

9.4 生态系统的能量流动和物质循环



复习目标

分析生态系统中的物质循环和能量流动的基本规律及其应用。

核心素养

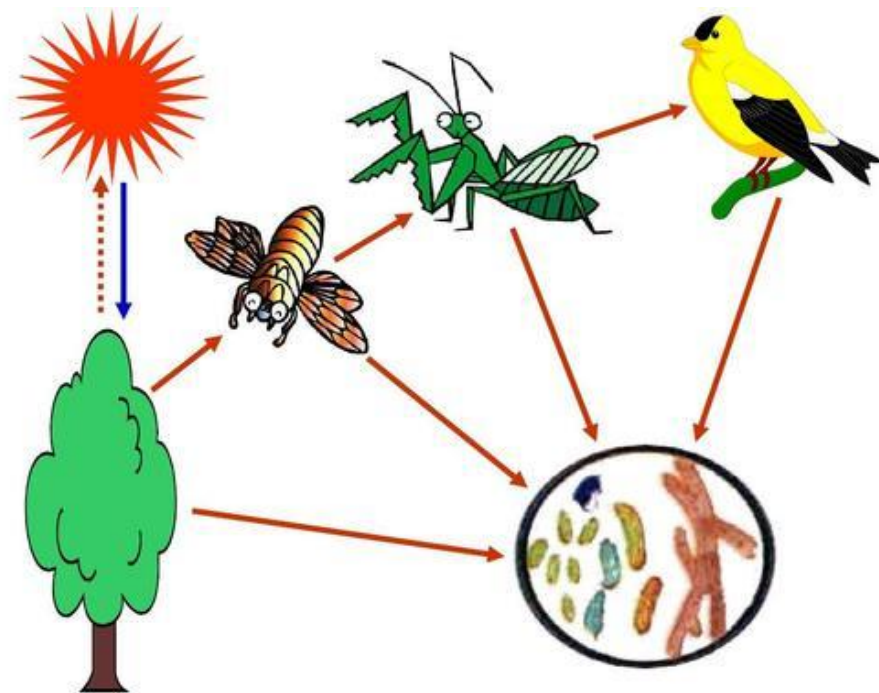
通过分析生态系统的结构与能量流动过程及生态系统物质循环的模式图,建立结构与功能相统一的观点及生命系统的物质与能量观。(生命观念)



