

科玩 DIY—低值迷你水火箭

方金祥

國立高雄師範大學 化學系

前言

在戶外從事科學活動乃是一般中小學生最熱愛的課外活動之一，而其中『寶特瓶水火箭』是目前相當盛行且最被社會大眾所熱愛的一項戶外科學活動，而這些寶特瓶水火箭顧名思義是以寶特瓶為材料組合成水火箭頭，再配合打氣裝置組合而成。其水火箭頭發射升空的主要原理是利用牛頓第三運動定律「作用力與反作用力」，寶特瓶水火箭雖兼具了環保、科技及趣味性，但是在發射過程中只能看到「水」被噴出，並沒「火」被噴出來。因此本文中將介紹使用塑膠滴管及改良的手機型電子打火機作材料，配合微型電

解裝置組合而成，經電解產生之氫氧混合氣體做為迷你水火箭的燃料（亦可用氫氣或乙炔等作為燃料），僅將 4–5 mL 少量的氫、氧混合氣體裝入迷你水火箭頭中，然後再經由兼做發射架的改良型電子打火機引燃之後，會於瞬間爆炸產生推力進而將留在迷你水火箭頭中少量（約 1 mL 左右）的水排出作為動力，利用動量守恆的原理使迷你水火箭射出。因而製作一套安全而且同時既能噴出「水」又能噴出「火」的「迷你水火箭」，使「水、火」箭更為名符其實，更為經濟、普遍及大眾化且兼具科學性及趣味性。其操作程序與原理如表一所列。

表一、迷你水火箭之操作程序與發射原理

操作程序	原理說明	名詞界定
1. 製備燃料 (推進劑)	利用微型電解裝置電解產生氫氧混合氣體(4-5mL)，供作迷你水火箭的燃料(推進劑)	可燃性氣體燃料
2. 吸入或保留水	使水火箭頭內吸入或保留 1 mL 左右的水，利用動量守恆原理，使水流快速向外噴出，以增強反作用力，推動迷你水火箭頭更快向上射出	動量守恆
3. 發射	利用改良型電子打火機(兼做發射架)引燃可燃性氣體爆炸的威力產生作用力與反作用力原理	作用力與反作用力
4. 飛行	飛行時將水與小火焰噴出，並發出響聲	爆炸產生推力

目的

以塑膠滴管頭作為迷你水火箭頭，配合手機型電子打火機改良後作為發射架，再與一「微型電解裝置」結合起來設計成一套二

機一體且能普遍適合教師教學演示、學生戶外活動及社會大眾自己動手做(DIY)的低值迷你水火箭(Low Cost Mini-Water Rocket)。微型電解裝置經電解產生體積比為二比一之

氫、氧混合氣體，並由排水集氣法將氫氧混合氣體等可燃性氣體收集於迷你水火箭頭內，作為迷你水火箭的燃料（推進劑），再與由手機型電子打火機改良而成之發射架組合後，使迷你水火箭頭再吸入約 1 mL 的水，手握發射架並扣下扳機發射之同時，由於可燃性氣體引燃爆炸產生威力，將水排出進而產生反作用力而將迷你水火箭頭噴出，其發射距離隨推進劑的量與吸入水量而有不同，最遠可達 9 公尺遠及約二層樓垂直高度，並於發射之同時有水及小火焰噴出，真可謂之為名符其實的『迷你「水」「火」箭』。

材料與藥品

手機型電子打火機	1 把
透明底片空盒子	1 個
硬塑膠試管	1 支
9V 乾電池	1 個
小塑膠管	1 個
塑膠滴管(3 mL)	3 支
注射針頭（針頭磨平）	2 支
導線	2 條
熱熔膠槍	1 組
氫氧化鈉溶液(20%)	20 mL

設計與製作

一、迷你水火箭之設計與製作

1. 取一支 3 mL 的塑膠滴管，用剪刀在其刻度“ 3.0 ”處剪掉其下端約 12 cm 長，以備作為『迷你水火箭頭』。
2. 用熱熔膠在微型水火箭頭的下方對稱處黏上四小片透明彩色塑膠片作為水火箭頭的尾翼，如圖 1 所示。

