

中学课外读物



化学方程式

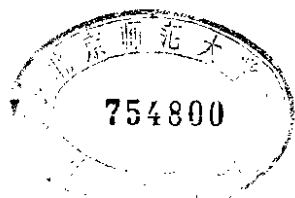
山东人民出版社

中学课外读物

化学方程式

徐佑贤 编

754800



山东人民出版社

一九八〇年·济南

中学课外读物
化学方程式
徐佑贤 编

·
山东人民出版社出版
山东省新华书店发行
山东烟台印刷厂印刷
·

787×1092毫米32开本 6.5 印张 138 千字
1980年9月第1版 1980年9月第1次印刷
印数：1—65,000

书号 7099·924 定价 0.53 元

前 言

为了帮助中学生熟练地掌握和应用化学方程式，本书依照全日制十年制学校《中学化学教学大纲》的要求，除系统地讲述了化学方程式的意义、配平和计算外，又着重介绍了离子互换反应、氧化还原反应的进行条件和完成此类化学方程式的一般规则；热化学方程式的意义、书写及其计算。同时，考虑到原子能科学在生产、科研中的广泛应用，又简要地介绍了原子核反应，为读者进一步学习原子核化学提供了必要的基础知识。

为适合读者课外阅读，在编写中，力求作到深入浅出，循序渐进；内容上也在中学教材的基础上略有补充和提高；各章中都编入了一定的例题和习题。习题上带*号的，在书末有解题方法和答案。

由于编者水平有限，书中如有不妥之处，望读者批评指正。

编 者

一九八〇年一月

目 录

| | |
|---------------------------|------|
| 第一章 化学方程式的基本概念 | (1) |
| 第一节 化学方程式的意义 | (1) |
| 第二节 化学反应的类型 | (3) |
| 第三节 化学方程式的写法 | (7) |
| 第四节 化学方程式的配平 | (9) |
| 习 题 | (23) |
| 第二章 根据化学方程式进行的计算 | (25) |
| 第一节 应用克、公斤、吨质量单位的计算 | (25) |
| 第二节 应用摩尔和气体摩尔体积的计算 | (34) |
| 第三节 应用溶液浓度的计算 | (41) |
| 习 题 | (43) |
| 第三章 离子方程式 | (46) |
| 第一节 电解质的电离 | (46) |
| 第二节 弱电解质和强电解质 | (53) |
| 第三节 离子反应和离子方程式 | (60) |
| 第四节 离子方程式的写法 | (65) |
| 第五节 离子方程式的配平 | (69) |
| 第六节 根据离子方程式的计算 | (74) |
| 习 题 | (77) |
| 第四章 离子互换反应 | (80) |
| 第一节 生成弱电解质的反应 | (82) |
| 第二节 生成沉淀的反应 | (85) |

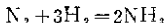
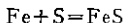
| | | |
|------------|------------------|-------|
| 第三节 | 生成气体的反应 | (88) |
| 第四节 | 盐类的水解反应 | (90) |
| | 习 题 | (100) |
| 第五章 | 氧化还原反应 | (102) |
| 第一节 | 常用的氧化剂和还原剂 | (102) |
| | 习题一 | (126) |
| 第二节 | 原电池和电极电位 | (127) |
| 第三节 | 电极电位在氧化还原反应中的应用 | (138) |
| 第四节 | 电极电位公式——能斯特方程式 | (144) |
| | 习题二 | (149) |
| 第六章 | 热化学方程式 | (151) |
| 第一节 | 热化学方程式的意义和写法 | (151) |
| 第二节 | 应用热化学方程式的计算 | (153) |
| | 习 题 | (160) |
| 第七章 | 原子核反应 | (162) |
| 第一节 | 原子的结构 同位素 | (162) |
| 第二节 | 放射性 | (167) |
| 第三节 | 原子核反应 | (171) |
| | 习 题 | (175) |
| | 习题解答 | (176) |
| 附录一 | 国际原子量表 | (199) |
| 附录二 | 常用化合物的分子量 | (201) |

