

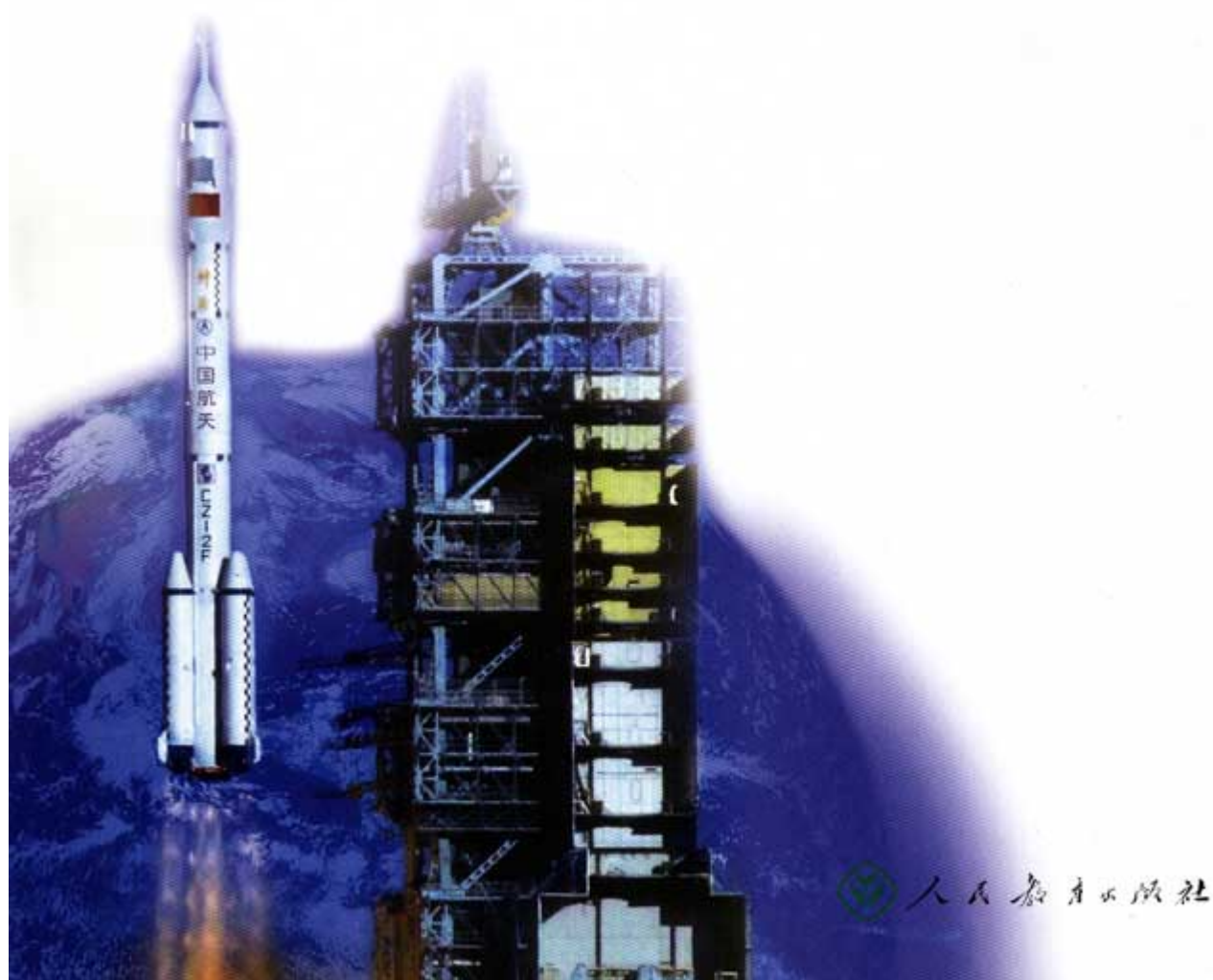
经全国中小学教材审定委员会  
2004年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

# 化学 ②

必修

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
化学课程教材研究开发中心



人民教育出版社

主 编：宋心琦  
副 主 编：王 晶 李文鼎

本册主编：宋心琦  
副 主 编：王 晶  
编写人员：王 晶 王作民 李 桢 吴海建 宋心琦（按编写顺序）  
责任编辑：冷燕平  
美术编辑：李宏庆  
摄 影：朱 京  
绘 图：李宏庆 王国栋

普通高中课程标准实验教科书

化学 2

必修

人民教育出版社 课程教材研究所 编著  
化学课程教材研究开发中心

\*

人民教育出版社出版发行

（北京沙滩后街 55 号 邮编：100009）

网址：<http://www.pep.com.cn>

人民教育出版社印刷厂印装 全国新华书店经销

\*

开本：890 毫米×1 240 毫米 1/16 印张：6.5 插页：1 字数：109 000

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 7-107-17649-8 定价：9.45 元  
G·10738（课）

著作权所有·请勿擅用本书制作各类出版物·违者必究  
如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版社联系调换。  
（联系地址：北京市方庄小区芳城园三区 13 号楼 邮编：100078）

# 目 录

<b>第一章 物质结构 元素周期律</b>	<b>2</b>
第一节 元素周期表	4
第二节 元素周期律	12
第三节 化学键	19
归纳与整理	24
<b>第二章 化学反应与能量</b>	<b>26</b>
第一节 化学能与热能	28
第二节 化学能与电能	34
第三节 化学反应的速率和限度	41
归纳与整理	49
<b>第三章 有机化合物</b>	<b>50</b>
第一节 最简单的有机化合物——甲烷	52
第二节 来自石油和煤的两种基本化工原料	58
第三节 生活中两种常见的有机物	66
第四节 基本营养物质	71
归纳与整理	77
<b>第四章 化学与可持续发展</b>	<b>78</b>
第一节 开发利用金属矿物和海水资源	80
第二节 化学与资源综合利用、环境保护	86
归纳与整理	94
结束语	95
附录 I 相对原子质量表	97
附录 II 部分酸、碱和盐的溶解性表 (20 ℃)	98
附录 III 一些常见元素中英文名称对照表	99
元素周期表	





















































The periodic table shows elements with their symbols, atomic numbers, and names. A central diagram illustrates an atom with a nucleus of red and white spheres and a surrounding electron cloud. The table is organized into groups labeled IIIIB, IVB, VB, VIB, VIIB, VIIIB, VIII, and VII.

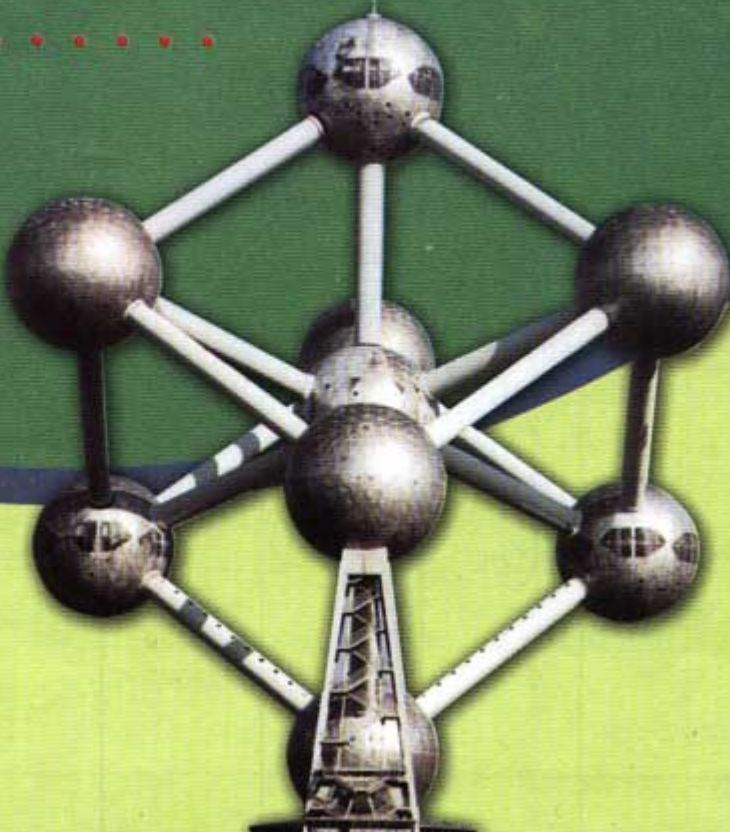
**第一章**

## 物质结构 元素周期律

丰富多彩的物质世界是由一百多种元素组成的,这些元素有着不同的性质,如有的元素性质活泼,可以与其他元素形成化合物,有的元素性质不活泼,不易与其他元素形成化合物,等等。面对这么多不同的元素,我们怎样才能更好地认识它们呢?



			 10.81 5 <b>B</b>	 12.01 6 <b>C</b>	 14.01 7 <b>N</b>	 16.00 8 <b>O</b>	 19.00 9 <b>F</b>	 20.18 10 <b>Ne</b>			
			 26.98 13 <b>Al</b>	 28.09 14 <b>Si</b>	 30.97 15 <b>P</b>	 32.06 16 <b>S</b>	 35.45 17 <b>Cl</b>	 39.95 18 <b>Ar</b>			
11 <b>IB</b>		12 <b>IIB</b>		 63.55 29 <b>Cu</b>	 65.41 30 <b>Zn</b>	 69.72 31 <b>Ga</b>	 72.64 32 <b>Ge</b>	 74.92 33 <b>As</b>	 78.96 34 <b>Se</b>	 79.90 35 <b>Br</b>	 83.90 36 <b>Kr</b>
 <b>Ni</b>	 63.55 29 <b>Cu</b>	 65.41 30 <b>Zn</b>	 69.72 31 <b>Ga</b>	 72.64 32 <b>Ge</b>	 74.92 33 <b>As</b>	 78.96 34 <b>Se</b>	 79.90 35 <b>Br</b>	 83.90 36 <b>Kr</b>			
 <b>Pd</b>	 107.9 47 <b>Ag</b>	 112.4 48 <b>Cd</b>	 114.8 49 <b>In</b>	 118.7 50 <b>Sn</b>	 121.8 51 <b>Sb</b>	 127.6 52 <b>Te</b>	 126.9 53 <b>I</b>	 131.3 54 <b>Xe</b>			
 <b>Pt</b>	 197.0 79 <b>Au</b>	 200.6 80 <b>Hg</b>	 204.4 81 <b>Tl</b>	 207.2 82 <b>Pb</b>	 209.0 83 <b>Bi</b>	 209 84 <b>Po</b>	 210 85 <b>At</b>	 222 86 <b>Rn</b>			
 <b>Jun</b>	 272 111 <b>Uuu</b>	 285 112 <b>Uub</b>	.....								





# 1 元素周期表

元素周期表 periodic table of elements

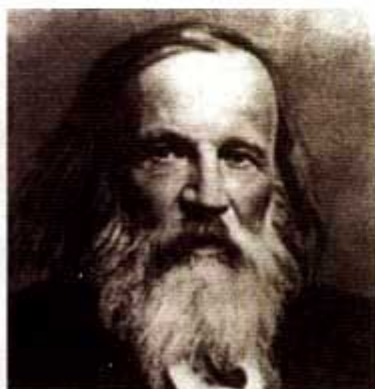


图 1-1 门捷列夫  
Д. И. Менделеев (1834—1907)

## 一、元素周期表

1869 年，俄国化学家门捷列夫将元素按照相对原子质量由小到大依次排列，将化学性质相似的元素放在一个纵行，通过分类、归纳，制出了第一张元素周期表，揭示了化学元素间的内在联系，使其构成了一个完整的体系，成为化学发展史上的重要里程碑之一。

随着化学科学的不断发展，元素周期表中为未知元素留下的空位先后被填满，周期表的形式也变得更加完美。当原子结构的奥秘被发现以后，元素周期表中元素的排序依据由相对原子质量改为原子的核电荷数，周期表也逐渐演变成现在我们常用的形式。

按照元素在周期表中的顺序给元素编号，得到原子序数。在发现原子的组成及结构之后，人们发现，原子序数与元素的原子结构之间存在着如下关系：

$$\text{原子序数} = \text{核电荷数} = \text{质子数} = \text{核外电子数}$$

在周期表中，把电子层数目相同的元素，按原子序数递增的顺序从左到右排成横行，再把不同横行中最外层电子数相同

周期	IA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0	电子层	最外层电子数		
1	1 H 1.008																2 He 4.003	K	2		
2	3 Li 6.941	4 Be 9.012											5 B 10.81	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18	L K	8 2	
3	11 Na 22.99	12 Mg 24.31	金属	过渡元素						13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.97	16 S 32.07	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95	M L K	8 8 2				
4	19 K 39.10	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.87	23 V 50.94	24 Cr 52.00	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.93	28 Ni 58.69	29 Cu 63.55	30 Zn 65.41	31 Ga 69.72	32 Ge 72.64	33 As 74.92	34 Se 78.96	35 Br 79.90	36 Kr 83.80	N M L K	8 18 8 2	
5	37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.91	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.94	43 Tc [98]	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3	O N M L K	8 18 18 8 2	
6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 La-Lu 镧系	72 Hf 178.5	73 Ta 180.9	74 W 183.8	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po [210]	85 At [210]	86 Rn [222]	P O N M L K	8 18 32 18 8 2	
7	87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf [261]	105 Db [262]	106 Sg [266]	107 Bh [264]	108 Hs [277]	109 Mt [268]	110 Uu [281]	111 Uuh [272]	112 Uub [285]	.....								

图 1-2 元素周期表

的元素，按电子层数递增的顺序由上而下排成纵行。

元素周期表有 7 个横行，叫做周期。每一周期中元素的电子层数相同，从左到右原子序数递增，周期的序数就是该周期元素具有的电子层数。第一周期最短，只有两种元素；第二、三周期各有 8 种元素，称为短周期；其他周期均为长周期。

周期表有 18 个纵行，称为族，族有主族和副族之分。在周期表中，主族元素的族序数后标 A，副族元素在族序数后标 B(见周期表)。最外层电子数为 8 的元素化学性质不活泼，通常很难与其他物质发生化学反应，把它们的化合价定为 0，因而叫做 0 族<sup>①</sup>。

在周期表中有些族还有一些特别的名称。例如：

第 I A 族：碱金属元素

第 VII A 族：卤族元素

0 族：稀有气体元素

原子序数 atomic number

周期 period

族 group

<sup>①</sup> 1989 年 IUPAC 建议用 1~18 列替代原主族、副族等。

## 二、元素的性质与原子结构

### 1. 碱金属元素

#### 科学探究

1. 查阅元素周期表中的有关信息，填写下表。

	元素名称	元素符号	核电荷数	原子结构示意图	最外层电子数	电子层数
碱金属元素	锂					
	钠					
	钾					
	铷					
	铯					





图 1-3 钾在空气中燃烧

通过观察碱金属的原子结构示意图，你能发现碱金属元素的原子结构有什么共同之处吗？

2. 实验：

(1) 将一干燥的坩埚加热，同时取一小块钾，擦干表面的煤油后，迅速投到热坩埚中(如图 1-3)，观察现象。回忆钠与氧气的反应，进行对比。

(2) 在培养皿中放入一些水，然后取绿豆大的钾，用滤纸吸干表面的煤油，投入培养皿中，观察现象。回忆钠与水的反应，进行对比。



图 1-4 钾与水反应



图 1-5 钠与水反应

	钾	钠
与氧气反应		
与水反应		

3. 思考与交流：通过回忆和观察钠和钾的实验，思考并讨论钠和钾的性质有什么相似性和不同。你认为元素的性质与它们的原子结构有关系吗？

通过大量实验和研究，人们得出了如下结论：

● 碱金属元素原子的最外层都有 1 个电子，它们的化学性质相似，正如上述实验所示，它们都能与氧气等非金属单质以及水反应。例如：





而且，上述反应的产物中，碱金属元素的化合价都是+1。

● 随着核电荷数的增加，碱金属元素原子的电子层数逐渐增多，原子核对最外层电子的引力逐渐减弱。所以，碱金属元素的性质也有差异，从锂到铯金属性<sup>①</sup>逐渐增强，如钾与氧气或水反应比钠的反应剧烈，铷、铯的反应更剧烈。

碱金属在物理性质上也表现出一些相似性和规律性。例如，除铯外，其余的都呈银白色；它们都比较柔软，有延展性。碱金属的密度都比较小，熔点也都比较低，导热性和导电性也都很好，如液态钠可用作核反应堆的传热介质。

<sup>①</sup> 元素金属性强弱可以从其单质与水(或酸)反应置换出氢的难易程度，以及它们的最高价氧化物的水化物——氢氧化物的碱性强弱来比较。

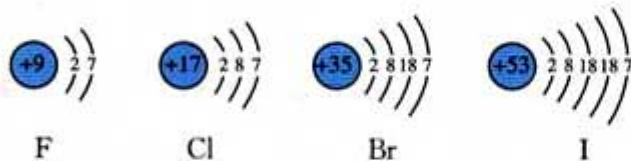
表 1-1 碱金属的主要性质

碱金属 单质	颜色和状态	密度	熔点	沸点
		( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Li	银白色，柔软	0.534	180.5	1 347
Na	银白色，柔软	0.97	97.81	882.9
K	银白色，柔软	0.86	63.65	774
Rb	银白色，柔软	1.532	38.89	688
Cs	略带金属光泽，柔软	1.879	28.40	678.4

## 2. 卤族元素

### 学与问

卤族元素的原子结构如下所示：



根据卤素的原子结构，请你试着推测一下氟、氯、溴、碘在化学性质上所表现的相似性和递变性。

● 资料卡片

卤素单质的物理性质

卤素单质	颜色和状态	密度	熔点 /℃	沸点 /℃
F <sub>2</sub>	淡黄绿色气体	1.69 g/L(15 ℃)	-219.6	-188.1
Cl <sub>2</sub>	黄绿色气体	3.214 g/L(0 ℃)	-101	-34.6
Br <sub>2</sub>	深红棕色液体	3.119 g/cm <sup>3</sup> (20 ℃)	-7.2	58.78
I <sub>2</sub>	紫黑色固体	4.93 g/cm <sup>3</sup>	113.5	184.4

(1) 卤素单质与氢气反应

$H_2 + F_2 \xrightarrow{\quad} 2HF$	在暗处能剧烈化合并发生爆炸，生成的氟化氢很稳定
$H_2 + Cl_2 \xrightarrow{\quad} 2HCl$	光照或点燃发生反应，生成的氯化氢较稳定
$H_2 + Br_2 \xrightarrow{\quad} 2HBr$	加热至一定温度才能反应，生成的溴化氢不如氯化氢稳定
$H_2 + I_2 \xrightarrow{\quad} 2HI$	不断加热才能缓慢反应；碘化氢不稳定，同时发生分解

随着核电荷数的增多，卤素单质与氢气的反应呈下述规律性变化：



剧烈程度：\_\_\_\_\_

生成的氢化物的稳定性：\_\_\_\_\_

(2) 卤素单质间的置换反应

类似于通过金属与盐溶液的置换反应可以比较金属还原性的强弱，通过卤素间的置换反应实验，我们也可以比较出卤素氧化性的强弱。

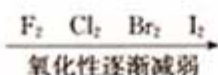


### 实验 1-1

完成下列实验，观察现象。写出有关反应的化学方程式。

实 验	现 象	化学方程式
1. 将少量新制的饱和氯水分别加入盛有 NaBr 溶液和 KI 溶液的试管中，用力振荡后加入少量四氯化碳，振荡、静置		① $2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 \longrightarrow 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$ ②
2. 将少量溴水加入盛有 KI 溶液的试管中，用力振荡后加入少量四氯化碳，振荡、静置		③

随着核电荷数的增加，卤素单质的氧化性强弱顺序为：



通过比较碱金属单质与氧气、水的反应，以及卤素单质与氢气的反应、卤素单质间的置换反应，我们可以看出，元素性质与原子结构有密切的关系，主要与原子核外电子的排布，特别是最外层电子数有关。原子结构相似的一族元素，它们在化学性质上表现出相似性和递变性。

### 思考与交流

讨论同主族元素随着原子核外电子层数的增加，它们得失电子能力、金属性、非金属性递变的趋势。

## 三、核素

元素的性质与原子核外电子有密切的关系。那么，元素的性质与原子核有什么关系吗？

原子的质量主要集中在原子核上，质子和中子的相对质量都近似为 1，如果忽略电子的质量，将核内所有质子和中子的相对质量取近似值加起来，所得的数值叫做质量数。

质量数(A) = 质子数(Z) + 中子数(N)

例如，氢元素的原子核中，中子数不相同，如下表。

①  ${}^A_ZX$  代表一个质量数为  $A$ 、质子数为  $Z$  的原子。

氢元素的原子核		原子名称	原子符号 ( ${}^A_ZX$ ) <sup>①</sup>
质子数( $Z$ )	中子数( $N$ )		
1	0	氕(piě)	${}^1_1\text{H}$
1	1	氘(dāo)	${}^2_1\text{H}$ 或 D
1	2	氚(chuān)	${}^3_1\text{H}$ 或 T

核素 nuclide  
同位素 isotope

精确的测定结果证明，同种元素原子的原子核中，中子数不一定相同。把具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子叫做核素，如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 就各为一种核素。质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称为同位素（即同一元素的不同核素互称为同位素），如 ${}^1_1\text{H}$ 、 ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 三种核素都是氢的同位素。“同位”即指核素的质子数相同，在元素周期表中占相同的位置。

同位素有的是天然存在的，而且相互间保持一定的比率。元素的相对原子质量，就是按照各种同位素原子所占的一定百分比算出的平均值。许多元素都有同位素；如氧元素有 ${}^{16}_8\text{O}$ 、 ${}^{17}_8\text{O}$ 和 ${}^{18}_8\text{O}$ 三种同位素；碳元素有 ${}^{12}_6\text{C}$ 、 ${}^{13}_6\text{C}$ 和 ${}^{14}_6\text{C}$ 等同位素；铀元素有 ${}^{238}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{235}_{92}\text{U}$ 、 ${}^{234}_{92}\text{U}$ 等多种同位素；等等。同位素在日常生活、工农业生产和科学研究中有着重要的用途，如考古时利用 ${}^{14}_6\text{C}$ 测定一些文物的年代， ${}^2_1\text{H}$ 和 ${}^3_1\text{H}$ 用于制造氢弹，利用放射性同位素释放的射线育种、治疗癌症和肿瘤等。

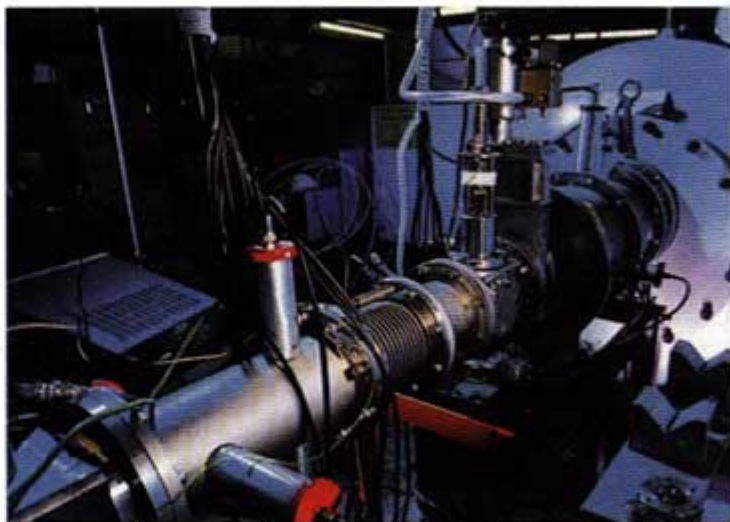


图 1-6  ${}^{14}_6\text{C}$  射线测定装置



### 实践活动

1. 查阅资料(如书刊、网络等), 搜集不同形式的元素周期表。
2. 根据你对元素知识和对分类方法的认识, 试一试自己制作元素周期表。
3. 将你的成果在班上发表, 或以墙报、黑板报等形式与大家交流。

### 习题

1. 查阅元素周期表, 从每个方格中可以得到哪些信息? 以一种元素为例, 将你获得的信息用图表示出来。
2. 在元素周期表中找到金、银、铜、铁、锌、钛的位置(周期和族), 并指出这些元素的核电荷数。
3. 寻找你家中的食品、调味品、药品、化妆品、洗涤剂、清洁剂及杀虫剂等, 查阅标签或说明书, 看一看哪些物品中含有卤族元素。试着向你的家人说明其中卤素的有关性质。
4. 甲、乙、丙、丁四种元素的原子序数如表中所示, 从周期表中找出这四种元素。

(1) 填写下表

元素	甲	乙	丙	丁
原子序数	6	8	11	13
元素符号				
周期				
族				

(2) 写出这几种元素的单质间反应的化学方程式:

甲与乙: \_\_\_\_\_

乙与丙: \_\_\_\_\_

乙与丁: \_\_\_\_\_

5. 截止到1999年, 人们已经发现了113种元素, 是否可以说我们已经发现了113种原子? 为什么?
6. 通过各种渠道收集资料, 了解放射性同位素在能源、农业、医疗、考古等方面的应用。以讨论、讲演、墙报等形式在班上交流。

# 2

## 元素周期律

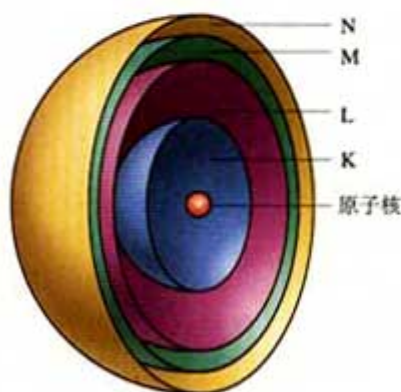


图 1-7 电子层模型示意图



图 1-8 钠原子的核外电子排布

### 一、原子核外电子的排布

原子是由原子核和核外电子构成的。在含有多个电子的原子中，电子分别在能量不同的区域内运动。我们把不同的区域简化为不连续的壳层，也称作电子层(有人把这种电子层模型比拟为洋葱式结构，参看图 1-7)，分别用  $n=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  或 K、L、M、N、O、P、Q 来表示从内到外的电子层。

