

大众科学译丛



# 化学

科学出版社

大众科学译丛

# 化 学

沈慕涵 译

科 学 出 版 社

1982

## 内 容 简 介

《化学》属大众科学译丛之一，对化学上的基本原理和重要应用作了广泛而深入浅出的介绍，文字生动，是中学生极好的课外读物，亦可用作中学的教学参考书。本书的特点是科学性与趣味性并重，因此，又适合于有中等文化的人自修化学用。

THE BOOK OF POPULAR SCIENCE

Grolier, Inc., 1977

大众科学译丛

化 学

沈慕涵 译

责任编辑 蒋太培

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1982年1月第一版 开本：787×1092 1/32

1982年1月第一次印刷 印张：6 3/8

印数：0001—13,900 字数：144,000

统一书号：13031·1801

本社书号：2447·13—4

定价：0.82 元

## 目 录

|                 |                    |
|-----------------|--------------------|
| 化学反应 .....      | H. A. 史密斯 ( 1 )    |
| 原子是怎样化合的 .....  | A. 斯坦登 ( 16 )      |
| 金属与非金属 .....    | W. H. 史拉保 ( 29 )   |
| 元素周期表 .....     | A. 斯坦登 ( 48 )      |
| 水 .....         | A. B. 加勒特 ( 58 )   |
| 溶体的性质 .....     | J. S. 科尔斯 ( 69 )   |
| 酸、碱、盐 .....     | A. 斯坦登 ( 82 )      |
| 酸、碱、盐的试验 .....  | E. J. 蒙塔古 ( 91 )   |
| 催化作用 .....      | A. 斯坦登 ( 108 )     |
| 谈谈电化学 .....     | A. B. 加勒特 ( 121 )  |
| 胶体微粒与胶体物系 ..... | A. B. 加勒特 ( 137 )  |
| 硅酮 .....        | E. E. 沃里克 ( 156 )  |
| 有机化学 .....      | D. C. 格雷格 ( 170 )  |
| 色谱 .....        | W. T. 利平科特 ( 191 ) |

# 化 学 反 应

## ——化学家是如何改造物质的

H. A. 史密斯 (Hilton A. Smith)

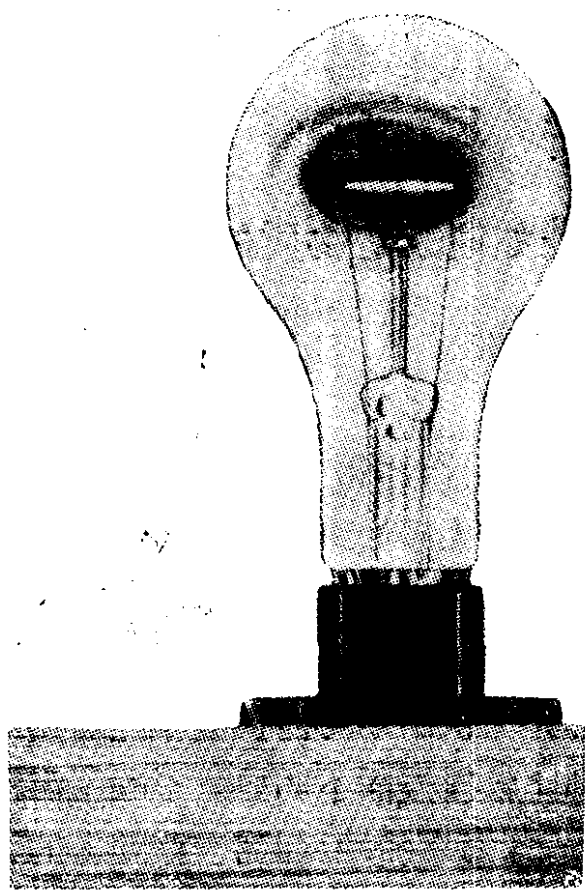
变化是一切事物的根本；有生命的和无生命的，从用显微镜才能看出的阿米巴到人类，从太阳光束中飞舞的尘埃到堂皇的历史纪念碑——所有这一切都在变化。有些变化是我们大家都熟悉的，是触目惊心而又迅速的。例如，强烈的火灾可能烧光许多平方里的森林，一次山崩可能使数千吨石块噼里啪啦地冲向山谷。有些变化则比较缓慢而不明显。例如，海洋里无休止的波涛，逐渐冲垮一些海岸陆地；而另一些地方的大风却使大量的泥土沉积，创造了新的土地。由此可见，世界上任何事物都逃避不了变化，所谓不老的青山与只能生活几天的五月里的苍蝇，同样都是要灭亡的。

