

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030808

遇熱則發！

學校名稱：臺中縣立豐東國民中學

作者： 國二 劉承林 國二 鄧嘉睿 國二 李柏宏 國二 蔡久合	指導老師： 簡金標 張維軒
-------------------------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： Solar Chimney、煙囪效應、空氣熱對流

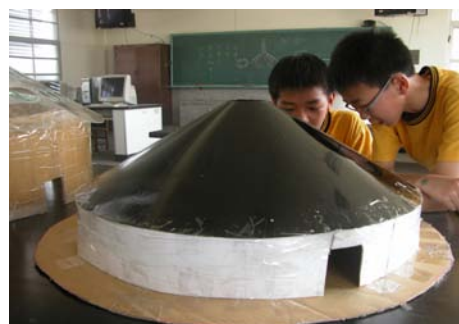
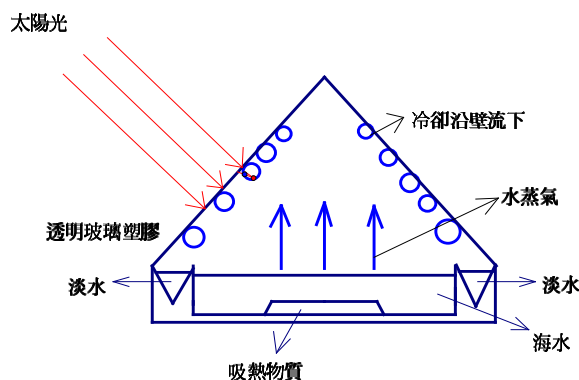
遇熱則發！

壹、摘要

爲了不辜負太陽光的美意，也爲了讓地球能增能減碳，更爲了綠色能源(太陽能發電)可以落實到台灣的每一個地方，我們結合了太陽熱動力、煙囪效應、凸透鏡聚熱與風力發電技術，設計製作了一個「小而熱」的小型太陽能發電器；這個裝置只要有陽光就能發電，而且是愈熱愈發的太陽能發電裝置，同時也能將電能轉成化學能儲存到電池，使沒有陽光時也有電可用。

貳、研究動機

我們在自然科講義第三冊第五章溫度與熱量章節裡看到一則以簡單的太陽能蒸餾海水的蒸餾器，它最主要的功能是利用太陽能來進行海水的淡化作用，其裝置圖如下圖所示；這個太陽能的蒸餾裝置引起我們的好奇，當時我們在想可否利用此裝置來發電呢？於是我們和自然老師討論這個問題，老師認爲這個構想很有創意也很值得探討，因此我們就開始研究這個主題。



參、研究目的

- 一、煙囪效應理論的探討。
- 二、探討第二代模型對風速的影響。
- 三、探討煙囪上、下的溫差與風速的關係。
- 四、探討煙囪直徑大小對風速的影響。
- 五、探討漸擴式煙囪對風速的影響。
- 六、探討圓錐形加熱鐵板角度大小對風速的影響。
- 七、探討第三代太陽能發電裝置的發電效率。



肆、研究器材

1	風速計	5	厚紙板	9	熱熔膠	13	溫度計
2	數位電表	6	鐵片	10	膠帶	14	電線
3	壓克力板	7	小型發電機	11	平面鏡	15	圓規
4	凸透鏡	8	風扇	12	太陽能板	16	直尺

伍、研究方法

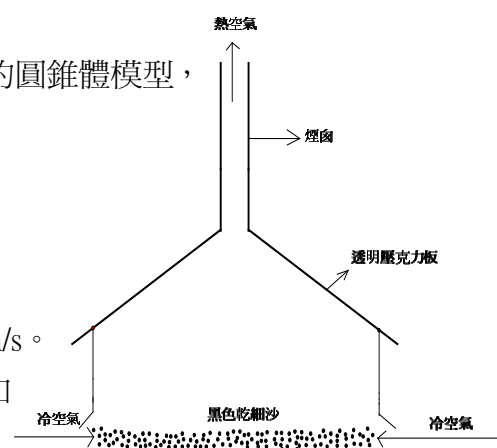
一、理論探討：

Solar Chimney 的發電原理

從資料中得知，Solar Chimney 為太陽能熱動力和煙囪效應、風力發電的技術結合，是藉由太陽光的照射加熱地表，使地表附近的空氣受熱而上升，再經過煙罩的集中到達煙囪，熱空氣由煙囪上升，在上升的過程中，因為空氣受熱體積膨脹及煙囪效應而達到增速的效果，最後帶動煙囪管內的風力發電機，而達到發電的效果。

(一)實驗方法：

- 1.以壓克力板製作一個直徑為 72cm 類似小型 Solar Chimney 的圓錐體模型，樣式如右圖所示(我們稱為第一代模型)。
- 2.以黑色乾細砂為太陽能的吸熱板。
- 3.在圓錐體模型下方開了四個開口，讓冷空氣由此進入。
- 4.用厚紙板做成長為 1.2m 直管式煙囪。
- 5 測量時間為 13:00~14:00，氣溫為 32.4°C，地面風速 0.62m/s。
- 6.測量地點：本校操場，每一分鐘測量一次，煙囪入口、出口處的風速。



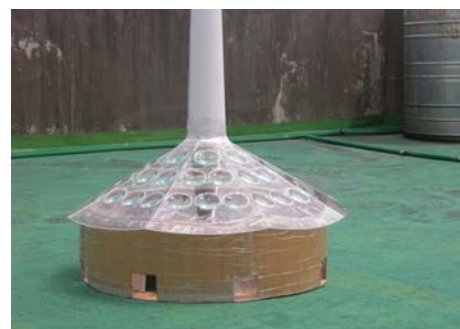
(二)實驗結果：

煙囪長度=1.2m

次數	1	2	3	4	5	平均
煙囪入口的風速	0.92 m/s	0.82 m/s	0.88 m/s	0.84 m/s	0.86 m/s	0.86 m/s
煙囪出口的風速	0.80 m/s	0.74 m/s	0.76 m/s	0.70 m/s	0.72 m/s	0.74 m/s

(三)實驗討論：

- 1.以上風速和我們預期的風速值落差很大，因此我們尋找風速不足可能的因素，並提出增強風速的方法。
- 2.我們提出三個增大風速的改善方法：
 - (1)改變加熱板的形式使熱空氣的對流更順暢。
 - (2)設法增高加熱板的溫度以提升熱空氣的浮力。
 - (3)圓錐體模型下方的開口，由 4 個增加為 8 個，以利冷空氣的進入，促使熱對流旺盛。



