

元素丛书



碳

CARBON



山东教育出版社

元素丛书

Elements

碳

CARBON

出版发行：山东教育出版社

（济南市纬一路 321 号）

网 址：<http://www.sjs.com.cn>

印 刷：利丰雅高印刷（深圳）有限公司

作 者：（英）布莱恩·奈普

翻 译：韩宝娟

责任编辑：赵猛 刘辉

版 次：2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

规 格：16 开本

印 张：3.5 印张

字 数：60 千字

书 号：ISBN 7-5328-4934-1

定 价：18.00 元 / 册

（如印装质量有问题，请与印刷单位联系）

图书在版编目 (CIP) 数据

碳 / (英) 布莱恩 · 奈普著 ; 韩宝娟 , 元英丽译 .

济南 : 山东教育出版社 , 2005

(元素丛书)

ISBN 7-5328-4934-1

I . 碳... II . ① 布... ② 韩... ③ 元... III . ① 碳 - 基本知识 ② 碳化合物 - 基本知识 IV . 0613.71

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第046986号

Copyright©Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 and 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the Publisher.

Suggested cataloguing location

Knapp, Brian

Carbon

ISBN 1 869860 49 7

- *Elements series*

540

Chinese edition published by Shandong Education Press. Copyright©1996 and 2002 by Atlantic Europe Publishing Company Limited.

Chinese edition is authorized for sale and distribution in China exclusively.

本书依据英国 Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 和 2002 年国际版权 (C) 翻译。

Atlantic Europe Publishing Company Limited 拥有版权。未经许可,不得以任何形式,包括以电子的或机械的方式进行照片复制或录音,或是将信息存贮在任何检索系统上来翻印书中的任何内容。

中文版由 Atlantic Europe Publishing Company Limited 授权山东教育出版社出版。

该版本的中文版只在中国境内销售。

山东省版权局著作合同登记号:

图字: 15-2004-068

目 录

走进碳的世界	4
含碳化合物的通性	6
碳晶体	8
自然界中的碳循环	10
环境中的二氧化碳	12
二氧化碳的用途	14
一氧化碳	16
食物中的碳	18
层析法分离有机混合物	20
木炭	22
烃	24
原油加工	26
有机化合物的多样性	28
塑料	30
聚合物是怎样制得的	32
橡胶——一种加聚物	34
缩聚物	36
合成纤维	38
聚酯纤维与聚酯薄膜	40
含碳化学物质与环境问题	42
长话短说——碳	44
元素周期表	46
理解化学方程式	48
科技术语表	50

元素丛书



碳

CARBON



C

山东教育出版社

阅读指南

你手中的这本书是为帮助你学习与化学元素有关的知识而精心编写的。它将系统而全面地向你介绍每一种化学元素的基本性质。翻开书中任何一页，除了有对科技知识深入浅出的讲解以外，还有大量科技术语的定义及其解释，无论你已经掌握了多少化学知识，这本书都可以使你受益匪浅！在每一本书的最后，有详细注解的元素周期表，有出现在这套丛书中的全部科技术语一览表，还有一个专门栏目告诉你如何用化学方程式表达化学反应，另外还有一个栏目帮你提炼有关碳元素的最精华的知识，可谓精彩不断！

元素知识是整个化学科学的基础，大家一起来分享学习化学的快乐吧！

正文对基础知识和概念进行系统的、深入浅出的讲解

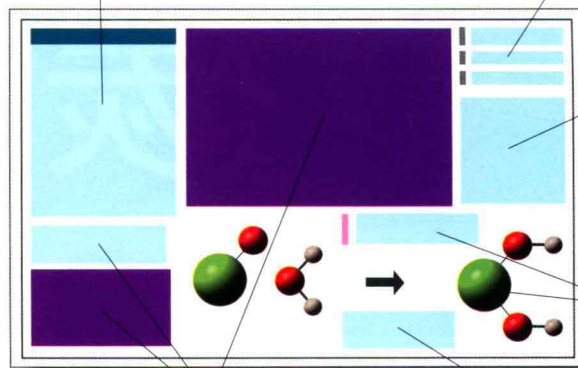
科技术语

结合实例，对正文中的有关内容进行更加深入的阐述

用化学符号书写化学方程式，以球-棍模型示意化学反应（参见本书第48页）

借助精心选择、注解清晰的图表，对知识进行更加直观、生动的讲解

多识一点：对相对深奥的知识和概念进行通俗易懂的解释



封面图：塑料碎片加热熔化后挤压成型，就得到各种各样的塑料制品。

扉页图：粘合剂是由石化原料制得的聚合物。

图书在版编目 (CIP) 数据

碳 / (英) 布莱恩 · 奈普著 ; 韩宝娟 , 元英丽译 .