世界上的一切变化，不管是大的小的，快的慢的，都可以分为物理变化与化学变化两种。物理变化不使组成物质的分子发生根本性的改变\*。例如，让我们来看一看冰在融化时会发生什么现象。冰的基本粒子是一个分子，它是两个氢原子与一个氧原子结合在一起所形成的单元。如果让冰融化，就形成了液态的水，而水的分子依然不变，还是由两个氢原子与一个氧原子结合而成。如果液态的水受热而变成蒸汽，其

---

\* 分子是物质的最小的粒子。分子是原子构成的，可能含有一个或更多的同一种元素的原子，也可能是不同元素的原子组成的。

分子也不发生变化。因此，固体冰的液化与液态水的蒸发都是物理变化，它们都没有改变水分子的组成。

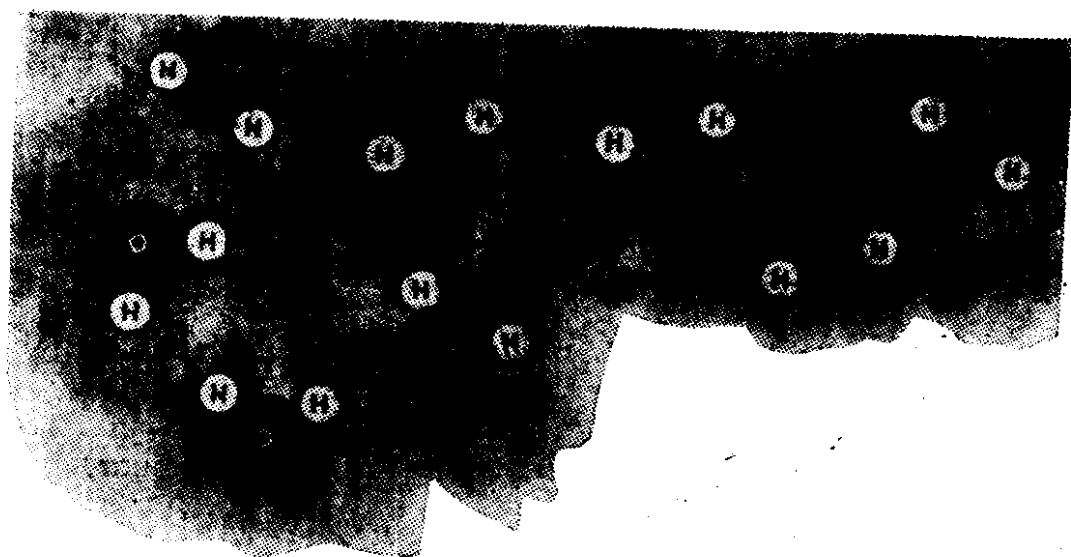


火柴燃烧时发生化学变化，因为火柴的分子与空气中的氧化合时，变成了另一种分子。当我们打开电灯，使灯泡里的钨丝变得炽热时，发生的是物理变化。钨依然是钨，发热时与冷却时一样

化学变化则是另一回事，因为它涉及物质分子的质变。当冰融化为水、水又变为蒸汽时，我们看到的只是物理变化。但是，如果我们让直流电流通过水中的两个电极之间，那就可能引起化学变化。在一个电极上形成了氢气，另一个电极上形成了氧气，水就会逐渐消失。换句话说，氢原子与氧原子所组成的水分子就会分解，形成氢分子与氧分子。