在多电子原子中，电子的能量是不相同的。在离核较近的区域内运动的电子能量较低，在离核较远的区域内运动的电子能量较高。由于原子中的电子是处在原子核的引力场中(类似于地球上的万物处于地心的引力场中)，电子总是尽可能地先从内层排起，当一层充满后再填充下一层。那么，每个电子层最多可以排布多少个电子呢？

根据原子光谱和理论分析(其中包括元素周期表的启示)的结果，人们得出了原子核外电子排布的规律。

表 1-2 核电荷数为 1~20 的元素原子核外电子层排布

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数			
			K	L	M	N
1	氢	H	1			
2	氦	He	2			
3	锂	Li	2	1		
4	铍	Be	2	2		
5	硼	B	2	3		
6	碳	C	2	4		
7	氮	N	2	5		
8	氧	O	2	6		
9	氟	F	2	7		
10	氖	Ne	2	8		



续表

核电荷数	元素名称	元素符号	各电子层的电子数			
			K	L	M	N
11	钠	Na	2	8	1	
12	镁	Mg	2	8	2	
13	铝	Al	2	8	3	
14	硅	Si	2	8	4	
15	磷	P	2	8	5	
16	硫	S	2	8	6	
17	氯	Cl	2	8	7	
18	氩	Ar	2	8	8	
19	钾	K	2	8	8	1
20	钙	Ca	2	8	8	2

## 二、元素周期律

### 科学探究

1. 在下表中写出元素周期表前三周期元素(1~18号)的符号及原子的核外电子排布(用原子结构示意图表示)。

原子序数	1							2
元素名称	氢							氦
元素符号								
核外电子排布								
主要化合价	+1							0
原子序数	3	4	5	6	7	8	9	10
元素名称	锂	铍	硼	碳	氮	氧	氟	氖
元素符号								
核外电子排布								
最高正化合价或最低负化合价	+1	+2	+3	+4 -4	+5 -3	-2	-1	0

续表

原子序数	11	12	13	14	15	16	17	18
元素名称	钠	镁	铝	硅	磷	硫	氯	氩
元素符号								
核外电子排布								
最高正化合价或 最低负化合价	+1	+2	+3	+4 -4	+5 -3	+6 -2	+7 -1	0

2. 观察上面的表格，思考并讨论：随着原子序数的递增，原子的核外电子层排布呈现什么规律性的变化？元素的化合价呈现什么规律性的变化？

原子序数	电子层数	最外层电子数	最高或最低化合价的变化
1~2	1	1→2	+1 → 0
3~10			+1 → +5 -4 → -1 → 0
11~18			
结论：			

通过上面的讨论我们知道，随着原子序数的递增，元素原子的电子层排布和化合价都呈现周期性变化。那么，元素的金属性和非金属性<sup>①</sup>是否也随原子序数的变化呈现周期性变化呢？我们通过第三周期元素的一些化学性质来探讨这一问题。

<sup>①</sup> 元素的非金属性强弱可以从其最高价氧化物的水化物的酸性强弱，或与氢气生成气态氢化物的难易程度以及氢化物的稳定性来推断。

### 科学探究

#### 1. 实验：

(1) 取一小段镁带，用砂纸磨去表面的氧化膜，放入试管中。向试管中加入2 mL水，并滴入2滴酚酞溶液。观察现象。过一会儿加热试管至水沸腾。观察现象。

现象	
化学方程式	

(2) 取一小段镁带和一小片铝，用砂纸磨去它们表面的氧化膜，分别放入两支试管，再各加入2 mL 1 mol/L 盐酸。观察发生的现象。



	Mg	Al
现象		
化学方程式		

2. 讨论：

(1) 回忆钠与水反应的现象，比较镁和钠与水反应的难易程度。

(2) 比较镁和铝与盐酸反应的难易程度。

(3) 比较钠、镁、铝的最高价氧化物对应的水化物(氢氧化物)碱性强弱。

	Na	Mg	Al
单质与水(或酸)反应	与冷水反应：_____	与冷水反应缓慢，与沸水反应迅速，放出氢气；与酸反应剧烈，放出氢气	与酸反应：_____
最高价氧化物对应的水化物碱性强弱	NaOH _____	Mg(OH) <sub>2</sub> 中强碱	Al(OH) <sub>3</sub> _____

(4) 通过以上实验和讨论，你能推断出钠、镁、铝的金属性强弱吗？

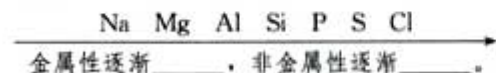


金属性逐渐\_\_\_\_\_。

3. 资料

	Si	P	S	Cl
单质与氢气反应的条件	高温	磷蒸气与氢气能反应	加热	光照或点燃时发生爆炸而化合
最高价氧化物对应的水化物(含氧酸)酸性强弱	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 弱酸	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> 中强酸	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 强酸	HClO <sub>4</sub> 强酸(比 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 酸性强)

4. 通过以上对第三周期元素性质的比较，我们可以得出的结论：



对其他周期元素性质进行研究，也可以得到类似的结论。

元素周期律

periodic law of elements

通过大量事实，人们归纳出一条规律：元素的性质随着原子序数的递增而呈周期性的变化。这一规律叫做元素周期律。

### 三、元素周期表和元素周期律的应用

元素在周期表中的位置，反映了元素的原子结构和元素的性质。在有了元素周期律以后，我们可以根据元素在周期表中的位置推测其原子结构和性质；或根据元素的原子结构推测它在周期表中的位置。

我们可以在周期表中给金属元素和非金属元素分区。如图 1-9 所示，虚线左面是金属元素，虚线右面是非金属元素，最右一个纵行是稀有气体元素。由于元素的金属性与非金属性之间并没有严格的界线，位于分界线附近的元素既能表现出一定的金属性，又能表现出一定的非金属性。在周期表中，主族元素从上到下、从左到右，元素的金属性和非金属性存在着一定的递变规律。

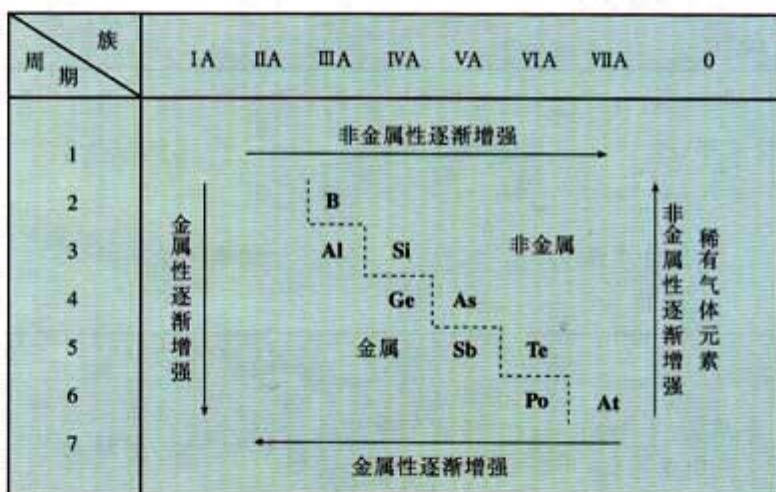


图 1-9 元素金属性和非金属性的递变

### 学与问

什么元素的金属性最强？什么元素的非金属性最强？它们分别位于元素周期表中的什么位置？

元素的化合价与元素在周期表中的位置有一定的关系。例如：

1. 主族元素的最高正化合价等于它所处的族序数，因为



族序数与最外层电子(价电子<sup>①</sup>)数相同。

2. 非金属元素的最高正化合价，等于原子所能失去或偏移的最外层电子数，而它的负化合价则等于使原子达到8电子稳定结构所需得到的电子数。所以，非金属元素的最高正化合价和它的负化合价的绝对值之和等于8。

元素周期表是元素周期律的具体表现形式，是学习化学的一种重要工具。过去，门捷列夫曾用周期律预言未知元素并得到证实。此后，科学家在周期律和周期表的指导下，对元素性质进行了系统研究，并为新元素的发现及预测它们的原子结构和性质提供了线索。

元素周期表和元素周期律对于其他与化学相关的科学技术也有指导作用。例如，在周期表中金属与非金属的分界处，可以找到半导体材料，如硅、锗等，半导体器件的研制正是开始于锗，后来发展到研制与它同族的硅。又如，农药由含砷的有机物发展成为对人畜毒性较低的含磷有机物等，通常制造的农药，所含有的氟、氯、硫、磷等在周期表中的位置靠近，在一定的区域内。人们还在过渡元素中寻找催化剂和耐高温、耐腐蚀的合金材料。

由于在周期表中位置靠近的元素性质相近，在周期表一定区域内寻找元素，发现物质的新用途被视为一种相当有效的方法。

### 科学视野

### 人造元素

元素周期表都是由氢开始的，也曾有人建议由原子序数为0的中子开始。而把H的原子序数定为1，已是不需更改的事实。那么，元素周期表中的元素数目是否有限呢？理论物理学家对此已有多种估计，而对于崇尚实验的实验物理学家和化学家来说，从未放弃过人造元素的努力。

人造元素的关键是用某种元素的原子核作为“炮弹”来轰击另一种元素的原子核，当它的能量足以“击穿”原子核的“坚壳”使其熔合成新核时，质子数改变了，新元素也就产生了。质子数的改变严格地遵从加法规则，如用硼(原子序数为5)轰击铀(原子序数为98)，得到103号元素镅(1961年)；用铬(原子序数为24)轰击铅(原子序数为82)得到106号元素镗(1974年)。元素周期表成了核物理学家手中的一张十分特殊的加法表。不过，实现核反应远非做加法那样轻而易举，要有

<sup>①</sup> 元素的化合价与原子的最外层电子数有密切的关系，所以，元素原子的最外电子层中的电子也叫价电子。

### 资料卡片

门捷列夫在研究元素周期表时，科学地预言了11种尚未发现的元素，为它们在周期表中留下空位。例如，他发现在铝的下方有一个与铝类似的元素“类铝”，并预测了它的性质。1875年，法国化学家发现了这种元素，将它命名为镓。镓的性质与门捷列夫推测的一样。

门捷列夫还预言了锗的存在和性质，多年后也得到了证实。

	预测	锗
相对原子量	72	72.6
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	5.5	5.32
氧化物	MO <sub>2</sub>	GeO <sub>2</sub>
氧化物密度	4.7	4.72
氯化物	MCl <sub>4</sub>	GeCl <sub>4</sub>
氯化物熔点	<100℃	84℃

昂贵的特殊实验装置(如回旋加速器)和高超的实验技术。设想与实际之间的差别如此之大，正是事物的两个方面，也正是科学引人入胜之处。

## 习 题

1. 在元素周期表中金属元素和非金属元素的分界线附近的一些元素能用于制( )。  
A. 合金      B. 半导体      C. 催化剂      D. 农药
  2. 比较下列各组中两种元素金属性或非金属性的强弱。  
(1) Na、K      (2) B、Al      (3) P、Cl      (4) S、Cl      (5) O、S
  3. 根据元素在周期表中的位置，判断下列各组化合物的水溶液的酸、碱性的强弱。  
(1)  $H_3PO_4$  和  $HNO_3$       (2)  $Ca(OH)_2$  和  $Mg(OH)_2$       (3)  $Al(OH)_3$  和  $Mg(OH)_2$
  4. 钫是人工合成的金属元素。根据它在元素周期表中的位置，你能推测出它的一些性质吗？如颜色、状态、与水反应的剧烈程度、金属性强弱等。
  5. 镁和钙是第 IIA 主族元素。
    - (1) 镁和钙都能与水反应产生氢气，镁反应缓慢，钙则反应较快。请推测同主族的铍和钡与水反应的剧烈程度。
    - (2) 钙在空气中会与氧气发生缓慢的反应，所以要把钙保存在密封的容器内。你认为铍应如何保存？
  - \* 6. 根据原子结构的有关知识和元素周期律，思考并回答有关 114 号元素的几个问题。
    - (1) 原子核外有几个电子层？最外层电子数可能是多少？
    - (2) 它在周期表中位于第几周期、第几族？
    - (3) 它属于金属元素还是非金属元素？
- 供选做。



# 3 化学键

从元素周期表我们可以看出，到目前为止，已经发现的元素只有一百多种。然而，由这一百多种元素的原子组成的物质却数以千万计。那么，元素的原子通过什么作用形成如此丰富多彩的物质呢？

## 一、离子键

### 实验 1-2

取一块绿豆大的金属钠(切去氧化层)，用滤纸吸净煤油，放在石棉网上，用酒精灯微热。待钠熔成球状时，将盛有氯气的集气瓶迅速倒扣在钠的上方(如图 1-10)。观察现象。

现象	
化学方程式	

### 思考与交流

1. 画出钠和氯的原子结构示意图。
2. 试解释氯化钠是怎样形成的。

在学习了原子结构的有关知识以后，我们来分析一下氯化钠的形成过程。

根据钠原子和氯原子的核外电子排布(如图 1-11)，钠原子要达到 8 电子的稳定结构，就需失去 1 个电子；而氯原子要达到 8 电子稳定结构则需获得 1 个电子。钠与氯气反应时，钠原子的最外电子层上的 1 个电子转移到氯原子的最外电子层上，形成带正电的钠离子和带负电的氯离子。带相反电荷的钠离子和氯离子，通过静电作用结合在一起，从而形成与单质钠和氯性质完全不同的氯化钠(如图 1-11)。人们把这种带相反电荷离子之间的相互作用称为**离子键**。

离子键 ionic bond

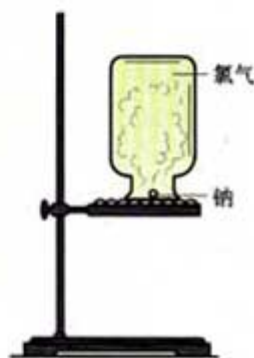


图 1-10 钠与氯气反应

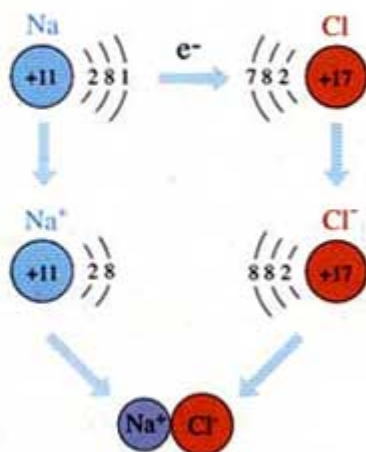
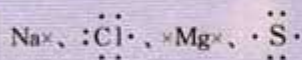


图 1-11 氯化钠的形成

### 资料卡片

#### 电子式

为方便起见，我们在元素符号周围用“·”或“×”来表示原子的最外层电子（价电子）。这种式子叫做电子式。例如：



共价键 covalent bond

像氯化钠这样由离子键构成的化合物叫做离子化合物。例如，KCl、MgCl<sub>2</sub>、CaCl<sub>2</sub>、ZnSO<sub>4</sub>、NaOH 等都是离子化合物。通常，活泼金属与活泼非金属形成离子化合物。

离子化合物的形成，可以用电子式表示，如氯化钠的形成过程可表示为：



## 二、共价键

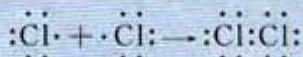
### 思考与交流

分析 H 和 Cl 的原子结构，你认为 H<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>、HCl 的形成与氯化钠会是一样的吗？

你也许会问：为什么两个氢原子结合成氢分子，两个氯原子结合成氯分子，而不是 3 个、4 个呢？为什么 1 个氢原子和 1 个氯原子结合成氯化氢分子，而不是以其他的个数比相结合呢？

我们以氯原子为例来分析一下氯分子的形成。

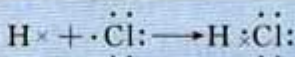
氯原子的最外层有 7 个电子，要达到稳定的 8 电子结构，都需要获得 1 个电子，所以氯原子间难以发生电子得失；如果两个氯原子各提供 1 个电子，形成共用电子对，两个氯原子就都形成了 8 电子稳定结构：



在化学上，常用一根短线“—”表示一对共用电子，所以，氯分子也可以表示为：Cl—Cl。

像氯分子这样，原子间通过共用电子对所形成的相互作用，叫做共价键。

不同种非金属元素化合时，它们的原子之间也能形成共价键，如 HCl，它的形成过程可用下式表示：



像 HCl 这样以共用电子对形成分子的化合物叫做共价化合物。例如，H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub> 等都是共价化合物。



表 1-3 一些以共价键形成的分子

分子	共价化合物分子
H <sub>2</sub>	H:H
N <sub>2</sub>	:N::N:
H <sub>2</sub> O	H:Ö:H ..
CO <sub>2</sub>	:Ö:×C×:Ö:
CH <sub>4</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \times \\ \text{H} \times \text{C} \times \text{H} \\ \times \\ \text{H} \end{array}$

### 学与问

你能用电子式表示 H<sub>2</sub>O 分子的形成过程吗？

在 H<sub>2</sub>、N<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub> 这样的单质分子中，由同种原子形成共价键，两个原子吸引电子的能力相同，共用电子对不偏向任何一个原子，成键的原子因此而不显电性，这样的共价键叫做非极性共价键，简称非极性键。而在化合物分子中，不同种原子形成共价键时，因为原子吸引电子的能力不同，共用电子对将偏向吸引电子能力强的一方，所以吸引电子能力强的原子一方显负电性，吸引电子能力弱的原子一方显正电性。例如，HCl 分子中，Cl 吸引电子的能力比 H 强，共用电子对偏向 Cl 一方，Cl 一方相对显负电性，H 一方则相对显正电性。像这样共用电子对偏移的共价键叫做极性共价键，简称极性键。H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub> 中的共价键也是极性键。

非极性键 non-polar bond  
极性键 polar bond

### 思考与交流

离子化合物与共价化合物有什么区别？

通过学习有关离子键和共价键的知识，我们知道，离子键使离子结合形成离子化合物(如 NaCl)；共价键使原子结合形成共价化合物分子(如 H<sub>2</sub>O)。人们把这种使离子相结合或原子相结合的作用力通称为化学键。

一般化学物质则主要由离子键或共价键结合而成。化学键的形成与原子结构有关，它主要通过原子的价电子间的转移或

化学键 chemical bond

共用来实现。

表面看来，化学反应不过是反应物中的原子重新组合为产物分子的一种过程，就好像玩积木时的拼接和拆卸过程。其实，在这个过程中，包含着反应物分子内化学键的断裂和产物分子中化学键的形成。如果用化学键的观点来解释  $H_2$  与  $Cl_2$  反应的过程，可以把它想像为以下两个步骤： $H_2$  和  $Cl_2$  中的化学键断裂(旧化学键)，生成  $H$  和  $Cl$ ； $H$  和  $Cl$  结合成  $HCl$ ，形成了  $H$  和  $Cl$  之间的化学键  $H-Cl$ (新化学键)。

### 科学视野

#### 分子间作用力和氢键

在分子内相邻原子之间存在着强烈的相互作用，我们称为化学键。实际上分子之间还存在一种把分子聚集在一起的作用力，我们叫做分子间作用力，又称范德华力<sup>①</sup>。分子间作用力比化学键弱得多，它对物质的熔点、沸点等有影响。 $NH_3$ 、 $Cl_2$ 、 $CO_2$  等气体在降低温度、增大压强时能够凝结成液态或固态，就是由于存在分子间作用力的缘故。

一般来说，对于组成和结构相似的物质，相对分子质量越大，分子间作用力越大，物质的熔点、沸点也越高。例如，卤素单质，随着相对分子质量的增大，分子间作用力增大，它们的熔点、沸点也相应升高。

但是，有些氢化物的熔点和沸点的递变却与此不完全符合，如  $NH_3$ 、 $H_2O$  和  $HF$  的沸点就反常(如图 1-12)。之所以出现这种反常现象，是因为它们的分子之间存在着一种比分子间作用力稍强的相互作用，使它们只能在较高的温度下才能汽化。这种相互作用，叫做氢键。氢键比化学键弱得多，但比分子间作用力稍强。通常也可以把氢键看作是一种较强的分子间作用力。分子间形成的氢键会使物质的熔点和沸点升高，这是因为固体熔化或液体汽化时必须破坏分子间的氢键，从而需要消耗较多能量的缘故。

水在液态时常是几个水分子通过氢键结合，形成  $(H_2O)_n$ 。(如图 1-13)。在固态水(冰)中更多的水分子间形成氢键，成为疏松的晶体，在冰的结构中有许多空隙，造成体积膨胀、密度减小。所以冰会浮在水面上。现在人们还发现，氢键在生命现象中也起着重要的作用，如 DNA 的结构与生理活性都与氢键的作用有关。

① 范德华 (J. D. van der Waals, 1837—1923)，荷兰物理学家。他首先研究了分子间作用力，因此，这种力也称为范德华力。

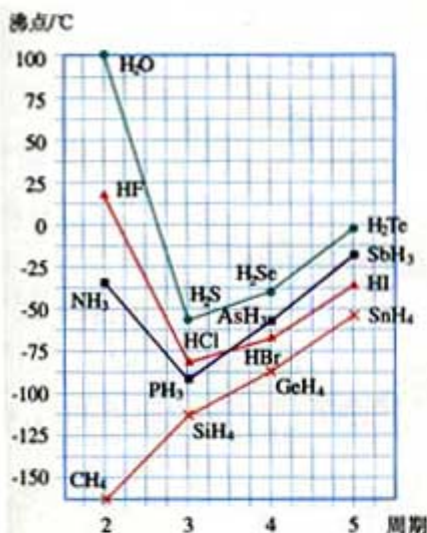


图 1-12 一些氢化物的沸点

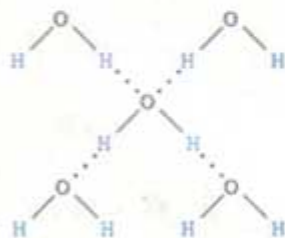


图 1-13 水分子间的氢键



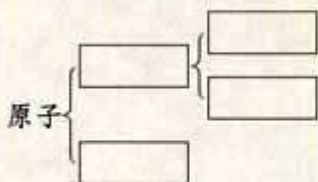
## 习 题



1. 共价键与离子键有什么不同？请你举例说明。
2. 稀有气体为什么不能形成双原子分子？
3. 用电子式表示下列物质的形成过程：
  - (1)  $\text{MgCl}_2$ ;
  - (2)  $\text{Br}_2$ ;
  - (3)  $\text{CO}_2$ 。
4. 下列共价化合物中，哪些是以极性键结合的，哪些是以非极性键结合的？
  - (1)  $\text{F}_2$
  - (2)  $\text{O}_2$
  - (3)  $\text{NH}_3$
  - (4)  $\text{CH}_4$
  - (5)  $\text{SO}_2$
5. 硅、锗与碳同属于ⅣA族，它们的单质晶体与金刚石具有相同的结构。
  - (1) 试参考金刚石的结构画出硅和锗单质的晶体结构。
  - (2) 在硅和锗的单质晶体中，每个硅原子和锗原子各形成了几个共价键？这时原子的最外层电子数是多少？

## 归纳与整理

### 一、原子结构



原子序数 = 核电荷数 = 质子数 = 核外电子数

#### 1. 原子核

质量数( $A$ ) = 质子数( $Z$ ) + 中子数( $N$ )

