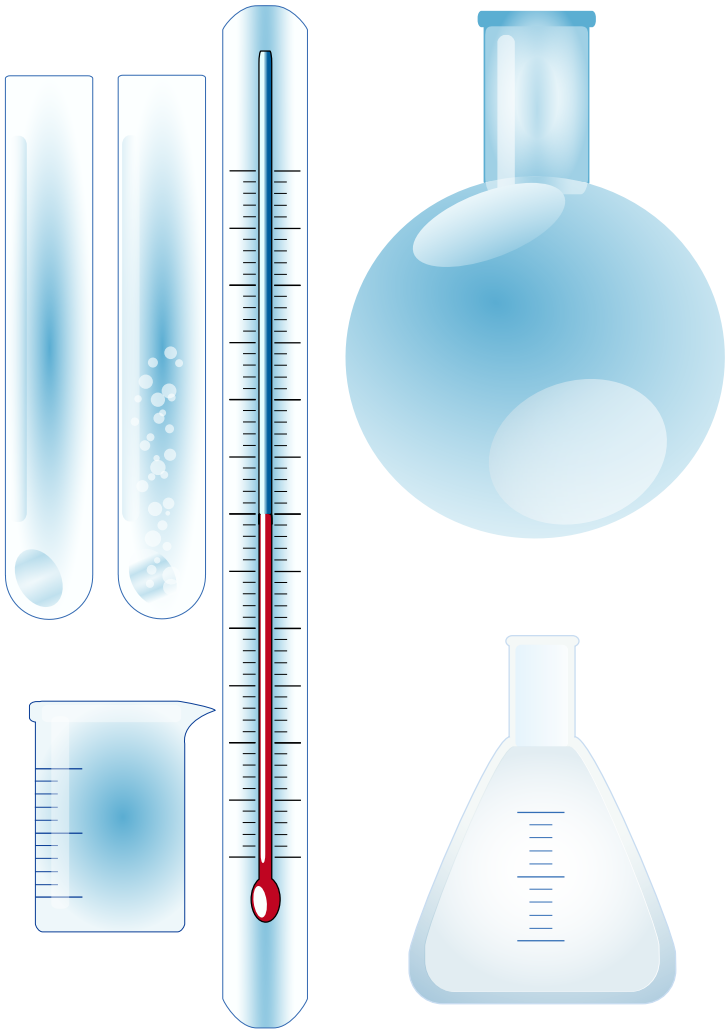


化學反應的分類

文／蕭次融

化學反應的分類有多種，在分析化學上常分為酸鹼反應、氧化還原反應、沉澱反應。對於初學化學的學生而言，亦即在中學階段則常分為（一）化合、（二）分解、（三）置換、（四）複置換或複分解。本篇先將化學反應分為氧化還原反應（氧化數有改變的反應）與非氧化還原反應（氧化數沒改變的反應）的兩大類，然後再依化合、分解、置換、複置換分類並舉出實例，並且說明該類反應是否屬於氧化還原反應，如圖 1 所示。

一、化合

化合反應以簡單的符號表示，則為 A + B → C，A 與 B 為元素或化合物，而 C 一定是化合物。以下分兩類說明：（一）反應物 A 與 B 均為元素，（二）反應物 A 與 B 可能有一為化合物，（三）比較少見的兩者均為化合物。

（一）反應物 A 與 B 均為元素（改變氧化數）

最簡單的例子是氫與氧的化合，兩者都是元素，化合產生的水是化合物：

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)\text{或}2H_2O(l)$$

產生的水可能是氣體的 $H_2O(g)$，也可能是液體的 $H_2O(l)$，視溫度而定。另一簡而有趣，容易動手操作的實驗：鋅粉與碘的化合，兩者都是元素，混合後加水立即產生劇烈的反應，產生化合物碘化鋅：

