

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

高級中等學校組 環境學科

第三名

052603

順勢而生

學校名稱： 國立岡山高級農業工業職業學校

作者：	指導老師：
高二 杜語宸	全志仁
高二 莊羽豪	白智維

關鍵詞： 通風、智能化、空氣安全

## 摘要

現有的排風設備往往受環境風向影響，導致進風量受阻，進而引發通風不足的問題。在進氣效率低落的環境中，無論是工作安全、設備運行，甚至日常生活，都可能面臨潛在風險。本創作的核心特色在於風扇能根據外部風向靈活調整運行方向，使排風設備即使在外界風場干擾下，仍能維持穩定且高效的通風率，從而有效改善傳統排風設備的局限性，提升整體換氣效能與環境安全。

## 壹、前言

台灣有許多有著通風需求的場域，如：工廠、地下設施、工地，在那些地方排風扇相當於人員們的生命保障，不像普通人或許對排風設備沒有太多的關注，許是因為生活在比較安全涼爽的地方，無須對通風有高要求。可我們經常忽略，能生活在光鮮亮麗的環境，其實是有一群那怕頂著毒氣與高溫的威脅也要咬牙工作的工人，有了他們才有如今先進的現代社會建築和基礎建設。有些人說他們工作不過為了錢，但不得不承認用科學的力量去幫助他們對雙方都有利。

在通風不佳的工作環境中，通常潛藏著兩大隱憂，高溫與有害氣體。首先，高溫問題顯而易見，當人員聚集時，環境溫度自然上升，不僅可能導致作業人員遭受熱傷害，若場域內有特定溫控需求的設備，亦可能因超過允許溫度而發生熱當機，影響運作效率與安全性。其次，有害氣體更是不容忽視。常見的有害氣體包括硫化氫、一氧化碳、甲烷及二氧化碳，一旦其濃度在空氣中達到危險值，極

有可能導致人員窒息甚至死亡。因此，在工業安全領域，這兩項風險皆須嚴格管控，以確保作業環境的安全與人員的健康。

面對這些威脅與成本考量，多數單位選擇高 CP 值的排風設備來提升通風效率。然而，一般通風設備在某些情況下可能無法達到預期效果。例如，當外部自然風向與排風扇運作方向相反時，根據本次實驗結果，通風效率將大幅下降。為解決排風設備效能不穩定的問題，避免對工作與生活環境構成潛在威脅，是否能有一款「駕馭風向」的抽風設備，能順應風的節奏，以更高效的模式運行？這樣的設備若能適應多變環境、有效提升換氣率，無論在工作場域還是日常生活空間，都能為人們帶來更安全、舒適的空氣品質。

## 貳、研究動機

在工場實習課中，由於課程需求無法使用空調，雖然工場配有抽風機，理論上開啟後應能降低體感溫度。然而，經過一個學期的觀察，我發現開啟抽風機後，工場內有時反而變得更熱。深入調查後，我發現：在無自然風的情況下，開啟抽風機確實能降低體感溫度。然而，在有自然風的情境下，抽風機的效果卻不穩定，有時能顯著降溫，有時卻適得其反。經過分析，如果抽風機的風向與自然風場相同，則降溫效果最佳，甚至優於無風時的情況；但若抽風機的風向與自然風場相反，則降溫效果大打折扣，甚至比完全不開抽風機還要悶熱。

基於這一發現，我開始思考：我們僅僅就在工廠實習就感覺悶熱難耐，那如果是實際廠房或機房呢？在那種通風不良的地方工作就是有抽風機也會受自然風干擾而不能正常工作，在通風不良環境中又要高強度工作，可能會有窒息、

中暑或設備過熱的危險。若能讓抽風機根據風場變化自動調節風向與運作方式，無論什麼時候都能調節風場是否能有效提升室內降溫效率？是否能長期維持室內空氣的高效流動？若能研發一款可偵測外部風場並自動調整抽風系統的裝置，這樣的技術是否具有實際可行性與應用價值？

## 參、研究目的

- 一、探討如何提升局限空間的換氣效率，使空氣流通最佳化。
- 二、研究進氣流對抽風機效能的影響，找出關鍵因素。
- 三、發掘並設計能最大化進氣效率的設備，提升通風效果。
- 四、使換氣設備更具人性化，開發一套自動化系統，使設備能自主運行，減少人工監控需求。
- 五、在設計與製作過程中納入成本考量，以確保設備的可行性與經濟效益。
- 六、運用現有程式開發與 3D 建模技術進行設備設計，並在過程中深化專業技能，提升實踐與創新能力。

## 肆、研究方法

本研究方法首先透過資料收集，確立研究主題與實施方法，並同步規劃軟、硬體架構。完成規劃後，進行功能測試，並根據測試結果不斷迭代修正軟硬體設計，以優化整體系統，如圖 4-1 所示。

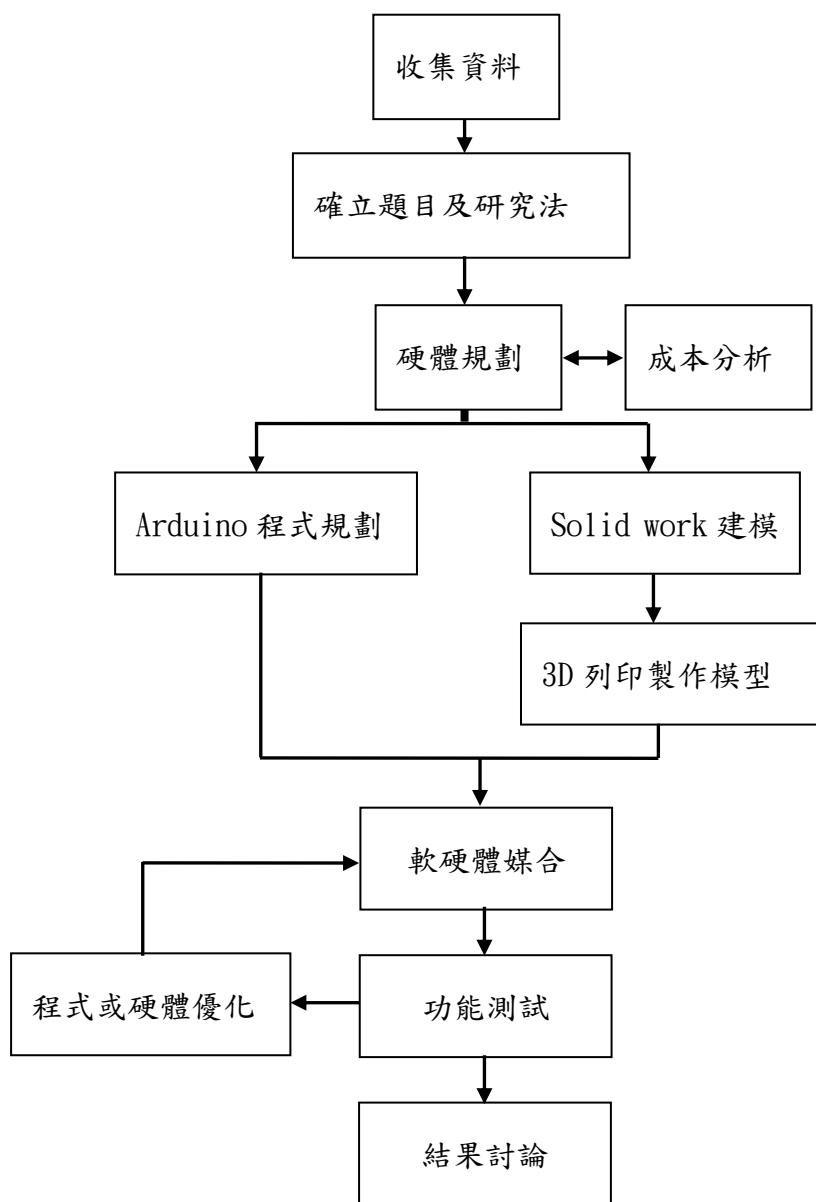


圖 4-1 研究方塊流程圖(出處見圖片來源 1)

## 伍、研究步驟

### 一、文獻探討

在室內空氣中的有著許多危害因子，例如二氣化碳、懸浮微粒、甲醛等等，而這些有害因子若過度暴露會有害身體健康(Chen, Xie, Li, & Huang , 2024) ，

而新風換氣有利於減少有害氣體（翁偉誠，2023）。而因近期熱島效應，大多數庫房及廠房在沒空調之下，溫度容易升高，且實地調查發現台灣濕度較高將產生更高的體感溫度，通過 CFD 模擬換氣結果，證實若有適當的進風與換氣，發現溫度有顯著下降（廖雯婕，2024）。

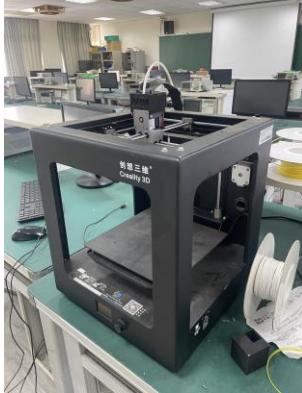
依據工業通風—局部排氣裝置設置參考手冊，台灣有不少廠房在運行過程中，容易產生污染物，雇主有義務定期檢測且聘請設計通風系統（勞動部職業安全衛生署，2023），而於勞動部職業安全衛生署(2023)的局部排氣裝置設置參考手冊中，特別強調補氣的功能與重要性，可知於換氣系統中，新鮮空氣的注入至關重要。

當空間內無法形成氣壓差時，新鮮空氣的補入將受到限制，進而影響整體空氣品質與安全，維持室內氣壓（約 5 – 7 Pa）可防止化學物質或微生物累積，所以裡面氣壓比外面大有助於空氣流通，減少細懸浮微粒，提升空氣品質（Mendell et al., 2013）。因此，建置高效的補風系統顯得尤為重要。本研究旨在開發一款高效、智慧且具成本效益的抽風扇，以提升空間內的通風效果。

本實驗的核心聚焦於風扇的進氣系統，探討在不同風場環境下如何優化進氣效率。在順風場條件下，研究風扇如何最大化進氣能力；而在逆風場條件下，則分析風扇如何調整補氣方向，以克服逆氣流影響，確保最佳進氣效率。

## 二、研究過程與步驟

### (一)研究設備與材料

		
Arduino nano(出處見圖片來源 2)	ACtoDC 電源模組(出處見圖片來源 3)	DC12-24V 直流無刷馬達(出處見圖片來源 4)
		
HX1838 紅外線接收器(出處見圖片來源 5)	七段顯示模組(出處見圖片來源 2)	D-SUN 3A 降壓模組(出處見圖片來源 5)
		
3D 列印機(含線材)(出處見圖片來源 2)	風速儀(出處見圖片來源 2)	瓦特計(出處見圖片來源 2)
		
筆電(數值分析)(出處見圖片來源 1)	工業風扇+集風罩(出處見圖片來源 1)	焊接工具(出處見圖片來源 1)

## (二)元件介紹

### 1. Arduino nano

Arduino Nano 是一款體積小巧、靈活且功能強大的微控制器開發板，無論是初學者還是專業工程師，都能輕鬆運用其強大性能，實現各類創意專案。憑藉精巧設計與多元應用性，它在電子開發領域廣受青睞，成為嵌入式開發與智慧設備製作的理想選擇。