济南 : 山东教育出版社 , 2005

(元素丛书)

ISBN 7-5328-4934-1

I . 碳... II . ① 布... ② 韩... ③ 元... III . ① 碳 - 基本知识 ② 碳化合物 - 基本知识 IV . 0613.71

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第046986号

Copyright©Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 and 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the Publisher.

Suggested cataloguing location

Knapp, Brian

Carbon

ISBN 1 869860 49 7

- *Elements series*

540

Chinese edition published by Shandong Education Press. Copyright©1996 and 2002 by Atlantic Europe Publishing Company Limited.

Chinese edition is authorized for sale and distribution in China exclusively.

本书依据英国 Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 和 2002 年国际版权 (C) 翻译。

Atlantic Europe Publishing Company Limited 拥有版权。未经许可,不得以任何形式,包括以电子的或机械的方式进行照片复制或录音,或是将信息存贮在任何检索系统上来翻印书中的任何内容。

中文版由 Atlantic Europe Publishing Company Limited 授权山东教育出版社出版。

该版本的中文版只在中国境内销售。

山东省版权局著作合同登记号:

图字: 15-2004-068

目 录

走进碳的世界	4
含碳化合物的通性	6
碳晶体	8
自然界中的碳循环	10
环境中的二氧化碳	12
二氧化碳的用途	14
一氧化碳	16
食物中的碳	18
层析法分离有机混合物	20
木炭	22
烃	24
原油加工	26
有机化合物的多样性	28
塑料	30
聚合物是怎样制得的	32
橡胶——一种加聚物	34
缩聚物	36
合成纤维	38
聚酯纤维与聚酯薄膜	40
含碳化学物质与环境问题	42
长话短说——碳	44
元素周期表	46
理解化学方程式	48
科技术语表	50



走进碳的世界

也许你对“元素”这个词并不陌生，但是你知道元素到底是什么吗？简单地说，元素是指含有相同核电荷数的一类原子，是组成物质的基本成分。连绵的山脉、翻腾的云海、变幻的星云，就连你我也都是由各种各样的元素组成的。天然存在的元素只有 92 种，而正是这 92 种元素构成了宇宙万物。本书所要展现给大家的是其中的一种元素——碳。

碳

在地球上最常见的元素中，碳列第六位，几乎所有的有机体都离不开它。在目前已知的上千万种化合物中，90% 以上含有碳，这是其他任何一种元素都望尘莫及的。

碳广泛存在于各种各样的岩石中，如白垩与石灰石。以金刚石形式存在的碳是地球上最坚硬的天然物质。含碳化合物，如煤、天然气和石油等，是世界上最主要的燃料。

二氧化碳气体是空气的主要成分之一，在控制大气温度方面发挥着至关重要的作用（因此二氧化碳又被称为“温室气体”）。在水中也存在溶解了的二氧化碳。

碳是构成现代社会人们所使用的许多人造或合成物质的基本元素，如塑料、合成织物、药品及其他众多化学物质。





毫无疑问，在这一庞大的物质体系中，绝大部分物质对人类是有益的，但也有一些会对人类产生危害。比如，含碳化合物氯氟烃（CFCs）已经对大气臭氧层产生破坏作用。还有一些含碳化合物也具有破坏作用，如杀虫剂 DDT。如果生存环境中存在大量这样的物质，生命将受到严重威胁。

历史上，科学家曾致力于对复杂的含碳化合物家族做出分类，然而，物质最重要、最基本的分类是有机化合物与无机化合物之分。石灰石（碳酸钙）、二氧化碳和一氧化碳等都属于无机物。而其他种类繁多的含碳物质则被称为有机物，例如从石油中炼取的物质。

由于碳的化合物的种类远远超过由其他元素构成的物质种类，所以要比较全面地介绍碳的化合物及其性质，是不现实的。因此，本书只涉及含碳化合物的主要类别和一些最常见的含碳化合物。例如，碳的单质形式（金刚石、石墨），二氧化碳和一氧化碳，常见有机物（包括烃及烃的衍生物、塑料、橡胶及合成纤维等）。

