

自然丛书·生物



奥妙的物质循环

吉林人民出版社

自然丛书·生物

奥妙的物质循环

徐文玉 丁朝玉 编

吉林人民出版社

内 容 提 要

世界上的万物，都是由物质构成的。而物质因物理、化学或生物上的原因在不断地循环变化着。本书用丰富的资料及大量的插图生动有趣地介绍了碳、氮、磷、硫在自然界中的分布、存在形式、基本循环过程及其对高等生物的影响。可供具有中等文化程度的广大干部、青年、中学生物教师、大学生物系师生和有关生态、环境保护、微生物、生物化学、医学、农学等工作者的阅读、参考。

自然丛书·生物

奥妙的物质循环

徐文玉 丁朝玉 编

*

吉林人民出版社出版

吉林省新华书店发行

通辽教育印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6印张 132,000字

1982年2月第1版 1982年2月第1次印刷

印数 1—5,330册

书号：13091·96 定价：0.47元

出版说明

《自然丛书》是按中国科协与国家出版局联合制定的《一九七八——一九八五年全国重点科普图书出版规划》而组织编写的一套科普读物。本丛书包括数学、物理、化学、天文、地学和生物六大基础学科，由科学普及出版社、山东科技出版社和吉林人民出版社联合编辑出版。科学普及出版社负责编辑出版天文和物理部分，山东科技出版社负责编辑出版数学和地学部分，吉林人民出版社负责编辑出版化学和生物部分。

本丛书比较系统地介绍六大基础学科的基础知识、基本理论、一般应用技术及现代新发展，并适当介绍一些有关的边缘学科的知识。在表现形式上，力求深入浅出，通俗易懂，生动活泼，图文并茂。

本丛书供中等文化程度的广大读者阅读，旨在帮助他们丰富知识，开阔眼界，提高科学文化水平，增长社会主义建设才干，更好地为社会主义现代化建设服务。

目 录

序	1
一、碳循环	4
从金刚石谈起	4
碳的贮库	6
化石燃料的来历	8
水滴石穿	12
碳的有机化——光合作用	18
碳的无机化——呼吸作用	27
光合作用的恩赐	40
呼吸作用的功助	50
食物链与能量“金字塔”	53
二、氮循环	64
“死空气”的发现	64
氮在自然界中的分布	66
蛋白质的厄运	70
炸药与硝化作用	75
氮的出逃	81
氮的固定	86
氮的同化	102
庄稼的厨师	106
生物固氮与植物	107
臭氧屏障的风波	111

氮肥丢失之谜	113
亚硝酸与疾病	116
三、磷循环	119
“鬼火”——磷	119
安全火柴	120
磷的行踪	122
向大海进发	126
返回大陆	127
土壤中磷的家族	131
生命和思维的元素	140
细胞能量的内幕	152
水花	157
四、硫循环	161
地下的火和硫	161
氧化作用的推动	165
硫的生物连环画	167
朋友和敌人	177
二氧化硫的功过	183

序

我们人类生存在物质世界中。这个物质世界是由许多元素构成的。这些元素并不是孤立静止不动的，而是在无休止地进行着化合、分解，不停顿地运行、转化着。组成生物体的各种元素也都在周而复始地运转着。这就是物质循环。

在自然界中，任何一种元素的总量，一般说来，都是恒定的，既不能创生，又不能消灭；但任何一种元素的化学状态却是经常变化的。就拿碳元素来说吧：它今天可能组成二氧化碳分子的成分；明天就可能钻入植物的绿色细胞，构成有机碳化合物；后天动物可能吃了植物，结果植物中的碳变成了动物体的碳；大后天动物体中的碳化合物经过分解之后，又变成了二氧化碳。在自然界中的其他元素，如氮、磷、硫、氢、氧、铁、钾、钙等的存在形态，也都处于不断地变化之中。

那么，在自然界中，到底是什么力量推动着物质发生变化呢？据目前所知，这个推动力，不是别的什么神秘的力量，正是大自然本身的一些生物活动、化学变化和物理作用。这些生物、化学、物理方面的活动和变化，是我们这个物质世界发生各种奇妙变化的真正魔术师。

在地球上出现生命以前，物质变化主要依靠物理化学作用。地球形成初期，在原始大气层和海洋中，存在着某些简单的物质，如甲烷、一氧化碳、二氧化碳、水、氮、氨、硫化氢和氯化氢等。这些物质在短波紫外线、电离辐射、闪

电、火山爆发、高温和高压的作用下，转化成许多种分子较大的有机物，如氨基酸、核苷酸、单糖和腺苷三磷酸等。这些化合物在原始海洋中，在相当长的时间内，经过不断的化学变化，逐渐聚合成生物大分子——蛋白质和核酸。然后，成千上万个生物大分子聚集成具有初步生命现象的分子体系，完成了无生命向有生命的飞跃。在地球上原始生物的出现，纯属物理和化学变化的推动。

