

化學實驗室之 安全 (一) 燃燒和滅火

方金祥
國立高雄師範學院化學系

化學是一門實驗的科學，依據我國中等學校及大學院校中之科學教材內容之要旨，皆著重於實驗，使學生在課堂所學的理论，能經由實驗結果與觀念、原理等連繫起來，俾使學生能得到更好的學習效果。目前各中等以上的學校都有實驗室的設備，而設置實驗室必須注意到實驗室的安全問題，如火災的預防，化學藥品的毒性以及通風與否……等等問題，如有周全的準備與熟悉其使用方法，則實驗室的危險事故便可以減少到最小程度，即使發生也不致於傷害到相鄰的同學或造成更嚴重的損害。

通常在實驗時，爲了促使化學反應加速進行的方法很多，其中最簡便的方法是利用火焰加熱，因此火焰在實驗過程中非常重要，然其使用更不可稍有疏忽，「星星之火，可以燎原」，所以吾人在實驗室內用火更需要謹慎，以下先專就火焰燃燒及滅火原理介紹於後。

一、燃燒的過程

燃燒是由於燃料起了激烈的氧化並且釋放出

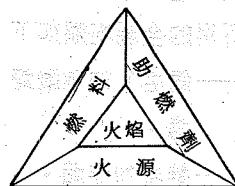
熱能的一個過程，因此燃燒的過程需由下列三個部份來完成。

燃料：可燃性的物質，如木材、紙張、瓦斯、乙炔、氫氣、甲烷及汽油等。

助燃劑：幫助燃料燃燒的物質，如氧氣(O_2)，笑氣(N_2O)或氯氣(Cl_2)等。

火源：利用火花、熱能等，使燃料達到其燃點以上而起火燃燒。

由以上三部份來組成燃燒的過程，三者之間的關係非常密切，如同一個三角形的三個邊，其中缺少任何一項，便無法燃燒。燃燒的結果便產生火焰，若三者中有一或二個過剩，則燃燒便會停止，火焰便會熄滅。



二、火焰的分類和性質

依照燃料成分及性質的不同，可將火焰分成四大類。

第A類火焰 (A)：

由一般可燃性的物質所引起的燃燒，例如木材、紙張、纖維、塑膠或橡膠等固態物質。通常當可燃性的固態物質受熱後，先產生揮發性的氣體，如果此時溫度高於其燃點，並且有足夠的氧氣存在，便可起火燃燒而產生火焰。當此揮發性的氣體燃燒時，便會放出更多的熱能，致使燃燒溫度提高，因此當揮發性的氣體產生的速率加速時，火焰便更趨強烈。

第B類火焰 (B)：

由可燃性的液體、氣體、有機溶劑、油漆、

烹飪油或其他油脂等所引起的燃燒。當可燃性液體的蒸氣與空氣混合點燃時，通常會發生輕微的爆炸而快速的產生熱能，並加速液體揮發的速率，而致使燃燒加速。

第C類火焰(Ⓒ)：

由於電器或熱板等可燃性的固體、液體或氣體引起的燃燒。其反應熱 ΔH 使燃料成分斷裂成碎片，即所謂的游離基，此一游離基或中間產物非常活潑且能很迅速的和氧氣混合，並釋放出熱、光及產生燃燒的產物。

第D類火焰(Ⓓ)：

由可燃性的金屬所引起的燃燒，如鎂(Mg)、鈉(Na)及鉀(K)等金屬或其鹽類。當燃燒時即變成氣態而產生該金屬特有的火焰顏色，如烟火星花的五顏六色即是。在烟火中所產生的各種顏色的星火所用的金屬鹽類如下：

紫紅色——鋇鹽，如硝酸鋇、硫酸鋇、草酸鋇。

深紅色——鋇鹽加煤烟。

橙紅色——鋇鹽加鈉鹽、鈣鹽。

黃色——鈉鹽，如草酸鈉、碳酸鈉。

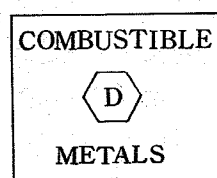
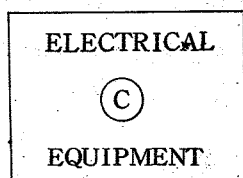
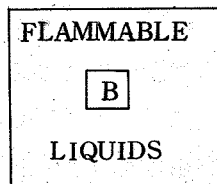
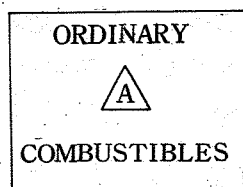
翠綠色——鋁鹽，如氯酸鋁、碳酸鋁。