◀ 这是碳化硅（SiC）矿石，是由硅和碳形成的一种化合物。晶体呈黑色，片状，具有光泽。碳化硅俗称金刚砂，质地非常坚硬，是一种应用相当广泛的研磨材料。

含碳化合物的通性

碳是众多化合物的主要组成元素之一，这些化合物具有一些通性。例如：

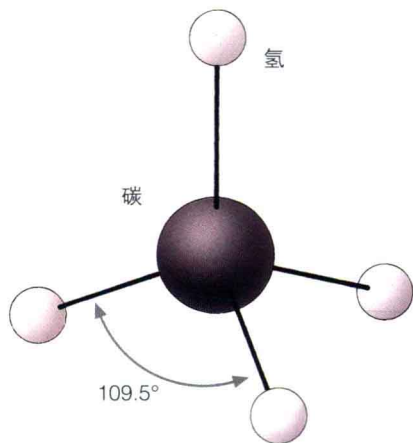
① 常温下，只有少数含碳化合物会迅速发生变化，但在高温时，它们几乎都能剧烈反应（如燃烧）。

② 石油、天然气等许多含碳化合物都易燃，因此可用作燃料。完全燃烧时，这些化合物中的碳都被氧化成二氧化碳。有机组织燃烧后剩下的固体物质几乎是纯净的碳（例如焦炭）。

③ 含碳化合物通常不溶于水，所以仅用水不能除去油污。含碳化合物的这一性质有着特殊的意义，因为我们的皮肤也是由含碳化合物（蛋白质）组成的。

④ 含有碳和氮的化合物以液态形式存在时，通常会发出刺鼻的气味。而一旦把这些物质加工生产成其他物质，就可以将这些令人不愉快的气味去除。例如，尼龙是一种含氮的塑料，制成纤维后就没有气味了。

⑤ 有些含碳和氮的化合物非常不稳定，可用来制作炸药，其中比较常见的两种是TNT（三硝基甲苯）与硝化甘油（甘油三硝酸酯）。



▲ 这是一个甲烷(CH_4)分子模型。位于中心的碳原子与四个氢原子通过C-H键连在一起。



碳为什么如此特殊？

碳之所以能形成如此多样的化合物，主要是与它的原子结构有关。1个碳原子能与4个原子形成比较强的联结，这大大增加了由碳原子所形成物质的种类。

碳原子之间也能形成长链或环状结构。化学家把这些原子和原子之间的联结叫做化学键；把由小分子联结成的大分子物质叫做聚合物。在通常条件下，水、空气或细菌都不能破坏这些聚合物，这就是为什么众多的塑料不像其他物质一样能在自然界中分解的原因。只有太阳光能破坏某些聚合物，使化学键断开，材料也因此而变脆。

燃烧：通常所说的燃烧是可燃物跟氧气发生的剧烈的发光、放热的氧化反应。

化合物：两种或两种以上元素的原子通过化学键结合在一起形成的物质。例如钙原子、碳原子和氧原子可以形成化合物碳酸钙。

塑料：以树脂为主要成分（或在加工过程中由单体直接聚合），添加其他辅助成分而制成的在加工过程中能流动成型的材料。

塑性：如果某种材料很容易发生形变，那么我们就把这种材料叫做塑性材料。塑性材料将保持即时形状（而弹性材料是指可以回复到先前形状的材料）。

► 丁烷气体含有键合在一起的碳和氢，易燃烧，产生大量的热。

◀ 生命的存在依赖于碳。有机体中的各种生命组织、骨骼、贝壳以及翅膀等全部都是由碳的化合物组成的。



◀ 无烟煤是一种含碳量极高的块煤，是由植物体在地下经高温高压作用，经过缓慢分解而形成的。

19世纪期间，英国地质学家断定他们发现的煤大部分是与地球在同一历史时期形成的。因为煤是以碳为基础形成的化合物，因此他们把整个煤形成时期称为石炭纪。石炭纪是地质时代的一部分，约始于4亿年前，大约持续了6千万年。

事实上，石炭纪时期形成了两种以碳为基础的岩石。在石炭纪上半期形成的是由碳酸钙组成的石灰石，这些石灰岩层中同时蕴藏着丰富的石油和天然气。石炭纪的后半期是含煤岩石的形成期，煤和石油的含量更为丰富。

