

篇名：

煙囪發高燒—探討煙囪高度

作者：

謝羽軒。蘇郁捷。私立曉明女中。高二丁班

## 壹●前言

每種建築物的煙囪高度不盡相同，尤其是火力發電廠或焚化爐的長煙囪最為不同。到底是什麼原因所致呢？加長煙囪長度能幫助燃燒嗎？難道煙囪高度只要一直增加，燃燒效果就會愈來愈好嗎？每逢春節，中國人依照傳統習俗去廟宇拜拜，在金爐裡燒金紙，金爐上方的煙囪長度是否也會影響燃燒速率呢？

關於流體的運動在學校的課程裡並沒有學過很多，只知道煙囪會產生對流作用。而關於流體的定律有如白努力原理：流體的壓力，隨流速增加而減低。

透過此次的研究，我們想要了解煙囪長度對其燃燒速率的影響，進而找出其互相的關係。

## 貳●正文

### 一、研究設備及器材

溫度計一支

自製火爐(煙囪)一個：磚塊九個、可拉長之鋁風管一個

捲尺一個

打火機一把

燃燒物品(A4 紙數張)

碼錶一個

### 二、研究過程或方法

- 1、將 9 塊紅磚堆成  $\square$  字型
- 2、將 88 公分的鋁風管(可拉長式)插入中間
- 3、將 1 張 A4 大小的紙張分割成 4 等分，以增加表面積，助於其燃燒
- 4、紙張點燃時，按下碼錶計時，並測量溫度變化
- 5、當紙張燒完，火焰熄滅後，再停止計時
- 6、相同步驟，再加上一張 4 等分的 A4 紙張，重複實驗一次
- 7、實驗出多組數據後(1~4 張 A4)，將鋁風管拉長 20 公分
- 8、重新從 1 張 A4 大小紙張開始測 108 公分的鋁風管燃燒時間
- 9、相同步驟，測量 128、148、168 公分的鋁風管燃燒時間
- 10、分析數據。

### 三、研究結果

鋁風管高度	A4 張數	燃燒時間	溫度
88cm	1	1'22''84	32°C
	2	2'58''09	41°C
	3	3'03''91	51°C
	4	3'48''84	57°C

鋁風管高度	A4 張數	燃燒時間	溫度
108cm	1	0'55''55	36°C
	2	1'41''86	51°C
	3	1'47''65	67°C
	4	1'18''68	75°C

鋁風管高度	A4 張數	燃燒時間	溫度
128cm	1	0'35''19	35°C
	2	1'16''99	49°C
	3	1'34''59	65°C
	4	1'25''39	81°C

鋁風管高度	A4 張數	燃燒時間	溫度
148cm	1	0'24''77	55°C
	2	0'25''48	73°C
	3	0'57''83	102°C
	4	1'11''54	87°C

鋁風管高度	A4 張數	燃燒時間	溫度
168cm	1	0'36''78	29°C
	2	0'57''06	48°C
	3	0'57''74	70°C
	4	1'31''40	70°C

### 四、討論

本實驗設備與實驗之進行如圖一、圖二所示，設備裝置在校園的一角進行，藉由燃燒不同張數的紙張進行不同煙囪高度的實驗，紀錄燃燒完成的時間與溫度。所記錄的溫度係用以檢視實驗過程是否正確，燃燒溫度沒有達到預期，所得的數據即無法採用。



圖一 實驗設備之全貌之一



圖二 進行燃燒實驗之一景

加上煙囪後，可以增強因為溫差(密度差)造成對流效果，也就可引入更多新鮮空氣，帶入新的氧氣讓燃燒更劇烈。因為在煙囪範圍內的煙密度都比外界空氣小，所以受到空氣浮力會一直有加速度，如果煙囪一直加高到跟煙密度相同的地方那就沒有效果了，在更高的話反而會有反效果。