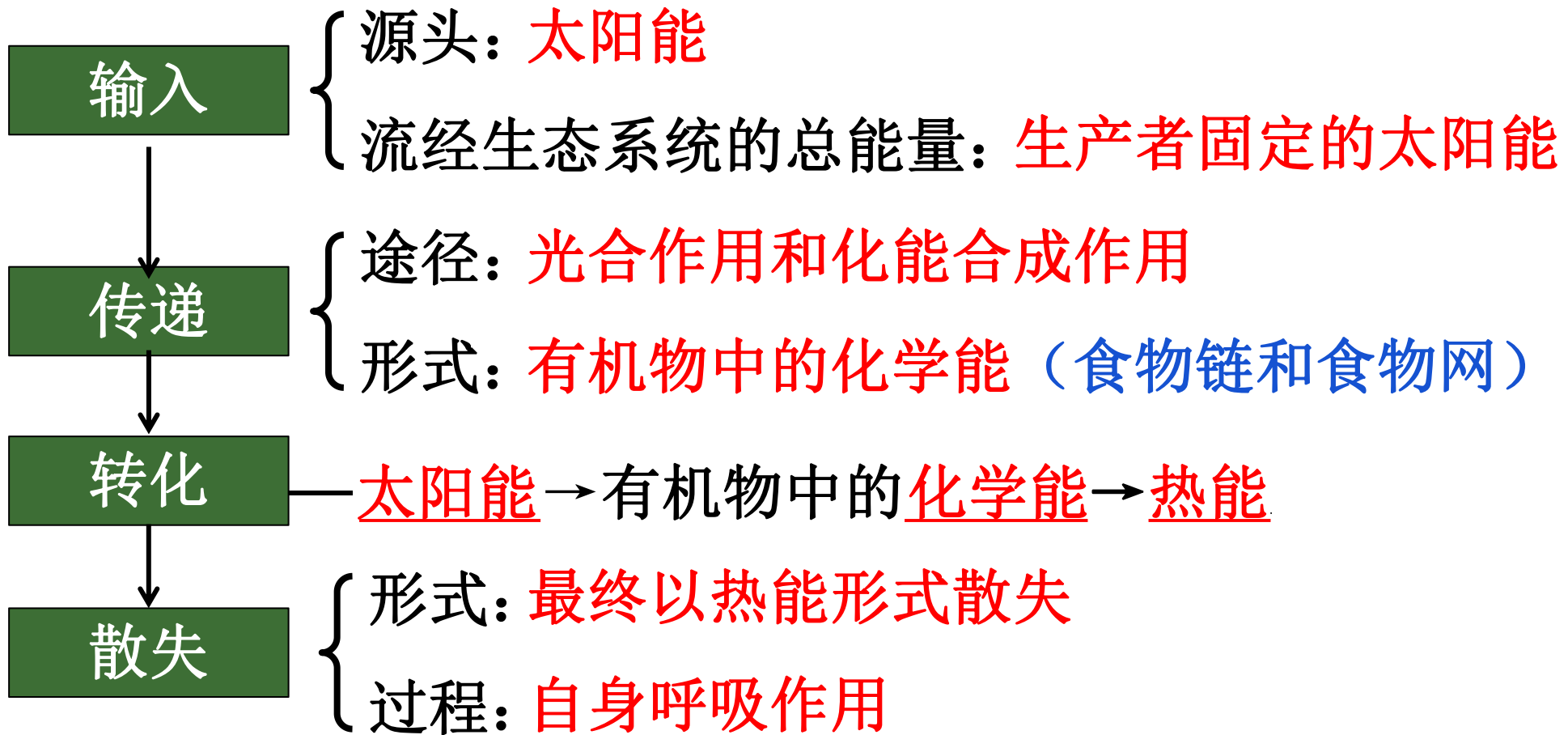
1. 能量流动

(1) 概念

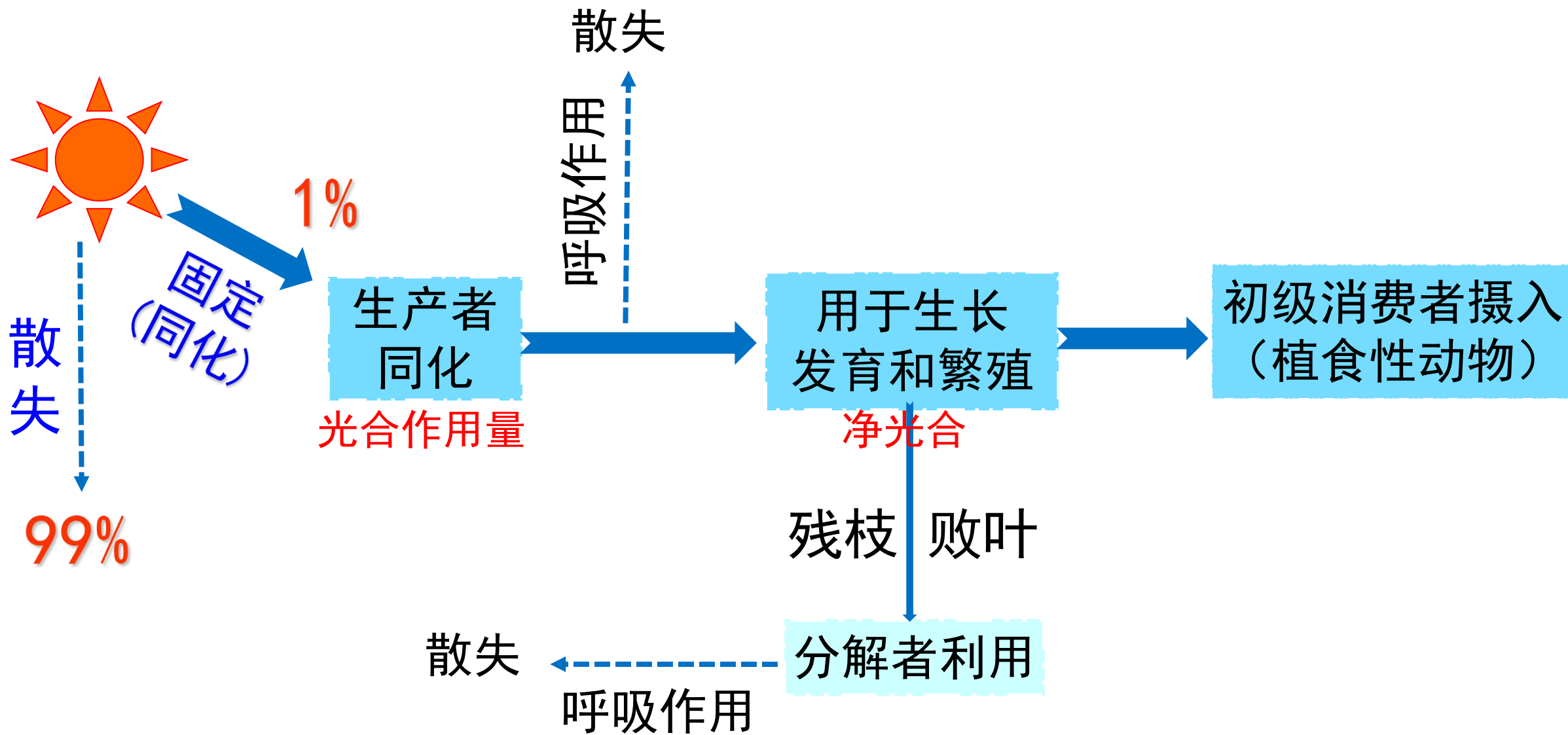
生态系统中能量的输入、传递、转化和散失的过程。



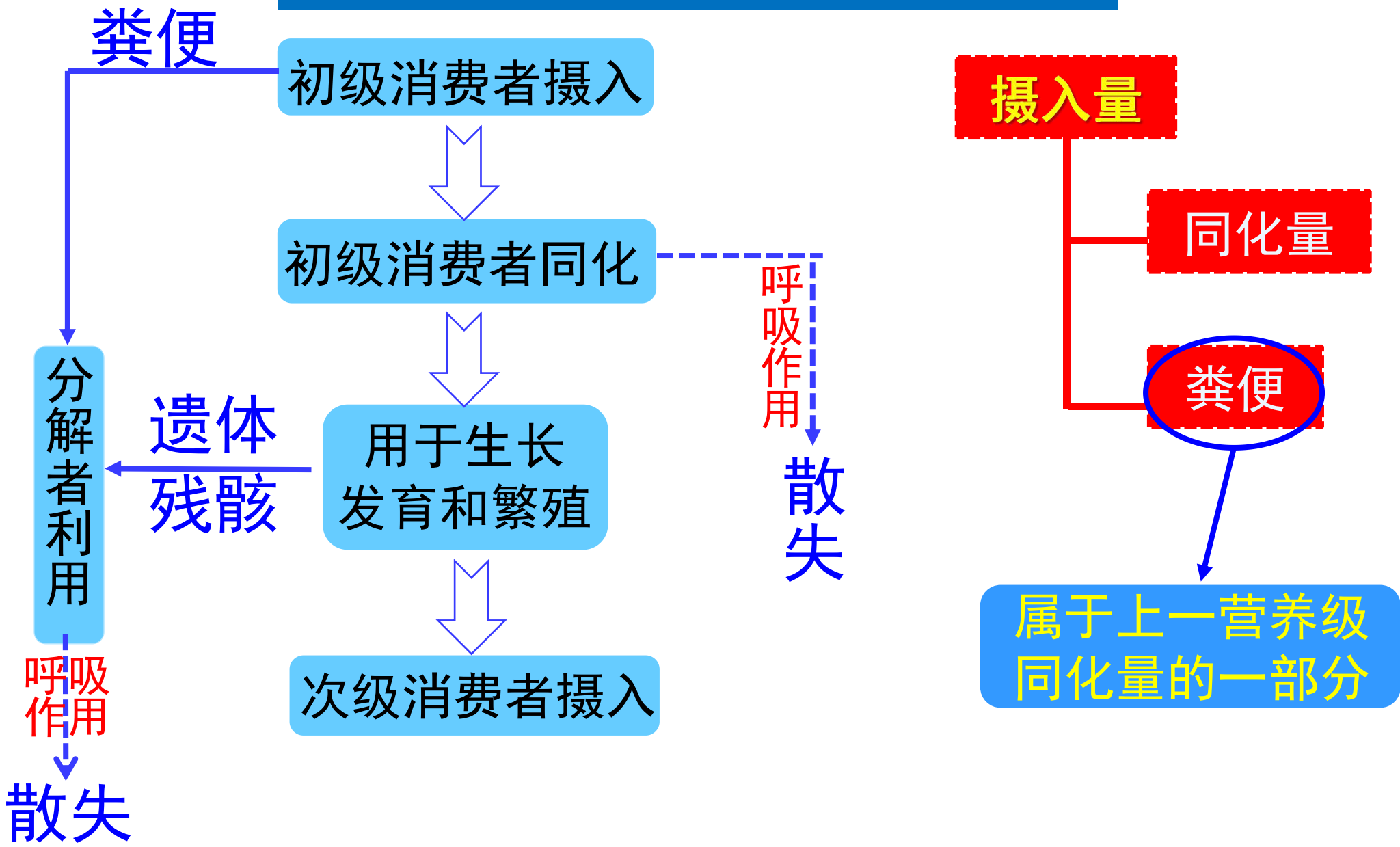
(2) 四个环节



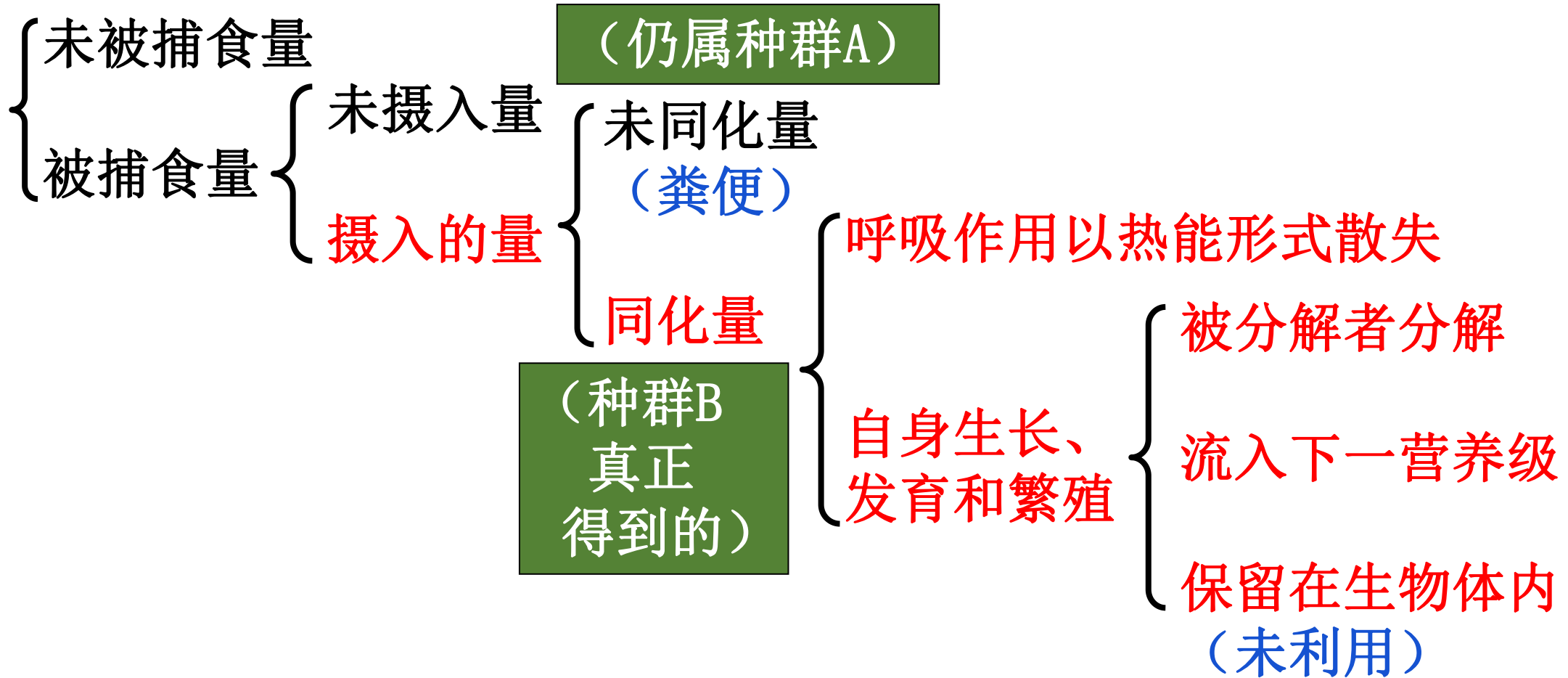
能量流经第一营养级示意图



能量流经第二营养级示意图



