

# 屏東縣第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

科別：化 學 科

組別：國 中 組

作品名稱：灰飛煙滅~閃光紙

關 鍵 詞：硝化纖維、硝基陽離子、二氧化氮煙霧

編號：B3006

# 目錄

摘要-----	P.2
壹、前言-----	P.2
貳、研究設備及器材研究-----	P.4
參、研究過程與方法-----	P.5
肆、研究結果-----	P.10
伍、討論-----	P.21
陸、結論-----	P.23
柒、參考資料及其他-----	P.24

## 摘要

我們研究發現，硝酸和硫酸的混合比例在 120：100 和 125：100 和 130：100 的比例下，它們的前幾張的閃光紙，其實誤差不大，其後才慢慢會有誤差，像是燃燒速度變慢、會有黑灰的出現，甚至無法燃燒而熄滅。

我們同時也研究發現，紙的材質和厚度也會有影響。影印紙略為厚一些，秤量紙和日曆紙較薄，宣紙不夠緊實而且容易斷，面紙纖維更蓬鬆，甚至會被酸給融化了。日曆紙和摺紙有油墨會影響纖維的硝化。

因為閃光紙的燃燒速度太快，所以我們將閃光紙剪成長條狀，藉此延長其燃燒速度，然後測量其燃燒時間，依此燃燒時間來推斷混合酸比例和紙張材質對其影響。

## 壹、前言

### 一、研究動機：

前一段時間，我迷上了看魔術表演。影片中，我看到魔術師都會在手上突然閃出一片火光，然後變出兔子或鴿子。這片火光的燃燒讓我很好奇，他是燒什麼東西為什麼燃燒的速度可以那麼快，而且也沒有看到灰燼或是黑煙白煙。後來我才知道那是一種紙，名字是閃光紙。它為什麼可以在一瞬間就燒完，而且不留任何痕跡。通常紙都是慢慢燒，而且會產生灰，但這閃光紙它為什麼不會。在這好奇心的驅使下，讓我們開始閃光紙的研究之旅。

### 二、研究目的：

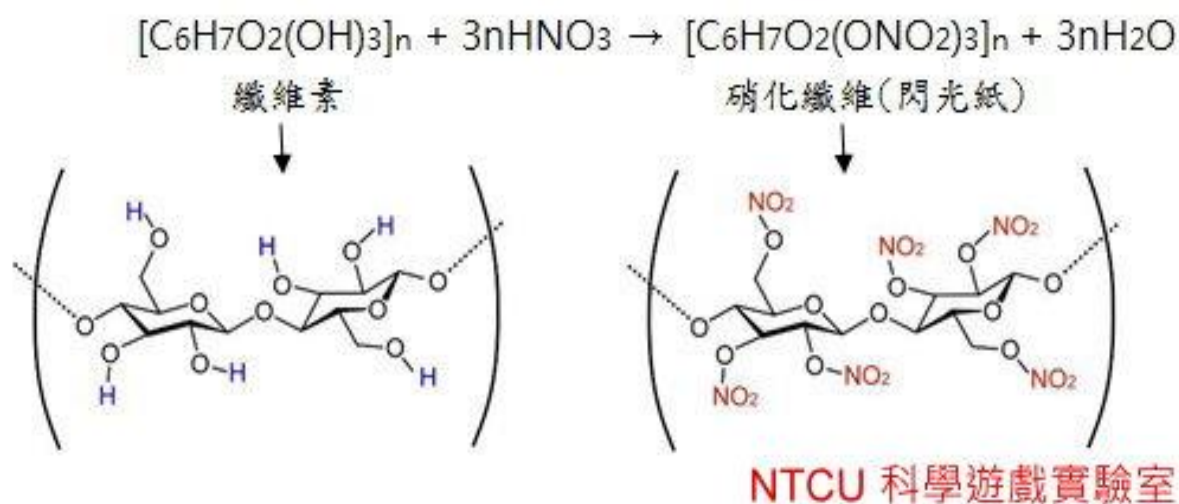
我們參考了網路上的資料，依照網路的資料，將閃光紙製作出來。但我們發現，我們做出來的閃光紙效果卻不像電視上的效果那麼好。所以我們討論的結果，我們將從下列兩方面探究並進行討論：

- (一)、將硫酸和硝酸的比例稍微調整一下，依照不同的比例來探討。
- (二)、選用不同材質的紙來研究探討，我們一共選用秤量紙、宣紙、日曆紙、影印紙、面紙等 5 種材質。

### 三、文獻回顧：

一般的紙張所含有的纖維素，燃點較高，燃燒速度也較慢。但如果將纖維素用化學的方法，反應為「硝化纖維」，則硝化纖維的燃點較低（閃點 12.7°C、自燃溫度 170°C），是一種極易燃的化合物。

本實驗就是以濃硫酸與濃硝酸，將各種紙張的纖維素反應為硝化纖維，而具有閃光紙（flash paper）快速燃燒的性質。此硝化反應式如下：



上述反應使用的「硝酸」（ $HNO_3$ ）必須產生硝基陽離子（nitronium ion,  $NO_2^+$ ），但是硝酸當為酸時，會解離出的是  $NO_3^-$  陰離子，必須加入更強的酸（濃硫酸），以迫使硝酸當為鹼，才能解離出  $NO_2^+$  陽離子，反應式如下：



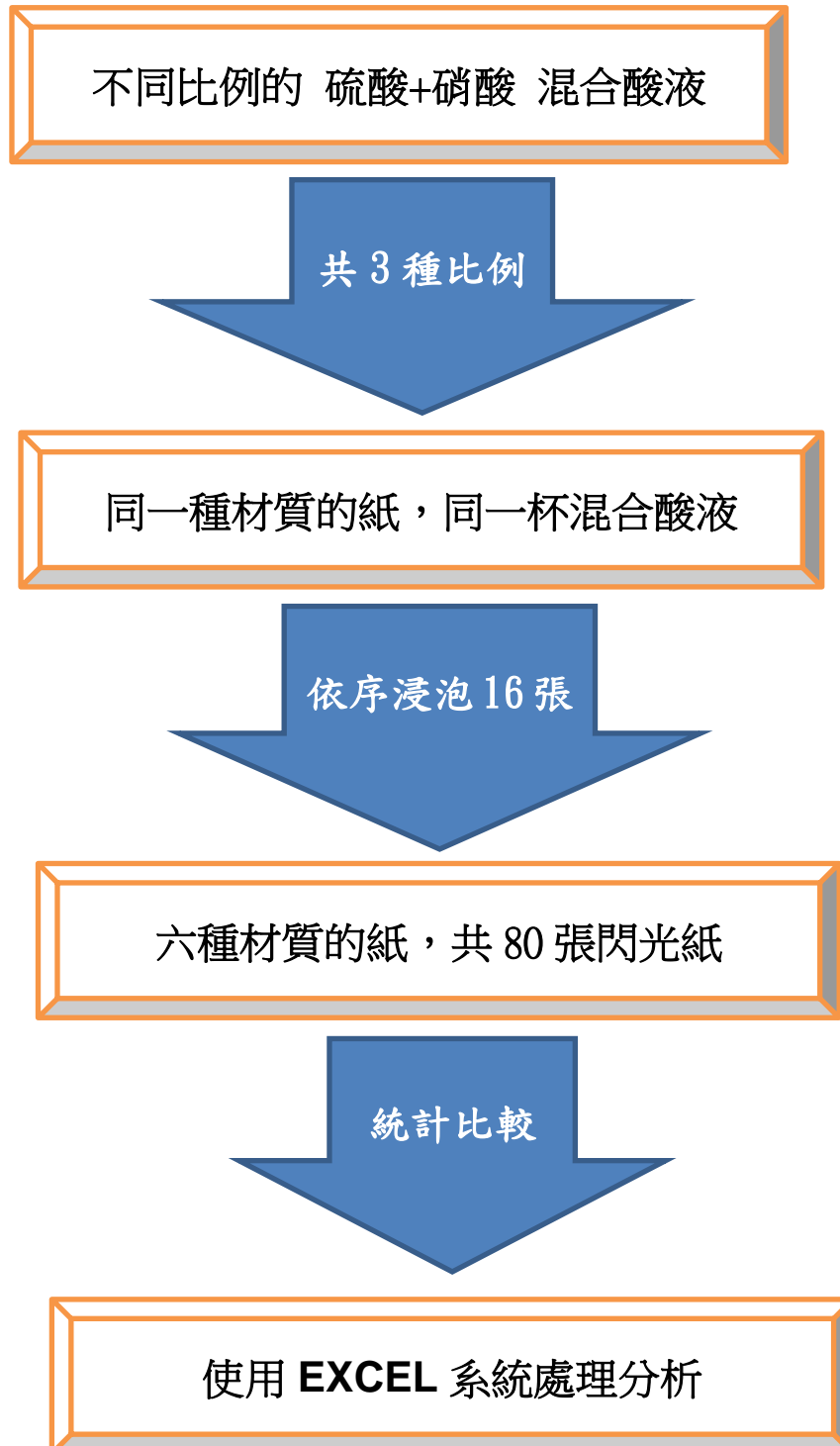
其中濃硫酸( $H_2SO_4$ )除了作為反應中的催化劑，也會吸收反應副產物--水，能避免纖維素和硝化纖維溶於水而使紙張糊掉。從微觀上而言，硝化纖維的分子結構比纖維素要複雜得多， $-NO_2^+$ 基比 $-OH^-$ 基的體積較大而且極性較小，因此硝化纖維的分子有立體障礙而且其分子間的氫鍵較纖維素為弱，此分子增加原來纖維素分子之間的距離，也降低它們之間的作用力。化學鍵—氫鍵變弱，而導致降低燃燒反應的活化能，導致硝化纖維較纖維素容易燃燒。