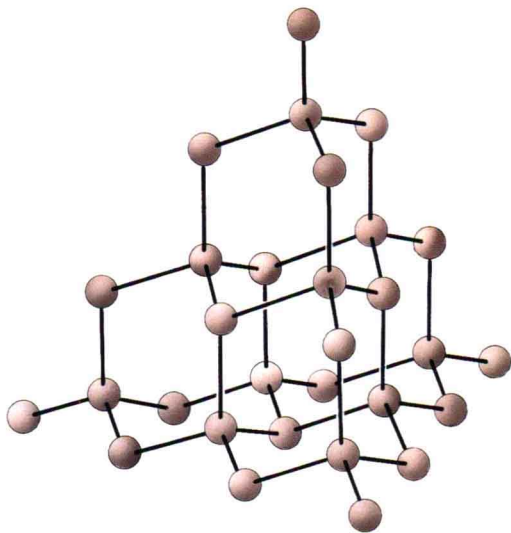
现在，地质学家已经确认煤和石油形成于多个地质时期，即使在今天还处于不断形成之中。



碳晶体

目前在自然界中已发现有三种物质——石墨、金刚石以及最近发现的富勒烯(也叫足球烯,即 C_{60})——都是仅由碳原子构成的晶体。其中石墨最为常见,存在于岩石中。碳氢化合物在隔绝空气的条件下加强热,也会生成细小的石墨晶体(即焦炭、木炭)。

金刚石远比石墨稀有珍贵。金刚石是在极高的温度和压强下形成的,因此常存在于火山口深处。世界上最著名的南非金伯利金刚石矿就位于沿着火山口垂直进入地下两千多米处。



▲ 金刚石的分子结构示意图。所有碳原子相互联结在一起,没有任何空隙可以让其他原子“乘虚而入”。这就是金刚石的化学性质非常稳定的原因。

金刚石

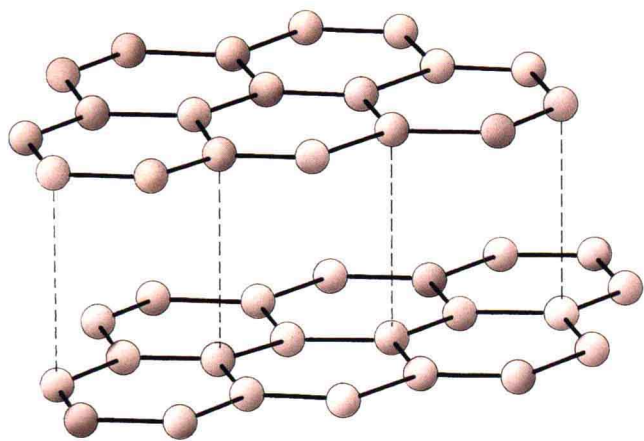
金刚石是由碳原子相互联结形成的一种非常稳定的物质。其中碳原子键合得非常紧密,因此使得金刚石成为目前已知的最坚硬的物质之一。

纯净的金刚石无色、透明,常见的形状就像两个金字塔底对底靠在一起。人们利用金刚石的这一几何外形特征将其切割成璀璨夺目的钻石。

金刚石并不全是无色的,如果含有杂质,颜色就会比较暗淡,有些金刚石几乎是黑色的。



◀ 这块来自南非金伯利的岩石代表了大多数金刚石的存在方式:淡黄色金刚石镶嵌在大块岩石之中。这些金刚石大都半透明、有很多瑕疵,偶尔才会发现透明、无瑕疵的金刚石。置于岩石上的那颗加工后的钻石,可以作为对比。



▲► 石墨分子结构示意图。石墨也仅由碳组成，与金刚石相似，也是一种极不活泼的物质。然而，由于石墨的分子结构是层状的，层与层之间形成的化学键相对较弱，因此在一定压力作用下，容易破碎，这就是为什么石墨可用作铅笔芯的原因。

