

# 中華民國第 51 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國小組 物理科

080107

真有「空穴來風」？—自然力抽風機的探討

學校名稱：嘉義縣太保市太保國民小學

作者：	指導老師：
小六 呂孟芹	黃柏鴻
小六 官弦承	張彥嘉
小六 楊嘉宇	
小六 黃楷茵	
小六 柯丁立	

關鍵詞：自然力抽風機、熱對流、煙囪效應

# 真有「空穴來風」？－自然力抽風機的探討

## 摘要：

本研究為探討自然力抽風機的運作原理及影響效能之因素，製作簡易的自然力抽風機，進行結構、位置、環境及導風片等變因操作，觀察溫度、溼度及懸浮顆粒之改變狀況。

得到結論：(1)葉片角度影響熱氣產生的力及逸出間隙，因此抽風機需適當斜角的葉片(2)葉片數量影響重量及間隙，因此不同大小的抽風機需適當數量的葉片(3)房子愈大，需裝設愈多自然力抽風機，使空氣對流更快速(4)抽風機裝設地點，最好是房子最高處，且屋頂具有斜角(5)室外風能提升抽風機運轉，提升空氣對流的效能(6)無自然力抽風機時，室外風對空氣對流並無明顯助益(7)使用導風片適當的遮蔽部份的自然力抽風機，將可提升風對抽風機的推動(8)抽風機的動力為屋內熱氣及室外風，能排除熱氣及室內溼氣與懸浮物質。

## 壹、研究動機

去年暑假的某一天，天氣相當燠熱難耐，幾個同學一同在住家附近的冰店吃冰，抬頭時發現天花板有一個大洞，而洞中有風扇在轉動，神奇的是這個風扇居然不需插電，好奇的我們便向老闆問到這個機器的用途，老闆回答說：「可以讓室內更涼爽。」，因為怕打擾老闆做生意，便就此打住，回家後卻愈想探究一番，於是先上網查一查資料，了解這個物品因為不需耗電而被稱為「自然力抽風機」，但是仍對於運作原理一知半解，於是便去請教老師，老師覺得這是一個很好的研究主題，於是建議我們可以自己動手探究，以解決心中的疑惑。

## 貳、研究目的

本研究的目的在探討自然力抽風機之運作原理及影響效能之因素，我們設計各項變因，來探討其對實驗箱的溫度、溼度及懸浮顆粒改變狀況之影響。

一、抽風機的結構：

1. 葉片的斜角
2. 葉片的個數

二、實驗箱的形狀：

1. 實驗箱高度位置
2. 實驗箱箱頂斜度

三、箱外的環境因素：

1. 箱外風速
2. 加裝導風片

## 參、研究設備及器材

表 3-1 器材設備表（只列最終成品及實驗之所需器材）

自然力抽風機			
1.壓克力管	2.壓克力板	3.鋁罐	4.膠帶
5.三秒膠	6.保麗龍膠	7.塑膠棒	8.塑膠墊片
9.塑膠 CD 盒			
製作器材			
1.剪刀	2.挫刀	3.美工刀	4.裁紙刀
5.巨型剪刀	6.手套	7.尺	8.圓規
9.油性筆	10.量角器	11.十字起子	
模擬房屋			
1.鍍鉻置物架	2.保鮮膜	3.滑輪支架	4.膠帶
實驗設備			
1.酒精燈	2.打火機	3.溫溼度計	4.照相機
5.攝影機	6.碼錶	7.蚊香	8.電風扇
9.電腦	10.塑膠瓦楞板		

## 肆、研究過程或方法

本研究欲探討自然力抽風機之運作原理及影響效能之因素，研究可分為兩階段。第一階段，我們先確認實驗會遇到的問題，並予以解決；在第二階段中，我們要採取階段一的實驗工具及方法，來完成實驗目的，圖4-1 為本研究的流程圖。

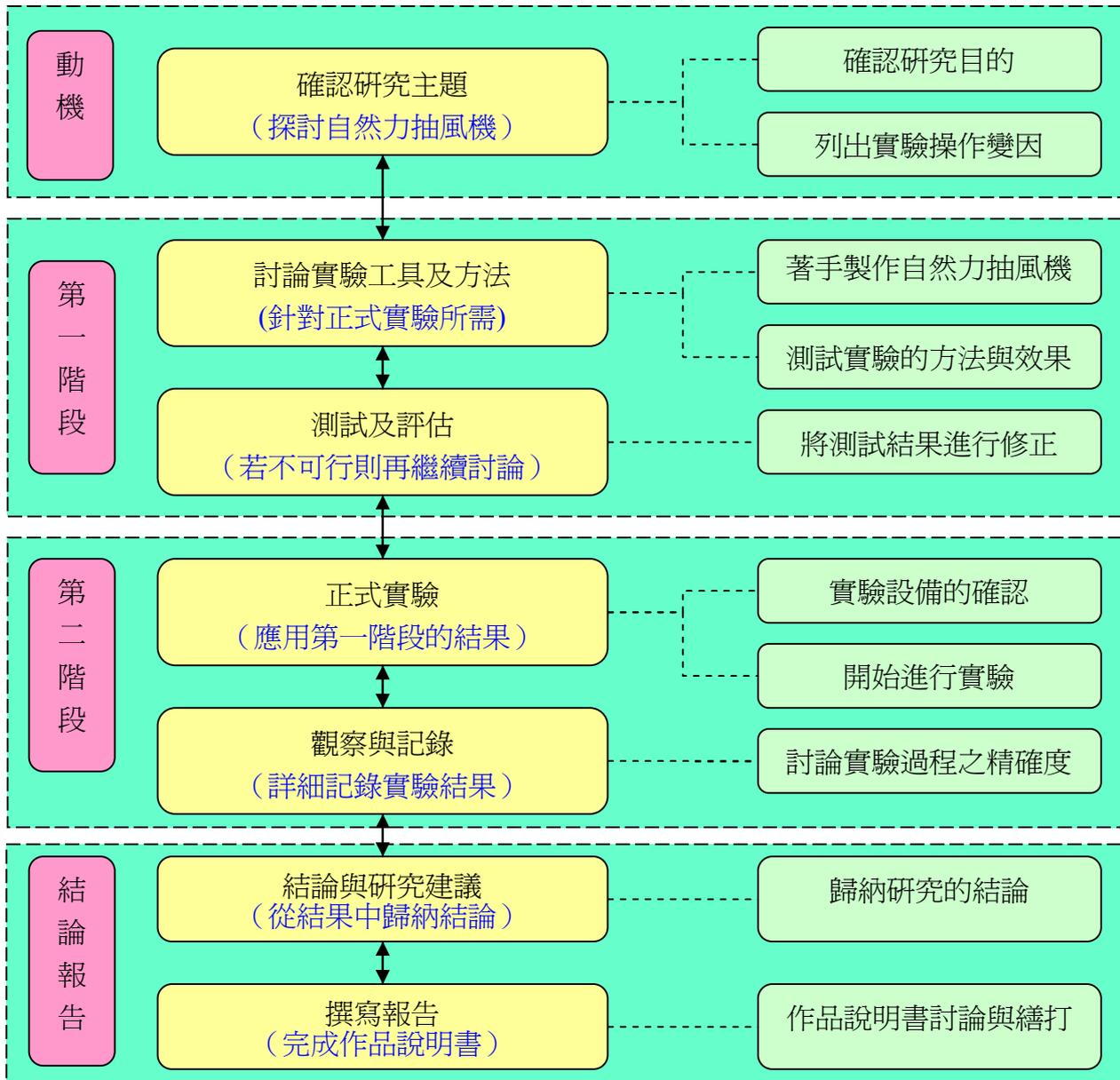


圖4-1 研究流程圖

## 一、第一階段——實驗工具及方法

### (一) 製作自然力抽風機

#### 1. 第一次製作自然力抽風機

在首次動手製作自然力抽風機時，爲了能具備自然力抽風機的基本運作能力，我們蒐尋網路上自然力抽風機的圖片爲模仿對象(如圖4-2、4-3)，依其外形尋找易取得的材料製作，我們的製作流程如下：



圖4-2 引自<http://www.0933772983.com.tw>



圖4-3 引自  
<http://www.goodjc.cn/noshinecompany>

#### (1) 製作底座

- a. 使用美工刀切除保特瓶的上部及底部，只留下中段，再以裁紙刀將中段外皮裁切成13公分×21公分之長方形（圖4-4），接著以三秒膠黏貼接縫，形成圓管形（圖4-5）。



圖4-4 使用裁紙刀裁切保特瓶外皮



圖4-5 黏合完成圓管形底座

- b. 組員戴上手套，使用巨型鐵剪刀將鐵罐外殼剪開（圖4-6），並將彎曲的外殼扳成平面，接著在外殼上以簽字筆及尺畫上數個2公分×13公分長方形（圖4-7），並再次使用鐵剪刀小心的將長方形鐵片剪下。



圖4-6 使用巨型鐵剪刀將鐵罐外殼剪開

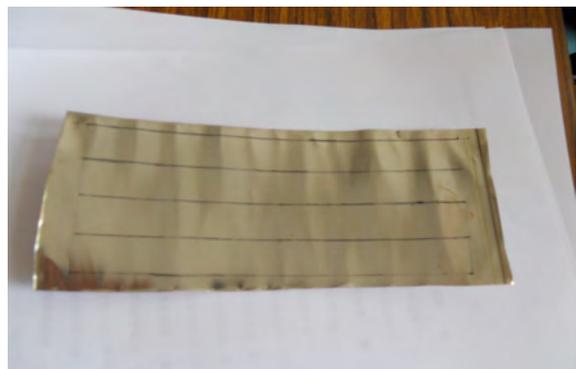


圖4-7 畫好線段的鐵片

- c. 將裁切出的長方形鐵片畫上適當長度（如圖4-8），剪出兩個缺口，將兩片長方形鐵片彼此垂直嵌龕，然後使用強力膠固定於底座的內緣，做為底座轉軸支架（圖4-9），並將固定轉軸用的中空塑膠管固定於支架上。



