

古代火摺子燃料之探討

投稿類別:自然科技

篇名

古代火摺子燃料之探討

潘可婕。縣立自強國中。九年四班

曾煒翔。縣立自強國中。九年四班

洪守宥。縣立自強國中。九年四班

指導老師

郭千睿老師

壹、前言

一、研究動機

在看古裝劇時，我們常看到角色拿著火把，或是拿著一根冒著火光的竹筒照明。查閱資料後才知道，那其實是叫做「火摺子」的隨身取火工具。它利用「復燃」的原理，在缺氧情況下保留火種，重新接觸空氣時就能再次點燃。因為這個道具在許多劇中都會出現，於是和老師討論過後，決定動手製作一個火摺子。在著手找尋資料時，發現火摺子的製作方式大多是影片介紹，而且沒有一定材料比例，於是我們決定先進行火摺子燃料比例的實驗探討。

二、研究目的

- (一) 火摺子燃料硝石及碳粉比例實驗
- (二) 不同可燃物材質燃燒情形
- (三) 改變棉麻浸泡時間，比較燃燒快慢

貳、文獻探討

一、名詞解釋

(一)復燃原理

火勢在密閉空間中，持續燃燒但因缺氧而變弱，甚至熄滅，然而在密閉空間被打開後，空氣(氧氣)會重新地幫助火苗燃燒。

(二)燃燒三要素

可燃物：燃料。能夠被點燃並參與燃燒反應的物質。例如：枯草、紙張、布料、硫磺或碳粉等。

助燃物：提供氧氣或其他助燃能力的物質。例如：硝酸鉀、氧氣。

熱能：使可燃物溫度達到燃點的能量。

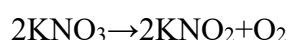
二、文獻探討

根據天工開物記載，中國古時人們就會使用硝石(即硝酸鉀)加硫磺來製作出火繩。這是運用在打戰攻擊敵對攻上城牆時，所製作的防禦武器。而 17~18 世紀歐洲，也利用硝石、硫磺及碳的混合液將曬乾的繩子浸泡，並做為火繩攻擊武器使用。

(一)火摺子成分

1. 硝酸鉀 KNO_3

又稱硝石，是天然鹽類礦物，是強氧化劑。它本身不會燃燒，但遇熱會產生氧氣，供給其他可燃物質燃燒，因此在黑火藥中扮演很重要的氧化劑角色。



2. 硫磺 S

黃色固體，易燃是可燃物，不溶於水，但溶於乙醇。因為燃點低(250°C)，所以廣泛的被用在火藥中。

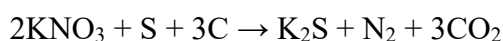
3. 碳粉 C

黑色粉末，是一種燃料。可產 CO 、 CO_2 。

(二)黑火藥成分

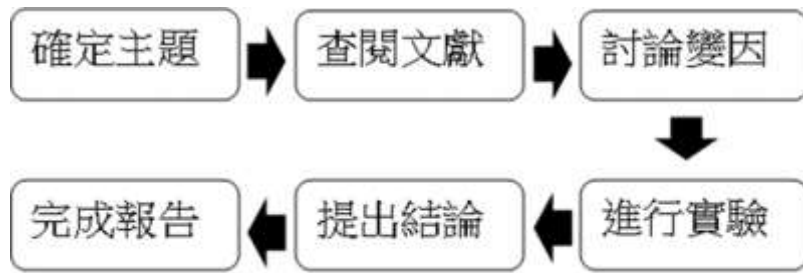
火藥最早組成配方是始於古代醫學家煉丹術的意外發現，是將硝石、硫磺及木炭混合放入煉丹爐中提煉，竟意外發現會發生燃燒甚至爆炸。故為了避免意外爆炸，唐代醫學家孫思邈便發明了所謂的「伏火法」，並記載於《丹經內伏硫黃法》一書中。根據伏火法處理後的混合物降低了易劇烈燃燒或爆炸的性質，這也是現存記載最早的火藥配方。(註一)

黑火藥依照化學計量「一硫二硝三木炭」的比例（質量硝酸鉀 75%、硫磺粉 10%、木炭 15%）混合而成。



參、研究方法

一、研究架構



圖一、研究架構圖

1. 確定主題：延續之前對火的認識，想更進一步了解古人怎麼用火？先找出適合製作火摺子的混合比例。
2. 查閱文獻：從網路和書籍中尋找資料，了解火摺子的來歷和反應式。
3. 討論變因：討論哪些變因會影響火摺子的燃燒時間及燃燒快慢。
4. 設計實驗：調配合適的濃度比例硝酸鉀、硫磺、碳粉之混和液。
5. 進行實驗：實驗並記錄不同比例，所影響的燃燒時間。