## 化学反应的性质

有些化学反应是在自然条件下产生的。霉和细菌渗入到森林中的朽木里，就会引起组成木材的元素与空气中的氧化合，木材迟早会全部被消灭掉。自发的化学反应，还可能发生于铁的生锈、泥煤的产生，以及食物在人体中的消化作用等现象中。不过，有许多化学反应，则是人们按照自己选择的条件有意识进行的。这些化学反应的结果是：从煤与石油生产

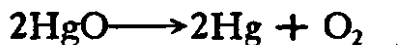


图为水蒸汽中的水分子 ( $\text{H}_2\text{O}$ )。水蒸汽是一种气体。每一个水分子中，有两个氢原子和一个氧原子化合在一起

出了合成橡胶，从具有粘性的称为煤焦油的物质制成了漂亮的染料，从植物的茎秆生产出了人造丝。

### 化学符号、化学式与方程式

我们当然可以用日常用语来描述化学反应。我们可以说，氧化汞(一种其基本粒子是由一个汞原子和一个氧原子所组成的分子的物质)经过加热，就变成了两种别的物质——由单个汞原子组成的汞分子和由两个氧原子组成的氧分子。可是，化学家却用如下的字母和数字相结合的方式，更加简单和直接了当地表示这一切：



我们从中发现有(1)化学符号，(2)化学式和(3)一个平衡的方程式。对于读者来说，这可能非常难懂。但我们确信，远在这一章结束之前，读者就会完全理解它了。

首先，符号是什么意思？答案很简单：一个化学符号是由一个字母或两个字母组成的，它代表一种给定的化学元素。

例如，字母C代表碳，字母H代表氢，字母N代表氮。换句话说，一个符号是一个缩写的词，和UN代表联合国、Dr. 代表医生一样。

如果只有二十六种或更少的化学元素，而每一种元素都以不同的字母开头，我们就可能用单个字母作为元素符号。可是，已经有了一百多种元素，所以大多数的元素符号我们都用两个字母来表示。

例如，有四种元素的开头字母是H： 钿 (hafnium)、氦 (helium)、铥 (holmium)、氢 (hydrogen)。我们用H代表氢，用Hf代表钿，用He代表氦，用Ho代表铥。同样，B是硼的符号，Ba是钡，Be是铍，Bi是铋，Bk是锫，Br是溴。

有些符号看来很奇特。例如，为什么用Hg代表汞，用Fe代表铁，用Sn代表锡？其原因是，一种元素的符号，有时是其希腊或拉丁名称的缩写。Hg代表 *hydrargyrum* (水银)，有点拉丁化的希腊文的汞。Fe 代表拉丁文中铁字 (*ferrum*) 的前两个字母。Sn 来自拉丁文中的锡字 (*stannum*)。

### 化学元素符号代表各种情况

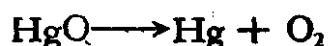
各国化学家所应用的元素符号，代表一种国际的速记系统。显而易见，一个实验室的工作者写H代表氢、Pt代表铂、U代表铀，可以节省许多时间。但这是一种特殊的速写法，与普通速写法不同。例如，伊萨克·皮特曼速写系统所用的氢的符号，只能代表那个词。对化学家来说，用H代表氢不仅仅是一种方便的缩写方法，H还代表一个氢的原子。O代表一个氧原子，Cr代表一个铬原子，如此等等。当化学家给一个符号的右下方加一个数字，他就是给这一符号以又一个重要的说明：他用这种方式来说明原子的数目。因此，O<sub>2</sub>代表两个原子的氧，C<sub>4</sub>代表四个原子的碳。“2”与“4”在这里有时称