圖4-8 在長條形鐵片上畫上缺口

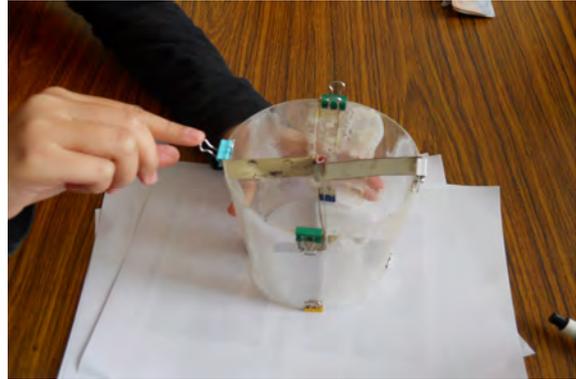


圖4-9 固定底座內部的支架

## (2) 製作頂座

- a. 將裁切好的保特瓶外皮再細切成2公分×21公分之長方形，使用保麗龍膠黏貼接縫，做為頂座的轉環（圖4-10），接著將鐵罐外殼所裁切的鐵片如同底座轉軸支架一樣，固定在頂座的轉環上，接著將塑膠棒以鐵絲固定於支架的適當位置上，當成轉軸（圖4-11）。



圖4-10 製作頂座的轉環



圖4-11 將塑膠棒固定的轉環支架上

- b. 在轉軸上套上塑膠墊片及塑膠圓盤（圖4-12），接著將保特瓶外皮裁切成20塊2公分×16公分的長方形，使用膠帶將長方形保特瓶外皮一端固定於轉環上，另一端固定於轉軸的塑膠圓盤上，當做葉片，此過程需調整好每個葉片的間隔。

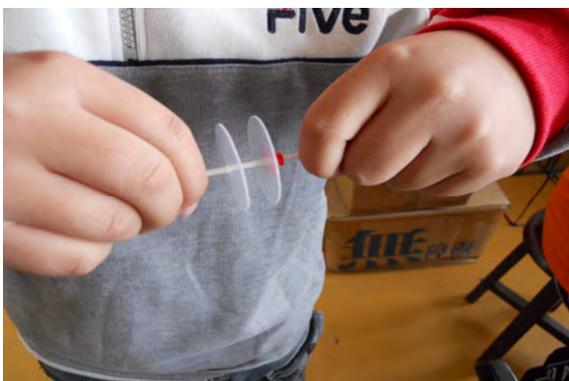


圖4-12 在轉軸上套上塑膠墊片及塑膠圓盤



圖4-13 初次製作完成的自然力抽風機

## 2. 第二次製作自然力抽風機

初次製做自然力抽風機，完成後發現了3項缺點，依序為(1)外殼太軟，容易變形，導致抽風機旋轉晃動；(2)支架容易彎曲，造成轉軸偏離圓心，甚至傾斜；(3)無精確測量切割點及物品尺寸，使製作成品與預期不同，造成效果大打折扣。因此我們決定針對缺點，將製作方法做如下修改：

- (1) 首先購買時已裁切好的壓克力管及壓克力板，接著使用電腦軟體Flash畫出大小相同的圓形及支架圖（圖4-14），繪製完成後列印，然後將壓克力管對準圖形，並以油性筆做欲切割的記號（圖4-15）。

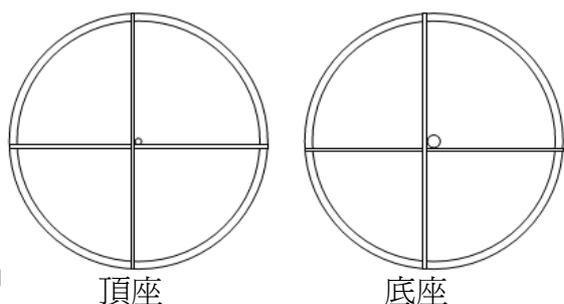


圖4-14 以Flash繪製的對照圖

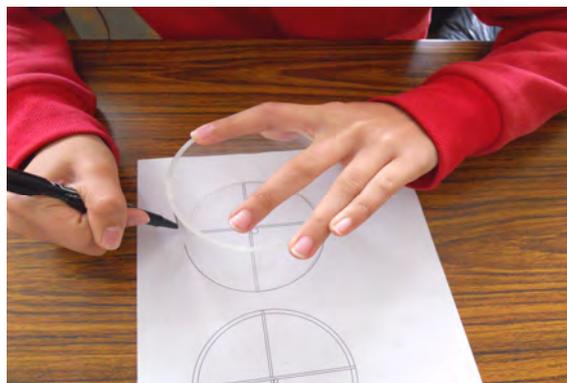


圖4-15 確認支架、底座及頂座轉環的切割點

- (2) 使用挫刀分別在支架、底座及頂座轉環的切割點上進行裁切（圖4-16），而支架是兩兩垂直嵌龕，然後使用三秒膠黏合支架、底座、轉環、吸管及塑膠棒（圖4-17）。

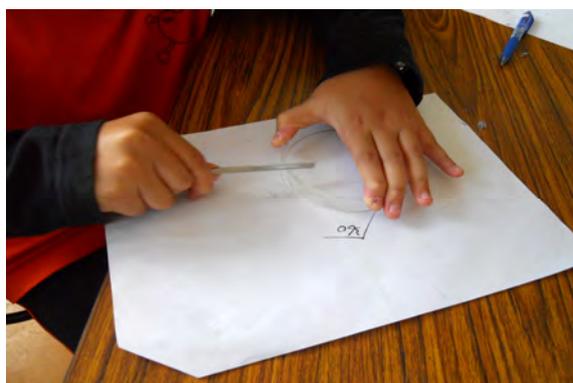


圖4-16 用挫刀在切割點上進行裁切



圖4-17 使用三秒膠黏合各部位

- (3) 葉片的製作及固定與修改前的做法相同，並且仍採用保特瓶外皮做為葉片材質（圖4-18）。



圖4-18 進行葉片的固定



圖4-19 初次進行改良完成的自然力抽風機

### 3. 第三次製作自然力抽風機

首次改良的自然力抽風機，完成仍存在3項缺點，分別是(1)旋轉時轉軸會傾斜晃動，導致仍需在轉環與底座之間預留較大的縫隙；(2)旋轉軸心與底座圓心有明顯差距，使轉環會水平晃動，影響效能；(3)葉片不易塑形出我們所要的斜角。為再次針對缺點做修正，我們進行檢討，結論是圓心、吸管半徑及塑膠棒半徑皆有誤差，並且保持瓶外皮不易塑形，因此我們做如下的修改：

- (1) 為更精確找出圓心，我們先以圓規在一假定的圓心上畫圓，觀察此圓與壓克力管描繪的圓之差異，再進行方向及距離的修正（圖4-20），接著我們欲將支架以水平放置取代垂直嵌龕，然後分別在底座、轉環上分別畫上支架的位置（圖4-21）。

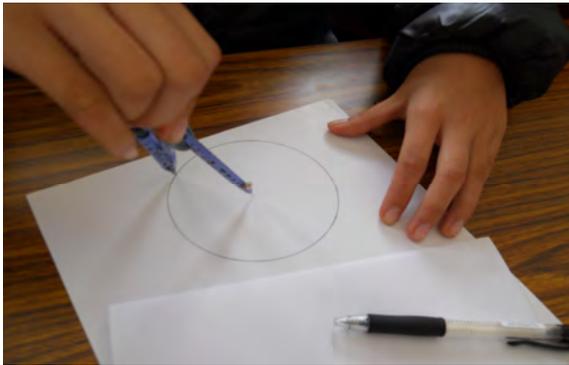


圖4-20 在紙張上找出圓的圓心



圖4-21 在底座、轉環上分別畫上支架的位置

- (2) 在底座及頂座的轉環上以挫刀挖出凹槽（圖4-22），以容納水平的支架，然後以三秒膠固定支架（圖4-23），接著使用高溫的小十字起子在壓克力板的圓心對應點上燒穿一個小洞，使塑膠棒可以通過，不需使用吸管，最後套上塑膠墊片及塑膠圓盤。



圖4-22 以挫刀在底座上挖出凹槽



圖4-23 使用三秒膠黏合各部位

- (3) 以鋁罐外皮做成葉片，兼具輕巧、堅固及可塑形等特性，將每個裁切好的葉片先用尺彎曲，使葉片垂直面與水平面之夾角符合實驗一變因所指定之斜角（圖4-24），接著將葉片固定到頂座上。



圖4-24 彎曲指定斜角的鋁製葉片



圖4-25 二次改良完成的自然力抽風機

## 實驗設施的確認

### 1. 模擬房屋的製作及改良

在首次製作模擬的房屋時，是採用粗鐵絲，將每段等長的粗鐵絲折成正方形，然後每六個正方形鐵絲以膠結固定成一個正方體（圖4-26），接著將製作完成的八個正方體再結合成一個2×4的大立方體，做為實驗時的房屋模型（圖4-27）。