二、實驗設備與器材

				
硝酸鉀	硫磺	碳粉	燒杯	小方座鐵台
				
研鉢與杵	電子秤	培養皿	勺子	蝴蝶夾
				
棉布	麻布			

表 1、實驗器材

三、實驗方法

(一) 火摺子燃料硝石及碳粉比例實驗

根據網路上影片記述，火摺子的燃料部分是將硝石(硝酸鉀)、硫磺和碳粉依照適當比例混和一起。但大多影片只有燃料成分，並未說明彼此之間的比例，於是我們為了將實驗簡單化，先進行硝石與碳粉的比例。

步驟：1. 將硝石磨成粉末狀。

2. 將硝石和碳粉分別依質量 1：1、2：1、3：1、4：1、5：1、6：1、7：1 比例混合備用。

3. 將混合後的粉末填入 10×1 矩形宣紙中。

4. 記錄不同比例的混合物燃燒時間。



圖二、粉末填製宣紙中

(二) 不同可燃物材質燃燒情形

根據實驗一的紙張我們選擇宣紙，我們發現宣紙容易燃燒，混合粉末尚未燃燒完全，宣紙就燒完了。於是我們選擇答題卡紙撕下一半捲兩圈(約 4×10cm)，做成一個紙捲，然後把燃料混合粉末裝入，並燃燒之。

但我們發現單純燃燒粉末，會燒得很快，這樣無法達到慢慢燃燒的效果。於是，我們將燃料粉末混合加些許水形成混合液，並將麻布、棉布剪成長條狀 0.5×10cm，浸泡混合液中，再燃燒。

步驟：

1. 取 6 公克硝酸鉀、1 公克硫磺、1 公克碳粉倒入 24 毫升 的蒸餾水中，攪拌混合液使它均勻溶解。
2. 取棉布、麻布各 0.5*10 的條狀布三條。
3. 將棉條、麻條完全浸泡於混合液中 5 分鐘，並曬乾。
4. 將曬乾的棉條、麻條用萬用夾夾住，而夾子的另外一端夾在鐵台上，並燃燒尾端。
6. 觀察麻布、棉布的燃燒狀況並記錄其燃燒時間。

(三) 改變棉麻浸泡時間，比較燃燒快慢

固定混合液比例，改變浸泡時間 4、5、8 分鐘三種時間，並記錄其燃燒時間。

步驟：

1. 取 6 公克硝酸鉀、1 公克硫磺、1 公克碳粉倒入 24 毫升 的蒸餾水中，攪拌混合液使它均勻溶解。
2. 取棉布、麻布各 0.5*10 的條狀布三條。
3. 將棉條、麻條完全浸泡於混和液中 4 分鐘，並曬乾。
4. 將曬乾的棉條、麻條用萬用夾夾住，而夾子的另外一端夾在鐵台上，並燃燒尾端。
5. 觀察麻布、棉布的燃燒狀況並記錄其燃燒時間。
6. 重複步驟 1~5，改變浸泡時間 8 分鐘，並記錄燃燒時間。



圖三、實驗裝置圖

肆、研究分析與結果

一、火摺子燃料硝酸鉀及碳粉比例實驗

KNO ₃ : C 比例	平均燃燒長度(cm)	平均燃燒時間(秒)
1 : 1	0	0
2 : 1	0	0
3 : 1	1	5
4 : 1	2	2
5 : 1	2	24
6 : 1	3	46
7 : 1	4.4	54

表 2、硝酸鉀和碳粉比例燃燒時間

實驗結果：從這個硝酸鉀和碳粉比例實驗中，我們發現質量比例 7 : 1，燃燒時間比較久，宣紙燃燒長度也比較長。這說明碳粉在包有硝酸鉀的宣紙中，所產生的氧氣再和碳粉反應產生二氧化碳，具有不可燃性，抑制了燃料的劇烈燃燒。