为下标(写在下面)。化学家将“O<sub>2</sub>”与“O<sub>4</sub>”读作“氧二”与“氧四”。

如果有两个或更多的符号写在一起,意思是说,它们所代表的原子是结合在一起形成了分子。H<sub>2</sub>O的意义是“一个分子是由两个氢原子加一个氧原子所组成”,是一个水分子。CO<sub>2</sub>的意义是“一个分子是由一个碳原子加两个氧原子所组成”,是一个二氧化碳分子。由于分子总是由一定数目的原子组成,所以不管它是多么复杂,我们都可以用符号来表示各种分子。例如,蔗糖的分子由45个原子组成,其中有12个碳原子、22个氢原子和11个氧原子,在化学家的速写中,就简单地写成C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>。当然,如果一种分子是由一种单独的元素所组成,那就可用一个单独的符号。一个氢分子是由两个氢原子组成的,我们就写成H<sub>2</sub>,一个氦分子是由一个氦原子组成的,我们就写成He。

我们用来表示一种物质分子的符号,称为那种物质的分子式。水的分子式为H<sub>2</sub>O,蔗糖的分子式为C<sub>12</sub>H<sub>22</sub>O<sub>11</sub>;硼酸的分子式为H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>,碱(氢氧化钠)的分子式为NaOH。

现在,让我们看看如何运用符号和分子式来表示化学反应。这里是如何记录氧化汞产生汞和氧的化学反应:



化学家可用这种方法解释这些符号:“由一个汞原子(Hg)和一个氧原子(O)组成的HgO,产生了(→)一个由单一的汞原子(Hg)组成的分子,加(+)一个由两个氧原子(O<sub>2</sub>)组成的分子”。

我们用“化学方程式”这一术语来指表示化学反应的符号的组合。在箭头左边的物质叫反应物,反应的结果称为生成物。这样,上面的HgO就是反应物;Hg和O<sub>2</sub>就是生成物。

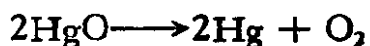
## 化学方程式必须平衡

化学家不能满足于  $\text{HgO} \longrightarrow \text{Hg} + \text{O}_2$  这样的方程式，因为它不是平衡的。这是什么意思？

物质不灭定律告诉我们，在一般的化学反应中，物质虽然可以变化，但决不会消灭。因此，经受化学反应的物质的原子一个也没有消灭，也不会有新的原子增加到生成物中来。不管它们为了形成新型的分子可能有多大的变动，在反应物中有多少氢、氧或氮，在生成物中也必然有那么多。如果这一方程式满足了这个条件，我们就说它是平衡的。

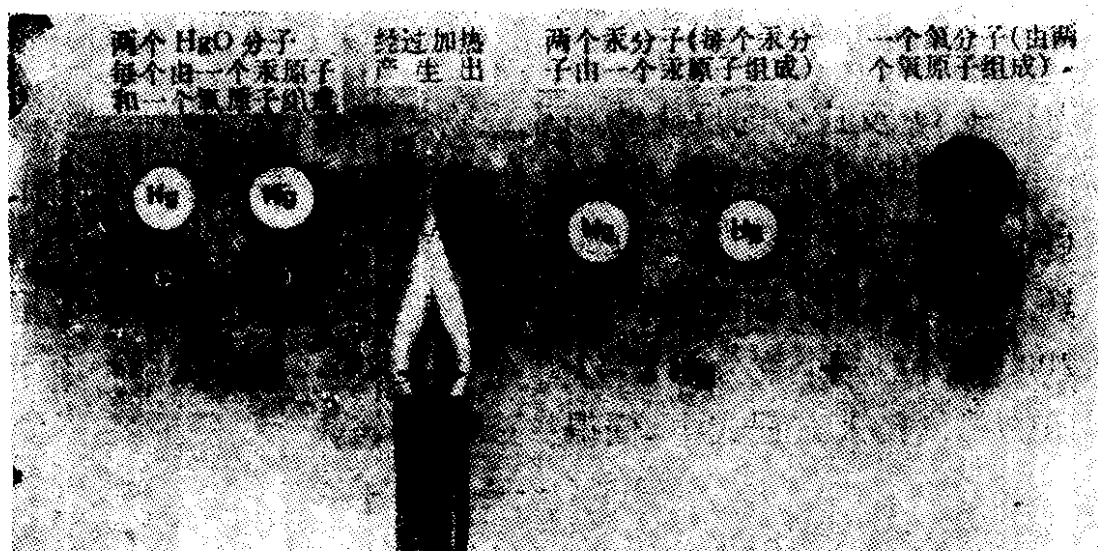
方程式  $\text{HgO} \longrightarrow \text{Hg} + \text{O}_2$  是什么意思？在反应物中有一个汞原子和一个氧原子，但在生成物中，我们却发现了一个汞原子和两个氧原子。十分显然，当一个单独的氧化汞分子分解成为汞和氧时，只能生成一个氧原子，因为只有一个氧原子可以利用。

