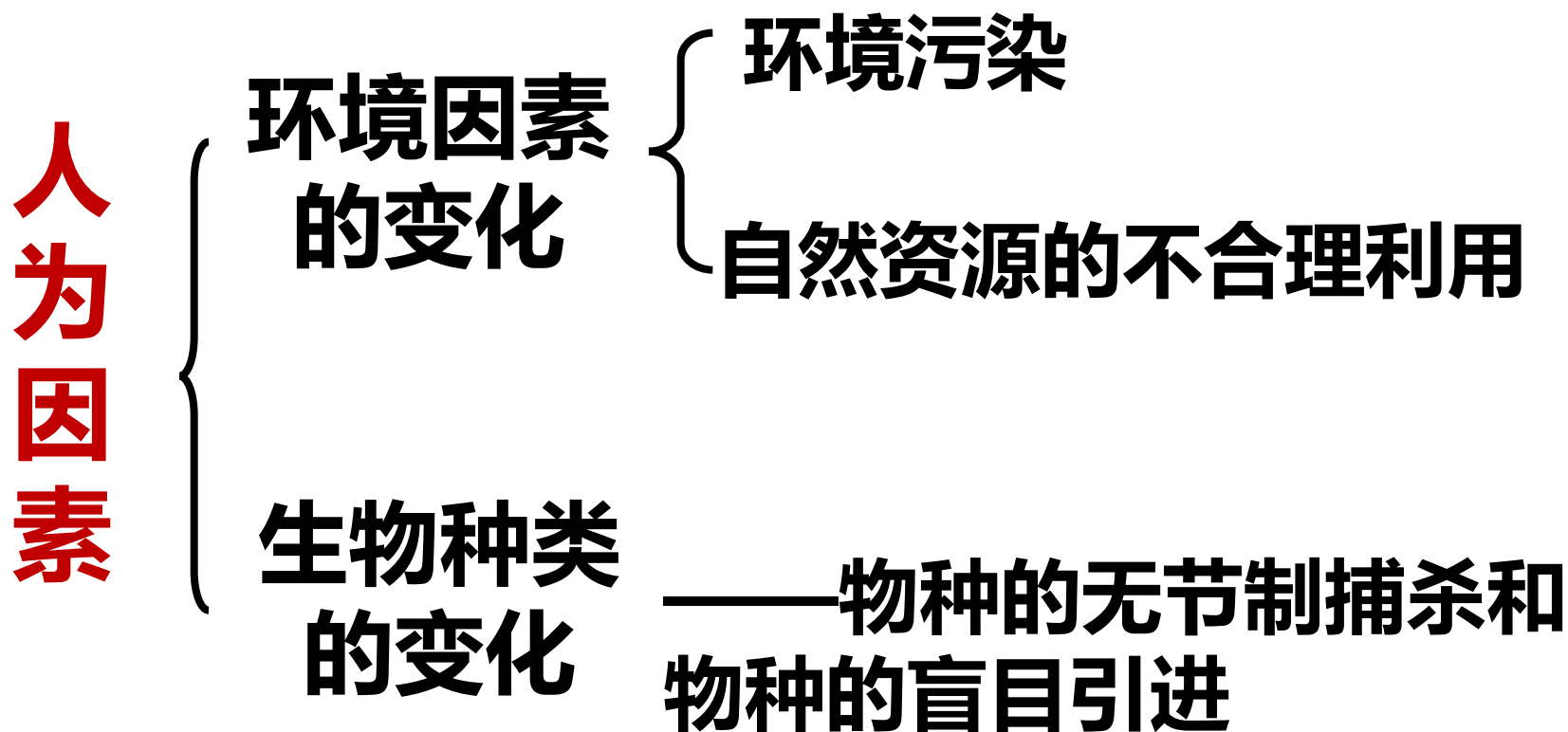
引起生态平衡破坏的因素：

①自然因素：地震、海啸、山火、火山、泥石流、流行病等。



引起生态平衡破坏的因素：

②人为因素：过度采伐、放牧、捕猎、环境污染





人类对地球的破坏

森林植被破坏

土地沙漠化

雾霾

藏羚羊的呼唤

垃圾成灾



我们仍然处在沙尘暴的威胁之下，沙尘暴只是一个符号，真正威胁我们的是生态环境的持续恶化。

黄土高原的历史变迁

黄土高原过去不仅有茂密的森林，还有茂密的草原。但是，经过几百年的掠夺式开发，盲目砍伐森林和滥垦草原，结果植被破坏殆尽，引起水土流失，因而成为一片荒山秃岭。

青山绿水



穷山恶水



- 2018年11月14日, 《世界自然保护联盟濒危物种红色名录》公布: 26840种濒临灭绝。
