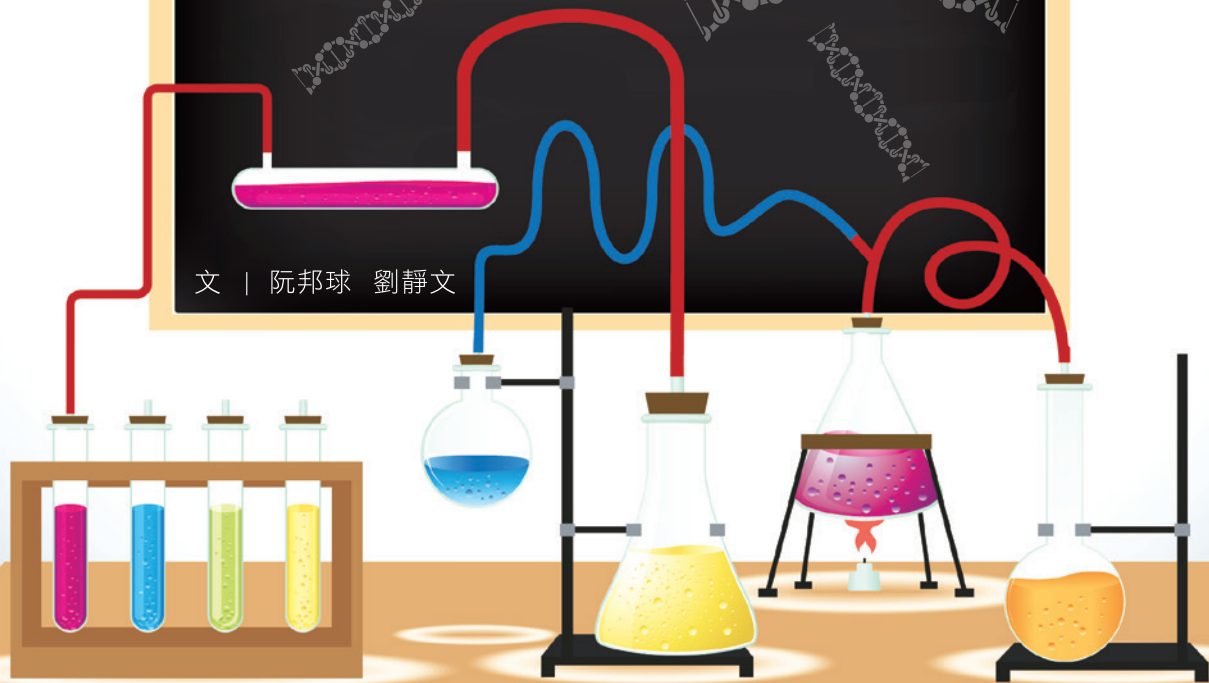


配平化學方程式的教與學

文 | 阮邦球 劉靜文



前言

化學方程式是基礎的化學語言，掌握配平化學方程式是對學生學習化學的基本能力要求。學生進行配平化學方程式時，常困惑於不知從何或如何下手。本文嘗試以簡單的化學反應為例，着眼於配平方法的探討，梳理化學方程式的不同配平方法，協助學生理解配平方法的本質和數學方法的應用。

化學方程式的配平方法

從本質上來說，所有化學方程式的配平方法都是數學法。教材中常提及的觀察法^[1]，從操作層面而言是屬於嘗試法，它雖然沒有固定的配平運作方式，但被廣泛地應用於配平簡單的化學反

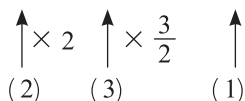
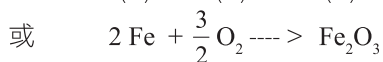
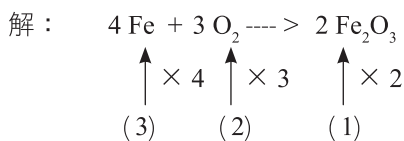
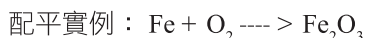
應；從數學角度來判別，觀察法亦可以界定為算術法，因它可以運用簡單的數學運算而配平化學方程式。代數法則依據數學法則，有固定的配平方法可循。本文筆者運用觀察法和代數法，以實例形式進行演譯、引導學生學會配平化學方程式的方法和過程。常用的配平方法可歸納為觀察法（或稱嘗試法、算術法）和代數法。