第一章 化学方程式的基本概念

第一节 化学方程式的意义

一、什么是化学方程式

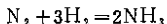
整个自然界是由不断运动着的物质组成的。物质的运动形式是多种多样的。例如，我们把铁粉和硫粉的混和物加热时，就可以看到铁和硫都发生了变化，生成了一种新的物质。这种新物质既不象硫，也不象铁；它既没有硫那样的黄色，也没有铁那样的磁性，我们称这种新物质为硫化亚铁(FeS)。这一现象说明铁和硫的混和物加热后，性质变了，生成了新的物质。又如，用无色无臭的氮气和氢气，可以制得有特殊刺激性气味的氨气；煅烧石灰石(CaCO₃)，可以得到生石灰(CaO)和二氧化碳气体，等等。这些变化的共同特征是：原来物质发生变化而生成了新的物质，这些变化叫做化学变化，或叫化学反应。化学方程式就是用来表示化学反应的式子。化学方程式也简称为反应式。上面提到的三个化学反应，可用化学方程式表示如下：



Fe、S分别是铁、硫的元素符号，FeS是硫化亚铁的分子式，所以我们可以说，化学方程式就是用元素符号和分子式来表示化学反应的式子。

二、化学方程式的意义

化学方程式既是表示物质发生化学变化的式子，所以我们可以从化学方程式可以知道：参加反应的是哪些物质，反应生成的是哪些物质；反应物与生成物之间的质量关系和体积关系（当物质呈气态时）。例如，下列反应



表示：参加反应的物质是氮气和氢气，反应生成的物质是氨气；

1个分子氮和3个分子氢生成2个分子氨；

1摩尔^①氮和3摩尔氢生成2摩尔氨；

28份质量氮和6份质量氢生成34份质量氨。

因为1摩尔的任何气体物质在标准状况^②下都占有22.4升的体积，所以对有气体参加或生成的化学反应，也可知道其体积关系。上述方程式表示：22.4升（标准状况）氮和67.2升（标准状况）氢反应，生成44.8升（标准状况）氨。

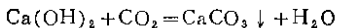
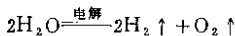
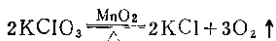
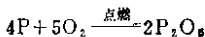
从化学方程式还可知道有些化学反应是在某种反应条件（如温度、压力、催化剂、加热等）下进行的，我们可将这些条件写在化学方程式的“=”上面（加热可用“△”注在等号上面或下面）。另外，化学方程式还可告诉我们，生成的

^①摩尔是国际单位制中物质的量的单位，详见第二章第二节。

^②0°C的温度和一个大气压（760毫米水银柱高）的压力，叫做标准状况。

物质在反应条件下是气态还是难溶于水的沉淀，“↑”表示气体，“↓”表示沉淀。

例如：



因为化学方程式可以反映出上述多种意义，所以我们可以把化学方程式比作是化学上的“语言”。用化学方程式来表示化学变化比用文字叙述有很多的优点。如：它不仅简单、明了、国际通用；而且由化学方程式还可以判断化学反应属于何种类型（见下节）；进行有关质量和体积的计算（见第二章）。因此，掌握关于化学方程式的基本概念，对学习好化学是十分重要的。

第二节 化学反应的类型

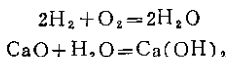
物质的化学反应是多种多样的，我们可以从不同的角度将化学反应分类，各类反应都可以在化学方程式上表示出来。下面介绍两种分类方法。

一、从形式上可将化学反应分为以下四种基本类型：

1. 化合反应

由两种或两种以上的物质，生成一种新物质的反应，叫

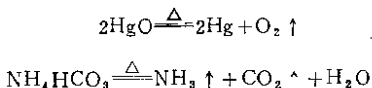
做化合反应。例如，氢气和氧气化合成水，氧化钙和水作用生成氢氧化钙：



化合反应方程式的特征是：方程式左边有两种或两种以上物质的分子式，而方程式右边只有一种物质的分子式。

2. 分解反应

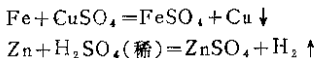
由一种物质生成两种或两种以上新物质的化学反应，叫做分解反应。氧化汞 (HgO) 加热分解成汞和氧，碳酸氢铵 (NH_4HCO_3) 加热分解成氨、二氧化碳和水，都是分解反应的例子。



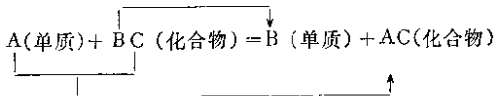
分解反应方程式的特征是：方程式左边只有一种物质的分子式，而方程式右边有两种或两种以上物质的分子式。

3. 置换反应

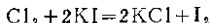
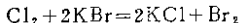
一种单质和一种化合物发生反应，生成另一种单质和另一种化合物的反应，叫做置换反应。例如，铁置换硫酸铜溶液里的铜，锌置换稀硫酸里的氢，都是置换反应的例子。