3. 取一支市售價格非常便宜的手機型電子打火機（每支新台幣十元），先將其中之瓦斯全部放掉，然後再將其零件加以分解，將其中兩條導線延長至原來的出火口外約 4 - 5 cm 長。
4. 將延長出來之導線的末端剪平，使兩條導線末端間的距離約為 1 - 2 mm，俾使其更易於尖端放電如圖 2，然後再套上一小段（3 - 4 cm）的透明塑膠軟管，並使其微微彎曲。
5. 將迷你水火箭的發射架與迷你水火箭頭組合起來便完成一支『迷你水火箭』，如相片一所示。

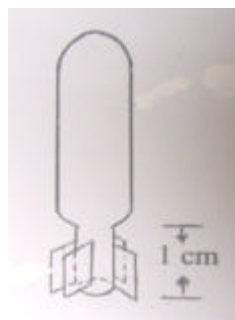


圖 1 . 在「迷你水火箭頭」下端加上四片尾翼

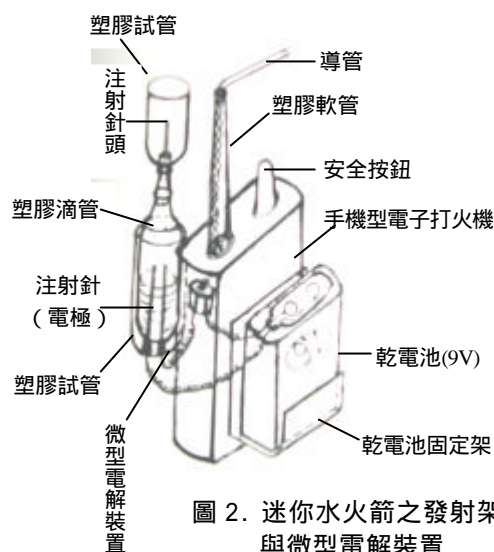


圖 2. 迷你水火箭之發射架與微型電解裝置



相片一 「迷你水火箭」實物

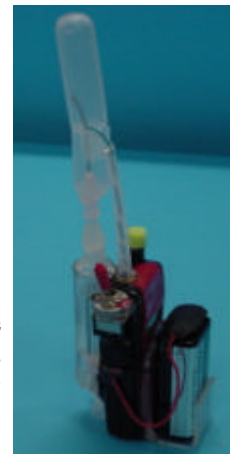
二、微型電解裝置之設計與製作

1. 將一支 5 mL 的塑膠試管，用熱熔膠固定在手機型電子打火機的背側。並在其底部挖 2 個小孔。
2. 取一支 3 mL 的塑膠滴管，在其底部相距約 0.5 cm 處各插一支接有導線的注射針頭，然後用熱熔膠將注射針頭加以固定(作為電極之用)。
3. 將塑膠滴管末端剪去約 12 cm 長。然後以一塑膠接頭固定在塑膠滴管之管口處。
4. 再另取一支 5 mL 的塑膠試管，經鋸掉上半部之後，在其底部中央處鑽一小孔，然後將一支以磨去尖端的注射針頭插入該小孔中，用熱熔膠將注射針頭加以固定之。
5. 將插有注射針頭的試管接在塑膠滴管(電解槽)上方的塑膠接頭上。然後將此塑膠滴管置入已固定在塑膠試管背側的塑膠試管中，並使其電極末端的導線分別由塑膠試管穿出，再將此導線與接有電源小開關的扣帽之導線接受。
6. 用熱熔膠將一座壓克力固定架黏在手機型電子打火機的正面，以方便置放 9 V 乾電池之用。
7. 依此組合便可完成一套「微型電解裝置」。