$$Zn(s) + I_2(s) \xrightarrow{H_2O} ZnI_2(aq)$$

圖 1 中的例子是金屬元素的鋁與非金屬元素氯的化合，產生化合物的氯化鋁：

$$2Al(s) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2AlCl_3(s)$$

（二）反應物 A 與 B 中有一為化合物另一為元素（改變氧化數）。

圖 1 中的例子是化合物氯化亞鐵或氯化鐵（II）與元素的氯氣化合，產生化合物氯化鐵或氯化鐵（III）：

$$2FeCl_2(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2FeCl_3(s)$$

這是化合物與元素的化合，產生化合物的例子。

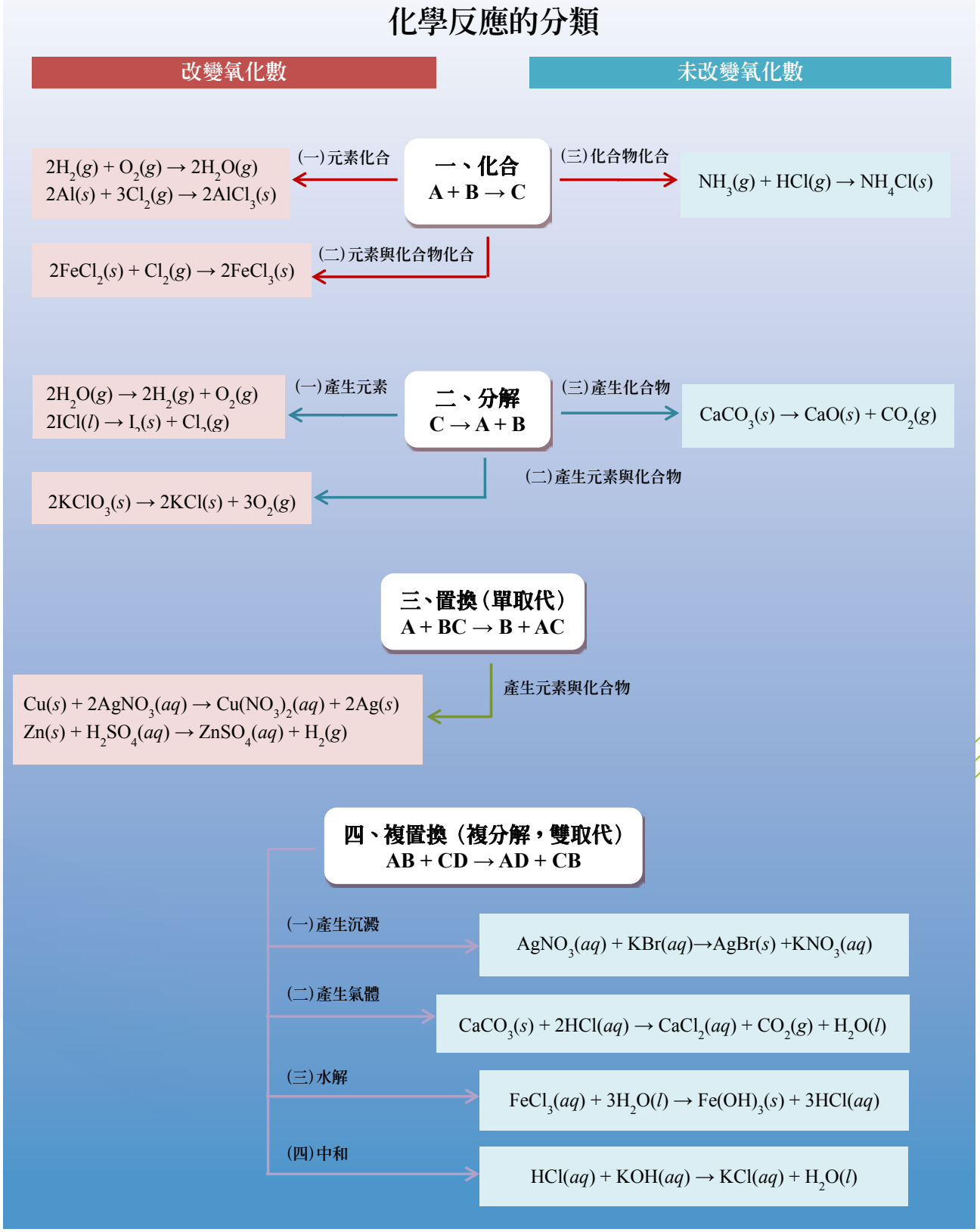


圖1　化學反應的分類（摘自Birk, Chemistry, p.124, 1994）。

（三）反應物 A 與 B 均為化合物（不改變氧化數）

最簡單而且常見的例子是氨與氯化氫的反應，兩者都是氣體化合物，化合產生化合物的氯化銨固體：

$$2NH_3(g) + HCl(g) \rightarrow NH_4Cl(s)$$

本實驗常用在演示氣體的擴散現象，實際操作實驗時，常用較易操作的濃氨水與濃鹽酸，因為在常溫兩者都會冒煙，因此將兩試劑瓶靠近，即見瓶口產生白煙的氯化銨，或用棉花分別沾濃氨水與濃鹽酸後，分別塞在長玻璃管的兩端，不久即見在玻璃管的中間靠濃鹽酸的地方產生白色圓環。