圖4-26 將正方形鐵絲結合成正方體



圖4-27 初次製成完成的房屋模型

初次製作的模擬房屋具有二個待改善的問題，其一為鐵絲架容易搖晃及變形，其二為不易改變架子的高度及大小，不利往後的變因操作，於是基於這兩個因素，我們決定採用鍍鉻置物架來取代，只需將置物架依說明組裝好即可（圖4-28），最後再以保鮮膜將置物架包裹起來（圖4-29）。



圖4-28 組裝鍍鉻置物架



圖4-29 以保鮮膜包覆置物架

### 2. 熱氣的產生方法

為了讓抽風機能轉動，需提供足夠的熱氣，我們思考一般住家中煮開水的情形，我們在鐵架中放置插電的熱水瓶，將水加熱到沸騰，於是產生了大量的水氣（圖4-30），但是抽風機並沒有轉動，而模擬房屋的保鮮膜上卻佈滿了水滴（圖4-31），所以不符合我們的要求。



圖4-30 以熱水瓶來產生熱氣



圖4-31 抽風機內佈滿了水滴

因為水氣比重太大，不易產生向上的推力，而且會妨礙觀察，於是我們決定直接使用酒精燈來燃燒，當我們放置一個酒精燈時，抽風機只微微的抖動幾下，然而當我們放置到三個酒精燈時，抽風機終於轉動了。

### 3. 將屋頂由水平改成傾斜

因為需要使用三個酒精燈才能推動抽風機，效能實在不高，所以我們思考改良的方法，後來我們觀察到一般裝設抽風機的建築之屋頂普遍是斜的，而抽風機則座落在至高點，所以我們認為有必要來改變屋頂的形態。我們最後決定使用支架將抽風機架高（圖4-32），接著用保鮮膜來連接抽風機及置物架（圖4-33），以塑造出傾斜的屋頂，接著我們再進行測試，發現只需要一個酒精燈就能轉動抽風機。



圖4-32 以支架將抽風機架高



圖4-33 以保鮮膜塑造出傾斜的屋頂

## (二) 實驗的操作及記錄方式

正式實驗前，我們在實驗箱底層，放置一個電子式溫溼度計，以方便讀取溫溼度；於實驗箱側邊，貼上綠色塑膠瓦楞紙，以利判斷箱中煙霧濃度；於實驗箱外，架設數位照相機及數位攝影機，以記錄箱子的煙霧濃度及抽風機轉速，實驗開始時，於實驗箱放入五根正在燃燒的蚊香並點燃酒精燈。

每次實驗皆進行6分鐘，實驗開始時記錄起始溫度、起始溼度，實驗結束時記錄最後溫度、最後溼度、轉動圈數（最後30秒），並拍下實驗箱照片，以求取轉速、色調、溫差、溼差等數值，以下依序說明其意義。

另外，為方便計算抽風機的轉動圈數，我們在抽風機的一片葉片上，以油性筆畫上黑色的記號，以利視覺上的判讀。



圖4-34 實驗裝置的擺設情形



圖4-35 點燃實驗箱中的酒精燈

1. 轉速：將最後30秒的抽風機轉動圈數轉換成轉速，讓我們可以分析在該變項下，抽風機的運轉速度，也等同其效能。
2. 色調：使用PhotoImpact軟體，分析照片的綠色色階的深淺，綠色愈深，代表排煙效果愈佳，如圖4-36的色階中，最綠色的部份位於6.05，而圖4-37的色階，最綠色的部份位於6.75，因此表示圖4-36所代表的煙霧濃度較低。

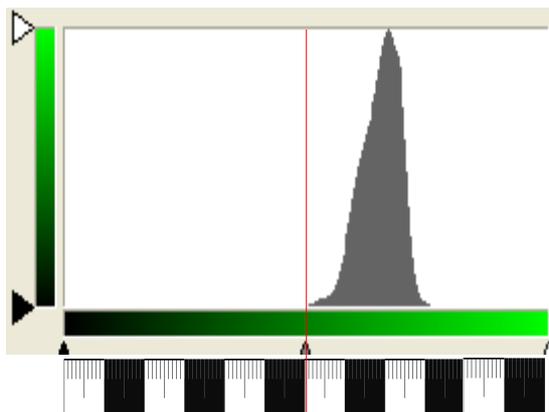


圖4-36 色調位置6.06

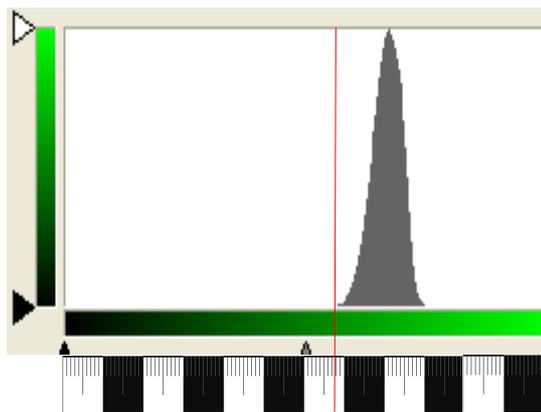


圖4-37 色調位置6.78

3. 溫度差：求取實驗開始及結束時的溫度差，溫度差愈少，代表排熱效果愈佳。
4. 溼度差：求取實驗開始及結束時的溼度差，溼度差愈少，代表去除水氣效果愈佳。

## 二、第二階段——正式實驗

### (一) 抽風機的結構

1. 葉片斜角：我們將自然力抽風機的葉片斜角調整為0度（圖4-38）、15度（圖4-39）、30度（圖4-40）、45度（圖4-41）等代表性的角度，各進行四次實驗，以探討葉片斜角如何影響抽風機的轉動。



圖4-38葉片斜角0度

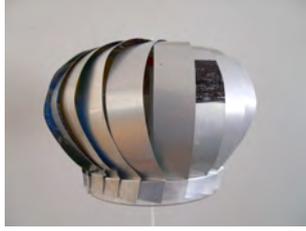


圖4-39葉片斜角15度

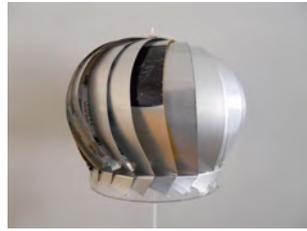


圖4-40葉片斜角30度

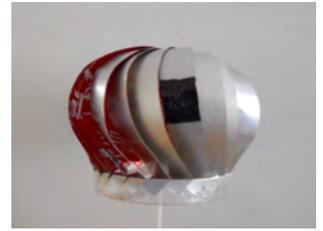


圖4-41葉片斜角45度

2. 葉片片數：我們將自然力抽風機的葉片片數調整為15片（圖4-42）、18片（圖4-43）、20片（圖4-44）、24片（圖4-45）等代表性的片數，各進行四次實驗，以探討葉片片數如何影響抽風機的轉動。



圖4-42葉片片數15片



圖4-43葉片片數18片



圖4-44葉片片數20片

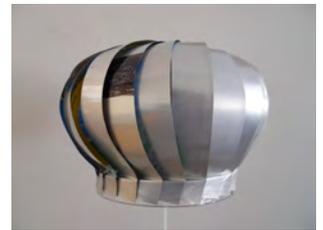


圖4-45葉片片數24片

### (二) 實驗箱的形狀

1. 實驗箱高度：我們將實驗箱的高度調整為51公分（圖4-46）、58公分（圖4-47）、65公分（圖4-48）、72公分（圖4-49），各進行四次實驗，以探討實驗箱高度如何影響抽風機的轉動及空氣的流通。



圖4-46高度51公分



圖4-47高度58公分



圖4-48高度65公分



圖4-49高度72公分

2. 實驗箱箱頂斜度：我們將實驗箱箱頂斜度調整為約15度（圖4-50）、30度（圖4-51）、45度（圖4-52）、60度（圖4-53），各進行四次實驗，以探討實驗箱箱頂斜度如何影響抽風機的轉動及空氣的流通。



圖4-50箱頂斜度15度



圖4-51箱頂斜度30度



圖4-52箱頂斜度45度



圖4-53箱頂斜度60度

### (三) 箱子內外的環境因素

1. 箱外風速：我們在實驗箱外放置一具電風扇，使用開關上的強風及弱風（如圖4-54），模擬室外不同強度水平流動的風，並且為確定自然力抽風機是否真的可以協助抽出室內的熱氣、溼氣、穢氣（圖4-55），因此我們也另外將抽風機移開來進行實驗（圖4-56），每種狀況各進行四次實驗，以探討風速及自然力抽風機的存在如何影響空氣的流通。



圖4-54 電風扇強弱開關



圖4-55 有抽風機



圖4-56 無抽風機

2. 加裝導風片：我們在實驗箱外使用三腳架固定一塊木板，當成導風片，放置的方式分為二大類，分別是平行遮蔽及具斜角，而平行遮蔽又分為1/6（圖4-58）、2/6（圖4-59）、3/6（圖4-60）三種程度，斜角又分為15度（圖4-61）、30度（圖4-62）、45度（圖4-63）、60度（圖4-64）等四種程度，我們也另外將導風片移開來進行實驗（圖4-57），每種狀況各進行四次實驗，以探討導風片的存在如何影響抽風機的轉動及空氣的流通。



圖4-57 無導風片



圖4-58 平行遮蔽1/6



圖4-59 平行遮蔽2/6



圖4-60 平行遮蔽3/6



俯視圖

圖4-61 15度斜角



圖4-62 30度斜角



圖4-63 45度斜角



圖4-64 60度斜角

## 伍、研究結果與討論

為了方便觀察抽風機轉速、煙霧濃度、溫度差、溼度差的關係，我們將這些實驗數值轉換成 $1/\text{轉動圈數} \times 15$ 、 $(\text{色調}-5) \times 15$ 、 $\text{溫度差} \times 25$ 、 $\text{溼度差} \times 5$ ，製作折線圖。