二、探討煙囪效應：

煙囪效應是指浮力驅動的氣體(即熱空氣)在煙囪中流動的效應，這種浮力的產生與煙囪上、下的氣體溫度差有關，當溫度差異越大時，浮力就會越強，煙囪效應也越佳。

※ 煙囪上、下的溫度差所造成的壓力差(ΔP)可由以下公式計算來:

$$\Delta P = c a h (1/T_0 - 1/T_1)$$

ΔP ：煙囪上、下的壓力差(Pa)是造成煙囪內效應的動力

C：常數

a：大氣壓力(Pa)

h：煙囪高度

T_0 ：煙囪上的溫度($^{\circ}\text{C}$)

T_1 ：煙囪下的溫度($^{\circ}\text{C}$)



從以上公式得知：煙囪的高度與煙囪出口、入口處的溫度差都會影響煙囪上、下的壓力差；但是如何將溫度差轉為壓力差，再將壓力差轉為動力(風力)用來發電，這是我們將要探討的課題。

三、探討第二代模型對風速的影響

(一)實驗方法：

- 1.將第一代 Solar Chimney 模型的加熱板由黑色乾細砂改為黑色圓錐形鐵板，以利用熱空氣的對流，使熱對流更旺盛。
- 2.在圓錐形吸熱板外面的壓克力板上增設了 48 個相同規格的凸透鏡(直徑皆為 7.5 公分)，以增加加熱板的溫度，進而提高煙囪效應，凸透鏡的聚熱作用會使加熱板在單位時間內的熱量增加很多。
- 3.先測量凸透鏡的焦距為 18 公分，再調整吸熱板與凸透鏡的距離使凸透鏡的焦點正好會聚在吸熱鐵板上，經過以上改良後的模型，我們稱為第二代模型(如右下圖所示)。
- 4.我們用厚紙板做成長為 0.6m、1.2m、1.8m、2.4m、3.0m 的直管式煙囪，並測量各煙囪入口處與出口處的風速(每分鐘測量一次)。
- 5.測量時間為中午 13:00~14:00 氣溫：31.8 $^{\circ}\text{C}$ ，地面風速：0.64m/s。
- 6.測量地點：本校操場。



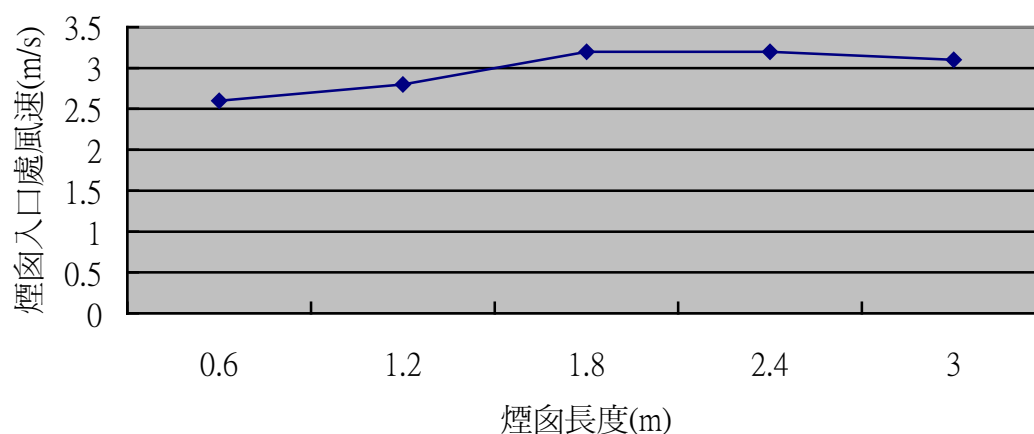
(二)測量結果：

直管式煙囪長度不同時，每一分鐘測量煙囪入口處風速一次。

表一

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		2.4m/s	2.0 m/s	2.2 m/s	2.6 m/s	2.4 m/s	2.6 m/s
1.2m		2.6 m/s	2.8 m/s	3.0 m/s	2.8 m/s	2.9 m/s	2.8 m/s
1.8m		3.2 m/s	3.0 m/s	3.4 m/s	3.2 m/s	3.3 m/s	3.2 m/s
2.4m		3.0 m/s	3.2 m/s	3.3 m/s	3.0 m/s	3.2 m/s	3.2 m/s
3.0m		3.2 m/s	3.0 m/s	3.2 m/s	3.0 m/s	3.2 m/s	3.1 m/s

圖一

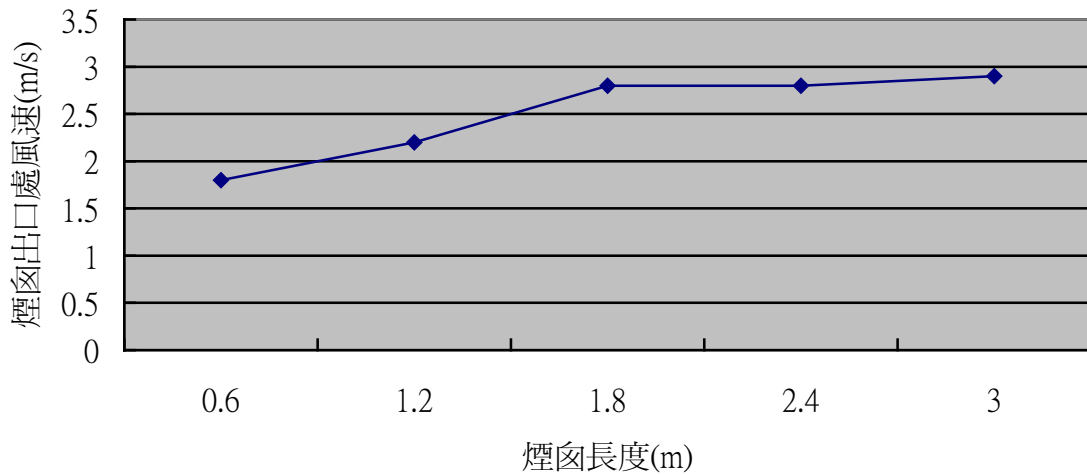


直管式煙囪長度不同時，每一分鐘測量煙囪出口處風速一次。

表二

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		1.6m/s	1.8 m/s	1.7 m/s	1.9 m/s	2.0 m/s	1.8 m/s
1.2m		2.3 m/s	2.2 m/s	2.4 m/s	2.0 m/s	2.1 m/s	2.2 m/s
1.8m		2.8 m/s	2.7 m/s	2.8 m/s	2.7 m/s	2.8 m/s	2.8 m/s
2.4m		2.7 m/s	2.8 m/s	2.9 m/s	3.0 m/s	2.5 m/s	2.8 m/s
3.0m		3.1 m/s	3.2 m/s	2.7 m/s	2.8 m/s	2.7 m/s	2.9 m/s