核素：具有一定数目的质子和一定数目的中子的一种原子叫做核素。

同位素：质子数相同而中子数不同的同一元素的不同原子互称为同位素（即同一元素的不同核素互称为同位素）。

#### 2. 原子核外电子排布

电子层：在含有多个电子的原子中，电子分别在能量不同的区域内运动，把不同的区域简化为不连续的壳层。核外电子分层排布在不同的壳层。

在离核较近的区域内运动的电子能量较低，在离核较远的区域内运动的电子能量较高，所以多电子原子中的电子，能量是不相同的。

### 二、元素周期表和元素周期律

#### 1. 元素周期表是元素周期律的具体表现形式

周期表的周期数：\_\_\_\_\_

主族：第\_\_\_\_\_族到第\_\_\_\_\_族

0族：也称\_\_\_\_\_元素

#### 2. 周期表与原子结构的关系

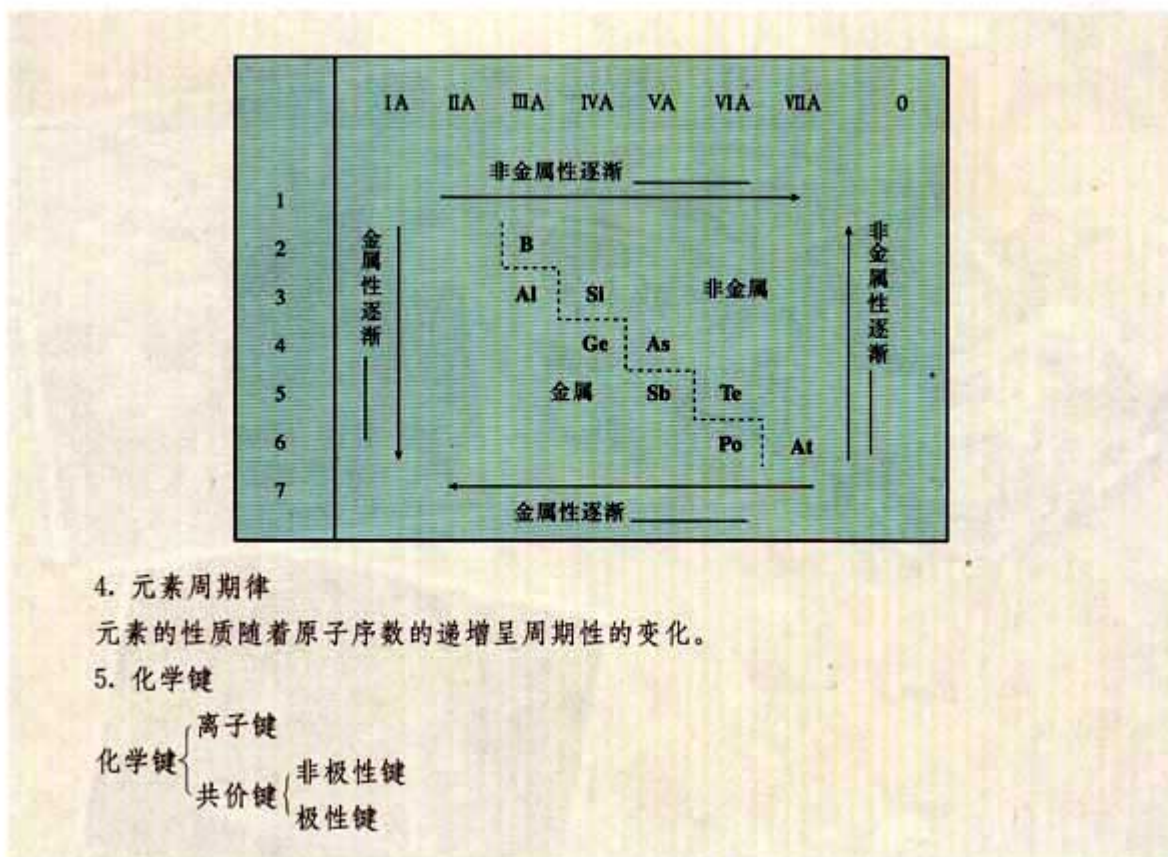
周期序数 = 电子层数

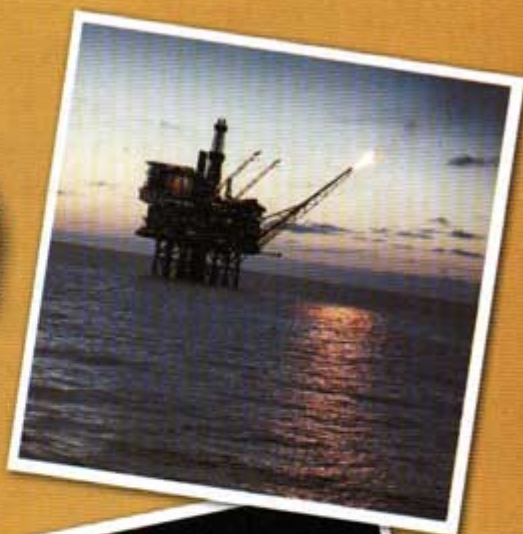
主族序数 = 最外层电子数 = 元素最高正化合价数

主族元素最低负化合价 =  $8 - \text{主族序数}$

#### 3. 元素的金属性和非金属性与元素在周期表中位置的关系







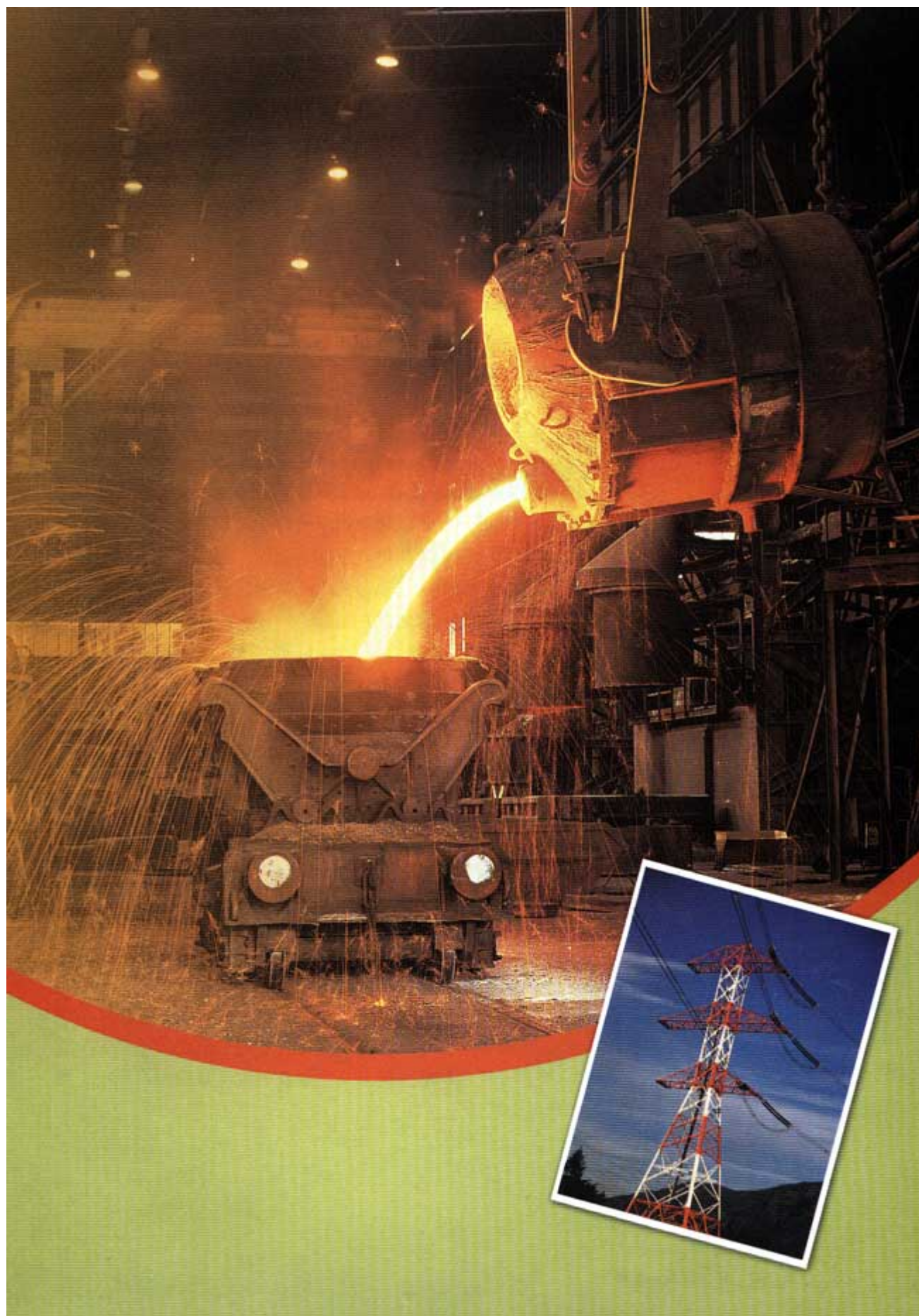
## 第二章

# 化学反应与能量

能源与材料、信息一起被称为现代社会发展的三大支柱。人类文明始于用火——热能的使用，现代社会的一切活动（从衣食住行到文化娱乐，从社会生产到科学研究等）都离不开能源，在影响全球经济和生活的各种因素中，能源居于首位。可以说能源是现代物质文明的原动力，与我们每个人息息相关。

在现代广泛使用的各种能源中，哪些与化学密切相关？面对能源枯竭的危机，提高能源的利用率和开辟新能源是解决这一问题的两个主要方向，在这方面化学能作出什么贡献？本章将初步讨论这些问题。







# 1

## 化学能与热能

化学能 chemical energy

热能 heat energy

### 学与问

煤、石油、天然气的主要化学成分是烃类等有机物(煤中含有大量的碳),它们在燃烧时释放出热能。你一定想知道,这种热能从何而来?它与化学物质及其化学反应有什么关系?石灰石(主要成分是  $\text{CaCO}_3$ )要经过高温煅烧才能变成生石灰( $\text{CaO}$ ),高温提供的热能在石灰石的分解反应中起什么作用?

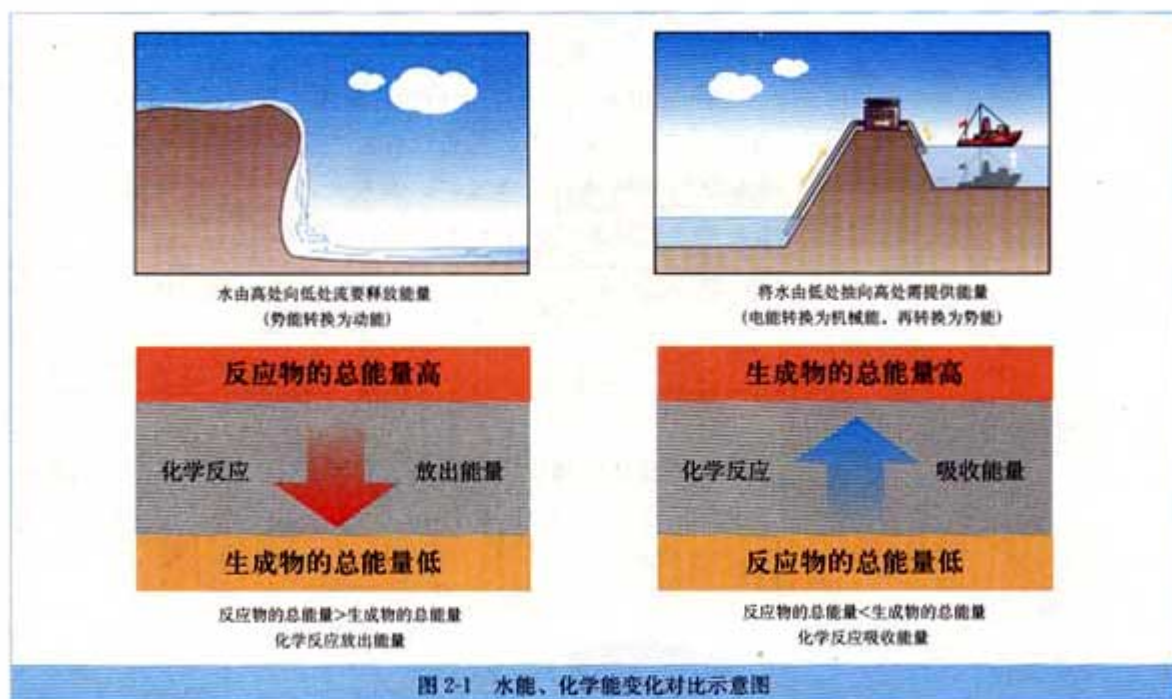
### 一、化学键与化学反应中能量变化的关系

我们知道,分子或化合物里的原子之间是通过化学键相结合的,而化学键是与能量联系在一起的。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  $\text{H}_2$  中含有 1 mol  $\text{H}-\text{H}$  键,在  $25\text{ }^\circ\text{C}$  和  $101\text{ kPa}$  的条件下,由  $\text{H}$  原子形成 1 mol  $\text{H}-\text{H}$  键,要放出 436 kJ 的能量,而断开 1 mol  $\text{H}-\text{H}$  键重新变为  $\text{H}$  原子,要吸收 436 kJ 的能量。又如,1 mol  $\text{CH}_4$  中含 4 mol  $\text{C}-\text{H}$  键,断开 1 mol  $\text{C}-\text{H}$  键要吸收 415 kJ 的能量,断开 1 mol  $\text{CH}_4$  中的所有  $\text{C}-\text{H}$  键则要吸收  $4\text{ mol} \times 415\text{ kJ/mol} = 1\text{ }660\text{ kJ}$  的能量。化学键的断裂和形成正是化学反应中能量变化的主要原因。

各种物质都储存有化学能。不同的物质不仅组成不同、结构不同,所包含的化学能也不同。在化学反应中,随着物质的变化,既有反应物中化学键的断裂,又有生成物中化学键的形成,化学能也随之而改变。那么,一个化学反应吸收能量还是放出能量是由什么决定的呢?

一个确定的化学反应在发生过程中是吸收能量还是放出能量,决定于反应物的总能量与生成物的总能量的相对大小。图 2-1 形象地表示了这种关系。





## 二、化学能与热能的相互转化

我们在初中学习过“质量守恒定律”，知道自然界的物质可以发生转化，但是总质量保持不变；同样，一种能量可以转化为另一种能量，能量也是守恒的，这就是“能量守恒定律”。这是两条基本的自然定律<sup>①</sup>。化学能是能量的一种形式，它同样可以转化为其他形式的能量，如热能和电能等。

化学反应中的能量变化，通常主要表现为热量的变化——吸热或者放热；有些反应是吸热反应，有些反应是放热反应。我们通过下面的实验来认识和感受化学能与热能的相互转化。

### 实验 2-1

在一支试管中加入 2~3 mL 6 mol/L 的盐酸，再插入用砂纸打磨光的铝条。观察现象，并用温度计测量溶液温度的变化。

现象	结论

吸热反应 endothermic reaction  
放热反应 exothermic reaction

<sup>①</sup> 深入的研究表明，质量与能量是相互联系的 ( $E=mc^2$ )，故又统称为“质能守恒定律”。

### 实验 2-2

将约 20 g  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  晶体研细后与约 10 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  晶体一起放入烧杯中，并将烧杯放在滴有几滴水的玻璃片或小木板上，用玻璃棒快速搅拌，闻气味，用手触摸杯壁下部，试着用手拿起烧杯，观察现象。

现象	结论

酸与碱的中和反应是一类重要的化学反应。强酸与强碱反应的实质是  $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$ 。中和反应是吸热反应还是放热反应？

### 实验 2-3

在 50 mL 烧杯中加入 20 mL 2 mol/L 的盐酸，测其温度。另用量筒量取 20 mL 2 mol/L  $\text{NaOH}$  溶液，测其温度，并缓缓地倾入烧杯中，边加边用玻璃棒搅拌。观察反应中溶液温度的变化过程，并作好记录。

盐酸温度/℃	$\text{NaOH}$ 溶液温度/℃	中和反应后温度/℃

### 思考与交流

酸与碱发生中和反应生成 1 mol  $\text{H}_2\text{O}$  时所释放的热量称为中和热。如果要通过实验来测定盐酸与氢氧化钠反应的中和热，你认为在设计实验装置和操作时应该注意哪些问题？你准备如何设计并进行实验？请与同学讨论、交流。

人类不但利用化学能转化为热能的原理来获取所需的热量进行生活、生产和科研，如化石燃料的燃烧、炸药开山、发射火箭等。化学家们也常常利用热能使很多化学反应得以发生，从而探索物质的组成、性质或制备所需的物质，如高温冶炼金属、分解化合物等。



化学反应伴随着能量变化是化学反应的一大特征。化学物质中的化学能通过化学反应转化成热能，是人类生存和发展的动力之源；而热能转化为化学能又是人们进行化学科学研究，创造新物质不可或缺的条件和途径。

## 科学视野

### 生物体中的能量转化

能量转化在生物界也是普遍存在的。例如，植物通过光合作用使光能转化为化学能储存在所形成的淀粉等糖类中，人通过食物将淀粉等糖类物质摄入体内，通过体内的一系列化学反应(生化反应)释放出能量，维持人的生理活动。糖类在人体内发生的氧化还原反应与体外的燃烧相比，本质相同，最终产物一样(都是二氧化碳和水)，所放出的能量也相等。但是，二者的反应条件和进行方式大不相同。生物氧化是在体温条件和酶的催化下，经一系列连续的化学反应逐步氧化，逐步地放出能量，以维持正常的体温，并使放出的能量得到最有效的利用。而某些糖类在体外的燃烧需要高温启动，剧烈进行，还常伴随着发光和放热。生物体内的化学反应给化学科学研究提供了有益的启示：生物化学过程在利用“能源”上更为合理、有效。在分子水平上，化学与生物学正在出现交叉和融合。化学必将对生物与生命科学的发展作出更大的贡献。



## 科学视野

### 1. 社会发展与能源利用



### 2. 人类利用能源的三个阶段



图 2-4 中国古代制陶图

**柴草时期**(火的发现至 18 世纪产业革命) 以树枝杂草为主要能源。火(燃烧)通过它的光和热推动了人类文明的进步; 钻木取火使人类告别了“茹毛饮血”、采食野果的生活, 熟食促进了人的进化; 人类利用火制造出了第一种自然界不存在的材料——陶瓷, 之后, 炼铜、冶铁等化学工艺先后在烈火中诞生了, 大大增强了人类自身生存和发展的力量, 促进了物质文明的发展。古代炼丹家用火来炼制“长生不老”丹药和“煅石成金”的梦想虽未能实现, 却是实用化学的一种探索, 中国古代四大发明之一的火药最早就出自炼丹家之手。



图 2-5 汽车发动机汽缸中燃料燃烧

**化石能源时期**(18 世纪中期至现代) 以煤、石油、天然气为主要能源(仍然是利用它们燃烧反应所释放的热能)。煤炭在 18 世纪中叶以后取代木材成为主要能源, 促进了冶金工业的发展和蒸汽机的推广, 推动了近代产业革命; 石油、天然气在 20 世纪 60 年代取代煤炭成为主要能源, 推动了汽车、飞机等工业的发展, 加速了现代工业化的进程。目前, 全球仍处于化石能源时期。

**多能源结构时期** 这是将会出现的能源利用的新时期。可再生能源和清洁能源(绿色能源)将成为开发新能源的主力军。太阳能、氢能、核能、生物质能、地壳地表能(地热等地下能, 潮汐等海洋能, 风能等地面能)将成为能源家族的重要成员。

在上述前两个时期, 化学反应(如燃烧)在将能源(柴草、化石燃料)转化为人类所需能量的过程中起着关键作用; 在多能源时期, 氢能、生物质能等的核心仍然是化学反应, 核能、



太阳能等的利用主要依靠化学所研制的新型材料等。因此，能源的开发和利用离不开化学，过去、现在、将来都是如此。

## 习 题

1. 从能量的角度看，断开化学键要\_\_\_\_\_，形成化学键要\_\_\_\_\_。一个化学反应是释放能量还是吸收能量取决于\_\_\_\_\_。
2. 从能量形式上看，化学反应中的能量变化通常表现为\_\_\_\_\_的变化，所有的燃烧反应都要\_\_\_\_\_热量。
3. 生活中和生产上最常用的燃料里所含的主要元素有\_\_\_\_\_，它们在燃烧后生成的化合物主要是\_\_\_\_\_。
4. 下列反应中，属于放热反应的是\_\_\_\_\_，属于吸热反应的是\_\_\_\_\_。  
 ① 煅烧石灰石(主要成分是  $\text{CaCO}_3$ )制生石灰( $\text{CaO}$ ) ② 燃烧木炭取暖 ③ 炸药爆炸  
 ④ 酸与碱的中和反应 ⑤ 生石灰与水作用制熟石灰 ⑥ 食物因氧化而腐败
5. 某反应是放热反应，所放出的热能从何而来？某反应是吸热反应，且所吸收的热能由外加热源(如酒精灯)提供，提供的热能主要起什么作用？
6. 下面是两个同学关于吸热反应和放热反应的对话，你同意哪个同学的说法？请陈述理由。  
 甲同学：凡经加热而发生的化学反应都是吸热反应。  
 乙同学：不一定。有些反应在启动时要加热，反应开始后不再加热就能继续进行，如燃烧反应，这类反应属于放热反应。
7. 甲烷燃烧要放出热量，水的分解要吸收能量，试从化学键变化的角度分析其原因。
8. 通过社区调查，了解当地在“化学能转化为热能”方面的现状(燃料来源、主要用途、使用方式等)、问题及可能的解决办法，写成调查报告，与同学交流。

## 2

## 化学能与电能

随着科学技术的发展和社会的进步，各种各样的电器不断进入现代社会，大大丰富和方便了我们的生活、学习和工作。

使用电器都需要电能。电能是现代社会中应用最广泛、使用最方便、污染最小的一种二次能源，又称电力。

在化学反应中，物质中化学能的变化通常表现为热量的变化，即化学能转变为热能。那么，物质中的化学能在什么条件下能转化为电能呢？又是如何转化的呢？



图 2-6 电池的广泛应用

### 资料卡片

#### 一次能源和二次能源

直接从自然界取得的能源称为一次能源，如流水、风力、原煤、石油、天然气、天然铀矿等。

一次能源经过加工、转换得到的能源称为二次能源，如电力、蒸汽等。

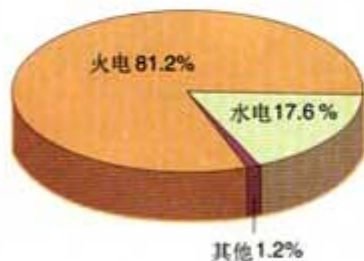


图 2-7 2001 年我国发电总量构成图

### 一、化学能与电能的相互转化

2001 年我国发电总量构成如图 2-7 所示。估计在 2050 年前后，相对比率会有所变化（水力和其他能源提供的发电量会逐步增加），但火电（火力发电）仍将居于首位。

火电是通过化石燃料燃烧，使化学能转变为热能，加热水



使之汽化为蒸汽以推动蒸汽轮机，然后带动发电机发电。

从图 2-8 可以看出，燃煤发电是从煤中的化学能开始的一系列能量转换过程：

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

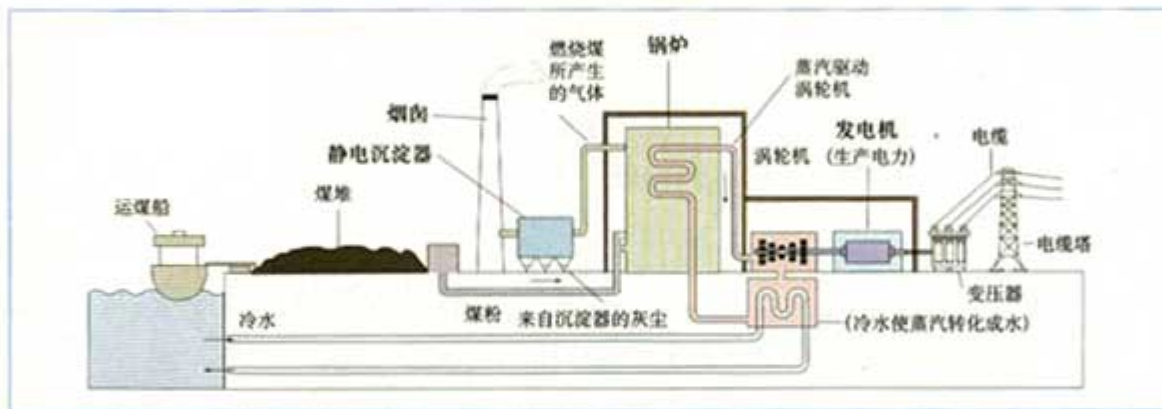


图 2-8 火电站工作原理示意图

其中，燃烧(氧化还原反应)是使化学能转换为电能的关键。氧化还原反应的本质是氧化剂与还原剂之间发生电子转移的过程，电子转移引起化学键的重新组合，同时伴随着体系能量的变化。煤的燃烧、铝与盐酸反应放热，就是我们熟悉的一些例子。

要想使氧化还原反应释放的能量不通过热能而直接转变为电能，就要设计一种装置，使氧化反应和还原反应分别在两个不同的区域进行。如果要把可产生的电能以化学能的形式储存起来，我们常见的电池就是一种极有效的装置。这种装置可以将氧化还原反应的能量储存起来，类似于水库的蓄能。

### 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(如图 2-9)，观察现象。

	现象
铜片	
锌片	
电流表	

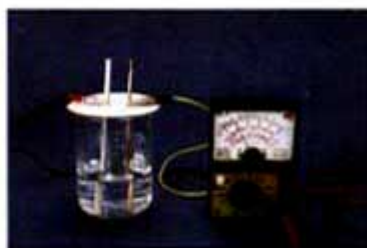
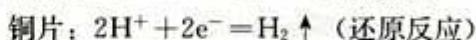
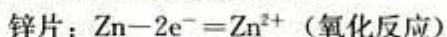


图 2-9 原电池示意图

## 学与问

根据你所了解的电学知识，你知道电子是怎样流动的吗？你如何判定装置的正、负极？

由于锌和铜的活动性不同，锌容易失去电子，被氧化成  $\text{Zn}^{2+}$  进入溶液，电子由锌片通过导线流向铜片，溶液中的  $\text{H}^+$  从铜片获得电子被还原成氢原子，氢原子再结合成氢分子从铜片上逸出。这一变化过程可以表示如下：



我们把这种将化学能转变为电能的装置叫做原电池，最早的化学电池就是根据原电池原理制成的。

原电池 primary battery

## 科学探究

画出你设计的装置简图

目标：根据已具备的氧化还原反应知识和电学知识，利用提供的实验用品，设计一套电池装置。

用品：镁条、铜片、铁片、导线、金属夹、手电筒用小灯泡（或发光二极管）、果汁（橙汁、苹果汁、柠檬汁等）、500 mL烧杯。

方式：最好先独立设计，并动手试验，边做边改进；也可以与邻座同学相互讨论和观摩，或请教师指导。

设计及记录：

实验用品及操作	实验现象	结论

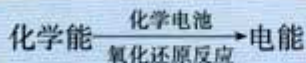
## 思考与交流

通过以上实验和探究，试说明化学电池由几部分构成，它



的组成条件是什么？

化学电池的反应本质是氧化还原反应。



### 实践活动

利用水果如苹果、柑橘、柠檬或番茄等制作原电池。

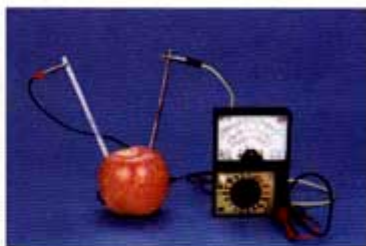


图 2-10 水果电池

## 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，也是最普通的干电池，构造如图 2-11 所示。它是一种一次性电池，放完电之后不能再使用(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。为了防止泄漏，后来在外壳套上金属筒或塑料筒制成了防漏电池。