### 一、抽風機的結構——葉片斜角

(一) 結果：我們將自然力抽風機的葉片斜角調整為0度、15度、30度、45度，各進行四次實驗，獲得表5-1實驗數值。

表5-1 葉片斜角實驗結果

變項	實驗次別	起始溫度	起始溼度	最後溫度	最後溼度	轉動圈數	色調	溫度差	溼度差
0度	第1次	15	73	15.8	76	20	6.23	0.8	3
	第2次	16	76	16.6	79	22	6.26	0.6	3
	第3次	16.4	76	17	79	20	6.30	0.6	3
	第4次	16.3	76	17	79	21	6.23	0.7	3
	平均	15.93	75.25	16.60	78.25	20.75	6.25	0.68	3.00
15度	第1次	13.4	67	14	70	28	6.03	0.6	3
	第2次	14	69	14.6	71	27	6.11	0.6	2
	第3次	14.3	69	14.8	72	26	6.20	0.5	3
	第4次	14.4	69	14.9	72	27	6.17	0.5	3
	平均	14.03	68.50	14.58	71.25	27.00	6.13	0.55	2.75
30度	第1次	18.8	57	19.5	59	24	6.30	0.7	2
	第2次	18.9	56	19.5	59	25	6.23	0.6	3
	第3次	19	58	19.6	60	23	6.17	0.6	2
	第4次	18.8	56	19.5	61	23	6.20	0.7	5
	平均	18.88	56.75	19.53	59.75	23.75	6.23	0.65	3.00
45度	第1次	16.5	75	17.3	78	21	6.20	0.8	3
	第2次	17.3	74	17.9	78	24	6.31	0.6	4
	第3次	18	70	18.5	74	23	6.20	0.5	4
	第4次	18.2	72	19	75	22	6.29	0.8	3
	平均	17.50	72.75	18.18	76.25	22.50	6.25	0.68	3.50

(二) 討論：我們發現斜角15度時，其溫度差0.55度、溼度差2.75度，皆為最小，並且由照片的分析，煙霧濃度也是最低，而抽風機的轉速最快。

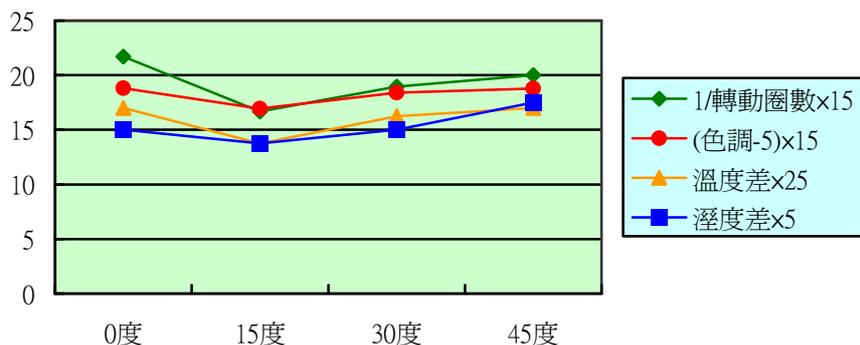
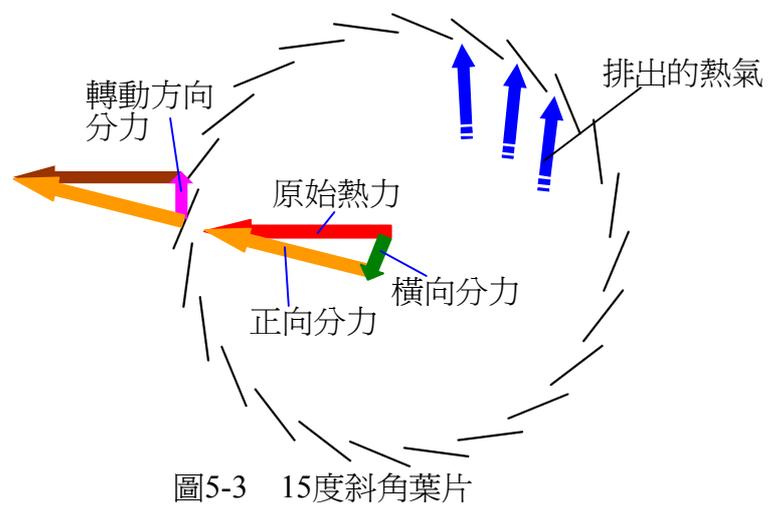
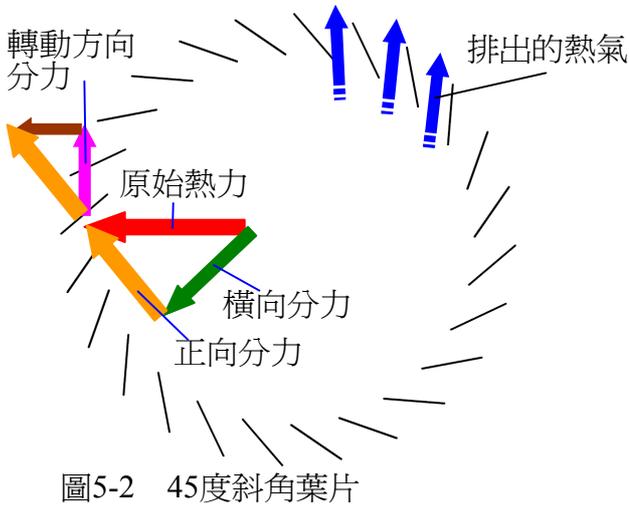


圖 5-1 葉片斜角實驗結果折線圖

推測原因，可能是45或30度斜角時，熱氣離開抽風機時，由熱氣原始力對葉片產生的正向分力所分化出的轉動方向分力是最大的（ $\text{原始熱力} \times \cos 45^\circ \times \sin 45^\circ = \text{原始熱力} \times 1/2$ ），但是因為30或45度斜角時（圖5-2），葉片間隙過大，使得過多的熱氣直接離開抽風機，卻未產生任何作用力；而0度斜角，熱氣產生的作用力過小。

由實驗結果推測，在15度斜角時（圖5-3），轉動方向分力雖然沒有最大（ $\text{原始熱力} \times \cos 15^\circ \times \sin 15^\circ = \text{原始熱力} \times 1/4$ ），但卻能充分利用上升的熱氣流，因此會有最好的轉動效果，也使得熱氣、溼氣及煙霧能較快排出。



## 二、抽風機的結構——葉片片數

(一) 結果：我們將抽風機的葉片片數調整為15片、18片、20片、24片，各進行四次實驗，獲得表5-2實驗數值。

表5-2 葉片片數實驗結果

變項	實驗次別	起始溫度	起始溼度	最後溫度	最後溼度	轉動圈數	色調	溫度差	溼度差
15片	第1次	20.2	74	20.9	77	25	6.21	0.7	3
	第2次	21	73	21.6	77	24	6.23	0.6	4
	第3次	20.8	72	21.5	75	22	6.24	0.7	3
	第4次	21.3	68	22	71	24	6.21	0.7	3
	平均	20.83	71.75	21.50	75.00	23.75	6.23	0.68	3.25
18片	第1次	21.2	66	22.1	69	35	6.01	0.9	3
	第2次	22	61	22.6	64	34	6.04	0.6	3
	第3次	22.3	58	22.9	62	34	6.03	0.6	4
	第4次	22.4	60	23	63	34	6.09	0.6	3
	平均	21.98	61.25	22.65	64.50	34.25	6.04	0.67	3.25
20片	第1次	23.8	52	24.5	55	37	6.00	0.7	3
	第2次	24.1	51	24.8	53	36	6.04	0.7	2
	第3次	24.3	51	24.9	53	38	6.01	0.6	2
	第4次	24.4	50	24.9	52	37	6.00	0.5	2
	平均	24.15	51.00	24.78	53.25	37.00	6.01	0.63	2.25
24片	第1次	24.3	51	25.1	53	35	6.01	0.8	2
	第2次	24.7	50	25.5	52	35	6.02	0.8	2
	第3次	24.9	51	25.8	54	36	6.07	0.9	3
	第4次	25.3	50	26	54	34	6.01	0.7	4
	平均	24.80	50.50	25.60	53.25	35.00	6.03	0.80	2.75

(二) 討論：我們發現葉片片數為20片時，其溫度差0.63度、溼度差2.25度，皆為最小，並且由照片的分析，煙霧濃度也是最低，而抽風機的轉速最快。

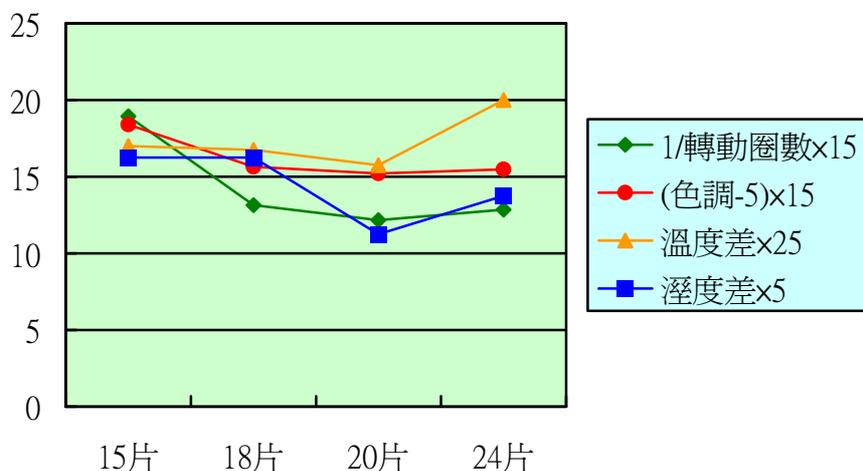


圖 5-4 葉片片數實驗結果折線圖

推測可能的原因與葉片斜角實驗相似，當葉片只有15片時（圖5-5），大量的熱氣會從過大的縫隙中流失，而沒有作用在葉片上；然而當葉片多達24片時（圖5-7），縫隙過小，雖然熱氣必須與葉片產生作用，但是葉片與葉片之間形成了狹長的通道，反而不利熱氣流出，並且葉片數量多，增加了抽風機的重量，使轉動更耗費力量。