圖二



(三) 實驗討論：

1. 因為煙囪入口處的風速大於出口處的風速，所以我們決定將風力發電機設置在煙囪入口處。
2. 經過精心改良的第二代模型，煙囪入口處產生的風速，最高平均值為 3.2m/s(煙囪長度為 1.8m 時)比第一代增大許多，但還是無法驅動我們的風扇發電機，小型風扇發電機至少要有 3.6m/s 的風速才能將它帶動，所以我們還有一段路要走。
3. 從煙囪效應公式得知，煙囪的高度愈高時，煙囪的壓力差會較大，風速也會隨壓力差的變大而增強。
4. 但經過測量結果，我們發現風速並未隨著煙囪的長度增長而變大，但煙囪長度為 1.8m 時的風速較大。
5. 影響煙囪上、下壓力差的原因，除了煙囪長度外，還有一個因素是煙囪上下的溫度差，所以我們下一個探討主題是煙囪上、下溫度差對風速的影響。

四、探討煙囪上下的溫度差與風速的關係

(一)實驗方法：

- 1.以風速計測量 Solar Chimney 第二代改良模型，直管式煙囪長度為 0.6m、1.2m、1.8m、2.4m、3.0m 入口處和出口處的溫度。
- 2.每分鐘測量溫度一次。
- 3.測量時間為 13：00~14：00 氣溫為 32.2℃、地面風速：0.64m/s
- 4.測量地點：本校操場。

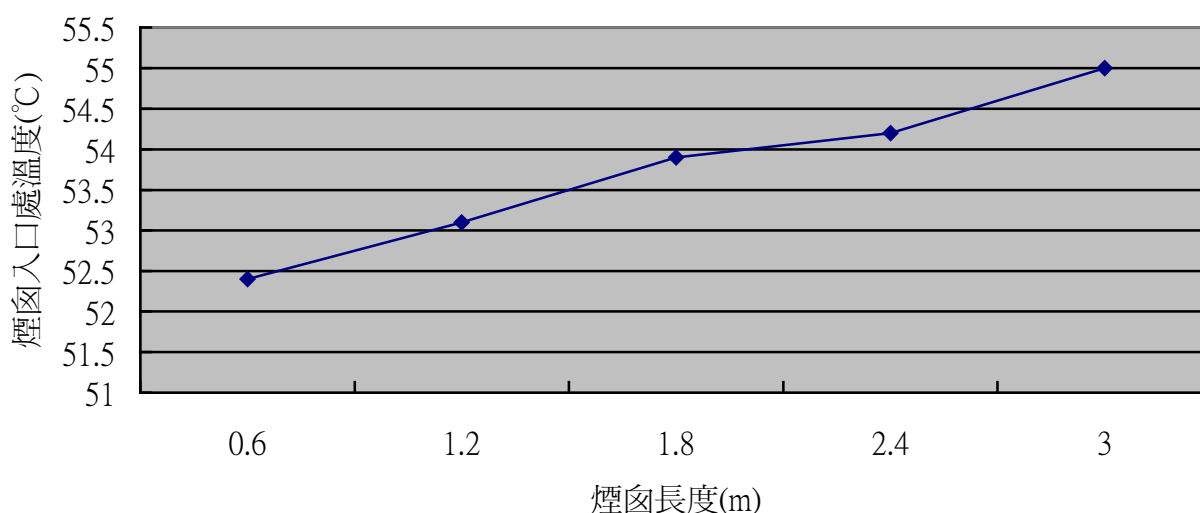
(二)測量結果：

在不同直管式煙囪長度下，每一分鐘測量煙囪入口處的溫度一次。

表三

溫 長 度	次 數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		51.8°C	52.6°C	53.2°C	52.2°C	52.8°C	52.4°C
1.2m		53.2°C	52.6°C	53.0°C	52.8°C	53.8°C	53.1°C
1.8m		53.4°C	54.0°C	53.2°C	54.2°C	54.6°C	53.9°C
2.4m		54.4°C	54.2°C	53.8°C	54.0°C	54.6°C	54.2°C
3.0m		54.8°C	55.0°C	54.6°C	55.2°C	55.4°C	55.0°C

圖三

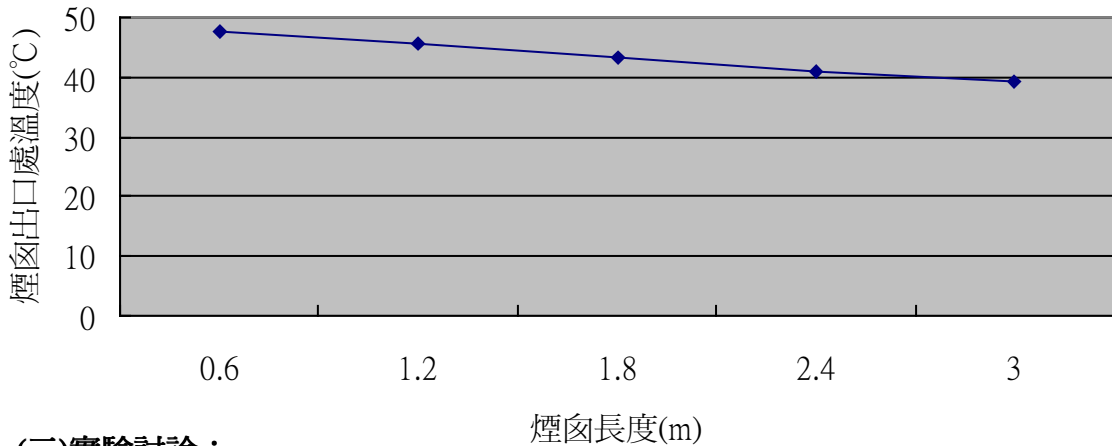


在不同直管式煙囪長度下，每一分鐘測量煙囪出口處溫度一次。

表四

溫 長 度	次 數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		46.9°C	47.2°C	47.8°C	48.2°C	48.0°C	47.6°C
1.2m		45.8°C	46.1°C	46.3°C	45.0°C	45.2°C	45.7°C
1.8m		44.0°C	43.4°C	43.5°C	42.8°C	42.4°C	43.2°C
2.4m		40.8°C	41.4°C	42.0°C	40.2°C	40.6°C	41.0°C
3.0m		38.6°C	38.8°C	39.8°C	40.2°C	39.6°C	39.4°C

圖四



(三)實驗討論：

- 1.從煙囪效應公式得知，煙囪上、下的溫度差愈大，煙囪的壓力差也會愈大，熱空氣的對流效應會更好。
- 2.經測量結果：0.6m 煙囪出口處與入口處的溫度差為 4.8°C，3.0m 煙囪出口與入口處的溫度差為 15.6°C，但 3.0m 煙囪入口與出口處的風速也未因溫度差大而增大。
- 3.因此我們推論煙囪上、下的溫度差由 4.8°C 增加至 15.6°C 的原因，可能是和煙囪材質的絕熱性有關，我們製作煙囪的材質是厚紙板，絕熱性能不佳，造成煙囪的熱量損失，使煙囪出口處的溫度降低，因此溫度差也才会有這麼大得變化。
- 4.以前的人煙囪都是使用絕熱性能較佳的石綿膏所製成的，就是為了使煙囪內的熱能不要損失太多，讓熱空氣的浮力增加以提升煙囪的效率。
- 5.在相同煙囪長度(1.8m)時，煙囪口徑大小對風速是否有影響？