(3) 流经某一营养级的能量 (以A→B为例)



同化量



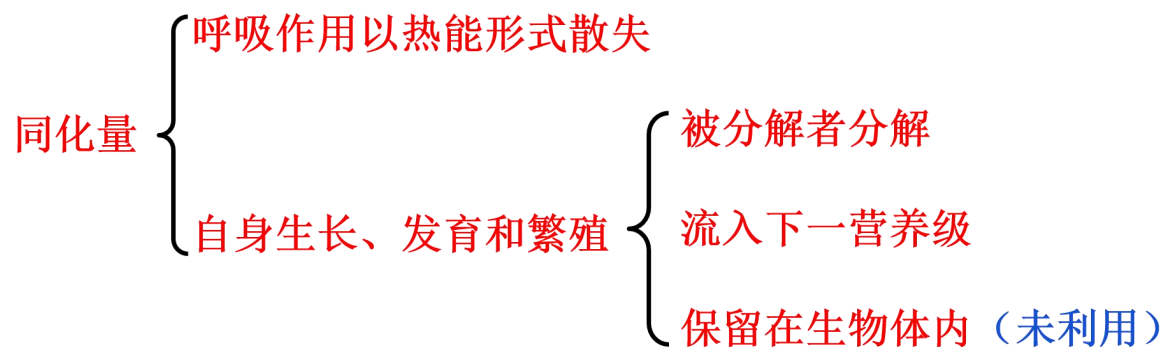
同化量=流入某一营养级的能量=摄入量-粪便

- (1) 同化量=呼吸消耗的能量+生长、发育和繁殖的能量
=流入分解者的能量+流入下一营养级的能量
=流入分解者的能量+流入下一营养级的能量
+未利用量
- (2) 每一营养级同化量的来源和去路不是完全相同的
- (3) 某一营养级的粪便中所含的能量不属于该营养级同化量，属于上一营养级同化量的一部分被分解者利用。