三、迷你水火箭之操作方法

(一)迷你水火箭燃料(推進劑)之製備與收集

1. 將微型電解裝置上方的塑膠試管取下來。
2. 利用一支接有注射針頭的塑膠注射筒，抽取 5 mL 20% 的氫氧化鈉溶液。然後將其打入微型電解裝置的塑膠滴管(電解槽)中，直至氫氧化鈉溶液的液面超過注射針(電極)的上方。
3. 再將插有注射針頭的塑膠試管接在微型電解裝置的上方。
4. 將 9 V 乾電池之正、負極上的鱷魚夾分別去夾住接在電極上的導線，此時即刻接通電源並開始電解。
5. 經電解約 1 分鐘之後，所產生之氫氧混合氣體先將塑膠滴管(電解槽)中之空氣趕出之後，再將裝滿水的迷你水火箭頭倒插在塑膠試管中，並使注射針插入迷你水火箭頭內。
6. 電解產生之氫、氧混合氣體進入迷你水火箭頭內並將其中之水排出，至迷你水火箭頭收集滿氫、氧混合氣體為止備用，如相片二所示。



相片二 電解製備氫氧混合氣，並利用排水集氣法收集在迷你水火箭頭中

(二)迷你水火箭之操作過程

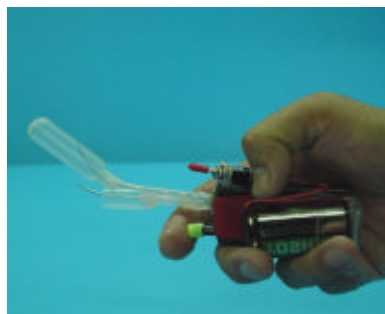
1. 用手輕壓上述裝滿氫氧混合氣體的迷你水火箭頭，使其跑出三至五個小氣泡，然後

再慢慢地將手鬆開，此時便會有約 1 mL 的水進入迷你水火箭頭的下面部分中，使迷你水火箭頭中之氫、氧混合氣體被水封住。

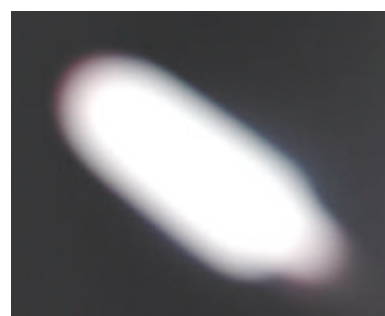
2. 將發射架前端之導線插入已收集滿氫、氧混合氣體之迷你水火箭頭內。

3. 手持迷你水火箭的發射架，朝向空中或空曠無人處如相片三所示，經扣下扳機（安全按鈕）後，便會將迷你水火箭頭中的氫、氧混合氣體引燃爆炸，產生些許的威力將迷你水火箭頭中的水排出產生反作用力，而將迷你水火箭頭往空中射出，同時除了其中之水被快速排出之外，還會有一小火球被噴出來（相片四），使迷你水火箭頭的發射更具有趣味性及震撼力。

4. 迷你水火箭頭被射出之射程與進入迷你水火箭頭內的水量有關，其結果如表二所列。



相片三 手扣扳機（安全按鈕）將迷你水火箭頭射出



相片四 迷你水火箭頭射出

表二、迷你水火箭之射程與迷你水火箭頭中之燃料種類和水量之關係

迷你水火箭頭 排出小氣泡數 (個)	迷你水火箭頭 進水量 (mL)	迷你水火箭頭 射程 (公尺)		
		H ₂ / O ₂	H ₂ / 空氣	C ₂ H ₂ / 空氣
1	0.2	5-6	5-5.5	4.5-5
2	0.4	6-7	5-6	5-5.5
3	0.6	7-8	6-7	5.5-6
4	0.8	8-8.5	7-8	6-7
5	1.0	8.5-9	8-8.5	7.5-8
6	1.2	9-8.5	8.5-8.0	8-7
7	1.4	8.5-8	8.0-7.5	7-6.5
8	1.6	8-7.5	7.5-7	6.5-5.5