### 学与问

锌锰干电池即使不用，放置过久，也可能会漏液失效(作为电解质的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  的水溶液显酸性)，使用和保存时应注意什么？

为了延长电池寿命和提高其性能，人们将电池内的电解质  $\text{NH}_4\text{Cl}$  换成湿的  $\text{KOH}$ ，并在构造上作了改进，制成了碱性锌锰电池。现在各类碱性电池已经占有了越来越大的市场份额，广泛用于卡式录音机、闪光灯、电动玩具、袖珍电视机等。

### 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

化学电源 chemical power source  
干电池 dry cell

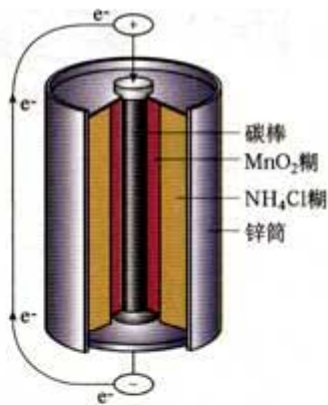


图 2-11 干电池构造示意图

蓄电池 storage battery

应，在充电时可逆向进行，使生成物恢复原状，如此充放电可循环进行，至一定周期后终止。最早使用的充电电池是铅蓄电池(如图 2-12)，目前汽车上使用的电瓶大多仍是铅蓄电池(如图 2-13)。

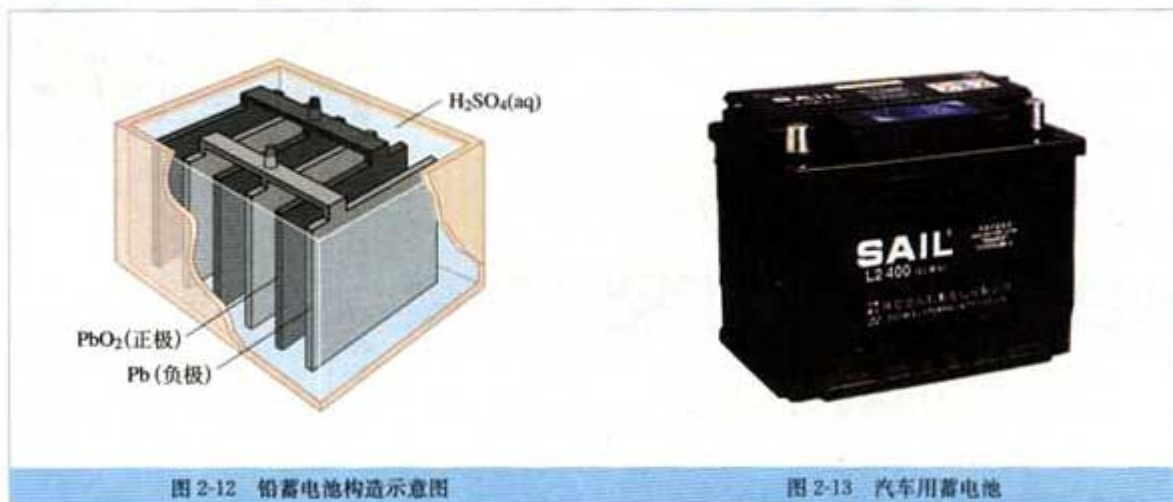


图 2-12 铅蓄电池构造示意图

图 2-13 汽车用蓄电池



图 2-14 锂离子电池

现代社会对耗电量高的便携式电器的需求量越来越大，化学家又研制出了新型的封闭式体积小的充电电池——镍镉电池。镍镉充电电池以 Cd 为负极，Ni(OH)<sub>2</sub> 为正极，以 KOH 为电解质，其寿命比铅蓄电池长(可充电超过 500 次以上)，广泛用于收录机、无线对讲机、电子闪光灯、电动剃须刀等。由于镉是致癌物质，废弃的镍镉电池如不回收，会严重污染环境，这制约了镍镉电池的发展。人们在镍镉电池和氢能研究的基础上研制出了镍氢电池，已经面世，并有取代镍镉电池的趋势。

元素周期表中 IA 族的锂(Li)——最轻的金属，也是制造电池的理想物质。锂离子电池是新一代可充电的绿色电池，已成为笔记本电脑、移动电话、摄像机等低功耗电器的主流电源。

### 3. 燃料电池

燃料燃烧是一种剧烈的氧化还原反应，能否利用原电池的工作原理将燃料和氧化剂(如 O<sub>2</sub>)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背景下研制出来的。

燃料电池是一种高效、环境友好的发电装置。燃料电池的

燃料电池 fuel cell



能量转化率理论上可高达 85%~90%，现在已达到 40%~60%。以  $H_2$  为燃料时，产物为  $H_2O$ ；以  $CH_4$  为燃料时，产物为  $H_2O$  和  $CO_2$ ， $CO_2$  的排放量比常规发电厂减少 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，而是用外加的设备，源源不断地提供燃料和氧化剂等，使反应能连续进行。

将化学能转换为电能是人类的一个重大创造，是化学的一个重大贡献，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。

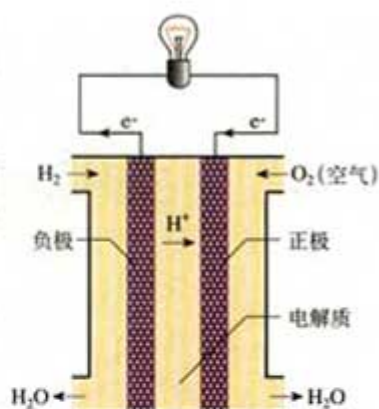


图 2-15 氢氧燃料电池构造示意图

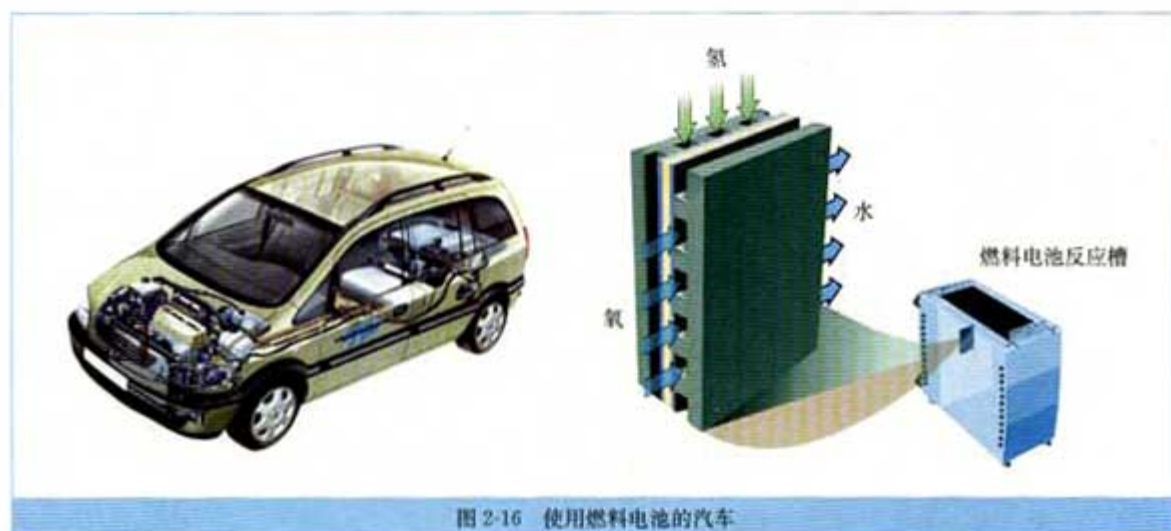


图 2-16 使用燃料电池的汽车

## 习 题

1. 化学电池是一种什么样的装置？其反应的基础是什么？
2. 一次性电池与蓄电池有何根本区别？原因何在？
3. 如何判断干电池的正、负极？
4. 废电池为什么不能随意丢弃？你准备如何处理废电池？
5. 调查以下项目：常用化学电池的种类、名称、形状、电极、电解质、电压、可否再充电、价格、存放期、特点、用途、回收途径等。列表进行比较或写成调查报告，然后全班展示(如墙报形式)或座谈交流。

可采用以下调查形式中的一种或两种：

- ① 到图书馆或上互联网查阅资料；
- ② 到附近商场进行调查；
- ③ 在家庭或到附近单位及社区进行调查。



# 3

## 化学反应的速率和限度

我们在前面的学习中，主要讨论了化学反应中的物质变化及伴随发生的能量变化这两个根本问题，这是化学反应的两大特征。当面对一个具体的化学反应时，人们最关心的是什么呢？这就是我们下面要讨论的问题。

### 一、化学反应的速率

#### 思考与交流

在化学实验和日常生活中，我们经常观察到这样的现象：有的化学反应进行得快，有的化学反应进行得慢。你了解下列化学变化过程进行的快慢吗？反应的快慢与我们有什么关系？

- 炸药爆炸
- 金属锈蚀
- 食物腐败
- 离子反应
- 塑料老化
- 溶洞形成



图 2-17 快慢差别很大的化学变化

不同的化学反应进行的快慢千差万别，“快”与“慢”是相对而言的，在科学研究和实际应用中，需要一个统一的定量标准来衡量或比较。与物理学中物体的运动快慢用“速度”表示相类似，化学反应过程进行的快慢用“反应速率”来表示。

化学反应速率通常用单位时间内反应物浓度的减少量或生成物浓度的增加量(均取正值)来表示。浓度常以 mol/L 为单

反应速率 reaction rate

位，时间常以 min(分)或 s(秒)为单位，化学反应速率的单位相应为 mol/(L·min) 或 mol/(L·s)。例如，某反应的反应物浓度在 5 min 内由 6 mol/L 变成了 2 mol/L，则以该反应物浓度的变化表示的该反应在这段时间内的平均反应速率为 0.8 mol/(L·min)。

有哪些条件能够影响化学反应的速率呢？我们通过下面的实验来进行探究。

### 实验 2-5

在 2 支大小相同的试管中，装入 2~3 mL 约 5% 的  $H_2O_2$  溶液，分别滴入 1~2 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 5℃ 左右冷水的烧杯中；另一支试管放入盛有 40℃ 左右热水的烧杯中，对比观察现象。待放入热水烧杯中的试管里出现大量气泡时，用带火星的火柴梗检验放出的气体。

	现象	结论
热水中		
常温		
冷水中		

### 实验 2-6

在 3 支大小相同的试管中各装入 2~3 mL 约 5% 的  $H_2O_2$  溶液，再向其中 2 支试管中分别加入少量  $MnO_2$  粉末、1~2 滴 1 mol/L  $FeCl_3$  溶液。对比观察现象。

	现象	结论
加入 $MnO_2$		
加入 $FeCl_3$		
不加其他试剂		

从实验 2-5 我们观察到，升高温度， $H_2O_2$  分解反应速率增大；降低温度， $H_2O_2$  分解反应速率减小。大量实验和理论研究发现，温度对化学反应速率的影响趋势都是如此。因此，通常可以采用调控温度的办法来控制化学反应速率。



从实验 2-6 我们观察到， $\text{MnO}_2$ 、 $\text{FeCl}_3$  大大加快了  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的反应速率，它们是  $\text{H}_2\text{O}_2$  分解的催化剂。催化剂能极大地加快反应速率，所以，绝大多数化工生产工艺都要使用催化剂。

影响化学反应速率的条件并不只是温度和催化剂。如果我们细心观察和思考，就会发现生活里和化学实验中采取的很多措施都是与反应速率有关的。

### 思考与交流

1. 人们为什么使用电冰箱储存食物？
2. 实验室通常要将两种块状或颗粒状的固体药品研细，并混匀后再进行反应。原因是什么？
3. 实验室进行化学反应时，通常把一些固体物质溶于水配成溶液再进行反应。原因是什么？
4. 实验室常用约 30% 左右的硫酸溶液(约 3.7 mol/L)与锌粒反应制取氢气，当反应进行一段时间后，气泡变得稀少了(锌粒还有剩余)，如果添加一些适当浓度的硫酸溶液到反应容器中，气泡又会重新增多起来。原因是什么？

从上面的实验和事例可以看出，温度、固体的表面积、反应物的状态、溶液的浓度、催化剂等都是影响化学反应速率的因素。

### 科学视野

#### 神奇的催化剂

催化剂是现代化学中关键而神奇的物质之一。据统计，约有 80%~85% 的化工生产过程使用催化剂(如氨、硫酸、硝酸的合成，乙烯、丙烯、苯乙烯等的聚合，石油、天然气、煤的综合利用，等等)，目的是加快反应速率，提高生产效率。在资源利用、能源开发、医药制造、环境保护等领域，催化剂也大有作为，科学家正在这些领域探索适宜的催化剂以期在某些方面有新的突破。催化剂十分神奇，它能极大地加快反应速率(可使化学反应速率增大几个到十几个数量级)，而自身的组成、化学性质和质量在反应前后不发生变化；它和反应体系的关系就像锁与钥匙的关系一样，具有高度的选择性(或专一性)。

生物(包括人)体内几乎所有的化学反应(如淀粉、脂肪、蛋白质的水解、DNA 的复制等)都是由生物体内自身存在的特殊催化剂——酶(一种蛋白质)所催化的。酶比一般的催化剂具有更高的选择性，催化效率也远远高于非酶催化剂，而且是在正常体温的条件下发生作用，因此是理想的催化剂。例如，实验室水解淀粉，要在酸(催化剂)存在下，加热一定时间才能完成；

图 2-18 净化汽车尾气的  
催化剂及其载体



而咀嚼馒头时，在淀粉酶的作用下，很快就有了甜味。又如，食物中蛋白质的水解，在体外需在浓的强酸(或强碱)条件下煮沸相当长的时间才能完成，而在体内蛋白酶的作用下短时间内即可完成。我国在西周时期已发明了“酒曲”酿酒工艺，“酒曲”就是一种酶。受酶的启示，科学家正在研制具有生物酶优异性能的化学酶，以期实现“仿酶催化”，这是设计和合成新催化剂的新途径，前景十分诱人。

在 20 世纪，化学家们研制成功了无数种催化剂，并应用于工业生产，极大地提高了化工生产效率。但催化剂的神奇面纱至今尚未完全揭开。催化剂的研究和应用将是 21 世纪化学的一个极具魅力和应用前景的重大主题。

## 二、化学反应的限度

在根据化学方程式进行计算时，我们通常是依照化学方程式中化学计量关系来进行计算的。你是否思考过这样的问题：一个化学反应在实际进行时，反应物能否按化学方程式中相应物质的计量关系完全转变为生成物？如果能，是在什么反应条件下？如果不能，原因是什么？

### 实验 2-7

在盛有 3~4 mL 1 mol/L  $\text{CaCl}_2$  溶液的试管中加入 1 mol/L  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  溶液，至不再有沉淀产生为止。静置。汲取上层清液(或将过滤后的滤液)置试管中，加入适量的 1 mol/L  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液。你推测是否会出现某种实验现象？用实验来检验你的推测。



	现象	结论
加入 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 溶液		

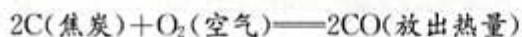
从这一实验中，你得到什么启示？

科学研究表明，不少化学反应都具有可逆性，即正向反应（反应物→生成物）和逆向反应（生成物→反应物）都能同时进行。有些反应的可逆性很小，如  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl}$ ，我们只是视作“不可逆”而已（ $\text{AgCl}$  在溶液中仍有极微量的电离： $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$ ）。当一个可逆反应进行到正向反应速率与逆向反应速率相等时，反应物和生成物的浓度不再改变，达到表面上静止的一种“平衡状态”，这就是这个反应所能达到的限度。任何化学反应的进程都有一定的限度，只是不同反应的限度不同罢了。化学反应的限度可以通过改变条件而改变。对反应限度的调控已经在工业生产和环保技术等方面得到了广泛地应用，使化学反应更好地符合人们预期的结果。如果你有兴趣，可以在选修模块《化学反应原理》中深入学习。

### 科学史话

#### 炼铁高炉尾气之谜

钢铁生产是 17 世纪从英国开始的第一次产业革命的两大产业之一。高炉炼铁的主要反应是：



炼制 1 t 生铁所需焦炭的实际用量，远高于按照化学方程式计算所需的量，且从高炉中出来的气体中含有没有利用的 CO 气体。开始，炼铁工程师们认为是 CO 与铁矿石接触不充分之故，于是设法增加高炉的高度。然而，令人吃惊的是，高炉增高后，高炉尾气中的 CO 的比例竟然没有改变。这成了炼铁技术中的科学悬念。有关人士一直在研究其中的原因，直到 19 世纪下半叶，当人们认识到化学反应不一定都能进行到底的规律之后，这一谜底才得以揭开。

化工厂里有很多化学反应过程与高炉中的反应相似，不能按化学反应方程式的计量关系完全反应。实验室中我们常见的化学反应也有类似的情形，反应难以“完全”“彻底”。



图 2-19 炼铁高炉

### 三、化学反应条件的控制

在生产和生活中，人们希望促进有利的化学反应，抑制有害的化学反应，这就涉及到反应条件的控制。

#### 思考与交流

(1) 你看到过建筑物的定向爆破吗？观察下图，你从中得到什么启示？



图 2-20 建筑物的定向爆破

(2) 回忆你在实验室进行过或观察过的化学实验，及在生活中见到过的涉及化学变化的现象或事例，要使反应符合或接近人们的期望，你认为应如何控制反应的条件？

下面我们以“提高煤的燃烧效率”为例，进行分析研究（有些问题可以在课后通过查阅资料 and 实际调查来进行）。

1. 煤的状态与煤燃烧的速率有何关系？与煤的充分燃烧有何关系？

2. 空气用量对煤的充分燃烧有什么影响？原因是什么？

3. 应选择什么样的炉（灶）膛材料？理由是什么？

4. 如何充分利用煤燃烧后的废气中的热量？

你还想到其他与提高煤燃烧效率有关的问题吗？

通过分析讨论，我们可以将“提高燃料的燃烧效率”的措施归纳为以下两个方面：



1. 尽可能使燃料充分燃烧，提高能量的转化率。关键是燃料与空气或氧气要尽可能充分地接触，且空气要适当过量。

2. 尽可能充分地利用燃料燃烧所释放出的热能，提高热能的利用率。

提高燃料的燃烧效率实质上是从多方面控制燃烧反应的条件(包括环境)。它的意义在于节约能源、节省资源、减少污染(如煤在气化过程中可以脱硫、除去灰分等)。

我们在生产、科研和生活中都需要控制化学反应的条件。对有利的或我们需要的化学反应，要想办法增大反应速率以提高生产或工作效率(如升高反应温度，使用催化剂等)，并要采取措施促进反应的完成程度以提高原料的利用率或转化率(如增大某一反应物的浓度，增大气态反应物的压强等)；对有害的或我们不希望发生的化学反应，要设法降低反应速率(如降低反应温度，使用负催化剂<sup>①</sup>等)，或隔离会引发反应的物质(如在金属表面形成保护层、森林灭火时制造隔离带等)；对应用于特定环境及特殊需要的化学反应(如定向爆破、火箭发射等)，则要对反应条件进行特殊的控制。

<sup>①</sup>能减慢反应速率的“催化剂”，也叫抑制剂。

## 习 题



1. 根据已有知识和经验，填写下表。

影响反应速率的条件	如何影响	可能原因	实例
温度			
浓度			
固体的表面积			
催化剂			

2. 生产面粉的工厂都要挂上“严禁烟火”的牌子，请你分析其原因是什么？

3. 已知  $\text{KClO}_3$  (氯酸钾) 在发生分解反应时会释放出  $\text{O}_2$  并生成  $\text{KCl}$ ，但反应速率很低。

(1) 你设想一下，有哪些条件可能提高  $\text{KClO}_3$  的分解反应速率？

(2) 写出  $\text{KClO}_3$  分解反应的化学方程式。

4. 氢气是 21 世纪极有前途的新型能源，是各国研究的热点之一。氢能开发的首要问题是研究如何

以水为原料制取氢气。以下研究方向你认为可行的是( )。

- A. 大量建设水电站，用电力分解水制取氢气
  - B. 设法将太阳能聚焦，产生高温，使水分解产生氢气
  - C. 寻找更多的化石燃料，利用其燃烧放热，使水分解产生氢气
  - D. 寻找特殊化学物质，用于开发廉价能源，以分解水制取氢气
5. 燃料充分燃烧的条件是：\_\_\_\_\_。
6. 按下表所列项目，对自己家里的灶具等进行调查分析，如实填写并与家长及同学交流。

所用的灶具	
使用的燃料	
使燃料充分燃烧的方法	
防止燃烧废气污染的措施	
存在的问题	
改进的措施与方向	

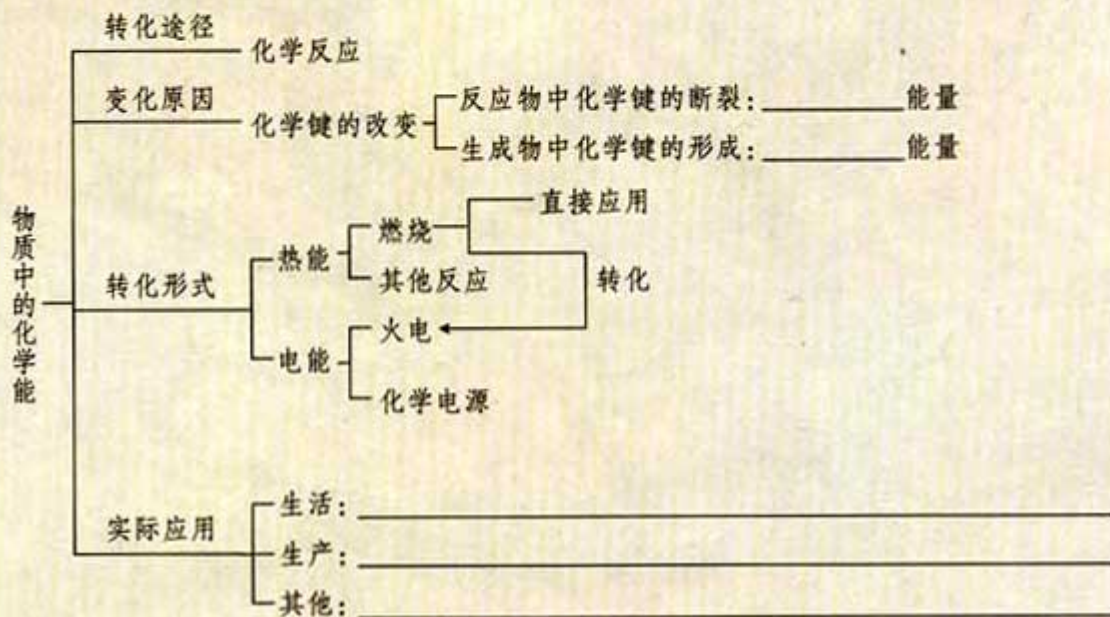
7. 了解家里存放各种食物的方法，比较其优点和不足，分析可能存在的问题，与家长讨论可行的改进措施并付诸实施。



## 归纳与整理

根据下列线索归纳整理本章学习内容，填写相应空白。

### 一、化学反应与能量



### 二、化学反应的速率和限度

1. 化学反应速率的含义：\_\_\_\_\_
2. 你对化学反应限度的认识：\_\_\_\_\_
3. 控制化学反应条件的意义：\_\_\_\_\_





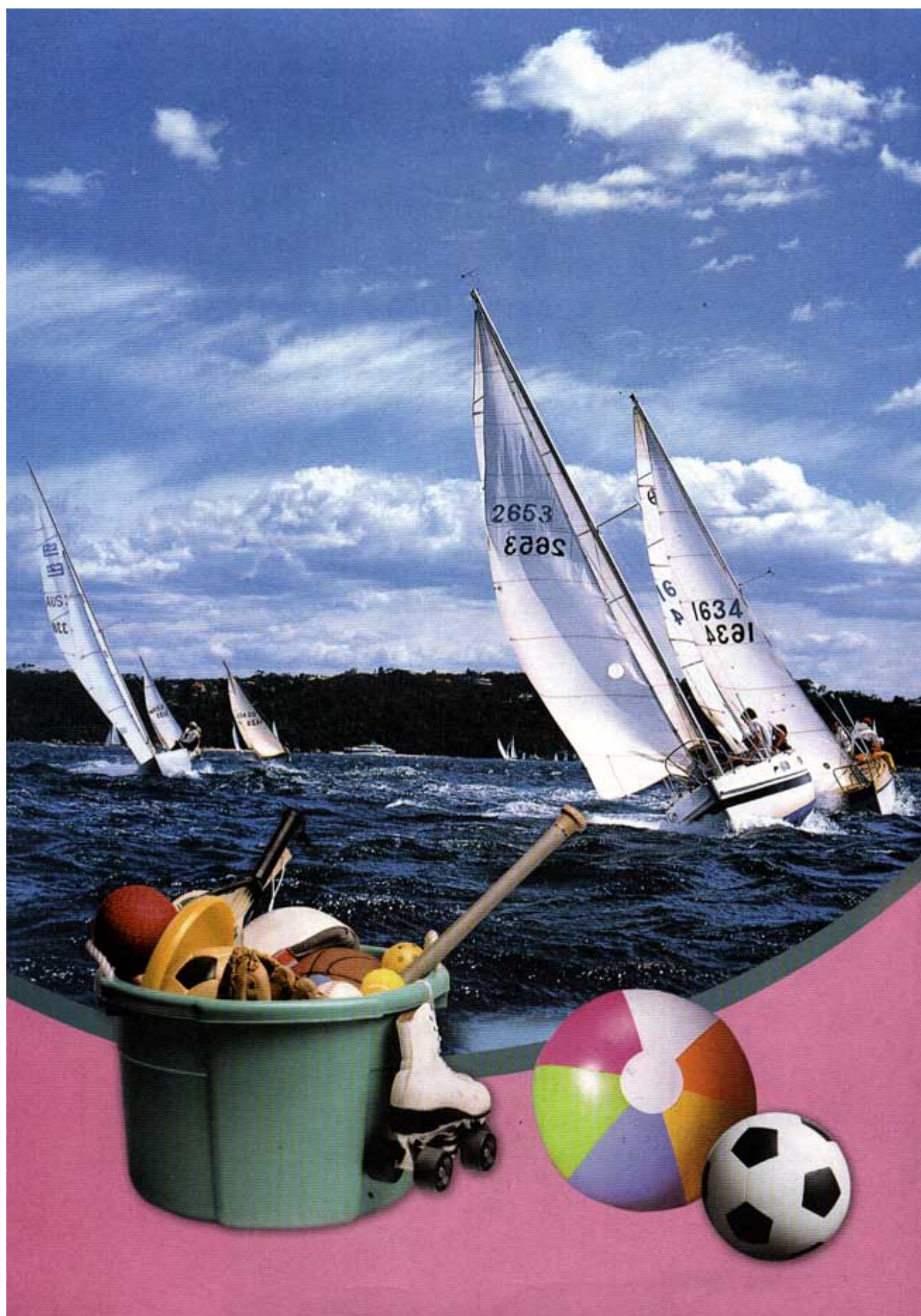
### 第三章

## 有机化合物

碳在地壳中的含量不高，质量分数只占0.087%，但是它的化合物，尤其是有机化合物，不仅数量众多，而且分布极广。例如，燃料中的汽油、煤油、柴油，建材中的木材、黏结剂、涂料、油漆，日用品中的塑料、橡胶、纤维、清洁剂，食物中的营养素——糖类、油脂、蛋白质等都是有机化合物。