## 貳、研究設備及器材

<p>硫酸</p> 	<p>硝酸</p> 	<p>碳酸氫鈉</p> 	<p>酒精</p> 
<p>大小量筒</p> 	<p>燒杯、玻棒</p> 	<p>溫度計</p> 	<p>鑷子</p> 
<p>滴管</p> 	<p>塑膠手套</p> 	<p>水槽</p> 	<p>護目鏡</p> 
<p>碼表</p> 	<p>吹風機</p> 	<p>網架</p> 	<p>秤量紙</p> 
<p>衛生紙</p> 	<p>日曆紙</p> 	<p>宣紙</p> 	<p>影印紙</p> 

## 參、研究過程與方法

### 一、實驗架構：



## 二、實驗步驟

(一)、調配混合酸：硫酸 100ml + 硝酸 125ml

1. 將硫酸倒入燒杯中，再將燒杯的硫酸倒入量筒中，然後再用滴管將硫酸精準量到 100ml。如下圖 1 所示。

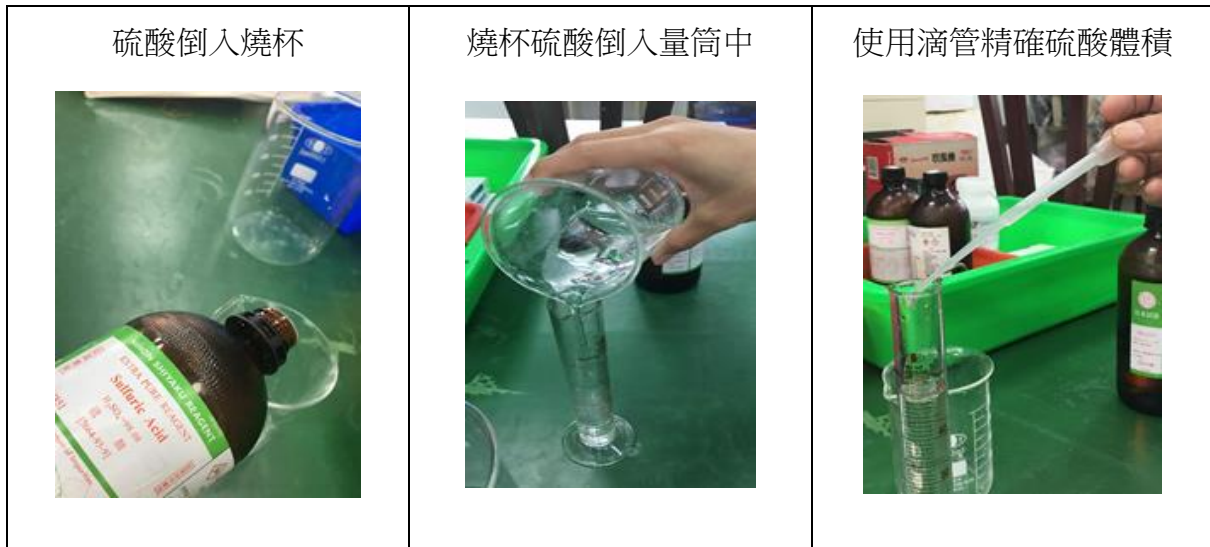


圖 1.量取 100ml 硫酸的步驟

2. 同上步驟，量取 125ml 硝酸。
3. 將硝酸和硫酸混合。此時會有大量酸霧冒出，需事先開啟抽風機和電風扇。然後將溫度計放入混合酸中，再將燒杯放入水槽中，使其快速降溫。如下圖 2 所示。

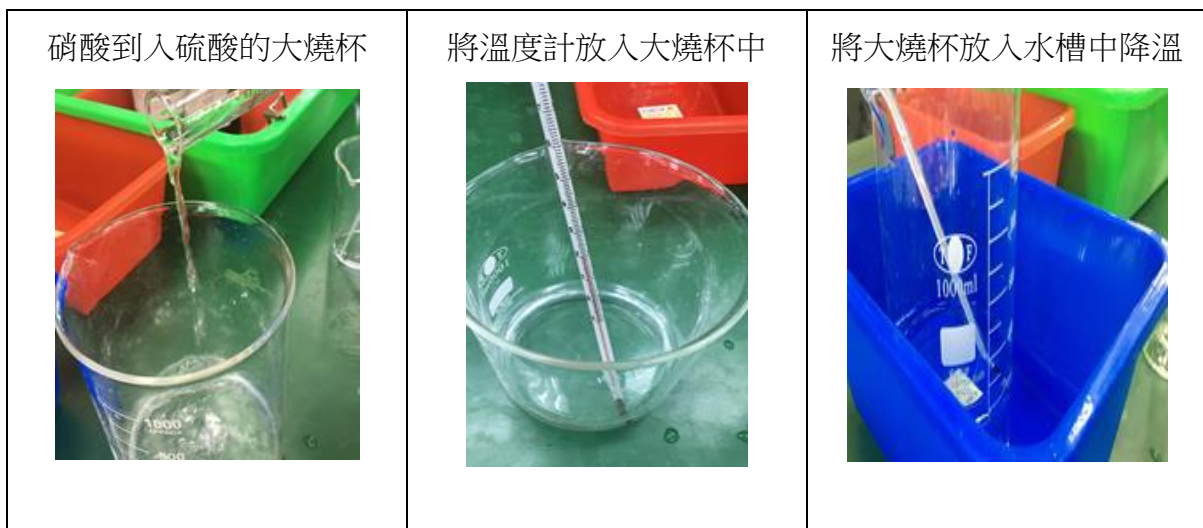


圖 2.混合硫酸和硝酸的步驟



4. 當溫度降至 40°C 以下之後，將大燒杯由水槽拿出。放在桌上，準備接下來的實驗。
5. 將秤量紙放入大燒杯中，然後浸泡 1 分鐘。浸泡過程中，要用玻棒確定秤量紙完全浸泡在酸液中。如下圖 3 所示。