這是化合物 NH_3 與化合物 HCl 直接化合，產生化合物 NH_4Cl 的例子。因此要特別提醒學生：通常誤認為化合反應一定屬於氧化還原反應，上舉的反應是化合不伴隨氧化數改變的很少數例子之一。

二、分解

分解反應以簡單的符號表示，則為 C → A+B，恰好是化合的逆反應。在此 C 必須是化合物，但 A 與 B 可能是元素，也可能是化合物。

（一）分解的產物 A 與 B 均為元素（改變氧化數）

學生最熟悉的分解反應是水的電解，產生氣體元素的氫與氧：

$$2H_2O(l) \xrightarrow{\text{電解}} 2H_2(g) + O_2(g)$$

另一例子是碘化鋅的電解，產生金屬元素的鋅與非金屬元素的碘：

$$ZnI_2(aq) \xrightarrow{\text{電解}} Zn(s) + I_2(g)$$

圖 1 中的另一例子為氯化碘的分解，產生碘與氯，分解的產物均為非金屬元素：

$$2ICl(l) \rightarrow I_2(s) + Cl_2(g)$$

（二）分解的產物為化合物與元素（改變氧化數）

例如氧的製備，常以二氧化錳為催化劑，加熱氯酸鉀，氯酸鉀受熱分解，產生化合物的氯化鉀與氧元素的氣體：

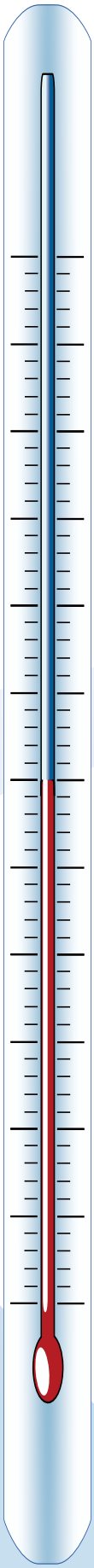
$$2KClO_3(s) \rightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$$