晶体：能够自由生长并形成一定外部形状的物质。准晶态物质中的原子不能自由排列形成单个的晶体；非晶态物质（也叫玻璃质）中的原子则成无规则排列。

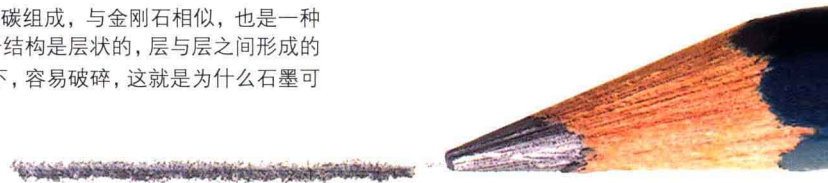
电极：构成电池终端的导体。

石墨

石墨是一种色黑、质软的碳，比煤硬，但却比金刚石软得多。石墨能够自然地破碎成细小的碎片。这是因为石墨中的碳原子呈层状排列，而层与层间的联结非常弱，容易滑动。利用这一性质，石墨可以用作润滑剂（例如可用于润滑门锁），也可用来制作铅笔芯，因为在纸上划动时，石墨会留下由黑色碎末形成的痕迹。

石墨能导电、导热，因此可作干电池的电极，也可用在许多电路装置中，如用来产生火花的电动机的电刷。大型炼钢炉中需要大量的石墨。

▼ 这块石墨的光泽是由晶体的层状表面反射产生的。



自然界中的碳循环

碳循环是指碳在植物、动物、大气、岩石和海洋中往复传输、循环利用的过程。

碳循环是地球本身以及地球上的生命得以存在的重要条件。这是一个非常复杂的过程，下文所述仅仅是其概要。

碳主要存在于空气（以二氧化碳的形式存在）与岩石（如石灰石、白垩或石油、天然气、煤）中。主要的转移方式是动植物的生长与死亡（包括光合作用、呼吸和氧化作用之类的化学过程）以及化石燃料的燃烧。

呼吸作用

为维持生命，几乎所有的动物都需要从它们的肺里排出二氧化碳。肺吸入氧气，呼出二氧化碳，这一重要的生理过程叫做呼吸作用。

植物将糖转化为能量时释放出二氧化碳，这也属于呼吸作用。

化学方程式：葡萄糖的氧化

葡萄糖 + 氧气 $\longrightarrow$ 二氧化碳 + 水

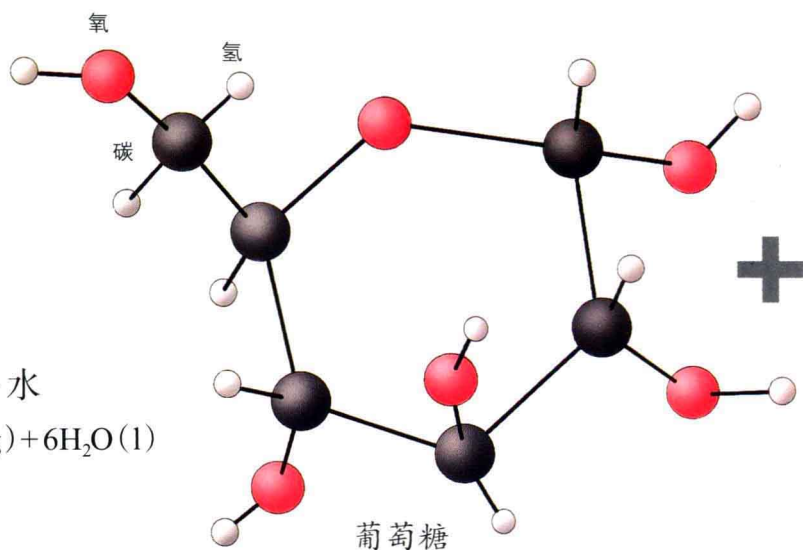


碳与动物

植物生成的蛋白质被用于形成动物的各种生命组织，同时也是糖、淀粉和脂肪的来源。贮存在葡萄糖中的能量要得以利用，就需要将糖、淀粉和脂肪氧化。氧化后，生成的二氧化碳和水返回到环境中，这是自然界碳循环的一个组成部分。动物细胞消亡以后，分解成二氧化碳、水和其他简单的化合物，它们同样也回归到自然界里。

大多数情况下，植物和动物生命组织分解后，原先的组成元素都重返自然界，可以再利用。然而，在某些情况下，生命组织不会被立即分解、再循环，而是被埋葬保存起来。这就使得一部分能量储存在化石燃料之中。在这种情况下，碳循环暂时中断，直到这些化石燃料后来被燃烧利用，或者由于风化作用而暴露在地球表面并被氧化。

▼ 下图表示的是葡萄糖在呼吸作用中被氧化生成二氧化碳的过程。植物光合作用过程正好与此相反。



碳与植物

只有活着的植物体才能利用太阳能产生碳的化合物。这个过程叫做光合作用。在光合作用中，来自环境中的6个二氧化碳分子与6个水分子结合，生成1个葡萄糖分子，同时释放出6个氧气分子，这些氧气都返回到大气中。