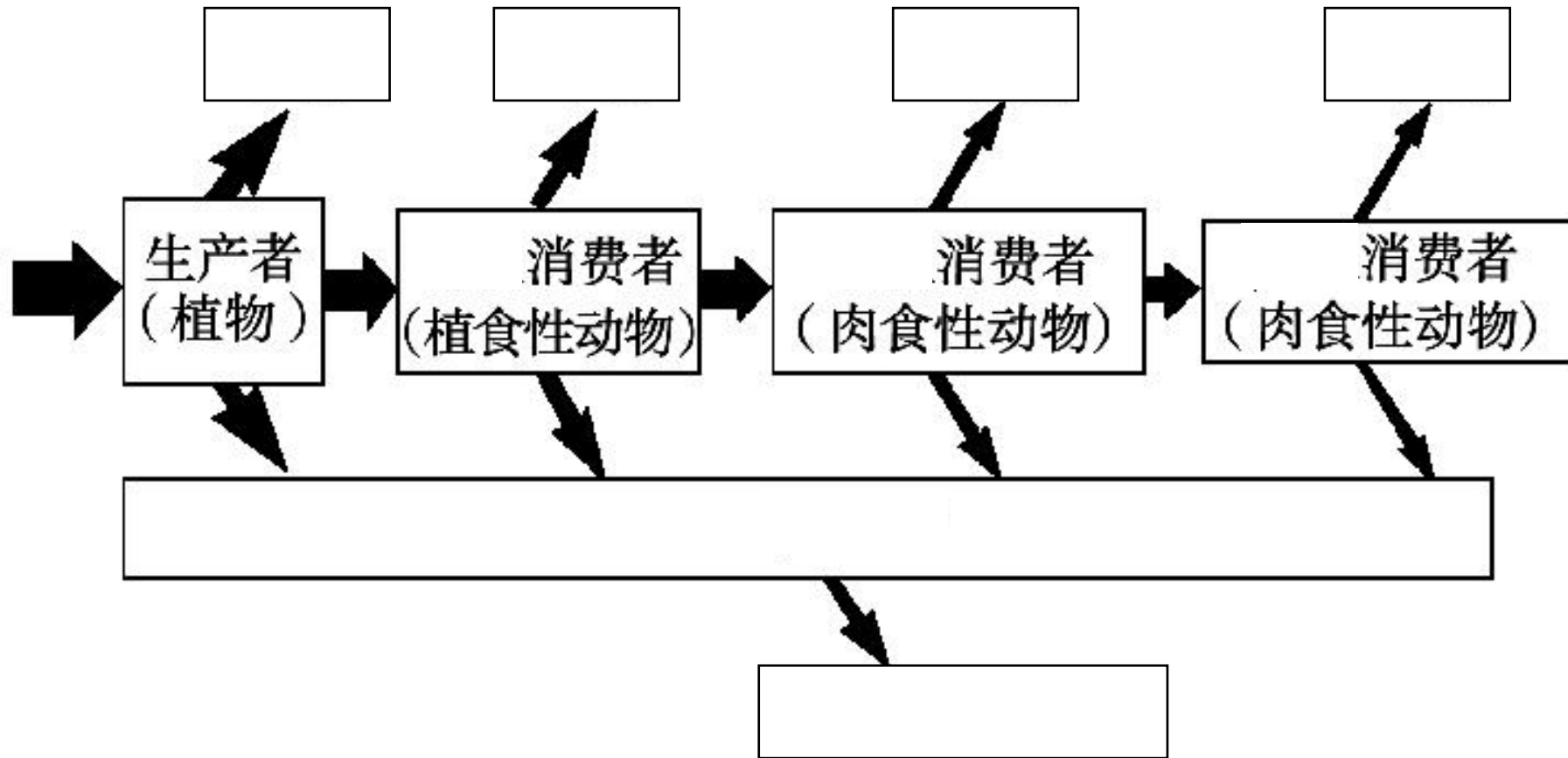
知识延伸

某一营养级的能量去向

1. 定量**不定时**：①自身呼吸消耗；②流入下一营养级（最高营养级除外）；③被分解者分解。
2. 定量**定时**：①自身呼吸消耗；②流入下一营养级（最高营养级除外）；③被分解者分解；④**未利用**（规定时间内暂时未利用的，例如：保留在生物体内的部分）



(4) 流经过程



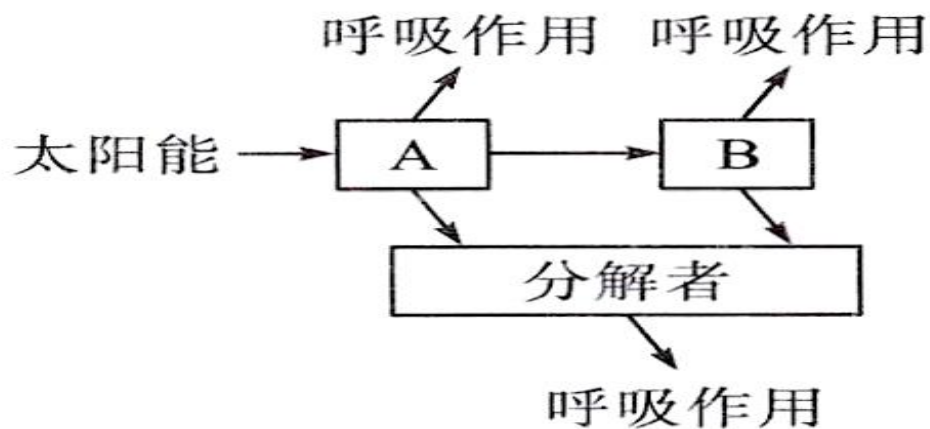


【例】（2020年全国III）假设某种蓝藻（A）是某湖泊中唯一的生产者，其密度极大，使湖水能见度降低。某种动物（B）是该湖泊中唯一的消费者。回答下列问题：

（1）该湖泊水体中A种群密度极大的可能原因是：（答出2点即可）

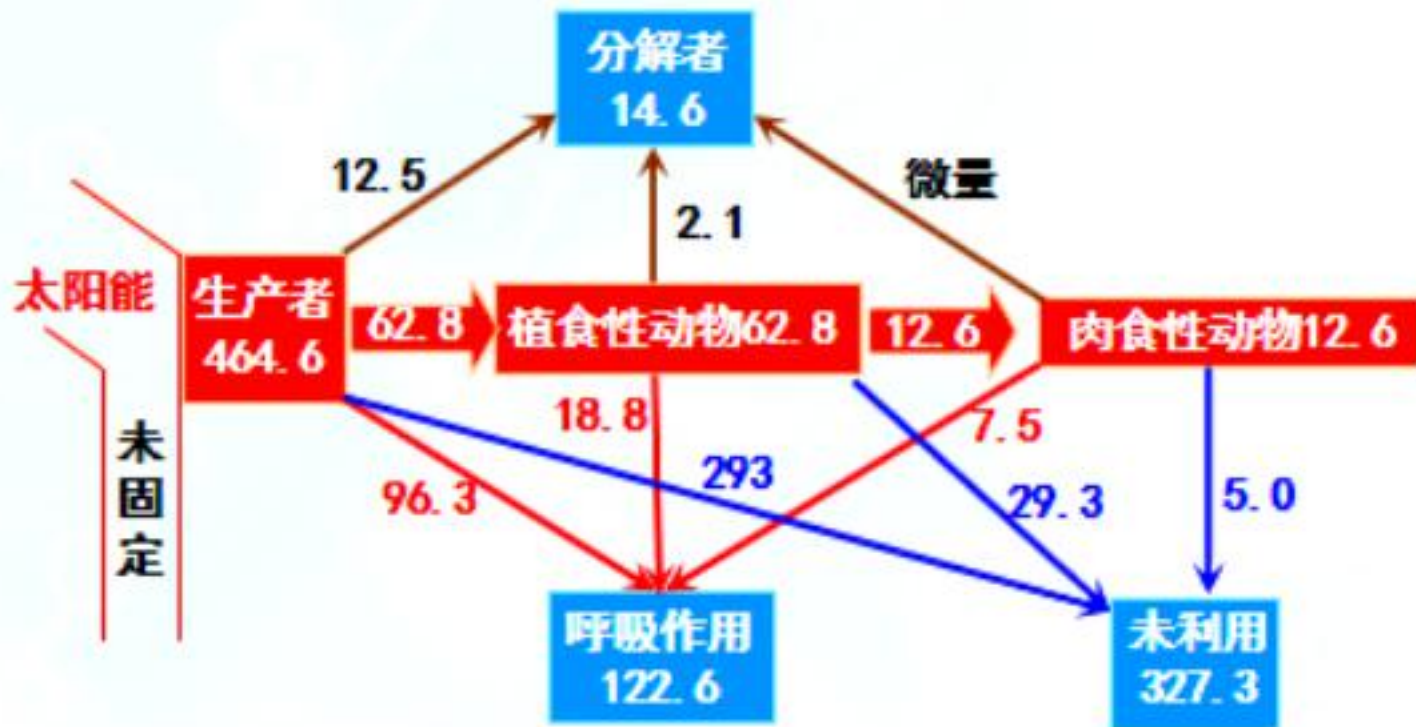
水体富营养化，没有其他生产者的竞争

（2）画出该湖泊生态系统能量流动的示意图：



（3）假设该湖泊中引入一种仅以A为食的动物（C）后，C种群能够迅速壮大，则C和B的种间关系是竞争。

能量流动并不是只在食物链（网）中传递：
生产者、消费者、分解者的遗体中的能量会流入分解者。



塞达伯格湖定量分析能量流动图解

未利用指的是既未呼吸消耗，也未被下一营养级和分解者利用的能量

(5) 能量流动的特点

单向流动

不逆转、不循环

原因：①生物之间食物关系是不可逆转的；
②散失的热能不能被生物体再利用。

逐级递减

原因：①呼吸散失、被分解者利用；
②未利用。

能量传递效率



$$\text{传递效率} = \frac{\text{本营养级的同化量}}{\text{上一营养级的同化量}} \times 100\%$$



如何计算第一营养级到第二营养级的传递效率？

$$\frac{\text{植食性动物的同化量} 62.8}{\text{生产者同化量} 464.6} \times 100\% \approx 13.5\%$$

