

化學奇觀 - 水中火泉

方金祥

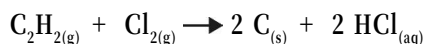
國立高雄師範大學 化學系

目的

利用簡易安全的方法製備兩種氣體，並將這兩種氣體同時打入裝滿水之塑膠瓶中，當此兩種氣體在水中相遇時便會產生火花燃燒起來，猶如在水中施放煙火，稱之為火泉。

原理

當碳化鈣（電石）和水作用所產生之可燃性乙炔氣體，與由稀鹽酸和漂白水（次氯酸鈉）作用所產生之氯氣，在水中相遇時瞬間放出高熱量而燃燒起來，同時會有碳之微粒伴隨產生而漂浮於水面，其反應式為：



(乙炔) (氯氣) (碳)

器材與藥品

透明保特瓶(PE, 1250 mL)	1支
注射針	2支
塑膠注射筒(35 mL)	2支
塑膠雙通活栓	2個
單孔橡皮塞(1號)	1個
塑膠蓋子(直徑 15 cm)	1個
碳化鈣(CaC_2)	1粒(約0.25克)
漂白水(NaOCl)	10 mL
鹽酸(1 M)	10 mL

實驗步驟

1.「火泉裝置」之設計與組合

- (1)將一個直徑 15 cm 的塑膠蓋中央挖一個直徑約 2.5 cm 的孔。
- (2)在一個 1250 mL 的透明保特瓶之底部中央處挖一個直徑約 0.7 cm 的孔，並用一個 1 號單孔橡皮塞塞住此孔。
- (3)在透明保特瓶之上方左右兩側各鑽一小孔，並各插入一支注射針頭（針頭磨平），並用熱熔膠固定與使其能密閉之。
- (4)各用一小段橡皮管套在注射針頭的塑膠部位，而在橡皮管的另一端接上一個塑膠雙通活栓。
- (5)在塑膠雙通活栓上各接一支塑膠注射筒備用，便組成一套能演示水中火泉的裝置，如圖 1 及(封底圖(A))所示。

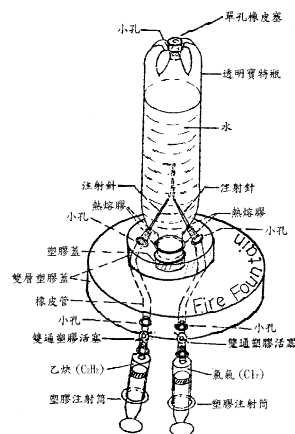


圖 1.火泉裝置

2. 實驗演示

(1) 乙炔氣體之製備

- 將塑膠注射筒之活塞拔出，在塑膠注射筒中放入一小粒碳化鈣，然後再將活塞塞入塑膠注射筒中，並將其推到塑膠注射筒的底部。
- 將此注射筒插入一個裝約 30 mL 水之小塑膠杯中，然後緩慢地抽取塑膠杯中之水，此一裝置為簡易微型氣體製備裝置，如圖 2 及(封底圖(B))所示。
- 當水與碳化鈣作用便會即刻產生乙炔氣體，而自動地將塑膠注射筒中之水排出，直至塑膠注射筒中收集滿乙炔氣體為止，然後迅速地將裝滿乙炔氣體的塑膠注射筒插在「火泉裝置」其中一個雙通塑膠活栓上備用。其反應式為：

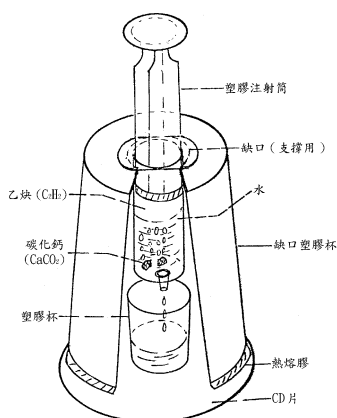
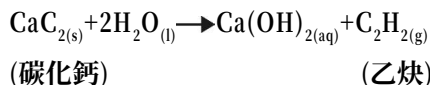
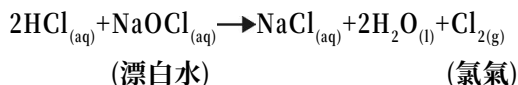