- 地球是一个大家庭, 这个家庭中, 人口在急剧增长, 许多生物的数量却正在急剧减少, 有的成员正逐渐消亡。保护物种资源已经迫在眉捷。



小结

➤ 引起生态平衡破坏的因素

主要因素：是人为因素

人为因素可以导致自然因素的强化

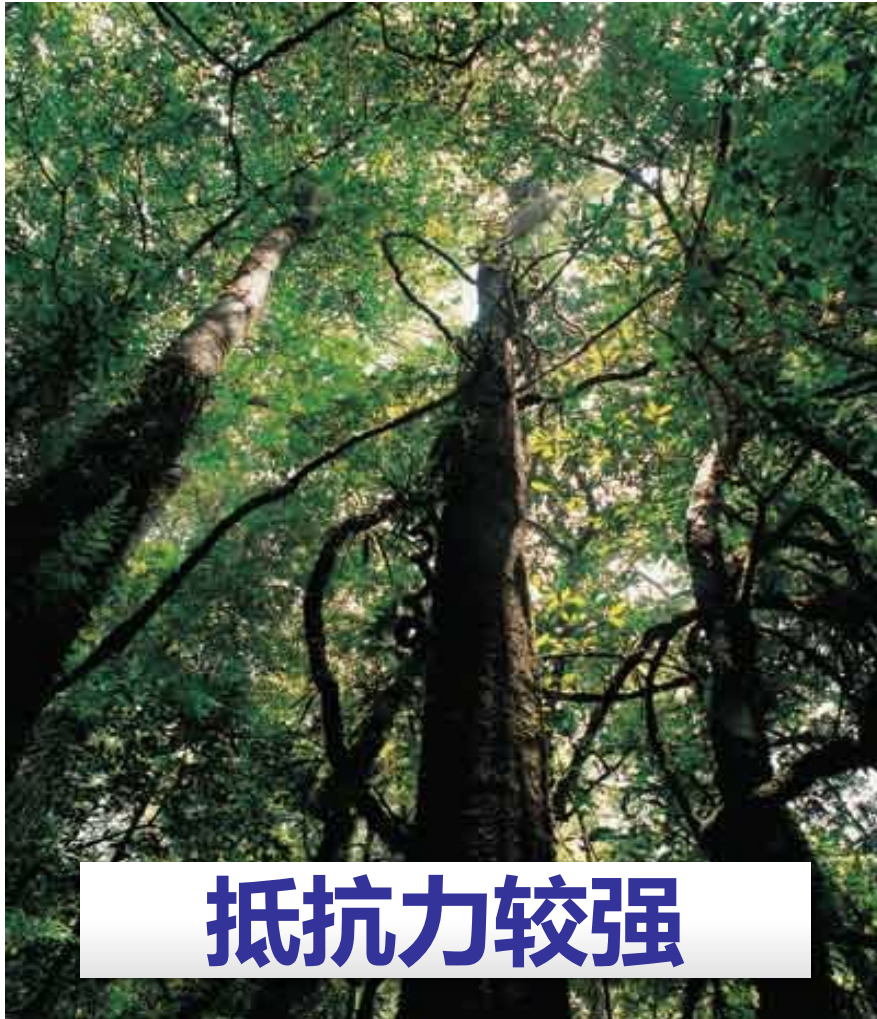
三、抵抗力稳定性和恢复力稳定性

(一) 抵抗力稳定性

- 生态系统抵抗外界干扰使自身结构功能维持原状的能力
- 来源：
 1. 生物的种类、数量多，一定外来干扰造成的变化占总量的比例小。
 2. 能量流动与物质循环的途径多，一条途径中断后还有其他途径来代替。
 3. 生物代谢旺盛，能通过代谢消除各种干扰造成的不利影响。

