

台灣二〇〇二年國際科學展覽會

科 別：化學科

作品名稱：親愛的，我把汽油”變硬”了！

學 校：國立臺中第一高級中學

作 者：蔡又中

作者簡介



民國 74 年出生於台中市，畢業於省三國小，五權國中，目前就讀於台中一中二年級。

從小對科學就有著濃烈的興趣，上國中接觸到化學課程後，對於化學一科甚是投入，並自認為予興趣之所在。

進入高中後，視化學為生活科學而非考試科目，積極充實化學知識，並從事研究創新。

研究報告

壹、作品名稱：

親愛的，我把汽油“變硬”了。

貳、研究動機：

汽油給人的第一印象想必就是危險易燃，並且很容易揮發，在運輸及保存上有許多缺點，最簡單來說，汽油的高揮發性造成能源的散失、汽油的易燃性則造成了許多意外。鑒於今天許多酒精固體燃料的存在，而萌生研究製成汽油固態燃料的念頭。

參、研究目的：

尋找製作汽油固體燃料的良好方法，進而改善其高揮發性與易燃性的缺點。

肆、研究設備：

一、實驗藥品：

汽油(中國石油公司98無鉛汽油)、鹽酸、丙酮、甲基纖維素、膠態甲基纖維素、乙醇、氫氧化鈉、硬酯酸、白煙(White Carbon, SiO₂混合物)、石膏、陶土、天然橡膠(三五橡膠廠股份有限公司)、合成橡膠(Styrenl Butadienl Rubber, 三五橡膠廠股份有限公司)、動物脂肪(豬油)、油酸、明膠粉、醋酸鈣、椰子油。

二、實驗器材：

量筒、滴管、燒杯、錐形瓶、玻棒、刮勺、濾紙、廣用夾、火柴、棉花、坩鍋、精密溫度計、鋁箔紙、電子秤、馬錶、自製燃燒熱測定裝置。

伍、研究過程與方法：

一、固化方法之研究：

1. 建立可能的固化方法

(1) 測試一：

- ① 硬酯酸 + 汽油
- ② 硬酯酸 + 氫氧化鈉 + 汽油

(2) 測試二：

- ① 油酸 + 汽油
- ② 油酸 + 氫氧化鈉 + 汽油

(3) 測試三：

- ① 甲基纖維素 + 汽油
- ② 甲基纖維素 + 酒精 + 汽油

(4) 測試四：

① 椰子油肥皂 + 汽油

② 豬油肥皂 + 汽油

(5) 測試五：

① 白煙 + 汽油

(6) 測試六：

① 天然橡膠 + 汽油

② 合成橡膠 + 汽油

2. 確定可行方法並做定量分析(吸附效果比較)

(1) 原料：

① 硬酯酸 + 氫氧化鈉 + 汽油

	1	2	3	4	5
汽油(ml)	50	50	50	50	50
氫氧化鈉(g)	1	1	1	1	2
硬酯酸(g)	1	2	3	4	4

② 甲基纖維素 + 酒精 + 汽油

	1	2	3	4	5
汽油(ml)	50	50	50	50	50
酒精(ml)	15	15	20	20	20
甲基纖維素(g)	10	15	10	15	20

③ 白煙 + 汽油

	1	2	3
汽油(ml)	50	50	50
白煙(g)	10	12	15

④ 天然橡膠 + 汽油

	1	2	3	4
汽油(ml)	50	50	50	50
天然橡膠(g)	5	10	15	20

⑤ 合成橡膠 + 汽油

	1	2	3	4
汽油(ml)	50	50	50	50
人工橡膠(g)	10	20	30	40

(2) 實驗觀察：

① 硬酯酸 + 氫氧化鈉 + 汽油

	1	2	3	4	5
外觀	有少許懸浮塊狀固體	潮濕狀，有少部分氫氧化鈉未溶	潮濕蠟狀，有少部分氫氧化鈉未溶	蠟狀，極少氫氧化鈉未溶	蠟狀，部分黃綠色，有極少氫氧化鈉未溶
硬度		軟	中等	硬	硬