- ①相邻两个营养级间的能量传递效率为10%-20%；
- ②营养级越多，在能量流动中消耗的能量越多；
- ③营养级越高，得到的能量越少；
- ④生态系统中能量流动一般不超过5个营养级。

(6) 能量传递效率的应用

1、在食物链中，若题干未作具体说明，则一般认为能量传递的最低效率为10%，最高效率为20%，则：



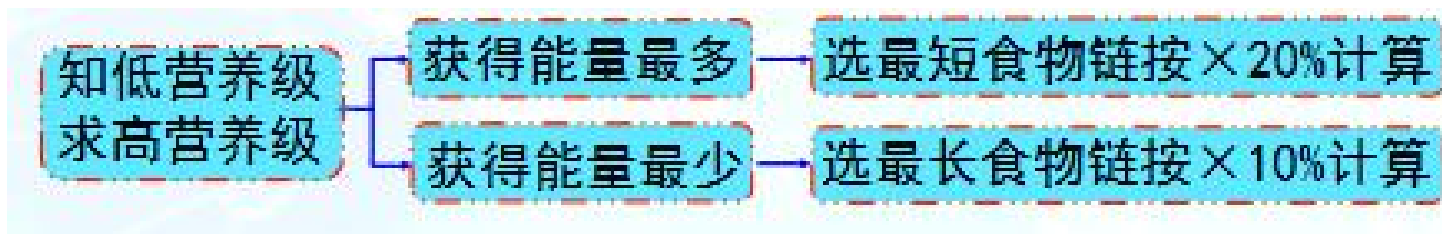
例：在下图的食物链中，A增重1kg，C最少增重多少，最多增重多少？
若已知为C，求消耗A呢？



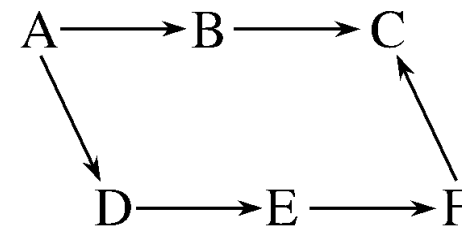
①C增重最少，为 $1\text{kg} \times 10\% \times 10\% = 1/100\text{kg}$ C增重最多，为 $1\text{kg} \times 20\% \times 20\% = 1/25\text{kg}$

②消耗A最多，为 $1\text{kg} \div 10\% \div 10\% = 100\text{kg}$ 消耗A最少，为 $1\text{kg} \div 20\% \div 20\% = 25\text{kg}$

2、在能量分配未知时，计算某一生物获得的最多（或最少）能量：



例：在右图的食物网中，A增重1kg，C最少增重多少kg，最多增重多少kg？



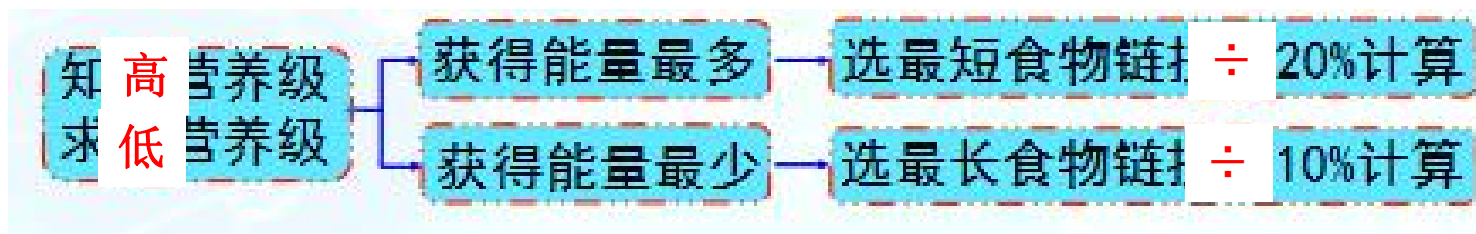
①C增重最少，按最长食物链，最低传递效率：

$$1\text{kg} \times 10\% \times 10\% \times 10\% \times 10\% = 1/10000\text{kg}$$

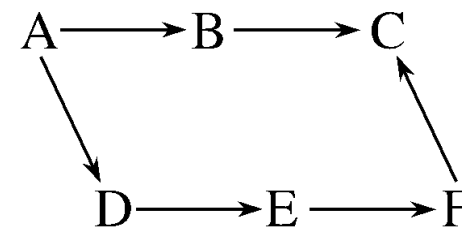
②C增重最多，按最短食物链，最高传递效率：

$$1\text{kg} \times 20\% \times 20\% = 1/25\text{kg}$$

2、在能量分配未知时，计算某一生物获得的最多（或最少）能量：



例：在右图的食物网中，C增重1kg，至少消耗A多少kg，最多消耗A多少kg？



①消耗A最少，按最短食物链、最高传递效率：

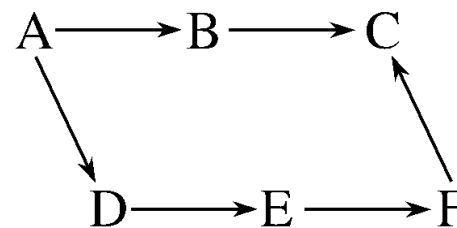
$$1\text{kg} \div 20\% \div 20\% = 25\text{kg}$$