* 迷你水火箭頭的容積約為 5 mL。

** 於水中用手輕壓迷你水火箭頭，平均每排出 1 個小氣泡時約可使 0.2 mL 的水進入迷你水火箭頭內。

*** a. 迷你水火箭之燃料（推進劑）為氫氧混合氣 H₂ / O₂ (2 : 1 v / v)：係利用微型電解裝置電解水而得。

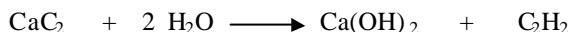
電解



b. 迷你水火箭之燃料（推進劑）為氫氣 (H₂) / 空氣 (2 : 1 v / v)：係將鎂帶 (Mg) 一小段置入塑膠注射筒中，向上抽取稀鹽酸，直接排水集氣收集於注射筒中，然後再抽入空氣調整與燃料間的比例。



c. 迷你水火箭之燃料（推進劑）為乙炔 (C₂H₂) / 空氣 (2 : 1 v / v)：係將碳化鈣 (CaC₂) 一小粒置入塑膠注射筒中，向上抽取自來水，直接排水集氣收集於注射筒中，然後再抽入空氣調整燃料間的比例。



迷你水火箭的特點

迷你水火箭係一套將「微型電解裝置」與「迷你水火箭發射架」等二部分組件結合為一體，為二機一體的設計與組合，具有下列特點：

一、「微型電解裝置」部分的特點

1. 取材容易，製作簡單，價廉實用。
2. 用塑膠滴管頭當電解槽，注射針當電極，組合、操作方便安全。
3. 以 20% 氫氧化鈉為溶液電解液，可永遠重複使用。
4. 電解可產生氫氧混合氣體，體積比為二比一。
5. 製備氫、氧混合氣體快速，約在一、二分鐘內可充滿迷你水火箭頭。
6. 水火箭頭可直接放在微型電解裝置上以排水集氣法收集氫氧混合氣體。

二、「迷你水火箭」部分的特點

1. 取材容易，製作簡單。
2. 操作安全，極富趣味。
3. 價廉物美，經濟實用。
4. 幾無耗藥，幾無污染。
5. 噴出水火，極富震撼。
6. 體積很小，攜帶方便。
7. 室內戶外，皆可操作。
8. 發射角度，任意調整。

結論

迷你水火箭是由微型電解裝置與迷你水火箭發射架等二部分組件組成，二者皆係以簡單容易取得的材料改良組合而成，成本很低，每套各大約在新台幣三、四十元左右，

製作方式簡單又安全，而且在操作過程中，以簡易的微型電解裝置來製造氫氧混合氣體（氫氣與氧氣之體積比為 2 : 1），還可清楚觀察氫、氧混合氣體劇烈燃燒爆炸的現象，其教學意義與趣味性均勝於傳統式的水火箭，且改良後裝置之體積很小，裝在迷你水火箭頭中的水只需約 1 mL，並以收集在迷你水火箭頭中之可燃性氣體氫、氧混合氣（4 mL）做為推進劑。本迷你水火箭除了用氫、氧混合氣體 H_2/O_2 （2 : 1 v/v）之外，亦可用其他可燃性氣體，例如用著者設計的微型氣體製備裝，在塑膠注射筒中直接來製造氫氣（ H_2 ）或乙炔（ C_2H_2 ）等亦可作為迷你水火箭之推進劑。配合改良型的電子打火機（每支價格為新台幣十元）作為發射架（Launcher）及產生火花，將迷你水火箭頭中之可燃性氣體引燃爆炸，此時所產生的推力足以將塑膠滴管頭末端之水利用牛頓第三運動定律「作用力與反作用力」之原理快速排出，其發射的距離與進入迷你水火箭頭中的水量有關，水量多則氫、氧混合氣體相對減少，點燃時產生的威力與排水產生的反作用力也有一定程度的關係，其中以排出 5-6 個小氣泡後吸入的水量（約 1 - 1.2 mL）時之射程最遠，但也隨著燃料種類不同而稍有差別，迷你水火箭頭發射最遠距離可達約 9 公尺 [H_2/O_2 （2 : 1 v/v）]，8.5 公尺 [H_2 /空氣（2:1 v/v）]，8 公尺 [C_2H_2 / 空氣（2:1 v/v）]。