迄今，从自然界发现的和人工合成的有机物已超过2 000万种，而且新的有机物仍以每年近百万种的速度不断增加。组成有机物的元素除碳外，常有氢、氧，还含有氮、硫、卤素、磷等。其中仅含碳和氢两种元素的有机物称为碳氢化合物，也称为烃。人们熟知的甲烷是烃中最简单的有机物。





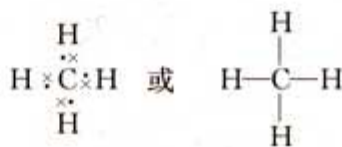


# 1

## 最简单的有机化合物——甲烷

甲烷是天然气、沼气、油田气和煤矿坑道气的主要成分。中国是世界上最早利用天然气作燃料的国家。我国的天然气主要分布在中西部的四川、重庆、甘肃、青海、新疆等地区及海底，已探明储量为 1.37 万亿立方米，居世界第 19 位。为了改善我国东部的能源结构，已经启动的“西气东输”，就是将新疆等地的天然气，通过管道东输到长江三角洲，最终到达上海的一项巨大工程。天然气是一种高效、低耗、污染小的清洁能源，目前世界 20% 的能源需求由天然气提供。天然气还是一种重要的化工原料，可用于生产种类繁多的化工产品。

甲烷的分子式是  $\text{CH}_4$ ，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 4 个 C—H 共价键。可表示为：



有机化合物 organic compound

甲烷 methane

结构式 structural formula

这种用短线来表示一对共用电子的图式叫结构式。那么甲烷分子中的原子在空间是如何分布的呢？

### 实践活动

裁一段长 25 cm、宽 8.7 cm 的矩形纸板或硬纸条，按下图所示方式，裁去两头的小三角形，按虚线向内折成如图 3-1 所示的正四面体，其顶点分别为甲烷中 4 个氢原子的位置，中心是碳原子。

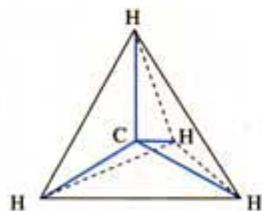
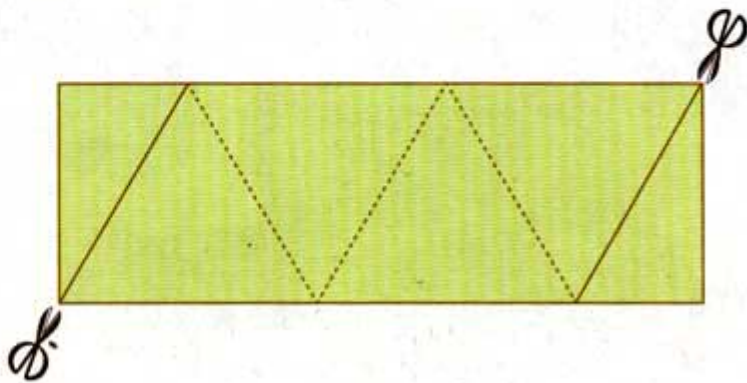


图 3-1 甲烷分子结构示意图





观察图 3-1 所示的 C 与 H 空间位置关系。试用原子结构拼插模型(或用橡皮泥、黏土、泡沫塑料、牙签、火柴棍等代用品), 自制甲烷的分子模型。

甲烷分子的结构特点: \_\_\_\_\_

甲烷分子是一种对称的正四面体结构, 四个 C—H 键强度相同。

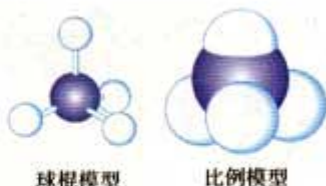


图 3-2 甲烷的分子模型

## 一、甲烷的性质

我们已经知道, 甲烷是一种没有颜色、没有气味的气体, 密度是 0.717 g/L(标准状况), 极难溶于水。

在通常情况下, 甲烷比较稳定, 与高锰酸钾等强氧化剂不反应, 与强酸、强碱也不反应。但是在一定条件下, 甲烷也会发生某些反应。

### 1. 甲烷的氧化反应

甲烷是一种优良的气体燃料, 通常状况下, 1 mol 甲烷在空气中完全燃烧, 生成二氧化碳和水, 放出 890 kJ 热量。



### 2. 甲烷的取代反应

## 科学探究

向 2 支盛有甲烷的试管中(其中一支用黑纸包好), 分别快速加入 0.5 g  $\text{KMnO}_4$  和 1 mL 浓盐酸<sup>①</sup>, 然后迅速地轻轻塞上胶塞, 放在试管架上; 没有包黑纸的试管在室内光线(日光灯)照射下, 或用高压汞灯的紫外线照射; 等待片刻, 观察现象。

1. 你从实验中能得到哪些信息?
2. 从所得实验信息中你能得到哪些启示?

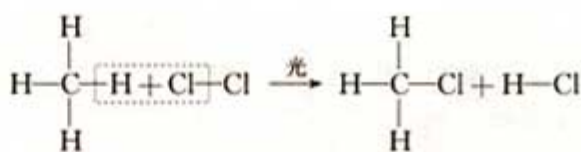
室温时, 混合气体无光照时, 不发生反应; 光照时, 瓶内气体颜色逐渐变浅, 瓶壁出现油状液滴, 瓶中有少量白雾。

在光照的条件下, 甲烷与氯气发生了化学反应:

## 资料卡片

空气中的甲烷含量在 5%~15.4%(体积)范围内时, 遇火花将发生爆炸。煤矿中的瓦斯爆炸多数是甲烷气体爆炸引发的。为了防止爆炸事故的发生, 必须采取通风、严禁烟火等安全措施。在进行甲烷燃烧实验时, 必须先检验其纯度。

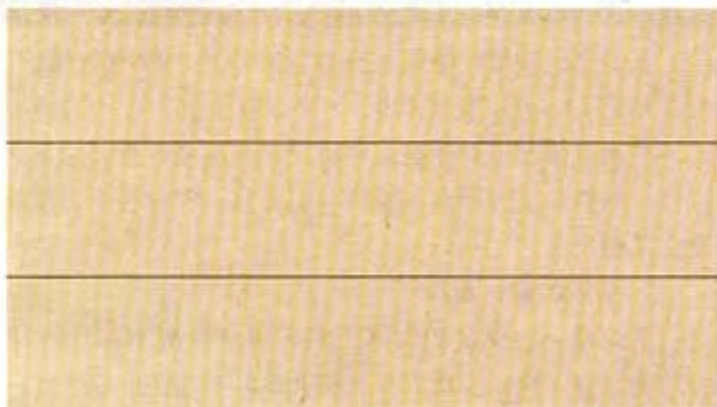
<sup>①</sup>  $\text{KMnO}_4$  与浓盐酸反应能产生氯气。



一氯甲烷 (沸点:  $-24.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

生成的一氯甲烷可与氯气进一步反应, 依次又生成了难溶于水的油状液体: 二氯甲烷、三氯甲烷和四氯甲烷(四氯化碳)。

你能仿照生成一氯甲烷的化学方程式, 尝试写出一氯甲烷与氯气进一步反应的化学方程式吗?



取代反应 substitution reaction

烷烃 alkane

饱和烃 saturated hydrocarbon

在上述反应中, 甲烷分子中的四个氢原子可被氯原子逐一替代, 生成四种不同的取代产物。这种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取代反应。

甲烷的四种氯代产物都不溶于水。常温下, 一氯甲烷是气体, 其他三种都是液体。

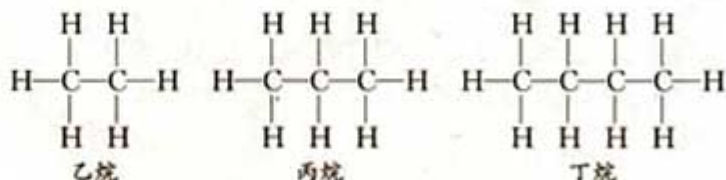


图 3-3 几种烷烃的球棍模型

## 二、烷烃

### 学与问

与甲烷结构相似的有机物还有很多, 请你观察下列有机物的结构式和图 3-3 所示的分子模型, 试归纳出它们在结构上的特点。





这些烃分子中的碳原子之间只以单键结合，剩余价键均与氢原子结合，使每个碳原子的化合价都已充分利用，达到“饱和”。这样的烃叫做饱和烃，也称为烷烃。

为了书写方便，有机物还可以用结构简式表示，如乙烷和丙烷的结构简式可以分别表示为  $\text{CH}_3\text{CH}_3$  和  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 。

烷烃的种类很多，表 3-1 列出了部分烷烃的物理性质。

表 3-1 几种烷烃的物理性质

名称	分子式	常温时的状态	熔点/ $^{\circ}\text{C}$	沸点/ $^{\circ}\text{C}$	相对密度 <sup>①</sup>
甲烷	$\text{CH}_4$	气	-182.6	-161.7	
乙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_3$	气	-172.0	-88.6	
丙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	气	-187.1	-42.2	0.500 5
丁烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	气	-135.0	-0.5	0.578 8
戊烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	液	-129.7	36.1	0.557 2
癸烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	液	-29.7	174.0	0.729 8
十七烷	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3$	固	22.0	303	0.776 7

烷烃的物理性质随分子中碳原子数的增加，呈现规律性的变化。

烷烃的化学性质与甲烷类似，通常较稳定，在空气中能点燃，光照下能与氯气发生取代反应。

相邻烷烃分子在组成上均相差一个  $\text{CH}_2$  原子团，如果烷烃中的碳原子数为  $n$ ，烷烃中的氢原子数就是  $2n+2$ ，烷烃的分子式可以用通式  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  表示。像这种结构相似，在分子组成上相差一个或若干个  $\text{CH}_2$  原子团的物质互称为同系物。

烷烃中最简单的是甲烷，其余随碳原子数的增加，依次为乙烷、丙烷、丁烷等。碳数在十以内时，以甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸依次代表碳原子数，其后加“烷”字；碳数在十以上，以汉字数字代表，如“十一烷”。

甲烷、乙烷、丙烷的结构各只有一种，而丁烷可以有两种结构(如图 3-4 所示)。这两种结构所对应的分子的性质有差异。

<sup>①</sup> 在未特别指明的情况下，本书中的相对密度均指 20  $^{\circ}\text{C}$  时某物质的密度对 4  $^{\circ}\text{C}$  时水的密度的比值。

#### 同系物 homolog



丁烷



异丁烷

图 3-4 丁烷、异丁烷的球棍模型

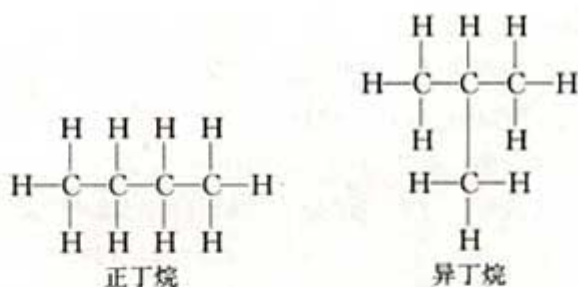


表 3-2 正丁烷和异丁烷的某些物理性质

名称	熔点/℃	沸点/℃	相对密度
正丁烷	-138.4	-0.5	0.578 8
异丁烷	-159.6	-11.7	0.557

像这种化合物具有相同的分子式，但具有不同结构式的现象称为同分异构现象。具有同分异构现象的化合物互称为同分异构体。随着碳原子数的增加，烷烃的同分异构体的数目也增加。例如，戊烷有 3 种、己烷有 5 种、庚烷有 9 种，而癸烷有 75 种之多。同分异构现象是有机物种类繁多的重要原因之一。

同分异构现象 isomerism  
同分异构体 isomer

### 思考与交流

参考图 3-5，分析、归纳以碳为骨架的有机物种类繁多的原因。

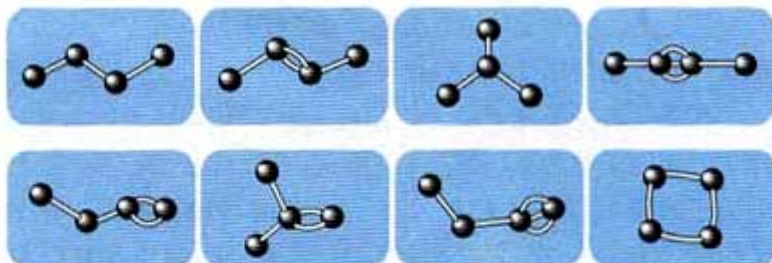


图 3-5 4 个碳原子相互结合的几种方式



## 习 题



- 下列气体的主要成分不是甲烷的是 ( )。  
A. 沼气            B. 天然气            C. 煤气            D. 坑道气
- 下列物质在一定条件下，可与  $\text{CH}_4$  发生化学反应的是 ( )。  
A. 氯气            B. 溴水            C. 氧气            D. 酸性  $\text{KMnO}_4$  溶液
- 将等物质的量的甲烷和氯气混合后，在漫射光的照射下充分反应，生成物中物质的量最大的是 ( )。  
A.  $\text{CH}_3\text{Cl}$             B.  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$             C.  $\text{CCl}_4$             D.  $\text{HCl}$
- 烃类分子中的碳原子与其他原子的结合方式是 ( )。  
A. 形成四对共用电子对            B. 通过非极性键  
C. 通过两个共价键            D. 通过离子键和共价键
- 鉴别甲烷、一氧化碳和氢气三种无色气体的方法，是将它们分别 ( )。  
A. 先后通入溴水和澄清的石灰水  
B. 点燃后罩上涂有澄清石灰水的烧杯  
C. 点燃，先后罩上干燥的冷烧杯和涂有澄清石灰水的烧杯  
D. 点燃后罩上涂有澄清石灰水的烧杯，通入溴水

## 2

# 来自石油和煤的两种基本化工原料

从煤和石油中不仅可以得到多种常用燃料，而且可以从中获得大量的基本化工原料。其中从石油中获得乙烯，已成为生产乙烯的主要途径；从石油或煤焦油中还可以获得苯等其他有机化工原料。

### 思考与交流

讨论乙烯和苯的下列用途，体会它们作为基本化工原料的重要价值。

- |    |                               |
|----|-------------------------------|
| 乙烯 | → 聚乙烯塑料 → 食品袋、餐具、地膜等          |
|    | → 聚乙烯纤维 → 无纺布                 |
|    | → 乙醇 → 燃料、化工原料                |
|    | → 涤纶 → 纺织材料等                  |
|    | → 洗涤剂、乳化剂、防冻液                 |
|    | → 醋酸纤维、酯类                     |
|    | → 增塑剂                         |
|    | → 杀虫剂、植物生长调节剂                 |
|    | → 聚氯乙烯塑料 → 包装袋、管材等            |
|    | → 合成润滑油、高级醇、聚乙二醇              |
|    | → 洗涤剂                         |
| 苯  | → 聚苯乙烯塑料 → 电视、雷达部件，灯饰外壳，医疗用具等 |
|    | → 溶剂                          |
|    | → 增塑剂                         |
|    | → 锦纶 → 纺织材料等                  |
|    | → 消毒剂                         |
|    | → 染料                          |

### 一、乙烯

乙烯是重要的化工原料，乙烯的世界年产量 2000 年为 9 662.4 万吨，到 2001 年已突破 1 亿吨。乙烯的产量可以用来衡量一个国家的石油化工水平。在发达的工业化国家，乙烯的



需求会随经济状况而发生周期性波动，发展中国家的乙烯需求一直在稳步增长。尽管我国乙烯的年生产量逐年增长，仍不能满足快速增长的工业需求，目前还需大量进口。

### 科学探究

如图 3-6 所示，将浸透了石蜡油(17 个碳以上的液态烷烃混合物)的石棉放置在硬质试管的底部，试管中加入碎瓷片，给碎瓷片加强热，石蜡油蒸汽通过炽热的碎瓷片表面，发生反应，可得到一定量的气体生成物；用该生成物进行如下实验：

1. 生成的气体通入酸性高锰酸钾溶液中，观察现象；
2. 生成的气体通入溴的四氯化碳溶液中，观察现象；
3. 用排水集气法收集一试管气体，点燃，观察燃烧的情况。

现象：\_\_\_\_\_

分析上述实验，你认为生成的气体中都是烷烃吗？说明理由：\_\_\_\_\_

石蜡油在炽热碎瓷片的作用下，产生可以使酸性高锰酸钾溶液和溴的四氯化碳溶液褪色的气态产物，可推断产物中含有与烷烃性质不同的烃。研究表明，石蜡油分解的产物主要是乙烯和烷烃的混合物。乙烯分子中含有碳碳双键( $\text{C}=\text{C}$ )，像这样分子中含有碳碳双键的烃类叫做烯烃<sup>①</sup>，乙烯是最简单的烯烃。

### 学与问

乙烯的分子式是  $\text{C}_2\text{H}_4$ ，参照图 3-7 所示的乙烯分子结构模型，试写出乙烯的电子式和结构式：

乙烯分子的电子式

乙烯分子的结构式



图 3-6 石蜡油分解实验

烯烃 alkene  
乙烯 ethene

<sup>①</sup> 碳原子所结合的氢原子数少于饱和烃里的氢原子数的碳氢化合物属于不饱和烃。

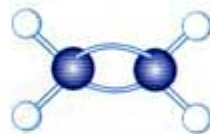


图 3-7 乙烯分子的模型

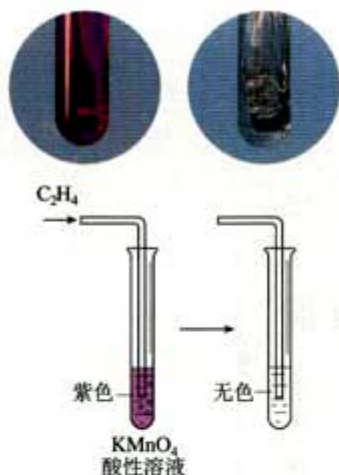


图 3-8 乙烯使酸性高锰酸钾溶液褪色

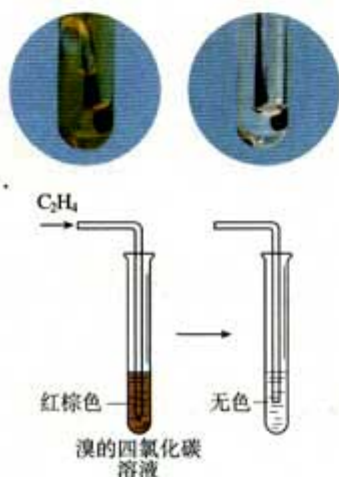


图 3-9 乙烯使溴的四氯化碳溶液褪色

加成反应 addition reaction

与只含碳碳单键的烷烃相比，乙烯分子中碳碳双键的存在，使乙烯与酸性高锰酸钾溶液和溴的四氯化碳溶液均能反应，表现出较活泼的化学性质，这进一步说明了分子结构对物质性质的影响。

### 1. 乙烯的氧化反应

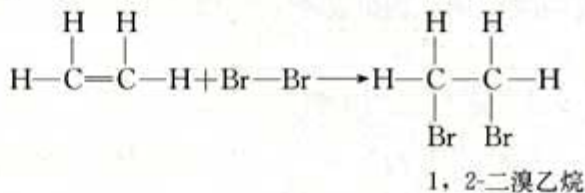
乙烯在空气中燃烧，火焰明亮且伴有黑烟，生成二氧化碳和水，同时放出大量热。



乙烯使酸性高锰酸钾溶液褪色的反应说明乙烯能被氧化剂氧化，利用这个反应可以鉴别甲烷和乙烯。

### 2. 乙烯的加成反应

乙烯能使溴的四氯化碳溶液褪色，说明乙烯与溴发生了化学反应。反应中，乙烯双键中的一个键断裂，两个溴原子分别加在两个价键不饱和的碳原子上，生成无色的 1, 2-二溴乙烷液体：



有机物分子中的不饱和键(双键或三键)两端的碳原子与其他原子或原子团直接结合生成新的化合物的反应叫加成反应。

乙烯不仅可与溴发生加成反应，在一定条件下，还可以与  $\text{H}_2$ 、 $\text{HCl}$ 、 $\text{Cl}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  等物质发生加成反应。你能写出有关反应的化学方程式吗？

乙烯与氢气反应：\_\_\_\_\_

乙烯与氯化氢反应：\_\_\_\_\_

乙烯与水反应：\_\_\_\_\_

由乙烯之间的相互加成可以得到聚乙烯，聚乙烯制品在现代生活中用途很广。

### 实践活动

在塑料袋中放一只成熟的苹果，再放些青香蕉或青橘子，将塑料袋口扎紧，密封好。每天观察它们的变化。

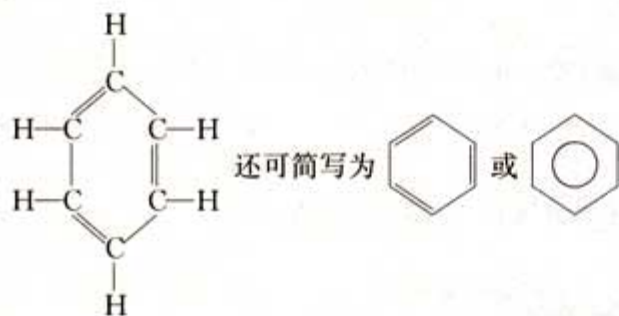


乙烯是一种植物生长调节剂，植物在生命周期的许多阶段，如发芽、成长、开花、果熟、衰老、凋谢等都会生成乙烯。乙烯还可以作为水果的催熟剂，南方产的水果，多数在未成熟时采摘下来，运到北方后，向存放水果的库房中充少量乙烯，催熟之后再销售。反之，为了延长果实或花朵的寿命，方便远距离运输，人们在装有果实或花朵的密闭容器中放入浸泡过高锰酸钾溶液的硅土，用来吸收水果或花朵中产生的乙烯。

## 二、苯

苯是1825年由英国科学家法拉第(M. Faraday)首先发现的。与乙烯一样，苯是重要的化工原料，其产品在今天的生活可以说是无处不在，应用广泛。

苯的分子式是 $C_6H_6$ ，它是一种环状有机化合物，其结构式为：



### 学与问

1. 按照苯的结构式，你认为苯可能有哪些成键特点？
2. 如何设计实验证明你的猜想？

### 实验 3-1

1. 试管中加入少量苯，再加入溴水，振荡后，观察现象。
2. 试管中加入少量苯，再加入酸性高锰酸钾溶液，振荡后，观察现象。

苯通常是无色、带有特殊气味的液体，有毒，不溶于水，密度比水的小，熔点为 $5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，沸点为 $80.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；如用冰冷却，可凝成无色晶体。苯和其他烃一样，可以燃烧；但产生较多的黑烟。你能解释产生黑烟的原因吗？

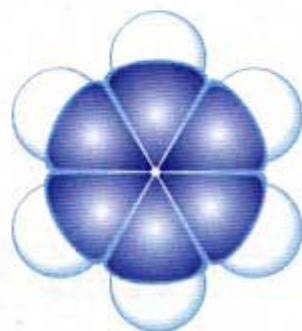


图 3-10 苯分子模型

苯 benzene


### 资料卡片

分子中含有一个或多个苯环的一类碳氢化合物，属于芳香烃。

芳香化合物是一种习惯说法。历史上的芳香族化合物是一类从植物胶中提取的有芳香气味的物质，实际上芳香化合物并不一定都有香味，芳香一词已失去了原来的意义。



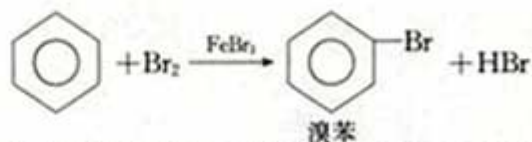
苯可以在空气中燃烧，但不与酸性高锰酸钾溶液和溴水反应；说明苯分子中没有与乙烯类似的双键。对苯进一步的研究表明，苯分子中的6个碳原子之间的键完全相同，是一种介于