五、探討煙囪直徑大小與風速的關係

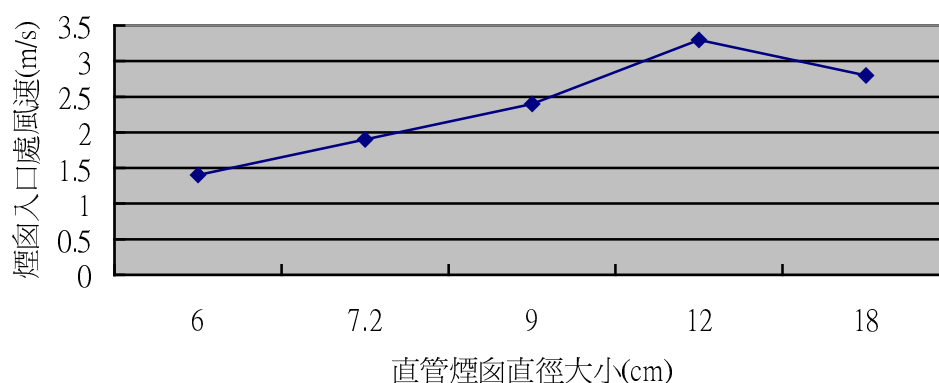
(一)實驗方法：

- 1.控制變因：
 - (1)以直徑為 72cm Solar Chimney 第二代改良模型測量。
 - (2)直管式煙囪，煙囪長度為 1.8m。
 - (3)測量時間為 13:00~14:00，當時氣溫為 33.3°C，地面風速：0.68m/s。
- 2.操縱變因：直管式煙囪直徑大小，分別以模型直徑(72cm)的 1/12、1/10、1/8、1/6、1/4 作為煙囪直徑大小。
- 3.應變變因：直管煙囪入口、出口處的風速。

(二)測量結果：

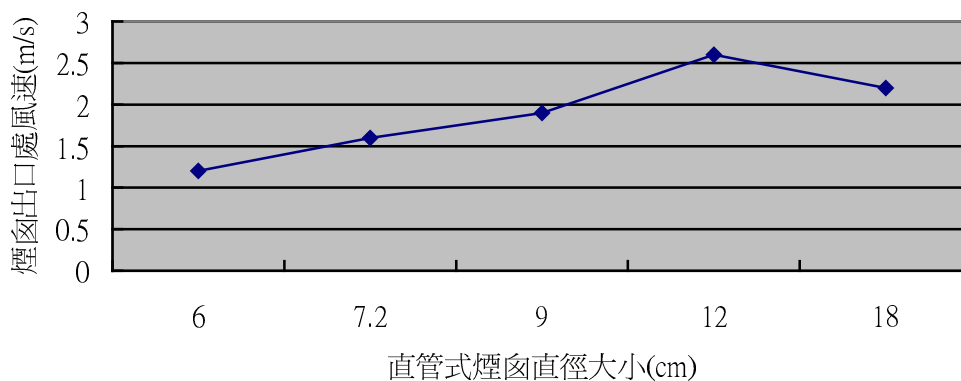
直管煙囪直徑大小不同時，每分鐘測量一次煙囪入口處的風速。

風速 直徑	次數					平均
	1	2	3	4	5	
6.0cm(1/12)	1.5 m/s	1.6 m/s	1.4 m/s	1.2 m/s	1.3 m/s	1.4m/s
7.2cm(1/10)	2.1 m/s	2.0 m/s	1.8 m/s	1.9 m/s	1.8 m/s	1.9m/s
9.0cm(1/8)	2.4 m/s	2.5 m/s	2.3 m/s	2.6 m/s	2.2 m/s	2.4m/s
12.0cm(1/6)	3.1 m/s	3.4 m/s	3.3 m/s	3.5 m/s	3.2 m/s	3.3m/s
18.0cm(1/4)	3.0 m/s	2.9 m/s	2.7 m/s	2.8 m/s	2.7 m/s	2.8m/s



直管煙囪直徑大小不同時，每分鐘測量一次煙囪出口處風速。

風速 直徑	次數					平均
	1	2	3	4	5	
6.0cm(1/12)	1.4 m/s	1.0 m/s	1.1 m/s	1.2 m/s	1.3 m/s	1.2 m/s
7.2cm(1/10)	1.6 m/s	1.8 m/s	1.8 m/s	1.4 m/s	1.4 m/s	1.6 m/s
9.0cm(1/8)	1.8 m/s	2.1 m/s	1.9 m/s	1.8 m/s	2.0 m/s	1.9 m/s
12.0cm(1/6)	2.5 m/s	2.8 m/s	2.4 m/s	2.7 m/s	2.5 m/s	2.6 m/s
18.0cm(1/4)	2.0 m/s	2.2 m/s	2.5 m/s	2.4 m/s	2.0 m/s	2.2 m/s



(三)實驗討論：

- 1.我們分別以 Solar Chimney 第二代模型直徑 72cm 的 1/12、1/10、1/8、1/6、1/4 作為直管式煙囪的直徑大小測量煙囪上、下的風速。
- 2.長度為 1.8m 直管式煙囪的直徑以模型直徑的 1/6(12.0 公分)的風速最佳。
- 3.直管式煙囪直徑的大小與模型的大小有關，Solar Chimney 的模型愈大時，煙囪的直徑也要愈大，這樣才能使熱空氣的熱對流更順暢。

六、探討漸擴形的煙囪對風速的影響

(一) 實驗方法一：

- 1.將 Solar Chimney 第二代改良模型直管式的煙囪改為漸擴式的煙囪，煙囪入口直徑與出口直徑比為 1：1.2(入口直徑為 12cm，出口直徑為 14.4cm)
- 2.用風速計測量煙囪長度為 0.6m、1.2m、1.8m、2.4m、3.0m 漸擴式煙囪入口處與出口處的風速。
- 3.測量時間為 12：00~14：00，氣溫為 32.4℃，地面風速：0.72m/s。
- 4.測量地點：本校操場，每分鐘測量煙囪入口處與出口處的風速一次。