因此，置换反应方程式的特征可用下式来表示：

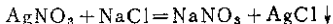


A (单质) 可以是金属 (如上例的Fe、Zn), 也可以是非金属。例如, 非金属性强的氯可以把溴或碘从它们的化合物里置换出来:

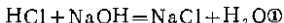


4 复分解反应

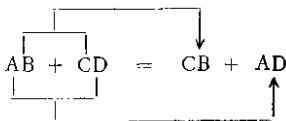
两种化合物互相交换它们的成分而生成两种新的化合物的反应, 叫做复分解反应。例如, 硝酸银和氯化钠作用, 生成硝酸钠和氯化银的反应:



盐酸和氢氧化钠作用, 生成氯化钠和水的反应, 也是复分解反应:



由此可以得出复分解反应方程式的特征为:



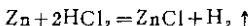
二、根据反应时有无电子的得失, 可将化学反应分为氧化还原反应和非氧化还原反应两种类型。凡参加反应的物质有电子得失的反应叫做氧化还原反应; 没有电子得失的反应, 就不是氧化还原反应, 或称非氧化还原反应。

由于电子得失直接影响着元素化合价^②的变化, 所以,

①这种酸和碱作用, 生成盐和水的复分解反应又称中和反应。

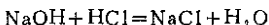
②确切说是指氧化数。见本章第四节。

根据化学方程式就可以很容易的判断出是否属于氧化还原反应。判断的方法是先写出反应的化学方程式，接着再标出反应物和生成物中各元素的化合价，如果反应前后元素的化合价有改变，这就表示反应中有电子的得失，就是氧化还原反应，否则就不是氧化还原反应。例如，锌与盐酸的反应是氧化还原反应：



在此反应中， Zn^0 失去电子，化合价从 $0 \rightarrow +2(\text{Zn}^{+2})$ ，与此同时，盐酸中的 H^{+1} 得到电子，化合价从 $+1 \rightarrow 0(\text{H}_2^0)$ 。

氢氧化钠与盐酸的反应是非氧化还原反应：



在此反应中，钠、氧、氢、氯四元素的化合价均无改变，表示反应时没有电子的得失。

除了上述这两种分类方法外，化学反应还可以根据参加反应的微粒不同，分为分子反应和离子反应；根据反应时能量的变化，分为吸热反应和放热反应；根据反应进行的程度，分为不可逆反应和可逆反应等等。这些反应都有各自的特征，都可从化学方程式反映出来，在以下各有关章节中我们再分别介绍。

以上是化学反应分类的几种主要形式，但是，从本质上说，所有的化学反应都可以根据反应时有无电子得失分为氧化还原反应和非氧化还原反应。例如，化合、分解、置换、复分解这四种基本反应都可归属于氧化还原反应和非氧化还原反应两大类，如下表。

| | 氧化还原反应 | 非氧化还原反应 |
|-----|---|---|
| 化合 | 有单质参加的是氧化还原反应 $\text{C} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{燃烧}} \text{CO}_2 \uparrow$ $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{燃烧}} 2\text{HCl}$ | 无单质参加的不是氧化还原反应 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{NH}_4\text{HCO}_3$ |
| 分解 | 有单质生成的是氧化还原反应 $2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \uparrow$ $2\text{HgO} \xrightarrow{\Delta} 2\text{Hg} + \text{O}_2 \uparrow$ | 无单质生成的是非氧化还原反应 $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{煅烧}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ $\text{Cu}(\text{OH})_2 \xrightarrow{\Delta} \text{CuO} + \text{H}_2\text{O}$ |
| 置换 | 置换反应都是氧化还原反应 $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \uparrow$ $2\text{NaBr} + \text{Cl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{Br}_2$ | |
| 复分解 | | 复分解反应都不是氧化还原反应 $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} \downarrow + \text{NaNO}_3$ $\text{HCl} + \text{NaOH} = \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ |

第三节 化学方程式的写法

对于化学方程式，我们不但要会看，而且还要会写，要运用化学方程式的这种“语言”，把化学反应的事实表达出来。

书写化学方程式大致可分以下三个步骤：

1. 根据化学反应的事实，左边写出反应物的分子式，右边写出生成物的分子式。如果反应物（或生成物）不只是

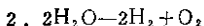
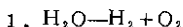
一种，就用“+”号将反应物（或生成物）连结起来。在反应物与生成物中间划“—”表示物质的变化。