为了平衡这个方程式，我们在  $\text{HgO}$  之前写个 2，在  $\text{Hg}$  之前也写个 2。例如， $2\text{HgO}$  表示“两个分子，每个都由一个汞原子加一个氧原子组成”。现在这一方程式为：



换句话说，“两个分子的氧化汞（每个分子都由一个汞原子加一个氧原子组成），产生了两个汞分子（每个分子由一个汞原子所组成）和一个氧分子（由两个氧原子组成）”。我们现在平衡了这个方程式：左边有两个汞原子和两个氧原子，右边也有同样数目的汞原子和氧原子。

读者会注意到，在生成物中，我们写的是  $2\text{Hg}$  而不是  $\text{Hg}_2$ 。其原因是，汞分子  $\text{Hg}$  是由单个的汞原子组成的，如果我们加一个 2 在右下脚，那就是说，那个分子含有两个原子，那就错了。应该记住，我们在平衡一个方程式时，不能改变分



子,而只能改变分子的数目。

### 平衡方程式告诉我们些什么

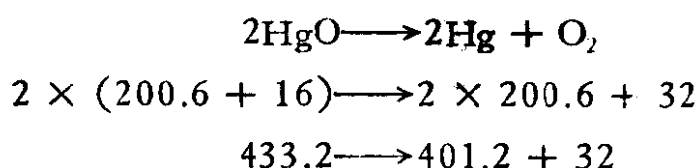
我们的方程式  $2\text{HgO} \longrightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2$  告诉我们: 氧化汞的分解方式是两个氧化汞分子反应后生产出两个汞分子和一个氧分子。这些分子中的每一个分子都是非常小的,重量也非常轻。当我们加热盛有红色氧化汞的试管时,我们是在加热无数个这种物质的微小的分子。不管反应涉及多少个分子,它的一般反应关系仍然用方程式  $2\text{HgO} \longrightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2$  来表示。因此,我们如果加热二十亿个分子的氧化汞,就产生出二十亿个汞分子,加十亿个氧分子。

元素的重量是用一个称为原子量的相对的重量体系来表示。在这个体系中,每种元素的重量不是多少两或克,而是与其他元素的重量的比值。如果查原子量表,我们便发现汞的原子量为 200.6,氧的原子量则为 16\* (就是说,一个汞原子

\* 更确切地说,汞的原子量是 200.59;氧的原子量是 15.9994。

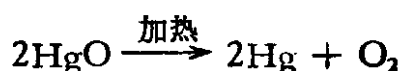
比一个氧原子约重  $11\frac{1}{2}$  倍)。我们很容易计算在  $2\text{HgO} \longrightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2$  反应中的反应物与生成物的原子量。

再谈谈我们如何进行计算。我们知道，每个氧化汞分子( $\text{HgO}$ )，都是由一个重 200.6 原子量单位的汞原子，加一个重 16 单位的氧原子所组成，共 216.6 单位。每一个汞分子重 200.6 单位，每个氧分子重 32 单位( $2 \times 16$ )。我们现在将原子量的单位代入方程式中，便得：