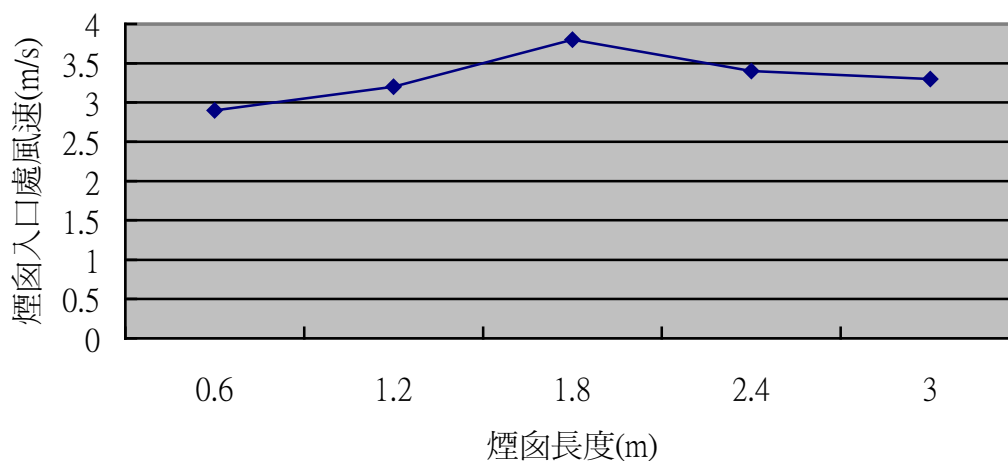
實驗結果：

測量不同長度漸擴式煙囪入口處的風速

表五

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		2.8 m/s	3.1 m/s	2.7 m/s	2.9 m/s	3.0 m/s	2.9 m/s
1.2m		3.1 m/s	3.3 m/s	3.0 m/s	3.2 m/s	3.4 m/s	3.2 m/s
1.8m		3.6 m/s	3.8 m/s	3.7 m/s	4.0 m/s	3.9 m/s	3.8 m/s
2.4m		3.2 m/s	3.4 m/s	3.3 m/s	3.5 m/s	3.4 m/s	3.4 m/s
3.0m		3.5m/s	3.3 m/s	3.4 m/s	3.2 m/s	3.1 m/s	3.3 m/s

圖五

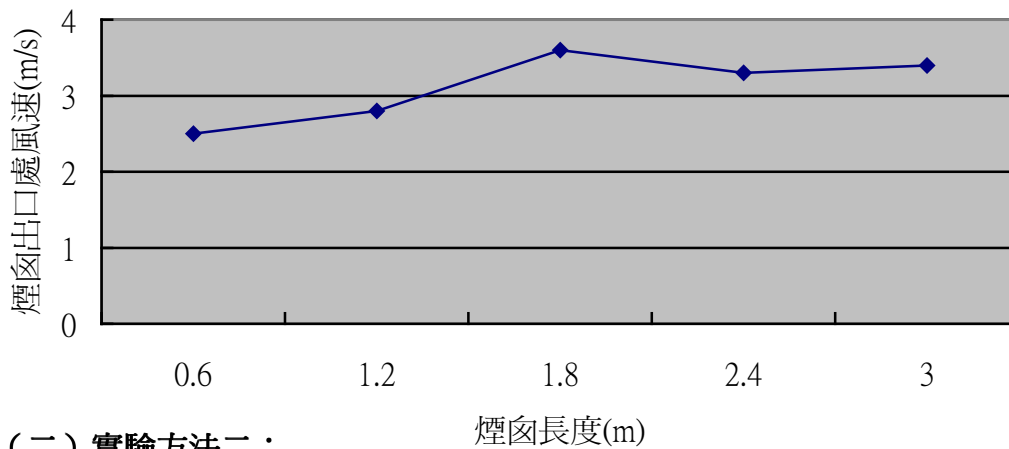


測量不同長度漸擴式煙囪出口處的風速。

表六

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		2.6 m/s	2.2 m/s	2.5 m/s	2.8 m/s	2.4 m/s	2.5 m/s
1.2m		2.9 m/s	2.8 m/s	3.0 m/s	2.8 m/s	2.6 m/s	2.8 m/s
1.8m		3.5 m/s	3.4 m/s	3.8 m/s	4.0 m/s	3.4 m/s	3.6 m/s
2.4m		3.0 m/s	3.5 m/s	3.3 m/s	3.4 m/s	3.2 m/s	3.3 m/s
3.0m		3.5m/s	3.2 m/s	3.4 m/s	3.6 m/s	3.5 m/s	3.4 m/s

圖六



(二) 實驗方法二：

- 1.將 Solar Chimney 第二代改良模型直管式的煙囪改為漸擴式的煙囪，煙囪入口直徑與出口直徑比為 1：1.3(入口直徑為 12cm，出口直徑為 15.6cm)
- 2.用風速計測量煙囪長度為 0.6m、1.2m、1.8m、2.4m、3.0m 漸擴式煙囪入口處與出口處的風速。
- 3.測量時間為 12：00~14：00，氣溫為 32.8℃，地面風速：0.72m/s。
4. 測量地點：本校操場，每分鐘測量煙囪入口處與出口處的風速一次。

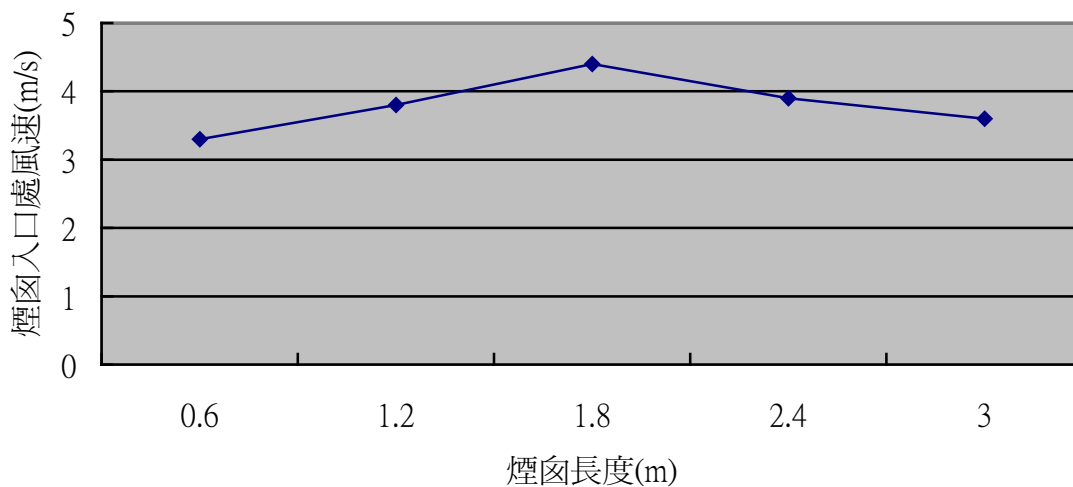
實驗結果：

測量不同長度漸擴式煙囪入口處的風速

表七

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		3.1m/s	3.4m/s	3.3m/s	3.2m/s	3.4m/s	3.3m/s
1.2m		3.9m/s	3.6m/s	3.8m/s	3.7m/s	3.9m/s	3.8m/s
1.8m		4.2m/s	4.5m/s	4.6m/s	4.3m/s	4.5m/s	4.4m/s
2.4m		3.7m/s	3.9m/s	4.0m/s	3.8m/s	4.1m/s	3.9m/s
3.0m		3.5m/s	3.8m/s	3.6m/s	3.4m/s	3.7m/s	3.6m/s