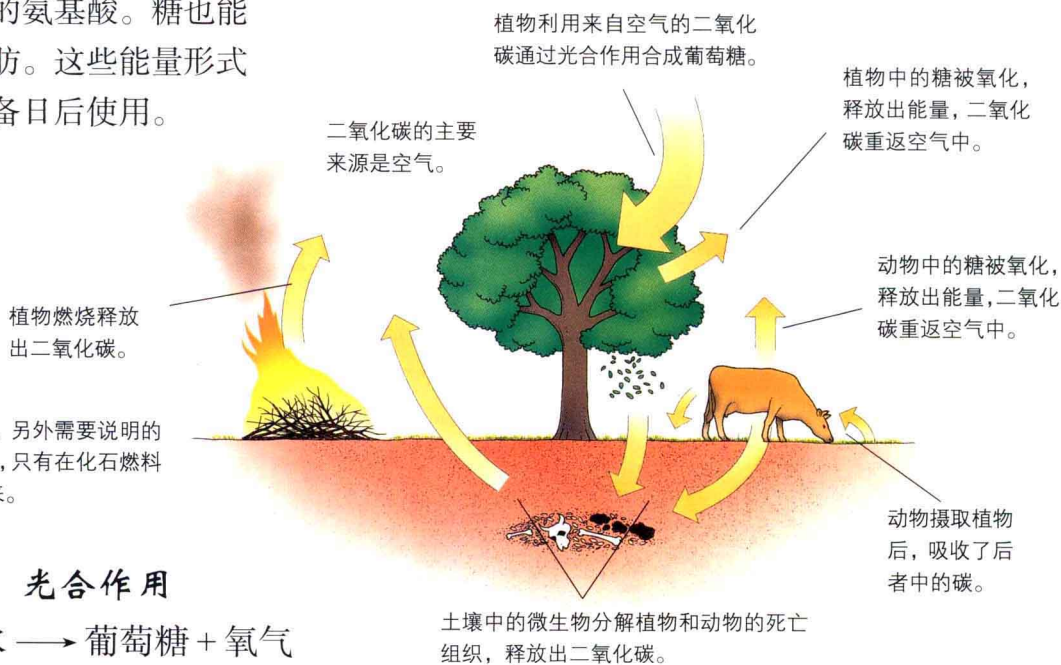
有些糖能与含氮化合物结合形成生物组织必需的氨基酸。糖也能转变成淀粉和脂肪。这些能量形式可以储存起来，备日后使用。

化石燃料：埋置并保存于地层中的动植物化石在高温高压下经过千百万年转化而成的碳氢化合物。化石燃料包括煤、石油和天然气。

氧化：物质得氧的过程。利用可控制的化学反应可以使物质发生氧化。此外物质暴露在空气中也会发生氧化，而且过程非常缓慢，可能需要几个月甚至几年的时间。

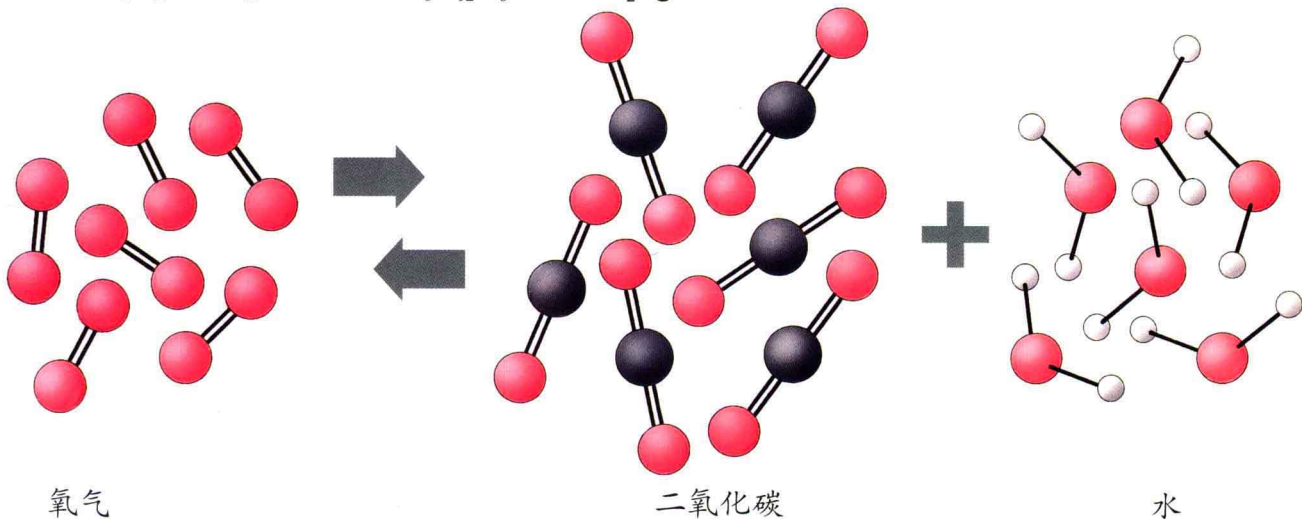
光合作用：植物借助于太阳能来合成长所必需的化合物的过程。在光合作用中，6个二氧化碳分子与6个水分子结合生成1个葡萄糖分子，并释放出6个氧气分子。