在地球上出现生物以后，物质变化主要是在生物作用下进行的。例如，二氧化碳和氧气的变化，主要是由绿色植物的光合作用决定的。人们在生产活动中造成的环境污染，也影响着一些物质的变化。这些生物活动往往比纯粹的物理化学作用要强得多。当然，我们所说的生物活动，也是不能与物理化学作用截然分开的，只是从不同侧面来说罢了。

地球表面的物质循环，主要包括碳循环、水循环、氧循环、氮循环、磷循环和硫循环等。任何一种物质循环，既有生物参加，又包括纯化学反应。一切生物，尤其是微生物，在物质循环中占有相当重要的地位。

任何一类生物的生存和延续，都依赖于其他生物实现的化学转化。物质循环的某一环节的破坏，都会影响生命活动。没有物质循环，就没有生命。正如科学家所说的，“地球上的一薄层生活物质是由大规模的能量与化学元素循环来维持的”。

各种物质循环之间是互相联系的。本书所讲的碳循环是氮循环、磷循环和硫循环中的一颗灿烂明珠，是连结其他物质循环的纽带。在生物体中，碳、氮、磷、硫组分是有一定比例的。例如，在一般植物体的干物质中，碳占42%，氮1—2%，磷0.20—0.25%，硫0.25—0.50%。因此，如果

植物在光合作用中固定一吨碳，那么，就应该吸收30—40公斤氮，5公斤磷，5公斤硫。由此可推算出，每年地球上碳、氮、磷、硫进入循环的大概数字是：碳—— 1.7×10^{11} 吨，氮—— 6×10^9 吨，磷—— 8.5×10^8 吨，硫—— 8.5×10^8 吨。这些元素由植物合成有机物，又经微生物分解或者燃烧变成无机物。

一、碳 循 环

从金刚石谈起

光彩夺目的金刚石，是自然界中最硬的一种物质。如果把它磨成一定的形状就成了钻石。正因为它的硬度大，就有了特殊的用途。在钻探机钻头上的金刚石，可以钻凿十分坚硬的岩层。用它做成的刀具，能够加工最硬的金属。刻划玻璃的玻璃刀就用的这个玩意儿，手表里的钻石也是它，金刚石的用途十分广泛。你知道吗？这些珍贵的金刚石不是别的，正是碳元素。金刚石是碳在游离状态的一种形式。纯洁的碳还有一种有趣的变种，就是石墨。这是灰色发软的东西，我们可以用它来写字。为什么由同一种碳元素组成的物质，性质会是这样的不同呢？这是由于它们晶体里面的碳原子排列方式不同的缘故（图1）。在金刚石里，每个碳原子的

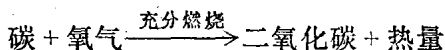


图1 金刚石与石墨

周围都有四个碳原子和它保持等距离（成四面体）。在石墨里，碳原子排列成层，层和层之间距离较大。这就是金刚石之所以比石墨硬得多的内在原因。

尽管金刚石和石墨的硬度大不一样，但它们却是可以互变的，只要变更外界条件就行了。当把石墨加热到2,000℃，压力为5万个大气压时，柔软的石墨就成了坚硬的金刚石了。

碳元素在大多数情况下是呈化合状态的。人类最早使用的火，是木柴的燃烧。木柴的燃烧，也正是碳和空气中的氧气发生了化合反应。不仅冒了烟（生成了二氧化碳），而且还放出了热量。



不论是结晶形的碳（金刚石、石墨），还是无定形的碳（焦炭、木炭、炭黑），它们燃烧时都能生成二氧化碳气体，并放出热量。

二氧化碳，原是十七世纪初人们在燃烧木柴时发现的，当时叫它为“木气”。百年以后，布拉格在白垩里找到了它。正因为它被固定在白垩里，便管它叫“固定空气”。后来，研究它的人多了起来，因它有点酸味，一七八七年大化学家拉瓦锡把它命名为“碳酸气”，这个名字就一直叫到了今天。