### 2. 直流無刷馬達

48F704L470 DC 直流無刷馬達有著高效能、低噪音和長壽命的特性的一種電動機，因其體積小且損耗低已有運行於許多設備與電器。

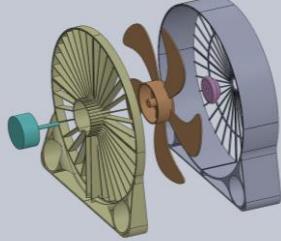
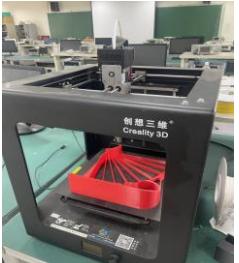
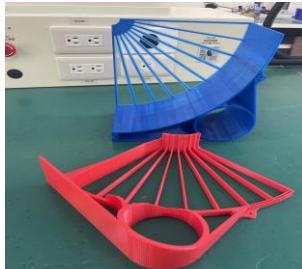
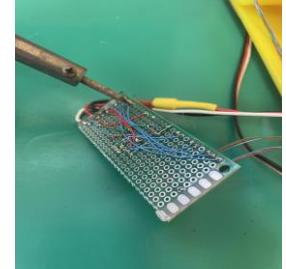
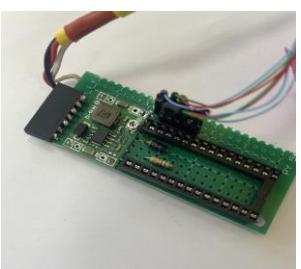
### 3. HX1838 紅外線接收器

HX1838 是一款常用的紅外線接收器，他可以發射和接收特定頻率的紅外線信號，以用來遠程操作元件，無論是在家庭自動化還是 DIY 項目中都有他的身影。

### 4. D-SUN 3A 降壓模組

高效的電源轉換器，適合各種電子領域應用，此模組能提供穩定的電壓輸出，損耗低體積小，可以滿足不同使用場景需求。

### (三)研究過程與步驟

		
5-1 使用 Solidwork 3D 建模(出處見圖片來源 2)	5-2 Arduino 程式設計(出處見圖片來源 2)	5-3 3D 列印機列印模型(出處見圖片來源 2)
		
5-4 3D 列印硬體組裝(出處見圖片來源 2)	5-4 電路焊接(出處見圖片來源 2)	5-5 通訊測試(出處見圖片來源 2)
		
5-6 軟硬體組裝(出處見圖片來源 2)	5-7 抽風扇安裝及功能測試(出處見圖片來源 1)	5-8 功能測試及數據紀錄(風場模擬)(出處見圖片來源 1)
		
5-9 功能測試及數據紀錄(順、逆風場測試)(出處見圖片來源 1)	5-10 功能測試及數據紀錄(風量量測)(出處見圖片來源 1)	5-11 功能測試及數據紀錄(功率紀錄)(出處見圖片來源 1)

(四) 實驗環境

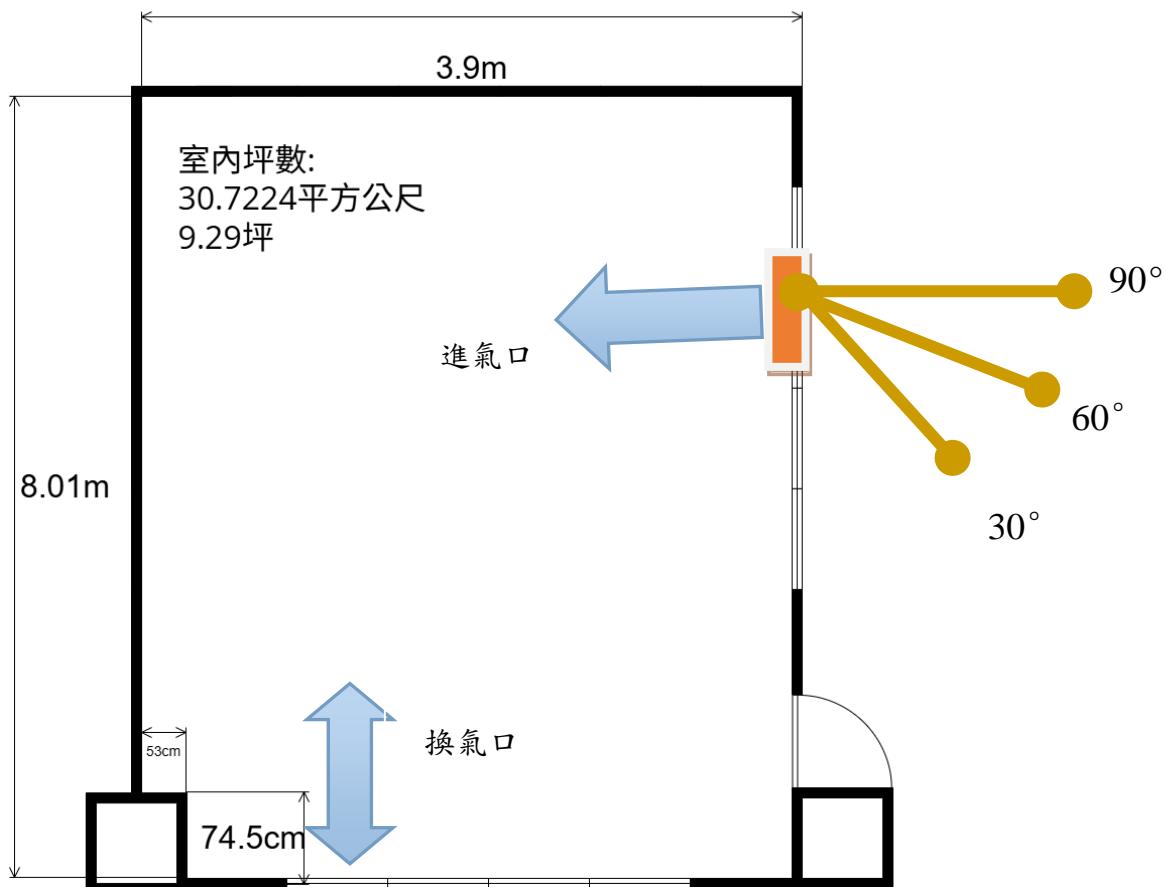


圖 5-12 實驗環境圖(出處見圖片來源 1)

## 陸、研究結果與討論

### 一、研究成品

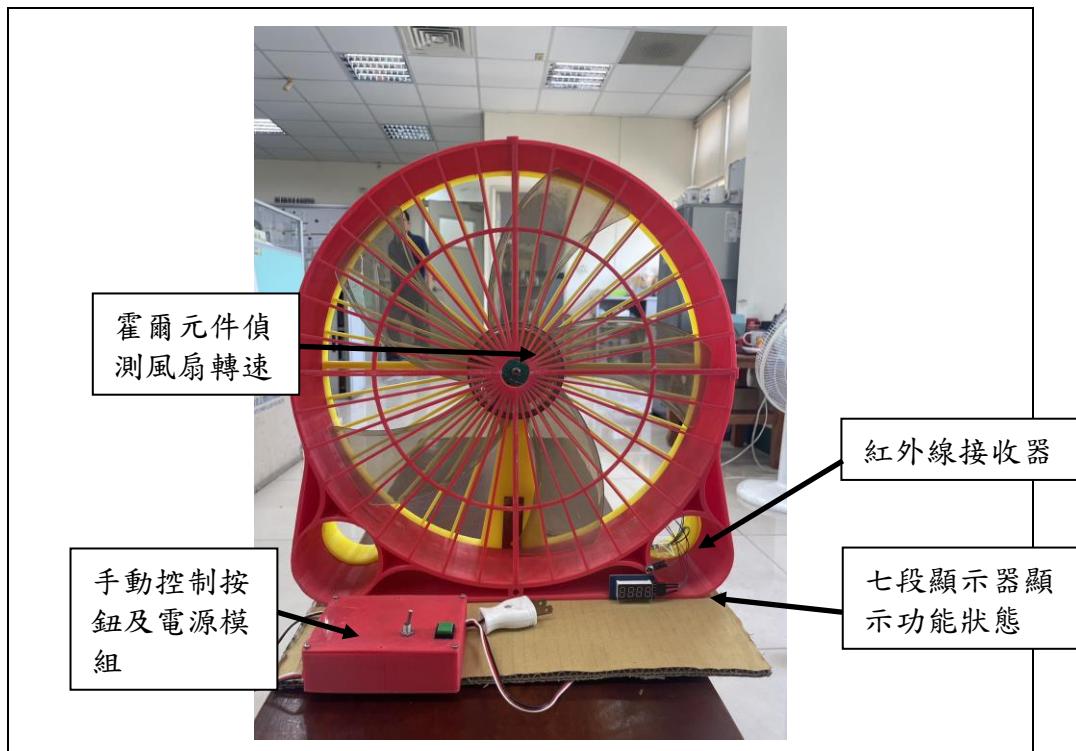


圖 5-13 抽風機正視圖(出處見圖片來源 2)

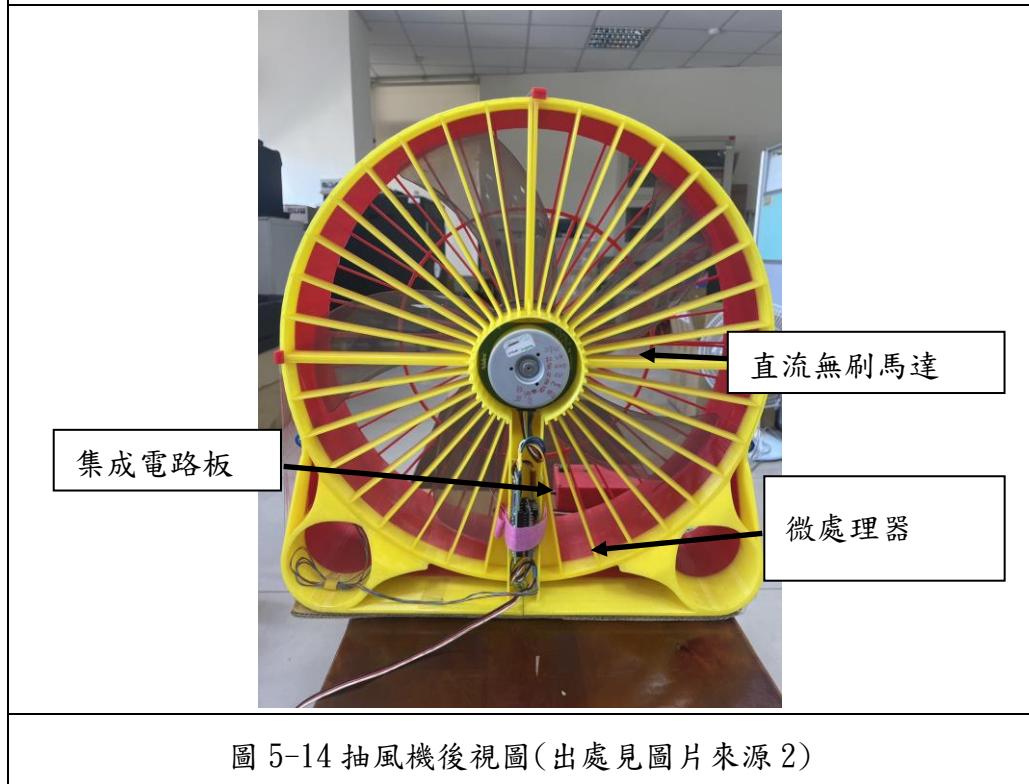


圖 5-14 抽風機後視圖(出處見圖片來源 2)