1. 觀察法

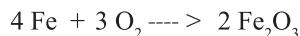
對初學者而言，觀察法是簡易的入門方法，為配平簡單的化學反應，祇需要運用基本的算術運算便可，常用的包括單雙法^[2]和最小公倍數法^[3]等方法。

1.1 單雙法

從最複雜的物質着手，遇單數變為雙數，再從反應物和生成物兩邊作相應配合，讓左右兩邊所有不同原子的數目相等。

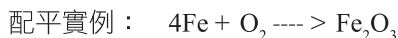


為滿足所有配平係數為最簡單的整數比，將整個化學方程式乘以2，則所配平的化學方程式為：

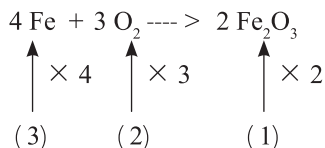


1.2 最小公倍數法

先着眼於最複雜化合物的化學式，若不同原子呈現的數目出現差異，從各物質中尋覓相同原子但不同數目的最小公倍數，再考量左右兩邊的所有原子，整理並讓原子數目相等。



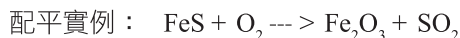
解：在 O_2 與 Fe_2O_3 兩種物質中，分別含有兩個和三個氧原子，其最小公倍數 (Least Common Multiple, LCM) 等於6，2和3是6的配平因子。



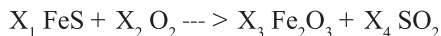
2. 代數法

代數法是配平方程式的萬用方法，其方法是考量化學反應內的所有物質，把各物質的係數設定為未知變量，再用代數方法求得各未知變量的值，此法常稱待定係數法。它適用於所有化學反應的配平，是數學方法在化學教學中的具體應用。代數法可運用聯合方程法^[4, 5]或矩陣法^[6]，將所求得的相應變量（即係數）代入原來的方程式中，則可配平化學方程式。

2.1 聯合方程法



解：在化學方程式中，先設定所有物質的係數，式中化學反應共有四種不同物質，故有四個係數（由 X_1 到 X_4 ）：



反應物和生成物分別在箭嘴符號的左方和右方，式中的化學反應涉及三種原子：Fe、S和O，根據守恆法則，分別對Fe、S和O列寫出如下三條不同的數學方程式：

$$\text{Fe:} \quad X_1 = 2 X_3 \quad (1)$$

$$\text{S:} \quad X_1 = X_4 \quad (2)$$

$$\text{O:} \quad 2 X_2 = 3 X_3 + 2 X_4 \quad (3)$$

解聯合方程得：

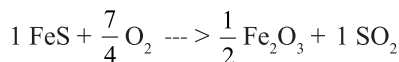
$$\begin{aligned} X_3 &= \frac{1}{2} X_1 \\ X_4 &= X_1 \\ X_2 &= \frac{7}{4} X_1 \end{aligned}$$



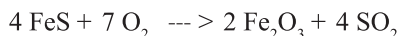
在三個數學方程式中共有四個未知數，可有無限多個解。配合配平化學方程式的基本準則，各係數以最簡單的整數比作為唯一的答案。

$$\begin{aligned} \text{若設 } X_1 = 1, \text{ 則 } X_2 &= \frac{7}{4} \\ X_3 &= \frac{1}{2} \\ X_4 &= 1 \end{aligned}$$

