

# 化學方程式

張蔚之 編 著  
劉遂生

商務印書館出版

---

◆(52703)

## 化 學 方 程 式

★ 版權所有 ★

編著者 張 蔚 之 劉 遂 生  
校訂者 吳 瑞 年  
出版者 商 務 印 書 館  
上海河南中路二一〇號  
發行者 中國圖書發行公司  
三聯書店開明書店  
北京廠線胡同六十六號  
發行所 三聯書店 中華書局  
營聯書店 各地分店  
印刷者 商 務 印 書 館 印 刷 廠

---

1949年6月初版 定價人民幣6,000元  
1951年6月4版

---

(滬)4001-9000

## 序

化學方程式乃化學中之基石，讀化學者深以不易澈底瞭解爲苦——對於平衡法及計算法，尤覺茫然。編者本廿餘年教學的經驗，並參考中外化學名著，集成此書，以供中學生參考及複習之用。內容力圖完備，文字務求簡明，使讀者閱後，不特可減少學習方程式的困難，且可增進研究化學的興趣。稿成，蒙化學專家吳瑞年先生（哥倫比亞大學化學碩士著作宏富）詳爲指示，多所改善，應致謝忱！惟是編者課務繁忙，思慮猶恐不周，謬誤之處，或尙不免，至望海內高明，不吝指正，實爲厚幸！

一九四八年五月

張蔚之 江蘇省立鎮江中學  
劉遂生 於 上海市立新陸師範

# 目 次

	頁數
第一章 化學方程式之定義	1
第二章 化學方程式所根據之學說及定律	3
第三章 作化學方程式之步驟	4
第四章 化學方程式之平衡法	8
第五章 作化學方程式之注意點	23
第六章 化學方程式之涵義	27
第七章 化學方程式不能表記之事項	31
第八章 化學方程式之類別	34
第九章 應用化學方程式之計算	38
第十章 重要元素之方程式(附有機物之重要方程式)	60
附 錄	
一 習 題	117
二 萬國原子量表	135
三 重要參考用表	136

# 化學方程式

## 第一章

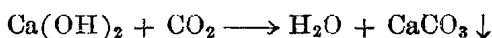
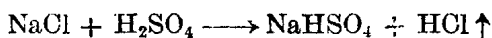
### 化學方程式之定義

化學家拉發西埃 (Lavoisier) 曾謂科學之要素有三，即事實 (facts)、理論 (theories)、表記法 (notation) 及命名制 (terminology)。化學為研究物質及其變化之科學，故化學表記法 (chemical notation) 不外三種：

- (一) 化學符號 (chemical symbols) 表記各元素；
- (二) 化學式 (chemical formulas) 表記各物質(單質及化合物)；
- (三) 化學方程式 (chemical equations) 表記各種化學變化。

中等化學書中，方程式多至二百餘。應用方程式之計算，常居化學計算法 (stoichiometry) 之首要，故化學方程式實為化學中之基石。概括言之，凡用化學符號、化學式及數學符號(加

號及矢號) 以表記各種化學變化之方程式, 統稱為化學方程式。如氯化鈉與硫酸共熱, 以及通二氧化碳於石灰水, 可分別用方程式表示如下:



式中之‘ $\longrightarrow$ ’(間有用=者)讀作‘變為’或‘生成’。‘+’讀作‘與’或‘及’。‘ $\uparrow$ ’(有時於化學式上作橫線如  $\overline{\text{HCl}}$ )表記氣體之放散。‘ $\downarrow$ ’(有時於化學式下作橫線如  $\underline{\text{CaCO}_3}$ )表記沉澱之發生。因在平衡方程式中, 左右兩端各元素之原子數或其所表記之重量數, 均各完全相等, 故得方程式之稱; 惟其左右不能移項, 及由左端不能推出右端, 斯則與代數方程式不同耳。

## 第二章

### 化學方程式所根據之學說及定律

化學方程式係根據原子學說(atomic theory)——物質均由極小而不可分割之微粒所構成。此種微粒，稱為原子。同類原子，性質重量相同；異類原子則否。各類原子，能以整個數相結合而生成化合物——由此學說，吾人可用化學符號表記元素之原子，聯合化學符號所成之化學式表記單質及化合物，更用作用物及生成物之化學式連同數學符號，以表記各種化學變化。如此所得之方程式，最為簡明通用。