二、不同材質燃燒情形

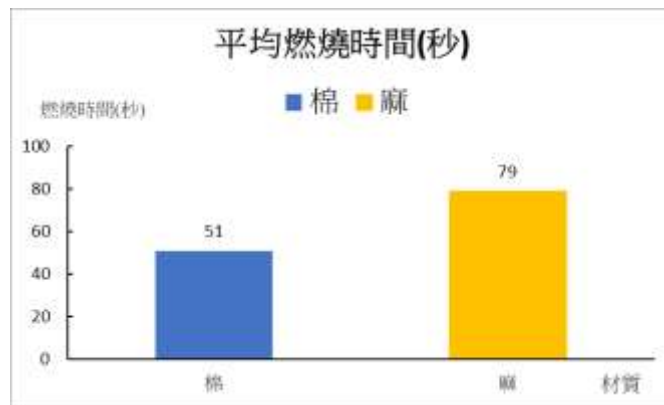
根據實驗一硝酸鉀和碳粉比例實驗結果，得知兩者質量比例 7 : 1，燃燒時間比較久，因為要找出火摺子硝酸鉀、硫磺及碳粉比例，我們結合實驗果再加上文獻查閱到的，我們選定三者之間的比例為 $\text{KNO}_3 : \text{S} : \text{C} = 6 : 1 : 1$ 。

可燃物材質：棉布、麻布各 0.5×10cm 的條狀布三條

浸泡混合液 5 分鐘。

不同材質	燃燒時間(s)			平均燃燒時間(s)
棉	49	53	50	51
麻	75	76	85	79

表 3、不同材質實驗數據



圖四、不同材質燃燒時間

實驗結果：從實驗數據得知，浸泡 5 分鐘的麻線燃燒時間 79 秒比棉線 51 秒更久，同時麻線燃燒時也是緩慢穩定持續燃燒。

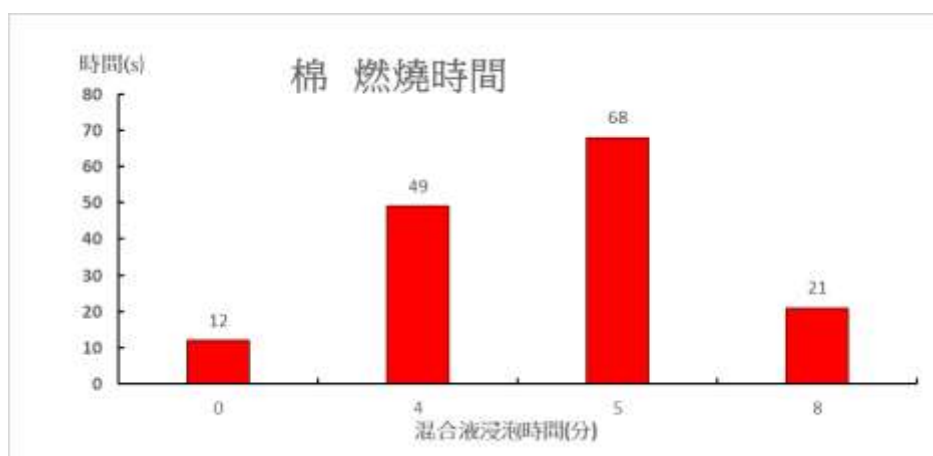
三、改變棉麻浸泡時間，比較燃燒快慢

混合液燃料比例 $\text{KNO}_3 : \text{S} : \text{C} = 6 : 1 : 1$

棉布 0.5×10 的條狀布三條

材質:棉	
浸泡混合液時間(分)	燃燒時間(s)
0	12
4	49
5	68
8	21

表 3、棉燃燒實驗數據



圖五、棉浸泡時間不同燃燒時間

實驗結果：1. 單純燃燒棉線，燃燒劇烈，一下子就燒完了，大約 12 秒左右。

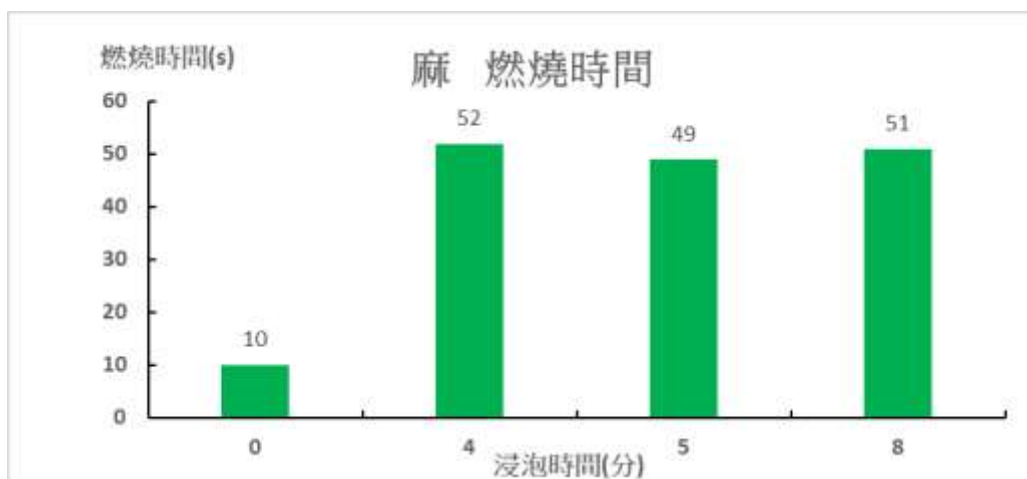
2. 比較浸泡 4、5 及 8 分鐘燃燒情形，發現浸泡 5 分鐘的棉線，需要大約 68 秒左右才能將棉線燃燒完畢，而我們以為浸泡 8 分鐘，棉線燃燒時間會更久，結果比浸泡 4 分鐘還要短，猜測原因可能是浸泡時間越久，混合液附著在棉線上的燃料較多，因此一燃燒就加速棉線燃燒。