碳在燃烧时，如果氧气不足，就可生成一氧化碳。而在1,200℃的高温下，碳跟氢能直接化合，生成甲烷。

二氧化碳、一氧化碳、甲烷等，都是气态碳化合物。这是碳存在的一种形式。地球表面的碳，更多的是以碳酸钙的形态存在。碳酸钙和游离态的碳（碳粒），属于无机碳化合

物，这是碳存在的另一种形式。碳还以有机碳化合物如纤维素、淀粉、脂肪等形式存在。三种形式的碳在生物圈中互相转化，由一种形式变为另一种形式，构成了碳的循环(图2)。

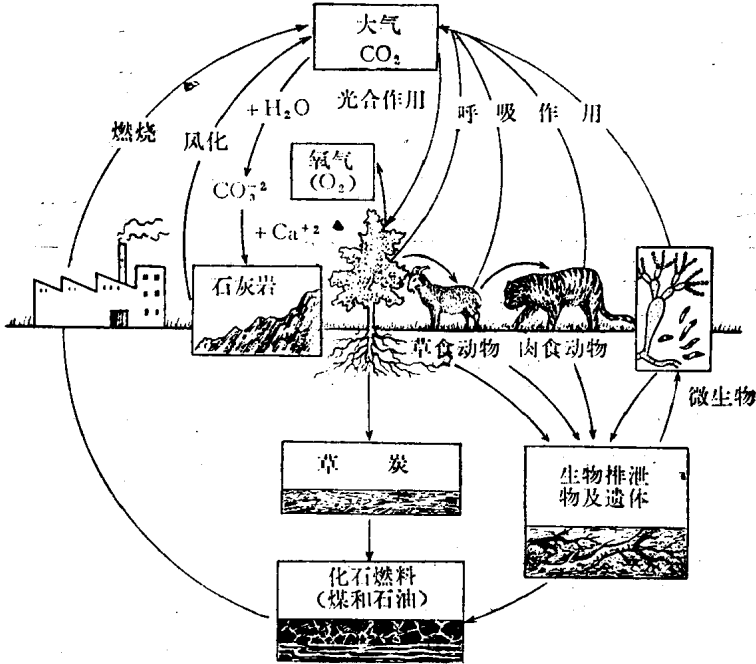


图2 自然界中碳的循环

动物、植物和微生物都参预碳的转化。它们各自占有特殊的地位。有机物的燃烧，对碳循环也有重要的影响。

碳的贮库

上边讲了碳的存在形态。碳元素究竟在什么地方落脚呢？哪里是贮存它的仓库呢？

碳在自然界中分布是不均匀的。岩石圈含碳量为0.16%，大气圈含碳量为0.03%，水圈含碳量为0.0014%，活的有机体中含碳量约为10%。

地球表面的总碳量约有200,000,000亿吨，这些碳分布在各个不同的碳库中，碳分布状况大概是：

岩石是碳的最大贮库。据估计，在岩石中的碳约有199,350,000亿吨。

海洋是碳的第二贮库。海水中的碳以溶解的二氧化碳、碳酸盐、碳酸氢盐形式存在。整个海洋中碳的总贮量达500,000亿吨。

煤和石油等化石燃料是碳的第三贮库。据估计，在煤和石油中的碳约有100,000亿吨。

腐殖质和草炭是碳的第四贮库。据估计，草炭约固定11,000—30,000亿吨碳。

大气和生物体是碳的第五贮库。据估计，大气中的二氧化碳约有7,000亿吨，生物体中的碳约有8,000亿吨。

生物圈中碳的库存量及年转化率见图3。

大气中的二氧化碳是植物光合作用的直接给源，但数量不大，如果没有补充，总量只够植物利用十年左右。石灰岩中的碳因呈不溶性碳酸盐状态，植物不能直接吸收利用。但它和大气中的二氧化碳处于化学平衡状态，是植物的巨大的潜在贮碳库，取之不尽，用之不竭。海洋中的二氧化碳，一方面直接作为海洋植物光合作用的原料，另一方面与大气二氧化碳进行几乎对等的互换，因此也可作为陆地植物光合作用的原料。死亡生物体和草炭中的碳，只有经过微生物分解或燃烧之后，以二氧化碳形式放进空中，才被植物利用。贮存在石油、煤中的碳，只有经燃烧转化成二氧化碳之后，才

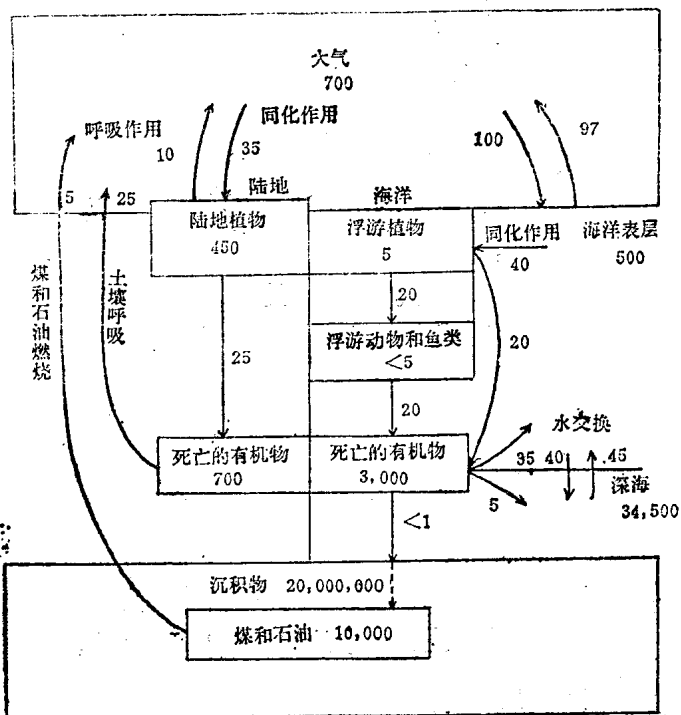


图3 碳的库存量及年转化率
(各个量的单位是10亿吨)