因此，從實驗結果發現，葉片數量20片時（圖5-6），剛好有較適當的縫隙，並且葉片不致過重，所以有最好的轉動效果，也使得熱氣、溼氣及煙霧能較快排出。

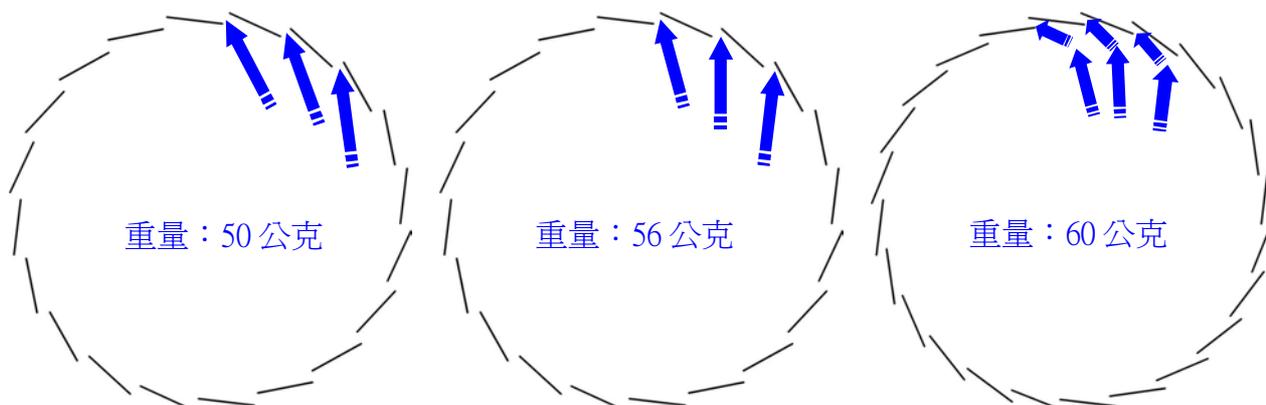


圖5-5 15片葉片

圖5-6 20片葉片

圖5-7 24片葉片

### 三、實驗箱形狀——高度

(一) 結果：我們將實驗箱的高度調整為51公分、58公分、65公分、72公分，各進行四次實驗，獲得表5-3實驗數值。

表5-3 實驗箱高度實驗結果

變項	實驗次別	起始溫度	起始溼度	最後溫度	最後溼度	轉動圈數	色調	溫度差	溼度差
51公分	第1次	25.8	48	26.6	50	35	6.26	0.8	2
	第2次	25.7	48	26.6	50	34	6.21	0.9	2
	第3次	25.9	47	26.7	49	34	6.24	0.8	2
	第4次	25.8	47	26.5	50	35	6.29	0.7	3
	平均	25.80	47.50	26.60	49.75	34.50	6.25	0.80	2.25
58公分	第1次	25.4	49	26.1	51	35	6.30	0.7	2
	第2次	25.5	47	26.2	50	37	6.26	0.7	3
	第3次	25.7	46	26.5	49	36	6.24	0.8	3
	第4次	25.9	45	26.7	47	35	6.27	0.8	2
	平均	25.63	46.75	26.38	49.25	35.75	6.27	0.75	2.50
65公分	第1次	25.5	49	26.6	52	36	6.39	1.1	3
	第2次	25.7	49	26.7	52	35	6.34	1	3
	第3次	25.9	48	26.9	52	36	6.41	1	4
	第4次	26	50	27.2	53	35	6.41	1.2	3
	平均	25.78	49.00	26.85	52.25	35.50	6.39	1.08	3.25
72公分	第1次	25.8	50	26.9	53	34	6.40	1.1	3
	第2次	25.9	50	27	52	35	6.39	1.1	2
	第3次	26	49	27	53	35	6.43	1	4
	第4次	26.2	48	27.3	52	34	6.44	1.1	4
	平均	25.98	49.25	27.05	52.50	34.50	6.41	1.08	3.25

(二) 討論：我們發現當實驗箱高度在51及58公分時，其溫度差度、溼度差及煙霧濃度都比65及72公分低，但是在抽風機的轉速上，則四種情況差異性不大。

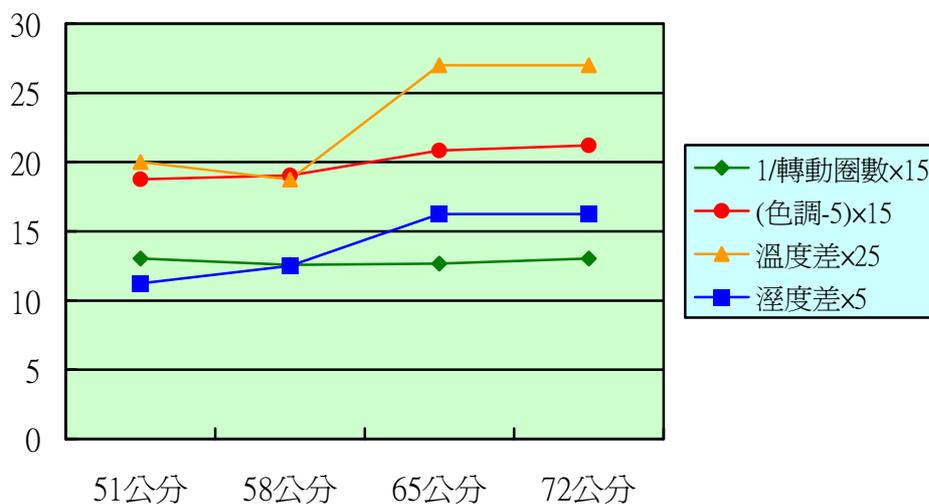


圖 5-8 實驗箱高度實驗結果折線

推測造成此結果的原因，可能是較高與較低的實驗箱產生的熱氣量相同，因此抽風機所產生的轉動力差異不大，所以最後30秒時轉動圈數差異不大。

然而，酒精燈燃燒一段時間後，較高的實驗箱因體積較大（圖5-9），使得下方進入的冷空氣與箱內的熱氣調和後，溫度下降較少，而較低的實驗箱因體積較小（圖5-10），使得下方進入的冷空氣與箱內的熱氣調和後，溫度下降較多。

因此，從實驗結果發現，較低或體積較小的實驗箱，單獨一個抽風機，產生的排熱效果較好；而較高或體積較大的實驗箱，則需要更多的抽風機，才能獲得相同的排熱、除溼、除煙霧之效果。