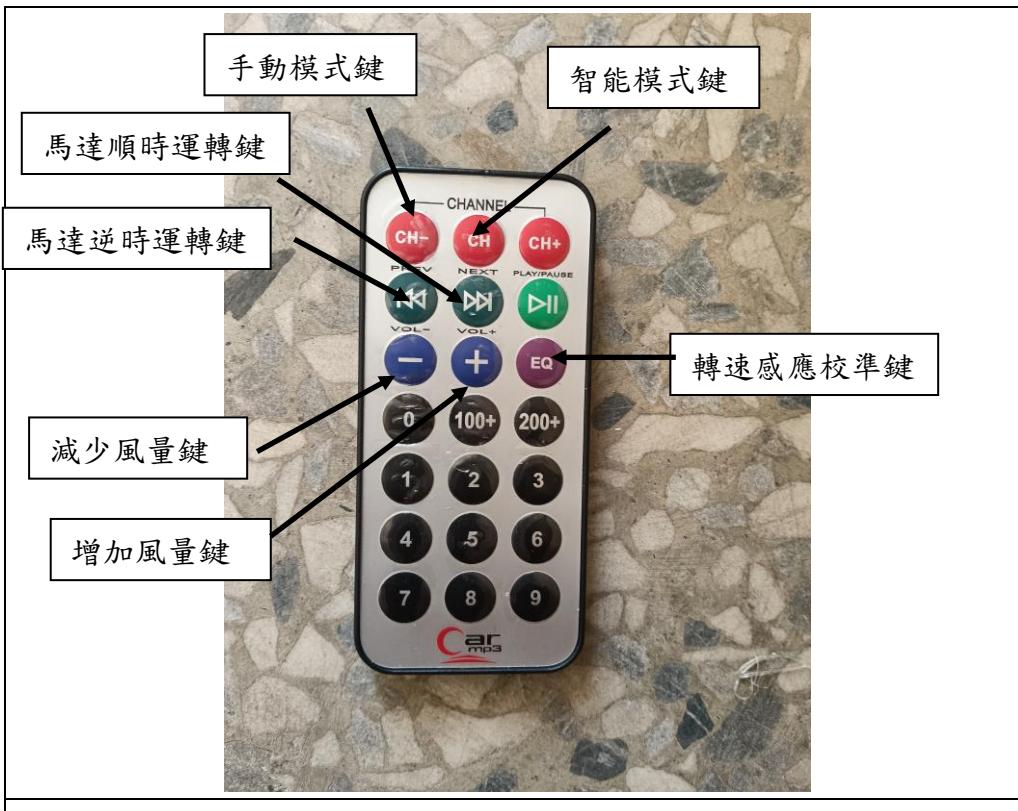


圖 5-15 遙控器(出處見圖片來源 1)

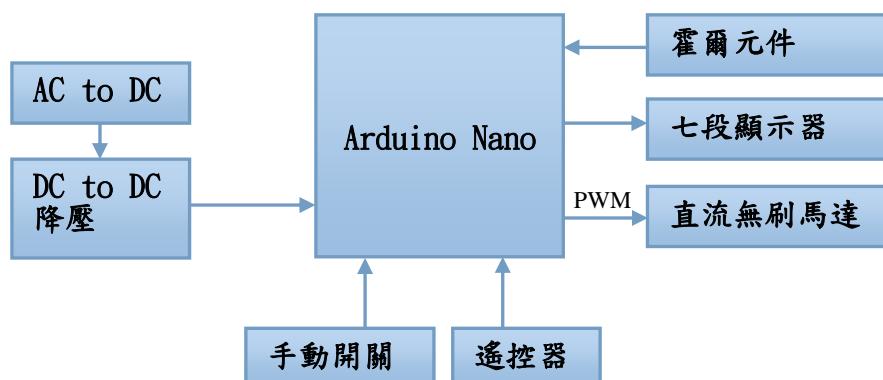


圖 5-16 系統方塊圖(出處見圖片來源 1)

```

void mode1(){      //正常模式，轉速由lev控制
    if(lev>0) {
        int tmp=255-lev;
        if(tmp<30) tmp=30;      //PWM不得低於 30%  255*30%=76.5
        analogWrite(PWM_Pin,PWM=tmp);           //tmp越大轉速越小
    }
    else {analogWrite(PWM_Pin,255);  key3=0;}
}

void mode2(){      //智慧模式，轉速由lev控制，當風速變慢改變方向
    int qq, dx=1;      //qq為轉速差 當減速超標(此時qq<-dx) 時改變風向
    if (digitalRead(MtDir)==1)   qq=valF[NumGear]-ttAll;
    else qq=valR[NumGear]-ttAll;
    //cTime= 延遲反應時間，等待風速穩定 當cTime=0 開時反應
    if(cTime==0 && qq>dx) {    cTime=8;
        Serial.print(..speed up... ");Serial.println(qq);
        if(SnDir==1) SnDir=0;  else SnDir=1; }

    mode1();
}

long t5;
byte fl=0;

void mode3(){      //自然風模式
    if(lev>=1){ //Serial.println(">>>>>>>>>>>>>");


```

圖 5-17 部分程式代碼(模式控制)(出處見圖片來源 2)

```

void pirDetect_init() {      //風速越大，輸出變數ttAll 數值越小
    byte cc=0,cr=0;
    tt[cnt]=millis()-tm;      //Serial.println(tt[cnt]);
    tm=millis();  cnt++;  SnSpeed=0;
    if(cnt>7) {
        ttAll=0;
        for(int i=0;i<8;i++){
            ttAll+=tt[i];
        }
        cnt=0;
    }
    interrupt=1;
}

void TimeUpdate(int h,int m) //四位數字顯示
{
    TimeDisp[2] = m / 10;
    TimeDisp[3] = m % 10;
    TimeDisp[0] = h / 10;
    //TimeDisp[1] = h % 10;
    TimeDisp[1] = 16;
    tm1637.display(TimeDisp);
}

void Close_S() //關閉顯示
{
    TimeDisp[2] = 16;  TimeDisp[3] = 16;
    TimeDisp[0] = 16;  TimeDisp[1] = 16;
}


```

圖 5-18 部分程式代碼(風速偵測)(出處見圖片來源 2)

## 二、結果討論

### (一)本作品特點

1. 本作品抽風機具備自動調整風向功能，可依據外部風場變化自動切換抽排風方向，無須人為干預，有效提升補氣效率與通風穩定性。
2. 在由逆風切換為順風條件下，補氣效率最高提升達 1425.73%。尤其在外部風場與排風扇成 90 度夾角時，原本風速儀出現逆轉現象（風量小於 0），經風向自動切換後風速恢復為正值，證明此系統能大幅改善極端情況下的通風效率（參考表 5-2，檔位 3）。
3. 排風扇於低負載（檔位 3）運行時通風效率最佳，但隨補氣需求增加，提升幅度相對減緩（見圖 5-21）。
4. 支援遠端遙控與手動開關，可減少操作不便，提高使用靈活性。
5. 安裝簡便，無需繁瑣施工，只需固定即可上手，人人可輕鬆操作。
6. 經實測證實，本設備能提供穩定通風效果與顯著節能效益，有效降低使用成本。
7. 在順風條件下使用可節省約 47.5% 能耗（參考圖 5-23），搭配風向自動切換功能，有助於長期降低能源消耗。

### (二)實驗數據

本次實驗進氣量公式為：進氣量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) = 風速 ( $\text{m}/\text{s}$ ) \* 面積 ( $\text{m}^2$ )，以此模擬氣體流動量，然而考慮排風扇位置的氣體流動並不相同，為更精確測量本次實驗將排風扇出風面進行切割，切割成內圈、中環及外環分別計算進風並加總，因風道為圓形管道公式以面積  $(A)=\pi \times (D/2)^2$  計算，如表 5-1 所示。

表 5-1 外部風場面積表

	半徑(m)	面積(m <sup>2</sup> )	計算公式
內圈	0.095	0.00283	$\pi \times (\text{內圈半徑})^2$
中環	0.125	0.00207	$\pi \times (\text{中環半徑})^2 - \text{內圈面積}$
外環	0.185	0.00584	$\pi \times (\text{外環半徑})^2 - \text{內圈面積} - \text{中環面積}$

總進風量 = 內圈風速 \* 內圈面積 + 中圈風速 \* 中圈面積 + 外圈風速 \* 外圈面積

本次實驗以電風扇模擬外部風場，對抽風機進行風力施加。為了評估其在實際使用情況下的效能，參考中央氣象署(無年份)提供的新竹市全年平均風速 2.5 m/s。經實測發現在風扇與抽風機成 90 度角（即正對抽風機方向）時，可於抽風機位置產生與參考風速相符的 2.5 m/s 風速，藉此確認電風扇與抽風機間的合適距離。此外，考量電風扇產生的風力可能不均勻，特別加裝集風裝置，以使其風速分布更接近自然風條件。



圖 5-19 集風設備(出處見圖片來源 1)

本實驗透過調整外部風向角度與抽風機檔位，測量抽風機在順風與逆風條件下的進風量變化。藉由比較兩種環境中的風量增減情形，進一步分析抽風機在順風條件下的運轉效率優勢，以及逆風情況下的效能衰減。結果顯示，在逆風環境中，抽風機的效率最大衰減達 121.78% (詳見表 5-2，逆風條件下抽風扇檔位 3)，顯示逆風對其性能有顯著不利影響。

表 5-2 各式外部風場及角度下實驗數據

無外部風場干擾					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	0.03	0.47	0.64	0.72	0.89
中環	0.05	0.56	0.82	0.95	1.04
外環	1.2	2.08	2.86	3.55	3.93
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.072003	0.146468	0.202252	0.247532	0.276421
電風扇逆風夾角 30 度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	-0.08	0.66	1.01	1.17	0.68
中環	-0.15	-0.87	1.35	1.56	1.7
外環	0.56	1.36	1.82	2.4	2.7
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.027343	0.080141	0.162962	0.20574	0.21228
電風扇逆風夾角 60 度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	-0.1	0.04	0.71	0.85	1.05
中環	-0.11	0.27	0.8	1.05	1.17
外環	0.21	1	1.78	2.33	2.69
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.007155	0.065161	0.140718	0.182006	0.211198
電風扇逆風夾角 90 度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	-0.02	0.04	0.08	0.38	0.49
中環	0	0.03	0.51	0.61	0.72
外環	-0.26	0.72	1.6	2.13	2.38
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	-0.01576	0.043826	0.106328	0.147874	0.167881
電風扇順風夾角 30 度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	0.45	0.68	0.97	1.32	1.5
中環	1.07	1.31	1.69	1.96	1.96
外環	1.97	2.26	2.67	3.62	3.66
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.150046	0.178486	0.218541	0.289569	0.29701
電風扇順風夾角 60 度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	1.08	1.2	1.41	1.68	1.73
中環	1.65	1.94	2.21	2.39	2.49
外環	2.08	2.53	3.05	3.5	3.71
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.186357	0.222064	0.263998	0.301678	0.317439
電風扇順風夾角 90 度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	1.2	1.28	1.45	1.7	1.73
中環	1.94	2.17	2.47	2.68	2.85
外環	2.31	2.62	3.24	3.62	3.9