圖 3.將秤量紙浸泡入混合酸中的步驟

6. 一分鐘之後，使用鑷子將秤量紙夾出，然後在水龍頭下稍微沖水一下，然後在放入水槽清洗。此時稍稍將秤量紙攤平一些。如下圖 4 所示。



圖 4.將秤量紙從混合酸中夾出沖洗的步驟



7. 之後再將秤量紙放入酒精中清洗。此時秤量紙更容易攤平。
8. 然後將秤量紙由酒精槽中拿出，用吹風機吹乾。如下圖 5 所示。



圖 5.將秤量紙烘乾的步驟

9. 將稱量紙編號，第一張編號 1，代表第一張浸泡的秤量紙。並以 1 公分寬畫線，然後用剪刀才開，準備點火測量燃燒時間。如下圖 6 所示。

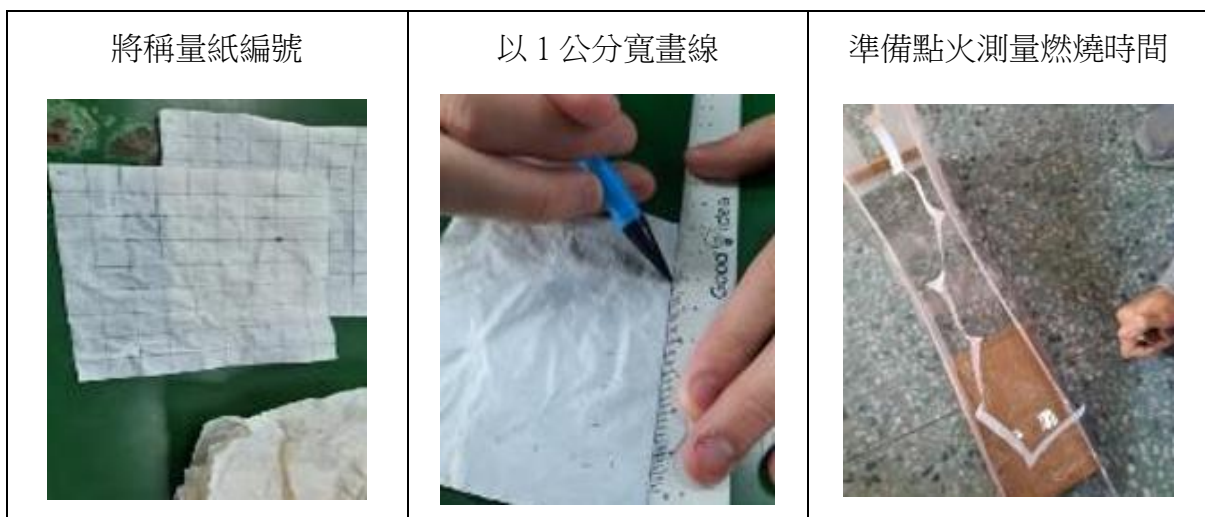


圖 6.將烘乾的秤量紙剪裁成直線的步驟

(二)、製作燃燒網架：

1. 剪裁二片長 50 公分、高 50 公分的 PP 板。
2. 取一片長約 75 公分，寬約 10 公分的金屬網。
3. 將金屬網用迴紋針固定在 PP 板的斜邊上。如下圖 7 所示。

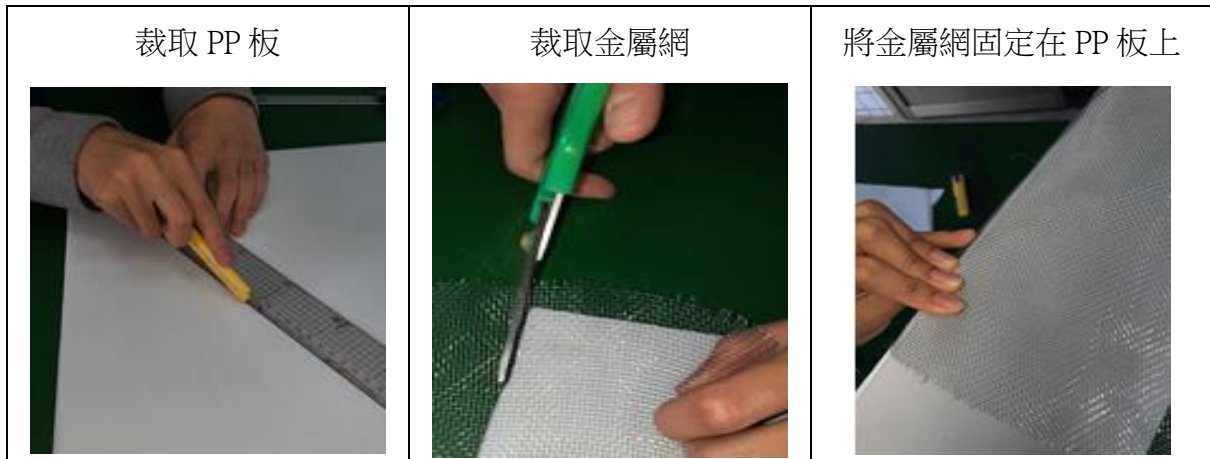


圖 7. 燃燒網架製作的步驟

(三)、燃燒時間的測量：

1. 依序將編號 1 的閃光紙固定在金屬網上側，然後將其順勢向下稍微拉直。點燃閃光紙條的下端，同時測量時間。如下圖 8 所示
2. 編號 1，為同一種溶液中的第一張浸泡閃光紙。依此類推，浸泡的第二張閃光紙為編號 2。然後編號 3、4……。

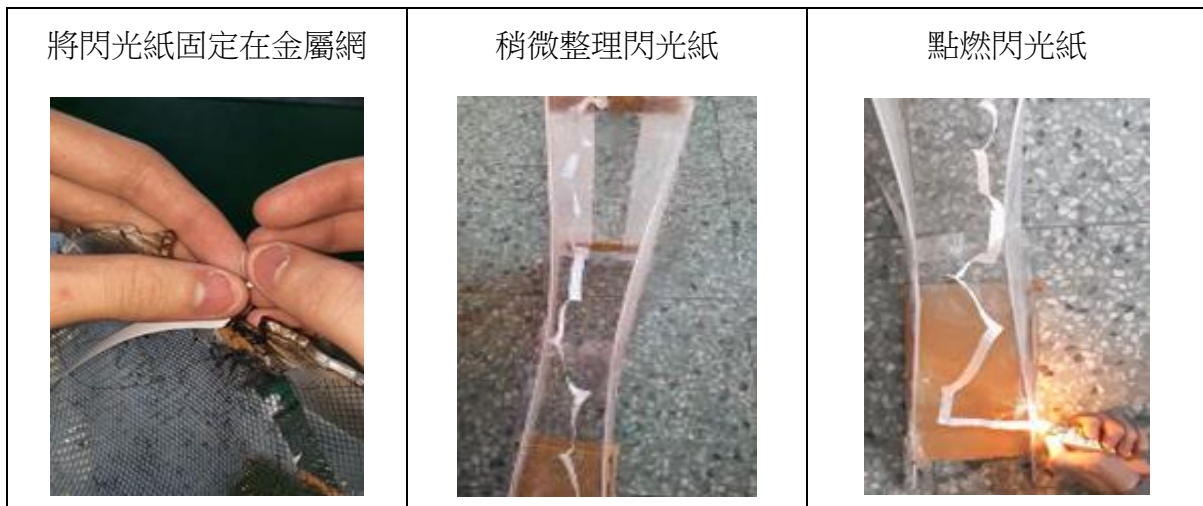


圖 8. 燃燒閃光紙並測量燃燒時間

## 肆、研究結果

### 一、各種不同材質的閃光紙製作結果：

(一)、材質為秤量紙，在不同硝酸和硫酸的比例下所製作的閃光紙，其燃燒的時間數據紀錄。如下表 1 所示。

表 1. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的秤量紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

張數編號	硝酸 130ml+硫酸 100ml	硝酸 125ml+硫酸 100ml	硝酸 120ml+硫酸 100ml
1	21 秒 18	10 秒 53	17 秒 79
2	18 秒 72	10 秒 56	19 秒 28
3	24 秒 41	11 秒 47	23 秒 12
4	18 秒 85	17 秒 59	25 秒 69
5	28 秒 00	17 秒 60	20 秒 37
6	22 秒 16	17 秒 75	25 秒 03
7	22 秒 22	35 秒 45	29 秒 00
8	27 秒 03	37 秒 53	48 秒 40
9	21 秒 75	14 秒 09	27 秒 19
10	23 秒 03	23 秒 66	24 秒 50
11	33 秒 44	21 秒 94	25 秒 47
12	23 秒 69	24 秒 97	23 秒 47
13	36 秒 66	25 秒 78	24 秒 53
14	35 秒 37	30 秒 38	48 秒 84
15	34 秒 69	33 秒 40	51 秒 03
16	26 秒.35	40 秒 88	58 秒 66