② 甲基纖維素 + 酒精 + 汽油

	1	2	3	4	5
外觀	果凍狀，少部分未凝	果凍狀，少部分未凝	果凍狀，極少部份未凝	果凍狀(乾)	粉狀，部分白色
硬度	軟	中等	中等	硬	

③ 白煙 + 汽油

	1	2	3
外觀	潮濕果凍狀	蠟狀，少許部分成白色	粉狀，少部分成白色
硬度	軟	硬	

④ 天然橡膠 + 汽油

	1	2	3	4
外觀	軟膠狀	全溶後再凝為軟膠狀(形狀改變)	全溶後再凝為膠狀(形狀改變)	全溶後再凝為膠狀(形狀改變)
硬度	軟	中等	較硬	硬

⑤ 人工橡膠 + 汽油

	1	2	3	4
外觀	黏稠膠狀	黏稠膠狀(極稠)	黏稠膠狀(極稠)	橡膠狀
硬度	中等	硬	硬	硬+

陸、實驗結果：

一、提出十項配方之定性分析(成品狀態、揮發量、燃燒熱值之比較)

1. 原料：

原料 編號	汽油 (ml)	甲基 纖維 素(g)	酒精 (ml)	氫氧 化鈉 (g)	硬酯 酸(g)	白煙 (g)	石膏 (g)	陶土 (g)	天然 橡膠 (g)	合成 橡膠 (g)
A	50	17	20							
B	50	20	20		10					
C	50	17	20				10			
D	50	20	20		10		10			
E	50	17	20					10		
F	50								5	
G	50									30
H	50					15				
I	50			1	4					
J	50					5			10	
對照 組	50									

2. 熱值與揮發量的耗損：

物性 編號	外觀 (一週後)	硬度 (一週後)	靜置 24 小 時之揮發量 (g)	靜置一週後 之揮發量 (g)	*燃燒熱值 (cal/g)
A	果凍狀	中等	1.45	8.47	1791.67
B	果凍狀	中等	2.04	9.9	1375.00
C	果凍狀	較硬	1.56	9.13	1237.50
D	果凍狀	較硬	2.23	11.45	1300.00
E	果凍狀	較硬	1.18	10.95	1025.00
F	橡皮狀 有彈性	如軟橡膠,不 甚硬不流動	2.32	10.35	1562.50
G	橡膠狀 有彈性	甚硬	0.27	6.33	1175.02
H	粉狀		0.86	5.83	1062.50
I	果凍狀	硬	0.84	9.9	1500.00
J	橡皮狀	硬	1.14	9.17	1325.05
對照組	液態汽油 50ml		31.75	36.22	2075.00

注：(1) “**粗斜體**” 表示揮發量小於原汽油。

(2) 燃燒熱值為樣品靜置一週後測定

*以自製燃燒熱測定器所得實驗數值。

柒、討論：

一、固化方法與討論

1. 取可行方法做定量分析(吸附結果比較)並討論：

① 硬酯酸 + 氫氧化鈉 + 汽油

在常溫下，將硬酯酸加入汽油後，汽油並沒有凝聚現象。而加入硬酯酸與氫氧化鈉者，靜置數天後，產生了一種半固體呈果凍狀的懸浮物。調整硬酯酸與氫氧化鈉的量，可以使汽油被凝聚的粒子吸附而包含在果凍狀的半固體當中，達到固化的效果。由於結果呈現蠟狀而不甚硬，試驗將其置於0℃(高溫環境不適宜，因為汽油燃點約47℃)凝聚，但並無得到較佳效果。而在凝聚後始終仍有少許固體氫氧化鈉未溶，顯示出氫氧化鈉的需求量極少。並且在久置後(即使放入冰箱冷藏)汽油(蠟狀)少部分呈黃綠色，推想是發霉(真菌)所造成。

② 甲基纖維素 + 酒精 + 汽油

在常溫下，加入甲基纖維素於汽油靜置後並無任何變化。而加入甲基纖維素與酒精於汽油可產生凝聚現象(不需久置)，使汽油被凝聚的粒子吸附而抓住，包含於凝聚物，達到固化的效果。加入少量時，產生潮濕果凍狀固體，而量多時則成為乾蠟狀，更多量時成為粉狀。而粉狀中些許呈白色，推想其為未溶的甲基纖維素。隨著時間久置，白色粉末並不顯著變多(即成品中的汽油並不容易揮發，可知甲基纖維素的吸附力頗高)。

③ 白煙 + 汽油

在常溫下加入白煙於汽油後攪拌，即有凝聚現象產生(不需久置)。加入足量可立即凝成果凍狀，欲達到更乾燥的成品則在加入更多量使其形成粉狀。而其中有少部分呈白色，其原因推測來自於未溶與因汽油揮發而析出的白煙。而此成品隨著久置，有明顯發現顏色變白，狀態更趨於粉狀(即成品中的汽油容易揮發，亦可知白煙的吸附力較低)。