化學方程式又根據於物質不滅定律 (the law of conservation of matter)——化學變化前諸物質之重量和，恆等於化學變化後諸物質之重量和——由此定律，吾人須使方程式兩端各元素之原子數，或其所表記之重量數完全相等，方能表記實際上之化學變化，因之方程式有平衡之必要。

## 第三章

### 作化學方程式之步驟

化學中任何方程式，均由前人經過千辛萬苦，始克作成。

其步驟有三：

(一) 作文字方程式：由觀察與實驗發現真實之化學變化：觀察是用一定目的，將注意力集中於自然現象；實驗是人力管理下之觀察，其價值可使時間經濟，狀況簡化。但觀察有時易生種種錯誤：一為生理上之錯誤，即吾人之感官，常受自然之限制，例如看不見紫外線及赤外線，聽不到每秒振動三十二次以下及三萬八千次以上之音；二為習慣上之錯誤，即個人之錯誤，如看顏色時常把紫當作藍；三為心理上之錯誤，如重物下墜，似覺速於輕物。欲免上列錯誤，第一須有相當訓練；第二須用儀器輔功，如用度外顯微鏡(ultramicroscope)可以間接窺出分子運動；第三須賴多數人之共證。因觀察之結果，如以多數人為標準，不但表示客觀，且可減少錯誤。觀察與實驗既繁難如此，故真實之化學變化，殊難確定，必先知作用物之



組成 (composition) 與性質，再測定生成物之組成與性質始可。真實之變化確定後，乃先以文字表記之，謂之文字方程式 (word equation)。

例如 氫 + 氧  $\longrightarrow$  水

(二) 作符號方程式：作用物及生成物既已求得，乃進一步而測定其化學式。如為單質(由一元素所成之物質)，其一分子所含原子之數，易由下式計算而得。

$$\text{單質分子中所含原子之數} = \frac{\text{單質之分子量}}{\text{元素之原子量}}$$

原子量雖無不可知，但不揮發又不溶解之單質，其分子量尚無法測定。故其化學式無從確定，往往逕取其符號以代之，碳、矽、硼其例也。如為化合物，其化學式可由下列步驟測定之：

- (1) 以定性分析法(qualitative analysis)測定化合物之成分元素；
- (2) 以定量分析法(quantitative analysis)測定化合物中各成分元素之重量比；
- (3) 測定各成分元素之原子量；
- (4) 計算最簡式(simplest formula) 或實驗式(empirical formula)；

(5) 測定化合物之分子量；

(6) 以分子量審核最簡式，即得分子式 (molecular formula)。

如無法測定分子量，即用其最簡式，上列各步，均極繁難；

惟第四、第六兩步，其原理及計算方法，尚不甚難，聊示其例如下：

**例題 1** 某種碳氫化物之組成爲碳 92.31% 及氫 7.69%，其分子量爲 26，試計算其最簡式及分子式。

〔解〕 元素 組成 原子量 原子比 原子整數比

碳 92.31  $\div$  12 = 7.7 1

氫 7.69  $\div$  1 = 7.69 1

故其最簡式爲 CH。

設其分子式爲  $(CH)_n$ ，則  $(CH)_n = 26$ ， $13n = 26$ ， $n = 2$

故其分子式爲  $C_2H_2$

**例題 2** 某物質 10 克強熱後，放出二氧化碳 2.55 克和水 0.525 克，並留下氧化銅爲殘渣，求該物質之實驗式。

〔解〕 組成 式量 比值 整數比

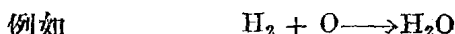
$CO_2$  2.55  $\div$  44 = 0.058 2

$H_2O$  0.525  $\div$  18 = 0.029 1

$$\text{CuO} \quad 6.925 \div 79.6 = 0.087 \quad 3$$

故其實驗式爲  $3\text{CuO} \cdot 2\text{CO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  或  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

作用物及生成物之化學式測定後，以 $\longrightarrow$ 及 $+$ 連結之即得符號方程式(symbolic equation)又稱化學方程式。



(三) 方程式之平衡：使方程式左右兩端各元素之原子數完全相等的方法，稱爲方程式之平衡(balancing equations)平衡的方法頗多，且易施行，容於下章詳述之。