(二)、將表 1 數據做成統計圖表。如下圖 9 所示。

硝酸體積有三種變化，硫酸體積固定為 100ml。

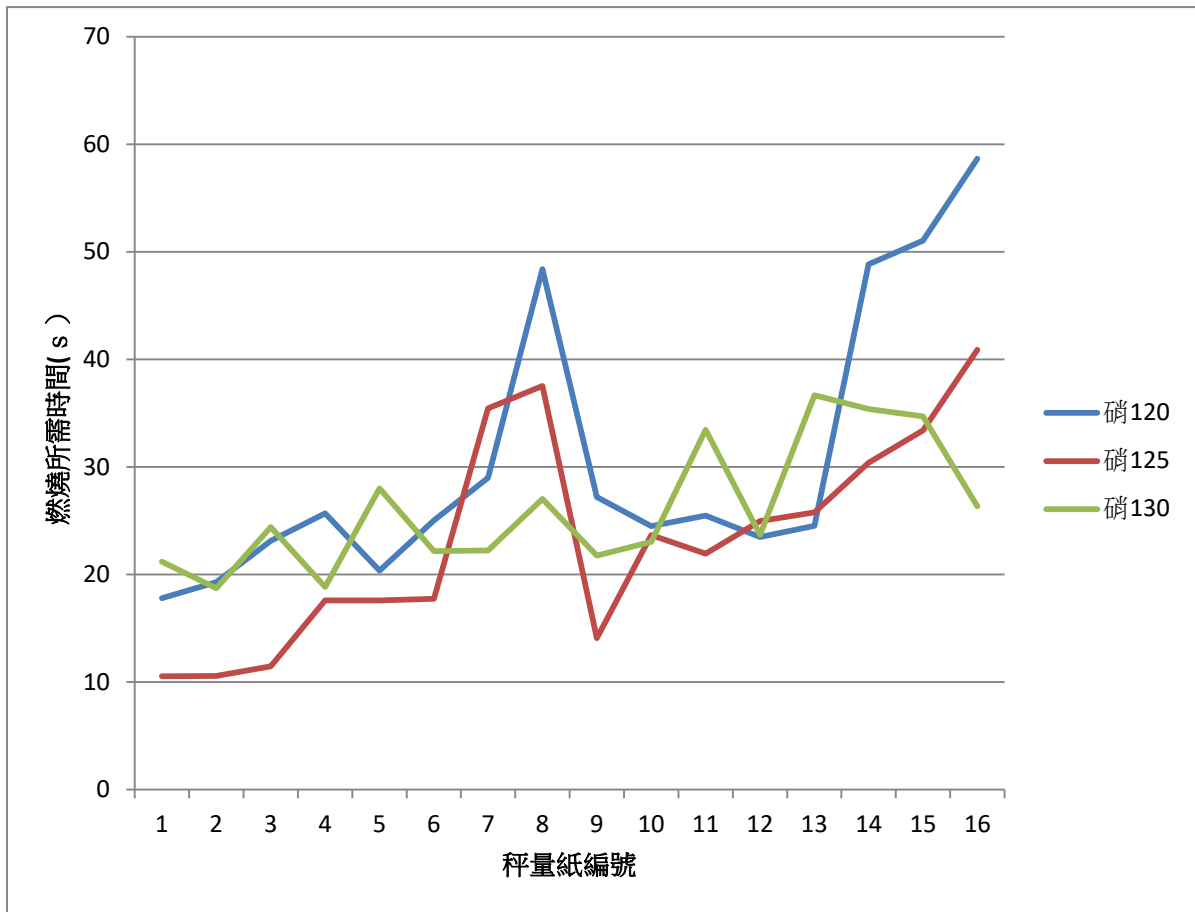


圖 9. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的秤量紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

(二)、材質為面紙，在不同硝酸和硫酸的比例下所製作的閃光紙，其燃燒的時間數據紀錄。如下表 2 所示。

表 2. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的面紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

張數編號	硝酸 130ml+硫酸 100ml	硝酸 125ml+硫酸 100ml	硝酸 120ml+硫酸 100ml
1	4 秒 02	3 秒 94	13 秒 59
2	5 秒 21	8 秒 46	7 秒 02
3	6 秒 10	6 秒 41	9 秒 78
4	5 秒 41	12 秒 12	10 秒 63
5	5 秒 55	4 秒 22	9 秒 84
6	8 秒 31	8 秒 81	7 秒 56
7	7 秒 41	9 秒 03	10 秒 37
8	10 秒 42	12 秒 63	17 秒 31
9	13 秒 46	14 秒 68	19 秒 37
10	11 秒 15	12 秒 12	14 秒 66
11	15 秒 41	14 秒 20	15 秒 53
12	14 秒 62	13 秒 78	15 秒 65
13	18 秒 58	15 秒 76	16 秒 52
14	14 秒 54	17 秒 41	18 秒 16
15	16 秒 12	14 秒 01	20 秒 12
16	17 秒 01	15 秒 11	19 秒 00

1. 將表 2 數據做成統計圖表。如圖 10 所示。
2. 硝酸體積有變化，硫酸體積固定為 100ml。

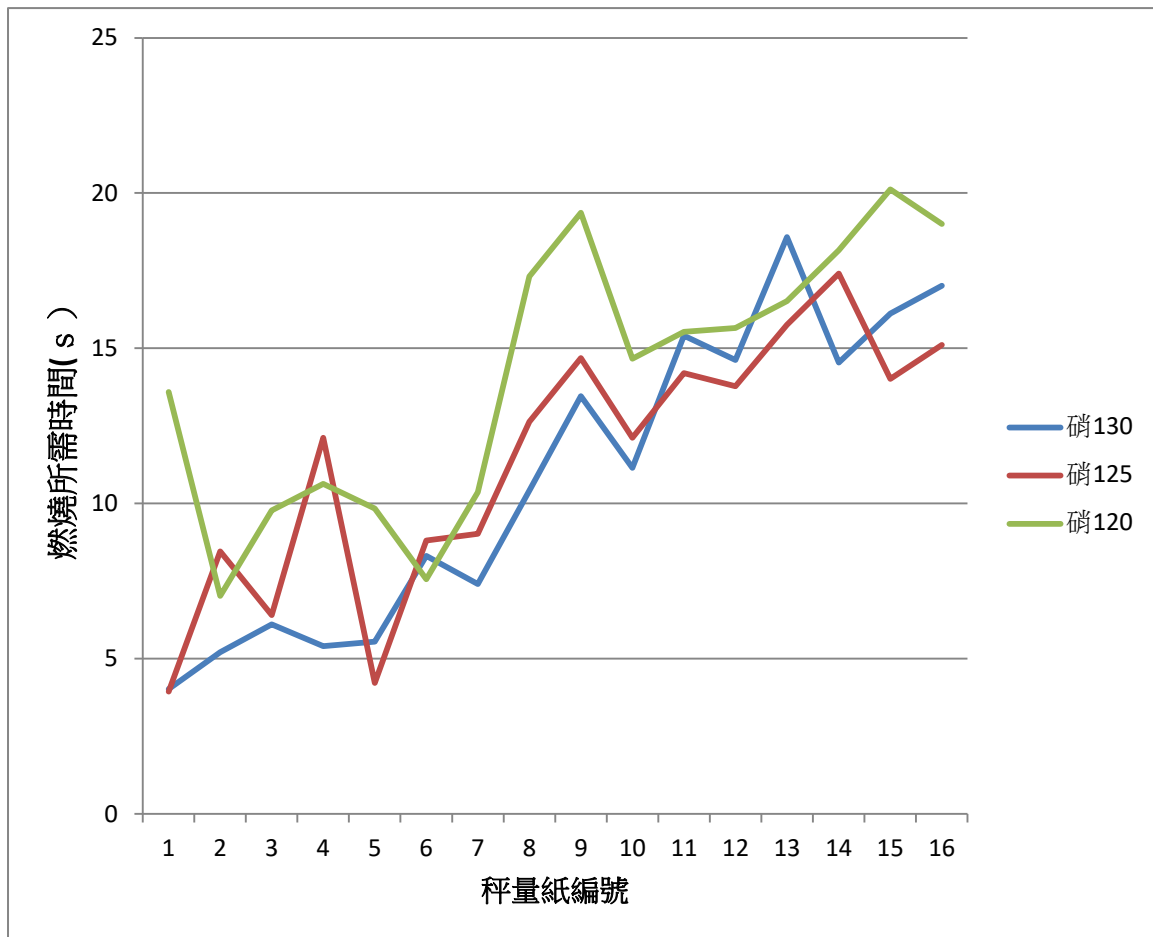


圖 10. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的面紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄



(三)、材質為宣紙，在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的宣紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄。如表 3 所示。

表 3. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的宣紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