抵抗力稳定性高的生态系统特征：

1、各营养级的生物数量多，占有的能量多。



抵抗力较强



抵抗力较弱

抵抗力稳定性高的生态系统特征：

1、各营养级的生物数量多，占有的能量多。



抵抗力较强



抵抗力较弱

抵抗力稳定性高的生态系统特征：

2、生物种类多，食物网复杂，物质循环与能量流动的渠道多。



抵抗力稳定性高的生态系统特征：

2、生物种类多，食物网复杂，物质循环与能量流动的渠道多。

抵抗力较强



抵抗力较弱



抵抗力稳定性高的生态系统特征：

2、生物种类多，食物网复杂，物质循环与能量流动的渠道多。

抵抗力较强



抵抗力较弱



抵抗力稳定性高的生态系统特征有：

- 1、各营养级的生物数量多，
占有的能量多。
- 2、各营养级的生物种类多，
食物网结构复杂。

三、抵抗力稳定性和恢复力稳定性

(二) 恢复力稳定性

- 生态系统受到外界干扰因素的破坏后恢复原状的能力
- 来源：
 1. 生物繁殖的速度快，产生后代多，能迅速恢复原有的数量
 2. 物种变异能力强，能适应新环境的类型
 3. 生态系统结构简单，生物受到的制约小