单键和双键之间的独特的键，所以，也常用  来表示苯

分子。苯的结构使苯的性质比烯烃稳定，但在一定条件下，仍可以与某些物质发生化学反应。

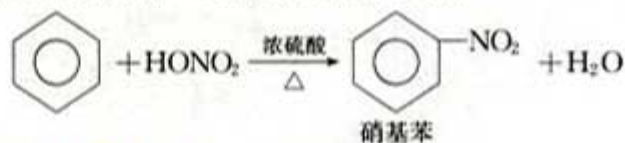
### 1. 苯的取代反应

在一定条件下，苯可以与溴、浓硝酸等物质发生取代反应。



在催化剂作用下，苯与溴发生反应，苯环上的氢原子被溴原子取代，生成溴苯，溴苯是无色液体，密度比水的大。

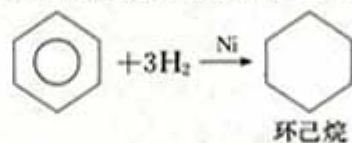
在浓硫酸作用下，苯在 50~60℃ 还可以与硝酸发生取代反应，生成硝基苯，反应的化学方程式为：



### 2. 苯的加成反应

苯虽然不具有像烯烃一样典型的碳碳双键，但在特定条件下，仍能发生加成反应。

在镍作催化剂的条件下，苯可以与氢气发生加成反应。



含有苯环结构的化合物，都可以发生类似的反应。

## 科学视野

### 人造血液

四氟乙烯是常见的氟碳化合物，可用于制家用不粘锅的保护膜氟纶。此外，氟碳化合物还可能成为未来的人造血液。

血液所以能吸收氧气，主要是靠红血球中的血红素，有研



究表明，常温、常压下，100 mL 血液大约可吸收 20 mL 的氧气。科学实验表明，100 mL 的多氟碳化物，在相同条件下，可吸收 50 mL 的氧气。

因此，老鼠可以在含饱和多氟碳化物的溶液中获得氧气，像鱼儿在水中一样游动。另有实验显示，把狗身上的 70% 血液，换成由 25% 的多氟碳化物和 75% 的水混合成的乳液后，仍可存活。有关人体的实验正在进行中，化学家将有可能合成出新的多氟碳化物，作为血液的替代品。

### 科学史话

#### 苯的发现和苯分子结构学说

19 世纪初，英国和其他欧洲国家一样，城市的照明已普遍使用煤气。从生产煤气的原料中制备出煤气之后，剩下一种油状的液体长期无人问津。法拉第是第一位对这种油状液体感兴趣的科学家。他用蒸馏的方法将这种油状液体进行分离，得到另一种液体，实际上就是苯。当时法拉第将这种液体称为“氢的重碳化合物”。

1834 年，德国科学家米希尔里希 (E. F. Mitscherlich) 通过蒸馏苯甲酸和石灰的混合物，得到了与法拉第所制液体相同的一种液体，并命名为苯。待有机化学中的分子概念和原子价概念建立之后，法国化学家热拉尔 (C. F. Gerhardt) 等人又确定了苯的相对分子质量为 78，分子式为  $C_6H_6$ 。苯分子中碳的相对含量如此之高，使化学家们感到惊讶。如何确定它的结构式呢？化学家们为难了：苯的碳、氢比值如此之大，表明苯是高度不饱和的烃，但它又不具有典型的不饱和烃应具有易发生加成反应的性质。

德国化学家凯库勒是一位极富想象力的学者，他曾提出了碳四价和碳原子之间可以连接成链这一重要假说。对苯的结构，他在分析了大量的实验事实之后认为：这是一个很稳定的“核”，6 个碳原子之间的结合非常牢固，而且排列十分紧凑，它可以与其他碳原子相连形成芳香族化合物。于是，凯库勒集中精力研究这 6 个碳原子的“核”。在提出了多种开链式结构而又因其与实验结果不符被一一否定，1865 年，他终于悟出闭合链的形式是解决苯分子结构的关键，他以苯的 (I) 式 (见图 3-12) 表示这一结构。1866 年他又提出苯分子是一个由 6 个碳原子以单、双键相互交替结合而成的环状链 (II) 式，后

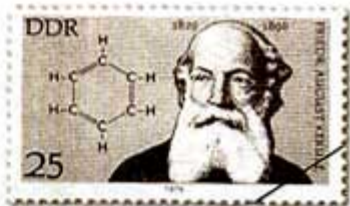


图 3-11 凯库勒  
(F. A. Kekulé, 1829—1896)

简化为(Ⅲ)式，也就是我们现在所说的凯库勒式。

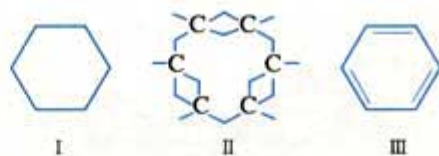


图 3-12 凯库勒提出的苯分子的几种结构式

关于凯库勒悟出苯分子的环状结构的经过，一直是化学史上的一个趣闻。据他自己说这来自于一个梦。那是他在比利时的根特大学任教时，一天夜晚，他在书房中打起了瞌睡，眼前又出现了旋转的碳原子。碳原子的长链像蛇一样盘绕卷曲，忽见一蛇衔住了自己的尾巴，并旋转不停。他像触电般地猛然醒来，接着整理苯环结构的假说，又忙了一夜。对此，凯库勒说：“我们应该会做梦！……那么我们就可以发现真理……但不要在清醒的理智检验之前，就宣布我们的梦。”

应该指出的是，凯库勒能够从梦中得到启发，成功地提出重要的结构学说，并不是偶然的。这是由于他善于独立思考，平时总是冥思苦想有关原子、分子以及结构等问题，才会梦其所思；更重要的是，他懂得化合价的真正意义，善于捕捉直觉形象；加之以事实为依据，以严肃的科学态度进行多方面的分析和探讨，这一切都为他取得成功奠定了基础。

## 习 题

1. 工业生产中使用的乙烯主要来源于\_\_\_\_\_，乙烯与甲烷在结构上的主要差异是\_\_\_\_\_，与乙烯结构相似的烃被称为\_\_\_\_\_，它们都能与\_\_\_\_\_反应。
2. 苯与甲烷都可以发生\_\_\_\_\_反应，反应的主要差异表现在\_\_\_\_\_；苯与乙烯都可以发生\_\_\_\_\_反应，反应的差异主要表现在\_\_\_\_\_。
3. 下列物质在水中不出现分层的是( )。
  - A. 三氯甲烷
  - B. 乙醇
  - C. 苯
  - D. 四氯化碳
4. 能通过化学反应使溴水褪色，又能使酸性高锰酸钾溶液褪色的是( )。
  - A. 苯
  - B. 氯化铁
  - C. 乙烷
  - D. 乙烯
5. 利用下列反应不能制得括号中纯净物质的是( )。
  - A. 乙烯与氯气加成(1, 2-二氯乙烷)
  - B. 乙烯与水加成(乙醇)



C. 等物质的量的氯气与乙烷在光照条件下反应(氯乙烷)

D. 氯气与苯用氯化铁作催化剂反应(氯苯)

6. 下列属于取代反应的是 ( )。

A. 光照射甲烷与氯气的混合气体

B. 乙烯通入溴水中

C. 在镍做催化剂的条件下，苯与氢气反应

D. 苯与液溴混合后撒入铁粉

7. 上网查阅资料，了解我国乙烯的主要产地、原料来源、市场价格，讨论乙烯的产量和价格对有机化工生产的影响。

8. 了解生活中可能接触苯或含有苯环结构物质的主要场所，查阅资料并与他人讨论这些物质对环境可能产生的影响，提出防护建议。

# 3

## 生活中两种常见的有机物

生活中的有机物种类丰富，在衣、食、住、行多方面应用广泛，其中乙醇和乙酸是两种较常见的有机物。

乙醇 ethanol  
乙酸 acetic acid

### 一、乙醇

乙醇是无色、有特殊香味的液体。乙醇的密度比水的小，20℃时，密度是 0.789 g/cm<sup>3</sup>，沸点 78.5℃，熔点 -117.3℃。乙醇易挥发，能够溶解多种有机物和无机物，能与水以任意比互溶。

乙醇的分子式是 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O，乙醇分子可能是哪一种结构呢？

#### 1. 乙醇与金属钠的反应

#### 实验 3-2

在盛有少量无水乙醇的试管中，加入一粒擦干煤油的金属钠，在试管口迅速塞上配有针头的单孔塞，用小试管倒扣在针头之上，收集并验纯气体；然后点燃，并把一干燥的小烧杯罩在火焰上(如图 3-13)，片刻在烧杯壁上出现液滴后，迅速倒

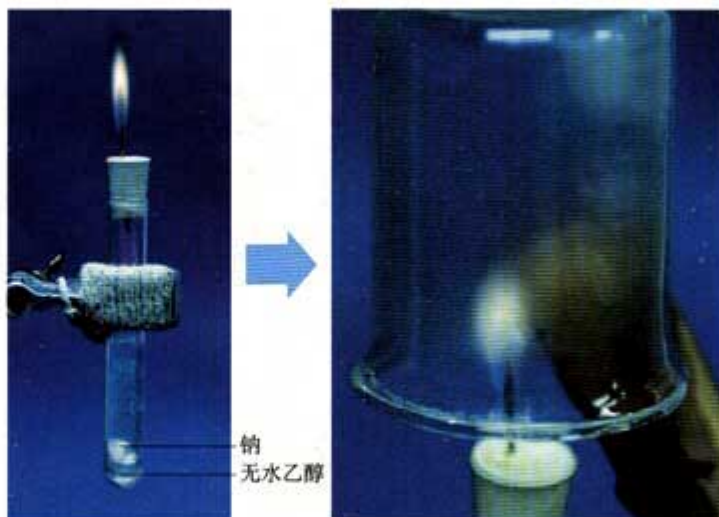


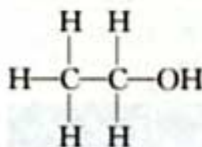
图 3-13 乙醇与金属钠的反应



转烧杯，向烧杯中加入少量澄清的石灰水，观察实验现象，比较前面做过的水与钠反应的实验，并完成下表。

物质 \ 项目	金属钠的变化	气体燃烧现象	检验产物
水			
乙醇			

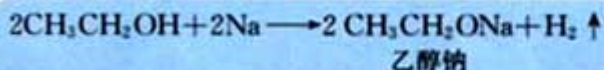
乙醇与金属钠反应产生了氢气，说明乙醇分子里有不同于烃分子里的氢原子存在。乙醇分子中含有一—OH 基团，称为羟基。乙醇的结构式可以表示为：



也可简写为  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  或  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 。

乙醇可以看成是乙烷分子中的氢原子被羟基取代后的产物。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，其中取代氢原子的其他原子或原子团使烃的衍生物具有不同于相应烃的特殊性质，被称为官能团。如溴乙烷中的溴原子、乙醇中的羟基等。

在乙醇与金属钠的反应中，金属钠置换了羟基中的氢，生成了氢气和乙醇钠：



我们已经知道，乙醇与金属钠的反应比水与金属钠的反应平缓得多，说明乙醇羟基中的氢原子不如水分子中的氢原子活泼。

## 2. 乙醇的氧化反应

乙醇在空气中燃烧，放出大量的热：



此外，在一定条件下，乙醇可以与氧化剂发生反应。

烃的衍生物 derivative of hydrocarbon  
官能团 functional group



图 3-14 乙醇分子模型

### 资料卡片

交通警察检查司机是否酒后驾车的装置中，含有橙色的酸性重铬酸钾，当其遇到乙醇时橙色变为绿色，由此可以判定司机饮酒超过规定标准。

### 实验 3-3

向一支试管中加入 3~5 mL 乙醇，取一根 10~15 cm 长的铜丝，下端绕成螺旋状，在酒精灯上灼烧至红热，插入乙醇中，反复几次。观察铜丝的变化，小心闻试管中液体产生的气味。

乙醇在铜或银做催化剂的条件下，可以被空气中的氧气氧化为乙醛(CH<sub>3</sub>CHO)：



乙醇还可以与酸性高锰酸钾溶液或酸性重铬酸钾溶液反应，被直接氧化成乙酸。

## 二、乙酸



图 3-15 乙酸分子模型

乙酸俗称醋酸。醋的主要成分是乙酸，普通食醋中含有 3%~5% 的乙酸，乙酸是烃的重要含氧衍生物。分子式为 C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>，结构简式为 CH<sub>3</sub>COOH，乙酸的官能团为



乙酸是有强烈刺激性气味的无色液体。沸点 117.9 ℃，熔点 16.6 ℃。当温度低于熔点时，乙酸凝结成类似冰一样的晶体，所以纯净的乙酸又称为冰醋酸。乙酸易溶于水和乙醇。

### 1. 乙酸的酸性

我们已经知道乙酸具有酸的通性，能使紫色的石蕊溶液变红，但它的酸性强弱如何呢？

## 科学探究

1. 家庭中经常用食醋浸泡有水垢(主要成分 CaCO<sub>3</sub>)的暖瓶或水壶，以清除水垢。这是利用了醋酸的什么性质？通过这个事实你能比较出醋酸与碳酸的酸性强弱吗？

2. 设计一个实验，比较醋酸与碳酸的酸性强弱，验证你上面所得出的结论。



## 2. 乙酸的酯化反应

红葡萄酒密封储存时间越长，质量越好，原因之一是储存过程中生成了一种有香味的酯。我们通过化学实验也可以制备酯。

### 实验 3-4

在一支试管中加入 3 mL 乙醇，然后边振荡试管边慢慢加入 2 mL 浓硫酸和 2 mL 乙酸；按图 3-17 连接好装置，用酒精灯缓慢加热，将产生的蒸气经导管通到饱和碳酸钠溶液的液面上(如图 3-16 所示)，观察现象。

可以看到，液面上有透明的不溶于水的油状液体产生，并可以闻到香味。这种有香味的液体叫乙酸乙酯。该反应的化学方程式如下：



乙酸乙酯是酯类物质中的一种。这种酸与醇反应生成酯和水的反应，叫酯化反应。酯化反应是可逆反应，反应进行得比较缓慢，反应物不能完全变成生成物；为了提高反应速率，一般要加入浓硫酸做催化剂，并加热。

酯化反应的产物是酯，一般由有机酸与醇脱水而成。很多鲜花和水果的香味都来自酯的混合物。现在可以通过人工方法合成各种酯，用作饮料、糖果、香水、化妆品中的香料；也可以用作指甲油、胶水的溶剂。

酯 ester

乙酸乙酯 ethyl acetate

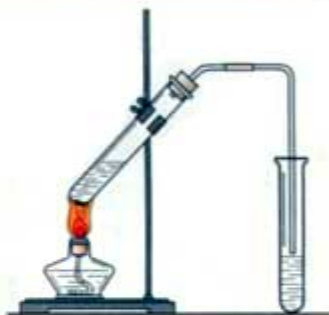


图 3-16 生成乙酸乙酯的反应

酯化反应 esterification



图 3-17 含酯的水果

## 习 题



- 查看商品标签，查阅下列酒类饮品中酒精含量最高的是（ ）。  
A. 啤酒      B. 白酒      C. 葡萄酒      D. 黄酒
- 下列物质中可用来鉴别乙酸、乙醇、苯的是（ ）。  
A. 金属钠      B. 溴水      C. 碳酸钠溶液      D. 紫色石蕊溶液
- 用 30 g 乙酸与 46 g 乙醇反应，如果实际产率是理论产率的 67%，则可得到的乙酸乙酯的质量是（ ）。  
A. 29.5 g      B. 44 g      C. 74.8 g      D. 88 g

4. 除去乙酸乙酯中含有的乙酸，最好的处理方法是（ ）。

- A. 蒸馏
- B. 水洗后分液
- C. 用过量饱和碳酸钠溶液洗涤后分液
- D. 用过量氢氧化钠溶液洗涤后分液

5. 巴西计划将来以酒精代替汽油用作汽车燃料，不过如果真的这样做，全国差不多一半的农用地要用来种植甘蔗，才能生产足够的酒精。因此还要开发新的土地来种植粮食和其他农作物。如果开发新土地，则会进一步破坏亚马孙森林。你认为这样会产生什么问题？

6. 制作一张海报，宣传酗酒的危害。



# 4

## 基本营养物质

生命由一系列复杂、奇妙的化学过程维持着，食物为有机体的这一过程提供原料，同时也为有机体维持生命活动提供能量；食物同时还是组织生长和修复所不可缺少的组成部分。在初中化学的学习中我们知道，食物中的营养物质主要包括：糖类、油脂、蛋白质、维生素、无机盐和水。

人们习惯称糖类、油脂、蛋白质为动物性和植物性食物中的基本营养物质。为了能从化学的角度去认识这些物质，我们首先来了解这些基本营养物质的化学组成。



图 3-18 基本营养物质

糖类 carbohydrate

表 3-3 糖类、油脂和蛋白质代表物的化学组成

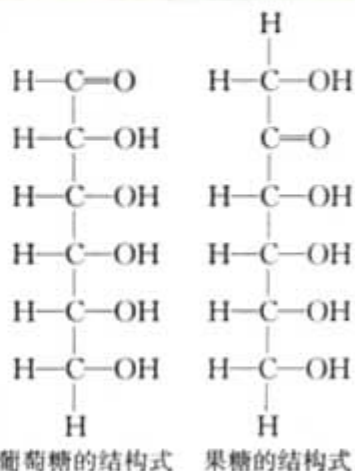
		元素组成	代表物	代表物分子
糖类	单糖	C、H、O	葡萄糖、果糖	$C_6H_{12}O_6$
	双糖	C、H、O	蔗糖、麦芽糖	$C_{12}H_{22}O_{11}$
	多糖	C、H、O	淀粉、纤维素	$(C_6H_{10}O_5)_n$
油脂	油	C、H、O	植物油	不饱和高级脂肪酸甘油酯
	脂	C、H、O	动物脂肪	饱和高级脂肪酸甘油酯
蛋白质		C、H、O、N、S、P 等	酶、肌肉、毛发等	氨基酸连接成的高分子

### 学与问

1. 根据表 3-3，分析单糖、双糖、多糖在分子组成上各有什么特点？

2. 葡萄糖和果糖，蔗糖和麦芽糖分别具有相同的分子式，但却具有不同的性质，试推测原因。

葡萄糖、果糖分子式完全相同，但分子内原子的排列方式不同，亦即分子的空间结构不同，它们互为同分异构体。蔗糖、麦芽糖分子式相同，结构不同，也可以互称为同分异构



体；但淀粉、纤维素由于组成分子的  $n$  值不同，所以分子式不同，不能互称为同分异构体。

糖类、油脂和蛋白质主要含有 C、H、O 三种元素，分子结构比较复杂，是生命活动必不可少的物质。这些物质都有哪些主要的性质，我们怎样识别它们呢？



图 3-19 淀粉与碘反应

淀粉 starch  
水解反应 hydrolysis  
reaction

### 资料卡片

糖尿病患者的尿中含有过量葡萄糖，可以通过测定患者尿液中的葡萄糖含量，判断患者的病情。含糖量越高，病情越重。医院中使用仪器测量，家中可用根据葡萄糖特征反应原理制备的特制试纸进行检验。

## 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。

3. 取一小块鸡皮，置蒸发皿中，滴加 3~5 滴浓硝酸，在酒精灯上微热，观察并记录现象。

实验内容	实验现象
葡萄糖	
淀粉	
蛋白质	

葡萄糖的特征反应：葡萄糖在碱性、加热条件下，能从银氨溶液中析出银；加热条件下，也可使新制的氢氧化铜产生砖红色沉淀。应用上述反应可以鉴别葡萄糖。

淀粉的特征反应：在常温下，淀粉遇碘变蓝。

蛋白质特征反应：硝酸可以使蛋白质变黄，称为蛋白质的颜色反应，常用来鉴别部分蛋白质。蛋白质也可以通过其烧焦时的特殊气味进行鉴别。

### 2. 糖类、油脂、蛋白质的水解反应

糖类、油脂、蛋白质都能发生水解反应。

#### 实验 3-6

取 1 mL 20% 的蔗糖溶液，加入 3~5 滴稀硫酸。水浴加

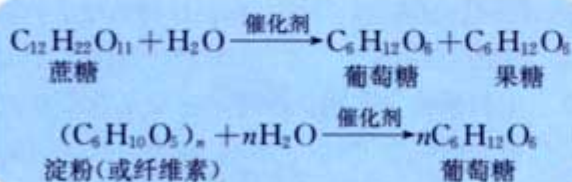


热 5 min 后取少量溶液，加氢氧化钠溶液调溶液 pH 至碱性，再加入少量新制备的  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ，加热 3~5 min，观察、记录并解释现象。

现象：\_\_\_\_\_

解释：\_\_\_\_\_

双糖、多糖可以在稀酸的催化下，最终水解为葡萄糖或果糖：



油脂在酸或碱催化条件下可以水解。在酸性条件下水解为甘油(丙三醇)、高级脂肪酸；在碱性条件下水解为甘油、高级脂肪酸钠。油脂在碱性条件下的水解反应称为皂化反应，工业生产中，常用此反应来制取肥皂。

蛋白质在酶等催化剂作用下也可以水解，生成氨基酸。

皂化反应 saponification  
氨基酸 amino acid  
纤维素 cellulose

## 二、糖类、油脂、蛋白质在生产、生活中的应用

### 1. 糖类物质的主要应用

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。

蔗糖主要存在于甘蔗(含糖质量分数为 11%~17%)和甜菜(含糖质量分数为 14%~26%) 中。食用白糖、冰糖等就是蔗糖。

淀粉和纤维素是食物的重要组成成分，也是一种结构复杂的天然高分子化合物。淀粉主要存在于植物的种子和块茎中。如大米含淀粉约 80%、小麦含淀粉约 70%、马铃薯含淀粉约



图 3-20 富含糖的物质

20%等，淀粉除做食物外，主要用来生产葡萄糖和酒精。

纤维素是植物的主要成分，植物的茎、叶和果皮中都含有纤维素。食物中的纤维素主要来源于干果、鲜果、蔬菜等。人体中没有水解纤维素的酶，所以纤维素在人体中主要是加强胃肠的蠕动，有通便功能。其他一些富含纤维素的物质，如木材、稻草、麦秸、甘蔗渣等还可以用来造纸，制造纤维素硝酸酯、纤维素乙酸酯和黏胶纤维等。

### 2. 油脂的主要应用

油脂分布十分广泛，各种植物的种子、动物的组织和器官中都存在一定数量的油脂，特别是油料作物的种子和动物皮下的脂肪组织，油脂含量丰富。人体中的脂肪约占体重的10%~20%。

油脂中的碳链含碳碳双键时，主要是低沸点的植物油；油脂中的碳链为碳碳单键时，主要是高沸点的动物脂肪。

油脂是食物组成中的重要部分，也是产生能量最高的营养物质。1 g 油脂在完全氧化(生成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ )时，放出热量约 39 kJ，大约是糖或蛋白质的 2 倍。成人每日需进食 50~60 g 脂肪，可提供所需热量的 20%~25%。

脂肪在人体内的化学变化主要是在脂肪酶的催化下，进行水解，生成甘油(丙三醇)和高级脂肪酸，然后再分别进行氧化分解，释放能量。油脂同时还有保持体温和保护内脏器官的作用。

油脂能增加食物的滋味，增进食欲，保证机体的正常生理功能。但摄入过量脂肪，可能引起肥胖、高血脂、高血压，也可能诱发乳腺癌、肠癌等恶性肿瘤。因此在饮食中要注意控制油脂的摄入量。

### 3. 蛋白质的主要应用

蛋白质是细胞结构里复杂多变的高分子化合物，存在于一切细胞中。组成蛋白质的氨基酸有必需和非必需之分。必需氨基酸是人体生长发育和维持氮元素稳定所必需的，人体不能合成，只能从食物中补给，共有 8 种；非必需氨基酸可以在人体中利用氮元素合成，不需要由食物供给，有 12 种。

蛋白质是人类必需的营养物质，成年人每天大约要摄取 60~80 g 蛋白质，才能满足生理需要，保证身体健康。蛋白质在人体胃蛋白酶和胰蛋白酶的作用下，经过水解最终生成氨基酸。氨基酸被人体吸收后，重新结合成人体所需的各种蛋白质，其中包括上百种的激素和酶。人体内的各种组织蛋白质也在不断分解，最后主要生成尿素，排出体外。



图 3-21 富含油脂的物质



图 3-22 人造脂肪

液态植物油(如豆油、香油、菜籽油、玉米油、蓖麻油等)中有碳碳双键，与  $\text{H}_2$  加成后可以生成像动物脂肪一样的固态物质，被称为人造脂肪，如冰淇淋中的奶油、人造牛油等。



蛋白质在工业上也有很多应用。动物的毛和皮、蚕丝等可以制作服装，动物胶可以制造照相用片基，驴皮制的阿胶还是一种药材。从牛奶中提取的酪素，可以用来制作食品和塑料。

酶是一类特殊的蛋白质，是生物体内重要的催化剂。人们已经知道了数千种酶，其中部分在工业生产中被广泛使用。

## 科学视野

### 生命的化学起源

今天地球上的生命是经过了近40亿年进化的产物，它与最早的生命系统只有形式上的相似。生命是能自我复制和突变的。自我复制能够使生命得以延续，突变可以使它在自然选择的压力下演化成能更适宜得到能量和养料的生命形式。

对生命的起源有很多种假设，许多观点支持生命的发生是在原始地球上自发形成复杂分子的结果。这些复杂分子是由存在于地球大气的，或由彗星和陨石落到地球上的简单分子所形成的。模拟星云实验证明用简单的分子如水、甲醇、氨及结构单一的冰，产生了复杂的甲醛、乙醚、乙醇、六次甲基四胺等物质。导致生命起源的化学过程是在有水和无机物存在的条件下发生的，那时水的pH约为7。