張數編號	硝酸 130ml+硫酸 100ml	硝酸 125ml+硫酸 100ml	硝酸 120ml+硫酸 100ml
1	9 秒 23	12 秒 63	7 秒 02
2	7 秒 43	9 秒 97	9 秒 24
3	5 秒 23	22 秒 13	4 秒 78
4	9 秒 33	18 秒 56	6 秒 78
5	8 秒 45	14 秒 28	15 秒 91
6	7 秒 45	13 秒 72	12 秒 87
7	10 秒 64	21 秒 24	15 秒 20
8	15 秒 16	20 秒 78	17 秒 44
9	13 秒 05	20 秒 90	22 秒 98
10	18 秒 10	18 秒 78	24 秒 01
11	20 秒 61	16 秒 18	22 秒 02
12	16 秒 53	23 秒 24	23 秒 14
13	15 秒 55	16 秒 53	21 秒 02
14	20 秒 12	14 秒 75	23 秒 52
15	21 秒 04	15 秒 50	19 秒 15
16	19 秒 02	21 秒 89	22 秒 02

1. 將表 3 數據做成統計圖表。如圖 11 所示。
2. 硝酸體積有變化，硫酸體積固定為 100ml。

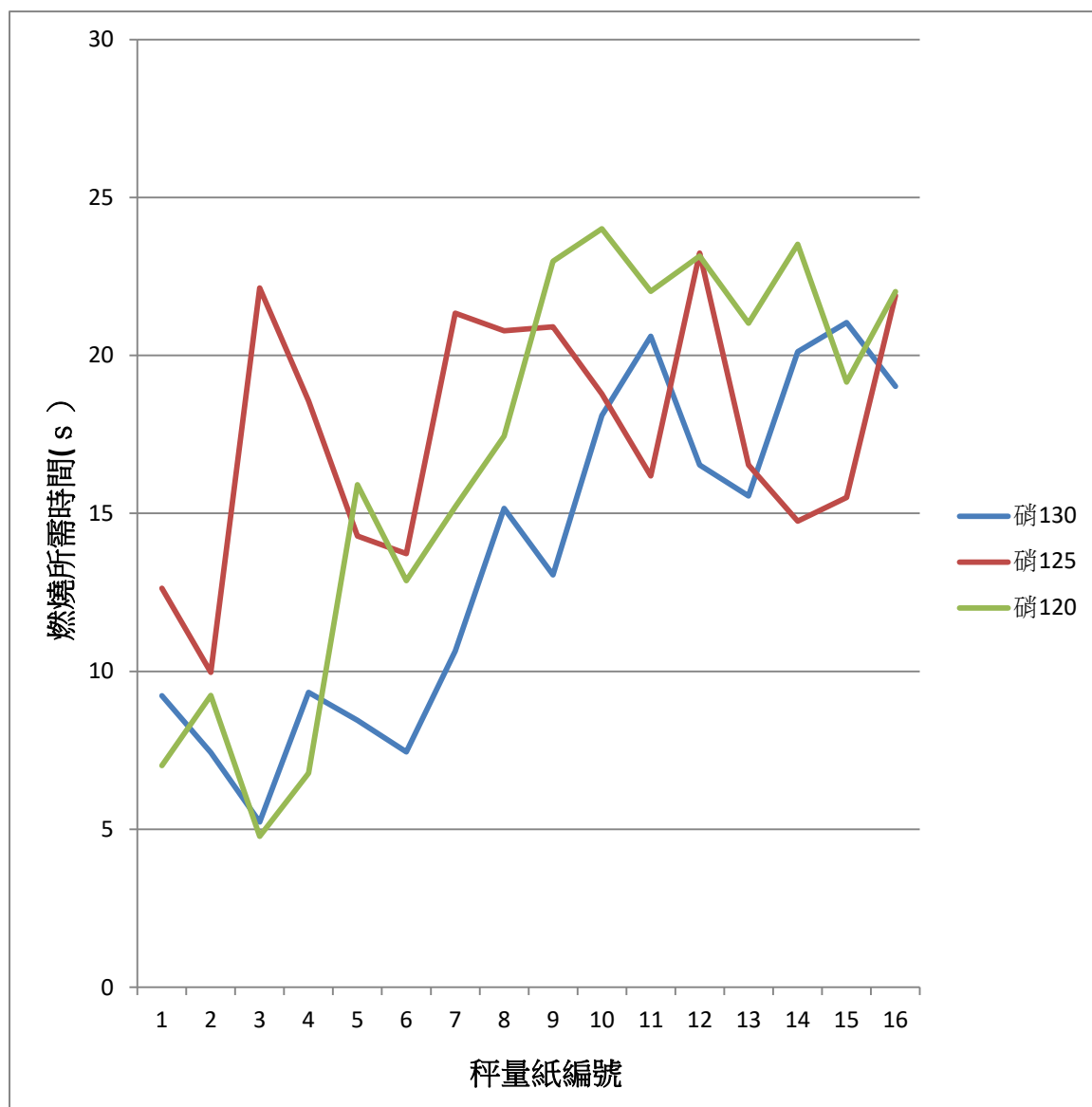


圖 11. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的宣紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

(四)、材質為日曆紙，在不同硝酸和硫酸的比例下所製作的閃光紙，其燃燒的時間數據紀錄。如表 4 所示。

表 4.在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的日曆紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

張數編號	硝酸 130ml+硫酸 100ml	硝酸 125ml+硫酸 100ml	硝酸 120ml+硫酸 100ml
1	14 秒 29	11 秒 36	6 秒 51
2	18 秒 10	15 秒 81	10 秒 80
3	19 秒 10	17 秒 23	9 秒 79
4	13 秒 69	14 秒 79	11 秒 44
5	18 秒 35	13 秒 95	13 秒 31
6	11 秒 75	11 秒 33	24 秒 34
7	13 秒 60	12 秒 53	13 秒 84
8	25 秒 12	20 秒 50	17 秒 54
9	15 秒 51	14 秒 68	20 秒 54
10	27 秒 55	21 秒 47	19 秒 13
11	20 秒 77	20 秒 09	22 秒 33
12	22 秒 96	23 秒 45	20 秒 80
13	20 秒 54	34 秒 61	22 秒 50
14	37 秒 35	21 秒 73	21 秒 54
15	25 秒 02	23 秒 13	23 秒 41
16	21 秒 65	33 秒 13	24 秒 32