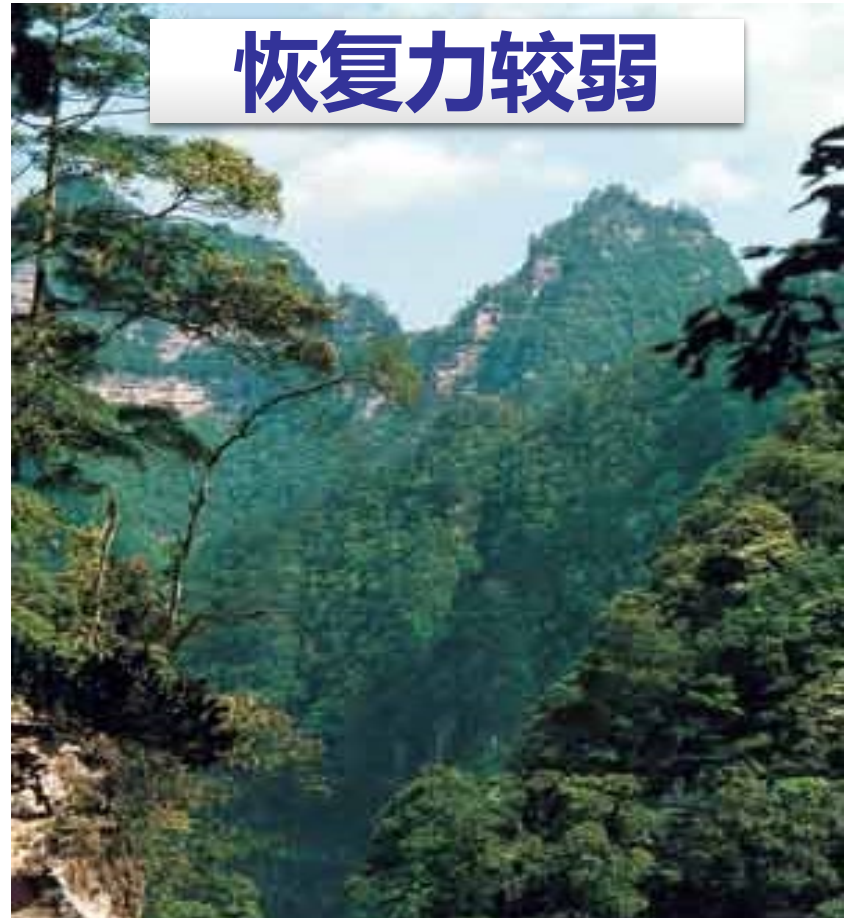
恢复力稳定性高的生态系统特征：

- 1、各营养级的生物个体小，数量多，繁殖快，生物种类较少，物种扩张受到的制约较小

恢复力较强



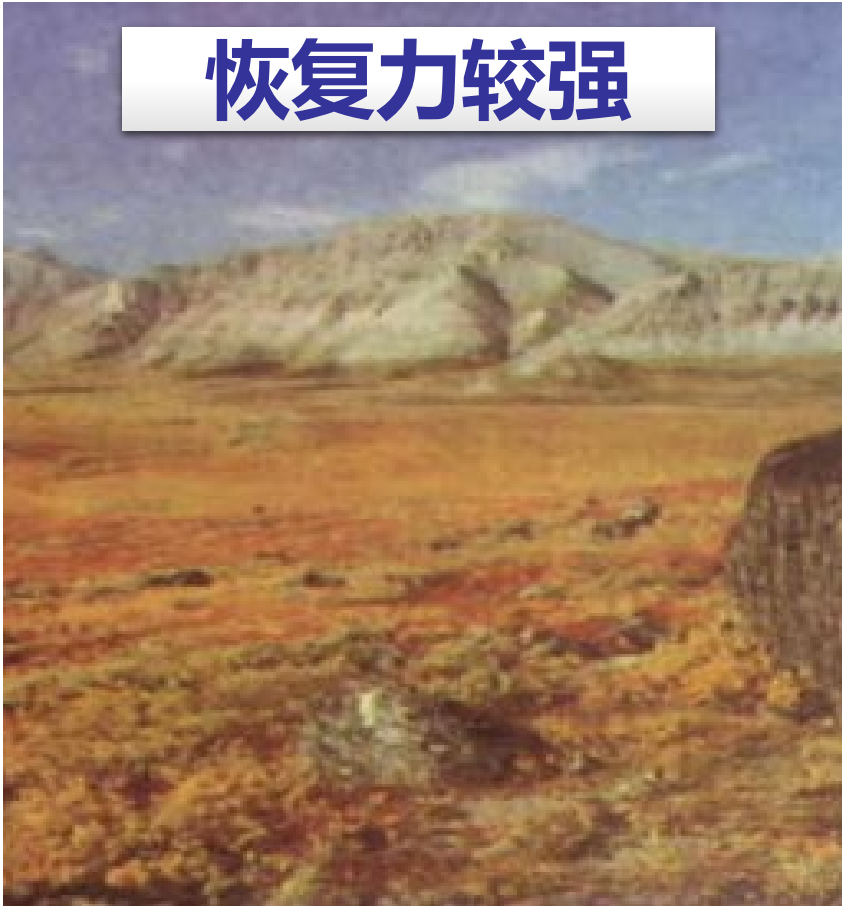
恢复力较弱



恢复力稳定性高的生态系统特征：