④ 天然橡膠 + 汽油

在常溫下初加入後發現橡膠接觸汽油面呈現黏滑的現象，靜置1~2天後有部分溶入汽油後重新凝成膠體，而靜置約4~5天後則全部溶入汽油並重新凝成橡膠狀(此膠體並不均勻存在杯底，推想其為天然橡膠分子間的自然張力，使其彎曲。)。調整適當的量，可以使橡膠重凝而恰將所有汽油分子包含，形成黏稠的橡膠狀。在形成膠體過程，發現若加入較多的橡膠，成品當中出現些許小氣泡，推想其為橡膠本身(未溶前)分子間的氣體分子，重凝後聚集成為小氣泡，而橡膠分子間張力

強，使氣體分子無法排出。

⑤ 合成橡膠 + 汽油

類似天然橡膠，在常溫下初加入後發現橡膠接觸汽油面呈現黏滑的現象，靜置至第5天則可見橡膠全溶入汽油並且凝成橡膠狀，但此膠體乃呈均勻分布於杯底，形狀規則。加入的人工橡膠越多，成品越硬。調整加入的量，得到成爲不具黏稠性的硬橡膠狀。而成品當中亦出現許多氣泡(比天然橡膠的成品多且大)，推想亦爲橡膠本身(未溶前)分子間的氣體分子，重凝後聚集成爲小氣泡，而人工橡膠分子間吸附力更強，使存在成品中的氣泡更多更大。

二、膠體理論

1. 添加甲基纖維素、硬酯酸、白煙之凝聚原理：

此爲共沉澱原理。共沉澱(coprecipitation)是指在沉澱形成期間，其他可溶的化合物也從溶液中一起沉降下來的現象。很重要的是沉澱的污染物其溶解度很大，所以不包括在一起沉澱作用中。本實驗結果所用的是共沉澱原理中的表面吸附(surface adsorption)原理。

吸附是共沉澱的一種常見來源，吸附作用係用一種溶液中可溶性化合物，因吸附在凝聚膠體的表面上，而從溶液中沉澱下來的過程。

由於凝聚固體仍具有很大的內部表面積暴露在溶劑中，所以膠體的凝聚作用並不會明顯地降低吸附的量。凝聚膠體的共沉澱污染是由，在凝聚前即已吸附在表面的晶格離子，和溶液稀薄層中帶相反電價離子迅速接到粒子上等所形成的。結果，表面吸附的淨效應就是將其他可溶性化合物一起以表面污染的形式沉澱下來。

2. 添加天然橡膠、合成橡膠之凝膠原理：

橡膠與油混在一起，油會進入橡膠高分子內，造成橡膠的膨潤(swelling)。而因爲橡膠有交連，油不會將橡膠溶掉，此時的系統變成是油和吸飽油的橡膠混在一起。若這時繼續加入橡膠，油就會進入新的橡膠內，繼續不斷加入橡膠，最後所有的油都會進入橡膠內，此時整個系統就成爲被油膨潤的橡膠。膨潤指的是溶劑滲透進入高分子，因而隔開高分子鏈。使的高分子的體積膨脹。同時由於溶劑分子隔開了高分子鏈，使得分子鏈間的吸引力降低。高分子因而變的容易運動，因而改變了許多物性。(註1)

註1：本段部分引自 <http://www.mse.ntu.edu.tw/~liau/lecture/material/prop.htm>

廖文彬教授 著

三、實驗結果之討論

1. 最終十項配方之討論：

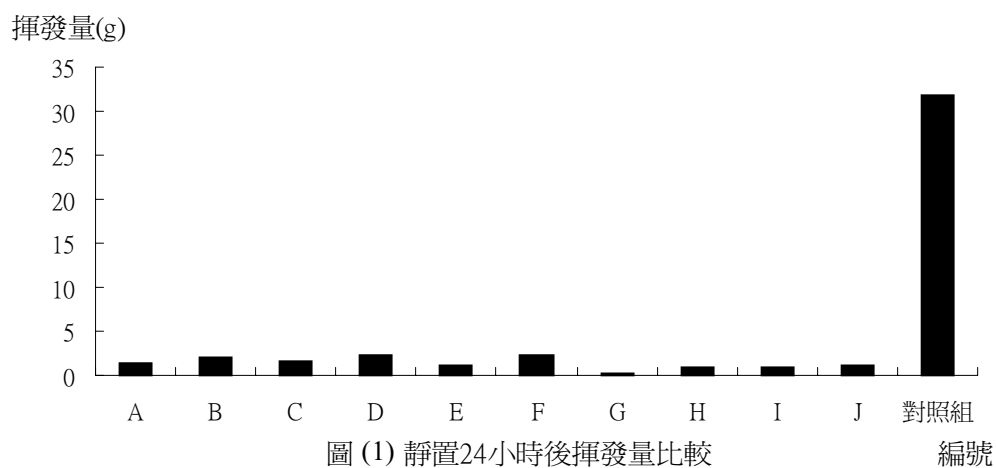
經由五種可行方法的定量分析，得到每種添加劑最適當的添加量，並將此結果作爲最後十項配方之依據，再經過實驗分別找到達到最佳吸附效果的添加比例，得到初步的配方。而在某些配方當中，更