因此，我们的方程式告诉我们，433.2 单位的氧化汞，将产生 401.2 单位的汞和 32 单位的氧。不管有多重的氧化汞分解为汞与氧，比例都不变。例如，如果我们加热 2 克重的氧化汞，完全分解后，我们发现产生出来的汞与氧的重量为简单比例，数字是 1.82 克的汞与 0.15 克的氧。

方程式  $2\text{HgO} \longrightarrow 2\text{Hg} + \text{O}_2$  给我们提供了一个具体反应所涉及的原子、分子及其重量之间的关系。但是，它并不能提供任何与反应条件有关的情况。如果我们把氧化汞贮存在瓶里，在正常条件下，它就永远是氧化汞。我们必须进行加热，才能使它分解成为汞与氧。我们在箭头之上写“加热”两字来表明这一事实，如：

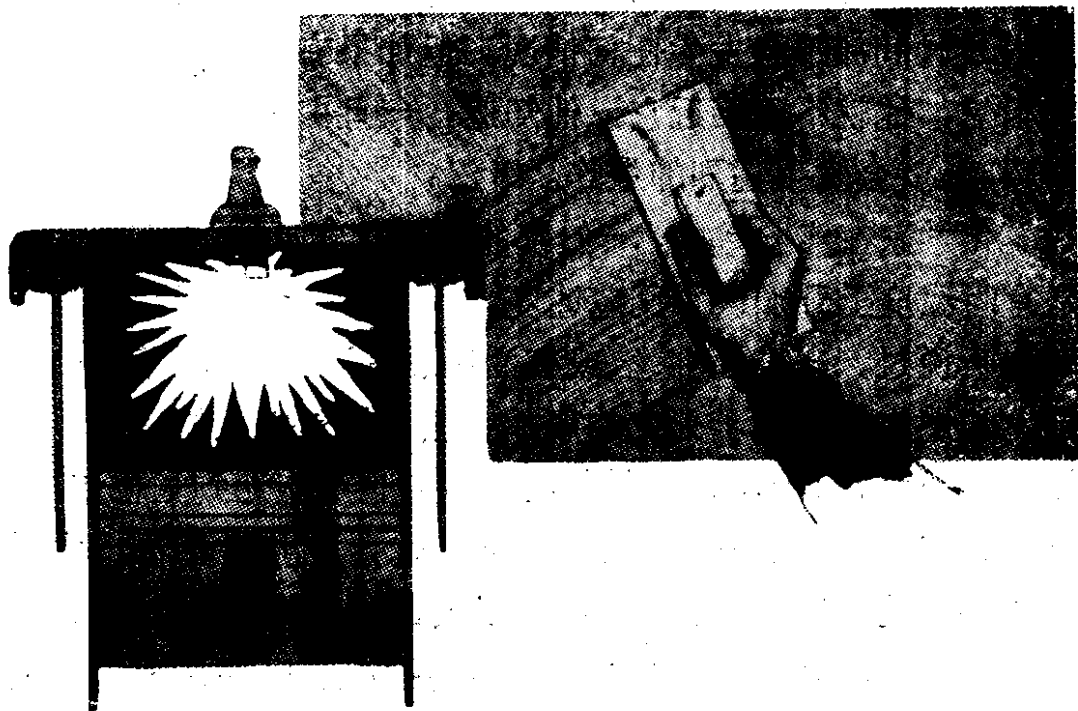


“氧化汞加热就产生汞和氧”。

## 化学反应的速度

化学方程式并不说明一个给定的反应的进行速度如何。有些化学反应过程进行得很快。在汽车发动机的汽缸里，蒸

发的汽油和空气(即空气中的氧),在电火花点火时,几乎立刻反应。有的化学反应却非常之慢。水、水泥和沙子以适当的比例混合在一起,来反应形成混凝土,却要经过几个星期乃至几个月的时间,才能反应完。