- 1、各营养级的生物个体小，数量多，繁殖快，生物种类较少，物种扩张受到的制约较小

恢复力较强



恢复力较弱

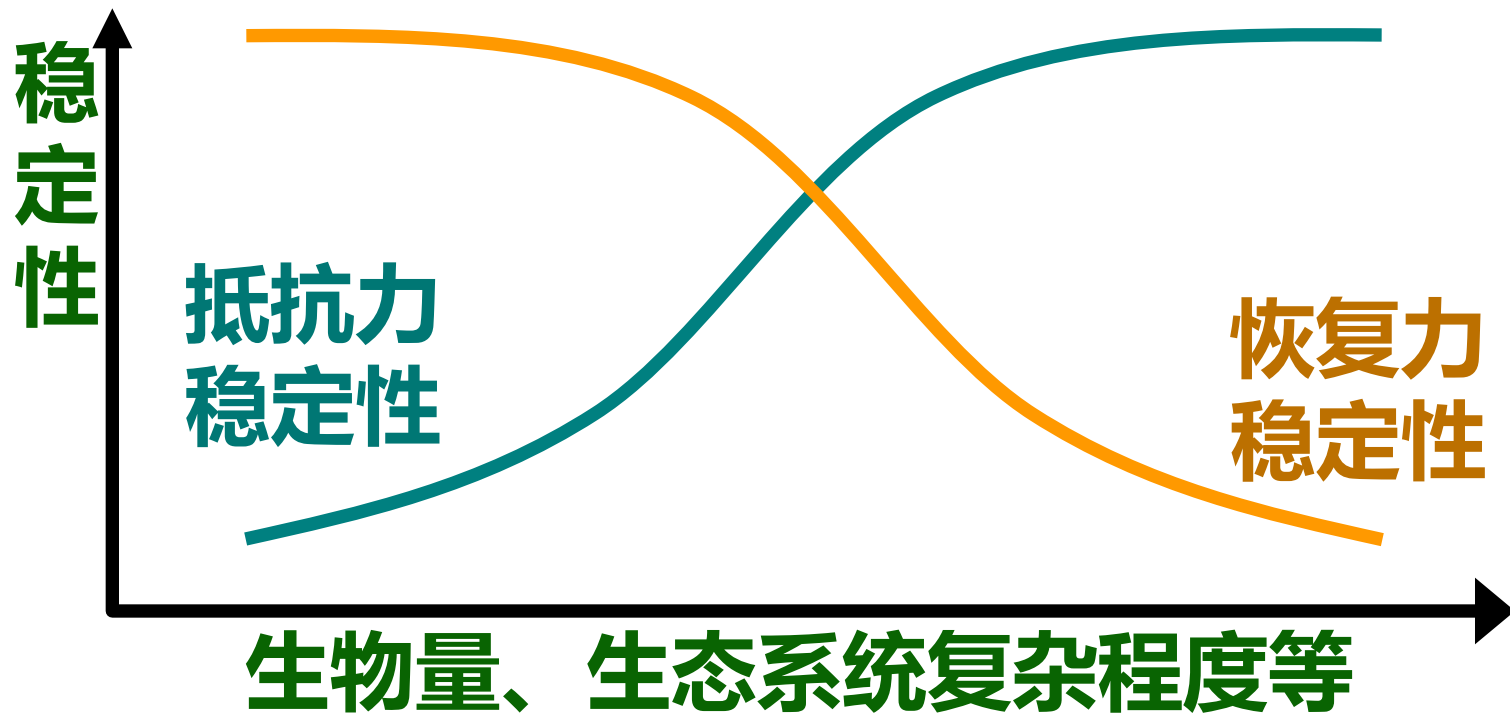


恢复力稳定性高的生态系统特征：

- 1、各营养级的生物个体小，数量多，繁殖快**
- 2、生物种类较少，物种扩张受到的制约小**
- 3、各营养级生物能以休眠方式渡过不利时期，或产生适应新环境的新类型**