淺綠色——硝酸鋁。

藍色——碳酸銅或砷酸銅加上氯化物。

淺藍色——碳酸銅。

亮白色——硫化銻。



三、滅火原理與方法

由於起火的原因乃是燃料達到足夠的溫度(超過燃點)及有空氣中的氧氣助燃。因此欲將火焰熄滅，只要能夠降低著火物品的溫度及隔絕空氣便可將火撲滅。滅火的方法有三：

1. 將燃料移開或將燃料供給管路關閉，在缺乏燃料的供應之下，火焰自然熄滅。

2. 隔絕空氣，空氣中之氧氣會幫助燃燒，若以惰性物質，濕潤的布料來蓋住火焰；或以水，較空氣重的氣體如二氧化碳(CO_2)，甚至其他的滅火劑來噴灑正在燃燒的物體，即可減弱火勢，並將之熄滅。

3. 降低燃料的溫度，如以水噴灑著火物品，使其溫度降低到燃點以下，火焰即可熄滅。

四、特殊滅火劑的性質：

最常使用的滅火劑有水、密度大而不燃性氣體(CO_2)，化學粉末或多鹵化合物等，其性質介紹如下：

1. 水：利用水當滅火劑時可適用於前述第A類的燃燒。其理由有二：一為水具有很高的熱容量，並可使燃料的溫度降低。二為水可將火焰週圍的氧氣稀釋，因水受熱後本身變成水蒸氣，使其體積變為原來水體積的二千倍，而將周圍的氧氣稀釋而減少其助燃性，終將火焰熄滅。但是若燃料具有高凝固點，高表面張力或粘滯性低的物質存在時，滅火劑則不宜用水。此一困難可加以克服，如水中加入氯化鈣(CaCl_2)來降低其凝固點，或加入清潔劑、界面活性劑以降低其表面張力，或加入矽酸鹽類、磷酸鹽類或有機聚合物等來增加它的粘滯性，如此便可達到以水滅火的目的。

2. 壓縮氣體：利用不燃性氣體可將第B類

及第C類火焰外圍的氧氣濃度稀釋，致使火焰熄滅。通常用的氣體為二氧化碳，其理由如下：

- (1) 使用簡單，用後沒有殘餘物並可保持乾淨。
- (2) 可適用於電源點火裝置的滅火。
- (3) CO_2 來源豐富，價格便宜。
- (4) 可使噴灑範圍內之溫度微微降低。

然二氧化碳之使用也有一些缺點，低濃度時滅火效率較低；需要高濃度才能滅火，但是高濃度之二氧化碳易導致消防人員窒息。

3. 乾燥化學粉末：以碳酸氫鈉(NaHCO_3)，碳酸氫鉀(KHCO_3)，硫酸銨 $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ ，硫酸鉀(K_2SO_4)，氯化鉀(KCl)及磷酸銨 $[(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4]$ 等化學藥品研磨成粉末狀，便可當做滅火劑使用。乾燥化學粉末可迅速的阻止火焰蔓延，其快速的滅火效果乃是由於化學粉末能抑制其化學連鎖反應之發生；當燃燒時產生的游離基、原子或分子的碎片，可被乾燥化學粉末捕捉，而終止連鎖反應致使火焰熄滅。

乾燥化學粉末雖為一良好的滅火劑，但其唯一缺點為無法降低周圍的溫度。此一缺點可在滅火後配合水的使用將周圍的溫度降低予以克服。

4. 多鹵化合物：多鹵化合物乃為甲烷中的氫原子被F, Cl, Br等所取代而成，因為比空氣重，如溴氯二氟甲烷(CF_2BrCl)為一液體；而溴三氟甲烷(CF_3Br)為一氣體，此二化合物皆為對熱不安定，故容易在受熱後斷裂而形成自由基。 $\text{CF}_3\text{Br} \rightarrow \text{CF}_3\cdot + \text{Br}\cdot$