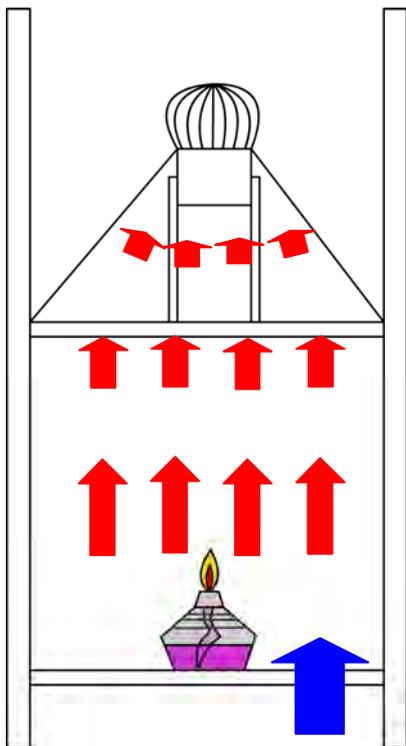


圖5-9 較高實驗箱

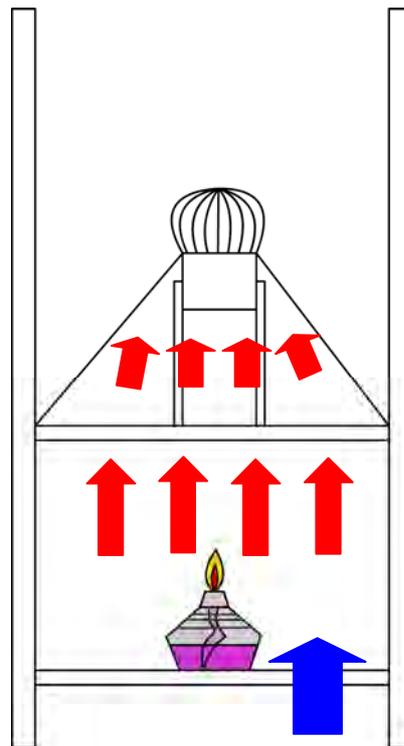


圖5-10 較低實驗箱

#### 四、實驗箱形狀——箱頂斜度

(一) 結果：我們將實驗箱的箱頂斜度調整為約15度、30度、45度、60度，各進行四次實驗，獲得表5-4實驗數值。

表5-4 實驗箱箱頂斜度實驗結果

變項	實驗次別	起始溫度	起始溼度	最後溫度	最後溼度	轉動圈數	色調	溫度差	溼度差
15度	第1次	23.1	67	23.8	71	32	6.50	0.7	4
	第2次	23.4	65	24.1	68	32	6.51	0.7	3
	第3次	23.5	66	24.5	69	30	6.47	1	3
	第4次	23.7	65	24.6	69	31	6.46	0.9	4
	平均	23.43	65.75	24.25	69.25	31.25	6.49	0.82	3.50
30度	第1次	20.9	74	21.5	78	34	6.41	0.6	4
	第2次	20.9	75	21.6	79	35	6.37	0.7	4
	第3次	21.2	73	21.9	76	32	6.37	0.7	3
	第4次	21.5	74	22.1	77	32	6.39	0.6	3
	平均	21.13	74.00	21.78	77.50	33.25	6.39	0.65	3.50
45度	第1次	20.1	72	20.6	75	34	6.27	0.5	3
	第2次	20.6	75	21.2	78	37	6.23	0.6	3
	第3次	20.8	76	21.5	78	36	6.24	0.7	2
	第4次	21	77	21.6	80	34	6.24	0.6	3
	平均	20.63	75.00	21.23	77.75	35.25	6.25	0.60	2.75
60度	第1次	19.3	67	19.8	69	38	6.24	0.5	2
	第2次	19.4	69	19.9	70	40	6.23	0.5	1
	第3次	19.5	70	20.2	71	41	6.23	0.7	1
	第4次	19.7	70	20.1	72	39	6.20	0.4	2
	平均	19.48	69.00	20.00	70.50	39.50	6.23	0.52	1.50

(二) 討論：我們發現箱頂斜度為60度時，其溫度差0.52度、溼度差1.5度，皆為最小，並且由照片的分析，煙霧濃度也是最低，而抽風機的轉速最快。

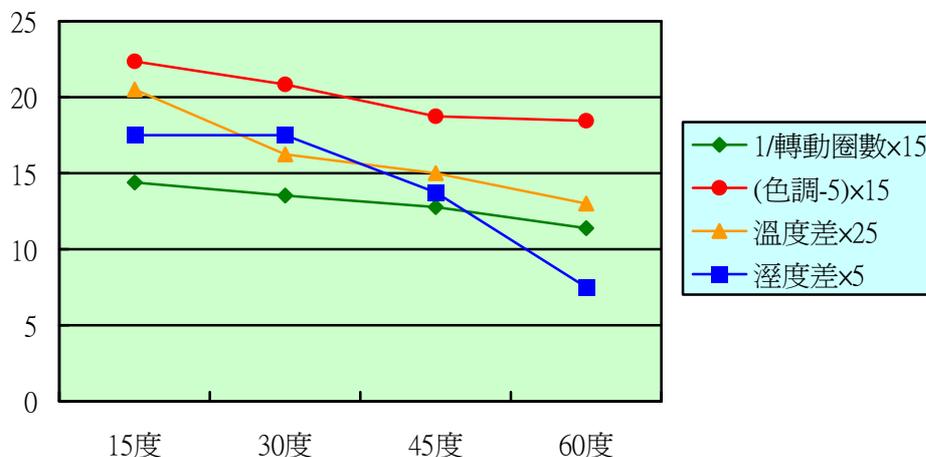


圖 5-11 實驗箱箱頂斜度實驗結果

原因可能是原本垂直向上的熱氣在上升時碰到傾斜的箱頂，向上的力可分析成兩個分力（圖5-12），其一是與箱頂互相垂直的力，另一是與箱頂互相平行的力，而垂直的力被箱頂被抵消，平行的力則會朝著抽風機方向前進，並且當箱頂較傾斜時（圖5-13），平行箱頂的分力較大，對抽風機產生更大的推力。

因此，從實驗結果發現，箱頂斜度較大的實驗箱，其抽風機具有較快的轉動速度，也因此有最好的排熱、除溼、除煙霧之效果。

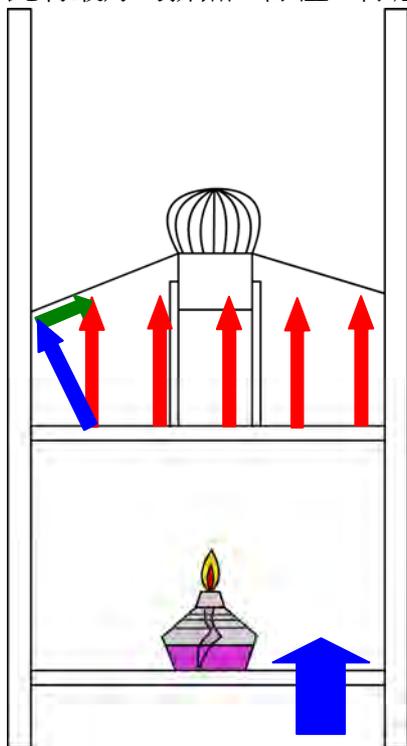


圖5-12 箱頂斜度較小

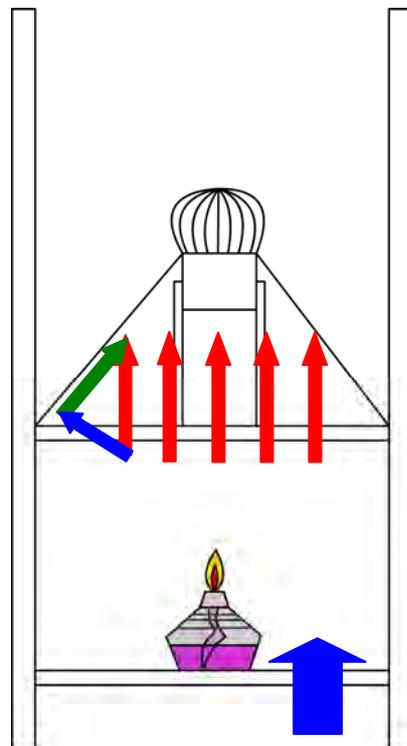


圖5-13 箱頂斜度較大

## 五、箱外的環境因素——風速

(一) 結果：我們分別針對無抽風機及有抽風機情況下，使用電風扇模擬室外的無風、弱風及強風，各進行四次實驗，獲得表5-5實驗數值。

表5-5 箱外風速實驗結果

變項	實驗次別	起始溫度	起始溼度	最後溫度	最後溼度	轉動圈數	色調	溫度差	溼度差
無風 (有抽風機)	第 1 次	24.3	62	25.1	65	35	6.20	0.8	3
	第 2 次	24.3	61	25.3	66	37	6.23	1	5
	第 3 次	24.5	62	25.4	66	35	6.23	0.9	4
	第 4 次	24.6	62	25.3	67	38	6.24	0.7	5
	平均	24.43	61.75	25.28	66.00	36.25	6.23	0.85	4.25
弱風 (有抽風機)	第 1 次	24	61	24.5	63	56	6.16	0.5	2
	第 2 次	24.5	61	25.1	63	58	6.11	0.6	2
	第 3 次	24.6	61	25.3	64	57	6.16	0.7	3
	第 4 次	24.8	60	25.3	63	58	6.14	0.5	3
	平均	24.48	60.75	25.05	63.25	57.25	6.14	0.58	2.50
強風 (有抽風機)	第 1 次	24.2	61	24.9	63	60	6.16	0.7	2
	第 2 次	24.3	61	24.8	63	61	6.11	0.5	2
	第 3 次	24.5	60	25.1	63	58	6.13	0.6	3
	第 4 次	24.6	60	25.2	62	60	6.11	0.6	2
	平均	24.40	60.50	25.00	62.75	59.75	6.13	0.60	2.25
無風 (無抽風機)	第 1 次	24.6	61	25.6	65	0	6.76	1	4
	第 2 次	24.7	60	25.7	65	0	6.79	1	5
	第 3 次	24.7	59	25.5	65	0	6.80	0.8	6
	第 4 次	24.9	59	26	65	0	6.74	1.1	6
	平均	24.73	59.75	25.70	65.00	0.00	6.77	0.97	5.25
弱風 (無抽風機)	第 1 次	24	62	24.8	66	0	6.71	0.9	4
	第 2 次	24.3	62	25.4	67	0	6.69	1.1	5
	第 3 次	24.5	62	25.4	67	0	6.70	0.9	5
	第 4 次	24.5	62	25.3	68	0	6.71	0.8	6
	平均	24.33	62.00	25.23	67.00	0.00	6.70	0.90	5.00
強風 (無抽風機)	第 1 次	24	61	24.9	66	0	6.73	0.9	5
	第 2 次	24.5	61	25.5	66	0	6.73	1	5
	第 3 次	24.6	60	25.4	65	0	6.74	0.8	5
	第 4 次	24.6	59	25.5	64	0	6.74	0.9	5
	平均	24.43	60.25	25.33	65.25	0.00	6.74	0.90	5.00

(二) 討論：實驗後，我們發現有自然力抽風機時，在溫度差、溼度差及煙霧濃度上，皆比沒有自然力抽風機來得低許多，並且實驗箱外的風對於有抽風機時才能發揮明顯功效，而對於無抽風機而差異不大。