進風量 ( $m^3/s$ )	0.20921	0.234359	0.281624	0.315268	0.336003
-----------------	---------	----------	----------	----------	----------

進風量計算公式如下：

$$\text{內圈風速} * \text{內圈面積} + \text{中環風速} * \text{中環面積} + \text{外環風速} * \text{外環面積} = \text{進風量} (\text{m}^3/\text{s})$$

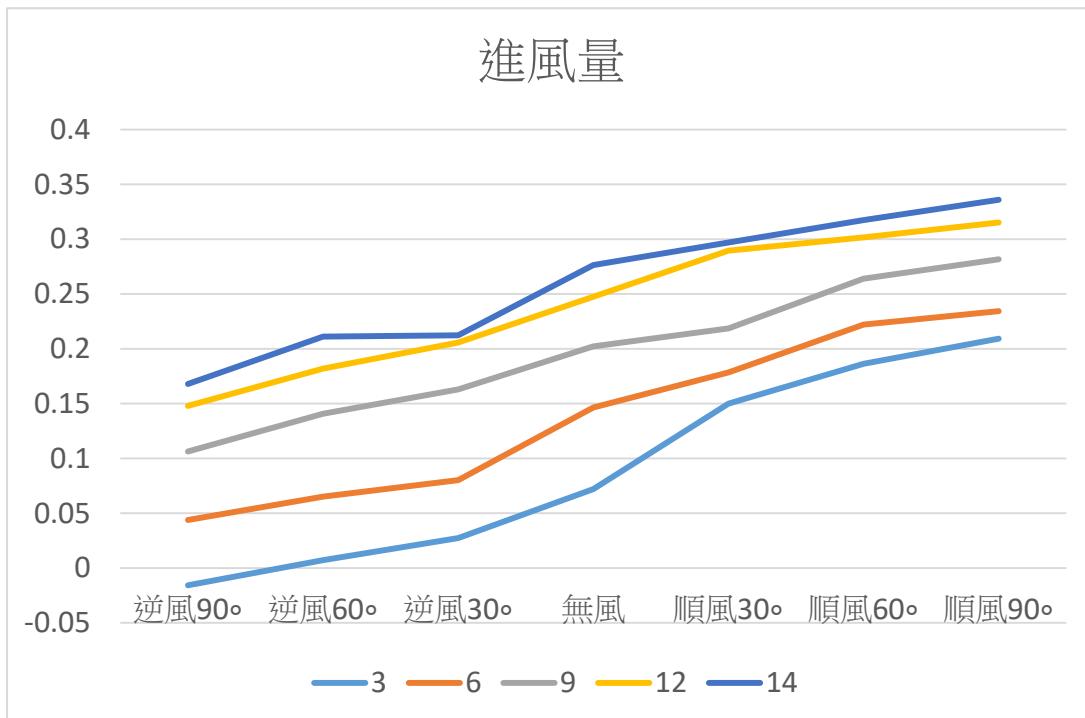
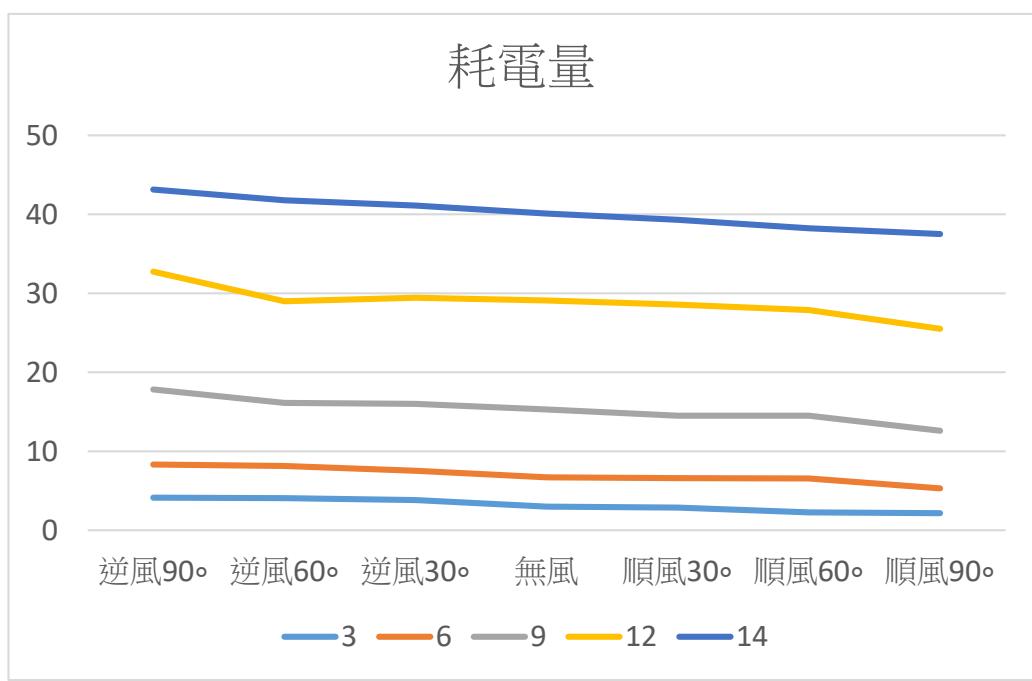


圖 5-20 不同風場進風量圖(出處見圖片來源 1)



圖

5-21 不同風場功率消耗圖(出處見圖片來源 1)

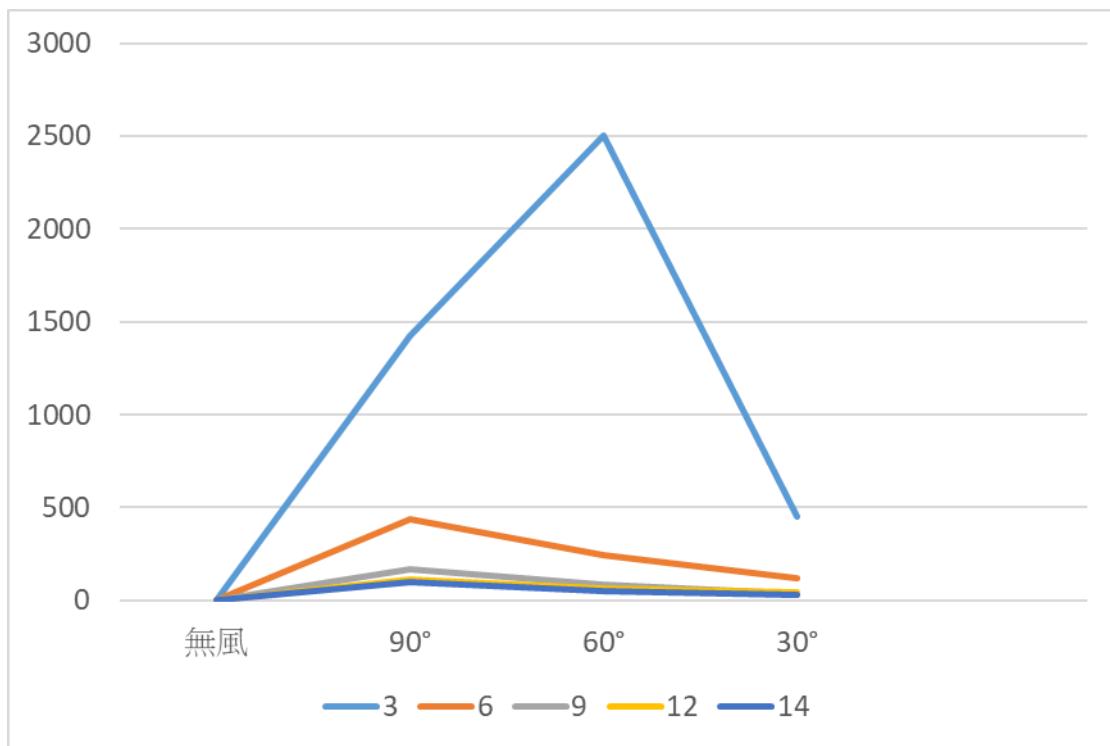


圖 5-22 逆風轉順風之通風效率提升百分比圖(出處見圖片來源 1)

上圖計算公式如下：

$$\text{通風效率提升百分比} = (\text{順風通風量} - \text{逆風通風量}) / \text{逆風通風量} * \text{百分比}$$

由於各檔位的風速數值不同，當基準為風速較小的低檔位(如第 3 檔)時，受到外部固定風場的影響，其風速變化比例會顯得較為顯著(逆風 90 度條件下以負值計算，不能使用相同的效能計算)。雖然逆風轉順風所產生的通風效率提升幅度相較於 60 度風向較低，但實際風量提升反而較大。相對地，若基準為高檔位(如第 14 檔)風速較高，在同樣的外部風場下，風速變化所占比例相對較小，增加效果相對不明顯。

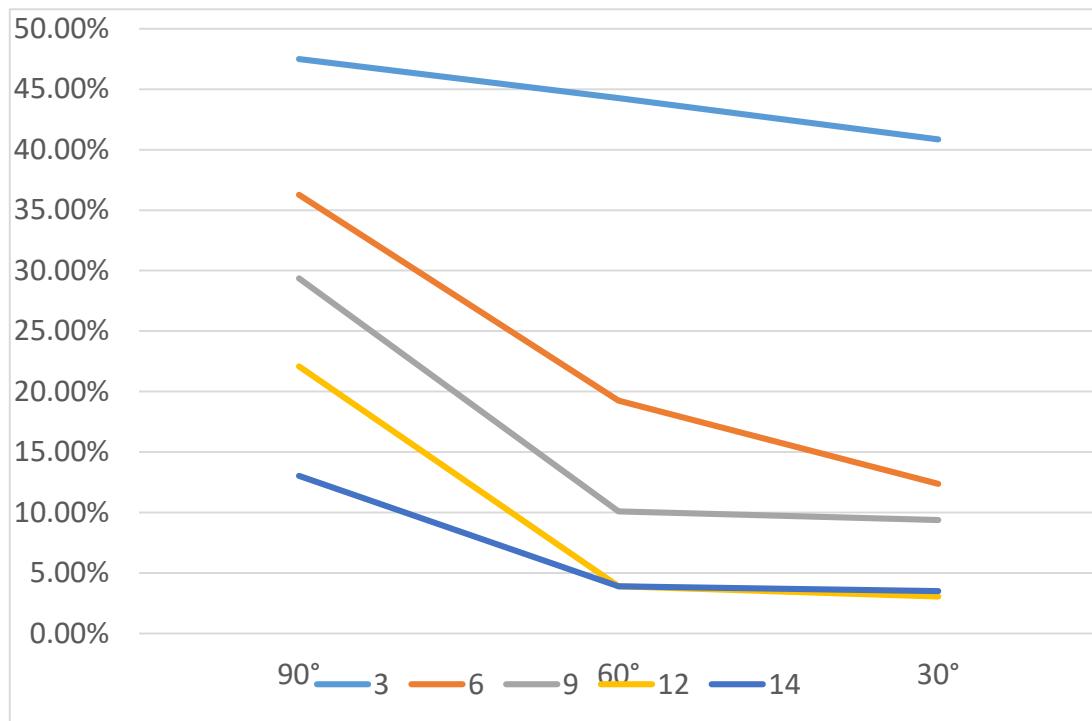


圖 5-23 逆風轉順風之能源效率提升百分比圖(出處見圖片來源 1)