②消耗A最多，按最长食物链、最低传递效率：

$$1\text{kg} \div 10\% \div 10\% \div 10\% \div 10\% = 10\ 000\text{kg}$$

3、在能量分配比例已知时，先根据题意写出相应的食物链，再根据能量流动效率，再**按比例分别计算**，最后**相加**。

例：在右图的食物网中，如果**C**从**B、F**中获得的能量比为3：1，C增重1kg，则最少需要消耗A多少kg？



消耗A最少，按最高传递效率20%计算：

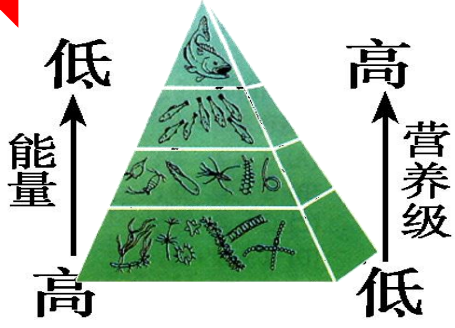
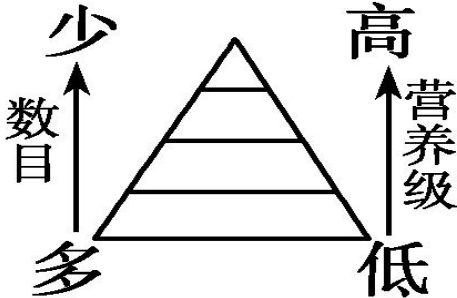
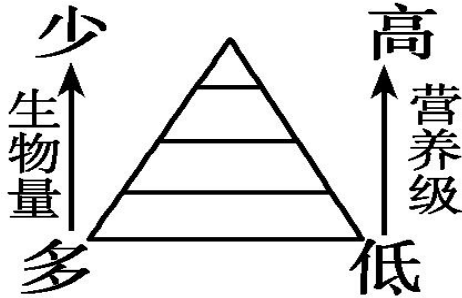
沿食物链A→B→C逆推： $3/4\text{kg} \div 20\% \div 20\% = 75/4\text{kg}$

沿食物链A→D→E→F→C逆推： $1/4\text{kg} \div 20\% \div 20\% \div 20\% \div 20\% = 625/4\text{kg}$

$$75/4\text{kg} + 625/4\text{kg} = 175\text{kg}$$

(7) 生态金字塔

只有生产者和消费者

项目	能量金字塔	数量金字塔	生物量金字塔
形状	 <p>能量 ↑ 低 高</p> <p>营养级 ↑ 高 低</p>	 <p>数目 ↑ 少 多</p> <p>营养级 ↑ 高 低</p>	 <p>生物量 ↑ 少 多</p> <p>营养级 ↑ 高 低</p>
每一阶含义	每一营养级生物所含能量的多少	每一营养级生物个体的数目	每一营养级生物的有机物总量
象征含义	能量沿食物链流动过程中具有逐级递减的特性	一般生物个体数目在食物链中随营养级升高而逐步递减	一般生物有机物的总质量沿食物链升高逐级递减
特点	正金字塔形	一般为正金字塔形，也有倒金字塔	一般为正金字塔形

(8) 研究能量流动的意义

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，实现了对能量的**多级利用**，从而大大提高**能量的利用率**。

如 沼气工程，桑基鱼塘。

2. 帮助人们合理的调整生态系统中的**能量流动关系**，使**能量持续高效地流向对人类有益的部分**。

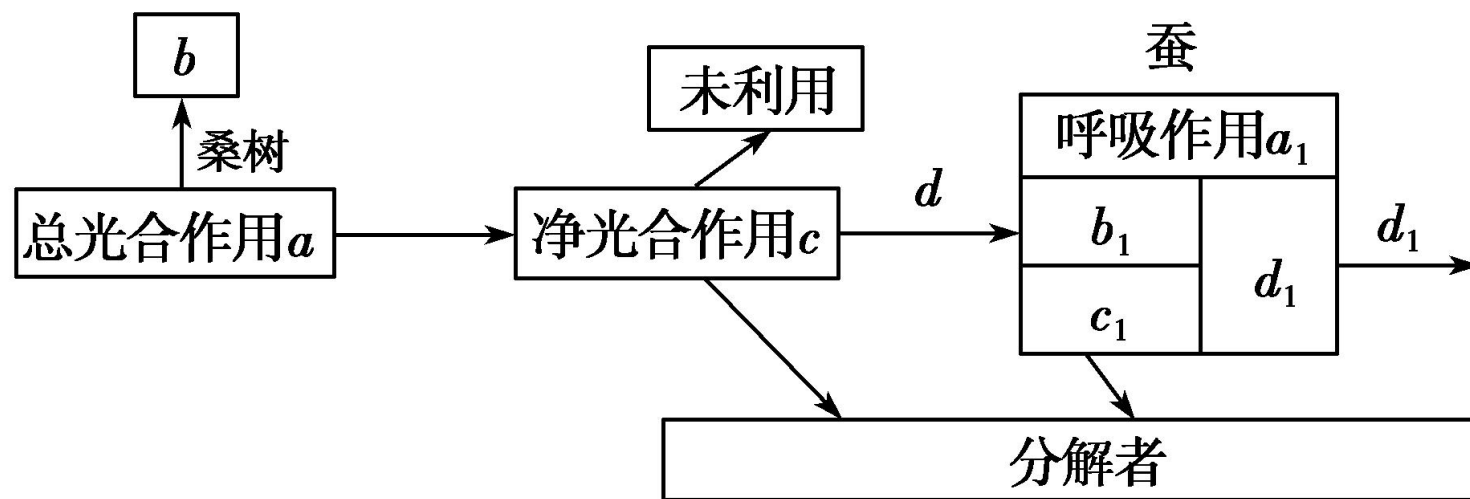
如 根据草场的能量流动特点，确定载畜量。



能量利用率 \neq 能量传递效率

能量利用率是指流入人体中的能量占生产者能量的比值，或考虑分解者的参与，以实现能量的多级利用。

【例1】如图所示桑基鱼塘生态系统局部的能量流动，图中字母代表相应的能量。下列有关叙述不正确的是(**D**)

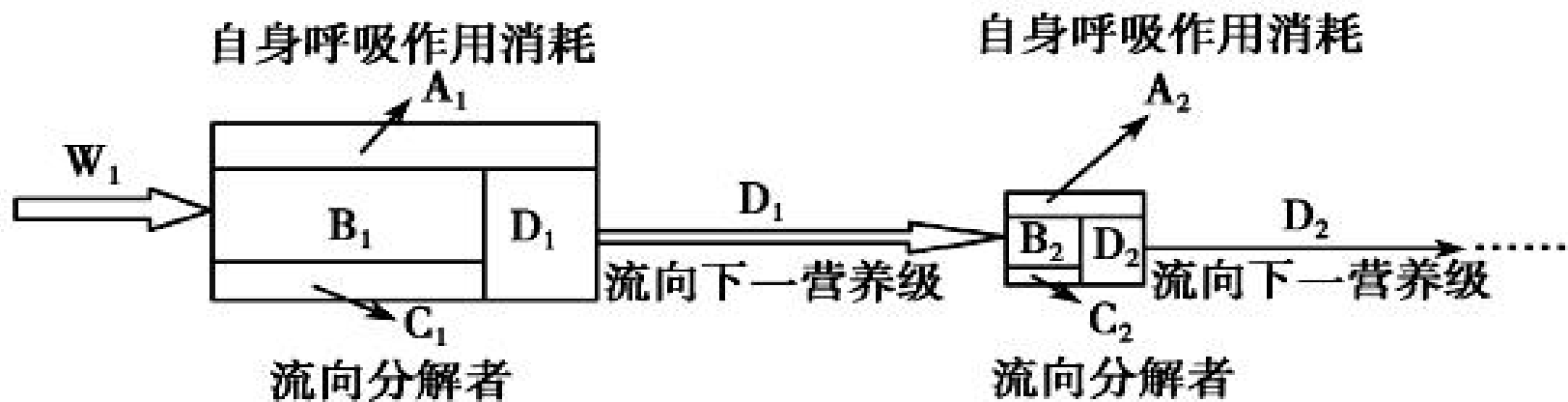


- A. 如果c1表示蚕传递给分解者的能量，则b1表示未被利用的能量
- B. 图中b表示桑树呼吸作用散失的能量
- C. 图中 d_1/d 可以表示第二营养级到第三营养级的能量传递效率
- D. 图中 d_1/d 可以表示第一营养级到第二营养级的能量传递效率

