

2024 仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱: 神風特攻隊

作品名稱: 大風吹 吹什麼?

科學概念1: 氣壓與風速-白努利定律

白努利定律公式為($\Delta P = |P_x - P_0| = \frac{1}{2}\rho|(v_x^2 - v_0^2)|$), 可以推導出風速與壓力的關係, 也就是當流體的速度越小, 壓力也會越大, 反之亦然。本作品期望運用此定律測量風速, 並發現此風速計有局部測量的特性及無風速限制的優點。

科學概念2: 熱線與風速-歐姆定律

將電流通入金屬導線中, 當風流經金屬導線時將會帶走導線上的熱, 散失的熱將使電阻變化, 根據歐姆定律 ($V=IR$), 進而產生電流的變化, 此風速計即利用電流變化來轉換為風速。經實驗發現本作品有裝置小巧方便操作等特性。

一、發想動機：

本作品作者過去曾參加兩次科展，題目分別探討翼地效應飛行器[1]與風能發電葉片[2]的設計，實驗的過程中，風速的測定屬於相當重要的條件及變因，因此需要大量使用風速計，但市面風速計價格高昂，我們便開始思考能不能快速簡單並且便宜的量出風速。

承上述，風速的測量不論在預測天氣、流體實驗乃至生活中的應用皆層出不窮，本研究目的在於嘗試結合Arduino自製簡單便宜的風速測量裝置，未來希望能將我們設計出來的風速計推廣至科展實驗中，甚至運用於STEM教具的使用。

根據文獻回顧，過去曾有利用手機演示白努利定律(Bernoulli's principle)教具的作品[3]；同時也有熱線風速計優劣分析的相關作品，本作品係延伸上述概念，運用Arduino結合科學原理演示現象，最後解決所發現的問題。

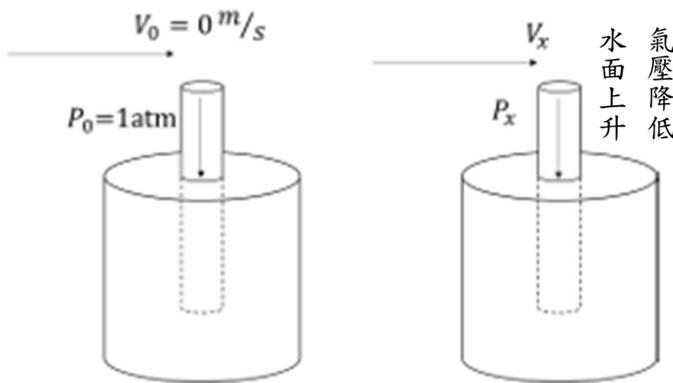


圖1 白努利定律示意圖，當風速變高時，氣壓將隨之下降，常用於描述機翼的狀態與風速的測定。

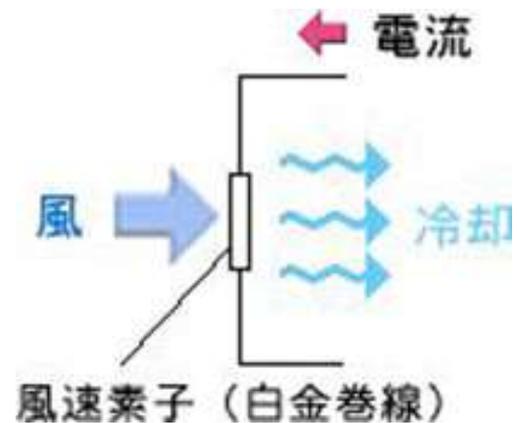


圖2 歐姆定律用於熱線風速計中，風吹過將使溫度降低並造成電阻改變。[4]

本研究將設計最常見的葉輪式風速計（如圖3），以及壓力風速計（又稱氣壓風速計或差壓風速計，如圖4）與熱線風速計（如圖5），如同前述，三者市售價格高昂，壓力風速計及熱線風速計尤為昂貴，但亦有相關研究或科展提出壓力風速計與熱線風速計有較好的使用條件與特性，本作品也將同時討論三者特性不同處。

綜上所述，本作品大致可將實驗分為三部份：

- （一）自製葉片連接馬達，並透過Arduino UNO蒐集馬達之電壓，在對應至風速測試。
- （二）透過氣壓感測器連接Arduino UNO，運用白努利定律換算風速測量。
- （三）以Arduino UNO提供電流，使鎢絲發熱，並透過熱減少的量轉換為風速。