在左图,我们看到一个迅速进行的化学反应。当汽车上的电火花发火时,汽缸里的油气与空气几乎立刻反应,产生爆炸,推动汽缸内的活塞向下移动。右图,抹平水泥、砂子与水的混合物——它们会发生反应成为混凝土。在这种情况下,要经过几个星期,也许几个月才能反应完。

影响化学反应速度的主要因素,除分子的有关性质外,还有(1)温度,(2)反应物相互接触的程度,(3)这些物质的浓度和(4)称为催化剂的物质的存在。

温度的影响是一个明显的因素。实际上所有的化学反应过程都是通过增加温度来加速的。我们在讨论物质的动力学理论时指出,所有的分子都是在不断地运动着,只有在极端的温度(即绝对零度,相当于  $-459.69^{\circ}\text{F}$ )下才是例外。当反应混合物的温度上升时,反应物质的分子运动速度比以前更加迅

速了；它们更加频繁、更加激烈地互相碰撞着。越来越多的分子冲撞得如此激烈，以致它们的原子被释放出来，形成了新的分子。

在普通温度下不能进行的化学反应，如果提高了温度，就可能变得很迅速。我们如果把一个巨大的爆竹放在架子上，放很长时间都不会发生任何情况。但如果有人用火柴点燃它的引信，他就不敢接近它，他知道，一旦引信燃近爆竹内的炸药时，就会发生猛烈的爆炸。

化学家在实验室内，一般都能控制化学反应的温度。可是有时温度上升加快了反应速度，却不是出于人类的作用。你可能听说过，一堆油棉丝、或废油脚、或是发酵的稻草，由于自发的燃烧而发生了火灾的事故。这是偶然发生的情况。即使在普通室温的情况下，所有这些材料也可能遇到氧化作用，就是和空气中的氧发生作用，其结果就会放出热量来。由于上述物质是非良导体，它们保持了大量的热能，使温度增加。当温度增加时，氧化作用进行的速度更加迅速，最后放出可燃气体，这时，温度上升到很高，材料便着火了。

反应分子之间的接触程度，对反应速度也具有很大的影响。大的固体粒子磨成细粉，可以加速反应，因为它们的接触面积大大地增加了。让我们用燃料煤碳作为例证。煤之所以会燃烧，是因为煤里的碳与空气中的氧在高温下发生了强烈的反应。但由于露在空气中的表面积有限，大块的煤就不容易燃烧。但是，磨成粉末的煤跟空气的接触点就很多了。如果这种燃料从喷嘴喷出，煤的颗粒就不会压缩在一起，它就燃烧得象液体燃料一样。

正是由于煤粉、锯末和谷物的粉屑如此细微，所以粉尘在煤矿、锯木厂和粮仓中，随时都可能引起危险。因为粉尘暴露在空气中的总面积如此之大，即使是一个小小的火花，也能导

致可怕的爆炸事故。在这种情况下，即使是铝粉和青铜粉也能着火。

因此，为了增加化学反应的速度，化学家经常把原料磨成粉末，以便增加它们的表面积。与此同时，在某些过程中，用搅拌与混合的方法，也能增加参与化合反应的材料之间的接触。如果是气体，增加气体的压力，使浓度加大，也能加快它们的化学反应。

但有时候，温度即使高，反应物质的接触即使很紧，有些反应速度还是很慢。在这种情况下，有时可以利用不参与反应的外来物质来促进化学反应，这种外来物质称为催化剂。催化剂一般是固体，有时也可能是液体或气体。它们促进反应的速度，而自身并不产生任何永久性的变化。我们可以利用不同的催化剂促进不同的化学反应。活细胞内含有称为酶的天然催化剂。酶可能使细胞内发生许多化学变化。

化学家经常利用催化剂。有时将少量的催化剂加入反应物中。例如，把镍粉掺入棉子油中，使棉子油与氢反应，形成固体脂肪，作为人造奶油出卖，或用来制造肥皂。另外还可以把催化剂摊开，然后上面通过反应的原料。空气和二氧化硫的混合物通过含有铂粉的催化剂之上，即迅速反应，生成三氧化硫。