加入了石膏、陶土來增進成品的硬度。接著我們比較其揮發量，略為修正初步配方，提出最終的十項配方。我們再對這些配方作燃燒熱值得測定，將這些數據與原汽油的燃燒熱值比較後，發現成品的燃燒熱值都比原汽油低，而此原因可以理解是因為成品單位每克中所含的汽油量必定少於原汽油；但大都還有 1 4 0 0 cal/g 左右的熱值，即依然含有大量的化學能。

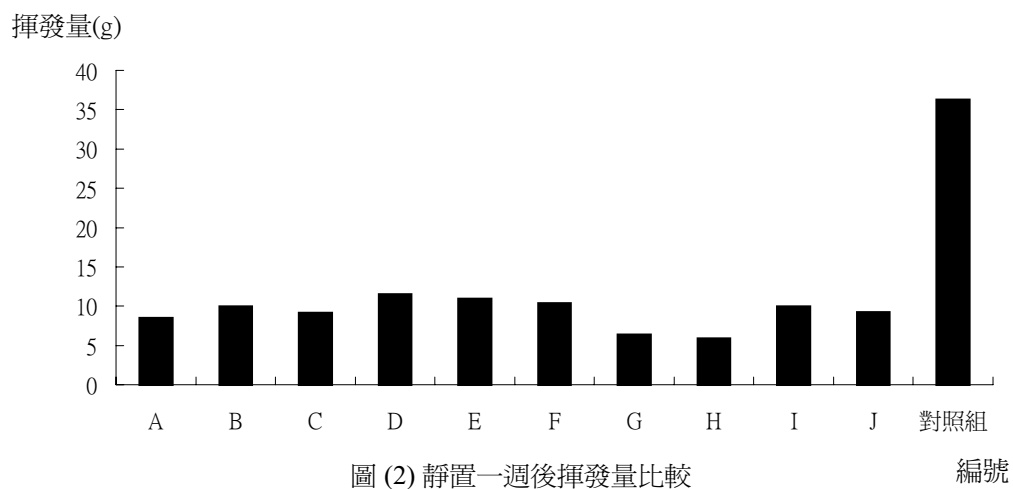
而從揮發量的比較看來，我們發現絕大部分的成品揮發量均小於原汽油，其原因一為汽油分子經過膠體或凝膠粒子吸附(甚至包含)，分子間作用力強，揮發量自然下降；原因二為所添加的藥品燃點及熔點均高於汽油，使得成品較不易揮發，且降低易燃性。

2. 揮發量比較：

① 靜置 24 小時後：如圖(3)



② 靜置一週後：如圖(2)



3. 燃燒熱值的測定與比較：

(1) 實驗裝置與方法

以自行訂做的一個壓克力長方體無蓋容器(25 × 25 × 35，一側有門)作為控制燃燒環境(變因)的裝置，以定量的成品(2 克)燃燒加熱定量的水(250 毫升)，透過測量水的溫度變化求得燃燒熱值(cal/g)。

* 裝置附於附件一

(2) 燃燒熱值之比較：如圖(3)