此一自由基可將火焰中所形成的中間產物加以捕捉，而終止燃燒反應，然而所有的多鹵化合物及其副產品皆為有毒物，乃為其缺點。

五、滅火器及其用法

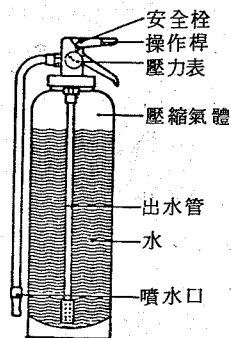
滅火器乃是一種撲滅火災的裝置，一般是指

那些重量較輕，體積較小的化學滅火器，而這類滅火器是一個人就能拿起來的，藉以用來撲滅剛剛起火的火災，而不包括消防隊所使用的消防水管和水箱車等。

一般實驗室廣泛採用手提式滅火器(Hand-Portable extinguishers)。常用的滅火器有四種，水滅火器，乾燥化學粉末滅火器(又稱乾粉滅火器)，二氧化碳滅火器及四氯化碳滅火器等。

1. 水滅火器(Water Extinguishers)

水滅火器(如圖一)為僅適合於前述第A類火焰的滅火之用，容量約為2.5加侖，水中加有氯化鈣(CaCl_2)以降低水之凝固點。使用簡單，只要將安全栓拉開，手握噴嘴，用力壓擠之，則水氣即可直接噴到燃燒的物體上，其噴出的水平距離約為30~40呎，噴出的速度為1加侖/15秒。

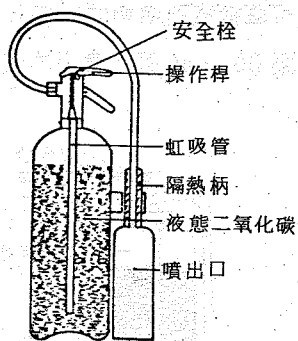


圖一、水滅火器

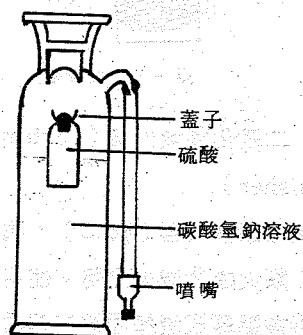
2. 二氧化碳滅火器(Carbon Dioxide Extinguisher)

二氧化碳滅火器(圖二)，為適用於前述第B及第C類火焰的滅火之用。使用也很簡單，因二氧化碳被壓縮成液體而裝在鋼瓶中，因此使用時只要將安全栓推開，握住噴嘴，噴出時噴口處溫度很低，所以手須握在隔熱柄上，並用力壓擠，高壓二氧化碳即以氣態二氧化碳噴出。此滅火器噴出之水平距離稍短約為3~8呎，噴出速率為1磅/秒。

另一種二氧化碳滅火器又稱為泡沫滅火器(圖三)，為一鋼桶中置有碳酸氫鈉(NaHCO_3)溶液及少量明礬，而在鋼桶頂端放著一裝有硫酸的玻璃瓶，瓶子以塞子鬆鬆的塞住，使用時只需將鋼桶倒置過來，於是瓶中的硫酸把塞子衝開而流出來，硫酸即和碳酸氫鈉作用馬上產生二氧化碳，藉著產生二氧化碳的壓力使鋼桶裏的液體由噴嘴噴出來。由於鋼桶中的碳酸氫鈉溶液內加有少量的明礬，能使溶液起泡沫，因此噴出來的溶液就形成泡沫狀態，覆蓋在著火的物品表面而將火熄滅。因為噴出的泡沫很輕，故可以浮在油類物品的表面，把空氣隔絕，火便無法燃燒，所以泡沫滅火器特別適用於撲滅因油類所引起的火災。



圖二、二氧化碳滅火器

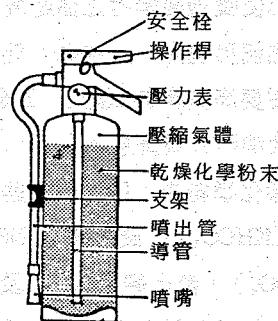


圖三、泡沫滅火器

3. 乾燥化學粉末滅火器 (Dry Chemical Powder Extinguisher)