► 自然界中的碳循环。另外需要说明的是，储存在岩石中的碳，只有在化石燃料燃烧时才能被释放出来。



化学方程式：光合作用

二氧化碳 + 水 $\rightarrow$ 葡萄糖 + 氧气



环境中的二氧化碳

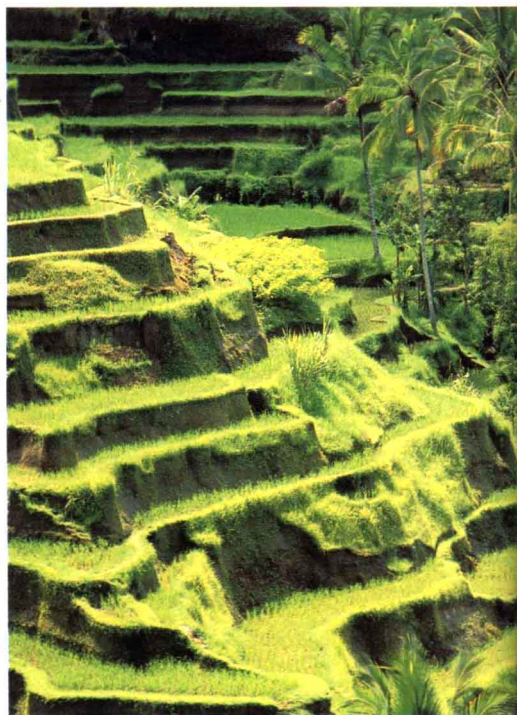
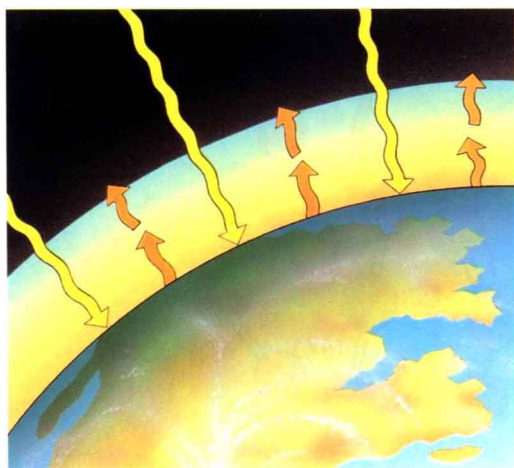
跟水蒸气一样，二氧化碳气体也极易吸收地球向外部空间辐射的热量。如果没有二氧化碳和水蒸气，地球会变得非常冷，温度约比现在低 25°C ，几乎不能适合人类居住。