本作品曾至高雄縣梓官、鳳西、寶來及杉林等四所國中辦理師生微型實驗推廣活動研習，以及著者受邀至金門縣立金沙國中辦理大眾科學專題演講之同時，將迷你水火箭

加以演示，所有參加研習的教師和學生都覺得比傳統式的寶特瓶水火箭更為經濟、有趣，於發射升空之瞬間會排出水及產生一團「小火球」，實為一兼具有科技與環保特點的戶外科玩組合—『迷你「水」「火」箭』。

參考資料

1. 方金祥 (民 84) 新型電解裝置之改良設計研究。化學，第 53 卷，385 頁。
2. 方金祥 (民 85) 可回收低污染化學實驗

器具組合之設計研究。化學，第 54 卷，19 頁。

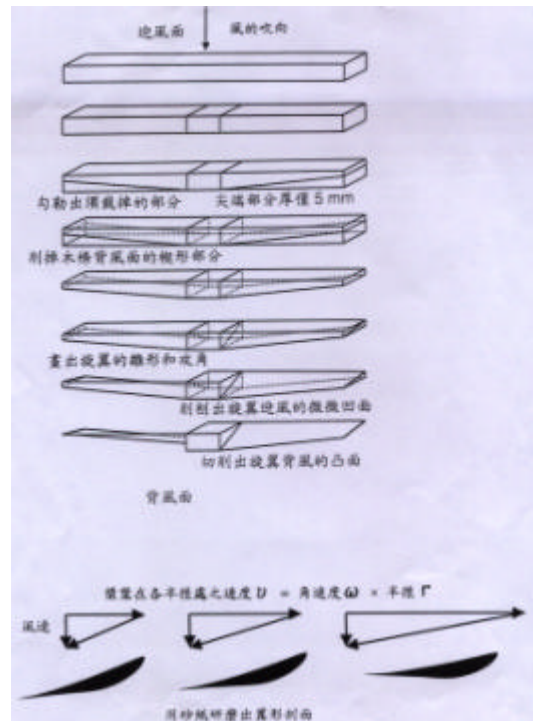
3. 方金祥 (民 87) 微型化學實驗之設計與製作。高雄，高雄復文圖書出版社印行。
4. 方金祥 (民 88) 中學微型化學實驗之設計研究。化學，第 57 卷，225 頁。
5. 方金祥 (民 88) 微型氫氧混合爆鳴器。科學教育月刊，第 224 期，35 頁。
6. 方金祥 (民 90) 微型化學實驗之設計研究—微型掌心雷。化學，第 59 卷，501 頁。

(上承第 66 頁)

圖說：

- 一、切削螺旋槳葉的步驟圖。此示意圖未全然依尺寸比例繪製，摘自科學月刊第 32 卷第十期 889 頁 (註 1) 下方為螺旋槳葉剖面及其攻角示意圖。
- 二、完成之螺旋槳葉的實物攝影。自製之成功率極高，知難行易，說起來複雜，做起來容易，讀者不妨一試身手。
- 三、兩組感應線圈不同角度的特寫鏡頭。將兩組感應線圈和 PE 棒軸承用熱熔膠安裝在木座上，使稀土強磁可被風車傳動而在感應線圈中高速翻轉。
- 四、風車迎風高速運轉發電的情形。
- 五、串聯的藍、白、橙、綠色特亮 LED 發光，相當醒目。
- 六、迷你燈泡發光。
- 七、經橋式整流後使音樂卡奏出音樂。
- 八、本攝影曝光時間約 1 秒，並以閃頻器照

明，照片中可見：3W 燈泡的磁煞車效應，使得燈泡一邊發光，風車一邊漸漸停了下來。



圖(一)