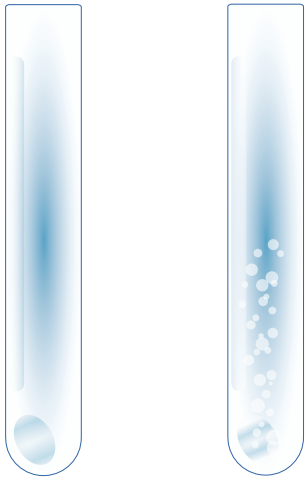
（三）分解的產物均為化合物（不改變氧化數）

例如工業上加熱分解石灰石以製備石灰的反應，產物的氧化鈣（石灰）與二氧化碳均為化合物：

$$CaO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$$

這是分解反應中氧化數沒有改變的很





少數例子之一，因此也要提醒學生，分解反應中也有並不改變氧化數的，亦即不屬於氧化還原反應。

三、置換

置換反應以簡單的符號表示，則為 A+BC → B+AC，其定義為反應物或生成物中必須有元素，因此置換反應與前述化合和分解反應不同，一定會有氧化數的改變，因此圖 1 中的右邊不改變氧化數的反應之處為空白，無例可舉，與前述化合與分解的反應不同。置換反應中，學生最熟悉的例子是放入銅片於硝酸銀溶液中，銀鍍在銅片上。在這置換反應中，反應物銅是元素，生成物銀也是元素，符合前述置換必須要有元素的定義：

$$Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \rightarrow$$
$$Cu(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$$

另一常見的例子是氫的製備，在稀硫酸中放入鋅粒，立即產生氫。在這反應中，反應物之一的鋅是元素，而生成物之一的氫也是元素：

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow$$
$$Zn(SO_4)(aq) + H_2(g)$$

> 一般學生的迷思概念，誤以為凡是化合與分解反應，一定是氧化還原反應，一定伴隨氧化數的變化，但正如圖1所顯示以及在文內所說明的化合之(三)以及分解之(三)所指出，其反應均不改變氧化數。

四、複置換

複置換亦稱雙取代或複分解，若用簡單的符號來表示，則為 AB+CD → AD+CB。由圖 1 可見此類反應均在圖 1 的右邊，而左邊則為空白亦即反應中不改變氧化數，恰好與置換相反，圖 1 中的左邊空白，無例可舉。複置換依其反應的不同可分為（一）產生沉澱、（二）產生氣體、（三）水解、（四）中和等四大類。其中產生沉澱在分析化學的重量分析扮演重要角色，而中和反應則是學生最熟悉的一類反應。舉例的說明，請見圖 1，就可一目瞭然，不需多加說明。一般而言，複置換反應不牽涉氧化數的改變，因此其反應產物最容易推測，不過要提醒學生注意，雖說 AB+CD → AD+CB，反應產物為 AD 與 CB 兩種，但有的產物還會分解，例如圖 1 中的（二）產生氣體的反應，可視為複置換反應：

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2CO_3(aq) \text{.....[1]}$$

而 H_2CO_3 為弱酸，若視為 CO_2 溶於 H_2O，則因二氧化碳溶於水的溶解度不大，因而 H_2CO_3 分解：

$$H_2CO_3(aq) \rightarrow CO_2(g) + H_2O(l) \text{.....[2]}$$

式 [1] 與式 [2] 相加即得圖 1 中的反應式 [3]，產物有三：

$$CaCO_3(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + CO_2(g) + H_2O(l) \text{.....[3]}$$

結語

本篇說明化學反應的分類，特別指出一般學生的迷思概念，誤以為凡是化合與分解反應，一定是氧化還原反應，一定伴隨氧化數的變化，但正如圖 1 所顯示以及在文內所說明的化合之（三）以及分解之（三）所指出，其反應均不改變氧化數。另外，在本篇所述化學反應分類的四種反應之外，近來也有化學教科書，將燃燒特立一類，在此補充說明。

本系列的報導，除了本篇之外，其他三篇是配合本篇，報導簡而有趣（Plain and Attractive Chemistry，簡稱 PAC）的化學實驗：（一）化合與分解，以碘與鋅的化合及碘化鋅的電解為例；（二）置換反應，以銅置換汞及以鐵置換銅為例；（三）複置換，雖以酸鹼中和為例，但採用甚少人實際操作的，在氫氧化鈉顆粒加濃鹽酸，直接製造固體的食鹽為例，也可以做為教師在教室操作的 PAC 演示實驗。

蕭次融　大學入學考試中心