圖 2. 簡易微型氣體製備裝置

(2) 氯氣之製備

- 利用塑膠注射筒先抽取 10 mL 1 M 的稀鹽酸。

- 將裝有稀鹽酸的塑膠注射筒插入漂白水，繼續抽取約 5 mL 的漂白水（注意！此一步驟宜在通風櫥或通風良好處操作）。
- 當稀鹽酸與漂白水中之次氯酸鈉接觸便即刻產生氯氣，以自動排水集氣法收集在塑膠注射筒中，直至塑膠注射筒中收集滿氯氣為止，然後迅速地將裝滿氯氣的塑膠注射筒插在「火泉裝置」其中之另一個雙通塑膠活栓上備用。其反應式為：



(3) 水中火泉之演示

- 先將 2 個塑膠雙通活栓關住，然後取出塞在保特瓶底部的單孔橡皮塞，並從此孔加入自來水於保特瓶中至九分滿為止。
- 分別將製備並收集滿乙炔和氯氣之塑膠注射筒，接在塑膠雙通活栓上。
- 將 2 個塑膠雙通活栓打開，然後用雙手分別將注射筒中的乙炔和氯氣同時緩慢地擠壓，使此兩種氣體分別經由注射針頭以氣泡方式進入裝有水之保特瓶中，並在水中相碰之同時即刻產生火團，猶如在水中施放煙火似的，同時會有碳之微粒伴隨產生而漂浮於水面，稱之為火泉，如封底圖(D)所示。

注意事項

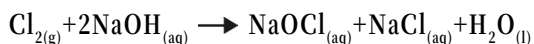
- 由於氯氣有毒，因此在製備氯氣時以採用

微型氣體製備裝置（直接在塑膠注射筒中製備與收集），並預先在通風櫥或在通風良好處所完成氯氣製備與收集為宜。

2. 因為乙炔為易燃氣體，因此也不必製備出太多的乙炔，也同樣以採用微型氣體製備裝置（直接在塑膠注射筒中製備與收集），並遠離火苗以維安全。

3. 演示火泉時裝水之保特瓶以 600 mL 或 1250 mL 容量且透明之 PE 材質，並裝水至約九分滿為宜，且擠壓氯氣之速度必須稍稍比乙炔慢一些，以確保氯氣需與同時被壓出之乙炔能充分在水中相遇完全作用。

4. 若氯氣擠壓得太快，會使得氯氣過量容易逸出水面而造成氯氣外洩，可在保特瓶上方的單孔橡皮塞接一條透明塑膠軟管或橡皮管，並使其末端浸入裝有(3M)氫氧化鈉溶液之塑膠杯中，如此便可將可能逸出之氯氣加以溶解吸收之。其反應式為：

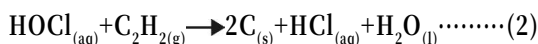
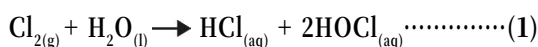


火泉裝置之特點

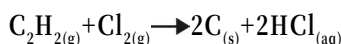
1. 取材與組合容易。
2. 採用微型氣體製備裝置（直接在塑膠注射筒中製備與收集），耗用藥品少，製備出所需的用量，污染低又安全。
3. 可預先將乙炔及氯氣製備與收集在塑膠注射筒中備用。
4. 可將火泉裝置攜至實驗室、教室或戶外等任何場所演示此一實驗。
5. 演示時會在水中出現火團，效果極佳、神奇有趣，為一極為安全有趣的化學演示。

結論

「水中火泉」之演示，看似神奇，實覺有趣，真是有點不可思議似的。其實形成火泉的原理很簡單，是因可燃性的乙炔氣體在水中與溶於水中之氯氣相碰時，會瞬間放出熱量而燃燒即刻產生火團，猶如在水中施放煙火似的，同時也會有碳之微粒伴隨產生而漂浮於水面，故將其稱之為火泉。其反應式可由下列表示之：



(1) + (2) 得：



(乙炔)(氯氣) (碳)

本實驗中設計的火泉裝置更能方便於教師在演示前之準備、演示中之操作與演示完畢後之整理，尤其在本實驗中欲製備與收集可燃性的乙炔與有毒的氯氣，必須更加注意其安全性，而經本實驗設計以採用簡易的微型氣體製備方法，直接在塑膠注射筒中來製備與收集，可以用極少藥品控制製備出演示時所需的氣體用量，而不致產生過量的氣體逸出至空氣中造成污染。

參考資料

1. 方金祥（民 89）微型化學實驗之設計與製作。高雄市，高雄復文圖書出版社（初版二刷），1-300 頁。
2. Bruce M. Mattson (2001) <http://mattson.creighton.edu>.