抵抗力稳定性与恢复力稳定性的关系

对于一个生态系统来说，抵抗力稳定性与恢复力稳定性存在相反关系。



为什么要提高生态系统的稳定性？

- **人类的生存离不开一个适宜稳定的环境**
- **人类的发展离不开一个适宜稳定的环境**
- **走持续发展的道路需要一个适宜稳定的环境**

提高生态系统的稳定性

- 一方面要控制对生态系统干扰的程度，对生态系统的利用应适度，不应超过生态系统的自我调节能力。

措施



提高生态系统的稳定性

措施

- 另一方面，对人类利用强度大的生态系统，应实施相应的物质、能量投入，保证生态系统内部结构与功能的协调。

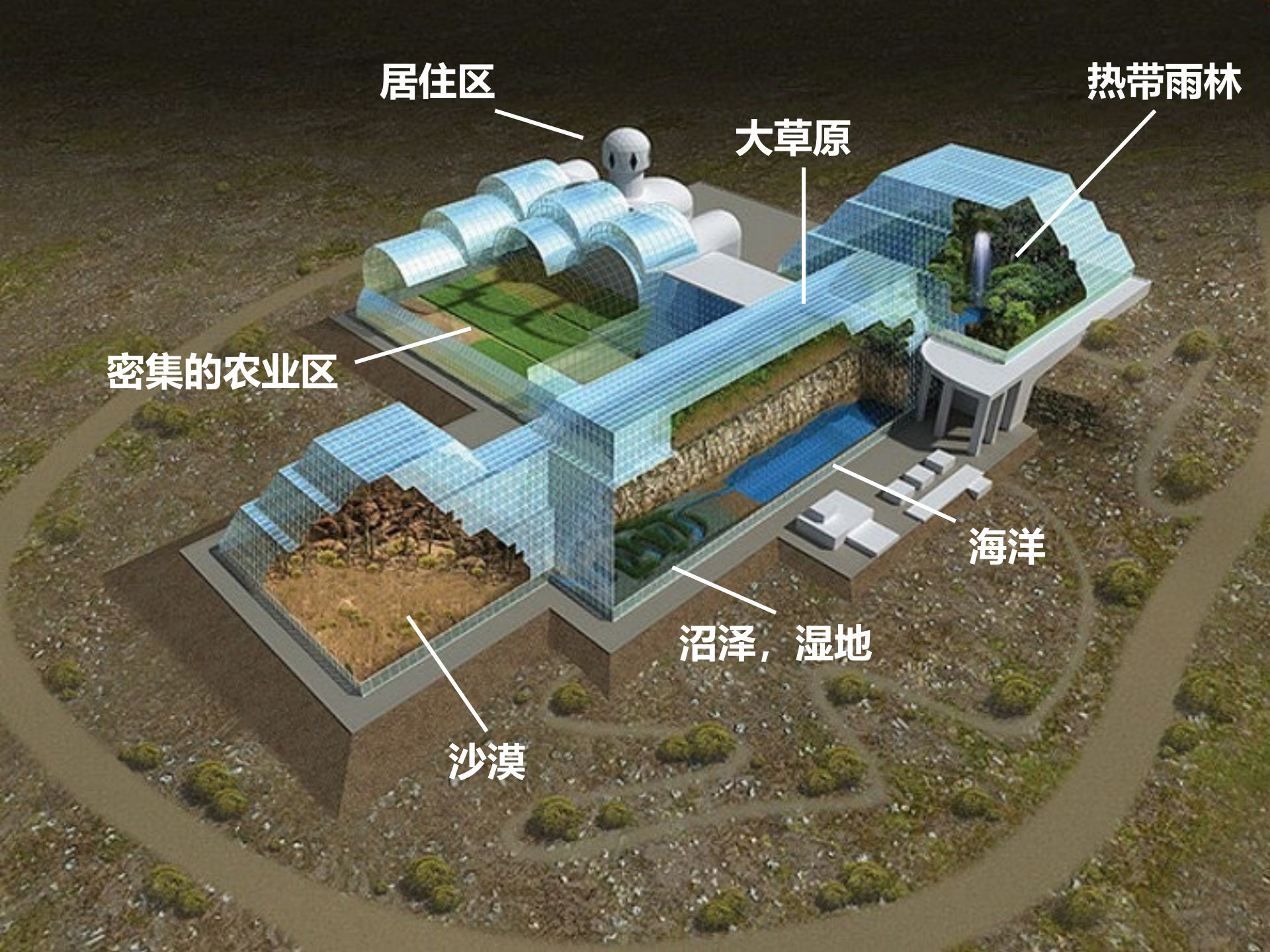


生物圈2号



1.28公顷

美国亚利桑那州图森市以北沙漠中



居住区

热带雨林

大草原

密集的农业区

海洋

沼泽, 湿地

沙漠









1991年，8名科学家被送进“生物圈二号”，封闭生活 18个月

- 氧气浓度从21%降至14%**
- 原有的25种小型动物，19种灭绝**
- 为植物传播花粉的昆虫全部死亡，植物也无法繁殖**

生物圈2号的启示

自然界不同于人工控制系统，大而全的设计导致了顾此失彼。生物圈二号内的土壤均来自一个地方，不像地球那样不同地带有不同的土壤类型。模拟的各类生态系统的空间分布格局及大小比例不合理。地球上生态系统内的生物间关系很复杂，目前人类还未全面了解生物间的协调性。它最重要的启示在于：**我们人类目前对地球的了解还是远远不够的，目前最好的办法还是保护和利用好地球，进行环境保护和生态恢复是实现人类可持续发展的必由之路。**

通过本节的学习，要明确以下观点：

- (1) 自然生态系统是人类生存的基本环境；**
- (2) 人类活动的干扰正在全球范围内使生态系统偏离稳定状态；**
- (3) 人类生存与发展的命运就掌握在自己手中，但又受到自然规律的制约。**