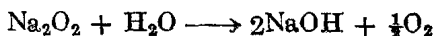
即爲平衡方程式。

## 第四章

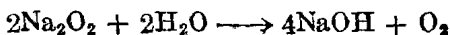
### 化學方程式之平衡法

化學方程式之平衡，爲學習化學之基本工作，應用甚廣；但在普通化學教本中，每不列入，實爲一大遺憾。茲將平衡各法，分述如後，讀者如能兼收而並蓄之，則應用無窮矣。

(一) **觀察法**(observation method)此法僅適用於簡單之方程式。先察知在草式(skeleton equation)兩端僅各發現一次之元素，設法使其原子數相等，然後再使其他元素之原子數相等，即可使方程式平衡。如在  $\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NaOH} + \text{O}_2$  中，Na 在兩端，僅各發現一次，乃書  $\text{Na}_2\text{O}_2$  於左端及  $2\text{NaOH}$  於右端，使 Na 相等。又 H 在兩端，亦各發現一次，如書  $\text{H}_2\text{O}$  於左端而右端爲  $2\text{NaOH}$ ，則 H 亦相等。如此前三者之係數均已確定，由計算可知  $\text{O}_2$  之係數應爲  $\frac{1}{2}$ 。故得平衡方程式：

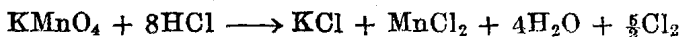


欲使各係數均爲整數，須以 2 乘全式：

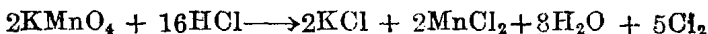


又如在  $\text{KMnO}_4 + \text{HCl} \longrightarrow \text{KCl} + \text{MnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Cl}_2$  中，  
 O 在兩端，僅各發現一次，乃書 4 於  $\text{H}_2\text{O}$  之前，使 O 相等，又  
 H 在兩端，亦各發現一次，更書 8 於  $\text{HCl}$  之前，使 H 相等，如  
 是前五者之係數，均已確定，由計算可知  $\text{Cl}_2$  之係數應為  $\frac{5}{2}$ 。

故得平衡方程式：



更以 2 乘全式，即可使各係數皆為整數：

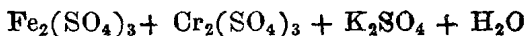


(二) 代數法 (algebraic method) 此法無不適用，惟演算較煩，且乏化學意義。更可分為下之二法：

〔第一法〕設若干未知數，表記作用物化學式前之係數，至於生成物化學式前之係數，則以所設諸未知數之函數表之。

其步驟有如下例：

(1) 先作草式：



(2) 次設三未知數，表記三作用物化學式前之係數

(通常記於化學式之上)：  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  之係數為  $x$

$\text{H}_2\text{SO}_4$  之係數為  $y$

Fe SO<sub>4</sub> 之係數爲 z

(3) 生成物化學式前之係數；則以 x, y, z 之函數表之。(亦記於化學式之上)：

以 K 原子計，K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 之係數爲 x

以 Cr 原子計，Cr<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 之係數爲 x

以 H 原子計，H<sub>2</sub>O 之係數爲 y

以 Fe 原子計，Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 之係數爲  $\frac{z}{2}$

(4) 按物質不滅定律，方程式左右兩端各原子或根之數，應各完全相等，因就上條未經比較之根或原子，作代數方程式：

就 SO<sub>4</sub> 根計，  $y + z = \frac{3}{2}z + 3x + x \dots\dots\dots (I)$

就此外 O 原子計，  $7x = y \dots\dots\dots (II)$

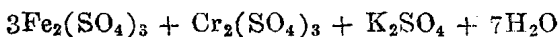
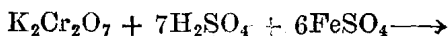
(5) 解所得之代數方程式：

由(I)  $\frac{1}{2}z + 4x = y \dots\dots\dots (III)$

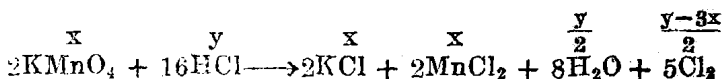
(II) - (III)  $6x = z \dots\dots\dots (IV)$

