

從環保意識談高中化學實驗的設計

蕭次融

國立臺灣師範大學化學系

一、前言

現行高級中學化學實驗手冊，共四冊，自民國七十四學年使用以來，雖一般風評尚可，惟其中部分實驗因所使用的化合物或所製備的化合物氣味難聞或有害於健康，致不太為學校化學教師所歡迎，而將學生實驗改為教師示範實驗，甚至改在黑板上演示，失去設立化學實驗的原意而偏離了高中化學課程所設立的目標：「透過實驗活動、培養科學態度、熟練科學方法，以解決問題。」以及「從化學實驗，建立化學基本概念，期能成為科學工作者。」

二、從環保意識檢討化學實驗

近年來國人環保意識日漸提高，對公害的抗議時有所聞，而我國多數學校又毗鄰商店居家。化學實驗若有難聞氣體例如氯氣、二氧化氮、二氧化硫等外洩或污水排放，恐將遭居民指責與社會批評。為今之計，現行化學實驗教材，實有從環保意識全盤檢討，加以改進之必要。實驗之檢討，以環保之 3R（Reduce 減量、Recycle 再生、Reuse 再用）加另一 R（Reject 拒用，改用其他另外設計實驗）為原則，分述於下一節。

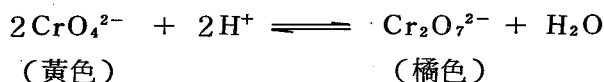
三、化學實驗之改進

比較容易而可行的改進方法有四：

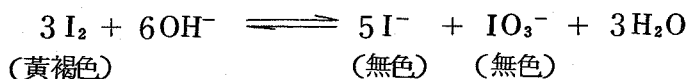
1. 減少（Reduce）化學藥品用量。由現行的常量化學實驗改為半微量化學實驗，試劑原以毫升量取者改以滴數計量，如此可節省試藥十倍至千倍，減少污染，節省經費，且因用量少易於操作而安全，並節省實驗操作時間。例如「電解碘化鉀溶液製碘」改用「簡易電解法」，以數滴碘化鉀溶液在水彩畫用的調色板上電解，可以替代傳統的在 U 形管內電解，如此試劑碘化鉀溶液的用量可由 30 毫升降為數滴（見文獻 1）。又如「金屬活性次序」的實驗，改用培養皿，在濾紙上滴下

數滴金屬離子（例如硫酸銅溶液）以浸濕濾紙後在濾紙的中央置放一小粒鋅，數小時後即見在濾紙上析出銅的晶體，狀如樹枝相當美觀。濾紙用水洗後涼乾，用保鮮膜或護貝覆蓋包裝可永久保存。如此以培養皿替代在試管或燒杯內做實驗，可節省試劑用量將近一百倍，且可得更好的效果（見文獻2）。

2. 將實驗廢棄物回收再度使用 (Reuse) 或留給他項實驗使用或將其處理，經由化學反應變為無害後排放。例如劇毒的六價鉻 CrO_4^{2-} 與 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 收集後留做為氧化劑，經還原為比較無害的三價鉻 Cr^{3+} 後排放。又如具有刺激性臭味的二氧化硫廢氣可使其通過氫氧化鈉而被吸收，轉變為無害的亞硫酸氫鈉，可當做還原劑使用，最後變為有用的白粉硫酸鋁或硫酸鈣等留供他項實驗使用 (Recycle)。
3. 拒做 (Reject) 有害或危險的實驗，改寫為無害、安全而有趣的實驗。設計以無害的試劑做同一或類似教學內容的實驗，以無害的試劑取代有害的試劑。例如在「化學平衡」的實驗，最常用的例子是



因鉻酸鉀在酸性溶液，由黃色變為橙色的重鉻酸鉀（二鉻酸鉀），在鹼性溶液又變回黃色的鉻酸鉀。顏色的改變很顯明，加酸與加鹼可使顏色改變，反覆多次，易於說明化學平衡的移動，教學效果良好，但因六價鉻毒性大，宜儘量避免使用，故可改用碘溶液以取代鉻酸鉀溶液，同樣可以說明化學平衡的移動：



黃褐色的碘溶液在鹼性溶液則起自身氧化還原反應，變為無色的碘離子或無色的碘酸雜子，加酸則平衡左移，溶液又變回原先的黃褐色，加鹼又變為無色，如此可反覆多次，顏色的改變相當明顯。若在碘液中加數滴澱粉溶液，則顏色變為藍紫色，加鹼變為無色。筆者曾為此設計一個趣味性演示實驗，名為「神奇的七個杯子」，用以說明化學平衡的移動、氧化還原反應，以及自身氧化還原反應（見文獻3）。

4. 設計教師演示實驗。將毒性大或危險性大的實驗改為教師演示實驗，例如溫度對於化學平衡的影響常舉的例子是



但是 NO_2 是刺激性極毒的氣體，相當難於處理，實驗後又無法保存，放逸空中會增加污染。筆者兩年前曾將二氧化氮封於兩個相連的燒瓶，一個燒瓶放於熱水的燒杯，另一個放於冷水的燒杯內，燒瓶內氣體顏色的改變顯明，兩年來演示多次，並未變質。又如溴(Br_2)也是難於處理的，同樣可以密封於玻璃燒瓶或玻璃管內以演示平衡的移動，不過這是物理變化，與上述的二氧化氮實驗同時演示，互相比較，可提高教學效果。



四、已改進的實驗舉例

高中化學現行的實驗手冊中，從環保意識的觀點加以改進而具體有效者有下列六個實驗：

1. 第一冊之實驗五「氣體的擴散」實驗，可改用喝飲料的吸管替代玻璃管做同樣的實驗（見文獻4）。
2. 第二冊之實驗九「平衡常數與勒沙特列原理」中的鉻酸鉀的處理與二氧化氮的製備，前者改用碘酒，後者改為教師示範實驗（文獻3）。
3. 第二冊之實驗十五「電解碘化鉀溶液製碘」，可用簡易電解法替代U形管，如此試劑碘化鉀溶液可由三十毫升降為數滴即足（文獻1）。
4. 第三冊之實驗二「氯及漂白粉」，氯之製備改用簡易電解法製取（文獻1）。
5. 第三冊之實驗三「碘的製備及鹵素離子的檢驗」，改以簡易電解法製取鹵素，用以比較鹵素的化性與離子的檢驗。可與上一個實驗合併為一個實驗，節省實驗操作時間（文獻1）。
6. 第四冊之實驗十「順反異構物」，可減少試藥用量，簡化混合物的過濾，用塑膠注射筒改裝以替代水流吸氣器(aspirator)，節省用水且去除實驗室噪音（見文獻5）。

五、參考文獻

1. 蕭次融，「化學演示實驗，4.簡易電解」，本刊，115，39（民77）。
2. 蕭次融，「濾紙上的金屬樹」，科學研習，32（2），8（民80）。
3. 蕭次融，「化學教學法——教師示範實驗」，台灣師大化學系（民76），或「神奇的七個杯子」，本刊，115，35（民77）。
4. 師大化研所，「氣體的擴散」，國中理化教師示範實驗，67（民75）。
5. 陳玉玲，「簡易過濾」，本刊，125，62（民78）。