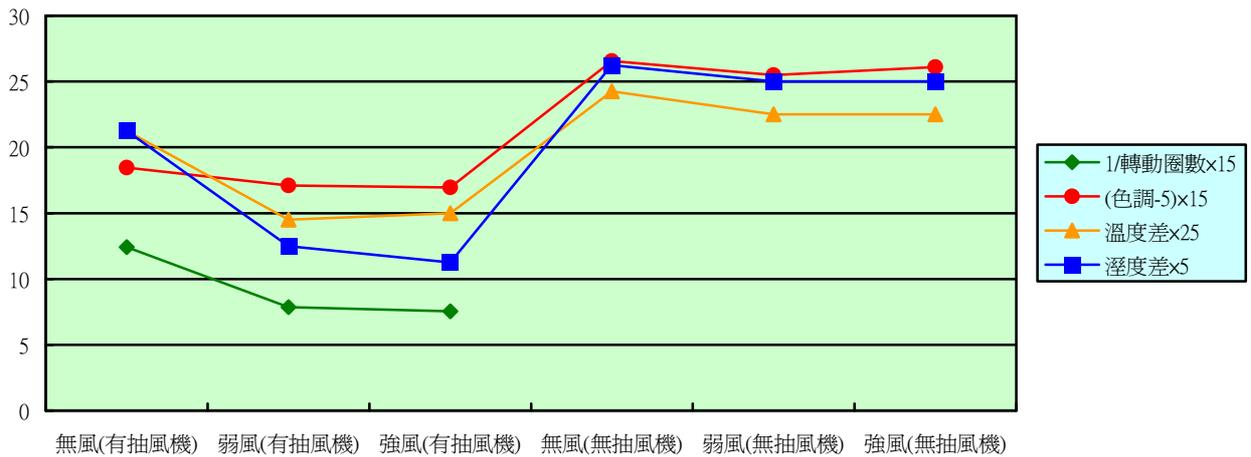


圖 5-14 箱外風速實驗結果折線圖

原因可能是當箱頂有抽風機時（圖5-14、5-15），會因為熱氣的上升而帶動抽風機的轉動，除了排出原本的熱氣外，也將比重較大的水氣及煙霧抽出，因此溫度差、溼度差及煙霧濃度都較無抽風機狀況來得低許多。

而當箱外有風時，也會提供抽風機轉動動力，風愈強，則抽風機的效能愈好；相對的，若箱頂沒有抽風機時（圖5-16），則箱外的風，並無法對箱子的空氣流通產生助益。

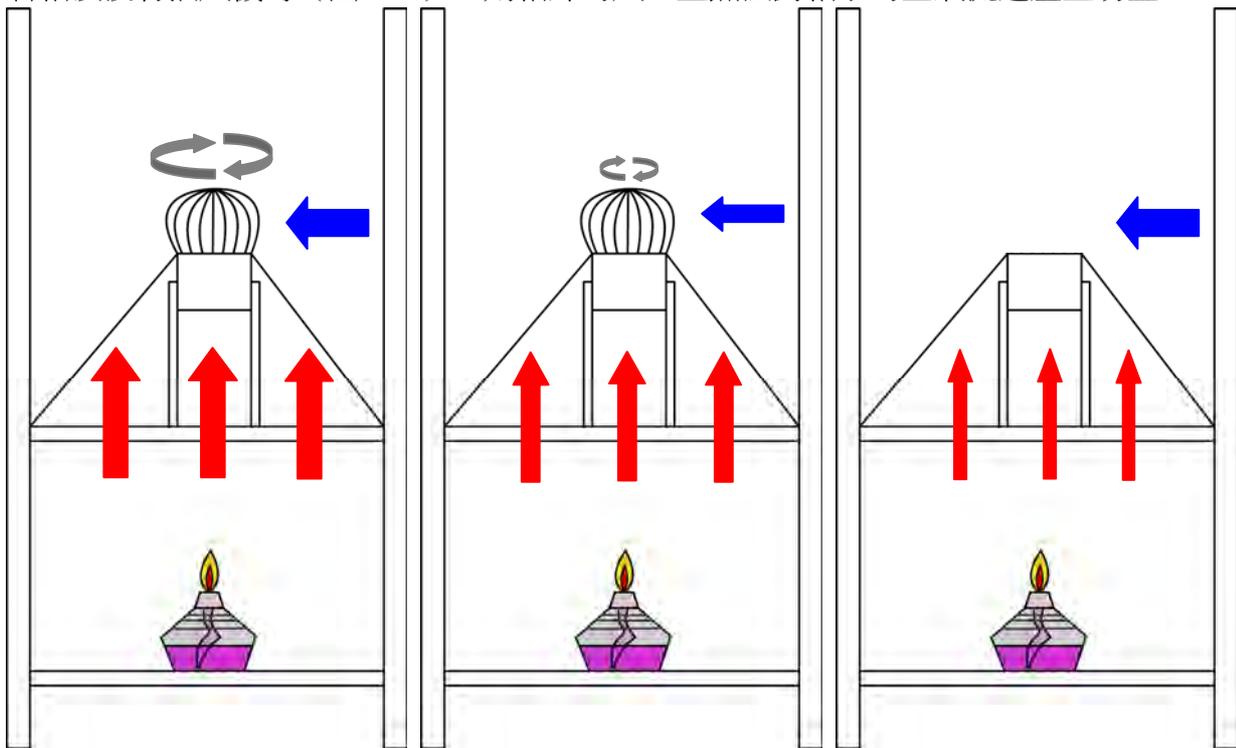


圖5-14 有抽風機、風速強

圖5-15 有抽風機、風速弱

圖5-16 無抽風機、風速強

## 六、箱外的環境因素——使用導風片

(一) 結果：我們使用平行重疊及斜角二種放置導風片的方式，測試不同遮蔽程度及斜角對於自然力抽風機轉動所造成的影響，每種狀態各進行四次實驗，獲得表5-6、5-7實驗數值。

表5-6 平行導風片實驗結果

變項	實驗次別	起始溫度	起始溼度	最後溫度	最後溼度	轉動圈數	色調	溫度差	溼度差
無導風片	第1次	24.7	62	25.2	67	37	6.17	0.5	5
	第2次	24.8	63	25.1	66	36	6.21	0.3	3
	第3次	24.8	62	25.2	67	37	6.21	0.4	5
	第4次	24.7	61	25.3	67	35	6.20	0.6	6
	平均	24.75	62.00	25.20	66.75	36.25	6.20	0.45	4.75
平行相切	第1次	23.4	65	23.9	69	36	6.21	0.5	4
	第2次	23.5	65	23.9	70	35	6.21	0.4	5
	第3次	23.5	66	24	71	35	6.20	0.5	5
	第4次	23.6	64	24.1	69	37	6.20	0.5	5
	平均	23.50	65.00	23.98	69.75	35.75	6.21	0.48	4.75
平行遮蔽 1/6	第1次	24	65	24.4	69	39	6.20	0.4	4
	第2次	24.1	65	24.4	69	38	6.14	0.3	4
	第3次	24.1	65	24.5	69	39	6.17	0.4	4
	第4次	24	64	24.4	69	40	6.14	0.4	5
	平均	24.05	64.75	24.43	69.00	39.00	6.17	0.37	4.25
平行遮蔽 2/6	第1次	24.3	64	24.7	69	36	6.14	0.4	5
	第2次	24.3	64	24.7	68	37	6.17	0.4	4
	第3次	24.5	65	24.8	69	37	6.17	0.3	4
	第4次	24.5	63	24.9	67	38	6.20	0.4	4
	平均	24.40	64.00	24.78	68.25	37.00	6.17	0.38	4.25
平行遮蔽 3/6	第1次	24.3	64	25	70	25	6.50	0.7	6
	第2次	24.3	64	25.1	70	27	6.43	0.8	6
	第3次	24.4	64	25.1	69	28	6.49	0.7	5
	第4次	24.5	63	25.3	70	27	6.43	0.8	7
	平均	24.38	63.75	25.13	69.75	26.75	6.46	0.75	6.00

表5-7 斜角導風片實驗結果

變項	實驗次別	起始溫度	起始溼度	最後溫度	最後溼度	轉動圈數	色調	溫度差	溼度差
斜角 15 度	第 1 次	24.7	63	25.2	68	33	6.27	0.5	5
	第 2 次	24.7	63	25.3	68	34	6.20	0.6	5
	第 3 次	24.8	62	25.2	68	35	6.29	0.4	6
	第 4 次	24.9	61	25.3	67	32	6.20	0.4	6
	平均	24.78	62.25	25.25	67.75	33.50	6.24	0.48	5.50
斜角 30 度	第 1 次	24.8	62	25.2	65	37	6.20	0.4	3
	第 2 次	24.8	62	25.3	67	38	6.19	0.5	5
	第 3 次	24.7	62	25.1	67	36	6.20	0.4	5
	第 4 次	24.9	60	25.2	65	36	6.21	0.3	5
	平均	24.80	61.50	25.20	66.00	36.75	6.20	0.40	4.50
斜角 45 度	第 1 次	24.8	62	25.2	65	40	6.16	0.4	3
	第 2 次	24.9	61	25.3	65	40	6.17	0.4	4
	第 3 次	24.9	61	25.3	64	39	6.17	0.4	3
	第 4 次	24.9	61	25.2	65	41	6.16	0.3	4
	平均	24.88	61.25	25.25	64.75	40.00	6.17	0.38	3.50
斜角 60 度	第 1 次	24.8	62	25.2	66	40	6.19	0.4	4
	第 2 次	24.8	62	25.3	65	40	6.16	0.5	3
	第 3 次	24.9	62	25.3	65	39	6.17	0.4	3
	第 4 次	25	62	25.3	65	39	6.17	0.3	3
	平均	24.88	62.00	25.28	65.25	39.50	6.17	0.40	3.25

(二) 討論：在水平重疊導風片上，我們發現遮蔽程度為1/6、2/6時，溫度差、溼度差及煙霧濃度皆比遮蔽程度3/6及平行相切效果來的好；而在斜角導風片上，斜角45度的溫度差及煙霧濃度最低，而斜角60度的溼度差最低，所以斜角45度及60度效果都不錯。