圖3 葉輪式風速計[5]，由葉片旋轉帶動內側馬達轉動，透過電壓換算為風速。
本裝置價格約1000元。



圖4 壓力風速計[6]，運用白努利定律將氣壓變化轉換為風速，又稱皮托管原理。本裝置價格約2000元。



圖5 熱線風速計[7]，偵測溫度造成的電阻變化，並換算成風速。本裝置價格約3500元。

二、作品創意性：

本作品之創意性可分為以下三點：

(一) 製作便利性

本作品運用生活中常見的材料(如鎢絲、木材、小馬達等)搭配 Arduino 的相關元件，就能輕易的自製風速計，實現了在製作上相當簡單而方便的特性。

(二) 成本降低

市售風速計價格高昂(約 1000 元起)，本作品設計之三種風速計價格介在 200~350 元之間，大幅度的降低了成本。

(三) 作品實用性

唾手可得的材料與簡易的製程達成了本作品的方便與便宜特性，或許精準度並不及市售產品，但足以在現象的觀察與小型的實驗中使用，如此價格低廉又操作簡單的作品，在未來不論 STEM 教具的設計或科展實驗的運用都將有極大的實用性。

綜上所述，本創意性在於運用 Arduino 製作簡單的風速計，並能演示簡易的科學原理同時運用於實驗中。

三、硬體及電路架構圖：

如同目的部分提到，本作品分三個部分，分別對應三種類型的風速計。

(一) 葉輪風速計

1. 製作方法：使用巴爾沙木削、磨製葉片，連接馬達後放入風洞測試；電路部分將馬達連接至Arduino UNO之類比接腳蒐集電路之電壓，並換算為風速，裝置成本為230元。