技巧突破

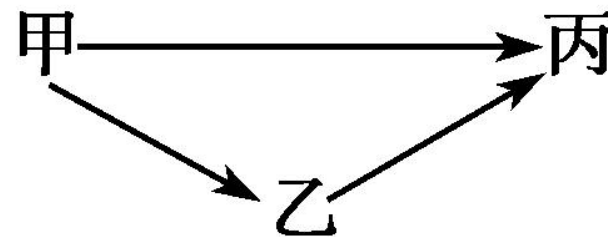
同化量的去向概念图：

- (1) 输入第一营养级的能量(W_1)即生产者的同化量被分为两部分：一部分在生产者的呼吸作用中以热能的形式散失(A_1)，一部分则用于生产者的生长、发育和繁殖。而后一部分能量中包括现存的植物体 B_1 、流向分解者的 C_1 、流向下一营养级的 D_1 。



- (2) 第一营养级向第二营养级的能量传递效率 = $(D_1/W_1) \times 100\%$ ，第二营养级向第三营养级的能量传递效率 = $(D_2/D_1) \times 100\%$ 。

【例2】某生态系统中存在如图所示的食物网，如将丙的食物比例由甲：乙=1：1调整为甲：乙=2：1，能量传递效率按10%计算，该生态系统能承载丙的数量是原来的(**B**)



A. 1.875倍

B. 1.375倍

C. 1.273倍

D. 0.575倍

解析： 解题时应该从丙出发，设当食物比例为甲：乙=1：1时，丙的能量为 x ，则需要的甲为 $(1/2)x \div 10\% + (1/2)x \div 10\% \div 10\% = 55x$ 。设当食物比例为甲：乙=2：1时，丙的能量为 y ，则需要的甲为 $(2/3)y \div 10\% + (1/3)y \div 10\% \div 10\% = 40y$ 。由于两种情况下，生产者的数量是一定的，所以 $55x = 40y$ ，则 $y = 1.375x$ 。