地球形成后的5亿年期间，进行着生命起源所必须的生物分子的合成。由于难以在实验室模拟，所以有人推测可能有以下几个阶段：

第一阶段是简单的无机物和有机物转化为生物聚合物的基本组分；第二阶段是以第一阶段产生的单体合成有序的生物聚合物；第三阶段是在最初生命系统发生过程中，第二阶段形成的生物聚合物进行自我复制。

估计从地球起源到第一个真核细胞要经历31亿年，最初的生命大约出现在40亿年前，可能有几亿年的误差。应当说明的是，有关生命的化学起源研究，大都是零散和片段化的，没有说服力较强的实验验证，通过这些假设或推断，现在还不能简单地勾画出生命化学起源的清晰轮廓。

## 习 题



- 下列物质中，互为同分异构体的是（ ）。
 

A. 淀粉和葡萄糖	B. 蔗糖和纤维素
C. 淀粉和纤维素	D. 果糖和葡萄糖
- 下列各物质中，不能发生水解反应的是（ ）。
 

A. 葡萄糖	B. 纤维素	C. 油脂	D. 酶
--------	--------	-------	------
- 广告称某品牌的八宝粥(含桂圆、红豆、糯米等)不加糖，比加糖还甜，适合糖尿病人食用。你认为下列判断不正确的是（ ）。

- A. 这个广告有误导喜爱甜食消费者的嫌疑
- B. 糖尿病人应少吃含糖的食品，该八宝粥未加糖，可以放心食用
- C. 不加糖不等于没有糖，糖尿病人食用需慎重
- D. 不能听从厂商或广告商的宣传，应询问医生

4. 下列关于油脂的叙述不正确的是（ ）。

- A. 油脂属于酯类
- B. 油脂没有固定的熔沸点
- C. 油脂是高级脂肪酸的甘油酯
- D. 油脂都不能使溴水褪色

5. 某学生进行蔗糖的水解实验，并检验水解产物中是否含有葡萄糖。他的操作如下：取少量纯蔗糖加适量水配成溶液；在蔗糖溶液中加入 3~5 滴稀硫酸；将混合液煮沸几分钟、冷却；在冷却后的溶液中加入银氨溶液，在水浴中加热。实验结果没有银镜产生。

(1) 其原因是（ ）。

- A. 蔗糖尚未水解
- B. 加热时间不够
- C. 煮沸后的溶液中没有加碱，以中和作催化剂的酸
- D. 蔗糖水解的产物中没有葡萄糖

(2) 正确操作是：\_\_\_\_\_。

6. 写一篇关于食物中营养物质摄取的调查报告，研究食物摄取量和实物类型对健康的影响。

7. 组织辩论会，辩论合理摄取营养与减肥的关系。



## 归纳与整理

### 一、有机物的结构特点

1. 成键特点：在有机物中，碳原子呈四价，既可以与其他原子形成共价键，也可以相互成键；碳原子间可以形成碳碳单键、双键或三键等；有机物可以形成链状分子，也可以形成环状分子。

2. 同系物：结构相似，分子组成相差一个或多个  $\text{CH}_2$  原子团的物质互称为同系物。

3. 同分异构体：分子式相同，结构不同的化合物互称为同分异构体。

### 二、几种重要的有机化学反应

1. 取代反应：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取代的反应。

2. 加成反应：有机物分子中的双键(或三键)两端的碳原子与其他原子或原子团直接结合生成新化合物的反应。

3. 酯化反应：酸与醇起作用，生成酯和水的反应。

### 三、几种重要有机物的结构、性质和用途

总结本章主要内容，填写下表。

有机物	分子结构特点	主要化学性质	主要用途
甲烷			
乙烯			
苯			
乙醇			
乙酸			
糖类			
油脂			
蛋白质			

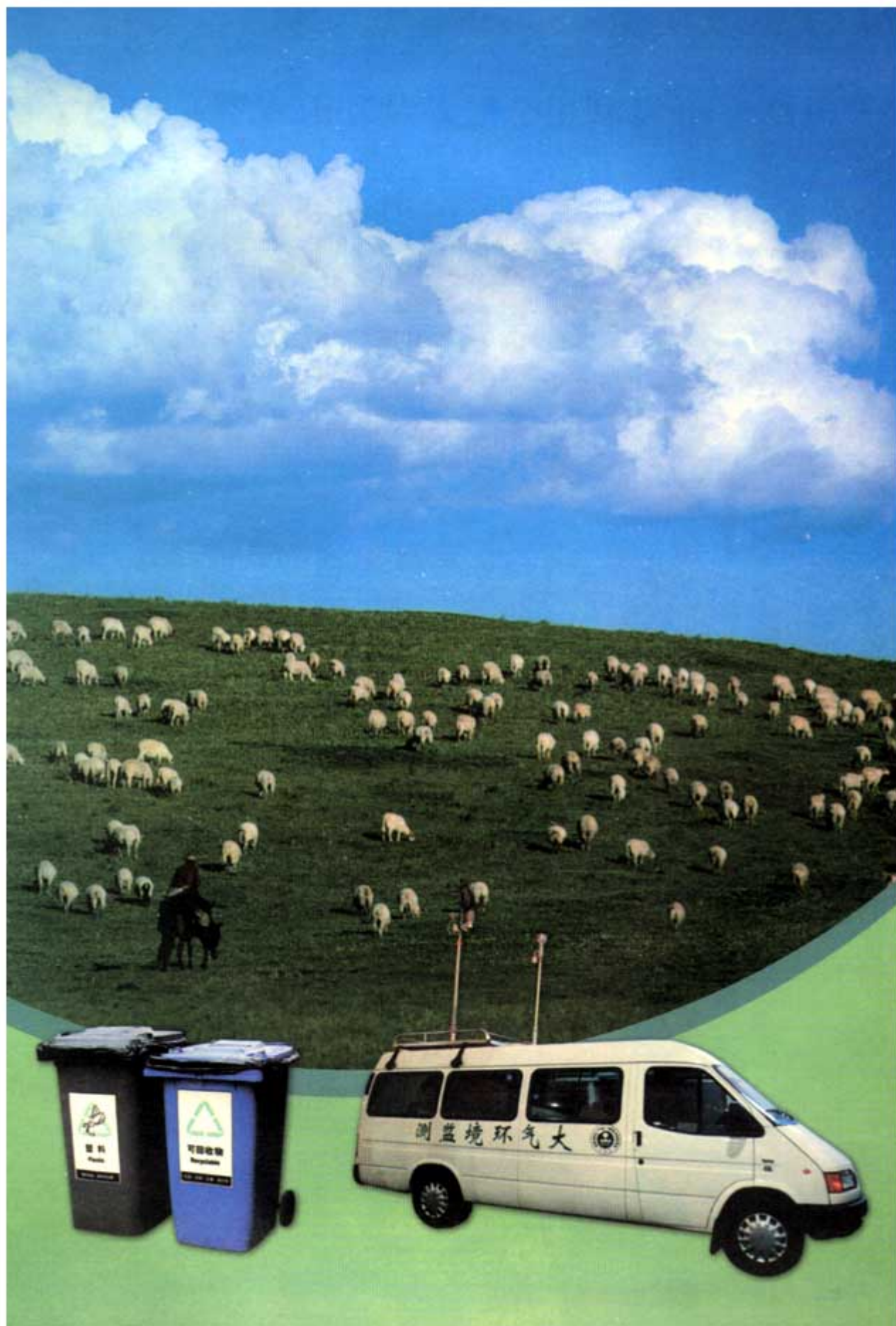


## 第四章

# 化学与可持续发展

人类的生存和发展离不开自然资源。化学研究和应用在自然资源的合理开发和综合利用中发挥着重要的作用。利用化学可以将天然存在的元素转变成人类可利用的物质；利用化学可以开发人类社会发展所需的能源；利用化学可以合成自然界原本没有的物质；利用化学还可以不断地扩大可利用自然资源的范围；等等。同时，化学对于提高资源的利用率也发挥着重要作用。





# 1

## 开发利用金属矿物和海水资源

① 超分子通常是指由两种或两种以上分子依靠分子间作用力结合在一起的具有一定结构和功能的聚集体。

### 资料卡片

#### 自然资源与可持续发展

广义的讲，所谓自然资源，是指在一定时间、地点的条件下能够产生经济价值的，以提高人类当前和将来福利的自然环境因素和条件的总称。可持续发展的目标是满足人类的需要，强调人类的行为要受到自然界的制约，强调代际之间、人类与其他生物种群之间、不同国家和不同地区之间的公平。它包括经济可持续发展、社会可持续发展、资源可持续发展、环境可持续发展和全球可持续发展。

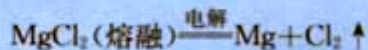
人们通常将数以千万计的化学物质进行分类，在原子、分子乃至超分子①等不同的结构层次上研究物质及其发生化学变化的规律，认识物质在变化过程中表现出的性质，所有这些都是人类利用自然资源、丰富物质世界的重要科学依据。下面我们主要以金属矿物和海水资源的综合利用为例，一起认识和体会化学在自然资源开发和利用中的意义和作用。

### 一、金属矿物的开发利用

除了金、铂等极少数金属外，绝大多数金属以化合物的形式存在于自然界。化学要研究如何合理、高效地利用这些金属矿石，将其中的金属从其化合物中还原出来用于生产和制造各种金属材料，这一过程在工业上称为金属的冶炼。金属的活动性不同，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在高温下发生的氧化还原反应，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碳还原氧化铜、铁的冶炼等。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。



### 实验 4-1

1. 把两张圆形滤纸分别折叠成漏斗状套在一起，取出内层漏斗，在其底部剪一小孔后用水润湿，再套回原处，并架在铁圈上(如图 4-1 所示)，下面放置一盛沙子的蒸发皿。

2. 将 5 g 炒干的氧化铁粉末和 2 g 铝粉均匀混合后放入纸漏斗中，在混合物上面加少量氯酸钾固体，中间插一根用砂纸打磨过的镁条。

3. 用燃着的小木条点燃镁条，观察现象(保持适当距离，注意安全)。



图 4-1 铝热反应的实验装置

现象	
铝与氧化铁反应的化学方程式	

表 4-1 常见金属的冶炼原理

金属	冶炼原理
Fe	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ (高炉炼铁) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Fe} + \text{Al}_2\text{O}_3$ (铝热法炼铁)
Cu	$\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{高温}} 2\text{Cu} + \text{SO}_2$ (火法炼铜) $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ (湿法炼铜)
Mg	$\text{MgO} + \text{C} \xrightarrow{\text{高温}} \text{Mg}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$ $\text{MgCl}_2(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} \text{Mg} + \text{Cl}_2 \uparrow$
Al	$2\text{Al}_2\text{O}_3(\text{熔融}) \xrightarrow[\text{冰晶石}]{\text{电解}} 4\text{Al} + 3\text{O}_2 \uparrow$
Na	$2\text{NaCl}(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 2\text{Na} + \text{Cl}_2 \uparrow$ $4\text{NaOH}(\text{熔融}) \xrightarrow{\text{电解}} 4\text{Na} + \text{O}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$

地球上的金属矿物资源是有限的，我们必须学会合理开发和利用这些矿物资源，有效地使用金属产品、材料，主要的途径有提高金属矿物的利用率，减少金属的使用量，加强金属资源的回收和再利用，使用其他材料代替金属材料等。

### 思考与交流

1. 在海底发现的大量多金属结核矿(如图 4-2)是人类重要的金属资源, 思考目前开发这些海底金属资源可能遇到的主要问题是什么? 思考和体会保护金属资源的重要意义。请将你的看法同大家交流。

2. 通过调查访问和查阅资料, 了解回收废旧钢铁、铝制品等在节约能源、保护环境、降低成本等方面的意义。



图 4-2 海底多金属结核矿含有铁、锰、钴等多种金属元素

## 二、海水资源的开发利用

海洋约占地球表面积的 71%, 具有十分巨大的开发潜力。仅以海水资源为例, 海水水资源的利用和海水化学资源的利用具有非常广阔的前景。

海水中水的储量约为  $1.3 \times 10^9$  亿吨, 约占地球上总水量的 97%。海水中水资源的利用, 主要包括海水的淡化和直接利用海水进行循环冷却等。通过从海水中提取淡水或从海水中把盐分离出去, 都可以达到淡化海水的目的。海水淡化的方法主要有蒸馏法、电渗析法、离子交换法等。其中蒸馏法的历史最久, 技术和工艺也比较完善, 但成本较高。因此, 海水淡化同化工生产结合、同能源技术结合, 成为海水综合利用的重要方向。

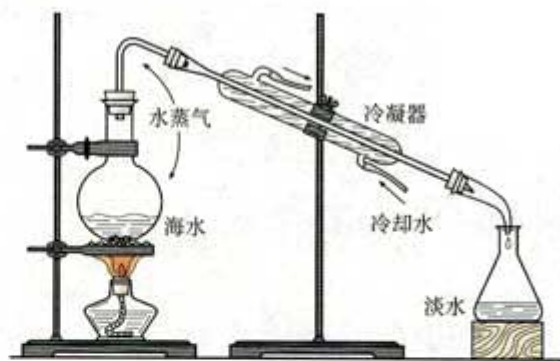


图 4-3 海水蒸馏原理示意图

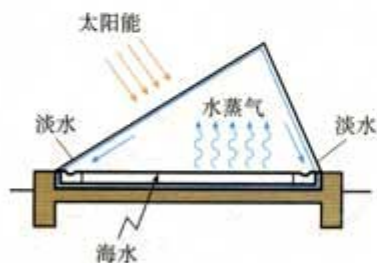


图 4-4 太阳能蒸发原理示意图

由于与岩石、大气和生物的相互作用, 海水中溶解和悬浮有大量的无机物和有机物, 按含量计,  $H_2O$  中的 H、O 两种元素, 加上 Cl、Na、K、Mg、Ca、S、C、F、B、Br、Sr 等 11 种元素超过总量的 99%, 其他为微量元素, 总计含有 80 多



种元素。虽然，海水中元素的种类很多，总储量很大，但许多元素的富集程度却很低。例如，海水中金元素的总储量约为  $5 \times 10^7$  t，而 1 t 海水中的含量仅有  $4 \times 10^{-6}$  g。因此，海洋是一个远未完全开发的巨大化学资源宝库。

我国海水制盐具有悠久的历史。目前，从海水中制得的氯化钠除食用外，还用作工业原料，如生产烧碱、纯碱、金属钠以及氯气、盐酸、漂白粉等含氯化工产品。从海水中制取镁、钾、溴及其化工产品，是在传统海水制盐工业上的发展。

### 科学探究

1. 将  $\text{Br}^-$  转变为  $\text{Br}_2$  是海水提溴中关键的化学反应(见资料卡片“海水提溴”)，你能否设计一个实验方案模拟这一生产过程？写出有关反应的化学方程式。

2. 我们知道海带中含有碘元素，怎样通过实验证明海带中确实存在碘元素呢？

(提示：海带中碘元素以  $\text{I}^-$  形式存在， $\text{H}_2\text{O}_2$  可以将  $\text{I}^-$  氧化为碘单质。)

### 实验 4-2

1. 取 3 g 左右的干海带，把干海带表面的附着物用刷子刷净(不要用水冲洗)，用剪刀剪碎后，用酒精润湿，放入坩埚中。点燃酒精灯，灼烧海带至完全成灰<sup>①</sup>，停止加热，冷却。

2. 将海带灰转移到小烧杯中，向其中加入 10 mL 蒸馏水，搅拌、煮沸 2~3 min，过滤。

3. 在滤液中滴入几滴稀硫酸(3 mol/L)，再加入约 1 mL  $\text{H}_2\text{O}_2$ (质量分数为 3%)，观察现象。加入几滴淀粉溶液，观察现象。

在工业生产中，海水提溴可以同其他生产过程结合起来，如需要一定的温度，利用在火力发电厂和核电站用于冷却的循环海水，以实现减少能耗的目的；再如海水淡化的副产物中由于溴离子得到了浓缩，以此为原料也同样可以提高制溴的效益。

### 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  $\text{SO}_2$  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。

① 注意通风。

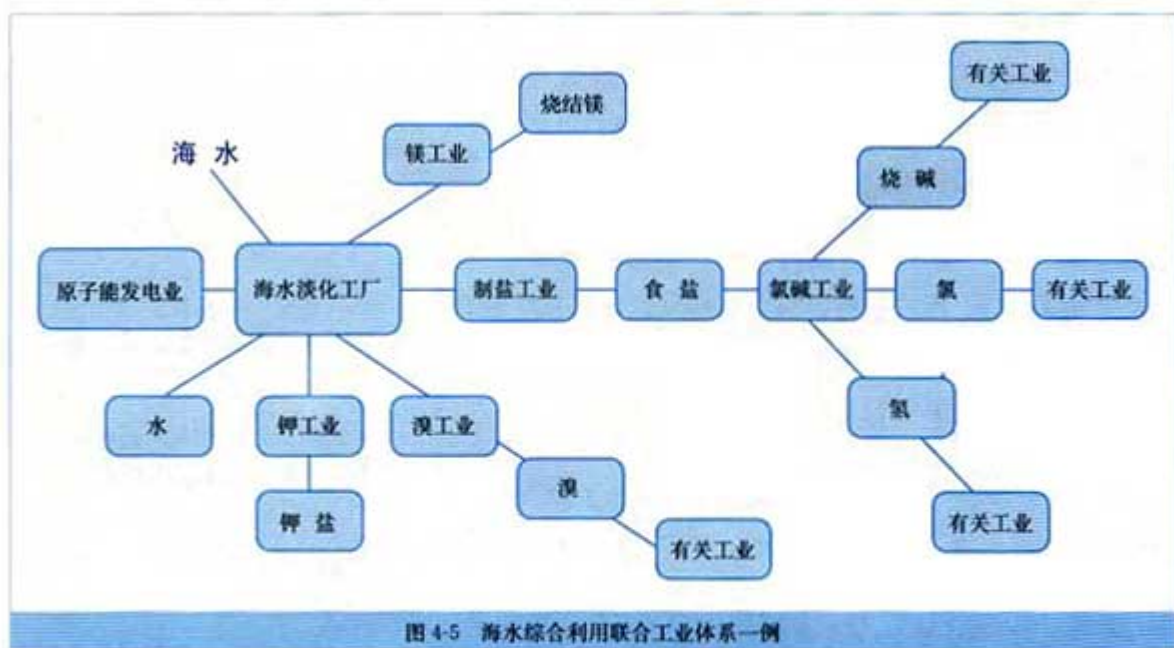


图 4-5 海水综合利用联合工业体系一例

除了上面一些实例外，从海水获得其他物质和能量具有广阔的前景。例如，铀和重水目前是核能开发中的重要原料，从海水中提铀和重水对一个国家来说具有战略意义。化学在开发海洋药物方面也将发挥越来越大的作用。潮汐能、波浪能等也是越来越受到重视和开发的新型能源。

### 科学视野

#### 自然资源的开源和节流

缓解当前能源和资源紧张问题的途径无非是开源和节流两个方面。科学技术特别是化学，在这两个方面都能起到决定性的作用。下述两个设想就是典型的例子。

太阳能是一个尚未完全开发的能源。虽然我们早就知道绿色植物可以在极温和的条件下，通过光合作用使  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$  转化为葡萄糖，并转化成为纤维素和淀粉等。现在使用的化石能源实际上是地球在远古时代为我们储存的太阳能。因此，仿制和开发一个与植物光合作用相近的化学反应系统，是解决能源问题的研究方向之一。

在节流方面的方案很多，提高机械的微型化程度就是其中之一。设想由功能高分子组成的分子计算机，它可以完成现有计算机的基本功能。据测算，分子计算机所消耗的能量只有现在台式计算机的十亿分之一左右，其节能潜力可见一斑。

上述例子，远远不能概括和勾画科学技术在解决能源问题



中的全貌，但是，它们揭示了一个真理，即科学技术是推动人类社会可持续发展的不竭动力。

## 习 题

1. 通过典型实例，比较制取金属单质和非金属单质的反应原理，它们有哪些相同点和不同点？
2. 蓝铜矿的主要成分为  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ ，当它与焦炭一起加热时，可以生成铜、二氧化碳和水，试写出该反应的化学方程式，并指出该反应的反应类型。
3. 镁及其合金是一种用途很广的金属材料，目前世界上 60% 的镁是从海水中提取的。主要步骤如下：



- (1) 为了使  $\text{MgSO}_4$  转化为  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ，试剂①可以选用\_\_\_\_\_，要使  $\text{MgSO}_4$  完全转化为沉淀，加入试剂①的量应\_\_\_\_\_；
  - (2) 加入试剂①后，能够分离得到  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  沉淀的方法是\_\_\_\_\_；
  - (3) 试剂②可以选用\_\_\_\_\_；
  - (4) 无水  $\text{MgCl}_2$  在熔融状态下，通电后会产生  $\text{Mg}$  和  $\text{Cl}_2$ ，写出该反应的化学方程式\_\_\_\_\_。
4. 某种磁铁矿样品中，含  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  76.0%， $\text{SiO}_2$  11.0%，其他不含铁的杂质 13.0%，计算这种矿石中铁的质量分数。

## 2

# 化学与资源综合利用、环境保护

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，处理不当就会污染环境。气候变暖、臭氧层破坏、酸雨和赤潮等全球性和区域性环境问题，正在威胁着人类的生存和发展，保护自然环境已成为实现人类社会可持续发展的重要课题。

煤 coal  
石油 petroleum  
天然气 natural gas

### 一、煤、石油和天然气的综合利用

迄今为止，煤、石油、天然气仍是人类使用的主要能源，同时它们也是重要的化工原料。如何实现化石燃料的综合利用，提高利用率，减少化石燃料燃烧所造成的环境污染，是人类面临的重大挑战。

煤是由有机物和少量无机物组成的复杂混合物，主要含碳元素，还含有少量氢、氧、氮、硫等元素。煤的综合利用主要是通过煤的干馏、煤的液化和气化，获得洁净的燃料和多种化工原料。煤干馏是指将煤隔绝空气加高温使之分解，得到焦炭、煤焦油、煤气。从煤干馏产物中可获得重要的化工原料（如表 4-2）。

表 4-2 煤干馏的主要产品和用途

产 品		主要成分	用 途
焦炉煤气	焦炉气	氢气、甲烷、乙烯、一氧化碳	气体燃料、化工原料 炸药、染料、医药、农药、合成材料
	粗氨水	氨、铵盐	
	粗苯	苯、甲苯、二甲苯	
煤焦油		苯、甲苯、二甲苯	染料、医药、农药、合成材料 筑路材料、制碳素电极
		酚类、萘	
		沥青	
焦炭		碳	冶金、合成氨造气、电石、燃料

煤的气化是将其中的有机物转化为可燃性气体的过程，主要反应是碳与水蒸气反应生成水煤气等。





煤可以直接液化，使煤与氢气作用生成液体燃料；也可以间接液化，先转化为一氧化碳和氢气，再在催化剂作用下合成甲醇等。

天然气既是一种清洁的化石燃料，更是一种重要的化工原料。作为化工原料它主要用于合成氨和生产甲醇等。天然气化工以含一个碳原子的甲烷为原料，通过化学变化形成含两个或多个碳原子的其他有机化合物。实现天然气的有效转化是一项具有挑战性的课题。

石油主要是由多种碳氢化合物组成的混合物。由于原油成分复杂，需要先在炼油厂进行精炼。利用原油中各组分沸点的不同，将复杂的混合物分离成较简单和更有用的混合物的过程叫做分馏。工业上分馏石油是在分馏塔中进行的。

石油分馏可以获得汽油、煤油、柴油等含碳原子少的轻质油，但其产量难以满足社会需求，而含碳原子多的重油却供大于求。因此，需要通过催化裂化过程将含碳原子较多、沸点较高的烃断裂为含碳原子较少、沸点较低的汽油等。再通过进一步裂解，可以获得很多重要的化工原料。例如，



乙烯、丙烯、甲烷等都是通过石油裂化和裂解过程得到的重要化工基本原料。另外，石油在加热和催化剂的作用下，可以通过结构的重新调整，使链状烃转化为环状烃，如苯或甲苯等。它们也是重要的化工基本原料。

我们熟悉的塑料、合成橡胶和合成纤维这三大合成材料，都主要是以石油、煤和天然气为原料生产的。由这些合成材料制得的种类繁多的产品，在生产和生活中得到广泛地应用。例如，聚乙烯塑料可以用来制造多种包装材料、食品周转箱、农

### 资料卡片

#### 甲烷水合物

甲烷水合物是由甲烷和水组成的固态化合物，可表示为  $\text{CH}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，甲烷分子处于由多个水分子形成的笼中，其外观像冰，具有可燃性，故又被称为“可燃冰”。甲烷水合物被认为是 21 世纪新型洁净的能源。但是，储量巨大的甲烷水合物的分解和释放，会诱发海底地质灾害，还会加重温室效应。目前，甲烷水合物已经成为各国关注和研究的重要领域，并取得了多项进展。