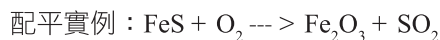
將係數代入原化學方程式內：



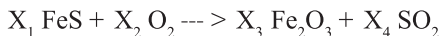
那麼，整個化學方程式乘以4，則配平的化學方程式為：



2.2 矩陣法



解：首先將各個物質設定各個未知係數，四種物質共有四個未知係數，其係數分別為 X_1 、 X_2 、 X_3 和 X_4 ，得待配平的化學方程式如下：



將化學方程式各物質所包含的原子數目整理於表中：

物質 原子	反應物		生成物	
	FeS	O ₂	Fe ₂ O ₃	SO ₂
Fe	1	0	2	0
S	1	0	0	1
O	0	2	3	2

依矩陣方法，得矩陣式： $A X = 0$

矩陣式中：A為係數矩陣，而X為變量矩陣。

對每一種原子的數目來列寫係數矩陣A，反應物的係數為正，生成物的係數為負。如果某一種物質不含某原子，則補零。這樣通過對Fe、S、O三種原子數目的計算，得到係數矩陣A：

$$\text{係數矩陣A: } A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 2 & -3 & -2 \end{bmatrix}$$

$$\text{變量矩陣X: } X = \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{bmatrix}$$

$$\text{化簡係數矩陣 } A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{3}{2} & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 & -\frac{7}{4} \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

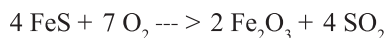
設定 $X_4 = -1$ ，則 $X_1 = -1$ ； $X_2 = -\frac{7}{4}$ ；

$$X_3 = -\frac{1}{2}$$

將所有係數乘(-4)，得 $X_1 = 4$ ； $X_2 = 7$ ；

$X_3 = 2$ ； $X_4 = 4$

再將係數代入化學方程式中，得配平的化學方程式為：



3. 結語

觀察法常用於配平簡單的化學反應，因應具體化學反應以及臨場思考和應變而定，對於簡易化學方程式的配平，單雙法和最小公倍數法是常用且實用的方法。代數法則適用於所有化學方程式的配平，常稱為待定係數法。若化學方程式中待配平的物質數量在4或以下時，聯合方程法具有特別的優勢；當參與反應的物質數量眾多時，矩陣法具有特殊的意義，因為矩陣法可使用電腦語言或現成的電腦軟件解決配平問題。

配平方法條條大道通羅馬，有常法而無固定之法。配平方法的本質是以數學方法滿足守恆定律的要求，且物質的係數呈最簡單的整數比。在配平化學方程式以後，內地教科書規範：將“ \rightarrow ”符號改寫為“ $=$ ”符號；而英文教科書則不作任何規範，仍保留“ \rightarrow ”符號。

筆者從化學學習的角度，分享求解配平化學方程式的經驗，藉應用數學方法來探討配平化學方程式的方法，以求達到同儕交流的目的。在配平化學方程式的教與學上，期望學生能靈活應用數學知識，開拓思路，運用數學方法解決化學方程式的配平問題。🧪

【參考文獻】

- [1] 李太加 (2002)。淺談觀察法配平化學方程式[J]。青海師範大學民族師範學院學報。2002, 13(2), 62-63。
- [2] 商祥實 (2007)。化學方程式的配平方法[J]。中小學實驗與裝備。2007, 17(6), 17-18。
- [3] 楊定濤 (2013)。最小公倍數法配平化學方程式[J]。中學生數理化(教與學)。2013, (3), 89。
- [4] 王宏志、陶玉傑 (2004)。用待定係數法配平複雜氧化還原反應方程式[J]。通化師範學院學報。2004, 25(2), 19-21。
- [5] 梁志光 (2013)。如何用數學方法解決化學反應方程式的配平問題[J]。教師雜誌, 2013, 42, 65-66。
- [6] 楊海文、高興馳 (2003)。化學方程式配平的矩陣解法[J]。延安大學學報(自然科學版)。2003, 22(3), 16-17。

阮邦球

澳門大學科技學院化學講師。

劉靜文

澳門科技大學商學院助理教授。