表 4 為編號 1~16 的日曆紙，在不同比例的酸所浸泡閃光紙，燃燒所花的時間記錄

1. 將表(七)數據做成統計圖表。如圖 12 所示。
2. 硝酸體積有變化，硫酸體積固定為 100ml。

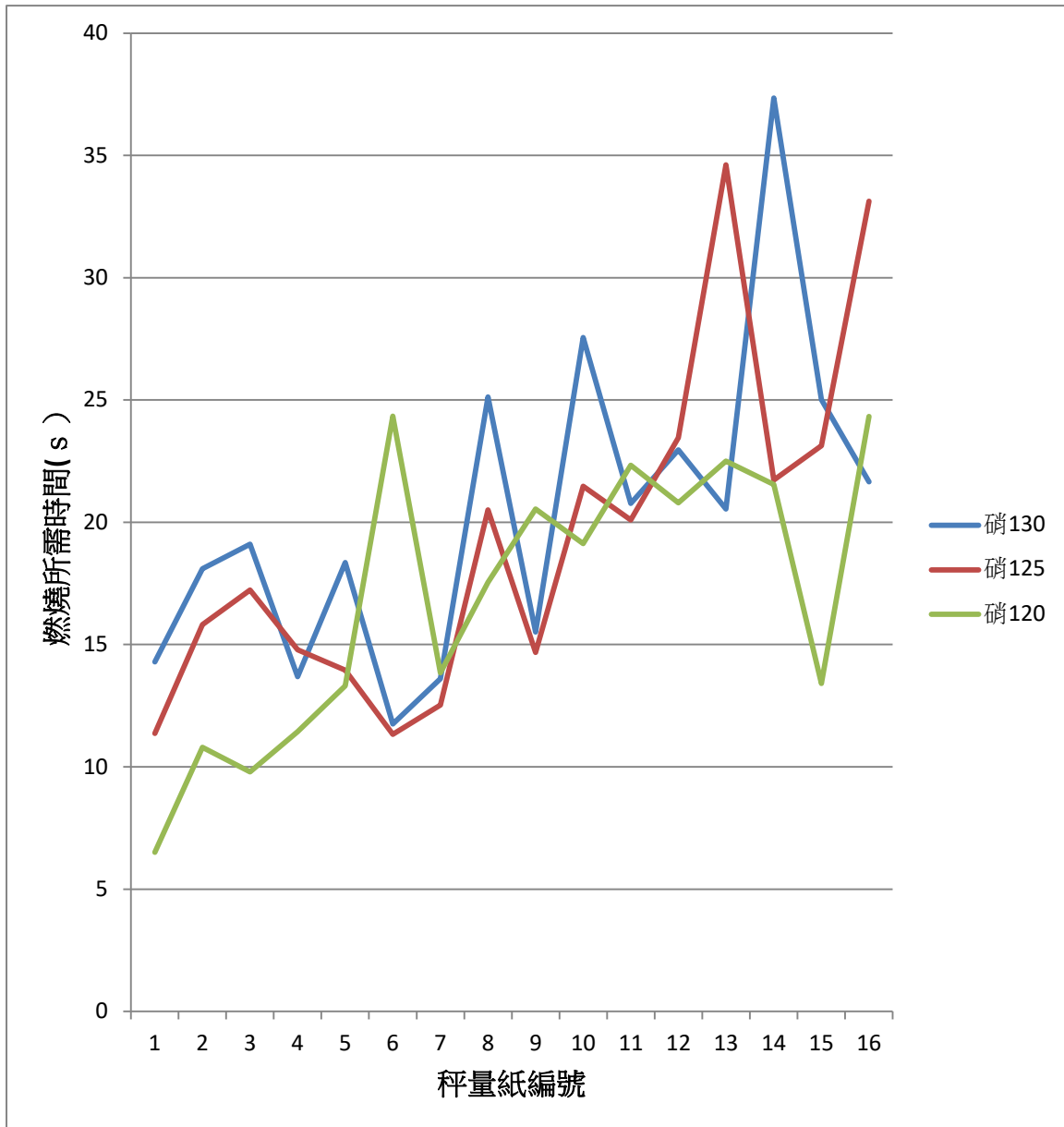


圖 12. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的宣紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

(五)、材質為影印紙，在不同硝酸和硫酸的比例下所製作的閃光紙，其燃燒的時間數據紀錄。如表 5 所示。

表 5.在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的影印紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄

張數編號	硝酸 130ml+硫酸 100ml	硝酸 125ml+硫酸 100ml	硝酸 120m+硫酸 100ml
1	7 秒 82	6 秒 03	9 秒 62
2	9 秒 56	7 秒 13	8 秒 41
3	8 秒 46	9 秒 21	9 秒 22
4	8 秒 55	10 秒 13	10 秒 66
5	10 秒 52	12 秒 76	12 秒 54
6	12 秒 65	13 秒 62	16 秒 33
7	12 秒 91	14 秒 04	17 秒 63
8	15 秒 75	11 秒 32	16 秒 74
9	17 秒 84	13 秒 02	17 秒 53
10	16 秒 16	19 秒 31	20 秒 35
11	17 秒 15	20 秒 63	23 秒 23
12	19 秒 12	17 秒 45	24 秒 54
13	20 秒 65	19 秒 69	24 秒 56
14	21 秒 54	22 秒 63	26 秒 22
15	20 秒 12	24 秒 64	24 秒 50
16	23 秒 00	19 秒 21	26 秒 03

1. 將表 5 數據做成統計圖表。如圖 13 所示。
2. 硝酸體積有變化，硫酸體積固定為 100ml。

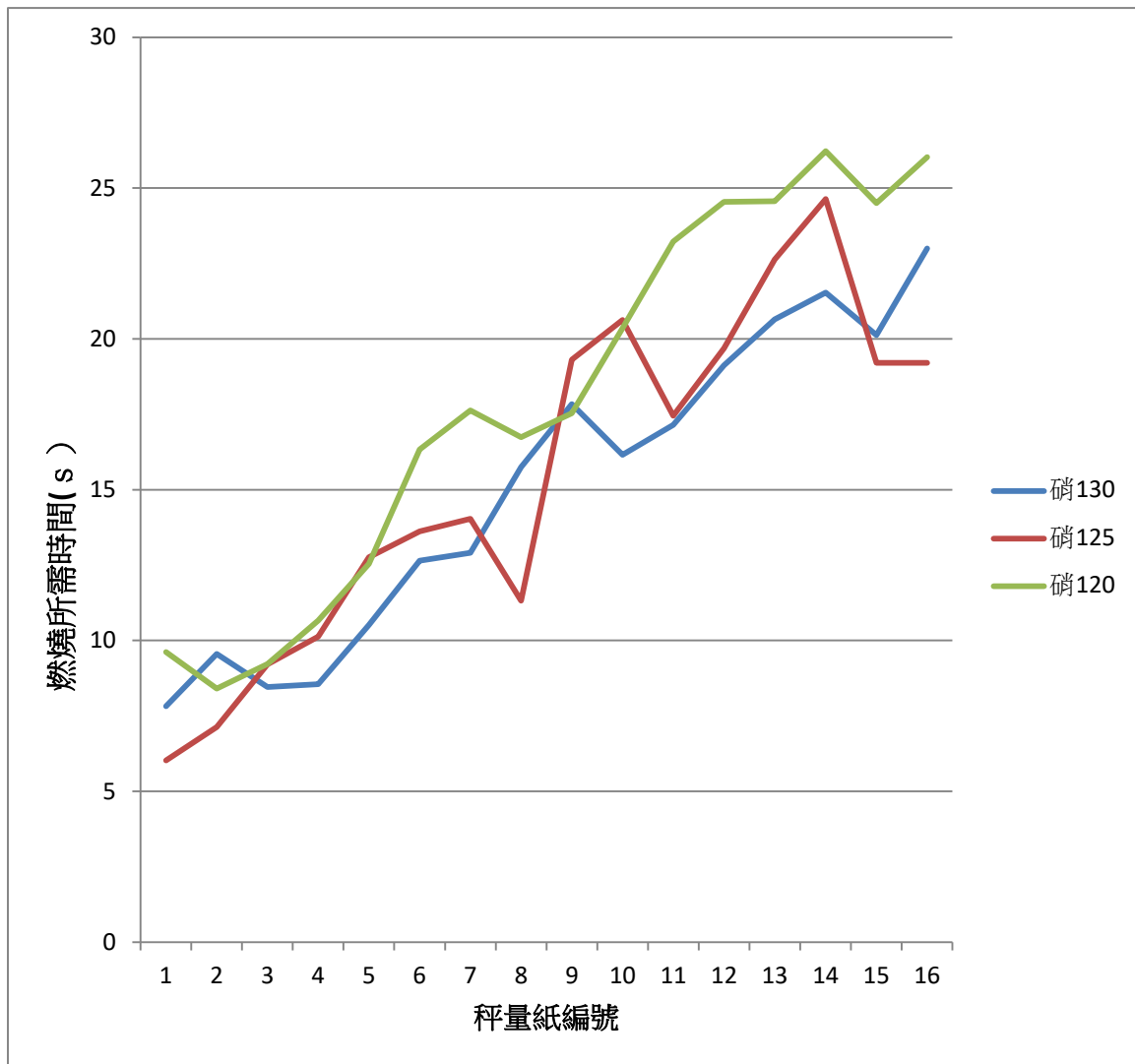


圖 12. 在不同比例的硝酸溶液浸泡編號 1~16 的影印紙，製成閃光紙燃燒所需時間記錄



二、各種不同材質在三種不同濃度的前五次平均值的比較：如表 6 及圖 13、14 所示。

硝酸體積有變化，硫酸體積固定為 100ml。

表 6. 各種不同材質在三種濃度製成閃光紙，前五次燃燒所需時間平均值比較

	A	B	C	D	E	F	G
1	秤量紙	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5	平均值
2	硝酸130	21.18	18.72	24.41	18.85	28	22.232
3	硝酸125	10.53	10.56	11.47	17.59	17.6	13.55
4	硝酸120	17.79	19.28	23.12	25.69	20.37	21.25

	A	B	C	D	E	F	G
1	面紙	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5	平均值
2	硝酸130	4.02	5.21	6.1	5.41	5.55	5.258
3	硝酸125	3.94	8.46	6.41	12.12	4.22	7.03
4	硝酸120	13.59	7.02	9.78	10.63	9.84	10.172

	A	B	C	D	E	F	G
1	宣紙	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5	平均值
2	硝酸130	9.23	7.43	5.23	9.33	8.45	7.934
3	硝酸125	12.63	9.97	22.13	18.56	14.28	15.91
4	硝酸120	7.02	9.24	4.78	6.78	15.91	8.746

	A	B	C	D	E	F	G
1	日曆紙	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5	平均值
2	硝酸130	14.29	18.1	19.1	13.69	18.35	16.706
3	硝酸125	11.36	15.81	17.23	14.79	13.95	14.628
4	硝酸120	6.51	10.8	9.79	11.44	13.31	10.37