為何煙囪的煙上升過程會有加速度力量從何而來？難道煙囪高度只要一直增加燃燒效過會愈來愈好嗎？

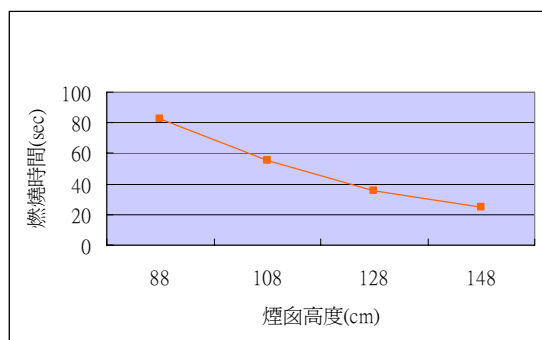
就好像愈長管的槍枝，子彈獲得的能量愈多一樣。熱空氣會上升，煙囪愈高的話，產生的熱氣能夠上升的高度愈高，同一份熱空氣對於促進對流的貢獻度愈大，可以利用到它的能量愈大。再舉一個例子，你覺得 1 顆汽球的浮力比較大，還是 100 顆的？當然是 100 顆！煙囪愈高也和汽球一樣，假設煙囪截面積固定，煙囪愈高則體積愈大！就好像短煙囪裡有 1 顆汽球，長煙囪裡有 100 顆汽球一樣，向上飄的力量就大！而空氣是一種流體，因為壓力的關係，煙囪裡的空氣上飄後，就由下方的進氣口補充新鮮空氣進來，(不然就變真空了)，因此對流就會越旺盛。

一般煙囪的造型多採用上窄下寬的設計，除了能增加煙囪本身的穩定度之外，依照物理流體力學的原理，出口縮小，流速會加大，而使煙囪上方壓力減小（白努力原理），這有利於內部的廢氣迅速上升，增加排氣量。

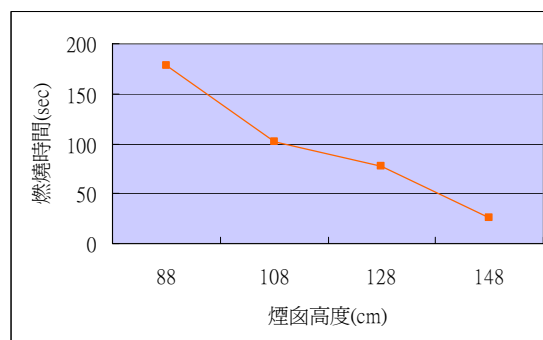
白努力原理是探討流體(例如我們實驗的例子是空氣)其運動會對流體的壓強產生一些影響。其實際應用：鳥兒、飛機能飛，關鍵就在於白努力原理中。兩者翅膀的形狀和位置取向，使得空氣流經時，翅膀上方的流速較下方快些，以致翅膀上方的空氣壓強較下方小，就可得到一個向上的升力。

我們的實驗中，也可以運用這個原理，由於下方壓力大，經燃燒後壓力變小，也就是說煙囪內部壓力較外部小，而燃燒造成一個向上的升力，旁邊的空氣亦會隨之遞補。這樣一來，對流更旺盛，燃燒效果越好。

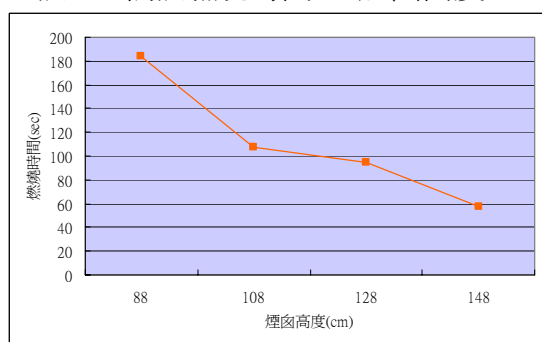
經實驗數據分析證實，煙囪的高度的確有影響燃燒速率。以一張 A4 紙為例，(見圖三)從 1'22"84 到 0'55"55、0'35"19、0'24"77 持續增快，除了 168cm 的 0'36"78 不列入考慮，因為其燃燒溫度過低。圖四到圖六分別代表二到四張紙張燃燒之結果，所用時間均統一換算成秒。