圖七

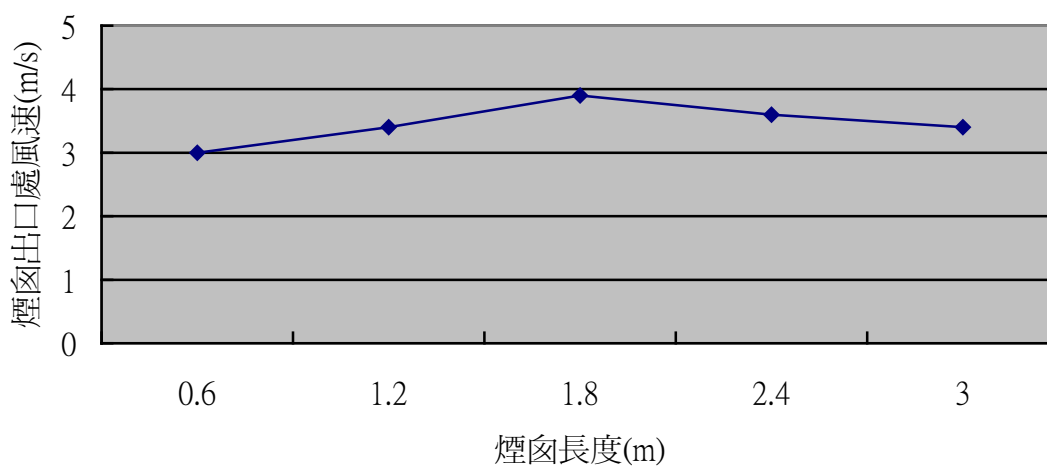


測量不同長度漸擴式煙囪出口處的風速

表八

風速 長度 \ 次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m	3.1m/s	2.8m/s	3.0m/s	2.9m/s	3.2m/s	3.0m/s
1.2m	3.5m/s	3.3m/s	3.6m/s	3.4m/s	3.3m/s	3.4m/s
1.8m	3.9m/s	3.8m/s	4.0m/s	3.7m/s	4.0m/s	3.9m/s
2.4m	3.4m/s	3.7m/s	3.5m/s	3.8m/s	3.6m/s	3.6m/s
3.0m	3.5m/s	3.2m/s	3.3m/s	3.6m/s	3.4m/s	3.4m/s

圖八



(三) 實驗方法三：

- 1.將 Solar Chimney 第二代改良模型直管式的煙囪改為漸擴式的煙囪，煙囪入口直徑與出口直徑比為 1：1.4(入口直徑為 12cm，出口直徑為 16.8cm)
- 2.用風速計測量煙囪長度為 0.6m、1.2m、1.8m、2.4m、3.0m 漸擴式煙囪入口處與出口處的風速。
- 3.測量時間為 12：00~14：00，氣溫為 32.8℃，地面風速：0.72m/s。
- 4.測量地點：本校操場，每分鐘測量煙囪入口處與出口處的風速一次。

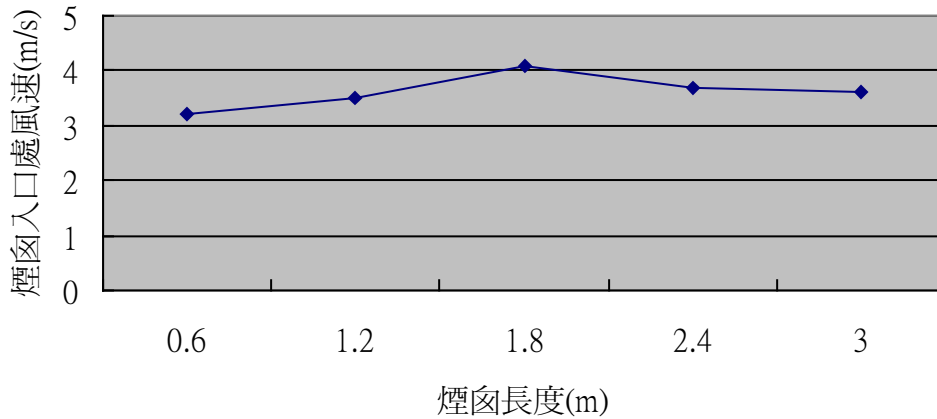
實驗結果：

測量不同長度漸擴式煙囪入口處的風速

表九

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		3.0m/s	3.2m/s	3.1m/s	3.3m/s	3.4m/s	3.2m/s
1.2m		3.6m/s	3.5m/s	3.3m/s	3.4m/s	3.6m/s	3.5m/s
1.8m		4.3m/s	4.2m/s	3.9m/s	4.0m/s	3.9m/s	4.1m/s
2.4m		3.5m/s	3.7m/s	3.8m/s	3.6m/s	3.5m/s	3.7m/s
3.0m		3.5m/s	3.7m/s	3.5m/s	3.6m/s	3.8m/s	3.6m/s

圖九

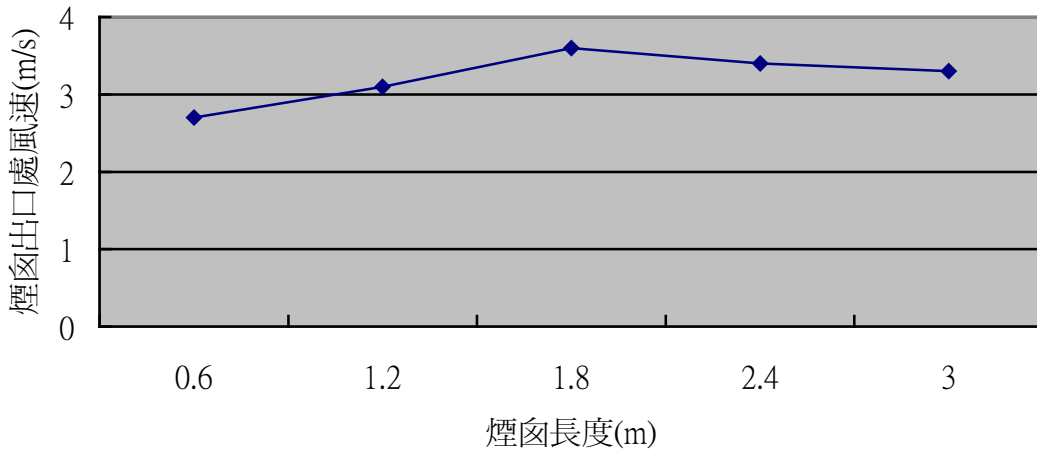


測量不同長度漸擴式煙囪出口處的風速

表十

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		2.7m/s	2.9m/s	2.8m/s	2.6m/s	2.7m/s	2.7m/s
1.2m		3.2m/s	3.0m/s	3.1m/s	3.0m/s	3.1m/s	3.1m/s
1.8m		3.8m/s	3.5m/s	3.8m/s	3.6m/s	3.4m/s	3.6m/s
2.4m		3.5m/s	3.3m/s	3.2m/s	3.6m/s	3.5m/s	3.4m/s
3.0m		3.3m/s	3.1m/s	3.4m/s	3.5m/s	3.2m/s	3.3m/s