乾燥化學粉末滅火器(圖四)，係利用一些不燃性的化學藥劑粉末來撲滅火焰，故又稱為乾

粉滅火器，可適用於前述的第A、第B及第C類火焰的滅火之用。使用也很簡單，只要推開安全栓，用手壓擠，利用氣體的壓力將乾燥化學粉末由噴嘴噴出，噴到著火物體上壓熄火苗，特別適合於撲滅地面上的火災。其噴出之水平距離為5~20呎，噴出速率為1磅/秒。



圖四、乾粉滅火器

4. 四氯化碳滅火器 (Carbon Tetrachloride Extinguisher)

四氯化碳滅火器適用於第C類由電器所引起的火焰之滅火，此時不能使用泡沫滅火器，因其噴出的水溶液會導電；此時最宜用一些不會導電的化學藥劑來滅火，其中最常見的為四氯化碳(CCl_4)滅火器，係利用壓縮在鋼桶中的氣體把不會燃燒的四氯化碳噴出來，或將裝有四氯化碳的玻璃瓶直接丟進著火物品中，當四氯化碳碰到火就蒸發成氣體，此一蒸氣比空氣重五倍左右，因此蒸氣便會往下降到著火物體的四周，將空氣隔絕而撲滅之，然而四氯化碳唯一的缺點是具有毒性，不能在空氣不流通的地方使用。

六、結 論

上述滅火器之主要功用，是為要撲滅剛剛發生的火災之滅火裝置，因火災初發生時火勢不會太大，比較容易撲滅，如不及時把小火撲滅，火勢會愈來愈大，等到消防人員來時，火勢更大

必較難控制，撲滅就困難多了。因此一個滅火器的裝置和設計，最好是輕便，任何一個人都能拿得動，也曉得如何去使用，同時也必須放在隨時可以拿得到的地方，當火災一發生就能及時找到滅火器來撲救。法律上也明定任何一所建築物或公共場所等都需要有滅火器的裝置，化學實驗自然也不能例外，同時每年都要對未使用過的滅火器作定期檢查，以免在火災一發生時，無法發揮滅火器的滅火功效。

參考資料

1. 陳鏡潭著：中學化學實驗室的安全教育。中等教育雙月刊，第31卷第3期第92至102頁。民國六十九年六月。
2. 毛光興著：實驗室的安全和健康教育。科學教育雙月刊，第33期，第16頁。民國六十九年二月。
3. 黃小玲、任秀姍著：人造奇觀——烟火。科學月刊第九卷第十期。民國六十七年十月。
4. M. M. Renfrew: V J. Chem. Education. 56, A311, 1979.
Fire safety and fire control in the chemistry laboratory.

科教信箱答問

膠的作用

裕 堂

膠怎樣使物體黏貼在一起？你可能猜想到，用來修補破損物體的黏着劑，是以生成化學鍵或機械連鎖的作用而使碎片黏合起來。這種作用僅占一部分而已。膠着劑能黏合物體的主要原因是：假如兩個物體靠得夠接近的話，它們就會黏在一起。這是由於非常接近的分子間之引力的緣故。

此吸引力（叫做凡得瓦力）是由於電子在原子核外的分布不均勻所產生的。雖然電子的軌域是勻稱的，原子或分子是電中性的，但是在某一瞬間，它們的電荷分布可能不平衡，而使得原子或分子的一端帶正電荷，另一端帶負電荷，此原子或分子就有暫時性的正負兩極。凡得瓦力就是在不同的原子或分子間，相異兩極間的吸引力。個別的原子或分子間的吸引力很微弱，但無數個原子或分子間的吸引力集合起來就變得很強了。

既然這樣，我們為什麼還要用膠來黏合東西呢？如果我們把兩個固體物質用力壓在一起，使它們的表面夠接近，凡得瓦力會不會把它們拉在一起？不會，通常它們不會黏在一起，理由是它們之間的距離必須在數埃（angstrom）之內才可（1埃 = 10^{-8} cm）。在磨光的表面上，看起來好像十分光滑平整，其實它的表面仍然是凹凸不平，有些突出表面達400埃以上，這使得分子相接觸的表面變得很小，甚至表面十分相似的也是如此。

黏着劑可分別與兩個固體表面的分子相接觸，而使它們黏在一起。理想的黏着劑是液體，能使黏的面廣且緊，但此液體必須要能夠變成緊牢不易剝落的固體才可。