对植物有用。总之，不管是有机碳化合物，还是无机碳化合物，只有经过某种途径转化成二氧化碳之后，才能作为植物光合作用的碳源。

化石燃料的来历

煤和石油是我们日常生活和工业上不可缺少的宝物。这

两样物质，主要是由碳元素组成的。为了了解它们的来龙去脉，还是让我们跟随碳循环的踪迹，去它们家里作客吧！

煤是我们所熟悉的，但造煤的过程究竟是怎样的呢？

简单说来是这样的：产煤的地方原来都生长着造煤植物。一开始，这里也许是一片开阔的湖沼，在湖沼边上长着一些不大的植物，如芦苇、蒲草、莎草等。后来，这些植物不断地生长和死亡，遗体堆积在沼泽里，使湖沼水面变浅，湖沼就成了真正的沼泽了。死亡了的浮游生物和沼泽植物的遗体不断堆积，使养料越来越丰富，为大植物——森林的生长发育创造了良好的条件。森林经过许多次的生长、死亡，这样就成了大自然造煤的原材料。这时，一群群数不清的微生物对植物的遗体发起了猛烈的进攻。先是喜氧菌吃掉植物遗体中易分解物质，使之腐烂和分解。后来，植物的遗体沉到水里，喜氧菌无法施展活动能力，厌氧菌就跑来接替它们继续工作，结果使植物遗体中的氢、氧、氮等元素的含量逐渐减少，碳元素的含量相对增加。最后，植物的遗体变成一种黑褐色或褐色的淤泥状物质——泥炭。

泥炭不是真正的煤，而是煤的前身。泥炭化阶段是大自然造煤过程的第一步。由于地壳有节奏的上升与下降的运动，就使生成的泥炭层越来越厚。同时，越到地层深处，温度也就越高，压力也越大，泥炭的水分不断丢失、挥发掉，碳的含量就越来越高了。这样，就逐渐变成褐煤、烟煤、无烟煤了（图4）。

可见，煤是由植物变来的。

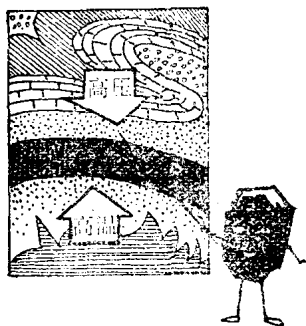


图4 煤的形成

后便形成了石油。

正因如此，我们在石油中，常常可以找到一些古代动植物的残体，以及动物血红蛋白、植物叶绿素等。

石油常被称为“黑色的金子”，比煤的用途还大。除做燃料外，在化学工业上大有用武之地（图6）。

石油是油状的液态碳氢化合物，芳香烃占24%，烷烃占30%，环烷烃占46%。石油含碳量平均为84—88%。

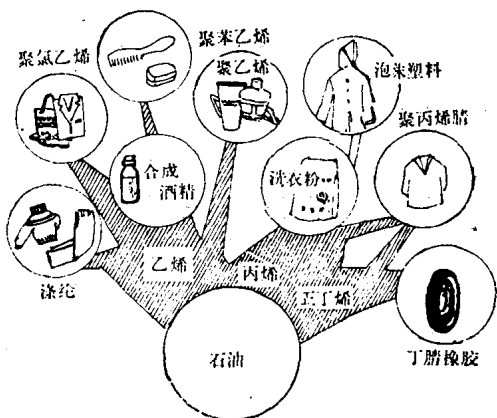


图6 石油与化学工业

由于石油居住在很深的岩层中，所含的碳不能被植物所利用。

象煤和石油这类化石燃料，它们都来源于动植物，也就是说，它们都是有机碳化合物沉积而形成的。自然界中有机碳化合物沉积成煤和石油的过程，虽然有生物因素参加，但主要的是物化因子起作用，因此，它应当列入碳的非生物循环的一个阶段。

自然界中碳的非生物循环还有其他的过程。例如，二氧化碳又可以沉淀为不溶性的碳酸钙——石灰岩。相反，石灰岩的碳又可通过风化作用与煅烧作用变成二氧化碳放出来。同时，工业上燃烧化石燃料可将其中的碳氧化成二氧化碳。