圖十



(四) 實驗方法四：

- 1.將 Solar Chimney 第二代改良模型直管式的煙囪改為漸擴式的煙囪，煙囪入口直徑與出口直徑比為 1：1.5(入口直徑為 12cm，出口直徑為 18.0cm)
- 2.用風速計測量煙囪長度為 0.6m、1.2m、1.8m、2.4m、3.0m 漸擴式煙囪入口處與出口處的風速。
- 3.測量時間為 12：00~14：00，氣溫為 32.8℃，地面風速：0.72m/s。
- 4.測量地點：本校操場，每分鐘測量煙囪入口處與出口處的風速一次。

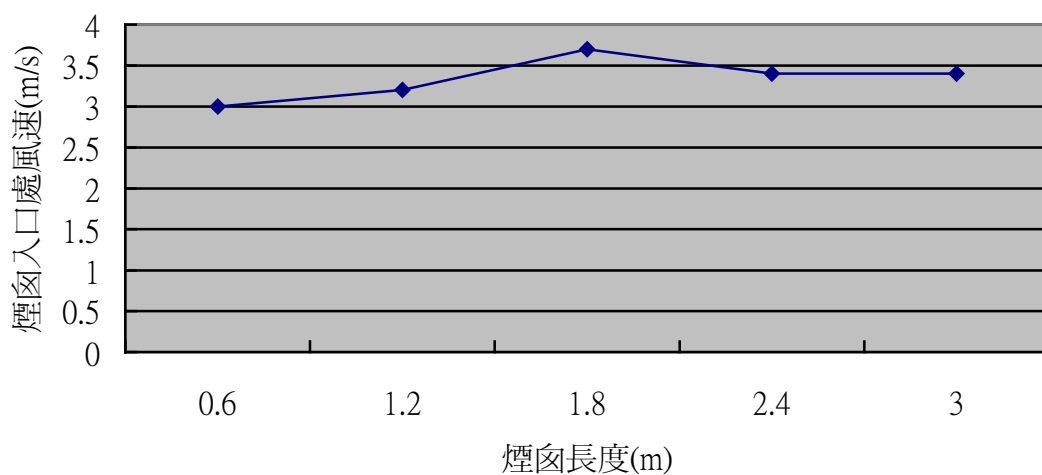
實驗結果：

測量不同長度漸擴式煙囪入口處的風速

表十一

風速 長度 \ 次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m	2.8m/s	3.0m/s	3.3m/s	2.9m/s	2.9m/s	3.0m/s
1.2m	3.3m/s	3.4m/s	3.2m/s	3.0m/s	3.1m/s	3.2m/s
1.8m	3.5m/s	3.7m/s	3.6m/s	3.8m/s	3.6m/s	3.7m/s
2.4m	3.2m/s	3.5m/s	3.3m/s	3.4m/s	3.5m/s	3.4m/s
3.0m	3.3m/s	3.2m/s	3.6m/s	3.5m/s	3.4m/s	3.4m/s

圖十一

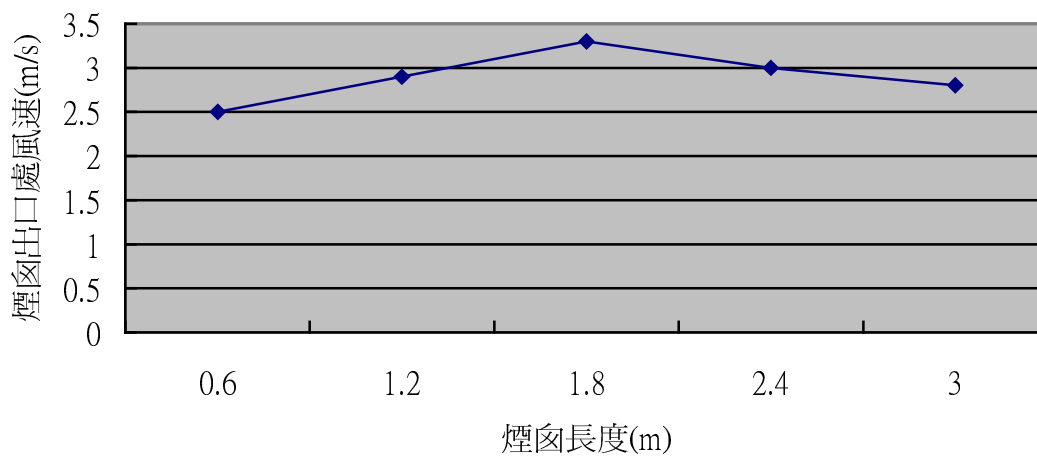


測量不同長度漸擴式煙囪出口處的風速

表十二

風速 長度	次數	1	2	3	4	5	平均
0.6m		2.4m/s	2.7m/s	2.6m/s	2.5m/s	2.3m/s	2.5m/s
1.2m		2.8m/s	2.9m/s	3.2m/s	3.0m/s	2.7m/s	2.9m/s
1.8m		3.2m/s	3.5m/s	3.4m/s	3.2m/s	3.1m/s	3.3m/s
2.4m		2.8m/s	2.8m/s	3.1m/s	3.0m/s	3.2m/s	3.0m/s
3.0m		3.0m/s	2.9m/s	2.8m/s	2.6m/s	2.8m/s	2.8m/s

圖十二



(三)實驗討論：

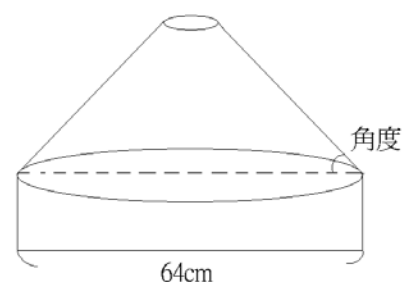
- 1.改為漸擴式的煙囪後，煙囪入口、出口處的風速都有增大的趨勢。
- 2.風速增大的原因是因為漸擴管管身的截面積由下至上逐漸增加，在管內產生較大的壓力差，管內的壓力差可以造成較大的能量使熱空氣流動較快。
- 3.漸擴式煙囪以入口直徑(12cm)：出口直徑(15.6cm)=1：1.3 的漸擴式煙囪產生的風速最佳，在入口處的風速最高可以達到 4.4m/s，是我們預想不到的。
- 4.漸擴式煙囪入口直徑與出口直徑的比值和煙囪的長度有關，煙囪長度愈長其比值也須愈小。