上圖計算公式如下：

$$\text{能源效率提升百分比} = (\text{順風耗電量} - \text{逆風耗電量}) / \text{逆風耗電量} * \text{百分比}$$

### (三)後續建議

1. 目前外部風場模擬設備仍有限，無法線性呈現外部風場的變化，因此在順風與逆風條件下，外部風場越強通風效率的差異會更為明顯。
2. 在實驗過程中發現，外部風場的強弱或負載大小改變時，風向改變對通風效率的影響也有所不同。以排風扇的不同檔位為例：
  - (1)當設定在第 3 檔時，風扇本身的出風量較小，若外部輔助風較強，則風向改變後的通風效率提升明顯。
  - (2)相對地，當設定在第 14 檔時，風扇本身的出風量較大，外部輔助風相對較弱，此時風向改變所帶來的通風效率提升幅度則較小。

3. 後續可以針對風扇葉片設計，研究扇葉對通風效率的影響
4. 研發本系統轉移至一般抽風機的模組，可輕易搭配原有抽風機，立即提升該單位通風效率。

## 柒、結論

本研究針對抽風機在不同風場條件下的效能進行分析，並設計出一款具備自動風向調整功能的抽風系統，以提升局限空間中的通風效率。

### 一、風向匹配可顯著提升補氣效率

實驗結果顯示，當抽風機的風向與自然風場一致時，補氣效率最高可提升達1425.45%，顯示風向匹配對通風與降溫效果具有關鍵影響。

### 二、自動調整與遠端控制機制提升使用便利性

本系統具備自動調整風向的功能，能即時因應外部風場變化，無需人為干預，即可最佳化通風效率。另整合遠端遙控與手動開關功能，簡化操作流程，提升使用者便利性。

### 三、結構簡單，安裝與操作容易

本裝置設計簡潔，可快速固定安裝，無需複雜工具或專業技術，一般使用者即可輕鬆上手操作，具有良好推廣潛力。

### 四、節能與經濟效益兼具

系統運行時可自動避免高功耗的逆風狀態，轉而順應外部風場，達到低能耗運作，進而降低使用成本。實驗證實，在維持良好通風效果的同時，能有效提升能源效率，展現其實用性與經濟價值。

### 五、未來展望

本研究證實，透過偵測外部風場並自動調整抽風機風向的技術，可有效改善局部空間的通風效果，降低熱負荷，並提升工作環境的舒適度與安全性。未來可進一步優化控制演算法，擴展系統應用至多種工業場域，以提升整體通風管理效能。

## 捌、參考資料

翁偉誠（2023）。新風換氣系統去除室內粒狀物之粒徑分布形態 與通風換氣改善評估。〔碩士論文。嘉南藥理大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。

廖雯婕（2024）。老舊造紙廠房濕熱作業環境的通風換氣實務設計與探討。〔碩士論文。國立成功大學〕臺灣博碩士論文知識加值系統。

Chen, J., Xie, X., Li, X., & Huang, Y. (2024). Formaldehyde exposure in indoor environments and associated cancer risk: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Research*, 239, 117872.

Mendell, M. J., Eliseeva, E. A., Davies, M. M., Spears, M., Lobscheid, A., Fisk, W. J., & Apte, M. G. (2013). Association of classroom ventilation with reduced illness absence: A prospective study in California elementary schools. *Indoor Air*, 23(6), 515–528.

中央氣象署（CWA）。（無年份）。新竹氣象站觀測資料（站號 46757）。交通部中央氣象署。

## 玖、圖片來源

1. 本圖片由作者親自製作或拍攝
2. 本圖片由指導老師拍攝

3. 本圖片引自 Amazon 網站 NOYITO AC 轉 DC 隔離式電源供應器模組 AC 120V  
110V - 245V 轉 DC 12V 17A 204W 峰值 12V 20A 240W 最大電源模組, 附過壓  
過載短路保護(DC 12V 17A, 藍色)
4. 本圖片引自 IADIY 創客應用技術 24V 無刷直流馬達
5. 本圖片引自 米羅科技文創院紅外線接收器 1838B 帶鐵殼 紅外線 IR 38Khz
6. 本圖片引自 達源科技股份有限公司 DC-DC 迷你型降壓模組 (編號:B0304)

## 【評語】052603

本作品利用風扇自身感測到的風場變化開發出能根據外部風場靈活調整運行方向的通風系統，有效改善傳統排風設備的侷限性，維持穩定且較高效的通風率，提升整體換氣效能，降低能耗。作品說明書中部分內容尚待詳細說明，例如抽風扇之工程圖來源為何？此外，建議於圖 5-20~5-23 的 Y 軸加入座標軸說明以提高圖片可閱讀性，此外，進風量數據的表達，有些為小數點下五位，有些為六位，建議應以有效位數表示之。

作品海報

順勢而生

# 壹、前言

在通風不佳的工作環境中，通常潛藏著兩大隱憂，高溫與有害氣體，面對這些威脅與成本考量，多數單位選擇高CP值的排風設備來提升通風效率，然而，一般通風設備在某些情況下可能無法達到預期效果。為解決排風設備效能不穩定的問題，是否能有一款「駕馭風向」的抽風設備，這樣的設備若能適應多變環境、有效提升換氣率，都能為人們帶來更安全、舒適的空氣品質。

# 貳、研究動機

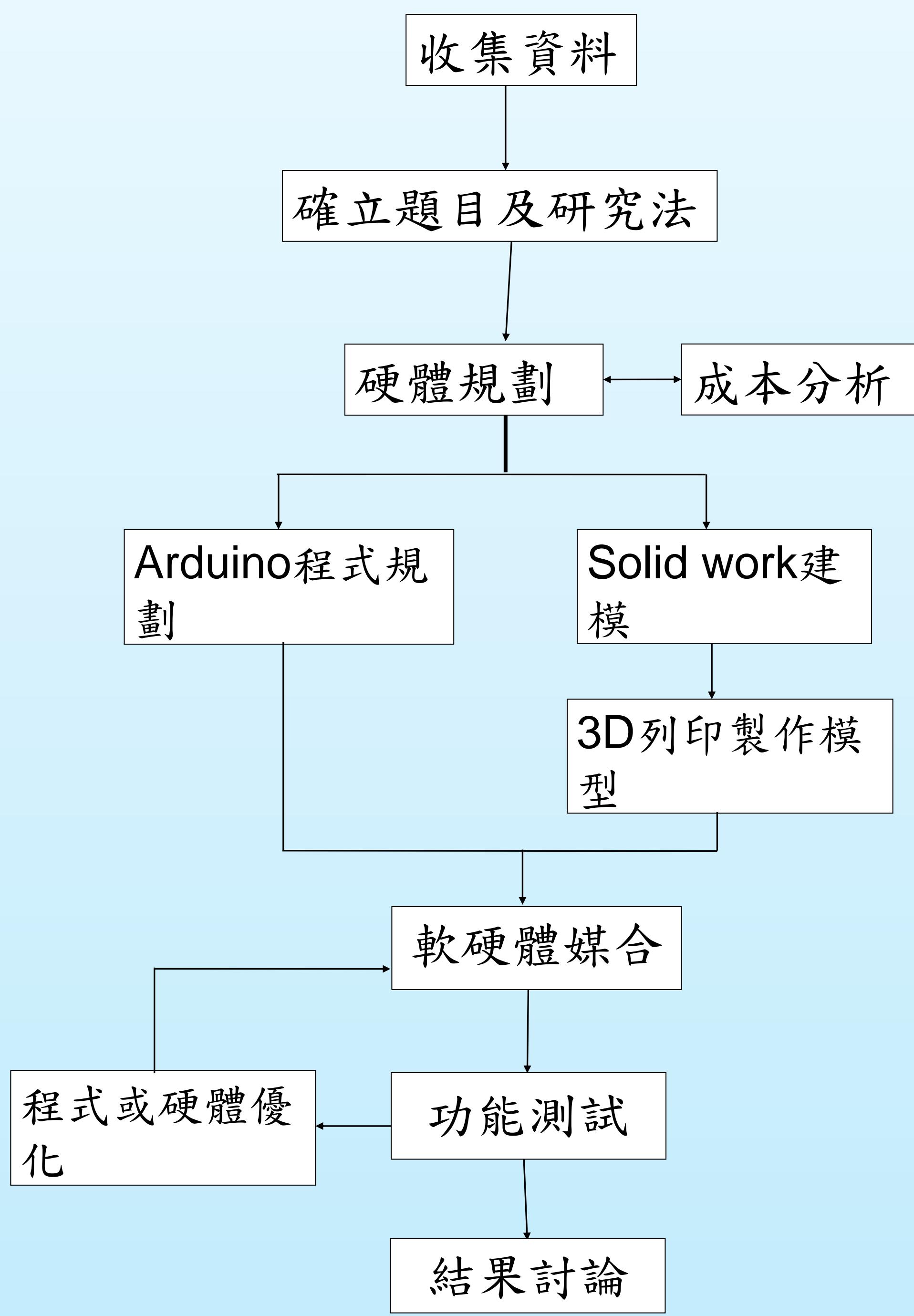
在工場實習課中，由於課程需求無法使用空調，雖然工場配有抽風機，但經過一個學期的觀察，在無自然風的情況下，開啟抽風機確實能降低體感溫度。然而，在有自然風的情境下，抽風機的效果卻不穩定。經過分析，如果抽風機的風向與自然風場相同，則降溫效果最佳，反之，則降溫效果大打折扣。基於這一發現，我開始思考：若能研發一款可偵測外部風場並自動調整抽風系統的裝置，這樣的技術是否具有實際可行性與應用價值？

# 參、研究目的

- 一、探討如何提升局限空間的換氣效率，使空氣流通最佳化。
- 二、研究進氣流對抽風機效能的影響，找出關鍵因素。
- 三、發掘並設計能最大化進氣效率的設備，提升通風效果。
- 四、使換氣設備更具人性化，開發一套自動化系統，使設備能自主運行，減少人工監控需求。
- 五、在設計與製作過程中納入成本考量，以確保設備的可行性與經濟效益。
- 六、運用現有程式開發與3D建模技術進行設備設計，並在過程中深化專業技能，提升實踐與創新能力。

# 肆、研究方法

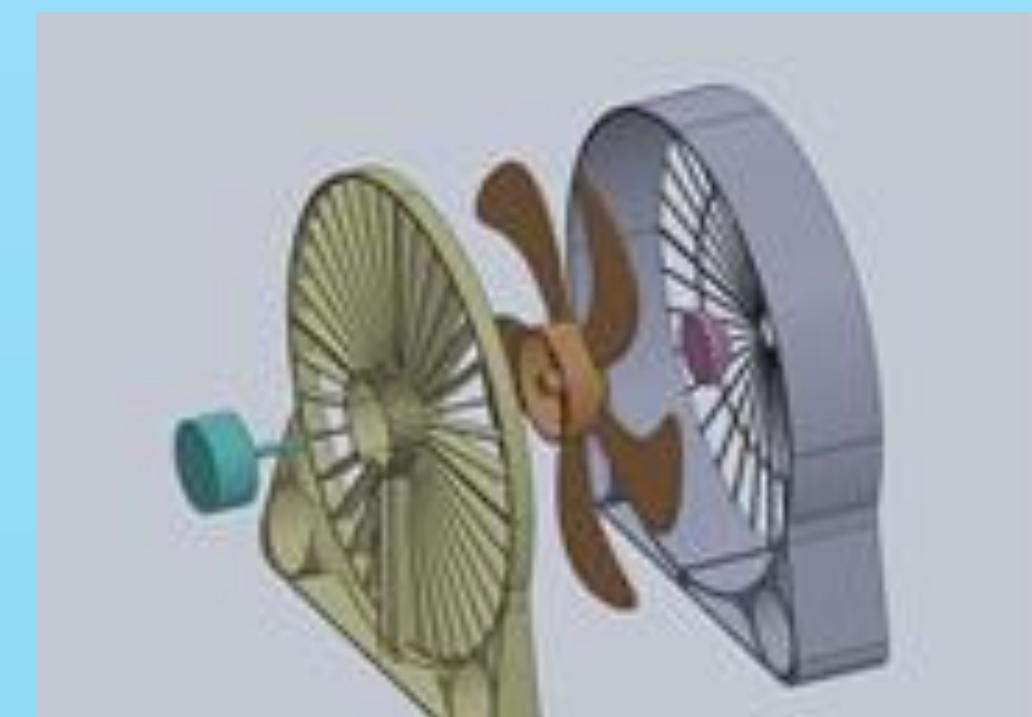
本研究方法首先透過資料收集，確立研究主題與實施方法，並同步規劃軟、硬體架構。完成規劃後，進行功能測試，並根據測試結果不斷迭代修正軟硬體設計，以優化整體系統，如圖所示。



# 伍、研究過程與步驟

## 一、作品製作

- 1、購置研究材料與器材和測試功能
- 2、編寫各功能程式碼
- 3、使用Solid work建模來設計外殼
- 4、3D列印製作模型
- 5、焊接電路及元件組裝
- 6、測試其功能是否正常

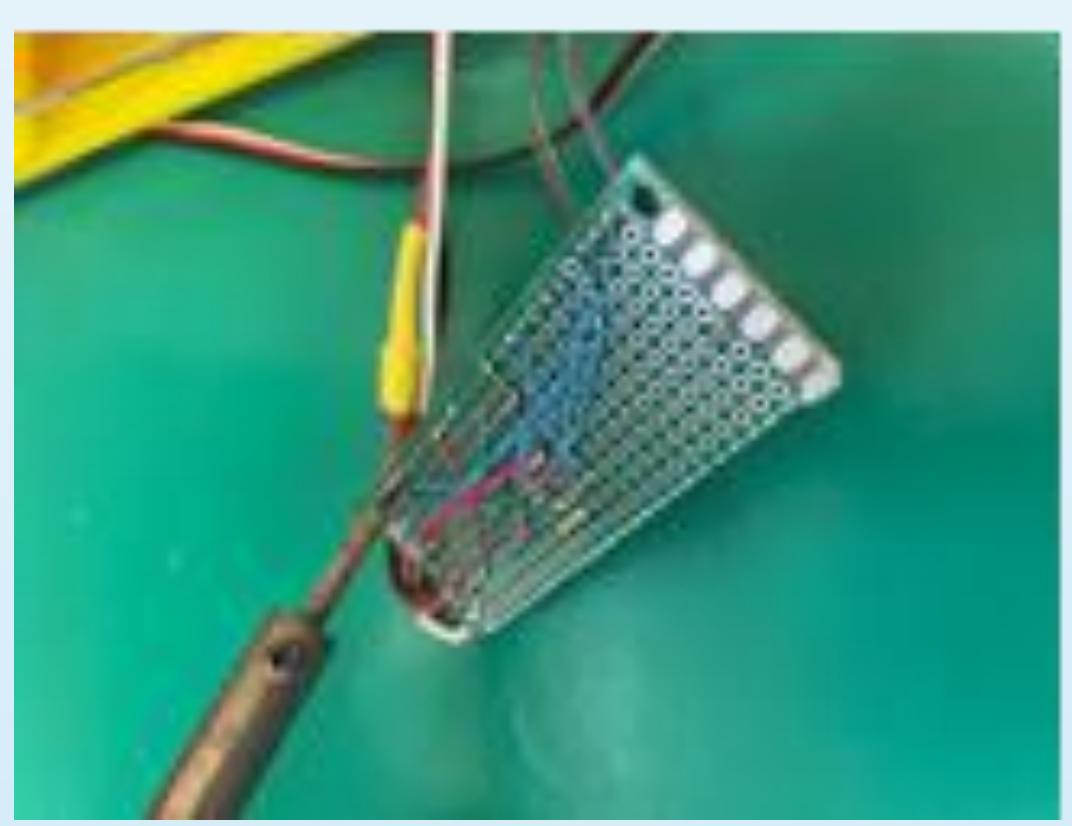


各元件爆炸圖



硬件3D列印

# 研究過程與結果



電路焊接



3D列印硬體組裝

```
void mode1(){ //正常模式，轉速由lev控制
    if(lev>0) {
        int tmp=255-lev;
        if(tmp<30) tmp=30; //PWM不得低於 30% 255*30%=76.5
        analogWrite(PWM_Pin,PWM=tmp); //tmp越大轉速越小
    }
    else {analogWrite(PWM_Pin,255); key3=0;}
}

void mode2(){ //智慧模式，轉速由lev控制，當風速變慢改變方向
    int qq, dx=1; //qq為轉速差 當減速超標(此時qq<-dx) 時改變風向
    if (digitalRead(MtDir)==1) qq=valR[NumGear]-ttAll;
    else qq=valR[NumGear]-ttAll;
    //cTime= 延遲反應時間，等待風速穩定 當cTime=0 開時反應。
    if(cTime==0 && qq>dx) { cTime=8;
        Serial.print(..speed up... );Serial.println(qq);
    }

    if(cTime==0 && qq<-dx) { cTime=8; //減速超標(此時qq<-dx) 時改變風向
        Serial.print(..speed down... );Serial.println(qq);
        if(SnDir==1) SnDir=0; else SnDir=1;
    }

    model();
}

long t5;
byte fl=0;

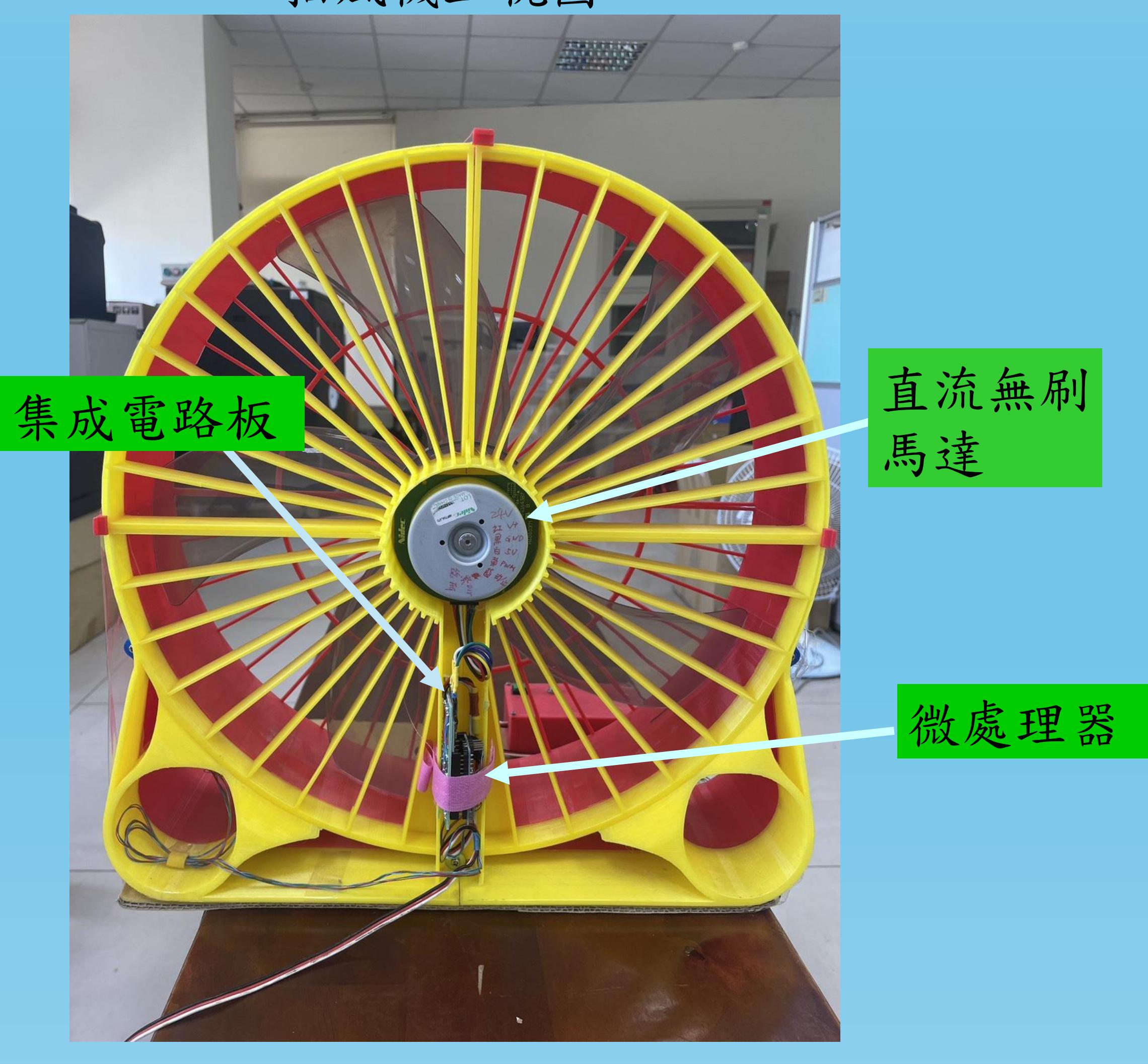
void mode3(){ //自然風模式
    if(lev>=1){ //Serial.println(">>>>>>>>>>>>");
```

部分程式代碼(模式控制)

## 陸、研究成品



抽風機正視圖



抽風機後視圖

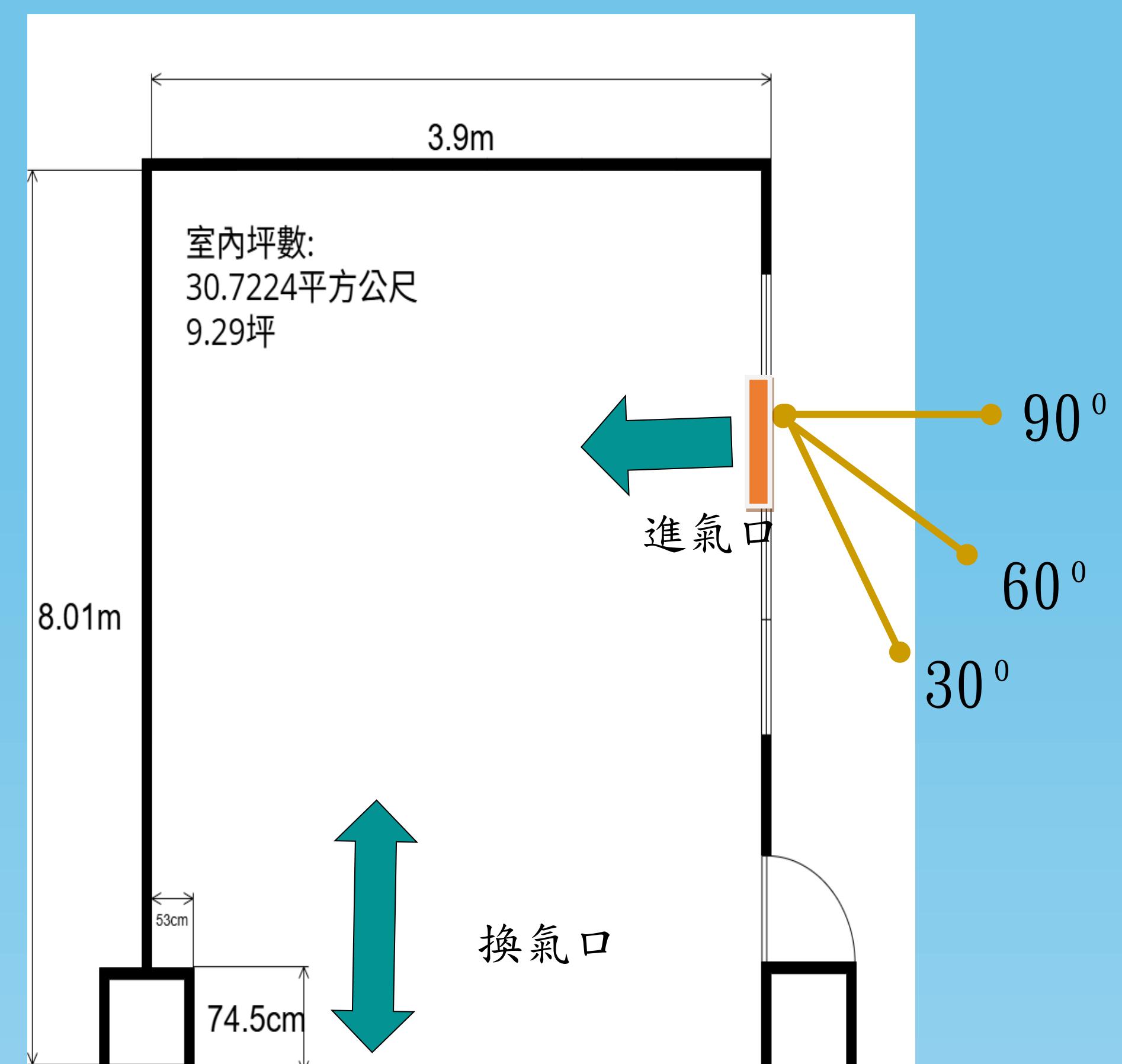


遙控器

## 柒、抽風機特色

1. 本作品抽風機具備自動調整風向功能，可依據外部風場變化自動切換抽排風方向，無須操作，有效提升換氣效率與通風穩定性。
2. 在由逆風切換為順風條件下，補換氣效率最高提升達 **1425.73%**。證明此系統能大幅改善極端情況下的通風效率。
3. 排風扇於低功率（檔位3）運行時通風效率最佳，但隨換氣需求增加，提升幅度相對減緩。
4. 支援遠端遙控與手動開關，可減少操作不便，提高使用靈活性。
5. 安裝簡便，無需繁瑣施工，只需固定即可上手，人人可輕鬆操作。
6. 在順風條件下使用最多可節省約 **47.5%** 能耗，搭配風向自動切換功能，有助於長期降低能源消耗。

## 捌、實驗環境



## 玖、實驗過程



實驗布置



製作可控自然風



風場分割示意圖

1. 將電風扇放在測量好的距離對準排風扇位置吹，測量完一項數據後再換角度繼續測。

2. 由於電風扇吹出的風很不平均，不像自然風，所以用一遮罩把風調整成自然風的樣子。

3. 由上述可知風扇吹出的風不平均，所以想測出精確的進風量必須將風場分成幾個變化較小的區去分別測量。

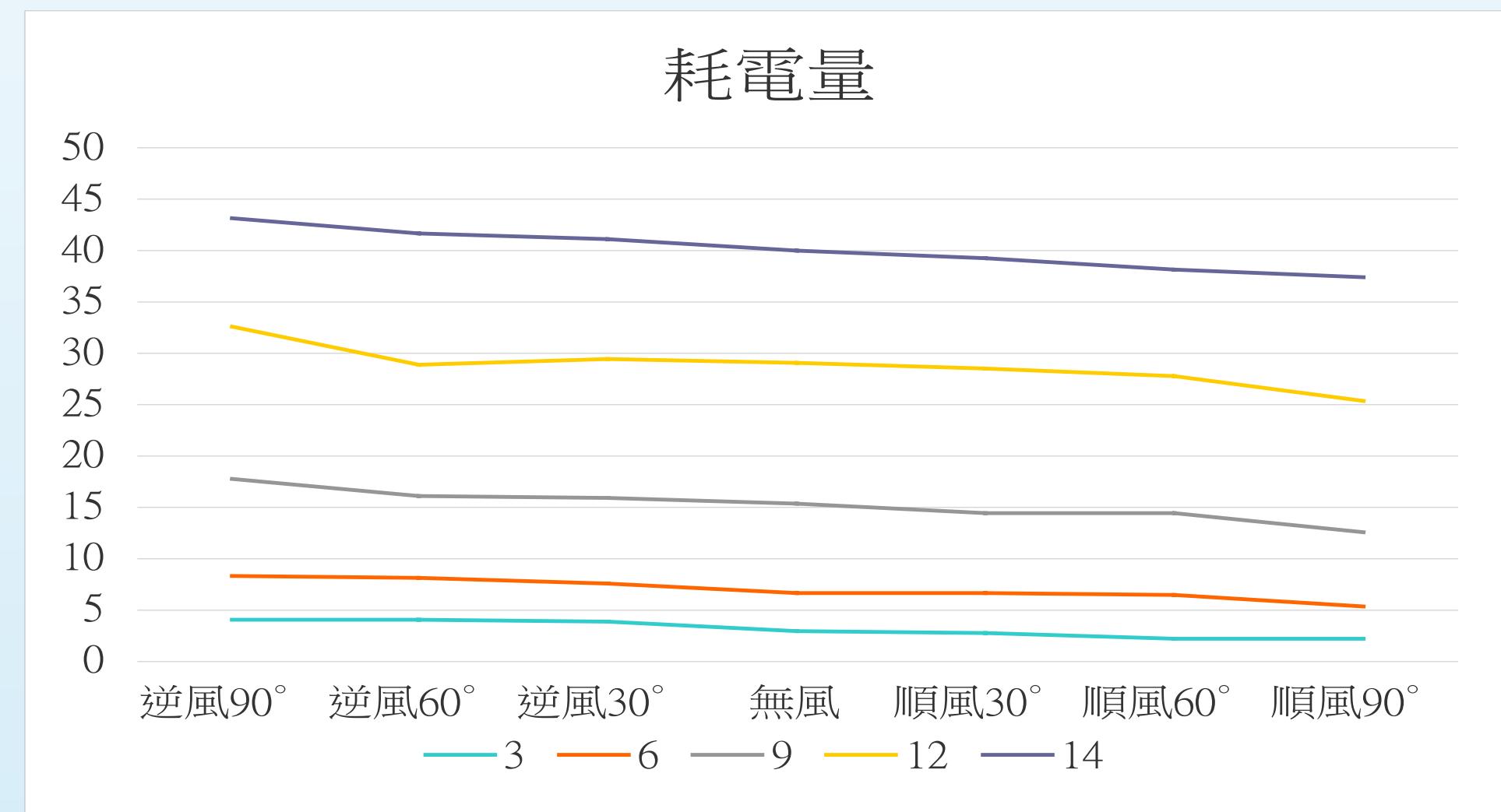
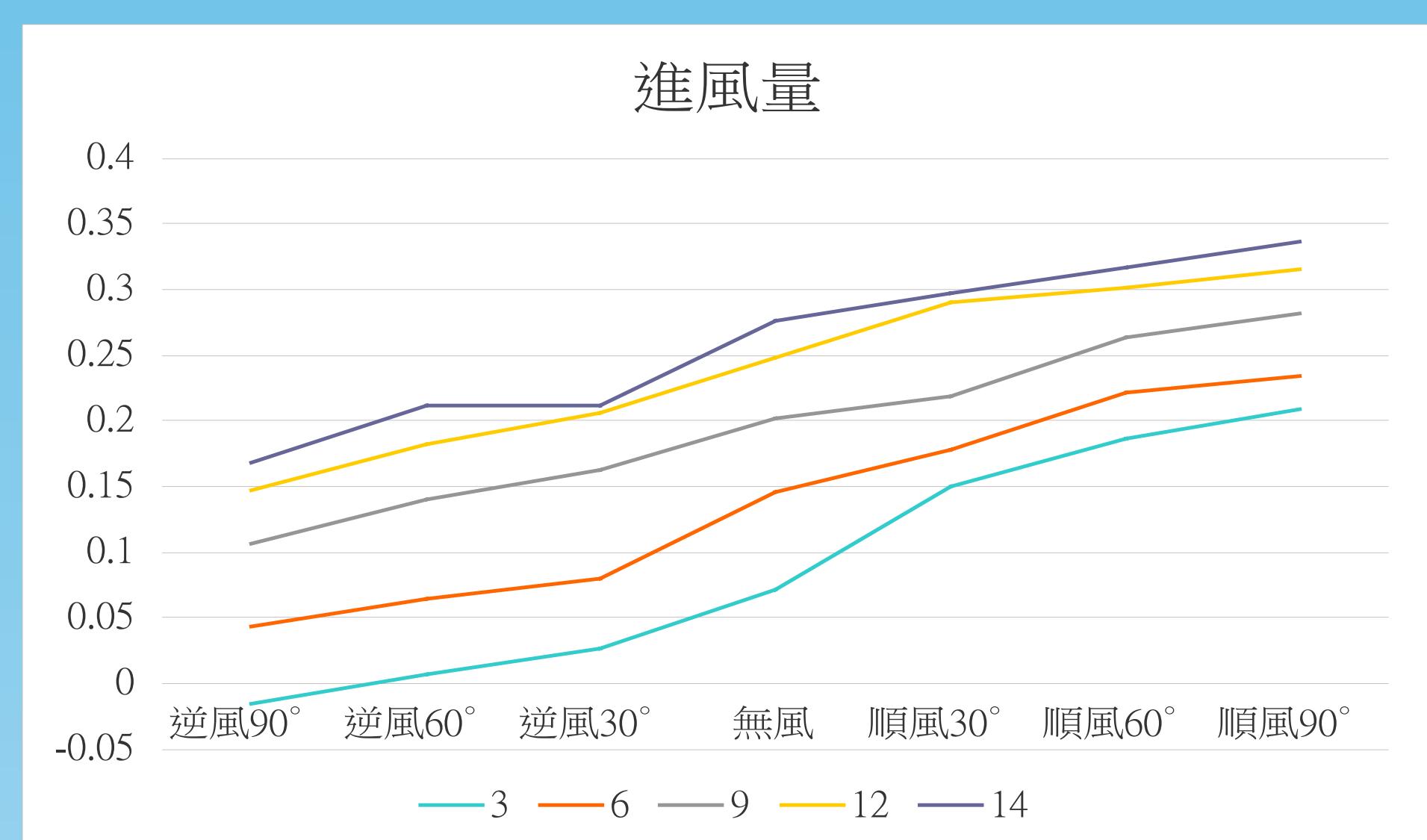
## 拾、實驗數據

無外部風場干擾					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	0.03	0.47	0.64	0.72	0.89
中環	0.05	0.56	0.82	0.95	1.04
外環	1.2	2.08	2.86	3.55	3.93
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.072003	0.146468	0.202252	0.247532	0.27642

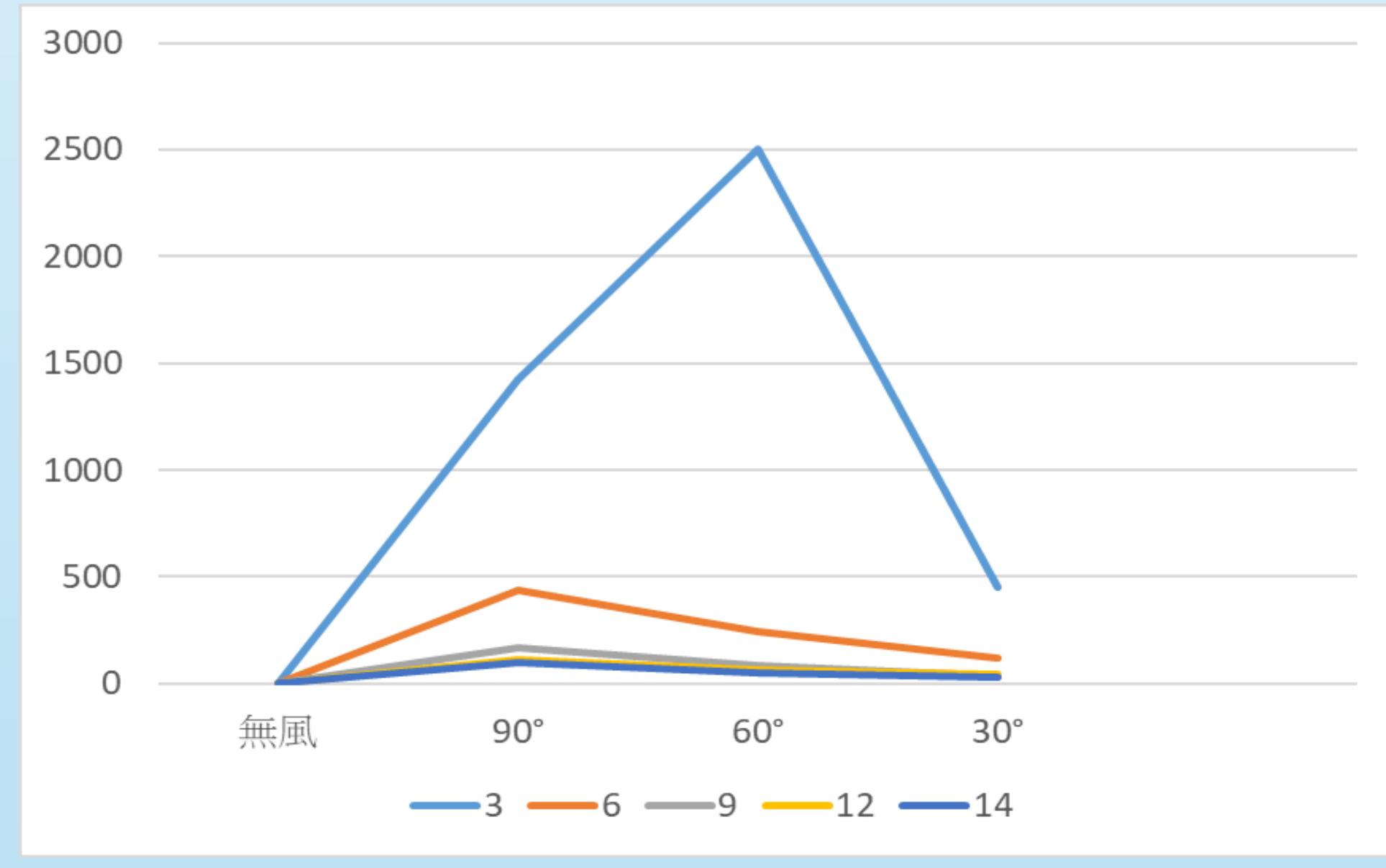
電風扇逆風夾角30度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	-0.08	0.66	1.01	1.17	0.68
中環	-0.15	-0.87	1.35	1.56	1.7
外環	0.56	1.36	1.82	2.4	2.7
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.02734	0.08014	0.162962	0.20574	0.21228

電風扇逆風夾角60度					
抽風扇檔位	3	6	9	12	14
內圈	-0.1	0.04	0.71	0.85	1.05
中環	-0.11	0.27	0.8	1.05	1.17
外環	0.21	1	1.78	2.33	2.69
進風量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	0.007155	0.065161	0.140718	0.182006	0.211198

記錄進風量的表格

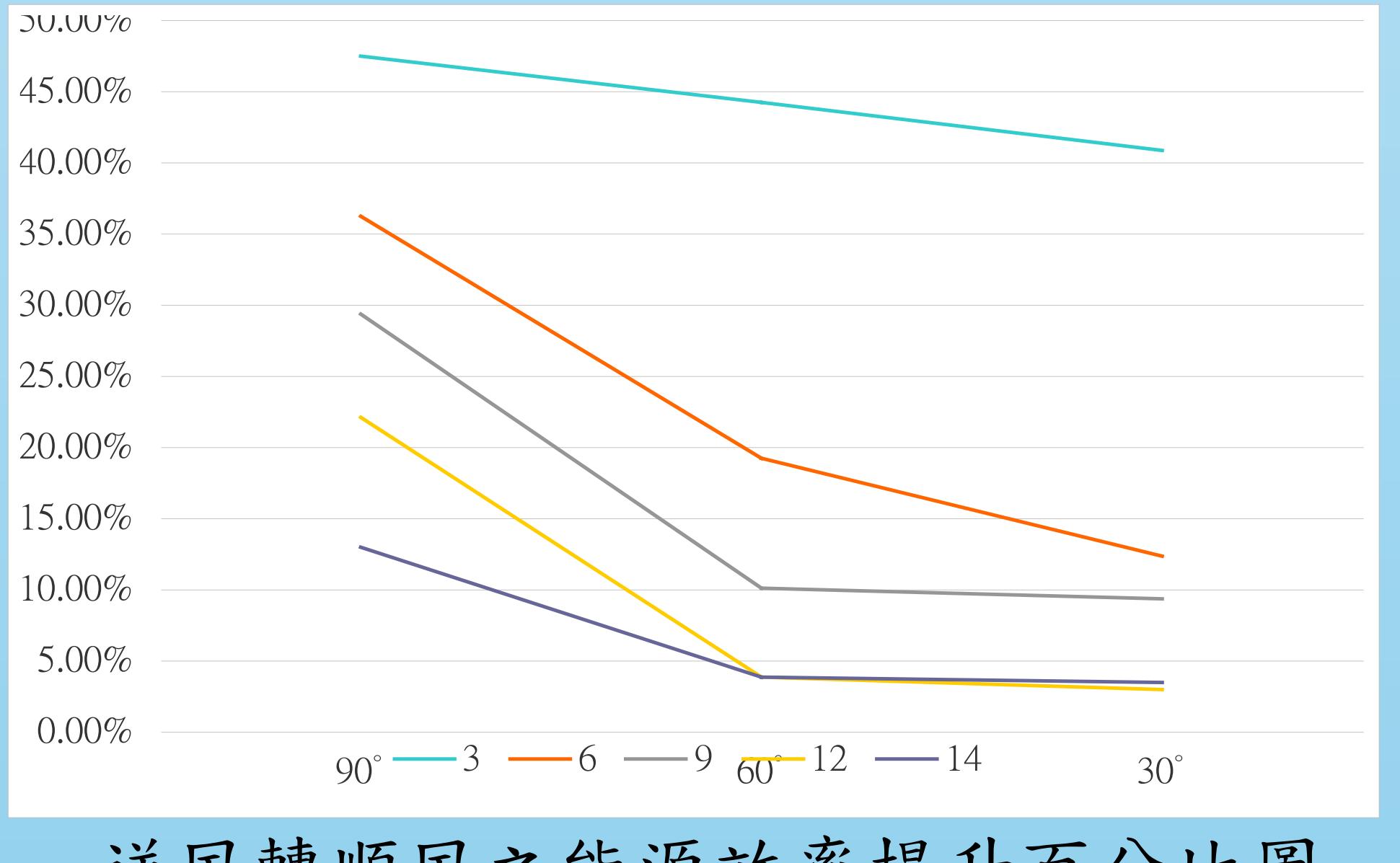


不同情況功率消耗圖



上圖計算公式如下：

$$\text{通風效率提升百分比} = (\text{順風通風量} - \text{逆風通風量}) / \text{逆風通風量} * \text{百分比}$$



上圖計算公式如下：

$$\text{能源效率提升百分比} = (\text{順風耗電量} - \text{逆風耗電量}) / \text{逆風耗電量} * \text{百分比}$$

## 拾壹、結論

為了得到最符合現實的數據，我們做了**可控自然風**，用了精確的方法測量進風量。這樣就能抓到貼近真實的數據。根據測出的進風量計算，看到順風時進風量比逆風時，會隨著外部風場強度與抽風機風力的大小差值提升，最多提升**14倍**，耗電方面順風時比逆風時最多**節省47.5%**。未來希望能將**系統做成模組**讓大家方便用，減少人們受通風不良危險的機會。