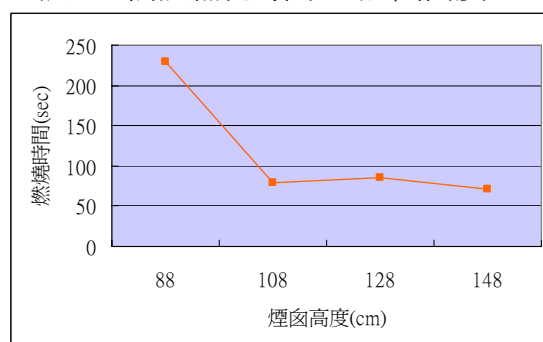
圖三  
一張 A4 紙張燃燒時間 vs 煙囪高度



圖四  
二張 A4 紙張燃燒時間 vs 煙囪高度



圖五  
三張 A4 紙張燃燒時間 vs 煙囪高度



圖六  
四張 A4 紙張燃燒時間 vs 煙囪高度

由圖三及圖四得知，在紙張少的情況下，煙囪高度越高，燃燒時間越短，即對流效應越佳。但由圖五圖六顯示，在煙囪高度超過 108cm 後，燃燒時間的差異並不顯著。此一現象可能是底面積不大而造成燃燒的對流現象與少張紙的狀況有所差異。確實的情形可以在日後重複多次實驗後加以探討。

本實驗因為在戶外進行，有外在影響而無法有效控制在相同條件下進行實驗，所以數據可能有些許的誤差，而誤差過大的(如 102°C 和 29°C)即不列入考量。煙囪 168cm 的數據皆不合預期，其原因即可能為底面積不夠大，或因煙囪加高到跟煙密度相同的地方而沒有效果了，甚至形成反效果。

日常生活中常見的煙囪，從住家的短煙囪到火力發電廠數百公尺的煙囪都有，一般工廠如果有煙囪的話，那就表示他們工廠裡面有燃燒物體，所以那是用來排放廢氣的。致於煙囪之所以要做那麼高，那是因為燃燒後的物質不只氣體，還會有

一些懸浮物質(固體)，混在那陣煙霧之中，所以煙囪之所以做那麼高有下列幾點因素：

1.因為燃燒時需要很高的溫度，所以所排出來的煙霧溫度也很高，所以利用高度的製造出距離，讓排出來的煙霧可以慢慢的跟空氣對流，然後以接近室溫的溫度排至空氣中。

2.煙霧中會有微小顆粒的懸浮物質，那些懸浮物質通常對人體都有害，所以如果沒有處理過直接排出來，那人吸進去之後就會累積在肺中排不出來，最後會演變成肺癌。所以煙囪的高度之高，另一個功能就是利用高度讓那些微小例子可以漸漸沉澱，讓它慢慢的因為高度越高、溫度越低，而無法飄不到那麼高，最後讓排出去的煙霧中沒有這些有害的粒子。

換句話說，煙囪的高度到底要多高，這是決定於該工廠的燃燒物是什麼，再者，就是要讓煙霧的溫度跟室溫相近，以及讓懸浮物質減到最小，這就是煙囪高度設計的基本原則。

那煙囪高度到底有多高呢？舉個實際例子：台中火力發電廠，煙囪高 250 公尺，是一般焚化爐煙囪的 2 倍高。

#### 參●結論

本實驗結果證實煙囪的高度會影響燃燒速率，在紙張少的時候，煙囪越高，其燃燒時間也越短；在紙張多的時候，煙囪高度超過 100cm 後影響不顯著，此結果或許因為實驗設備簡陋，無法有效地在相同條件下進行實驗，未來可以改進，做進一步的探討。

#### 肆●引註資料

1. 作者 Paul G. Hewitt 譯者 師明睿 2001. 觀念物理 III 物質三態・熱學
2. <http://www.jongsontw.com/jotul/Chimney.pdf>。
3. <http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/phpBB/index.php>