	A	B	C	D	E	F	G
1	影印紙	編號1	編號2	編號3	編號4	編號5	平均值
2	硝酸130	7.82	9.56	8.46	8.55	10.52	8.982
3	硝酸125	6.03	7.13	9.21	10.13	12.76	9.052
4	硝酸120	9.62	8.41	9.22	10.66	12.54	10.09

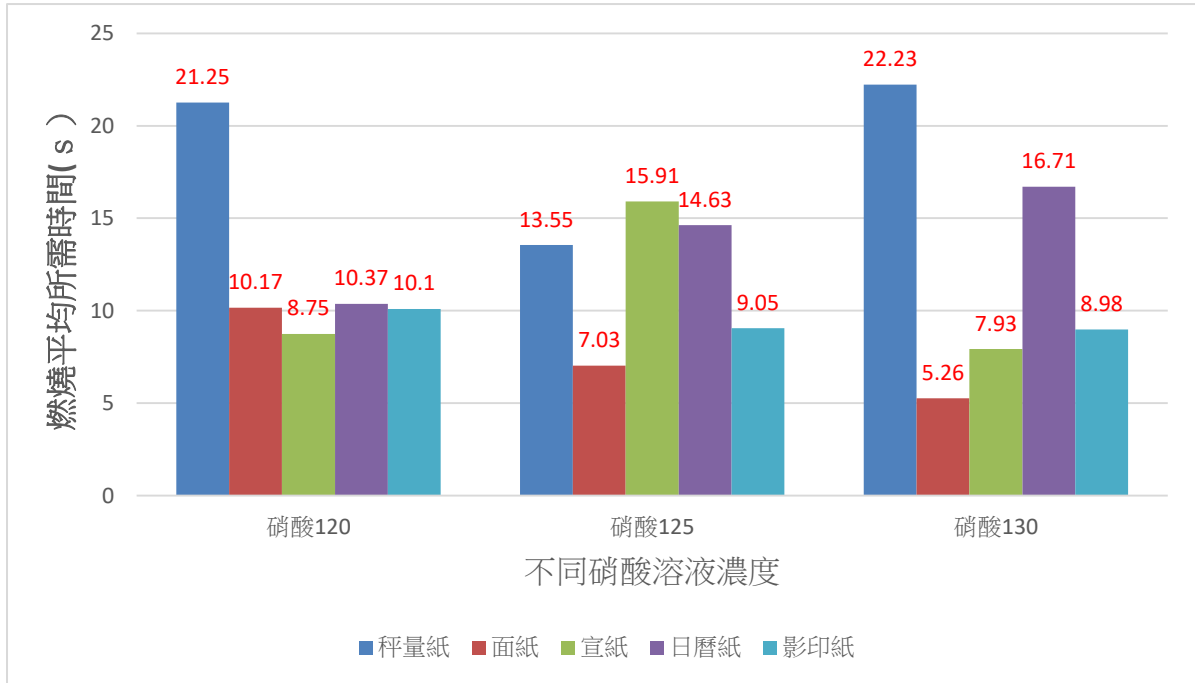


圖 13. 5 種不同材質紙張在三種濃度(比較相同濃度下)的前五次燃燒所需時間平均值比較

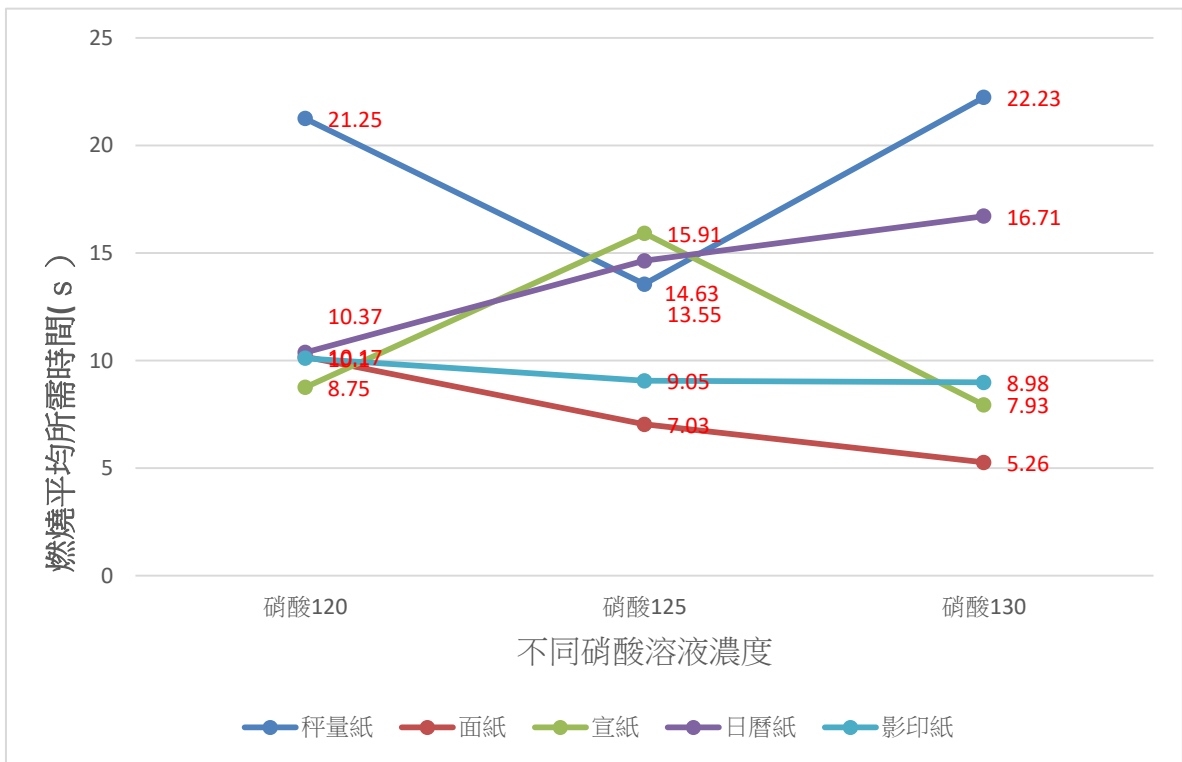


圖 14. 5 種不同材質紙張在三種濃度(比較不同濃度下)的前五次燃燒所需時間平均值比較

## 伍、討論

一、在測量時間的方法上，我們的考量與設計是：

(一)、如果是整張閃光紙燃燒，速度太快，無法測量。所以我們將閃光紙剪成寬 1 公分，長 30 公分的長紙條，延緩其燃燒速度。再用碼表測量其燃燒時間，依此來判斷燃燒的效果。

(二)、若將紙條垂直拿著燃燒，則下面的火焰會直接跳躍燒到最上面的閃光紙。這會導致閃光紙的多處燃燒，因而測量會不準確。

(三)、若平攤在桌面上，則編號較後面的閃光紙不易燃燒，甚至還會熄滅。

考慮以上種種，我們設計出一個方法是，做一個斜面 45 度的金屬製紗網。如此就可以解決所有的問題。紗網通風，不會有缺氧熄滅的問題。紗網傾斜 45 度，火焰燃燒時，就不會彼此相互引燃，而且還會有稍微向上燃燒的幫助。

二、秤量紙是邊長 8 公分的正方形紙張，沿著邊邊剪成 1 公分寬的長條來燃燒時，會因為部分的紙條在彎曲處會翹起來，影響燃燒的速度。所以在燃燒前，我們會將閃光紙條盡可能的捏平，縮小實驗的誤差。

三、浸泡閃光紙的酸液，當溫度下降至 40°C 時，我們叫開始浸泡閃光紙。但開始之後，後面的閃光紙浸泡溫度也降至室溫約 30°C 左右。雖然可能誤差不大，但在這個控制變因上，我們確實沒有控制。唯一能做的，只能比較每個不同實驗的同一編號的燃燒時間，因為這樣溫度大致相同。但是材質又不同，所以在比較分析上，我們就沒有分析著一部分。

四、剛開始實驗時，我們使用學校的藥品。這硝酸和硫酸不知已經多少年沒人使用了，所以一開始做出的閃光紙效果非常的差。後來我們買新的各買 5 瓶新的硝酸和硫酸，一切重新再做。之後的效果就非常好了。接下來就只剩下考慮酸的比例問題和紙張的材質問題了。