2. 为了使反应前后（方程式两边）各种元素的原子个数相等，所以在各分子式前面要配上适当的数字，这种数字叫做系数，配系数的过程叫做化学方程式的配平。

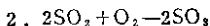
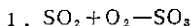
有些化学方程式不经配平，方程式两边各种元素的原子个数已经相等了，就可省去配平这一步骤。

3. 配平以后，就可把反应物与生成物中间的“—”改成“=”号。如果反应是在特定条件下进行的，例如，温度、压力、催化剂等，要把反应条件写在“=”号上面。如果生成物是气体，在分子式右边要用“↑”表示；生成物是沉淀的，在分子式右边就要用“↓”表示。

〔例1〕 水通直流电分解成氢气和氧气：



〔例2〕 二氧化硫在催化剂五氧化二钒(V_2O_5)存在下，氧化成三氧化硫：



在开始学写化学方程式时，分上述三个步骤书写比较容易掌握，熟练以后，可以一步写出。

化学方程式是客观事实的反映，绝不能主观臆造或凭空

猜测。书写化学方程式的关键是知道反应物和生成物，正确写出表示这些物质的化学符号和分子式。

第四节 化学方程式的配平

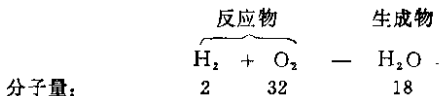
一、质量守恒定律

物质发生化学反应后，生成了新的物质，发生了质的变化。参加反应的物质（反应物）与反应后生成的物质（生成物）之间在质量上有什么关系呢？


实验证明，参加化学反应的各种物质的总质量，等于反应后生成的各种物质的总质量，这个规律叫做质量守恒定律^①。它说明尽管自然界的物质在不断变化着，但它只能从一种形式转化为另一种形式，不能无中生有，也不能消灭。也就是说，物质在参加化学反应时，只是组成物质的各种原子之间发生了重新组合，每种原子在反应中既不消失，也不增加，更不会转变成其他元素的原子^②。反应前后原子的种类和数目既然都没有增减，所以反应前后物质质量的总和也就必然相等了。因此在书写化学方程式时，必须根据质量守恒定律对方程式进行配平。现以氢气和氧气反应生成水为例说明如下：


^①有的书也称物质不灭定律。

^②在核反应中可以导致元素种类的改变，见第七章。

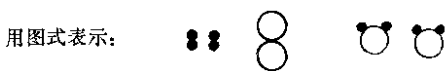


 ——表示由两个氢原子组成一个氢分子

 ——表示由两个氧原子组成一个氧分子

 ——表示由两个氢原子和一个氧原子组成一个水分子

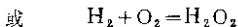
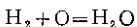
由此可以看出，如果上述方程式不配平，那末反应前后氧原子个数就不相等。从质量来看，反应物一个氧分子和一个氢分子的总质量是34（质量单位），而生成物一个水分子的质量是18（质量单位），这就不符合质量守恒定律了。现在把这个方程式配平后，可表示为：



这样，反应前后氢原子个数和氧原子个数都相等，从质量来

看，参加反应的两个氢分子和一个氧分子共为36质量单位，而反应生成的两个水分子也是36质量单位。

必需注意，在配平化学方程式时，只能在物质的分子式前配上适当的系数，决不能改动物质的分子式。如果改动分子式，从形式上来看似乎也能使反应前后的物质总质量相等，但实际上被改动的反应物或生成物已不再是原来的物质了。如上例氢气和氧气化合成水的反应，不能“配平”成下列等式：



因为在前一式子中，O不能代表氧分子(O代表1个氧原子)，在后一式子中， H_2O_2 不能代表水分子(H_2O_2 是过氧化氢的分子式)，因此从表面上看，虽然这两个式子都符合质量守恒定律，但实际上已不符合氢气和氧气化合成水这一反应事实了。

二、配平化学方程式的方法

上面说明了化学方程式为什么要配平的原因，现在具体介绍配平的方法。配平化学方程式的方法有多种，下面介绍常用的两种。

1. 奇数配偶法

奇数配偶法常用于配平比较简单的化学方程式。配平步骤如下：

在化学方程式的两边，如果一边的某一种原子个数是奇数，而另一边的这种原子个数却是偶数时，应先在较复杂的有奇数原子的分子式前面加上系数（通常是2），使式子两边的这种原子个数都成为偶数，并由此再决定其它分子式前的系数。