空气中的二氧化碳越多，贮存的热量就越多。在过去的几个世纪中，随着人类对燃料的利用，与以前相比，空气中的二氧化碳含量已经大大增加了。

增加的二氧化碳吸收了更多的热量，导致地球逐渐变暖，这就是所谓的“温室效应”。对全球温度的变化，人们已经持续观测了一个多世纪。

有些科学家非常关注大气中二氧化碳的增多，因为他们担心“全球变暖”会引起各种不可预知的变化，如干旱和洪水。地球变暖还可能会导致南极冰川融化，使海平面升高。

► 随着化石燃料的燃烧，大气中二氧化碳含量逐渐增加，这个二氧化碳“覆盖层”减弱了自地球向太空的长波辐射。



▲ 植物需要利用碳来“制造”它们的机体细胞。这些碳都是在阳光的“帮助”下从二氧化碳气体中得到的。

多识一点…

辐射的波长取决于辐射源的温度。太阳的温度非常高，因此以短波辐射为主。地球则以较长的波段（红外）辐射为主。

地球吸收太阳辐射的能量，而太阳的短波辐射对地球大气的升温作用微小，主要是使陆地和海洋变暖。

由于空气中的水蒸气和二氧化碳气体吸收红外波段比短波的效果好，因此它们“拦截”了许多本应从地球辐射到太空中的能量。这就使得地球大气温度逐渐升高并导致“温室效应”的产生。



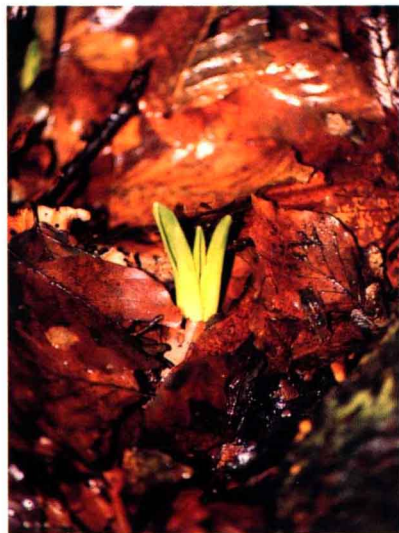


► 有机体的腐烂是碳循环过程中的重要环节。一般来说，植物的叶子在几年之内就会腐烂，因此地面上很少能见到厚厚的树叶。只有在永远都浸满水的地方，比如湿地与沼泽，才会积聚起大量的有机体。在这种环境里，碳很容易被“封存”起来。形成于许多不同地质时期的沼泽最后逐渐被深埋于地下，形成煤、石油与天然气。

▼ 森林遭到破坏对碳循环也有重要影响，因为它使环境失去了一个天然的“碳吸收器”。要保持碳循环的平衡，必须重新植树造林。

温室效应：由于大气中的二氧化碳吸收化石燃料燃烧放出的热量而导致的全球范围内气温升高的现象。

蒸气：物质（一般是某种液体）的气态存在形式，例如水蒸气就是气态的水。



二氧化碳的用途

由于二氧化碳比较安全、洁净且易于控制，所以人们利用二氧化碳的固体形式——干冰——制造烟雾效果。其实这主要还是利用了二氧化碳的下列性质：易升华（能直接从固态转变成气态，反之亦然），比空气重，不能燃烧。

在制造食物和饮料时会用到二氧化碳气体，有时是为了制造出特殊的效果（如汽水），有时是为了使面团、蛋糕等变得松软。

烘焙食品与二氧化碳

烘烤面食的膨松程度取决于其中所含二氧化碳气泡的多少。加热发酵粉（碳酸氢钠）使之分解，就能得到二氧化碳气体。

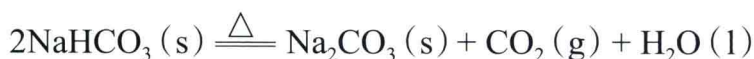
烘焙粉是发酵粉、酒石酸和少量淀粉的混合物。酒石酸和发酵粉混合后，就可以反应放出二氧化碳气体，形成气泡。气泡的数量与大小取决于气体产生的速度，同时，气体越多，气泡就越大。

► 从这块蛋糕中就能看出烘焙粉产生的二氧化碳的作用。气泡的大小和数量被面团本身的黏性所限制，因此使得蛋糕疏松多孔。



化学方程式：加热碳酸氢钠产生二氧化碳

碳酸氢钠 $\rightarrow$ 碳酸钠 + 二氧化碳 + 水



▲ 苏打水即在压力作用下溶有较多二氧化碳的水。有时候是在饮料密封之前，直接把酸（如磷酸）和碱放入包装瓶或罐中，这两类物质就在饮料容器里反应生成了二氧化碳。但由于容器已经被密封，所以二氧化碳气体仍然溶解于其中。

当松开瓶盖时，压强减小，二氧化碳气体逸出，形成气泡逸出，并发出“嘶嘶”的响声。

干冰

低温、高压下形成的固态二氧化碳叫做干冰，可用于简易制冷，以及在剧院舞台或电影布景上制造烟雾效果。