五、原本紙張要浸泡 1 到 3 分鐘的，當然浸泡越久越好，紙張的硝化效果越好。但是如此之下，每一種材質的閃光紙就會閃燃的很完美，那差異性就很小，很難比較。略有不小心的誤差就會很大。所以我們大膽嘗試，只浸泡 1 分鐘，讓閃光紙的硝化作用不完美放大。如此來比較差異性，會有明顯的效果。

六、在實驗時，我們盡可能的將**控制變因**控制在百分的完美。例如**酸液的體積**，接近想要的體積時，我們就用滴管來斟酌一滴、兩滴。但是實驗過程中，難免還是有一些**變因**很難控制在百分百完美。以下就是我們所面對的問題和討論之後的處理方式：

- (一)、條狀的紙張，例如事先剪成狀的宣紙、日曆紙、影印紙，很難一次全部同時浸泡入酸液中，若拿著慢慢放入，則浸泡的時間會有所差異。若一次全部放入，則紙條會沾黏在一起。所以我們討論過後，不再使用 1000ml 的燒杯來裝酸液，改用**塑膠水盆**來浸泡，如此較能完美解決問題。
- (二)、燃燒後的金屬紗網上，會多少殘留一些紙灰和焦油，尤其是編號較後半段的閃光紙，因為**硝化反應**較不完全。所以每一組項目完成後，我們會用**酒精**噴灑在金屬紗網上清洗，然後再用面紙擦拭乾淨。如此，再下一個項目開始。
- (三)、日曆紙的油墨並不是很均勻，再加上五顏六色的色彩較為複雜。所以我在剪裁日曆紙時，只剪每一張日曆紙的最下邊，沒有顏色的部分（都是白色）。如次就將變因控制到一致了。

七、因為硝酸、硫酸為危險化學藥品，而且硝酸和硫酸混合時，會產生大量**酸霧**及有毒性的**二氧化氮**，即使是戴上口罩，不小心吸入，也會咳到不行。所以實驗時，我們會彼此提醒格外小心。每一位研究夥伴需確實戴護目鏡、戴手套、穿實驗衣、打開抽風機和排氣風扇。每個動作都要小心翼翼操作，不能急。老師常告誡我們：做錯沒關係，可以重來，千萬不能發生意外而受傷！

八、在燃燒閃光紙的時候，80 張的閃光紙當中，約有 4 張左右的閃光紙，極易中斷熄滅，導致燃燒時間非常的長。至於熄滅的原因，我們也討論不出來，可能是硝化作用不夠完整；也可能紙在製作的過程中有某些問題；也可能我們實驗的過程中，不小心沾到油墨或其他因素。總而言之，就是有幾個極端的現象發生。

## 陸、結論

一、先就前 5 次的各項目結果來分析：

(一)、濃度：硝酸 120ml+硫酸 100ml。

1. **秤量紙**表現最差，平均約 21.25 秒。而面紙、宣紙、日曆紙和影印紙的效果差不多。

但秤量紙的閃光紙燃燒時間，幾乎是其他四者的 2 倍時間左右。

2. **宣紙**在這個濃度，前 5 次平均表現最好，平均只需 8.75 秒。

(二)、濃度：硝酸 125ml+硫酸 100ml。

1. **秤量紙**的表現明顯變好，燃燒時間從 21.25 秒上升至 13.55 秒。雖然效果變好，但還是列屬於這個濃度的後半段。

2. 此濃度的表現可分為表現佳的前半段，分別是**面紙**、**影印紙**，平均約 8 秒左右。

表現不佳的後半段為**秤量紙**、**日曆紙**、和**宣紙**，平均約 15 秒左右。

3. **宣紙**在這個濃度條件，反而是最差的，前 5 次的平均為 15.91 秒。最好的是**面紙**，前 5 次的平均為 7.03 秒。大致為最差的宣紙的 2 倍。

4. 反應結果第 2 名的**影印紙**，表現效果也不差，前五次的平均是 9.05 秒。遙遙領先後半段 6 秒之多。只差最好的面紙 1.97 秒而已。

(三)、濃度：硝酸 130ml+硫酸 100ml。

1. 表現最好的是**面紙**，也算一路一直領先，而且隨著硝酸的濃度增加，效果越是卓越。在此濃度的面紙閃光紙，前 5 次平均只需 5.26 秒。

2. **秤量紙**在此濃度又變成效果最差的，前 5 次平均需 22.23 秒。所以秤量紙只在硝酸與硫酸的比為 5：4 的時候表現最佳。這也剛好符合網路所搜尋的資料，秤量紙所需的硝酸與硫酸的比須為 5：4。只是網路的資料上並沒有做其他紙張材質的作品資料。

3. **宣紙**在此濃度效果又變好了，前 5 次的閃光紙燃燒平均時間為 7.93 秒，是這個濃度的第二名。宣紙的效果剛好和秤量紙相反，宣紙之硝酸與硫酸的比為 5：4 的時候，效果差。其他的前後兩次，反而表現較好。

4. 影印紙也是隨著濃度上升，閃光紙的燃燒越好，只是幅度沒有面紙那麼明顯。
  5. 日曆紙的效果又剛好和影印紙對稱，隨著濃度上升，閃光紙的燃燒越差。
- 二、無論是哪一種紙張材質的閃光紙燃燒，編號越到後面，效果都是變差。因為硝酸的濃度變淡，相對的是紙張的硝化作用就變差。導致所有的統計曲線度向上偏，燃燒的秒數變長，反應時間變慢。
- 三、就秤量紙而言，普遍在硝酸與硫酸的比為 125：100 的時候表現較佳，即使是後半段有是如此。
- 四、就面紙而言，編號在第 8 張之後，效果大幅度的偏差，而且是不論哪一個濃度，都在這附近之後，閃光紙的燃燒秒數大幅度飆升。
- 五、宣紙在硝酸與硫酸的比為 125：100 的時候，隨著編號越往後面，前後的變化並不會太大。反倒是其他兩個濃度，閃光紙的燃燒秒數，在編號 4 之前，效果異常的好，平均約 7 秒左右。但在編號 6 之後，則秒數大幅度飆升，平均約 18 左右。
- 六、日曆紙的震盪幅度，是所有項目中最大的。這一張的秒數和下一張的秒數可以相差高達 17 秒左右。可能受到我們只浸泡 1 分鐘的酸液，不會完美硝化，和日曆紙本身就有油墨的影響。也有可能是油墨厚薄不一致，所造成的紙張硝化很分散。
- 七、影印紙的表現，是所有項目中最一致的。無論在哪一種濃度內，彼此都相差不大，震盪非常少。但秒數的飆升也是最快的，可能因為紙張較後，消耗的硝酸較多，所以編號越後面的影印紙，所能用來硝化的硝酸就更少了。甚至最後的幾張閃光紙在燃燒時，感覺像是在燒紙張，而不是閃光紙。
- 八、所以閃光紙的閃燃效果好壞，應該是不同的材質搭配不同的濃度，不是非得一定是某特定的比例。就本實驗而言：
- (一) 硝酸：硫酸 = 6：5。面紙、宣紙、日曆紙、影印紙都很好。
  - (二) 硝酸：硫酸 = 5：4。面紙、影印紙比較好。
  - (三) 硝酸：硫酸 = 12：10。面紙、宣紙、影印紙都很好。



## 柒、參考資料及其他

1. 國立台中教育大學(NTCU)。科學遊戲實驗室。神奇閃光紙。  
取自：<http://scigame.ntcu.edu.tw/chemistry/chemistry-032.html>
2. 維基百科。硝化反應。  
取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%A1%9D%E5%8C%96%E5%8F%8D%E5%BA%94>
3. 科工館教育推廣。有機化學。閃光紙。  
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=2GBgbSZfYcw>
4. 國立彰化師範大學化學系。化學示範實驗：神奇的閃光紙。  
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=ZeUC0Ej6j1M>
5. 均一教育平台。閃光紙快閃。  
取自：<https://www.youtube.com/watch?v=paJLmWrKLtA>
6. 化學示範實驗。神奇的閃光紙( How to Make Flash Paper for Maguc Tricks )〔 I 〕。高瞻自然科學教學資源平台。  
取自：<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=26945>
7. 化學示範實驗。神奇的閃光紙( How to Make Flash Paper for Maguc Tricks )〔 II 〕。高瞻自然科學教學資源平台。  
取自：<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=26926>
8. 硫酸。科學 Online。高瞻自然科學教學資源平台。  
取自：<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=31038>
9. 硝酸。科學 Online。高瞻自然科學教學資源平台。  
取自：<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=45793>