七、探討圓錐形加熱鐵板的角度大小對風速的影響

動機：我們以厚紙板做成角度為 30° 、 35° 、 40° 、 45° 、 50° 、 55° 、 60° 七種圓錐形加熱板，再以點燃的線香置於 Solar Chimney 模型入口處，觀察香煙上升的情形得知不同角度的圓錐形加熱板的確會影響香煙上升移動的速率。

(一)實驗方法：

- 1.控制變因：
 - (1)以 Solar Chimney 第二代改良模型為測試模型。
 - (2)直管式煙囪長度為 1.8m。
 - (3)測量時氣溫為 32.6°C 。
- 2.操縱變因：改變圓錐形加熱鐵板的角度。
- 3.應變變因：直管煙囪入口、出口處的風速。



(二)實驗結果：

圓錐形加熱板在不同角度時，每分鐘測量一次煙囪入口處的風速

風速 次數 角度	1	2	3	4	5	平均
30°	2.4 m/s	2.6 m/s	2.7 m/s	2.5 m/s	2.8 m/s	2.6m/s
45°	3.3 m/s	3.5 m/s	3.8 m/s	3.4 m/s	3.6 m/s	3.5m/s
60°	3.2 m/s	2.9 m/s	3.3 m/s	3.0 m/s	3.2 m/s	3.1m/s

(三)實驗討論

- 1.礙於經費的關係，我們只能選擇三種不同角度錐形加熱鐵板測試。
- 2.圓錐形加熱板角度太小時，不利於熱空氣的對流，所以風速也較小。
- 3.若圓錐形加熱板角度過大時，也會因為加熱板的溫度不足而影響風速。
- 4.所以我們最後採用 45° 的錐形加熱鐵板。

八、探討第三代太陽能發電裝置的發電效率

註：第三代太陽能發電裝置：

- 1.是以第二代太陽能發電裝置改良而成。
- 2.煙囪長度為 1.8m。
- 3.漸擴式煙囪，煙囪入口直徑與出口直徑比為 1：1.3
- 4.太陽能發電裝置內以 45° 角的圓錐形鐵板為加熱板。

(一)實驗方法：

- 1.以第三代太陽能發電裝置作為發電裝置。
- 2.用數位電表測量其產生的電壓與電流。

(二)實驗結果：

每 10 秒測量一次，發電機產生的電壓電流

次 數	1	2	3	4	5	6	平均
電壓(V)	2.48	2.56	2.60	2.50	2.46	2.64	2.54
電流(mA)	934	926	938	924	920	926	928

P：電功率(W)

I：電流(A)

V：電壓(V)

$P=I \times V$

$P=0.928 \times 2.54$

$=2.36$ 瓦特(W)

若以平均日照時間為 7.2 時/日計算每天可以產生電能：

$E=P \times t=2.36 \times 3600=8496$ 焦耳/時

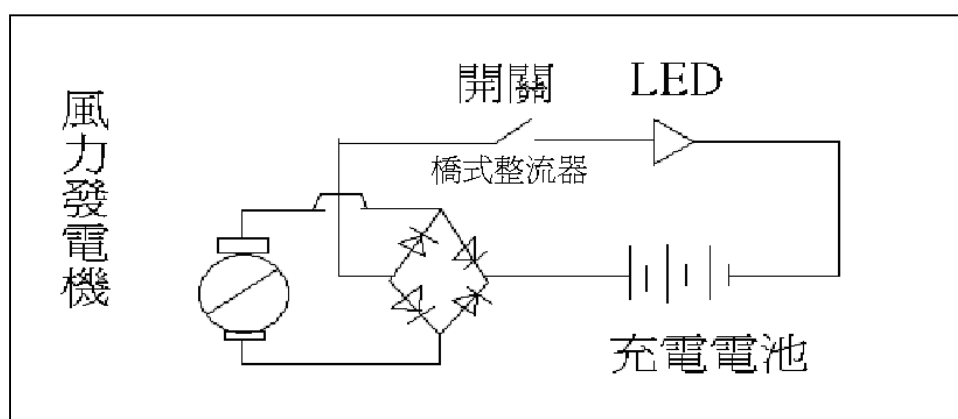
$8496 \times 7.2=61171.2$ 焦耳/日

(三)實驗討論：

- 1.雖然產生的電功率不是很大，但我們已經盡了最大的努力了。
- 2.第三代「小而熱」的模型是愈熱愈發的，如果氣溫愈高，產生的電功率就會愈大。
- 3.如果經費空間許可我們將研究較大的「大而熱」-太陽能發電裝置，則產生的電能將會更大。
- 4.這種利用太陽能產生熱空氣對流的發電裝置，很適合設立在台灣南部海邊的沙灘上，不但地廣、溫度高而且海砂比熱小，受熱後溫度上升很快，的確是一個設置 Solar Chimney 太陽能對流發電的好場所。

陸、結論

- 一、第一代的熱空氣對流模型，煙囪入口處的風速只有 0.86m/s 和我們期望的風速相差甚遠。
- 二、歷經大家集思廣益，我們終於找到有效的提升煙囪入口處風速的方法。
- 三、增設 48 個凸透鏡，使加熱板能在很短的時間快速增加模型內的溫度，促使風速增大。
- 四、煙囪上、下的溫度差愈大，熱對流效應愈佳，而煙囪上、下壓力差愈大熱空氣的動力愈大產生的風速也愈大。
- 五、漸擴式的煙囪因由下至上截面積逐漸增加，產生的壓力差較大，會使熱空氣流動增快而增大風速。
- 六、1.8m 漸擴式煙囪以入口直徑比為 1：1.3 的漸擴式煙囪產生的風速最佳。
- 七、漸擴式煙囪入口直徑與出口直徑的比值和煙囪的長度有關，煙囪長度愈長其比值也須愈大。
- 八、圓錐形加熱板角度的大小會影響熱空氣的上升，使風速發生改變，圓錐形加熱板以 45 度角時，熱空氣對流最好，風速也較快。
- 九、利用小型太陽能風力發電產生的電能，雖然很小但如果天氣愈熱，發電機產生的電能就愈大，所以我們稱之為遇熱則發而且是愈熱愈發。
- 十、也可以利用下圖充電裝置將「遇熱則發」產生的電能充電至二次電池以化學能的形式儲存備用。



柒、參考資料

- 一、The solar chimney
http://www.math.purdue.edu/~lucier/The_Solar_Chimney.pdf
Schlaich Bergemann.
- 二、科學研習第 45 卷第七期，國立台灣科學教育館。
- 三、電工機械 1，黃佳裕，梁賢達編著。
- 四、2007 年國際科展-太陽能熱動力發電與效益的改進方法。

【評語】 030808

團隊能設計一系列之實驗，逐步改善效能，並能適切的配合實驗結果進行討論，具有不錯的科學性。

建議進行實驗時，一次只改變一項變因，以確實瞭解影響之因素，產品可朝向降低成品、減少空間需求、微型化等方向改善。