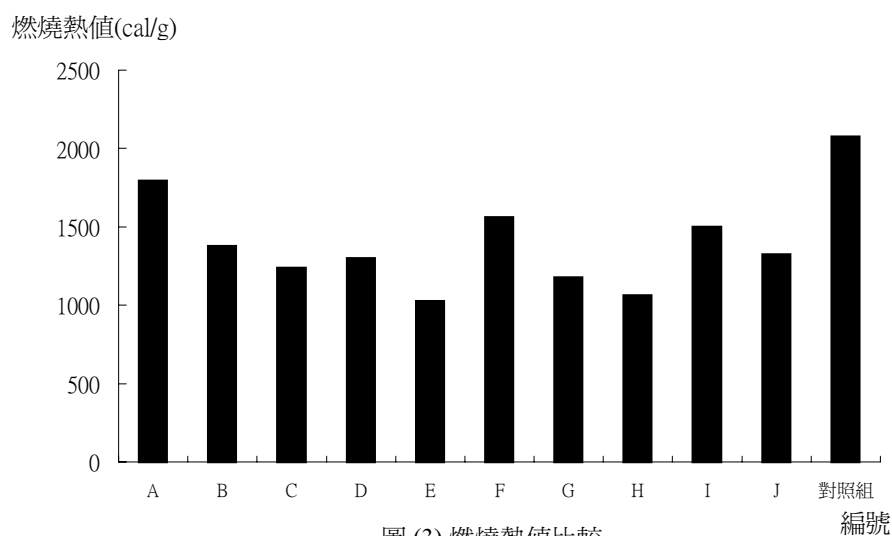


圖 (3) 燃燒熱值比較

捌、結論

日常生活中我們常需用到簡單的固態燃料，然而一般市面上的成品燃燒熱值不高，而且有許多缺點(例如：畏強風)。我們設計了固體汽油燃料的製作方法，確定能將汽油固化。

並且，顯然原汽油的高揮發性以及易燃性在我們藉由混合其他添加物後，得到了改善。

一、此次實驗設計 10 種汽油固體燃料的製作方法：

- A. 甲基纖維素 + 酒精 + 汽油
- B. 甲基纖維素 + 酒精 + 硬酯酸 + 汽油
- C. 甲基纖維素 + 酒精 + 石膏 + 汽油
- D. 甲基纖維素 + 酒精 + 硬酯酸 + 石膏 + 汽油
- E. 甲基纖維素 + 酒精 + 陶土 + 汽油
- F. 天然橡膠 + 汽油
- G. 合成橡膠 + 汽油

H. 白煙 + 汽油

I. 氫氧化鈉 + 硬酯酸 + 汽油

J. 白煙 + 天然橡膠 + 汽油

二、燃燒情形：(主要)添加甲基纖維素、硬酯酸、白煙的汽油燃燒時有溫和、穩定的火焰。添加合成橡膠、天然橡膠者則較不易點燃(比起原汽油)，且開始燃燒時有些許爆裂音，而燃燒過程中較添加甲基纖維素者不溫和及不穩定。添加合成橡膠者明顯較不畏風，亦較不畏水(滴上數滴水仍繼續燃燒)。

三、*燃燒熱值討論：此次實驗所測的燃燒熱值只作為相互比較(定性分析比較)之用。由於無法取得準確測定燃燒熱值之裝置，所以我們自製一個簡單燃燒熱測定裝置，用以控制燃燒環境(變因)；雖測出的燃燒熱值與準確值有滿大的誤差，但只用作定性比較，應該可以接受。

四、燃燒後剩餘物：

編號	剩餘物
A	黑色固體
B	黑色固體
C	黑色固體，少許灰白色粉末
D	黑色固體，少許灰白色粉末
E	黑色固體，少許灰土黃色粉末
F	黑色極黏稠膠狀液體
G	黑色極黏稠膠狀液體
H	灰黑色粉末
I	黑色固體
J	黑色極黏稠膠狀液體，少許灰黑色粉末

五、成品可能應用範圍：A 硬度較低適合作為膏狀酒精的替代品。B、C、I 硬度較高適用於餐廳固體酒精燃料的替代品。D、E 硬度更高，適用在外出攜帶的燃料(例如：火種)。F、G 因為加入橡膠的緣故，燃點較高，並且不怕風不畏水，較耐高溫，適用於一切較不好的燃燒環境(例如：潮濕)，例如用在郊外野炊、火把燃料。H 呈粉狀，可到達被燃物的每一處，適用於需要潑灑燃料的用途(例如：焚燒物品)。J 因為有白煙的幫助，使其較 F、G 易點燃，若需要較易燃而有 F、G 功效的燃料，可選擇此種。

六、保存方式：密閉罐裝，注意遠離高溫。

七、展望：接下來將研究如何將固化後的汽油重新回到液體狀態，達到能量轉換無虞。如此一來，在運輸、保存上使用固態可減少揮發及危險性；而轉變回去的液態汽油則可用於交通工具燃料等現今汽油使用之處。

玖、參考資料：

- 一、張明格, 民 87, 酒精固體料的製作與研究, 第三十九屆優勝作品專輯, 國立台灣科學教育館
- 二、方嘉德、李德、1997 年 1 月, 大學分析化學, p.85-p.91, 美亞出版社
- 三、梁定澎等, 民 70, 大學化學名詞辭典, 復漢出版社
- 四、張有義, 郭蘭生, 民 80, 膠體及介面化學入門, 高立圖書有限公司
- 五、國際少年村, 民 85, 十萬個爲什麼, p.106, 少年兒童出版社
- 六、曾國輝, 民 82, 化學(上), 藝軒出版社
- 七、張榮語, 民 87, 射出成型模具設計—材料特性—, 高立圖書有限公司

附件一