由(II)及(IV)得  $x=1; y=7; z=6$

(6) 得平衡方程式：



更設一例如下：

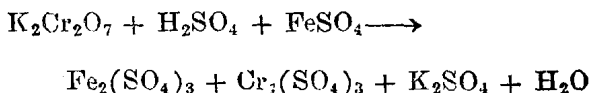


以 O 原子計， $4x = \frac{y}{2}$ ，即  $y = 8x$

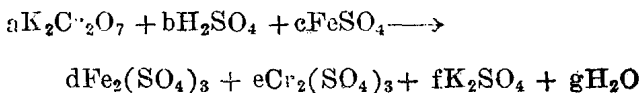
使各係數皆為整數， $x = 2$ ， $y = 16$ ，

〔第二法〕作用物及生成物化學式前之係數，均以所設之未知數表之，其步驟有如下例：

(1) 先作草式：



(2) 次設七未知數，表記各化學式前之係數：



(3) 列代數方程式：

就 K 計， $a = f$ 。      就 Cr 計， $a = e$ 。  
 就 H 計， $b = g$ 。      就 Fe 計， $c = 2d$ 。  
 就  $\text{SO}_4$  計， $b + c = 3d + 3e + f$   
 就  $\text{SO}_4$  以外之 O 計， $7a = g$ 。

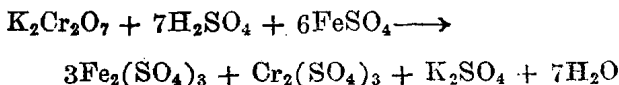
(4) 解所得之代數方程式：因未知數有七而方程式僅六，故為不定方程式。

令  $a = 1$ , 則  $f = e = 1$ ,  $b = g = 7$ .

$$7 + 2d = 3d + 3 + 1$$

故  $d = 3$   $e = 6$

(5) 得平衡方程式:



再設一例如下:



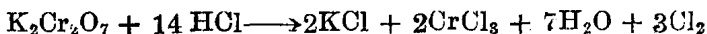
$$2m = v(\text{就 K 計}), \quad 2m = x(\text{就 Cr 計}),$$

$$7m = y(\text{就 O 計}), \quad n = 2y(\text{就 H 計}),$$

$$n = v + 3x + 2z(\text{就 Cl 計})$$

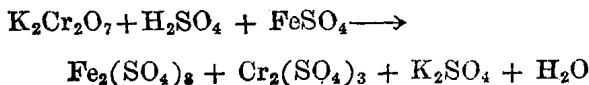
令  $m = 1$ , 則  $x = v = 2$ ,  $y = 7$ ,  $n = 14$ ,  $z = 3$ .

故得平衡方程式:



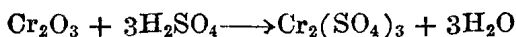
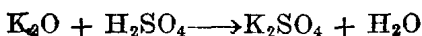
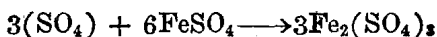
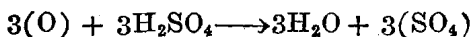
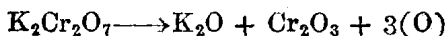
(三) 部分方程式法(method of partial equations) 此法用途雖廣, 但非初學者所優爲; 惟使吾人對於化學變化, 得進一步之瞭解, 則非他法所能及。其步驟如下:

(1) 作草式:

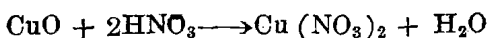
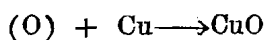
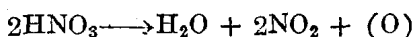
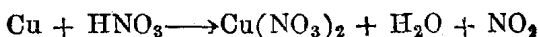




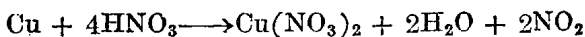
(2) 就作用物之化學性質及其所生之生成物，擬定部分方程式，一一使其平衡，再合併之，即得所需之平衡方程式：



更設一例如下：



+



(四) 縮水物法(anhydride method) 三元酸可視為非金屬氧化物與水所成，故非金屬氧化物為酸之縮水物。鹼類可視為金屬氧化物與水所成，故金屬氧化物為鹼之縮水物。而三元鹽則可視為由兩種縮水物所構成。凡含有三元酸鹼類及三元鹽之方程式，一經析成縮水物後，即易平衡，故稱縮水物