裂化 cracking  
裂解 pyrolysis

塑料 plastic  
合成橡胶 synthetic rubber  
合成纤维 synthetic fiber

聚合反应 polymerization

用薄膜等。聚乙烯塑料的主要成分聚乙烯就是由石油裂解产物乙烯通过聚合反应制得的。

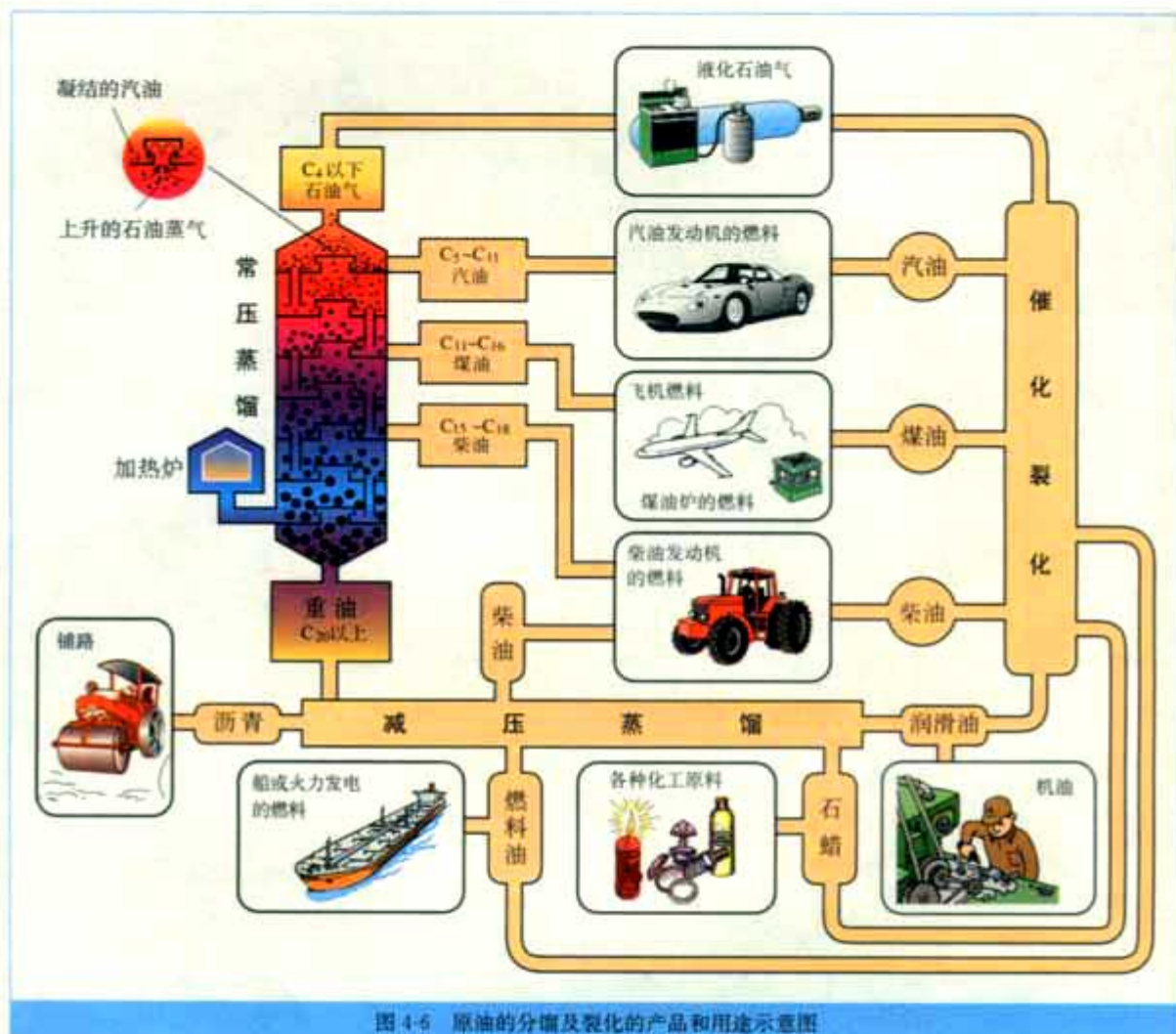
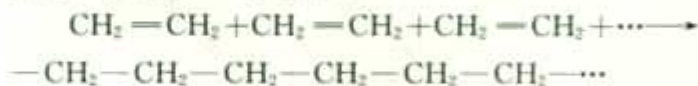


图 4-6 原油的分馏及裂化的产品和用途示意图

乙烯在一定条件下发生聚合反应时，乙烯分子的双键打开，成千上万的乙烯分子相互加合，形成相对分子质量巨大的高分子化合物——聚乙烯：



这个反应还可以用下式简单表示：



相对分子质量很大是高分子化合物的基本特征，也是它



们与低分子化合物的根本区别，由于相对分子质量大，表现出某些特殊性能，可以用来设计和制造满足不同需要的高分子产品，如各种塑料、橡胶和合成纤维制品以及涂料、胶黏剂等。

像聚乙烯这样的高分子化合物是自然界原本不存在的，以石油、煤和天然气为原料，通过化学反应获得许多性能优异的合成高分子材料，使人类在利用自然的进程中前进了一大步。例如，在石油工业发展的早期，乙烯和丙烯都曾被当做炼油厂的废气而白白烧掉，聚乙烯和聚丙烯的研制成功使这些废弃物得到了充分的利用。但是，与天然产物不同，很多像塑料这样的合成材料很难在自然环境中降解，因此，随着合成材料的大量生产和使用，急剧增加的废弃物也会造成巨大的环境压力。



图 4-7 聚乙烯颗粒

### 思考与交流

1. 目前，回收利用废旧合成材料有很多途径，请查阅资料了解有哪些途径？并试着从环境保护和经济成本等方面作出评价。

2. 你认为应该限制生产、使用聚苯乙烯塑料快餐盒，还是回收利用？请用必要资料和数据作为论据。



图 4-8 塑料制品的回收和利用

### 科学视野

#### 壁虎的脚与胶黏剂

壁虎可以在光滑的墙壁上行走，还能吸在天花板上。你猜想这是为什么呢？原来壁虎的脚底长有大量细毛，当接触物体表面时，这些细毛与物体表面的分子产生分子间作用力，而分子间力不太强，这样壁虎就可以行走自如。

壁虎每只脚底大约有 500 000 根极细的刚毛，而每根刚毛末端还有 400~1 000 根细分支，这使得刚毛与附着的物体表面分子非常接近而产生分子间力。你也许还不知道，壁虎四只脚的作用总压力相当于 1.0 MPa。谈到这里你想到了什么？

普通的胶水和黏合剂，要等溶剂挥发后才能黏结牢固。而压敏胶黏剂(即时贴)则不同，它同壁虎脚与墙壁间的相互作用原理相似，只需轻轻一压就能黏结牢固，撕下后还不会影响被黏物的表面，可反复使用，非常方便。压敏胶本身要有较强的分子内相互作用力(内聚力)，且应该大于它与被黏物之间的相互作用力(黏附力)，一般选择相对分子质量较大的橡胶或树脂作基料，再加入增黏树脂，就可达到这一要求。这种胶黏剂用途很广，如包装封口用的封箱带、作为文具使用的胶带，还可应用于商品标牌、表面装饰和保护、外科手术用粘贴和包扎等。

绿色化学 green chemistry

## 二、环境保护与绿色化学

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。对环境情况的监测、三废的治理、寻找源头治理环境污染的生产工艺等，都是当今化学工作者面临的重要任务。

要了解环境的污染情况，消除和控制污染以及研究污染物的存在、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 and 鉴定，提供可靠的分析数据。化学工作者正承担着繁重的环境监测工作。



图 4-9 大气环境和水环境监测



除了自然因素外，大气污染物主要来自化石燃料燃烧和工业生产过程产生的废气及其携带的颗粒物；工业生产中的废水（废液）往往含有复杂的成分，任意排放会导致土壤、水源的污染，需要经过多步处理才能达到排放标准；废渣等固体废弃物的处理兼有减少环境污染和资源回收利用两个重要目的。化学在三废治理方面发挥着重要的作用。

### 思考与交流

1. 硫氧化物和氮氧化物( $\text{NO}_x$ )是形成酸雨的主要物质。工业上常利用它们与一些廉价易得的化学物质发生反应加以控制、消除或回收利用。请举例说明这些方法的化学反应原理和类型。

2. 含氮、磷的大量污水任意排向湖泊、水库和近海海域，会出现水华、赤潮等水体污染问题。你认为在农村和城市造成的这种水体污染各有什么特点，并请查阅资料了解有关的污染及治理情况。

3. 结合实例，分析和说明在化学实验中如何防止可能造成的室内和室外环境的污染。

我们可以设想，实施清洁生产既能满足人们的物质需求又可以合理使用自然资源，同时可以保护环境。绿色化学的核心就是利用化学原理从源头上减少和消除工业生产对环境的污染。

简单而言，化学反应就是原子重新组合的过程。因此，按照绿色化学的原则，最理想的“原子经济”就是反应物的原子全部转化为期望的最终产物，这时原子利用率<sup>①</sup>为100%。

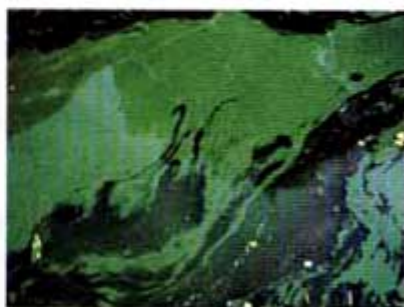
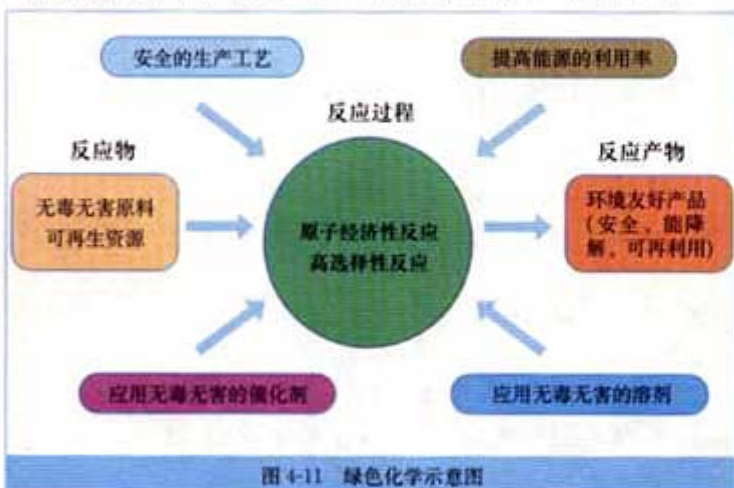


图 4-10 水华

水中氮、磷过多，造成水中藻类疯长，消耗水中溶解的氧，水体变成浑浊绿色，水质恶化。

### 原子经济 atom economy

<sup>①</sup> 原子利用率 = 期望产物的总质量 / 生成物的总质量之比

### 思考与交流

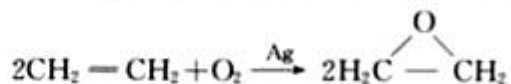
以乙烯为原料生产环氧乙烷，经典的方法是氯代乙醇法，包括以下两步反应：



总的反应可表示为：



现代石油化工采用银作催化剂，可以实现一步完成：



试计算两种生产工艺的原子利用率分别是多少？你还能举出其他原子利用率为100%的化学反应类型和实际例子吗？原子利用率与产率相同吗？仔细分析和体会绿色化学对化学、化工提出了哪些新的挑战？

资源的开发利用和保护环境关系到人类可持续发展，需要全社会的共同努力。我们只有一个地球，环境问题已经成为全球性的问题，需要各国政府和人民共同努力，创造一个清洁、美丽的生活环境，也为我们的子孙后代留下一个良好的生存空间和更加美好的未来。

### 习题



- 通常用来衡量一个国家的石油化学工业发展水平的标志是( )。
  - 石油产量
  - 乙烯的产量
  - 合成纤维的产量
  - 硫酸的产量
- 一种甲烷水合物晶体中，平均每46个水分子构成8个分子笼，每个分子笼可容纳1个甲烷分子或水分子，若这8个分子笼中有6个容纳的是甲烷分子，另外2个被水分子填充，这种可燃冰的平均组成可表示为\_\_\_\_\_。
- 由金属矿物转变成金属，一般要经过采矿、选矿和冶炼等主要阶段。在这些过程中可能会产生噪音、粉尘和烟雾、有害气体、污染的水、固体废料等环境污染问题。请你查阅有关资料，将这三个主要阶段同相应主要污染以及为减轻和消除污染应采取的措施，按下表进行归纳。



阶 段	主要污染	采取的措施和建议
采矿		
选矿		
冶炼		

4. 做饭时使用煤气或液化石油气(主要成分为  $C_3H_8$ ) 作为燃料。写出它们燃烧时的化学反应方程式\_\_\_\_\_。现有一套以煤气为燃料的灶具，欲改造为烧液化石油气，应采取的措施是\_\_\_\_\_。

## 归纳与整理

### 1. 金属矿物的开发利用

除少数金属外，大多数金属以化合物的形式存在于自然界。由金属矿物转变成金属，一般要经过探矿、开采、选矿、冶炼等阶段。金属冶炼的过程，主要是利用金属矿物中的金属离子获得电子变成金属单质所发生的氧化还原反应。

### 2. 海水资源的开发利用

主要指海水水资源和海水化学资源的利用。从海水获得有用的物质和能量具有广阔的前景，但仍然是一个亟待研究的课题。

### 3. 化石燃料的综合利用

煤、石油和天然气是重要的燃料，也是重要的化工原料。

石油的炼制主要有分馏、裂化和裂解等。

煤的综合利用主要有煤的干馏、气化和液化。

以石油、煤和天然气为原料通过聚合反应可以获得用途广泛的高分子合成材料。

### 4. 绿色化学与环境保护

化学在环境质量监测、环境保护和清洁生产等方面发挥着越来越重要的作用。

结合下图分析在人与自然的关系中，化学所起的作用，体会化学的价值。

#### 化学与可持续发展





## 结束语

高中化学基础模块的学习即将结束，对于化学中的基本概念、基本原理和基本方法，通过再次的复习、总结将获得全面的提高。它们将成为推动我们继续学习、持续发展的原动力。

相对于现代化学而言，初等化学不过是沧海一粟，但是却是所有化学的基础。对化学元素、化学式、化合价、化学方程式、结构式和与其相关的元素、单质和化合物的性质及应用的学习，使我们对于化学学科的特点——以物质的组成、结构、性质和变化规律为研究对象，有了更为具体、更为全面的了解。这种了解，即所谓的化学视角，是现代人所必须具备的科学素养中的重要组成部分，也是继续学习化学选修模块课程和今后学习高等化学的基础。

人类社会已经进入高科技时代，社会的进步和人民生活质量提高的速度都将是空前的。但是随之而来的资源匮乏、能源短缺、环境质量恶化等问题，将对社会的可持续发展产生不可忽视的重大影响。紧迫感是社会责任感的一种体现，但是紧迫感不应只是带来悲观和不知所措，及类似于“杞人忧天”的心态，还应当从中看到给我们带来的挑战和发挥才能的机会，从而坚定为战胜困难而努力学习和工作的决心与信心。社会发展史和科技发展史表明，科学技术在发展过程中对于社会和自然环境的影响从来都是具有两面性的，而且负面影响往往是促使科学技术进步的最有效的推动力。中国有句古话，“生于忧患，死于安乐”就有这个意思。

化学使我们懂得了，世间万物就其组成而言，不过是百十种化学元素的原子。不同种类的元素以不同数目的原子，按照不同的连接方式搭接而成的分子(化学结构)，使它们有了千差万别的性质。物质的化学变化可以简单地归结为化学组成和结构的变化。化学的特点在于灵巧地利用这种变化来识别、分离未知的物质，以及模仿、设计和合成新物质。这个过程，可以与音乐家用音符在五线谱上谱写乐章、文学家用单词组成流传千古的佳作相媲美。由简单派生出复杂和多样化，这也是科学美之所在！

化学使我们懂得了，在化学变化中，元素是不会改变的，各种原子的数目是恒定的，因此资源匮乏只能是元素的分布发生了变化。例如，原来集中于某个地区的矿产，通过不断地开采和应用，分散到广大的地域中并逐渐成为废弃物(如废弃金属)，以至于失去了作为资源的价值。把分散了的废弃物重新变成资源，只有化学能够迎接这个严峻的挑战。其实，解决环境污染问题也可以沿用类似的思路，把进入大气、水和土壤中的污染物提取出来，变为有用的物质，应当是最理想的方法。从所做过的粗盐提纯实验中，应当体验到这种方法的化学基本原理，当然也会想到，这个思路在目前仍不具备“可行性”。为什么在实验室里提纯食盐是可行的，而回收分散了的金属和提取环境中的污染物却认为是不可行的呢？因为后者要耗费大量的能源。目前的情况是，能源本身也存在着危机，而且化石能源被认为是主要的大气污染源。所以寻找经济而又清洁的能源将成为解决问题的关键。氢能、核能、风能、潮汐能、地热、太阳能等等，都有待于开发和利用。由于太阳能不仅具有“取之不尽，用之不竭”的特点，而且每

天辐射到地球表面的光能大约是地球所耗能量的一万倍左右。学习绿色植物的光合作用、学习胶片的感光能力、研制能够有效地把太阳能转化为电能的光电转化材料和装置，化学和其他科学技术将为解决我们面临的问题作出巨大的贡献。

同学们，你们已经有了必需的化学基础，一定能够从上面所介绍的科学技术发展前景中，体会到化学在未来社会发展中的重要地位。希望你们珍惜自己的学习所得，让它成为继续学习和持续发展的基础。如果你们对化学有着浓厚的兴趣，不妨多选修几个模块的课程，祝你们成功！



# 附录 I

相对原子质量表  
(按照元素符号的字母次序排列)

元素		相对原子质量	元素		相对原子质量	元素		相对原子质量
符号	名称		符号	名称		符号	名称	
Ac	锿	[227]	Ge	锗	72.64(1)	Pr	镨	140.907 65(2)
Ag	银	107.868 2(2)	H	氢	1.007 94(7)	Pt	铂	195.078(2)
Al	铝	26.981 538(2)	He	氦	4.002 602(2)	Pu	钷	[244]
Am	镅	[243]	Hf	铪	178.49(2)	Ra	镭	[226]
Ar	氩	39.948(1)	Hg	汞	200.59(2)	Rb	铷	85.467 8(3)
As	砷	74.921 60(2)	Ho	铥	164.930 32(2)	Re	铼	186.207(1)
At	砹	[210]	Hs	𨨍	[277]	Rf	𨨏	[261]
Au	金	196.966 55(2)	I	碘	126.904 47(3)	Rh	铑	102.905 50(2)
B	硼	10.811(7)	In	铟	114.818(3)	Rn	氡	[222]
Ba	钡	137.327(7)	Ir	铱	192.217(3)	Ru	钌	101.07(2)
Be	铍	9.012 182(3)	K	钾	39.098 3(1)	S	硫	32.065(5)
Bh	鰐	[264]	Kr	氪	83.798(2)	Sb	锑	121.760(1)
Bi	铋	208.980 38(2)	La	镧	138.905 5(2)	Sc	钪	44.955 910(8)
Bk	锫	[247]	Li	锂	6.941(2)	Se	硒	78.96(3)
Br	溴	79.904(1)	Lr	𨨏	[262]	Sg	𨨁	[266]
C	碳	12.010 7(8)	Lu	镥	174.967(1)	Si	硅	28.085 5(3)
Ca	钙	40.078(4)	Md	镆	[258]	Sm	钐	150.36(3)
Cd	镉	112.411(8)	Mg	镁	24.305 0(6)	Sn	锡	118.710(7)
Ce	铈	140.116(1)	Mn	锰	54.938 049(9)	Sr	锶	87.62(1)
Cf	锎	[251]	Mo	钼	95.94(2)	Ta	钽	180.947 9(1)
Cl	氯	35.453(2)	Mt	𨨍	[268]	Tb	铽	158.925 34(2)
Cm	锔	[247]	N	氮	14.006 7(2)	Tc	锝	[98]
Co	钴	58.933 200(9)	Na	钠	22.989 770(2)	Te	碲	127.60(3)
Cr	铬	51.996 1(6)	Nb	铌	92.906 38(2)	Tl	铊	232.038 1(1)
Cs	铯	132.905 45(2)	Nd	钕	144.24(3)	Ti	钛	47.867(1)
Cu	铜	63.546(3)	Ne	氖	20.179 7(6)	Tl	铊	204.383 3(2)
Db	𨨑	[262]	Ni	镍	58.693 4(2)	Tm	铥	168.934 21(2)
Dy	镝	162.500(1)	No	𨨏	[259]	U	铀	238.028 91(3)
Er	铒	167.259(3)	Np	镎	[237]	Uub		[285]
Es	𨨑	[252]	O	氧	15.999 4(3)	Uun		[281]
Eu	铕	151.964(1)	Os	锇	190.23(3)	Uuu		[272]
F	氟	18.998 403 2(5)	P	磷	30.973 761(2)	V	钒	50.941 5(1)
Fe	铁	55.845(2)	Pa	镤	231.035 88(2)	W	钨	183.84(1)
Fm	𨨑	[257]	Pb	铅	207.2(1)	Xe	氙	131.293(6)
Fr	𨨑	[223]	Pd	钯	106.42(1)	Y	钇	88.905 85(2)
Ga	镓	69.723(1)	Pm	𨨑	[145]	Yb	镱	173.04(3)
Gd	钆	157.25(3)	Po	钋	[209]	Zn	锌	65.409(4)
						Zr	锆	91.224(2)

- 注：1. 相对原子质量录自 2001 年国际原子量表，以  $^{12}\text{C}$  为基准。  
2. 加方括号的为放射性元素的半衰期最长的同位素的质量数。  
3. 相对原子质量末尾数的不确定度加注在其后的括号内。

## 附录 II

部分酸、碱和盐的溶解性表(20 ℃)

阳离子 \ 阴离子	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
H <sup>+</sup>		溶、挥	溶、挥	溶	溶、挥
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	溶、挥	溶	溶	溶	溶
K <sup>+</sup>	溶	溶	溶	溶	溶
Na <sup>+</sup>	溶	溶	溶	溶	溶
Ba <sup>2+</sup>	溶	溶	溶	不	不
Ca <sup>2+</sup>	微	溶	溶	微	不
Mg <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	微
Al <sup>3+</sup>	不	溶	溶	溶	—
Mn <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Zn <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Fe <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Fe <sup>3+</sup>	不	溶	溶	溶	—
Cu <sup>2+</sup>	不	溶	溶	溶	不
Ag <sup>+</sup>	—	溶	不	微	不

说明：“溶”表示那种物质可溶于水，“不”表示不溶于水，“微”表示微溶于水，“挥”表示挥发性，“—”表示那种物质不存在或遇到水就分解了。



## 附录Ⅲ

一些常见元素中英文名称对照表

元素符号	中文名称(拼音)	英文名	元素符号	中文名称(拼音)	英文名
Al	铝(lǚ)	aluminum	Ag	银(yín)	silver
Ar	氩(yà)	argon	Au	金(jīn)	gold
B	硼(péng)	boron	Ba	钡(bèi)	barium
Be	铍(pí)	beryllium	Br	溴(xiù)	bromine
C	碳(tàn)	carbon	Ca	钙(gài)	calcium
Cl	氯(lù)	chlorine	Co	钴(gǔ)	cobalt
Cr	铬(gè)	chromium	Cu	铜(tóng)	copper
F	氟(fú)	fluorine	Fe	铁(tiě)	iron
Ga	镓(jiā)	gallium	Ge	锗(zhě)	germanium
H	氢(qīng)	hydrogen	He	氦(hài)	helium
Hg	汞(gǒng)	mercury	I	碘(diǎn)	iodine
K	钾(jiǎ)	potassium	Kr	氪(kè)	krypton
Li	锂(lǐ)	lithium	Mg	镁(měi)	magnesium
Mn	锰(měng)	manganese	N	氮(dàn)	nitrogen
Na	钠(nà)	sodium	Ne	氖(nǎi)	neon
Ni	镍(niè)	nickel	O	氧(yǎng)	oxygen
P	磷(lín)	phosphorus	Pb	铅(qiān)	lead
Pt	铂(bó)	platinum	Ra	镭(léi)	radium
Rn	氡(dōng)	radon	S	硫(liú)	sulphur
Sc	钪(kàng)	scandium	Se	硒(xī)	selenium
Si	硅(guī)	silicon	Sn	锡(xī)	tin
Sr	锶(sī)	strontium	Ti	钛(tài)	titanium
U	铀(yóu)	uranium	V	钒(fán)	vanadium
W	钨(wū)	tungsten	Xe	氙(xiān)	xenon
Zn	锌(xīn)	zinc			

## 后 记

根据教育部制订的普通高中各科课程标准（实验），人民教育出版社课程教材研究所编写的各学科普通高中课程标准实验教科书，得到了诸多教育界前辈和各学科专家学者的热情帮助和大力支持。在各学科教科书终于同课程改革实验区的师生见面时，我们特别感谢担任教科书总顾问的丁石孙、许嘉璐、叶至善、顾明远、吕型伟、王梓坤、梁衡、金冲及、白春礼、陶西平同志，感谢担任教科书编写指导委员会主任委员的柳斌同志和编写指导委员会委员的江蓝生、李吉林、杨焕明、顾泠沅、袁行霏等同志，感谢担任学科顾问的张青莲、唐有祺、白春礼、武永兴、张健如同志，感谢对本教科书的编写提出修改意见、提供过帮助和支持的严宣申、郑忠斌、陈学英、裴群、刘继群、徐伟念、韩颖、陈新智等专家、学者和教师及社会各界朋友。

我们还要感谢使用本套教材的实验区的师生们。希望你们在使用本套教材的过程中，能够及时把意见和建议反馈给我们，对此，我们将深表谢意。让我们携起手来，共同完成教材建设工作。我们的联系方式如下：

电话：010-64016633 转 6234

E-mail: jcfk@pep.com.cn

人民教育出版社 课程教材研究所

化学课程教材研究开发中心

2004年6月

### 谨向为本书提供照片的人士和机构等致谢

1-4、1-5、2-17①③、4-7《现代化学》香港威信出版有限公司/1-6、4-8《化学1》東京書籍/2-5《汽车杂志》汽车杂志社/2-16《科学世界》科学出版社/2-20《科学探索者——化学反应》浙江教育出版社