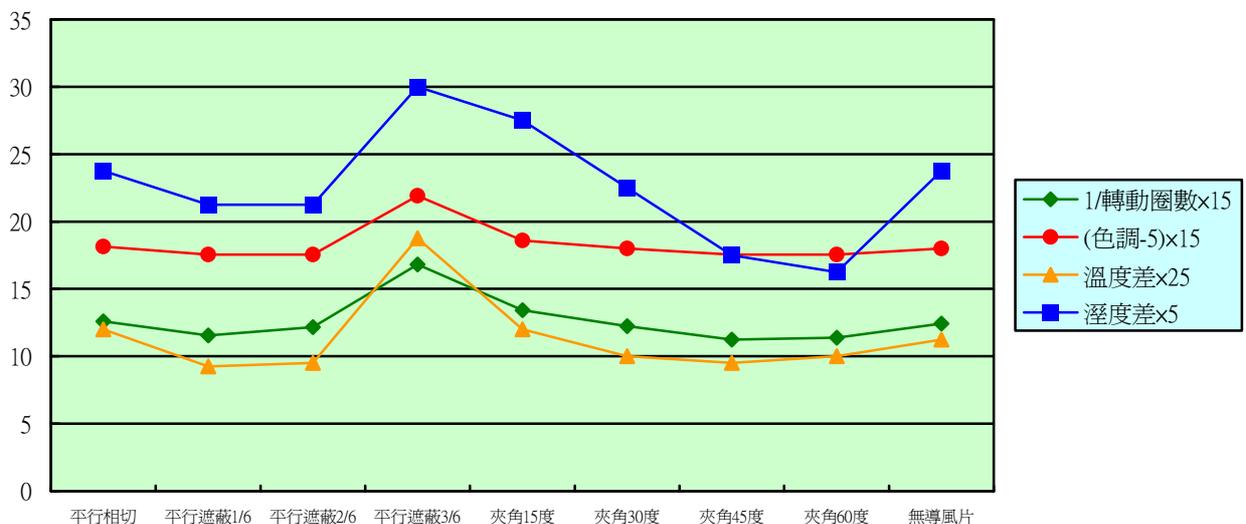


圖 5-18 導風片實驗結果折線圖

原因可能是當沒有放置導風片時（圖5-19），吹向抽風機的風雖大部份可以進入抽風機內，形成俯視角度的順時針力矩，但是在面向抽風機的左側迎風面，因葉片角度，將形成逆時針力矩，因此部份順時針力矩將與逆時針力矩進行抵消；而使用平行導風片遮蔽抽風機左側迎風面1/6或2/6時（圖5-20），則可將這些對抽風機產生逆時針力矩的風擋住；但是當使用平行導風片遮蔽抽風機左側迎風面3/6時（圖5-21），則又會將中央部位會形成順時針力矩的風擋住，因此平行導風片遮蔽抽風機左側迎風面1/6或2/6時，將可獲得較佳的效果。

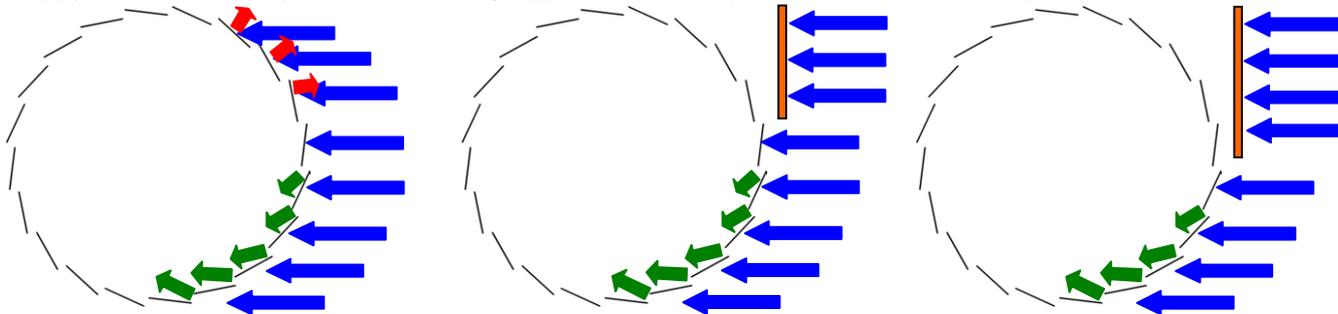


圖5-19 無導風片

圖5-20 導風片平行遮蔽2/6

圖5-21 導風片平行遮蔽3/6

當使用15度斜角的導風片時（圖5-22），原本沒有正面吹向抽風機的左側風，因碰到導風片而被引導至抽風機，且其角度可產生順時針力矩，因此增加了原本的順時針力矩；若使用45度斜角的導風片時（圖5-23），則被引導至抽風機的風將因導風片較大的斜角，而產生更大的順時針轉動力矩，因此又比15度斜角的導風片更佳。

由實驗結果可知，平行導風片與斜角導風片在適當的位置或角度時，皆能對風進行更有效的運用，也更有助於箱子中空氣的流通。

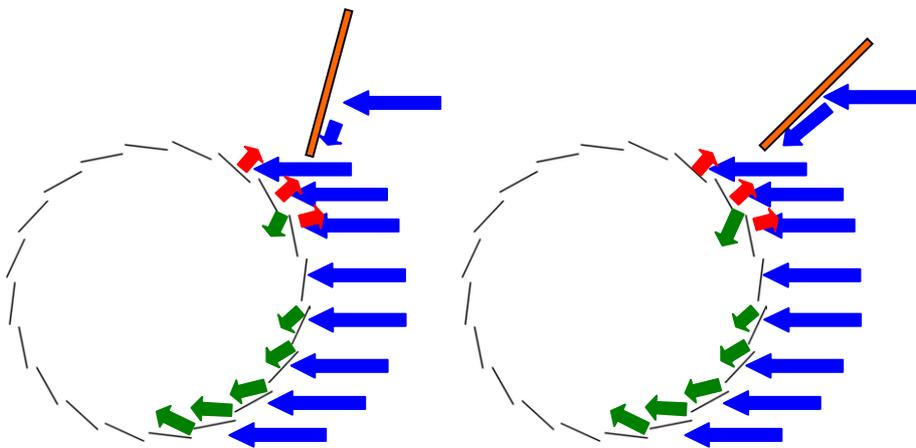


圖5-22 導風片呈15度斜角

圖5-23 導風片呈45度斜角

## 陸、結論與建議

### 一、結論

從實驗的結果及討論中，我們對於使用自然力抽風機的運作原理及新發現，做了下列七項結論：

- (一) 自然力抽風機的葉片角度，影響到熱氣產生的力及逸出的間隙，因此抽風機需搭配適當斜角的葉片，本實驗以15度最佳。
- (二) 自然力抽風機的葉片數量，影響到重量及間隙，因此不同大小的抽風機需搭配適當數量的葉片，本實驗以20片最佳。
- (三) 當房子或廠房愈大時，需裝設愈多的自然力抽風機，使空氣的對流更快速。
- (四) 自然力抽風機裝設的地點，最好是在房子最高處，並且房子的屋頂最好是有斜角的，如台灣常見的鐵皮屋便是典型的斜屋瓦，本實驗以60度最佳。
- (五) 室外自然風能提升自然力抽風機的運轉，也連帶提升空氣對流的效能；但是，當沒有裝設自然力抽風機時，自然風對空氣對流並沒有明顯的助益。
- (六) 在自然力抽風機前以導風片遮蔽 $1/6\sim 2/6$ 的左側迎風面，或者將導風片以45度或60度斜角放置在左側迎風面旁，將可提升自然風對抽風機的推動。
- (七) 自然力抽風機的動力來源為屋內的熱氣及屋外的風，因此其功能除了排除熱氣外，主要是更有效的排出室內的溼氣及懸浮物質。

### 二、建議

針對本研究的進行過程與實驗結果，我們給未來的研究下列四項建議：

- (一) 可嘗試更多製作自然力抽風機的方法，使效能更佳，研究的結果能更精確。
- (二) 可針對自然力抽風機進行更多結構及環境變因的操作。
- (三) 本研究實驗時，室溫及溼度可能會對實驗結果產生影響，因此若能控制好起始溼度及溫度，將使研究結果更精確。
- (四) 本研究實驗時，使用的溫溼度計靈敏度稍嫌不足，若有更佳的儀器可以取代，將使實驗更方便、更正確。

## 柒、參考文獻

### 一、中文部份

雪山圖書編輯部（民81）。物理科學常識。台北市：雪山。

劉君祖（民87）。小牛頓科學百科。台北市：牛頓。

### 二、網路資源

維基百科。煙囪效應。取自

<http://zh.wikipedia.org/zh-hk/%E7%85%99%E5%9B%AA%E6%95%88%E6%87%89>

Yahoo知識。煙囪效應。取自

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1105052002139>

Yahoo知識。煙囪效應。取自

<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1105070807643>

維基百科。對流。取自<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%B0%8D%E6%B5%81>

Eric的網誌。熱對流實驗。取自<http://yykao.pixnet.net/blog/post/12836658>

## 【評語】 080107

自然力抽風機節能環保，是很好的研究題材，同學也很認真的製作了各種型式的抽風機。改變的葉片角度與數目等變因，設計了形狀不同的實驗箱，並且監測了轉速、溫度、溼度以及色調變化。唯多元變化的變因控制與應變量的分析，相對而言仍有詳加說明與明確定義的空間。