2. 物质循环

(1) 概念：组成生物体的C、H、O、N、P、S等元素都不断进行着从无机环境到生物群落，又从生物群落到无机环境的循环过程。

(2) 范围：生物圈（全球）

(3) 特点：全球性、循环性

(4) 碳循环

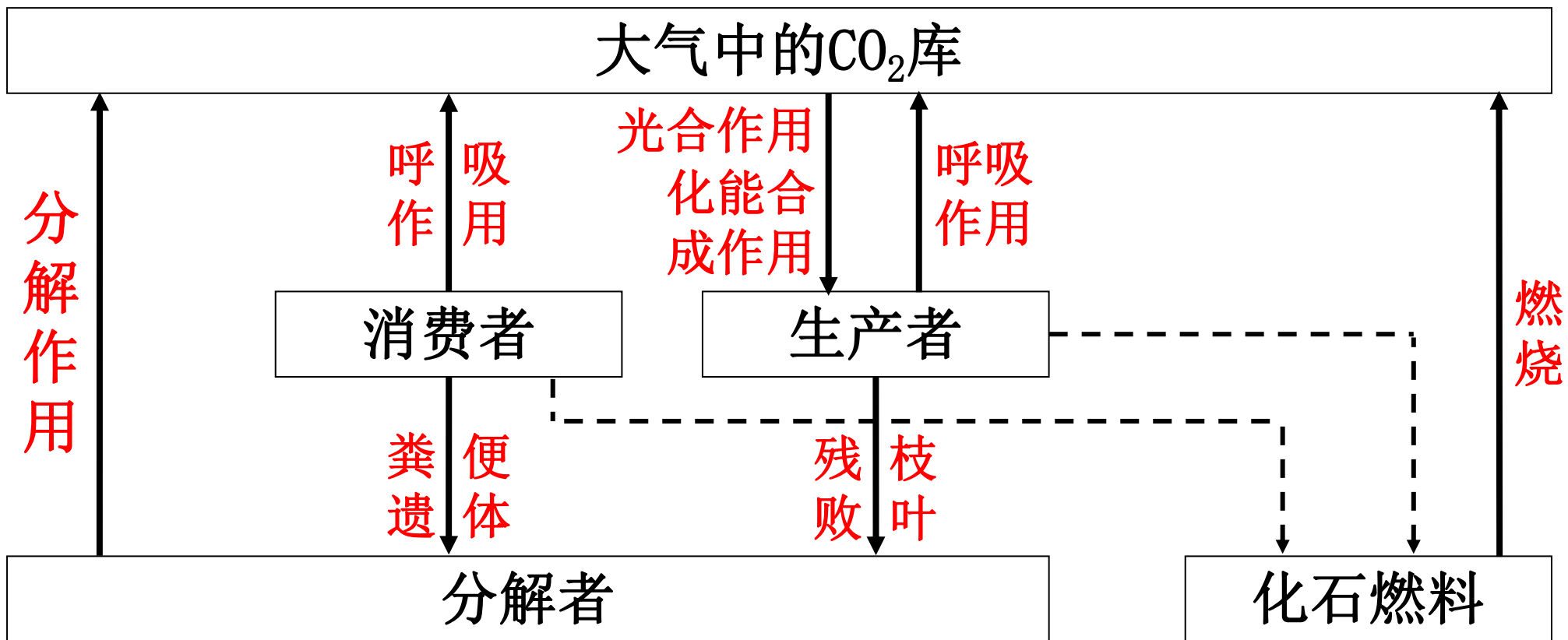
①存在形式：（以碳循环为例）

在无机环境中：主要以CO₂和碳酸盐的形式存在。

在生物群落内部：以含碳有机物的形式传递。

在生物群落和无机环境之间：以CO₂的形式循环。

②碳循环的过程



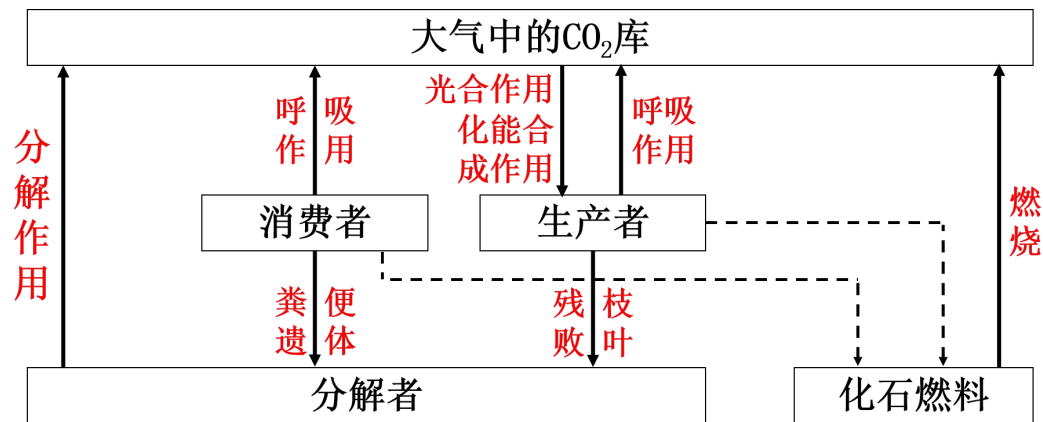


碳进入生物群落
的主要途径

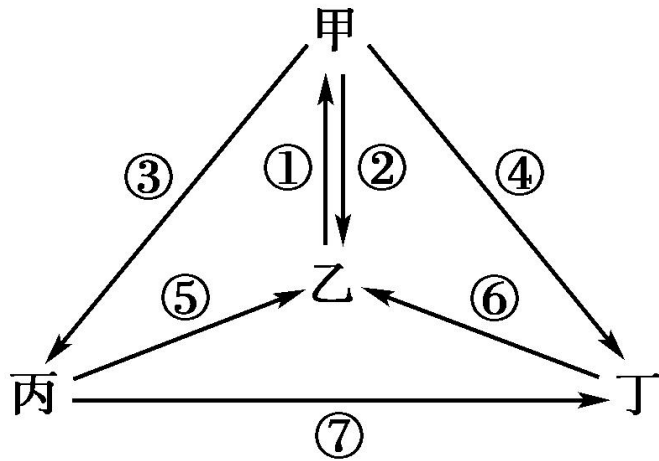
光合作用
化能合成作用

碳返回无机环境
的主要途径

生产者和消费者的呼吸作用
分解者的分解作用（实质是呼吸作用）
化石燃料的燃烧



【例】如图为生物圈碳循环过程示意图，甲~丁表示生态系统的成分，①~⑦表示过程。下列叙述正确的是(**D**)



①是碳元素进入生物群落的光合作用或化能合成作用，⑤、⑥表示呼吸作用，A项错误

若碳循环能保持平衡，则①和②⑤⑥的速率基本相等，B项错误

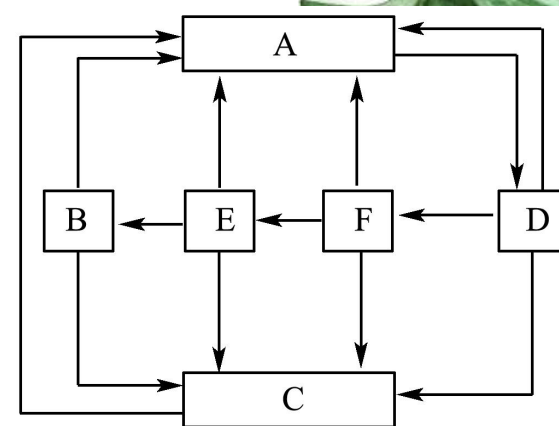
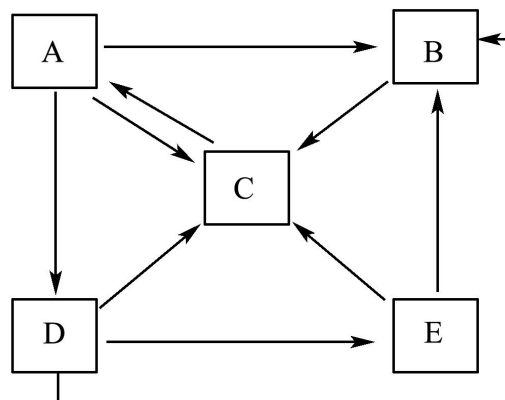
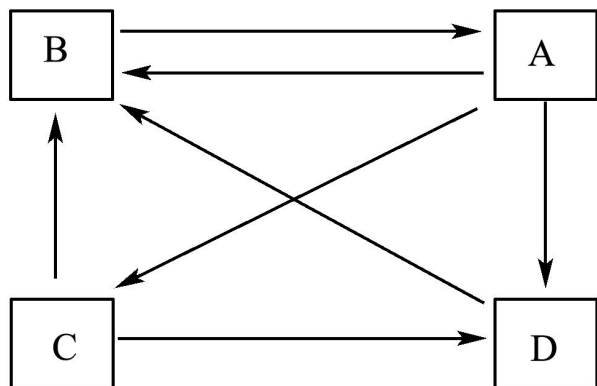
丁是分解者，不能和其他生物构成捕食食物链，C项错误

③、④、⑦是群落内部的碳的流动，以有机物的形式传递，D项正确

③、④、⑦过程中碳以有机物的形式传递

归纳拓展

“三看法”快速确认碳循环的各环节



一看

双箭头

双箭头一方为“生产者”，另一方为“大气CO₂”库。

二看

多箭头

图示各环节均可向其指来箭头，则被指向方位“大气CO₂库”

三看

“生产者”“消费者”及其指向

生产者指向消费者
生产者、消费者均指向分解者。

社会责任——环境保护

温室效应产生的主要原因是什么？缓解措施有哪些？

(至少写两点)

提示：温室效应主要与人类对化石燃料利用过度有关。缓解温室效应的措施主要有植树造林、减少化学燃料的燃烧、开发新能源等。

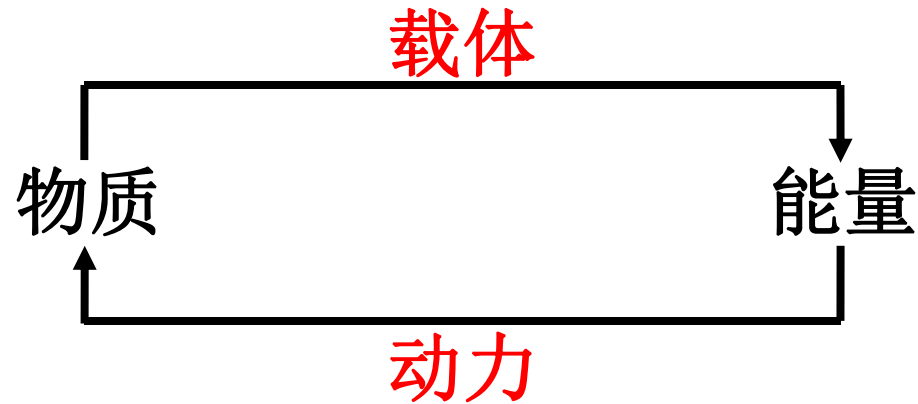


(5) 物质循环和能量流动的关系



① 区别

项目	能量流动	物质循环
形式		
特点		
范围		

②联系



- 同时进行，相互依存，不可分割；
- 物质作为能量的载体，使能量沿着食物链(网)流动；
能量作为动力，使物质能够不断地在生物群落与无机环境之间循环往返。



【例】下列有关生态系统物质循环和能量流动的叙述，正确的是(**A**)

A. 地球上几乎所有生态系统中能量的初始来源都是太阳能

B. 物质是能量的载体，生态系统的能量是伴随物质而循环利用的

C. 食物链中初级消费者数量越多，次级消费者获得的能量就越少

D. 使用动物粪便做肥料，其能量可以流向植物，实现了能量的多级利用