### 可逆反应与平衡

化学反应式  $2\text{HgO} \xrightarrow{\text{加热}} 2\text{Hg} + \text{O}_2$  告诉我们，氧化汞加热后，生成了汞和氧，但它并不说明这个反应是如何完成的。如果把氧化汞放在密封的玻璃管中加热，就可能在同一时刻发生两种反应。就是说，在氧化汞分解为汞与氧的同时，汞与氧又发生反应，生成氧化汞：



当然,如果这种情况继续下去,氧化汞就不可能完全分解了。这种情况化学家称之为可逆反应。

在方程式中,我们利用两个箭头表明可逆反应。一个箭头表明分解进行的过程,另一个箭头表明产物重新化合的过程。我们以如下的方式表示氧化汞生成汞和氧的同时,汞和氧又产生了氧化汞的情况:



让我们继续说明这一可逆反应。我们假定,开始是加热装在抽空了的密封玻璃管中的氧化汞( $\text{HgO}$ )。起初,在管子里没有汞也没有氧,所以这个反应只有向前的方向。可是,当汞和氧生成之后,就开始发生了可逆反应。开始的时候,因为存在的汞和氧很少,这种反应的进程很慢。但是,当分解反应继续进行时,这些物质就积累起来了。由于增加了浓度,所以就增加了反应速度,汞和氧重新结合成为氧化汞的速度便慢慢增加了。这种过程不断地加强,一直到两种相反的反应达到相同的速度时为止。这就是说,氧化汞重新生成的速度恰好与它分解的速度相等。可逆反应在这一阶段就叫达到了平衡。

有时在平衡时的反应混合物中主要是反应物;有时则主要是生成物。至于确切的比例,要看反应所涉及的化学物质的性质。这种比例也受到某些因素的影响。其中的一个因素是反应进行时的温度,另一个因素是反应物与生成物的浓度或压力。通过调整各种因素,化学家可能在很大的程度上改变平衡时的反应物与生成物之间的比例。

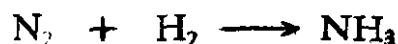
我们能够将可逆反应进行到底,办法是从反应混合物中,把一种或多种生成物完全清除出去。我们可以看出,氧气是分解氧化汞所生成的两种生成物之一。我们如果让这种气体逃逸到大气中去,它就不能与同时产生出来的汞再化合了。因

此,只要这种反应是在开口的玻璃管中进行的,氧化汞就可能完全分解成为氧和汞了。

### 化学家在一个典型反应——哈伯法中的工作

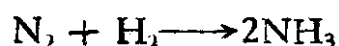
为了说明化学家是如何分析化学反应和改进控制反应的因素的,让我们来看看哈伯法,即利用氮与氢的反应制造氨的方法。这是个极其重要的方法,它是用发现此法的德国化学家哈伯(Fritz Haber)的名字命名的。产品氨的需要量是很大的,主要是用来制造肥料、炸药、制冷剂,以及某些人造丝。反应的原料氮和氢都很便宜,而且容易获得。由于有了哈伯法,人们便可以廉价而大量地制造一种重要的化学药品了。

我们可以用下面的方程式来表示这个化学反应:

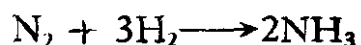


氮 加 氢 生成 氨

这个反应式的两边不是平衡的,因为在反应物中有两个氮原子,而在生成物中则只有一个氮原子,同时在反应物中有两个氢原子,而在生成物中却有三个氢原子。事实上,在反应物中有两个氮原子,就意味着在生成物中必须有两个氨分子;



这个反应式仍然不是平衡的,因为,在两个氨分子中有六个氢原子,就要求有六个氢原子。这就是说,左边要有三个氢分子,所以,要在反应物氢分子符号之前加数字 3,这个化学方程式才完全平衡;



“一个氮分子加上三个氢分子,生成两个氨分子。”

氮的原子量是 14, 氢是 1。我们用适当的数字代入方程式中,得到:

