



核心素养导向的高中化学教科书编制

——人教版《普通高中教科书·化学》

必修第二册修订介绍

人民教育出版社化学室 郭震



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

化学

必修

第二册

人民教育出版社

目录



第五章 化工生产中的重要非金属元素	1
第一节 硫及其化合物	2
第二节 氮及其化合物	11
第三节 无机非金属材料	19
整理与提升	26
实验活动4 用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子	29
实验活动5 不同价态含硫物质的转化	30
第六章 化学反应与能量	31
第一节 化学反应与能量变化	32
第二节 化学反应的速率与限度	42
整理与提升	52
实验活动6 化学能转化成电能	56
实验活动7 化学反应速率的影响因素	57
第七章 有机化合物	59
第一节 认识有机化合物	60
第二节 乙烯与有机高分子材料	67
第三节 乙醇与乙酸	77
第四节 基本营养物质	83
整理与提升	91
实验活动8 搭建球棍模型认识有机化合物分子结构的特点	95
实验活动9 乙醇、乙酸的主要性质	96

第八章 化学与可持续发展	97
第一节 自然资源的开发利用	98
第二节 化学品的合理使用	107
第三节 环境保护与绿色化学	117
整理与提升	123
附录 I 名词索引	126
附录 II 部分酸、碱和盐的溶解性表(室温)	127
附录 III 一些常见元素中英文名称对照表	128
附录 IV 相对原子质量表	129

元素周期表

◎ 探究

- 不同价态含硫物质的转化 8
- 简易电池的设计与制作 37
- 影响化学反应速率的因素 43
- 烃的分子结构 70

◎ 方法导引

- 化学实验设计 8
- 变量控制 45
- 认识有机化合物的一般思路 81

~ 研究与实践 ~

- 测定雨水的 pH 17
- 了解车用能源 40
- 了解食品中的有机化合物 89
- 豆腐的制作 115

◎ 化学与职业

- 化工工程师 9
- 电池研发人员 39
- 营养师 88
- 环境保护工程师 121

本册教材结构

第五章 化工生产中的
重要非金属元素
第七章 有机化合物

第六章 化学反应与能量

无机物
有机物

化学反应与能量
反应速率与限度

化学物质

化学原理

化学的应用与价值

第八章 化学与可持续发展

- ❖ 学科体系
- ❖ 社会议题



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

第五章 化工生产中的重要非金属元素

第五章 化工生产中的 重要非金属元素

- 硫及其化合物
- 氮及其化合物
- 无机非金属材料

非金属元素在化工生产中扮演着重要角色。在众多的化工原料和产品中，都能见到硫和氮等元素的踪迹。这些元素具有怎样的性质？应该如何进行研究和利用呢？

从物质类别和元素价态的视角研究硫和氮等元素及其化合物的性质和用途，可以深化对物质间转化关系的认识。工业上利用这些转化关系，通过控制条件等方法，遵循生态文明思想，可以获得相应的化工产品，实现环境保护与资源利用的和谐统一。



硫的晶体



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

本章内容

- ❖ 第一节 硫及其化合物
- ❖ 第二节 氮及其化合物
- ❖ 第三节 无机非金属材料

- ❖ 实验活动4 用化学沉淀法去除粗盐中的杂质离子
- ❖ 实验活动5 不同价态含硫物质的转化



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

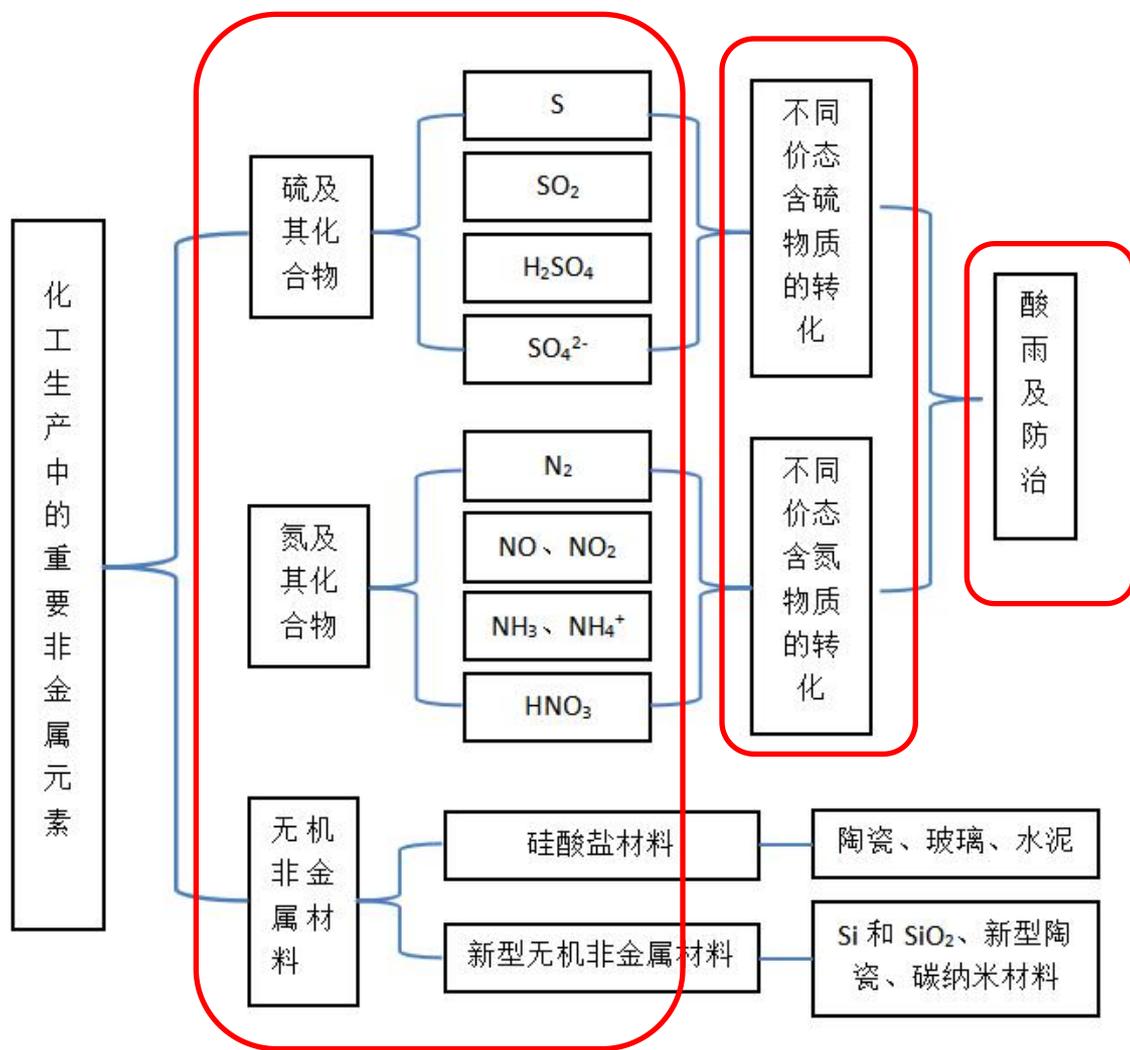
人民教育出版社



- ④ 原子结构、元素周期律的学习之后。
- ④ 典型非金属元素（氯）的学习之后。

- ④ 掌握思路方法（物质类别、元素价态：认识元素化合物的基本思路）
- ④ 形成核心素养（结构决定性质、变化观念）

内容结构





资料卡片

如果将海水中的盐类全都提取出来，铺在地球的陆地上，可以使陆地平均升高 150 m。

氯气 chlorine



图 4-14 瑞典化学家——舍勒 (C. W. Scheele, 1742—1786)

城市	日期	污染指数	首要污染物	空气质量级别	空气质量
北京	2004-01-12	87	可吸入颗粒物	Ⅱ	良
天津	2004-01-12	75	二氧化硫	Ⅱ	良
石家庄	2004-01-12	123	可吸入颗粒物	Ⅲ	轻度污染
秦皇岛	2004-01-12	70	二氧化硫	Ⅱ	良
太原	2004-01-12	79	可吸入颗粒物	Ⅱ	良
呼和浩特	2004-01-12	43	—	Ⅰ	优
拉萨	2004-01-12	95	可吸入颗粒物	Ⅱ	良
拉萨	2004-01-12	61	可吸入颗粒物	Ⅱ	良
长春	2004-01-12	93	可吸入颗粒物	Ⅱ	良
哈尔滨	2004-01-12	107	可吸入颗粒物	Ⅲ	轻度污染

图 4-19 空气质量日报

一、二氧化硫

硫(俗称硫黄)是一种黄色粉末,在空气中化硫(SO₂)。



二氧化硫是无色、有刺激性气味的有毒气体的大,容易液化,易溶于水。

实验 4-7

一、氮

合成氨是人类科学技术发展史上的一项重大突破,解决了地球上因粮食不足而导致的饥饿和死亡问题,这是化学和技术对社会发展与进步的巨大贡献之一,也充分说明了含氮化合物对人类生存的巨大意义。德国化学家哈伯(F. Haber, 1868—1934)因为在合成氨方面的巨大贡献,获 1918 年诺贝尔化学奖。事隔 13 年后,1931 年诺贝尔化学奖再次垂青与合成氨有关的研究。

氮是动植物生长不可缺少的元素,是蛋白质的重要成分。农作物每年从土壤里提取大量的含氮化合物,减少了土壤中氮的含量,因此,在农业生产中必须为土壤补充氮肥。含氮化合物也是重要的化工原料。

空气是氮最丰富的来源,但多数生物不能直接从空气中吸收氮气,只有将氮转化为含氮化合物,才能被生物吸收。将游离态的氮变为氮的化合物叫做氮的固定。目前工业上用氢气和氮气直接合成氨。



1. 氮的性质

实验 4-8

如图 4-27,在干燥的圆底烧瓶里充满氨,用带有玻璃管和滴管(滴管里预先吸入水)的塞子塞紧瓶口。倒置烧瓶,使玻璃管插入盛有水的烧杯(预先在水里滴入少量酚酞溶液)。轻轻挤压滴管,使少量水进入烧瓶。观察并描述现象。

现象:

分析出现这一现象的原因及可能得出的结论:

氮的固定 fixation of nitrogen
氨 ammonia
氨水 ammonia water



氨是没有颜色、有刺激性气味的气体,极易溶于水且溶解很快。在常温下,1 体积水约可溶解 700 体积氨。氨

资料卡片

在 25 °C 和 101 kPa 的条件下,由单质生成 1 mol CO₂ 时放热 393.5 kJ;而在同样条件下,生成 1 mol SiO₂ 时放热 910.9 kJ。放热越多,其生成物通常越稳定,可见 SiO₂ 比 CO₂ 更容易生成,而且更稳定。

第一节 硫及其化合物

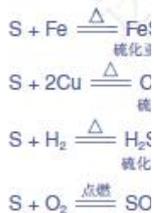
硫 sulphur
二氧化硫 sulphur dioxide

硫是一种重要的非周期、第VIA族。硫在化学反应中容易得到2个主族的氧元素相比，其能力相对较弱，而其在富含氧气的地表附近呈+6价，而氧为-2价。

一、硫和二氧化硫

1. 硫

硫（俗称硫磺）是一种难溶于水，微溶于酒精的黄色固体。硫的化学性质比单质发生化学反应。



2. 二氧化硫

二氧化硫是一种密度比空气的大，易溶于水，可以溶解约40体积的二氧化硫。



图 5-1 硫粉

数据

硫^①

熔点: 113 °C
沸点: 445 °C
密度: 2.06 g/cm³

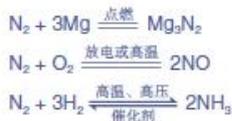
① 硫有多种同素异形体，以上为正交硫的数据。

第二节 氮及其化合物

氮元素位于元素周期表的第二周期、第VA族。氮原子的最外电子层有5个电子，既不容易得到3个电子，也不容易失去5个电子。因此，氮原子一般通过与其他原子相互结合构成物质。在自然界里，氮气分子的形式存在于空气中，部分氮元素存在于蛋白质中，还有部分氮元素存在于土壤硝酸盐和铵盐中。氮是自然界各种生物体生命的重要元素，自然界是怎样通过氮的循环为生物体提供氮元素的呢？

一、氮气与氮的固定

由于氮分子内两个氮原子间以共价三键结合，断开该化学键需要较多的能量，所以氮气很稳定，通常情况下难以与其他物质发生化学反应。但在高温、放电条件下，氮气分子获得了足够的能量，使N≡N断裂，氮原子与氧气、氢气等物质发生化合反应，分别生成一氧化氮和氨气等。



将大气中游离态的氮转化为氮的化合物的过程称为氮的固定。大自然通过闪电释放的能量将空气中的氮气转化为含氮的化合物，或者通过豆科植物的根瘤菌将氮气固定，从而实现自然固氮。

第三节 无机非金属材料

材料是人类赖以生存和发展的物质基础，人类使用的材料除了金属材料，还有无机非金属材料。从组成上看，无机非金属材料多含有硅、氧、碳等元素，具有耐高温、抗腐蚀、硬度高等特点，以及特殊的光学、电学等性能。随着工业生产和社会发展对材料性能要求的提高，一批新型无机非金属材料相继诞生，成为航空、航天、信息和新能源等高新技术领域必需的材料。

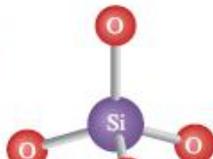
一、硅酸盐材料

传统的无机非金属材料多为硅酸盐材料，在日常生活中随处可见，如制作餐具的陶瓷、窗户上的玻璃、建筑用的水泥等。

资料卡片

硅酸盐的结构

在硅酸盐中，Si和O构成了硅氧四面体，其结构如图5-18所示。每个Si结合4个O，Si在中心，O在四面体的4个顶角；许多这样的四面体还可以通过顶角的O相互连接，每个O为两个四面体所共有，与2个Si相结合。硅氧四面体结构是硅酸盐材料的基本结构单元，决定了硅酸盐材料的基本性质。



无机非金属材料
inorganic nonmetallic materials
硅酸盐 silicate

教材特点与变化

- ④ 编排方式的变化
- ④ 新教材：
 - ④ 非金属元素及化合物分散
 - ④ 周期律前——氯（必修1）
 - ④ 周期律后——硫、氮（独立介绍）
 - ④ ——硅（融于应用之中）



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

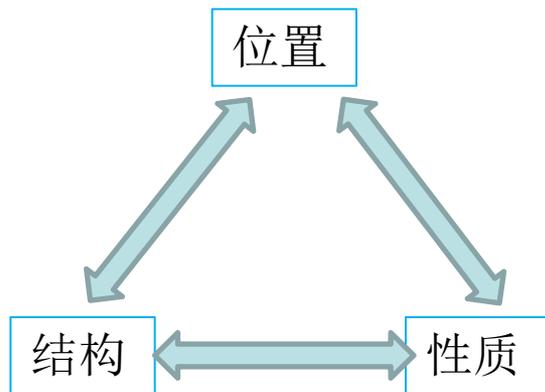
第一节

硫及其化合物

突出化学理论对元素性质学习的指导作用

硫 sulphur
二氧化硫 sulphur dioxide

硫是一种重要的非金属元素，位于元素周期表的第三周期、第VIA族。硫原子的最外电子层有6个电子，在化学反应中容易得到2个电子，形成-2价硫的化合物。与同主族的氧元素相比，硫元素的原子多一个电子层，得电子能力相对较弱，而失电子能力则相对较强。这也是我们在富含氧气的地表附近找到的含硫化合物中，硫常常为+4价或+6价，而氧为-2价的原因。



第二节

氮及其化合物

氮元素位于元素周期表的第二周期、第VA族。氮原子的最外电子层有5个电子，既不容易得到3个电子，也不容易失去5个电子。因此，氮原子一般通过共用电子对与其他原子相互结合构成物质。在自然界里，氮元素主要以氮分子的形式存在于空气中，部分氮元素存在于动植物体内的蛋白质中，还有部分氮元素存在于土壤、海洋里的硝酸盐和铵盐中。氮是自然界各种生物体生命活动不可缺少的重要元素，自然界是怎样通过氮的循环为生物体提供氮元素的呢？

氮气 nitrogen
固氮 nitrogen fixation

落实学科核心素养要求

一、物质的性质及转化

1. 认识物质结构与性质的关系

运用元素的原子结构知识，可以预测和解释物质的性质。请以硫和氮为例进行说明。

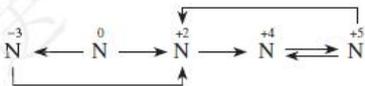
2. 从物质类别的视角认识物质间的转化关系

研究非金属及其化合物，可以按照物质的类别认识各类物质及其转化关系。请以硫为例进行说明。



3. 从元素价态的视角认识物质间的转化关系

把一种原料转化成多种产品，路径之一是通过氧化还原反应改变主要元素的化合价，从而实现物质转化。请以含氮物质的相互转化为例，说明如何实现下列转化关系。



4. 辨识化学物质

通过对构成物质的阴、阳离子的检验，可以辨识化学物质。例如，在实验室可通过检验 SO_4^{2-} 或 NH_4^+ 来辨识硫酸盐或铵盐。请你说明具体的检验方法。你还了解更多的辨识物质的方法吗？

5. 基于性质认识实验室制取物质的方法

以氨的实验室制取为例，谈谈在实验室里通过化学方法制取某种物质，通常需要考虑哪些问题。

二、无机非金属材料

无机非金属材料主要是通过化学方法从自然界的物质获得的，其组成和结构独特，具有优良的性能与广泛的用途。请谈谈你对无机非金属材料的认识，以及化学科学对于新材料研发的重要作用。



PEOPLES
EDUCATION
PRESS

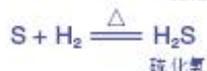
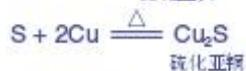
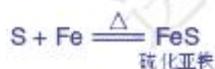
人民教育出版社

一、硫和二氧化硫

1. 硫

硫(俗称硫黄)是一种黄色晶体,质脆,易研成粉末。硫难溶于水,微溶于酒精,易溶于二硫化碳。

硫的化学性质比较活泼,能与许多金属单质及非金属单质发生化学反应。



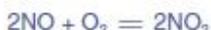
2. 二氧化硫

二氧化硫是一种无色、有刺激性气味的有毒气体,密度比空气的大,易溶于水。在通常情况下,1体积的水可以溶解约40体积的二氧化硫。

二、一氧化氮和二氧化氮

一氧化氮和二氧化氮是氮的两种重要氧化物。

一氧化氮是无色的有毒气体,不溶于水,在常温下很容易与氧气化合,生成二氧化氮。



二氧化氮是红棕色、有刺激性气味的有毒气体,密度比空气的大,易液化,易溶于水。二氧化氮溶于水时生成硝酸和一氧化氮,工业上利用这一原理生产硝酸。



【实验5-5】

如图5-10所示,在一支50 mL的注射器里充入20 mL NO,然后吸入5 mL水,用乳胶管和弹簧夹封住管口,振荡注射器,观察现象。打开弹簧夹,快速吸入10 mL空气后关上弹簧夹,观察现象。振荡注射器,再观察现象。

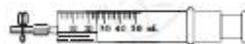


图5-10 二氧化氮溶于水的实验

思考与讨论

实验5-5中发生了哪些化学反应?如果要使注射器中的NO充分转化,可以采取什么措施?上述实验对工业上生产硝酸有什么启示?

三、氨和铵盐

氨是无色、有刺激性气味的气体,密度比空气的小。氨很容易液化,液化时放热。液氨汽化时要吸收大量的热,使周围温度急剧降低。因此,液氨可用作制冷剂。

【实验5-6】

如图5-11所示,在干燥的圆底烧瓶里充满NH₃,用带有玻璃管和胶头滴管(预先吸入水)的橡胶塞塞紧瓶口。倒置烧瓶,使玻璃管插入盛有水的烧杯中(预先在水里滴入少量酚酞溶液)。打开弹簧夹,挤压胶头滴管,使水进入烧瓶。观察并描述现象,分析出现这些现象的可能原因。



图5-11 氨溶于水的喷泉实验



图5-1 硫粉

数据

硫^①

熔点: 113 °C

沸点: 445 °C

密度: 2.06 g/cm³

二、硫酸

硫酸是重要的化工原料,可用于生产化肥、农药、炸药、染料和盐类等。工业上一般以硫黄或其他含硫矿物(如黄铁矿)为原料来制备硫酸。金属冶炼时产生的含二氧化硫废气经回收后也可用于制备硫酸。

各类栏目的作用

四、不同价态含硫物质的转化

资料卡片

自然界中硫的存在和转化

硫元素广泛存在于自然界中，是植物生长不可缺少的元素，组成生命体的蛋白质中就含有硫。游离态的硫存在于火山口附近或地壳的岩层中。在岩层深处和海底的无氧环境下，硫元素与铁、铜等金属元素形成的化合物通常以硫化物的形式存在，如黄铁矿(FeS_2)、黄铜矿(CuFeS_2)等。在地表附近，由于受氧气和水的长期作用，硫化物会转化为硫酸盐，如石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、芒硝($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)等。火山口附近的硫单质会被大气中的氧气氧化成二氧化硫，二氧化硫可被进一步氧化生成三氧化硫。

二氧化硫和三氧化硫遇水分别形成亚硫酸和硫酸。

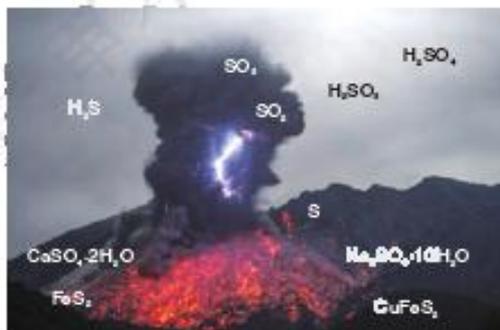
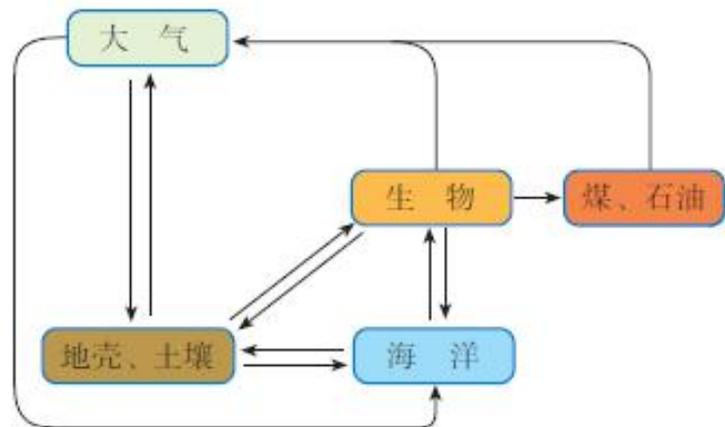


图5-7 自然界中硫元素的存在示意图

从图5-7可以看出，自然界中的含硫物质在一定条件下能够相互转化。这种转化在人工条件下也能发生，硫酸的工业生产就是人类通过控制化学反应条件而实现的含硫物质的相互转化。那么，在实验室里如何实现不同价态含硫物质的相互转化呢？



硫元素在自然界的循环

第一节 硫及其

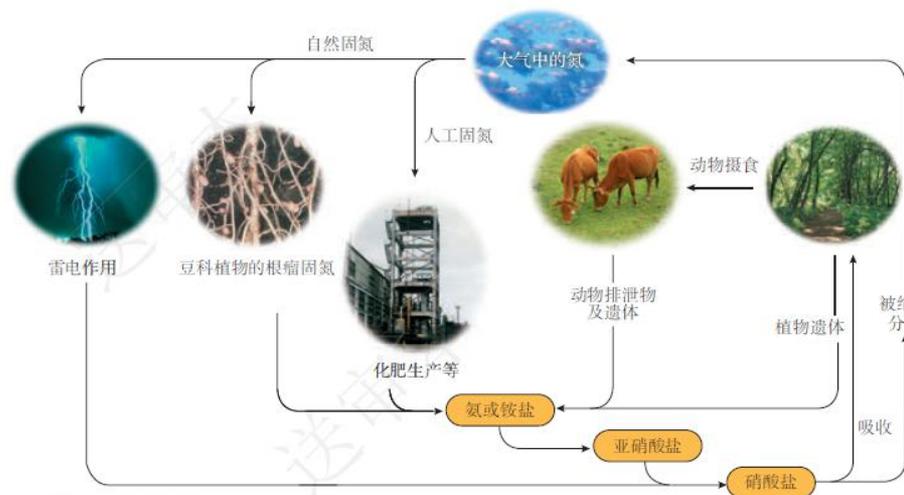


图5-9 自然界中氮的循环

方法导引

必修1中栏目

认识元素及其化合物性质的视角

物质类别和元素价态，是学习元素及其化合物性质的重要认识视角。

基于物质类别和元素价态，可以预测物质的性质。例如，对于 Fe_2O_3 ，从物质类别来看，它属于金属氧化物，据此可以预测它可能与酸发生反应；从元素价态来看， Fe_2O_3 中铁元素的化合价是+3价，为铁元素的高价态，据此可以预测它具有氧化性，可能与具有还原性的物质发生反应。

基于物质类别和元素价态，还可以设计物质间转化的途径。例如，要想从单质铁获得 FeSO_4 ，既可以基于物质类别设计从金属单质与酸反应获得，也可以通过金属单质与盐的置换反应获得；还可以基于元素价态设计单质铁与+3价铁反应得到+2价铁。

提示

常用的氧化剂有浓硫酸、 Cl_2 、 KMnO_4 等，还原剂有金属单质、 H_2 、 Na_2S 等。



探究

不同价态含硫物质的转化

(1) 下图是人们总结的不同价态硫元素的转化关系，请尽可能多地列举每种价态的硫元素所对应的物质，并根据硫元素化合价的变化，分析各种物质在氧化还原反应中表现氧化性还是还原性。



(2) 从上述转化关系中选择你感兴趣的一种或几种，设计实验实现其转化，并填写下表。

转化目标 (价态变化)	转化前的 含硫物质	选择试剂 (氧化剂或还原剂)	转化后的 含硫物质	预期 现象
-2→0				
.....				

(3) 综合考虑实验安全和环境保护，选择一种实验方案进行实验。实验过程中及时观察和记录实验现象，并对其进行分析，通过推理得出结论，就你的结论和发现的问题与同学交流。

硫元素常见的化合价有-2、0、+4和+6，可以通过氧化还原反应实现不同价态含硫物质的相互转化。利用氧化剂，可将硫元素从低价态转化到高价态；利用还原剂，可将硫元素从高价态转化到低价态。

方法导引

化学实验设计

化学实验设计是指实验者在实施化学实验之前，根据一定的实验目的，运用化学知识与技能，按照一

测定雨水的pH

【研究目的】

酸雨对环境危害巨大，人们已经采取多种措施来防治酸雨。通过以下活动了解测定雨水pH的方法，认识酸雨的危害，激发保护环境的紧迫感。

【研究任务】

(1) 收集资料

以“酸雨”为关键词进行搜索，了解酸雨的形成原因、基本类型、相关危害及预防和治理措施。

(2) 测定雨水的pH

收集的资料，确定测定雨水pH的过程和方法并进行实践，对结果进行分析和讨论如下过程：

雨时用容器直接收集一些雨水作为样品，静置，以蒸馏水或自来水作为参照，观察它们的外观；

pH试纸（或pH计）测量雨水和蒸馏水的酸度并记录；

条件的话，可连续取样并测定一段时间（如一周）内本地雨水、地表水或自来水得到的数据列表或作图，确定你所在地区本时间段内雨水等的平均酸度。



图5-17 用pH计测量水样的酸度

实践活动

雨水pH的测定^①

1. 下雨时用容器直接收集一些雨水作为试样，静置，以蒸馏水或自来水作为参照，观察并比较它们的外观。
2. 用pH试纸（或pH计）测雨水和蒸馏水的酸度并记录。
3. 有条件的话，可连续取样并测定一段时间（如一周）内本地雨水、地表水和自来水的pH。将得到的pH列表或作图，确定你所在地区雨水的平均酸度。
4. 若是酸雨，请分析本地区酸雨产生的原因，并提出减轻酸雨危害的建议。



图4-26 用酸度计测量水样的酸度

【讨论】

通过你测得的数据判断本次降雨是否为酸雨。若是酸雨，请分析形成酸雨可能的原因，并提出减轻酸雨危害的建议。

(2) 本次实践活动及结果对你有什么启发？请撰写研究报告，并与同学讨论。



第三节

无机非金属材料

无机非金属材料

硅及其化合物

材料是人类赖以生存和发展的物质基础，人类使用的材料除了金属材料，还有无机非金属材料。从组成上看，无机非金属材料多含有硅、氧、碳等元素，具有耐高温、抗腐蚀、硬度高等特点，以及特殊的光学、电学等性能。随着工业生产和社会发展对材料性能要求的提高，一批新型无机非金属材料相继诞生，成为航空、航天、信息和新能源等高新技术领域必需的材料。

一、硅酸盐材料

传统的无机非金属材料多为硅酸盐材料，在日常生活中随处可见，如制作餐具的陶瓷、窗户上的玻璃、建筑用的水泥等。

资料卡片

硅酸盐的结构

在硅酸盐中，Si和O构成了硅氧四面体，其结构如图5-18所示。每个Si结合4个O，Si在中心，O在四面体的4个顶角；许多这样的四面体还可以通过顶角的O相互连接，每个O为两个四面体所共有，与2个Si相结合。硅氧四面体结构的特殊性，决定了硅酸盐材料大多具有硬度高、熔点高、难溶于水、化学性质稳定、耐腐蚀等特点。

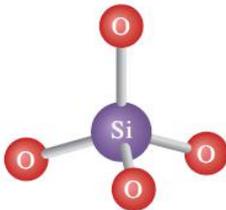


图5-18 硅氧四面体的结构示意图

无机非金属材料
inorganic nonmetallic materials
硅酸盐 silicate

二、新型无机非金属材料

随着科学技术的发展，无机非金属材料突破了传统的硅酸盐体系，一系列新型无机非金属材料相继问世。其中有一些是高纯度的含硅元素的材料，如单晶硅、二氧化硅等，具有特殊的光学和电学性能，是现代信息技术的基础材料；还有一些含有碳、氮等其他元素，在航天、能源和医疗等领域有着广泛的应用。

硅 silicon
二氧化硅 silicon dioxide

1. 硅和二氧化硅

现代信息技术是建立在半导体材料基础上的。位于元素周期表第三周期、第IVA族的硅元素，正好处于金属与非金属的过渡位置，其单质的导电性介于导体与绝缘体之间，是应用最为广泛的半导体材料。

硅在自然界主要以硅酸盐（如地壳中的大多数矿物）和氧化物（如水晶、玛瑙）的形式存在。晶体硅中的杂质会影响其导电性能，因此必须制备高纯度的硅。工业上用焦炭还原石英砂可以制得含有少量杂质的粗硅。将粗硅通过化学方法进一步提纯，才能得到高纯硅。



PEOPLES
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

2. 新型陶瓷

新型陶瓷在组成上不再限于传统的硅酸盐体系，在光学、热学、电学、磁学等方面具有很多新的特性和功能，进一步拓展了陶瓷的应用领域。例如，碳化硅（SiC）俗称金刚砂，其中的碳原子和硅原子通过共价键连接，具有类似金刚石的结构，硬度很大，可用作砂纸和砂轮的磨料。碳化硅还具有优异的高温抗氧化性能，使用温度可达1600℃，大大超过了普通金属材料所能承受的温度，可用作耐高温结构材料、耐高温半导体材料等。



图5-27 耐高温的碳化硅陶瓷轴承

科学·技术·社会

新型陶瓷

随着人们对材料性能要求的不断提高，具有特殊功能的陶瓷材料迅速发展，一系列如高温结构陶瓷、压电陶瓷、透明陶瓷和超导陶瓷等新型陶瓷相继问世。这些新型陶瓷与传统陶瓷相比，在成分上有了很大变化。

- 高温结构陶瓷一般用碳化硅、氮化硅或某些金属氧化物等在高温下烧结而成，具有耐高温、抗氧化、耐磨蚀等优良性能。与金属材料相比，更能适应严酷的环境，可用于火箭发动机、汽车发动机和高温电极材料等。

- 压电陶瓷主要有钛酸盐和锆酸盐等，能实现机械能与电能的相互转化。可用于滤波器、扬声器、超声波探伤器和点火器等。

- 透明陶瓷主要有氧化铝、氧化钇等氧化物透明陶瓷和氮化铝、氟化钙等非氧化物

透明陶瓷，具有优异的光学性能，耐高温，绝缘性好。可用于高压钠灯、激光器和高温探测窗等。

- 超导陶瓷在某一临界温度下电阻为零，具有超导性，可用于电力、交通、医疗等领域。

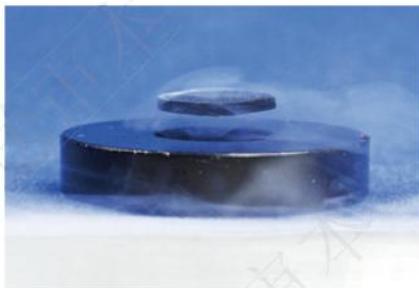


图5-28 超导陶瓷可应用于磁悬浮技术

3. 碳纳米材料

碳纳米材料是近年来人们十分关注的一类新型无机非金属材料，主要包括富勒烯、碳纳米管、石墨烯等，在能源、信息、医药等领域有着广阔的应用前景。

富勒烯是由碳原子构成的一系列笼形分子的总称，其中的C₆₀是富勒烯的代表物。C₆₀的发现为纳米科学提供了重要的研究对象，开启了碳纳米材料研究和应用的新时代。

纳米尺度——分子结构

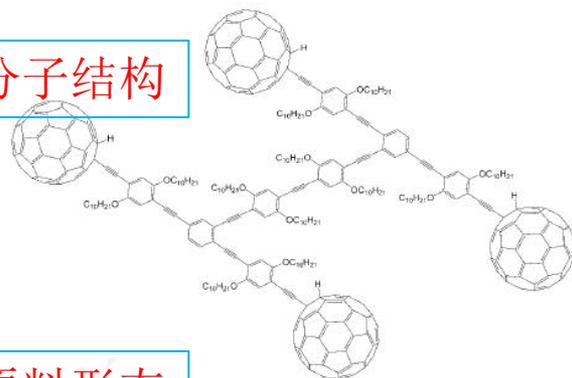


图5-29 用C₆₀作车轮的“纳米汽车”

微米尺度——原料形态



图5-30 电子显微镜下放大1万倍的碳纳米管

碳纳米管可以看成是由石墨片层卷成的管状物，具有纳米尺度的直径。碳纳米管的比表面积大，有相当高的强度和优良的电学性能，可用于生产复合材料、电池和传感器等。

石墨烯是只有一个碳原子直径厚度的单层石墨，其独特的结构使其电阻率低、热导率高，具有很高的强度。作为一种具有优异性能的新型材料，石墨烯在光电器件、超级电容器、电池和复合材料等方面的应用研究正在不断深入。

宏观尺度——成品外观



动力电池



超轻海绵

图5-31 使用了石墨烯材料的动力电池和超轻海绵

第六章 化学反应与能量

第六章 化学反应与能量

- 化学反应与能量变化
- 化学反应的速率与限度

现代社会的一切活动都离不开能量，化学反应在发生物质变化的同时伴随有能量变化，是人类获取能量的重要途径。

为了更好地利用化学反应中的物质和能量变化，在化学研究和工业生产中还需要关注化学反应的快慢和程度。能量、速率与限度是认识和研究化学反应的重要视角。



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

本章内容

- ❖ 第一节 化学反应与能量变化
- ❖ 第二节 化学反应的速率与限度
- ❖ 实验活动6 化学能转化成电能
- ❖ 实验活动7 化学反应速率的影响因素



PEOPLES
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社



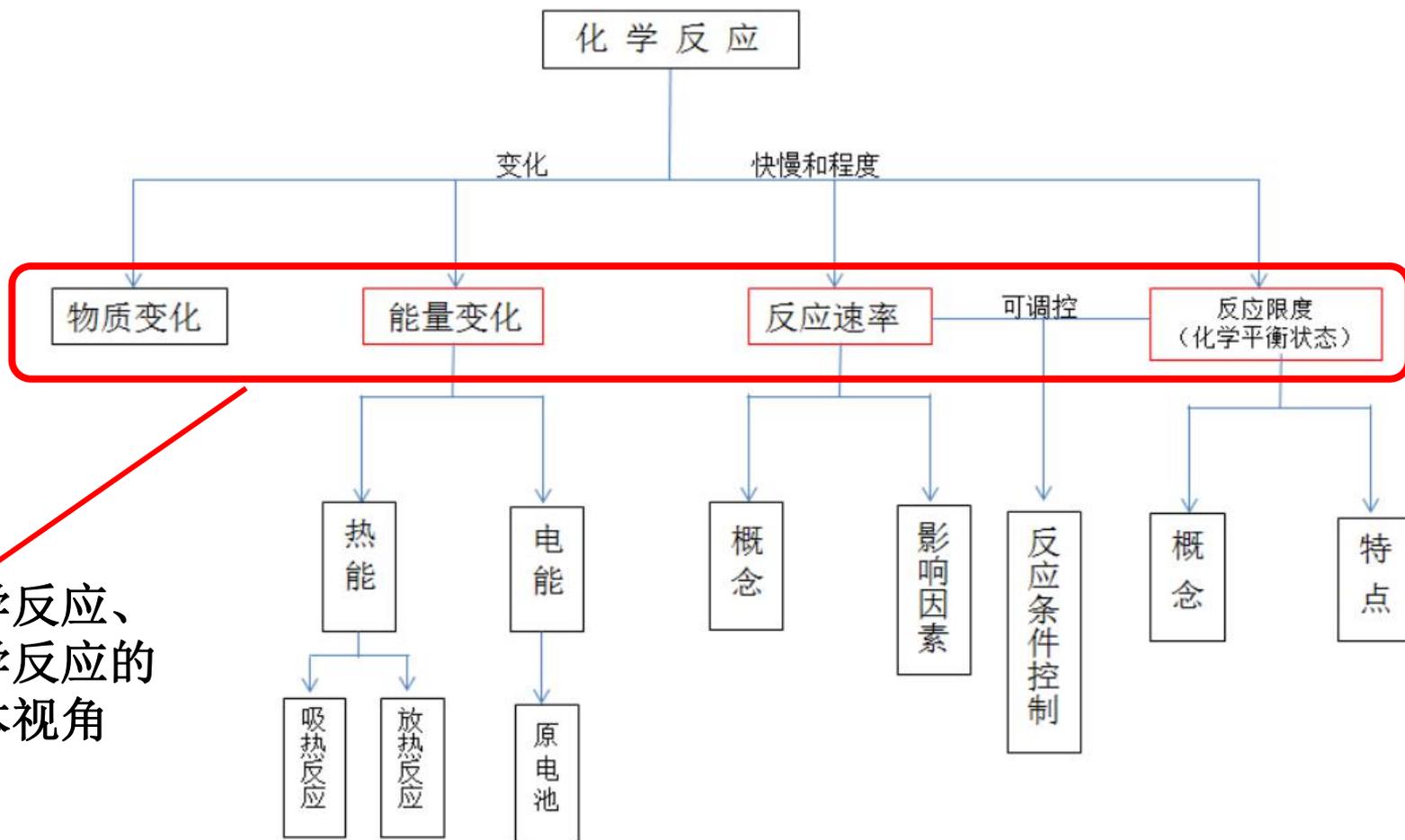
- ④ 化学反应基本特征——物质变化、能量变化
- ④ 认识化学反应、利用化学反应的基本视角
- ④ 物理化学（化学热力学、化学动力学、电化学）——化学反应原理（选修模块）
- ④ 形成变化观念与平衡思想



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

内容结构



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

一、从能量变化的视角认识化学反应

化学反应总是伴随着能量变化，物质的化学能可以转化为热、光、声、电等多种能量形式。本章主要学习化学反应中较为常见的热能和电能的转化与利用。

1. 化学反应中的能量转化



2. 化学能转化为电能

原电池可将化学能转化为电能。



初步形成对化学反应规律的完整认识

二、从化学反应速率和限度的视角认识化学反应

从化学反应速率和限度两个视角认识和调控化学反应，在生活、生产和科学研究中具有重要意义。

PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

教材特点与变化

现代社会中，人类的一切活动（从衣食住行到文化娱乐，从社会生产到科学研究等）都离不开能量，而许多能量的利用与化学反应中的能量变化密切相关。从煤、石油和天然气等提供的热能，到各种化学电池提供的电能，都是通过化学反应获得的。

一、化学反应与热能

化石燃料燃烧会释放大量的热。除了燃烧，其他化学反应也伴随着放热或吸热现象。

【实验6-1】

在一支试管中量其温度。再向试管中加入少量氯化铵，并测量溶液温度。观察现象。



图6-1 盐酸与镁反应前

【实验6-2】

将20 g Ba(OH)₂·8H₂O晶体研细后与10 g NH₄Cl晶体一起放入烧杯中，并将烧杯放在滴有几滴水的木片上。用玻璃棒快速搅拌，闻到气味后迅速用玻璃片盖上烧杯，用手触摸杯壁下部，试着用手拿起烧杯。观察现象。

上述两个实验中，反应前后的温度变化说明反应过程中伴有热量的释放或吸收。化学上把释放热量的化学反应称为放热反应，如镁条、铝片与盐酸的反应，木炭、氢气、甲烷等在氧气中的燃烧，氢气与氯气的化合等都是放热反应。把吸收热量的化学反应称为吸热反应，如氢氧化钡与氯化铵的反应，盐酸与碳酸氢钠的反应，灼热的炭与二氧化碳的反应等都是吸热反应。

化学反应过程中为什么会有能量变化？为什么有的化学反应释放热量，有的化学反应吸收热量？

我们知道，物质中的原子之间是通过化学键相结合的，当化学反应发生时，反应物的化学键断裂要吸收能量，而生成物的化学键形成要放出能量。以氢气与氯气化合生成氯化氢的反应为例：



在25℃和101 kPa条件下，断开1 mol H₂中的化学键要吸收436 kJ的能量，断开1 mol Cl₂中的化学键要吸收243 kJ的能量，反应中1 mol H₂和1 mol Cl₂中的化学键断裂所需能量共为679 kJ；而形成2 mol HCl中的化学键要释放862 kJ的能量。化学键的断裂与形成是化学反应中能量变化的主要原因，化学反应中的物质变化总会伴随着能量变化，通常主要表现为热量的释放或吸收。一般情况下，如果一个化学反应过程中放出的能量多于吸收的能量，则有能量向环境释放，发生放热反应；反之，放出的能量少于吸收的能量，则需从环境吸收能量，发生吸热反应。在H₂与Cl₂的反应过程中，释放的能量大于吸收的能量，发生了放热反应。

各种物质都具有能量，物质的组成、结构与状态不同，所具有的能量也不同。放热反应可以看成是反应物所具有的化学能转化为热能释放出来，吸热反应可以看成是热能转化为化学能被生成物所“储存”。因此，一个化学反应

是释放热量还是吸收热量，与反应物总能量和生成物总能量的相对大小有关。如图6-3所示，如果反应物的总能量高于生成物的总能量，发生反应时会向环境释放能量；如果反应物的总能量低于生成物的总能量，发生反应时需要从环境吸收能量。



图6-3 化学反应与能量变化的关系示意图

人类利用化学反应中的热能始于火的发现。从早期的以树枝杂草为主要能源，到现代以煤、石油和天然气为主要能源，人类获取热能的主要途径都是通过物质的燃烧。随着社会的进步和人类生活水平的提高，能源的消费量越来越多（如图6-4）。而化石燃料作为人类利用最多的常规能源，其利用过程中面临两方面亟待解决的问题：一是其短期内不可再生，储量有限，随着能源消费需求不断增加，能源消费量与储量之间的矛盾日益突显；二是煤和石油产品燃烧排放的粉尘、SO₂、NO_x、CO等是大气污染物的主要来源。为了改善人类的生存环境，促进社会可持续发展，节能和寻找清洁的新能源成为人们关注的焦点。

判断依据

应用价值

实验事实

概念

微观解释



原始社会人均耗能
8 × 10³ kJ/d



农业社会人均耗能
5 × 10⁴ kJ/d

不同社会发展水平的人均耗能量

表6-1 2015年我国能源消费总量和构成

消费量 (折合成 标准煤)	消费总量 万吨	分类消费总量			
		煤炭	石油	天然气	水电、风电、核电
占比/%	100	64	18	6	12

节能不是简单地减少能源的使用，更重要的是要充分有效地利用能源。例如，在燃料利用过程中，节能的主要环节一个是燃料燃烧阶段，可通过改进锅炉的炉型和燃料空气比、清理积灰等方法提高燃料的燃烧效率；另一个环节是能量利用阶段，可通过使用节能灯，改进电动机的材料和结构，以及发电厂、钢铁厂余热与城市供热联产等措施促进能源循环利用，有效提高能源利用率。

理想的新能源应具有资源丰富、可以再生、对环境无污染等特点。目前，人们比较关注的新能源有太阳能、风能、地热能、海洋能和氢能等。

【实验6-2】

将20 g $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 晶体研细后与10 g NH_4Cl 晶体一起放入烧杯中，并将烧杯放在滴有几滴水的木片上。用玻璃棒快速搅拌，闻到气味后迅速用玻璃片盖上烧杯，用手触摸杯壁下部，试着用手拿起烧杯。观察现象。



图6-2 化学反应吸热使烧杯与木片间的水凝结成冰

一、化学键与化学反应中能量变化的关系

我们知道，物质中的原子之间是通过化学键相结合的。当物质发生化学反应时，断开反应物中的化学键要吸收能量，而形成生成物中的化学键要放出能量。例如，1 mol H_2 中含有1 mol H—H键，在25 °C和101 kPa的条件下，由H原子形成1 mol H—H键，要放出436 kJ的能量，而断开1 mol H—H键重新变为H原子，要吸收436 kJ的能量。又如，1 mol CH_4 中含4 mol C—H键，断开1 mol C—H键要吸收415 kJ的能量，断开1 mol CH_4 中的所有C—H键则要吸收 $4 \text{ mol} \times 415 \text{ kJ/mol} = 1660 \text{ kJ}$ 的能量。化学键的断裂和形成是物质在化学反应中发生能量变化的主要原因。所以说，物质的化学反应与体系的能量变化是同时发生的。



上述两个实验中，反应前后的温度变化说明反应过程中伴有热量的释放或吸收。化学上把释放热量的化学反应称为放热反应，如镁条、铝片与盐酸的反应，木炭、氢气、甲烷等在氧气中的燃烧，氢气与氯气的化合等都是放热反应；把吸收热量的化学反应称为吸热反应，如氢氧化钡与氯化铵的反应，盐酸与碳酸氢钠的反应，灼热的炭与二氧化碳的反应等都是吸热反应。

化学反应过程中为什么会有能量变化？为什么有的化学反应释放热量，有的化学反应吸收热量？

我们知道，物质中的原子之间是通过化学键相结合的，当化学反应发生时，反应物的化学键断裂要吸收能量，而生成物的化学键形成要放出能量。以氢气与氯气化合生成氯化氢的反应为例：



在25 °C和101 kPa条件下，断开1 mol H_2 中的化学键要吸收436 kJ的能量，断开1 mol Cl_2 中的化学键要吸收243 kJ的能量，反应中1 mol H_2 和1 mol Cl_2 中的化学键断裂所需能量共为679 kJ；而形成2 mol HCl 中的化学键要释放862 kJ的能量。化学键的断裂与形成是化学反应中能量变化的主要原因，化学反应中的物质变化总会伴随着能量变化，通常主要表现为热量的释放或吸收。一般情况下，如果一个化学反应过程中放出的能量多于吸收的能量，则有能量向环境释放，发生放热反应；反之，放出的能量少于吸收的能量，则需从环境吸收能量，发生吸热反应。在 H_2 与 Cl_2 的反应过程中，释放的能量大于吸收的能量，发生了放热反应。

各种物质都具有能量，物质的组成、结构与状态不同，所具有的能量也不同。放热反应可以看成是反应物所具有的化学能转化为热能释放出来，吸热反应可以看成是热能转化为化学能被生成物所“储存”。因此，一个化学反应

放热反应
exothermic reaction
吸热反应
endothermic reaction
化学能 chemical energy

具体数据 ——断裂、形成化学键的 能量变化实例

遵循课标的学业要求

二、化学反应与电能

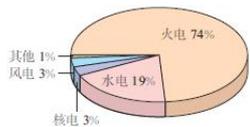


图6-5 2015年我国电力生产量构成图

我们日常使用的电能主要

通过化石燃料燃烧时发生的氧化热，加热水使之汽化为蒸汽发电。火力发电过程中，化学能经过一系列能量转化过程，间接转化为电能。其中，燃烧（氧化还原反应）是关键。

化学能 $\xrightarrow{\text{燃料燃烧}}$ 热能 $\xrightarrow{\text{蒸汽轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能

要想使氧化还原反应释放的能量直接转化为电能，就要设计一种装置，使反应中的电子转移在一定条件下形成电流。化学电池就是这样一种装置。

实验 2-4

将锌片和铜片用导线连接(导线中间接入一个电流表)，平行插入盛有稀硫酸的烧杯中



图6-6 原电池实验

【实验6-3】

- (1) 将锌片和铜片插入盛有稀硫酸的烧杯中，观察现象。
- (2) 用导线连接锌片和铜片，观察、比较导线连接前后的现象。
- (3) 如图6-6所示，用导线在锌片和铜片之间串联一个电流表，观察电流表的指针是否偏转。

可以看到，当锌片与铜片插入稀硫酸时，锌片上有气泡产生，铜片上无气泡产生；当用导线将锌片和铜片相连后，铜片上有气泡产生；串联电流表后，电流表指针发生偏转，说明导线中有电流通过。

如图6-7所示，上述实验中，当插入稀硫酸的锌片和铜片用导线连接时，由于锌比铜活泼，与稀硫酸作用容易失去电子，被氧化成锌离子而进入溶液：

锌片： $\text{Zn} - 2\text{e}^- = \text{Zn}^{2+}$ (氧化反应)

电子由锌片通过导线流向铜片，溶液中的氢离子从铜片获得电子，被还原成氢原子，氢原子结合成氢分子从铜片上放出：

铜片： $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2 \uparrow$ (还原反应)

上述实验和分析表明，通过特定的装置使氧化反应与还原反应分别在两个不同的区域进行，可以使氧化还原

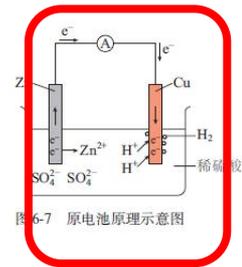


图6-7 原电池原理示意图

反应中转移的电子通过导体发生定向移动，形成电流，从而实现化学能向电能的转化。这种把化学能转化为电能的装置叫做原电池。在原电池中，电子流出的一极是负极（如锌片，电极被氧化），电子流入的一极是正极（如铜片， H^+ 在正极上被还原）。

原电池 primary battery

探究

简易电池的设计与制作

【目的】

根据原电池原理，设计和制作简易电池，体会原电池的构成要素。

【用品】

水果（苹果、柑橘或柠檬等），食盐水，滤纸，铜片、铁片、铝片等金属片，石墨棒，导线，小型用电器（发光二极管、电子音乐卡或小电动机等），电流表。

【实验】

(1) 水果电池

参考图6-8所示水果电池，自选水果及相关用品，制作水果电池。

(2) 简易电池

参考图6-9，制作简易电池，并试验和比较不同材料作电极的效果。

(3) 设计演示原电池的趣味实验

利用发光二极管、电子音乐卡或小电动机等，设计一个演示原电池的趣味实验（如电压不足，可将几个电池串联起来）。

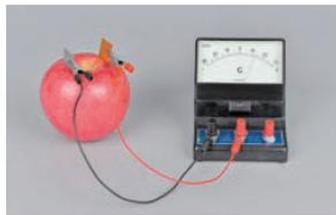


图6-8 水果电池



图6-9 简易电池

【问题与讨论】

(1) 水果电池中，水果的作用是什么？

(2) 通过比较不同材料作电极的简易电池，你是否发现电极材料的选择有一些值得注意的问题？请与同学交流你的经验。

(3) 在以上实验中，电池不可或缺的构成部分有哪些？

物理学、化学知识基础

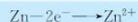
自主构建

——原电池的构成要素、工作原理

二、发展中的化学电源

1. 干电池

最早使用的化学电池是锌锰电池，即大家所熟悉的干电池，其构造如图 2-11 所示。它是一种一次性电池，放电之后不能充电（内部的氧化还原反应是不可逆的）。电池在使用过程中，锌会逐渐溶解：



锌外壳逐渐变薄，最后内部糊状的电解质会泄漏出来，使电器腐蚀。后来人们采用在外壳套上防腐金属筒或塑料筒的方法改造成了防漏电池。

思考与交流

锌锰干电池即使不用，放置过久，也会失效（作为电解

质的
电池
同学

并在
市场

2. 充电电池

充电电池又称二次电池，它在放电时所进行的氧化还原反应，在充电时可以逆向进行（一般通过充电器将交流电转变为直流电进行充电），使电池恢复到放电前的状态。这样可以实现化学能转变为电能（放电）、再由电能转变为化学能（充电）的循环。

二次性电池基础上的发展，它更加经济实用。目前电池的充放电次数仍有限制，且使用是否得当，也会影响其使用寿命。最早使用的充电电池是铅蓄电池（如图 2-12 所示）。

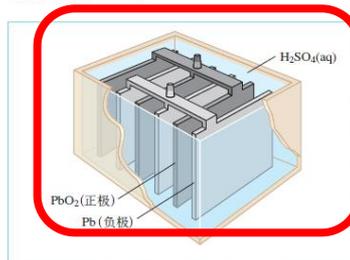


图 2-12 铅蓄电池构造示意图

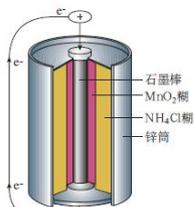
现代社会对耗电量高的便携式电器的需求，化学家又研制出了新型的封闭式体积小——镍镉电池。镍镉电池以 Cd 为负极，Ni(OH)₂ 为正极，以 KOH 为电解质，其寿命比铅蓄电池超过 500 次，广泛用于收录机、无线对讲机、电动剃须刀等。由于镉是有害重金属，镉电池如不回收，会污染环境，这制约了镍镉电池的进一步应用。镍氢电池的问世初步解决了这个问题。

元素周期表中 IA 族的锂(Li)——最轻的理想物质。锂离子电池是新一代可充电的数码照相机、摄像机等低功耗电器的主流电源。

思考与交流

充电电池与一次电池相比有何优点？相互交流。

化学电源 chemical power source
干电池 dry cell



蓄电池 storage battery

3. 燃料电池

燃料电池是一种剧烈的氧化还原反应，通过燃料燃烧所释放的热能再转化为电能（如火力发电），其能量转化率不高。能否利用原电池的工作原理将燃料和氧化剂（如 O₂）反应所放出的化学能直接转化为电能，以提高燃料的利用率呢？燃料电池正是在这一思想下研制出来的。

燃料电池是一种高效、环境友好的发电装置。燃料电池的能量转化率理论上可高达 85%~90%（现在实际已达到 40%~60%）。以 H₂ 为燃料时，产物为 H₂O；以 CH₄ 为燃料时，产物为 H₂O 和 CO₂，CO₂ 的排放量比常规发电厂可减少 40% 以上。燃料电池与干电池或蓄电池的主要差别在于反应物不是储存在电池内部，而是由外设备各提供燃料和氧化剂等。这时电池起着类似于试管、烧杯等反应器的作用。

化学能转换为电能的原理的发现和各式各样电池的发明，是储能和供能技术的巨大进步，是化学对人类的一项重大贡献，极大地推进了现代化的进程，改变了人们的生活方式，提高了人们的生活质量。



图 2-16 使用燃料电池的汽车

精简内容 必修选修界线清晰

燃料电池 fuel cell

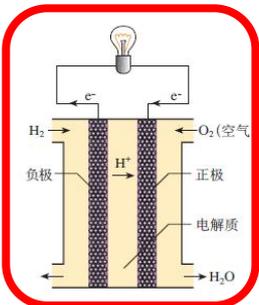


图 2-15 氢氧燃料电池构造示意图

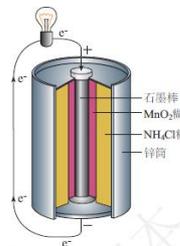
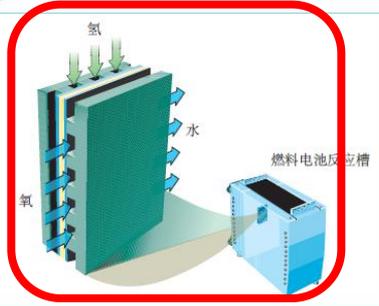


图 6-10 锌锰干电池构造示意图

干电池 dry battery
蓄电池 storage battery
锂离子电池 lithium ion battery
燃料电池 fuel cell



图 6-11 汽车用铅酸蓄电池



图 6-12 锂离子电池

根据原电池原理，人们研制出很多结构和性能各异的化学电池，以满足不同的用电需要。

常见的锌锰干电池的构造如图 6-10 所示。其中，石墨棒作正极，氯化铵糊作电解质溶液，锌筒作负极。在使用过程中，电子由锌筒（负极）流向石墨棒（正极），锌逐渐消耗，二氧化锰不断被还原，电池电压逐渐降低，最后失效。这种电池放电之后不能充电（内部的氧化还原反应无法逆向进行），属于一次电池。

有些电池放电时所进行的氧化还原反应，在充电时可以逆向进行，使电池恢复到放电前的状态，从而实现放电（化学能转化为电能）与充电（电能转化为化学能）的循环。这种充电电池属于二次电池。常见的充电电池有铅酸蓄电池、镍氢电池、锂离子电池等，目前汽车上使用的大多是铅酸蓄电池（如图 6-11）。

化学电池是新能源和可再生能源的重要组成部分。科学技术的进步加速了电池技术的发展，锌锰电池、铅酸蓄电池等传统电池的性能有了明显提高；各种高效、安全、环保的新型化学电池不断涌现，其中锂离子电池和燃料电池发展较快。手机、笔记本式计算机、照相机和摄像机等电器所用的电池大多为锂离子电池。

信息搜索

通过网络、书籍等渠道，调查了解不同类型电池的性能、构成、特点、应用范围及发展历史，选 2~3 类列表比较，并结合其发展的前景，谈谈你对研发新型电池意义的理解。

科学·技术·社会

发展中的燃料电池

燃料电池是一种将燃料（如氢气、甲烷、乙醇）和氧化剂（如氧气）的化学能直接转化为电能的电化学反应装置，具有清洁、安全、高效等特点。燃料电池的能量转化率可以达到 80% 以上。当以氢气为燃料时，产物为水；以甲烷为燃料时，产物为水和二氧化碳。与常规发电厂相比，其二氧化碳排放量明显降低。燃料电池与干电池或蓄电池的主要差别在于反应物不是储存在电池内部，而是从外部提供，这时电池起着类似试管、烧杯等反应器的作用。

燃料电池的供电易于调节，能适应应用电器负载的变化，而且不需要很长的充电时间，在航天、军事和交通等领域有广阔的应用前景。



图 6-13 我国研制的燃料电池和超级电容混合动力有轨电车

探究问题分层设置

化学反应的速率往往受到反应条件的影响。例如，过氧化氢溶液在常温下分解放出氧气的速率很小，但是加入催化剂二氧化锰后，分解速率增大。像这样通过改变化学反应的条件来调控化学反应速率的情况，在实际的生产和生活中常常会遇到。对于有些化学反应，我们希望其越慢越好，如食物的变质、橡胶和塑料的老化、金属的锈蚀；有些则希望其快一些，如氨、硫酸等化工产品的生产。调控化学反应速率常常是决定化学实验成败或化工生产成本的关键。有哪些因素能够影响化学反应速率呢？

探究

影响化学反应速率的因素

【问题】

我们已经知道催化剂可以影响化学反应速率，此外，还有哪些化学反应的速率？

【假设】

影响化学反应

【用品】

5% H_2O_2 溶液、冷水、热水、试管

方法导引

变量控制

科学研究中，对于多因素（多变量）的问题，常常采用只改变其中的某一个因素，控制其他因素不变的研究方法，使多因素的问题变成几个单因素的问题，分别加以研究，最后再将几个单因素问题的研究结果加以综合。这种变量控制的方法是科学探究中常用的方法。例如，以上探究在比较不同温度对化学反应速率的影响时，控制浓度和其他影响因素相同；而比较不同浓度对化学反应速率的影响时，则控制温度和其他影响因素相同；最后综合得出影响化学反应速率的多种因素。

【实验】

(1) 反应温度的影响

在两支大小相同的试管中均加入 2 mL 5% H_2O_2 溶液，同时滴入 2 滴 1 mol/L FeCl_3 溶液。待试管中均有适量气泡出现时，将其中一支试管放入盛有冷水的烧杯中，另一支试管放入盛有热水的烧杯中，观察现象并进行对比。

不同温度环境	实验现象
冷水	
热水	

(2) 反应物浓度的影响

利用实验室提供的用品，设计实验方案并提请教师审阅，待教师同意后进行实验（提示：探究某影响因素时，需保持其他条件因素相同）。

步骤：_____

记录：_____

结论】

影响因素	如何影响
催化剂	催化剂可以改变化学反应速率

问题与讨论】

影响化学反应速率的因素还可能有哪些？请选择其中一个因素，设计实验验证并与同学交流。

当反应进行到一定程度时，正反应速率与逆反应速率相等（如图6-18），反应物的浓度和生成物的浓度都不再改变，达到一种表面静止的状态，我们称之为化学平衡状态，简称**化学平衡**。化学平衡状态是可逆反应在一定条件下所能达到的或完成的最大程度，即该反应进行的限度。化学反应的限度决定了反应物在该条件下转化为生成物的最大转化率^①。

任何可逆反应在给定条件下的进程都有一定的限度，只是不同反应的限度不同。改变反应条件可以在一定程度上改变一个化学反应的限度，亦即改变该反应的化学平衡状态。因此，通过调控反应条件可使反应结果更好地符合人们预期的目的，这在工农业生产和环境保护等方面已经得到广泛的应用。

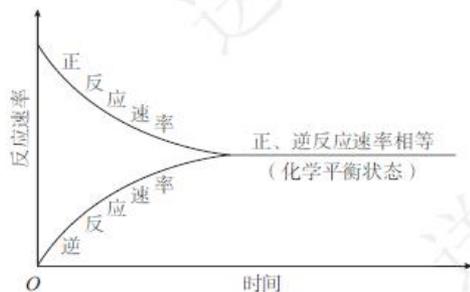


图6-18 一定条件下的可逆反应中，正反应速率和逆反应速率随时间变化的示意图

化学平衡
chemical equilibrium

维持现行教材程度 结合实例讨论

在化工生产中，为了提高反应进行的程度而调控反应条件时，需要考虑控制反应条件的成本和实际可能性。

例如，合成氨的生产在温度较低时，氨的产率较高；压强越大，氨的产率越高。但温度低，反应速率小，需要很长时间才能达到化学平衡，生产成本低，工业上通常选择在400~500℃下进行。而压强越大，对动力和生产设备的要求也越高，合成氨厂随着生产规模和设备条件的不同，采用的压强通常为10~30 MPa。

思考与讨论

为提高燃料的燃烧效率，应如何调控燃烧反应的条件？（提示：可以从以下几方面考虑，如燃料的状态、空气用量、炉膛材料、烟道废气中热能的利用，等等。）



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

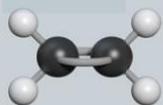
第七章 有机化合物

第七章 有机化合物

- 认识有机化合物
- 乙烯与有机高分子材料
- 乙醇与乙酸
- 基本营养物质

碳在地壳中的含量很低，但是含有碳元素的有机化合物却分布极广。有机化合物不仅构成了生机勃勃的生命世界，也是燃料、材料、食品和药物的主要来源。

与无机化合物相比，有机化合物的组成元素并不复杂，但化合物数量众多，性质各异。对有机化合物的研究，需要在了解碳原子成键规律的基础上，认识有机化合物的分子结构，以及决定其分类与性质的特征基团，进而认识有机化学反应，实现有机化合物之间的转化，合成新的物质。



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

本章内容



❖ 第一节 认识有机化合物

❖ 第二节 乙烯与有机高分子材料

❖ 第三节 乙醇与乙酸

❖ 第四节 基本营养物质

❖ 实验活动8 搭建球棍模型认识有机化合物分子结构的特点

❖ 实验活动9 乙醇、乙酸的主要性质



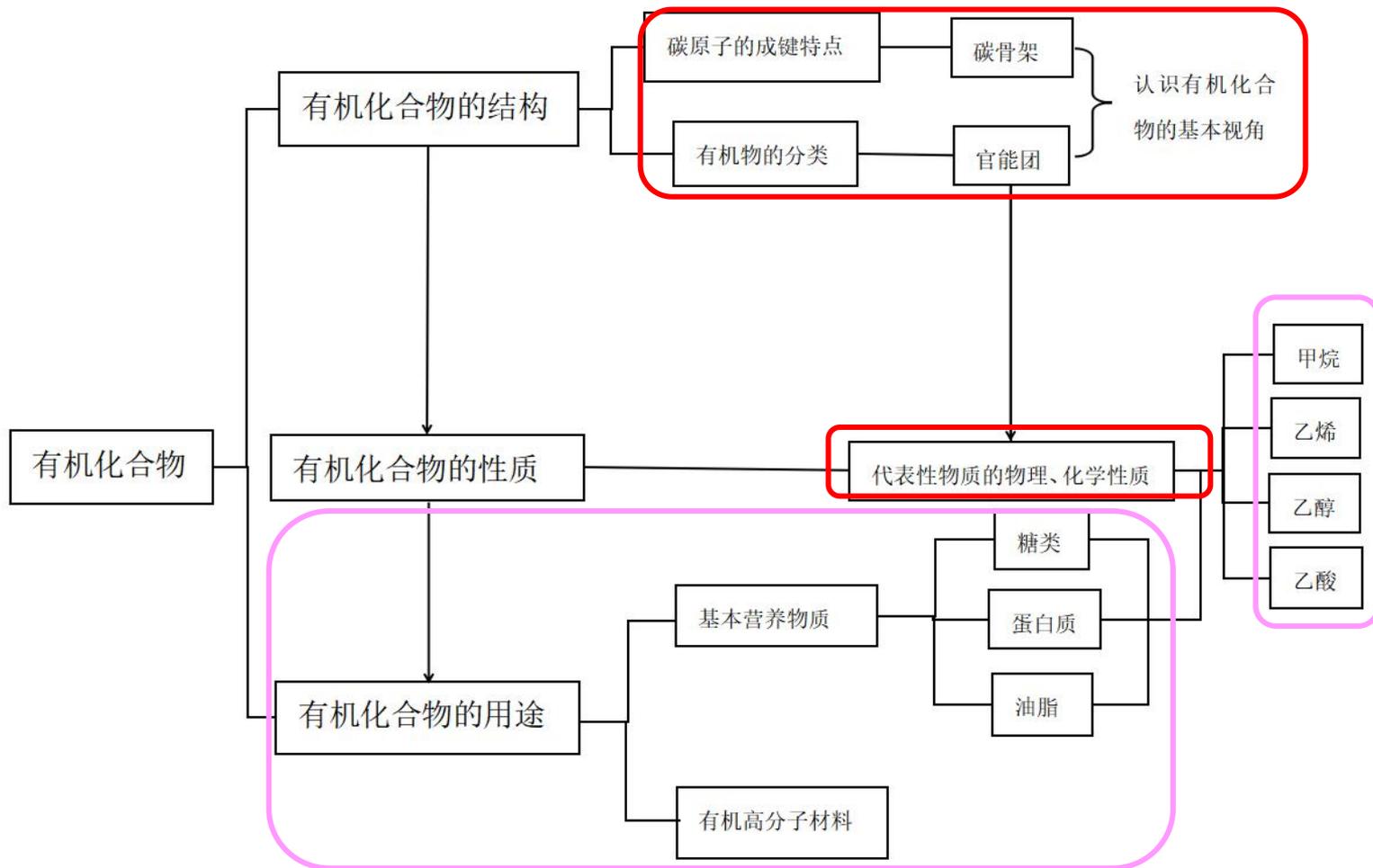
PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社



- ④ 自然界、人工合成的物质，绝大多数为有机物；能源、资源、环境、安全、健康等问题的解决离不开有机化学
- ④ 构建完整的学科知识体系
- ④ 后续学习的基础：
 - 必修第八章“化学与可持续发展”
 - 选修有机化学模块
 - 高中生物课

内容结构

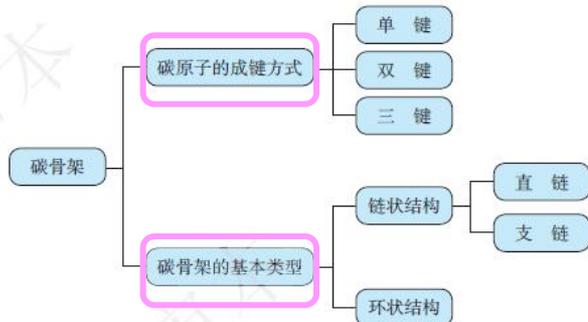


一、有机化合物结构的辨识

碳骨架和官能团是辨识有机化合物的两个重要视角。

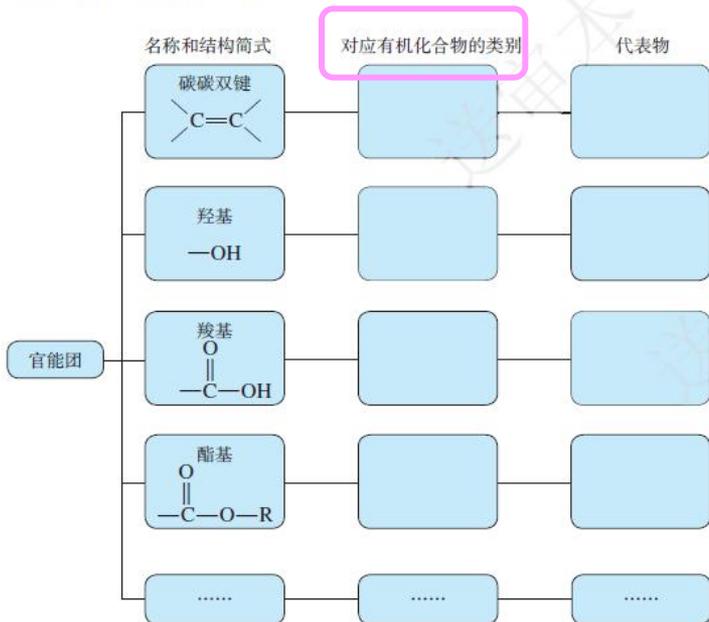
1. 碳骨架

两个碳原子之间可以形成单键、双键或三键，多个碳原子之间可以结合成碳链或碳环。



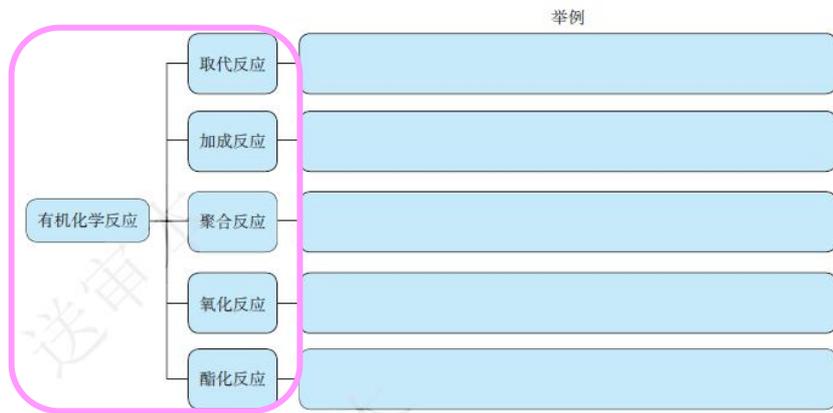
2. 官能团

有机化合物中的碳碳双键、羟基、羧基、酯基等官能团是辨识有机化合物类别、决定有机化合物特性的特征基团。



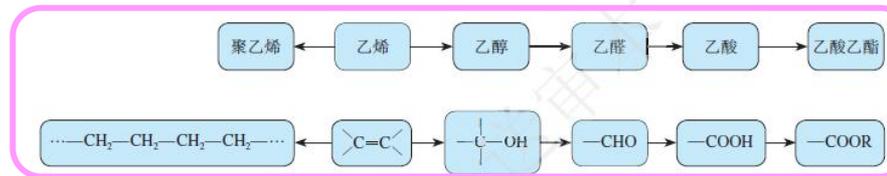
二、有机化合物的性质及转化

1. 几种重要的有机化学反应



2. 有机化合物的转化

有机化合物间在一定条件下可以发生转化，转化过程中碳骨架、官能团和有机化合物的类别可能发生变化。



三、一些重要有机化合物的结构、性质和用途

1. 依据有机化合物官能团的结构特征，可初步解释和推断有机化合物的性质，依据性质可以分析和预测用途。

2. 请列表总结一些有机化合物（如甲烷、乙烯、聚乙烯、乙醇、乙酸、糖类、油脂、蛋白质等）的分子结构、性质和用途，进一步认识结构、性质和用途之间的关系。

PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

碳骨架——平面位置关系——构造

目前，人们在自然界发现和人工合成的物质已超过1亿种，其中绝大多数都是有机化合物，而且新的有机化合物仍在源源不断地被发现或合成出来。有机化合物为什么如此繁多？它们的结构和性质具有哪些一般特点？

一、有机化合物中碳原子的成键特点

我们熟悉的甲烷(CH_4)是最简单的有机化合物，其分子中的碳原子以最外层的4个电子分别与4个氢原子的电子形成了4个C—H共价键。甲烷的电子式和结构式可分别表示为：



有机化合物中的每个碳原子不仅能与其他原子形成4个共价键，而且碳原子与碳原子之间也能形成共价键，可以形成单键、双键或三键。

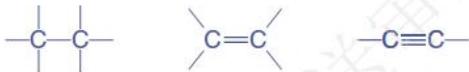


图7-1 碳原子之间可以形成单键、双键或三键

多个碳原子之间可以结合成碳链，也可以结合成碳环，构成有机物链状或环状的碳骨架。

有机物分子可能只含有一个或几个碳原子，也可能含有成千上万个碳原子。含有相同碳原子数的有机物分子，可能因为碳原子间成键方式或碳骨架的不同而具有多种结构。

多个碳原子间的结合方式

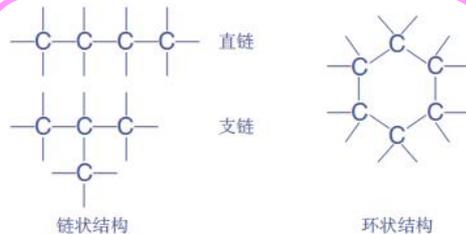


图7-2 有机化合物碳骨架的基本类型示意图

思考与讨论

请结合下图显示的4个碳原子相互结合的几种方式，分析以碳为骨架的有机物种类繁多的原因。

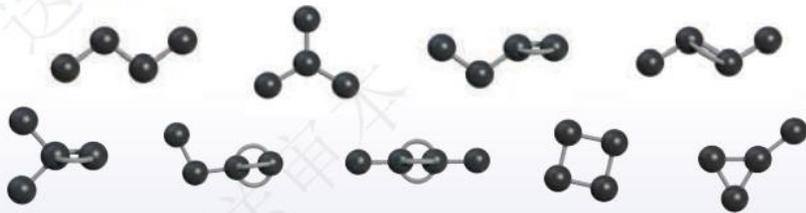


图7-3 4个碳原子相互结合的几种方式

有机化合物
organic compound
甲烷 methane

两个碳原子间的成键方式

二、烷烃

1. 烷烃的结构

通过甲烷的结构式，我们可以知道甲烷分子中原子的连接顺序。那么这些原子有着怎样的空间位置关系呢？

实验数据表明，甲烷分子中的5个原子不在同一平面上，而是形成了正四面体的空间结构。碳原子位于正四面体的中心，4个氢原子分别位于4个顶点。分子中的4个C—H键的长度和强度相同，相互之间的夹角相等。

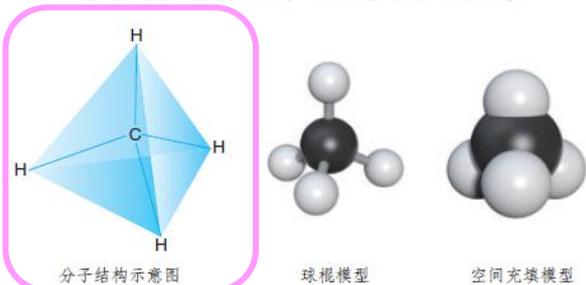


图7-4 甲烷的分子结构示意图与分子结构模型

碳骨架——空间位置关系——构型

自行归纳烷烃的组成和结构特点

将微观的分子结构通过模型呈现出来，便于我们了解分子中原子的结合方式与空间位置关系，获取更多的结构信息。随着现代信息技术的发展，除了实物模型，还可以通过计算机对物质的结构进行模拟和计算。这是人们探索物质结构的重要方法，也是学习化学的直观工具。

图7-5 鲍林使用模型研究物质结构

鲍林(L. C. Pauling, 1901—1994)，美国化学家，主要从事化学键理论和物质结构研究，曾获1954年诺贝尔化学奖和1962年诺贝尔和平奖。



思考与讨论

(1) 与甲烷结构相似的有机化合物还有很多，随着分子中碳原子数的增加，还有乙烷、丙烷、丁烷等一系列有机化合物。请根据碳原子的成键规律和下表提供的信息，写出丁烷的结构式和乙烷、丙烷、丁烷的分子式，并由此归纳这类有机化合物分子式的通式。

有机化合物	乙烷	丙烷	丁烷
分子中碳原子数	2	3	4
结构式	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	
分子式			

(2) 与同学交流，比较大家写出的丁烷的结构式是否相同，思考产生这种现象的可能原因。

(3) 结合图7-6中的分子结构模型，总结这类有机化合物的组成和分子结构特点。

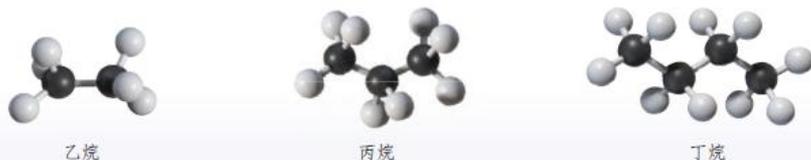


图7-6 乙烷、丙烷和丁烷的分子结构模型

2. 烷烃的性质

思考与讨论

天然气、沼气和煤层气的主要成分是甲烷；护肤品、医用软膏中的“凡士林”和蜡烛、蜡笔中的石蜡，其主要成分是含碳原子数较多的烷烃。请结合生活经验和初中化学的有关知识，想一想烷烃可能具有哪些性质。



- 其他有机物的母体
- 有机物的通性

在上述反应中，甲烷分子中的4个氢原子被氯原子逐一替代，生成4种不同的取代产物。像这样，有机物分子里的某些原子或原子团被其他原子或原子团所替代的反应叫做取代反应。烷烃在一定条件下，可以与卤素单质发生取代反应。

烷烃是一类最基本的有机物，从结构上可以看作其他各类有机物的母体。烷烃的性质在一定程度上体现了有机物的通性。与无机物相比，大多数有机物的熔点比较低且难溶于水，易溶于汽油、乙醇、苯等有机溶剂；大多数有机物容易燃烧，受热会发生分解；有机物的化学反应比较复杂，常伴有副反应发生，很多反应需要在加热、光照或使用催化剂的条件下进行。有机物除了有以上通性，依据其组成和结构的不同，还具有很多特性，我们在以后的学习中会逐步接触。

数据

甲烷

熔点：-182 ℃
沸点：-164 ℃
密度：0.717 g/L

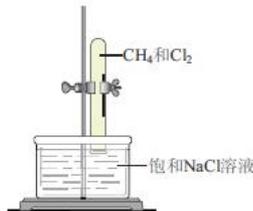
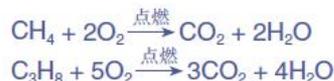


图7-8 甲烷与氯气反应

烷烃均为难溶于水的无色物质，其熔点、沸点和密度一般随着分子中碳原子数的增加（同时相对分子质量也在增大）而升高，在常温下的状态由气态变为液态，再到固态。

在通常情况下，烷烃比较稳定，与强酸、强碱或高锰酸钾等强氧化剂不发生反应。但物质的稳定性是相对的，在特定条件下，烷烃也会发生某些反应。

与甲烷类似，烷烃可以在空气中完全燃烧，发生氧化反应，生成二氧化碳和水，并放出大量的热。这是烷烃被用作燃料时发生的主要反应。



资料卡片

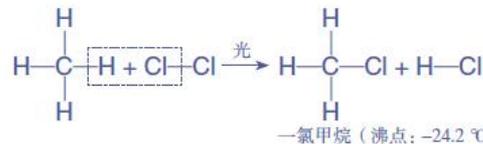
煤矿中的爆炸事故多与甲烷气体爆炸有关。为了保证安全生产，必须采取通风、严禁烟火等措施。

烷烃在较高温度下会发生分解。这个性质常被应用于石油化工和天然气化工生产中，从烷烃可得到一系列重要的化工基本原料和燃料。

【实验7-1】

取两支试管，均通过排饱和NaCl溶液的方法收集半试管CH₄和半试管Cl₂，分别用铁架台固定好（如图7-8）。将其中一支试管用铝箔套上，另一支试管放在光亮处（不要放在日光直射的地方）。静置，比较两支试管内的现象。

在室温下，甲烷与氯气的混合气体无光照时不发生反应。光照时，试管内气体颜色逐渐变浅，试管壁出现油状液滴，试管中有少量白雾，试管内水面上升。甲烷与氯气发生了化学反应：



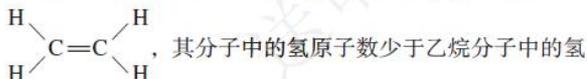
第二节

乙烯与有机高分子材料

乙烯是石油化学工业重要的基本原料，通过一系列化学反应，可以从乙烯得到有机高分子材料、药物等成千上万种有用的物质。乙烯的用途广泛，其产量可以用来衡量一个国家石油化学工业的发展水平。

一、乙烯

乙烯是一种无色、稍有气味的气体，密度比空气的略小，难溶于水。乙烯的分子式是 C_2H_4 ，结构式是



乙烯分子中含有碳碳双键，在组成和结构上与只含碳碳单键和碳氢键的烷烃有较大差异，因此在性质上也有很多不同。碳碳双键使乙烯表现出较活泼的化学性质。

1. 氧化反应

【实验7-2】

- 点燃纯净的乙烯，观察燃烧时的现象。
- 将乙烯通入盛有酸性高锰酸钾溶液的试管中，观察现象。

乙烯能在空气中燃烧，火焰明亮且伴有黑烟，生成二氧化碳和水，同时放出大量的热。



乙烯可使酸性高锰酸钾溶液褪色，被高锰酸钾等氧化剂氧化。

- 物理性质
 - 分子结构
 - 化学性质
 - 用途
-
- 学习有机物的一般流程

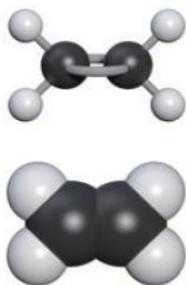


图7-9 乙烯的分子结构模型

数据

乙烯

熔点：-169 ℃
沸点：-104 ℃
密度：1.25 g/L

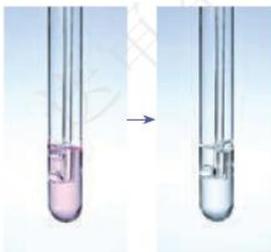


图7-10 乙烯与高锰酸钾反应

二、烃

有机化合物都含有碳元素，还常含有氢、氧，以及氮、卤素、硫、磷等元素。其中仅含碳和氢两种元素的有机化合物称为**碳氢化合物**，也称为**烃**。

根据烃分子中碳原子间成键方式的不同，可以对烃进行分类，如图7-13所示。分子中的碳原子之间只以单键结合，剩余价键均被氢原子“饱和”的烃称为饱和烃，即烷烃；分子中碳原子的价键没有全部被氢原子“饱和”的烃称为不饱和烃，其中分子中含有碳碳双键的称为烯烃，含有碳碳三键的称为炔烃，含有苯环的称为芳香烃。根据碳骨架的不同，还可以将烃分为链状烃和环状烃。

除了烯烃，炔烃也是一类重要的不饱和烃，乙炔是最简单的炔烃。苯是芳香烃的母体，是一种具有环状分子结构的不饱和烃，其结构式习惯上简写为。实际上苯分子中6个碳原子之间的键完全相同，所以也常用来表示苯分子的结构。

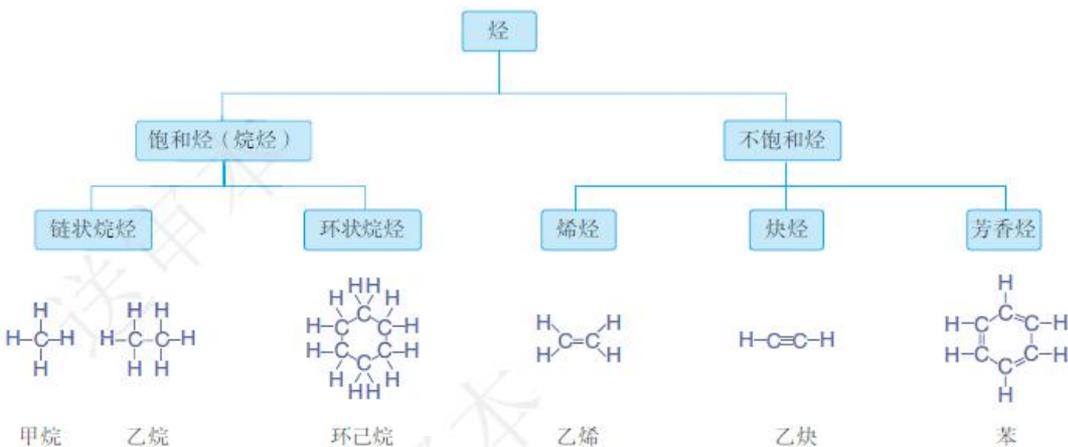


图7-13 烃的分类

物质分类思想

辨识有机物的两个基本视角——碳骨架与官能团

乙炔和苯——课标要求较低

探究

烃的分子结构

【目的】

以甲烷、乙烯和乙炔为例，借助模型认识烃的分子结构。

【活动】

(1) 根据碳原子的成键规律和甲烷、乙烯、乙炔的结构式，写出三者的电子式，并讨论其分子中都有哪些不同类型的化学键。

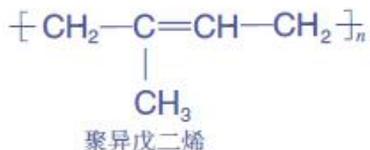
(2) 结合以上分析，使用分子结构模型（或橡皮泥、黏土、泡沫塑料、牙签等代用品）搭建甲烷、乙烯和乙炔分子的球棍模型。展示并描述三者的分子结构特点。

记录：

烃	甲烷	乙烯	乙炔
电子式			
化学键			
分子结构特点			

2. 橡胶

橡胶是一类具有高弹性的高分子材料，是制造汽车、飞机轮胎和各种密封材料所必需的原料。人们很早就知道从橡胶树等植物中获得天然橡胶，但天然橡胶远不能满足人们的需要，于是化学家开始研究如何用化学方法人工合成橡胶。经过分析发现，天然橡胶的主要成分是聚异戊二烯。



- 初中基础
- 材料的组成
- 结构与材料性质的关系

通过模仿天然橡胶的分子组成和结构，人们以异戊二烯为单体进行聚合反应，制得了异戊橡胶。异戊橡胶的性能与天然橡胶十分接近，又被称为合成天然橡胶。随着技术的发展，人们还开发了丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡胶等一系列合成橡胶。

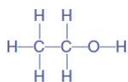
许多橡胶具有线型结构，有一定弹性，但强度和韧性差。为了克服这些缺点，工业上常用硫与橡胶作用进行橡胶硫化，使线型的高分子链之间通过硫原子形成化学键，产生交联，形成网状结构。硫化橡胶具有更好的强度、韧性、弹性和化学稳定性。人们还开发了耐热和耐酸、碱腐蚀的氟橡胶，耐高温和严寒的硅橡胶等特种橡胶。特种橡胶在航空、航天和国防等尖端技术领域中发挥着重要的作用。



图7-15 橡胶消声瓦可有效降低潜艇航行时的噪声，提高潜艇的隐蔽性

早在几千年前，人类就掌握了发酵法酿酒的技术。各种酒类都含有浓度不等的乙醇，故乙醇俗称酒精。乙醇是无色、有特殊香味的液体，密度比水的小，易挥发。乙醇是一种重要的有机溶剂，能够溶解多种有机物和无机物，并能与水以任意比例互溶。

乙醇的分子式是 C_2H_6O ，结构式为：



乙醇

熔点： $-117\text{ }^\circ\text{C}$
沸点： $78.5\text{ }^\circ\text{C}$
密度： 0.789 g/cm^3



图7-18 乙醇的分子结构模型

可简写为 CH_3CH_2OH 或 C_2H_5OH ，其中的一OH原子团称为羟基。乙醇可以看成是乙烷分子中的一个氢原子被羟基取代后的产物。像这样，烃分子中的氢原子被其他原子或原子团所取代而生成的一系列化合物称为烃的衍生物。前面提及的一氯甲烷、二氯甲烷和1,2-二溴乙烷等卤代烃也是烃的衍生物。烃的衍生物与其母体化合物相同分子中取代基的存在而不同。

1. 乙醇与钠反应

【实验7-4】

在盛有少量无水乙醇的试管中，加入一小团滤纸吸干表面煤油的钠，在试管口迅速塞上管的橡胶塞，用小试管收集气体并检验其纯度。



图7-19 乙醇与钠反应

气和乙醇钠。



乙醇羟基中缓慢得多。

乙醇具有羟基是因为取代氢像这种决定有羟基是醇类物质和炔烃的官能团。

提示

烃分子失去1个氢原子后所剩余的部分叫做烃基，可以用—R来表示。如— CH_3 叫甲基，— CH_2CH_3 叫乙基。烃的衍生物分子一般可以看成是烃基和官能团相互结合组成的。例如，乙醇分子可以看成是由乙基和羟基组成的： $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{OH}$ 。

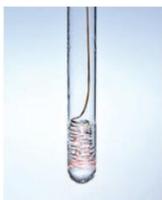


图7-20 乙醇的催化氧化

【实验7-5】

向试管中加入少量乙醇，取一根铜丝，下端绕成螺旋状，在酒精灯上灼烧后插入乙醇，反复几次。注意观察反应现象，小心地闻试管中液体产生的气味。

乙醇在加热和有催化剂（如铜或银）存在等条件下，可以被空气中的氧气氧化为乙醛（ CH_3CHO ）。



乙醛的官能团是醛基（ $-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ ，或写作 $-\text{CHO}$ ），在

方法导引

认识有机化合物的一般思路

认识一种有机物，可先从结构入手，分析其碳骨架和官能团，了解它所属的有机物类别；再结合这类有机物的一般性质，推测该有机物可能具有的性质，并通过实验进行验证；在此基础上进一步了解该有机物的用途。另外，还可以根据有机物发生的化学反应，了解其在有机物转化（有机合成）中的作用。与认识无机物类似，认识有机物也体现了“结构决定性质”的观念。各类有机物在结构和性质上具有的明显规律性，有助于我们更好地认识有机物。

官能团的作用

有机物的认知模型

三、官能团与有机化合物的分类

通过对乙烯、乙醇和乙酸性质的学习，我们认识到官能团对有机物的性质具有决定作用，含有相同官能团的有机物在性质上具有相似之处。因此我们可以根据有机物分子中所含官能团的不同，从结构和性质上对数量庞大的有机物进行分类（如表7-2）。

表7-2 常见的有机化合物类别、官能团和代表物

类别	官能团	代表物
	—	CH_4 甲烷
	$\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \end{array}$ 碳碳双键	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$ 乙烯
	$-\text{C}\equiv\text{C}-$ 碳碳三键	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ 乙炔
芳香烃	—	苯
卤代烃	$\begin{array}{c} \\ -\text{C}-\text{X} \\ \end{array}$ 碳卤键（X表示卤素原子）	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ 溴乙烷
醇	—OH 羟基	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ 乙醇
醛	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{H} \end{array}$ 醛基	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$ 乙醛
羧酸	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$ 羧基	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$ 乙酸
酯	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ -\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$ 酯基	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{C}_2\text{H}_5$ 乙酸乙酯

表 3-3 糖类、油脂和蛋白质代表物的化学组成

		元素组成	代表物	代表物分子
糖类	单糖	C、H、O	葡萄糖、果糖	$C_6H_{12}O_6$
	双糖	C、H、O	蔗糖、麦芽糖	$C_{12}H_{22}O_{11}$
	多糖	C、H、O	淀粉、纤维素	$(C_6H_{10}O_5)_n$
油脂	油	C、H、O	植物油	不饱和高级脂肪酸甘油酯
	脂	C、H、O	动物脂肪	饱和高级脂肪酸甘油酯
蛋白质		C、H、O、N、S、P 等	酶、肌肉、毛发等	氨基酸连接成的高分子

一 糖类、油脂、蛋白质的性质

1. 糖类和蛋白质的特征反应

实验 3-5

1. 观察葡萄糖样品，取约 2 g 葡萄糖固体加入盛有 5 mL 水的试管中，充分溶解；然后加入新制的氢氧化铜，加热至沸腾，观察并记录现象。

2. 将碘酒滴到一片土豆或面包上，观察并记录现象。

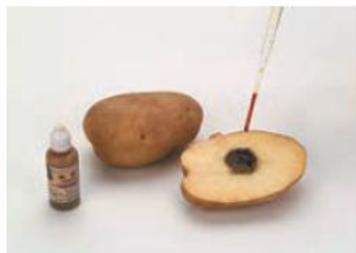


图 3-19 淀粉与碘反应

二、糖类、油脂、蛋白质在生产、生活中的作用

1. 糖类物质的主要作用

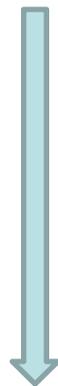
糖类物质是绿色植物光合作用的产物，是动、植物所需能量的重要来源。我国居民传统膳食以糖类为主，约占食物的 80%；每天的能量约 75% 来自糖类。

葡萄糖、果糖是单糖，主要存在于水果和蔬菜中，动物的血液中也含有葡萄糖，人体正常血糖的含量为 100 mL 血液中含葡萄糖 80~100 mg。葡萄糖是重要的工业原料，主要用于食品加工、医疗输液、合成补钙药物及维生素 C 等。

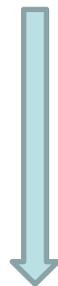


图 3-20 富含糖的物质

组成、结构



性质



用途



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

葡萄糖和果糖的分子式完全相同，但分子结构不同，二者互为同分异构体。蔗糖和麦芽糖的分子式相同，结构不同，也互为同分异构体。淀粉和纤维素是天然有机高分子，分子中的结构单元数目不同，分子式不同，不能互为同分异构体。

葡萄糖是最重要的单糖，是构成多种二糖和多糖的基本单元。葡萄糖是一种有甜味的无色晶体，能溶于水，其分子式是 $C_6H_{12}O_6$ ，结构简式为：



【实验7-7】

(1) 在试管中加入2 mL 10% NaOH溶液，滴加5滴5% $CuSO_4$ 溶液，得到新制的 $Cu(OH)_2$ 。再加入2 mL 10%葡萄糖溶液，加热，观察现象。

(2) 在洁净的试管中加入1 mL 2% $AgNO_3$ 溶液，然后一边振荡试管，一边逐滴加入2%稀氨水，直到最初产生的沉淀恰好溶解为止，得到银氨溶液。再加入1 mL 10%葡萄糖溶液，振荡，然后放在水浴中加热，观察现象。

葡萄糖与新制的氢氧化铜反应，生成砖红色的氧化亚铜沉淀；与银氨溶液反应生成银，在试管内壁形成光亮的银镜。这两个反应可用来检验葡萄糖。

资料卡片

糖尿病患者的糖代谢功能紊乱，其血液和尿液中的葡萄糖含量会超出正常范围。测定患者血液或尿液中的葡萄糖含量有助于判断病情，可使用根据葡萄糖特征反应原理制备的试纸进行测试。

【实验7-8】

(1) 回忆生物课中学习的检验淀粉的方法。将碘溶液滴到一片馒头或土豆上，观察现象。

(2) 在试管中加入0.5 g淀粉和4 mL 2 mol/L H_2SO_4 溶液，加热。待溶液冷却后向其中加入NaOH溶液，将溶液调至碱性，再加入少量新制的 $Cu(OH)_2$ ，加热。观察并解释实验现象。

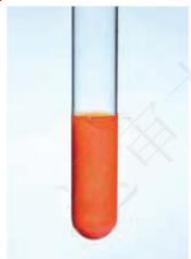


图7-23 葡萄糖与氢氧化铜反应



图7-24 葡萄糖的银镜反应



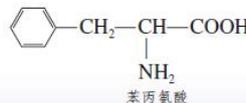
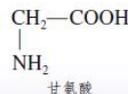
图7-25 淀粉与碘反应

二、蛋白质

蛋白质是构成细胞的基本物质，存在于各类生物体内。一切重要的生命现象都与蛋白质密切相关。蛋白质是一类非常复杂的天然有机高分子，由碳、氢、氧、氮、硫等元素组成。蛋白质在酸、碱或酶的作用下能发生水解，生成多肽，多肽进一步水解，最终生成氨基酸。

思考与讨论

观察甘氨酸和苯丙氨酸的结构简式，辨认其中的官能团，并说明其结构的共同点。



蛋白质 protein
氨基酸 amino acid



图7-27 我国为纪念人工全合成结晶牛胰岛素五十周年而发行的邮票

氨基酸分子中都含有氨基($-NH_2$)和羧基。在一定条件下，氨基酸之间能发生聚合反应，生成更为复杂的多肽，进而构成蛋白质。人体从食物中摄取的蛋白质在消化道内酶的作用下，经过水解反应生成各种氨基酸。氨基酸被吸收后可结合成人体所需要的各种蛋白质。研究蛋白质的结构、功能和合成对探索生命活动规律、促进人类健康具有重要意义。我国科学家于1965年在世界上首次完成了具有生命活力的蛋白质——结晶牛胰岛素的全合成，对蛋白质的研究作出了重要贡献。

有的蛋白质能溶于水，如鸡蛋清等；有的则难溶于水，如丝、毛等。蛋白质除了可以水解为氨基酸，还具有其他的性质。

【实验7-9】

(1) 向盛有鸡蛋清溶液的试管中加入几滴醋酸铅溶液，观察现象。

(2) 向盛有鸡蛋清溶液的试管中滴入几滴浓硝酸，加热，观察现象。

(3) 在酒精灯的火焰上分别灼烧一小段头发和丝织品，小心地闻气味。

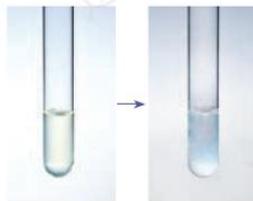


图7-28 蛋白质的变性



PEOPLES
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

了解食品中的有机化合物

【研究目的】

有机化合物是一般食品的主要成分，其种类和含量在很大程度上决定着食品的营养价值。通过研究与实践，初步了解一些食品的成分，体会有机化学与人体健康和食品生产的密切联系，认识化学在生产和生活中的重要作用。

【研究任务】

(1) 收集几种食品的包装，根据食品标签中的配料表，指出其中的哪些配料是有机化合物或含有机化合物。选择其中的几种物质，根据本章所学知识，并查阅资料，分析其所属的有机化合物类别和在食品生产中的作用。

(2) 请以糕点、糖果和冷饮生产中普遍使用的奶油和人造奶油为例，查阅资料，从食品生产者的角度说明使用这些油脂的必要性。

(3) 奶油中含有较多的饱和脂肪，人造奶油使用的氢化植物油在其生产过程中会产生一些反式脂肪。请以“饱和脂肪”“反式脂肪”为关键词，搜集相关信息，从消费者和营养师的角度，说明食品中油脂的作用和对人体健康的影响。

(4) “有机食品”“垃圾食品”与食品中的有机化合物成分是否有关？请查阅资料，了解其具体含义。

【结果与讨论】

(1) 与同学分享你研究的结果，并就有机化合物在食品生产中的作用进行交流。

(2) 请从化学的角度，讨论饮食搭配与人体健康的关系。



第八章 化学与可持续发展

第八章 化学与可持续发展

- 自然资源的开发利用
- 化学品的合理使用
- 环境保护与绿色化学

资源、能源、材料、环保、健康、安全等是当今社会重要的研究主题，化学与这些主题密切相关，在其研究与应用中发挥着重要作用。

按照绿色化学思想和循环经济原则，利用化学变化可以改变原有物质的组成和结构，合成新物质，使之具有更加优异的性能；可以科学、安全、有效和合理地开发自然资源和使用各种化学品，为建设美丽家园发挥化学科学的重要价值。



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

本章内容

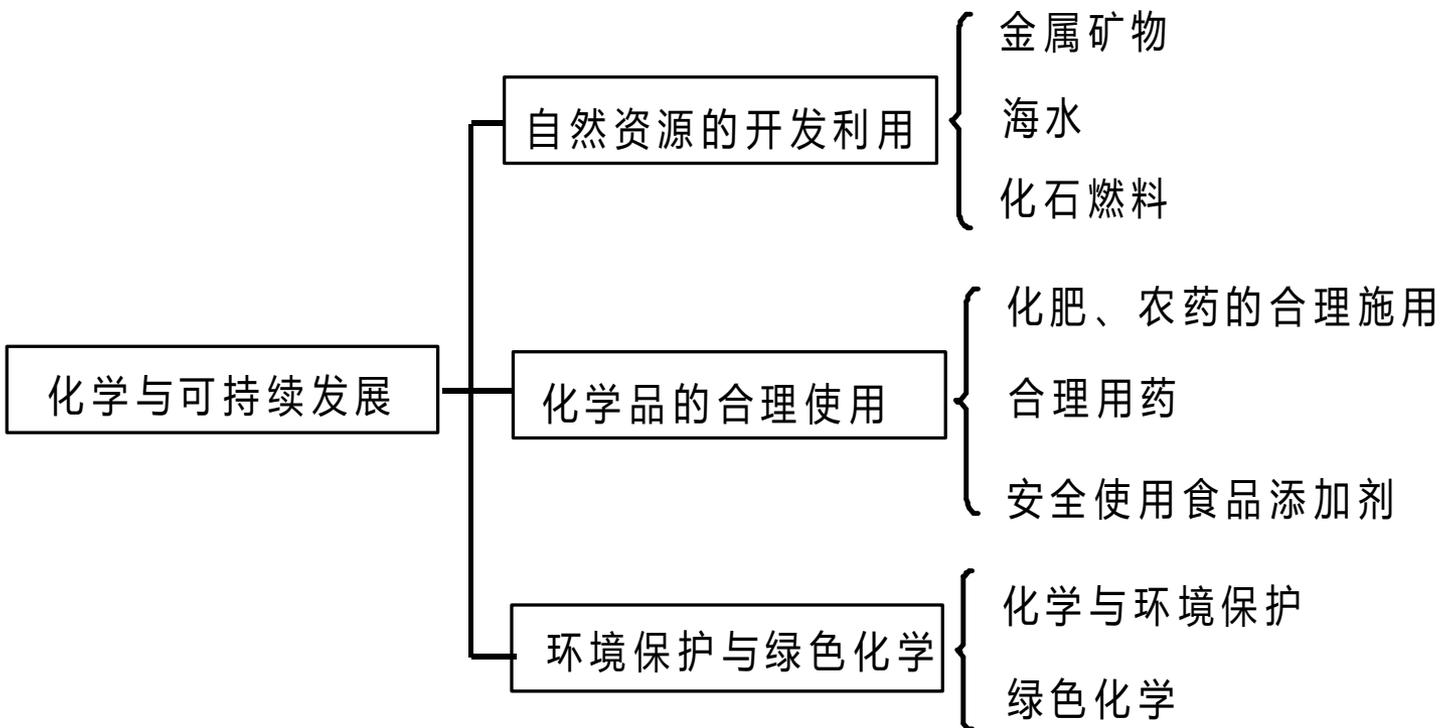
- ④ 第一节 自然资源的开发利用
- ④ 第二节 化学品的合理使用
- ④ 第三节 环境保护与绿色化学



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

内容结构



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

1

开发利用 **金属矿物和海水资源**

第一节

自然资源的开发利用

第二节

化学品的合理使用

2

资源综合利用 **环境保护**

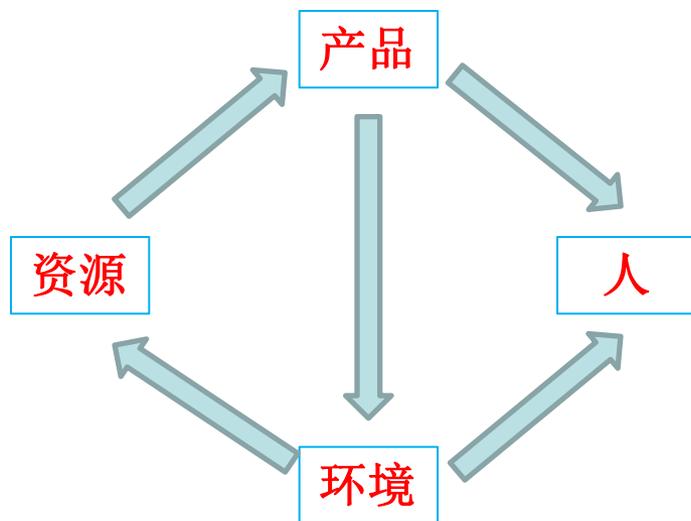
第三节

环境保护与绿色化学



PEOPLES
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

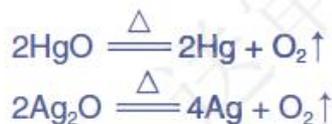


❖ 社会热点问题：

资源、能源、材料、健康、安全、环境
——化学在可持续发展中的重要作用
——科学态度、社会责任

一、金属矿物的开发利用

除了金、铂等极少数金属，绝大多数金属元素以化合物的形式存在于自然界。化学要研究如何合理、高效地开发利用这些金属矿物，将其中的金属从其化合物中还原出来，用于生产各种金属材料，这一过程在工业上称为金属的冶炼。根据金属活泼性的不同，可以采用不同的冶炼方法。对一些不活泼金属，可以直接用加热分解的方法将它们从其化合物中还原出来。例如：



对一些非常活泼的金属，采用一般的还原剂很难将它们从其化合物中还原出来，工业上常用电解法冶炼。例如：



大部分金属的冶炼都是通过高温下发生的氧化还原反应来完成的，常用的还原剂有焦炭、一氧化碳、氢气等，如我们在初中学过的用碳还原氧化铜和一氧化碳还原氧化铁。一些活泼金属也可作还原剂，将相对不活泼的金属从其化合物中置换出来。例如，铝热反应的原理是：



知识总结与应用

7. 制取非金属单质（如 O_2 、 Br_2 和 Cl_2 等）与制取金属单质的化学原理类似，也是主要利用氧化还原反应，采用热分解、置换、电解等方法，使非金属元素由化合态转变为游离态。请结合具体实例，写出有关反应的化学方程式。



PEOPLES
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

资料卡片

海水提溴

目前,从海水中提取的溴占世界溴年生产量的 1/3 左右。空气吹出法是用工业规模海水提溴的常用方法,其中一种工艺是在预先经过酸化的浓缩海水中,用氯气置换溴离子使之成为单质溴,继而通入空气和水蒸气,将溴吹入吸收塔,使溴蒸气和吸收剂 SO_2 发生作用转化成氢溴酸以达到富集的目的。然后,再用氯气将其氧化得到产品溴。

- 真实的生产情境
- 工业应用的复杂性

思考与讨论

溴及其化合物在医药、农药、染料和阻燃剂等的生产中有广泛应用。目前,人们主要从海水和盐湖水中提取溴。

工业上常用的一种海水提溴技术叫做“吹出法”,其过程主要包括氧化(用氯气氧化海水中的溴离子)、吹出(用空气将生成的溴吹出)、吸收(用二氧化硫作还原剂使溴转化为氢溴酸,以使其与空气分离)、蒸馏(再用氯气将氢溴酸氧化为溴后蒸馏分离)等环节(如图8-4)。请分析并讨论以下生产流程,写出氧化和吸收环节主要反应的离子方程式。

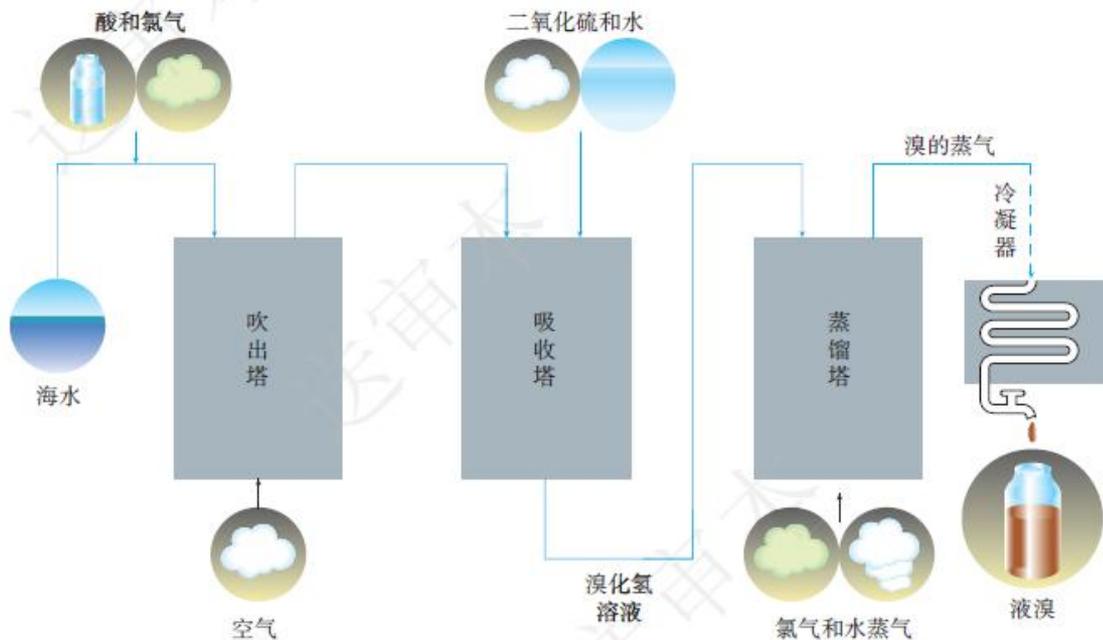


图8-4 海水提溴工艺流程示意图

化学品可以分为大宗化学品和精细化学品两大类。像乙烯、硫酸、纯碱和化肥等属于大宗化学品，医药、农药、日用化学品、食品添加剂等属于精细化学品。生产精细化学品已经成为当代化学工业结构调整的重点之一。科学、安全、有效和合理地使用化学品是每一位生产者和消费者的要求和责任。

一、化肥、农药的合理施用

施用化肥和农药是保障农作物增产、减少农作物损失的重要措施。然而，化肥和农药施用不当也会给人类和环境带来危害。

合理施用化肥，除了要考虑土壤酸碱性、作物营养状况等因素，还必须根据化肥本身的性质进行科学施用。例如，硝酸铵是一种高效氮肥，但受热或经撞击易发生爆炸，因此必须作改性处理后才能施用。由于很多化肥易溶于水，过量施用不仅会造成浪费，部分化肥会随着雨水流入河流和湖泊，造成水体富营养化，产生水华等污染现象。另外，不合理施用化肥还会影响土壤的酸碱性 and 土壤结构。

农药在农作物病虫害的综合防治中占有重要地位。人类早期使用的农药有除虫菊、烟草等植物和波尔多液、石灰硫黄合剂等无机物。后来，人们研制出了有机氯农药、有机磷农药、氨基甲酸酯和拟除虫菊酯类农药等有机合成农药，使农药向着高效、低毒和低残留的方向发展。农药对生态系统和自然环境的影响是广泛而复杂的。例如，农药可能会破坏害虫与天敌之间的生态平衡，一些害虫还会产生抗药性；蜜蜂等传粉昆虫对农药很敏感，大田用药如不注意就会引起这些昆虫的大量死亡；农药



图8-8 除虫菊中含有的除虫菊酯是一种天然杀虫剂

注意事项：

使用后再次进入房间时要注意充分通风。切勿向人畜、食物、餐具直接喷射。切勿将罐体戳破。切勿撞击。切勿倒置喷射。切勿再次充装回收。过敏者禁用，使用中有任何不良反应请及时就医。用后请洗手。对鱼、家蚕有害，蚕室及其附近禁用。

中毒急救：

若不慎溅入眼睛，请立即用大量清水冲洗并及时就医。药液不可吞服，若发生误服或吸入不适请立即就医。若不接触及皮肤，请用肥皂水清洗，并用清水冲洗干净。

储存和运输：

请放在儿童触及不到的地方。储于阴凉、干燥处。勿与食品、种子、饮料、粮食、饲料及易燃易爆品同储同运。本品属压力容器，内含易燃物，切勿受太阳直射，切勿接近火源和电源。切勿放置在温度超过50℃或潮湿的地方，如阳台、厨房、浴室、汽车驾驶室。轻装轻卸，避免暴晒、雨淋。如遇火险，使用二氧化碳、干粉或泡沫灭火。

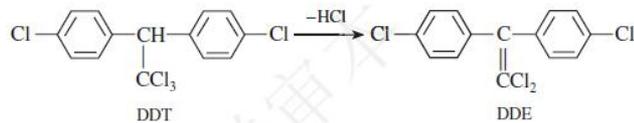
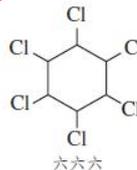


图8-9 某种拟除虫菊酯的杀虫气雾剂及包装上的部分说明文字

历史上，滴滴涕（DDT）和六六六等有有机氯杀虫剂揭开了人类施用有机合成农药的新篇章。它们有较高和较宽广的杀虫活性，对人体的急性毒性较低，还有容易生产、价格低廉等优点。

在第二次世界大战期间和战后，DDT的施用使疟蚊、跳蚤和苍蝇等得到有效的防治，控制了疟疾、伤寒、鼠疫、霍乱等传染病的流行，挽救了数千万人的生命，为人类的卫生防疫事业作出了巨大的贡献。但由于DDT

对光、空气、酸、碱等表现出很稳定的化学性质，难溶于水，易溶于脂肪，大量施用后会长期存在于自然界中而难以降解，并通过食物链富集在动物的脂肪中，从而对鸟类等昆虫的天敌产生慢性毒害。另外，长期施用DDT，一些害虫体内还会逐渐生成一种酶，使DDT发生催化反应脱去HCl变成DDE。结构的改变使DDE的毒性较低，害虫就具有了对DDT的抗药性。



化学物质数量多 常识性介绍



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

药物的分子结构、用量和用时的定性、定量研究是药物设计、合成、筛选和合理用药的基础。分子结构及其修饰往往是决定药效的关键，药物的用量和用时也是影响药效的重要因素。

(1) 青蒿素



20世纪70年代，我国科学家受中医古籍启发，从传统中药中成功分离提取出抗疟疾有效成分青蒿素。他们对青蒿素分子进行结构修饰和改造，得到了一系列抗疟疾新药，挽救了成千上万人的生命，为治疗这种严重影响人类健康的疾病作出了重大贡献。



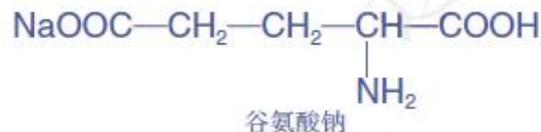
图8-15 我国科学家屠呦呦因青蒿素的研究获2015年诺贝尔生理学或医学奖

1. 着色剂、增味剂

有些食品在加工过程中，其中含有的色素有可能减少、消失或者改变颜色，有些食品营养丰富但色泽较差，添加着色剂可以改善这些状况。天然色素可以从植物或微生物中得到，常见的有红曲红、 β -胡萝卜素、姜黄、叶绿素铜钠盐、焦糖色等。合成色素的着色力强，稳定性好，成本较低，常见的有苋菜红、柠檬黄、靛蓝等。



味精能增加食品的鲜味，是一种常用的增味剂，其化学名称为谷氨酸钠。通常状况下它是一种无色晶体，易溶于水。味精最早是从海带中发现和提取出来的，现在主要以淀粉为原料通过发酵法生产。



② 信息搜索

有人认为“食品添加剂是现代食品工业的灵魂”；有人对此不以为然，还举出近年来发生的一些“食品安全事件”作为证据进行反驳。请分别按照上述观点提到的两个主题搜索信息，并对安全使用食品添加剂的注意事项进行归纳和总结。



图 8-18 《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》

随着食品工业的发展，食品添加剂已成为人类生活中不可缺少的物质，其安全使用问题越来越受到人们的关注。什么物质可以用作食品添加剂，以及食品添加剂的使用量和残留量，相关管理部门都有严格的规定。在**规定范围内合理使用食品添加剂，对人体健康不会产生不良影响。但是违反规定，将一些不能作为食品添加剂的物质当作食品添加剂，或者超量使用食品添加剂，都会损害人体健康。**

表 8-2 部分防腐剂和抗氧化剂的使用规定

(摘自 GB 2760—2014《食品安全国家标准 食品添加剂使用标准》)

功能类别	食品添加剂	使用范围 (举例)	最大 使用量 ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
防腐剂	苯甲酸及其钠盐	果蔬汁(浆)类饮料	1.0
		酱油、醋、酱及酱制品	1.0
		腌渍的蔬菜	1.0
	山梨酸及其钾盐	面包、糕点	1.0
熟肉制品		0.075	
		预制水产品(半成品)	0.075
抗氧化剂	抗坏血酸 (维生素C)	去皮或预切的鲜水果	5.0
	丁基羟基茴香醚 (BHA)	脂肪、油和乳化脂肪制品	0.2

③ 资料卡片

食品添加剂的使用

食品添加剂使用时应符合以下基本要求：

- ① 不应对人体产生任何健康危害；
- ② 不应掩盖食品腐败变质；
- ③ 不应掩盖食品本身或加工过程中的质量缺陷，或以掺杂、掺假、伪造为目的而使用食品添加剂；
- ④ 不应降低食品本身的营养价值；
- ⑤ 在达到预期效果的前提下尽可能降低在食品中的使用量。

在下列情况下可使用食品添加剂：

- ① 保持或提高食品本身的营养价值；
- ② 作为某些特殊膳食用食品的必要配料或成分；
- ③ 提高食品的质量和稳定性，改进其感官特性；
- ④ 便于食品的生产、加工、包装、运输或者储藏。

🌿 相关法律法规

🌿 根据法规进行判断，分析问题



PEOPLE'S
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

第三节

环境保护与绿色化学

人类和其他生物生存的生物圈与大气圈、水圈和岩石圈不断地进行着物质和能量的交换，共同构成了地球生态系统。通常所说的环境问题，主要是指由于人类不合理地开发和利用自然资源而造成的生态环境破坏，以及工农业生产和人类生活所造成的环境污染。

一、化学与环境保护

要研究污染物的存在、分布和转化规律，就需要对污染物的存在形态、含量等进行分析和测定，为控制和消除污染提供可靠的数据。化学工作者所承担的环境质量监测工作是进行环境质量评价和污染治理的基础。

工业生产需要大量的原料，消耗大量的能源，在得到所需产品的同时产生了大量废气、废水和废渣（简称“三废”），处理不当就会污染环境。化学在“三废”治理方面发挥着重要的作用。

除了自然因素，大气污染物主要来自化石燃料的燃烧和工业生产过程产生的废气及其携带的颗粒物。这些污染物在太阳辐射等因素作用下，经过复杂变化形成次生污染物（如图8-21），在一定的天气条件下会造成酸雨、雾霾、光化学烟雾等污染现象。

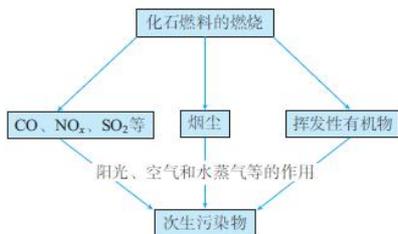


图8-21 次生污染物的形成示意图

新增内容

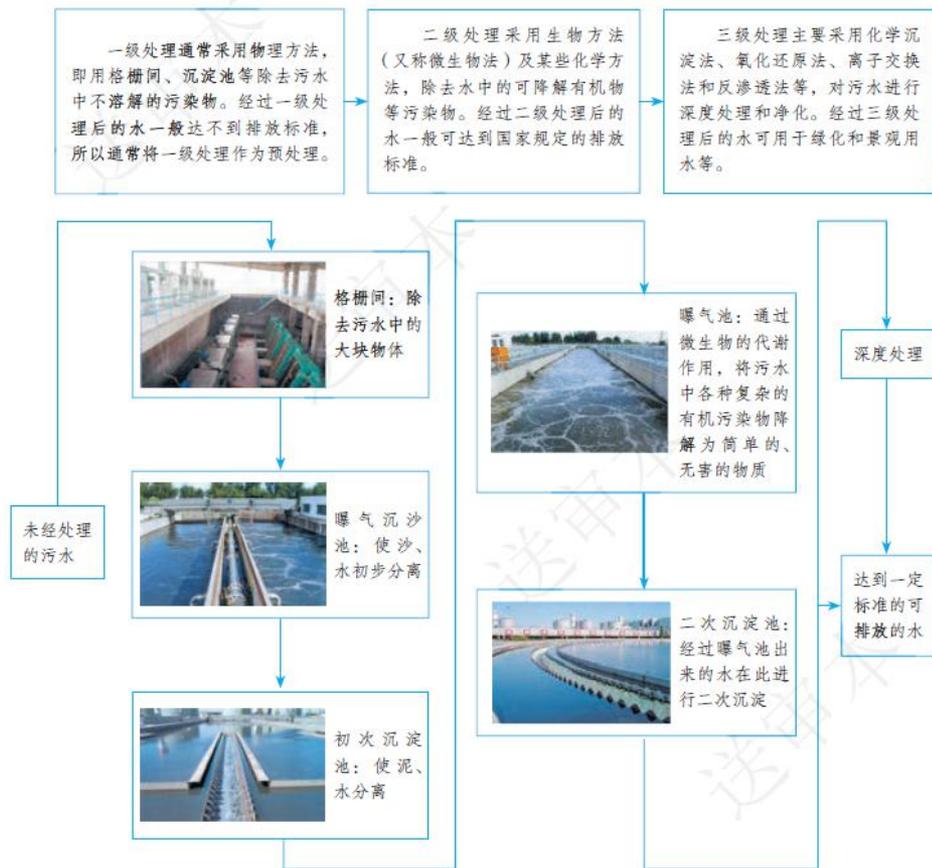


图8-22 污水处理流程示意图

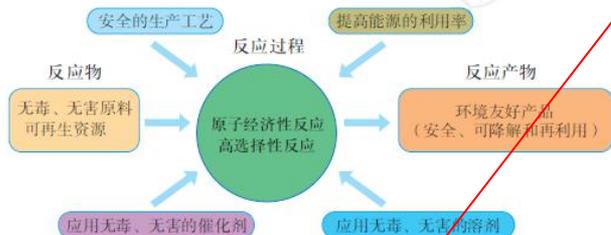


PEOPLES
EDUCATION
PRESS

人民教育出版社

长期以来,科学技术为人类带来了巨大的物质财富,而社会发展却面临着越来越大的环境压力。如何协调资源开发利用与环境保护的关系,实现人类社会的可持续发展?绿色化学的理论和实践为人类解决环境问题提供了全新的思路。

绿色化学也称环境友好化学,其核心思想就是改变“先污染后治理”的观念和做法,利用化学原理和技术手段,减少或消除产品在生产和应用中涉及的有害化学物质,实现从源头减少或消除环境污染(如图8-24)。



化学与职业

化学的积极作用

- 科学态度、社会责任
- 化学的正面形象

行动



图8-20 大气环境和水环境监测

大气、水和土壤与人们的生活息息相关,保护环境是我们的共同责任。环境保护工程师的主要工作是预防和治理环境污染,包括对环境问题的调查研究、分析监测、管理监督和对环境污染的控制与治理等。例如,应用光谱分析、滴定分析等化学分析方法对环境中的污染物进行分析和鉴定;研究大气中 PM_{10} 浓度、 $PM_{2.5}$ 浓度和臭氧浓度;测定土壤和水样品的成分,检测其中的农药残留和废弃物污染等。这些数据、分析和研究,既可作为向公众发布环境信息、提供生活服务的基础,也可为政府决策提出相应的环境保护和治理方案,为制定政策提供参考。环境保护工程师在一些研究单位和企业从事着与环境保护相关的工作,如规划和建造污水处理厂、城市资源再生系统,规划、设计居

环境保护工程师

民区的给排水系统,监控和治理各类生产中“三废”的排放等。

环境保护是一项关乎国计民生的事业,要想成为一名合格的环境保护工程师,必须要有高度的社会责任感,并具备分析化学、环境化学、环境微生物学、环境监测、环境质量评价和环境工程等相关的知识。

图8-26 环境保护工程师在监测站点查看 $PM_{2.5}$ 监测设备运行情况



敬请批评指正！