麻布 0.5*10 的條狀布三條

材質: 麻

浸泡混合液時間(分)	燃燒時間(s)
0	10
4	52
5	49
8	51

表 3、棉燃燒實驗數據



圖六、麻浸泡時間不同燃燒時間

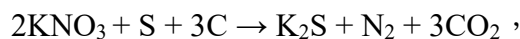
實驗結果：1. 單純燃燒麻線，燃燒劇烈，一下子就燒完了，大約 10 秒左右。

2. 比較浸泡 4、5 及 8 分鐘燃燒情形，發現麻線浸泡這三種時間，麻線燃燒的時間都差不多，大約在 50 秒左右。猜測原因可能是麻線浸泡 4 分鐘燃料就將麻線孔隙附著完了。因此不管浸泡多久，麻線都無法在附著燃料了。

伍、研究結論與建議

一、結論

(一) 在火摺子燃料比例燃燒時間的實驗中可以發現，硝酸鉀、硫、碳的最佳比例是 6：1：1，因先前做過硝酸鉀與碳粉的最佳比例是 6：1，而又依



所以我們認為用此比例進行火摺子實驗會比較適當。

(二) 在棉麻材質浸泡混合液 5 分鐘實驗中，我們發現麻的燃燒時間比棉線要久。

猜測可能是麻線是動物性纖維，而棉線是植物性纖維，所以兩者結構不同，麻線的纖維結構讓燃料更均勻附著在孔隙中。因此燃燒比較緩慢。

(三) 比較棉麻兩種可燃物材質，我們發現如果單純燃燒未浸泡混合液的棉麻，兩者燃燒的時間都很快，大約 10 秒左右就燃燒完了。

(四) 在棉麻材質浸泡時間改變實驗中，我們發現改變麻的浸泡時間，而燃燒時間也大致相差不多，大約 50 秒左右，這說明麻當可燃物時，混合液浸泡時間不影響燃燒快慢。但棉線卻不同，反而是浸泡 8 分鐘時間，棉線燃燒快速且劇烈，猜測是棉纖維結構讓更多燃料附著其上，因此加速燃燒。

二、建議

(一) 硝酸鉀、硫磺和碳粉混合是黑火藥的原料，硝酸鉀受熱可以產生氧氣助燃，而硫磺燃點低又可燃，可幫助燃燒，但碳粉遇到氧氣燃燒可產生二氧化碳，不助燃，因此三者的比例很重要，尤其是火摺子是要讓火苗持續維持燃點即可，因此不能有太多的氧氣幫助燃燒。所以從實驗一，我們可以得到硝酸鉀和碳粉質量 7：1 比較符合火摺子的燃燒時間長。

(二) 比較棉麻兩種可燃物材質，從實驗數據得知我們發現麻比棉更適合當可燃物。

但我們可以改變不同可燃物進行實驗，同時為了要製作火摺子，我們將三者反應物磨成細粉混合後，將棉麻或其他可燃物剪成碎屑，和混合物攪拌充分，填裝進硬竹筒，模擬火摺子燃燒。

陸、參考資料

一、國立自然科學博物館 同火的日子

來源：<https://web3.nmns.edu.tw/Exhibits/112/living-with-fire/index.html>

二、兒童科普|古的科學道館

來源：

<https://podcasts.apple.com/tw/podcast/%E6%89%93%E9%96%8B%E5%B0%8F%E8%80%B3%E6%9C%B5/id1582737271?i=1000653076625>

三、Youtube

來源：https://youtube.com/shorts/yrTsAWL7JHY?si=Vr_Xg-ofwyuODXCj

來源：<https://www.youtube.com/shorts/0F5ezZiH39g>

四、註一：科技大觀園、火藥，化學研究發展的基石。