2. 使用原理：運用風速、葉片轉速與電路電壓的關係轉換風速，當風通過葉片將帶動其轉動，並使馬達產生電壓，最後轉為風速。

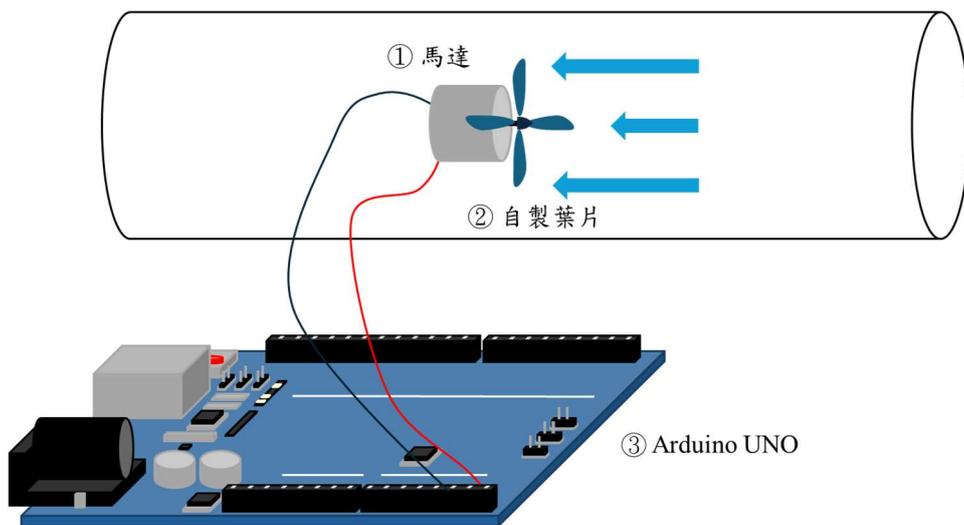


圖6 葉輪風速計裝置與電路示意圖。

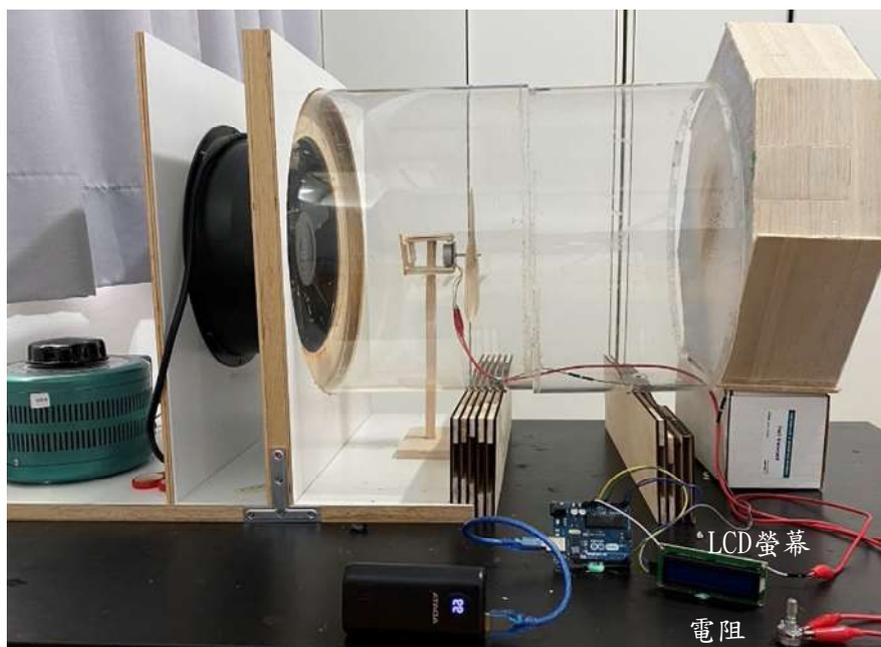


圖7 硬體裝置實際照片，實際測試時將串聯電阻，同時連接LCD螢幕。

(二) 壓力風速計

1. 製作方法：使用氣壓感測模組 (HX710, 0~40KPa) 連接Arduino UNO的數位接腳、5V及GND，蒐集氣壓的變化，裝置成本為300元。

2. 使用原理：白努利定律「 $0.5\rho v^2 + \rho gh + P = \text{定值}$ 」，此公式表明了風速越大壓力越小的特性，其中 ρ 為空氣密度(kg/m^3)、 v 為風速(m/s)、 g 為重力加速度($9.8 m/s^2$)、 h 為高度差、 P 為壓力。

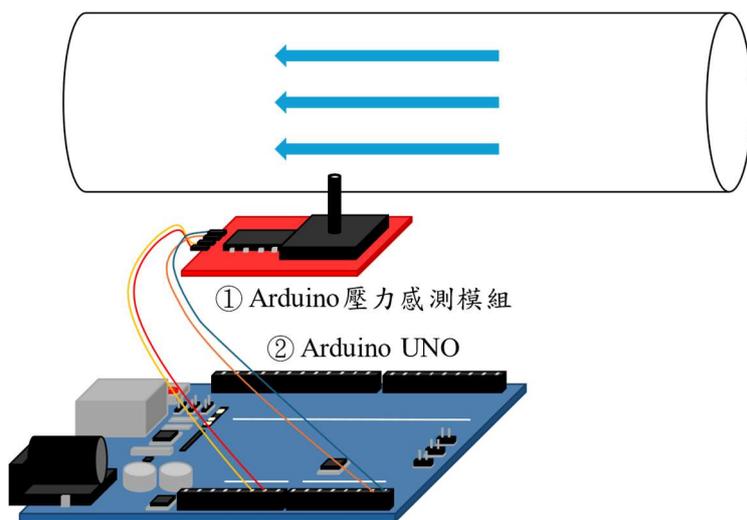


圖8 壓力風速計裝置與電路示意圖。

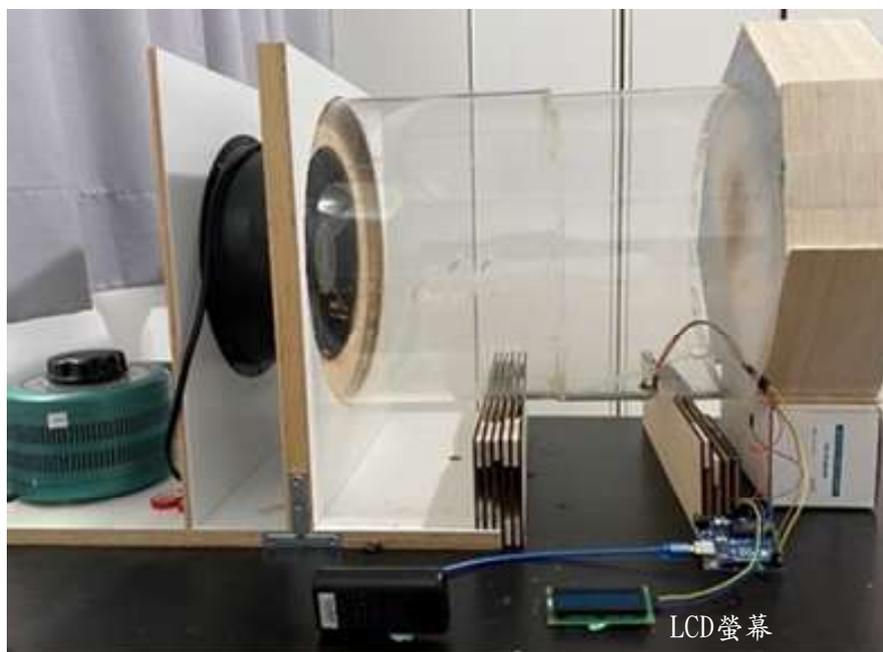


圖9 硬體裝置實際照片，測試時連接LCD螢幕。。

(三) 熱線風速計

- 1.製作方法：使用鎢絲等材質，利用Arduino UNO提供電流使其發熱，同時電路上串聯電阻，透過測量電阻值的變化換算為風速，預計成本為250元內（不含Arduino UNO）。
- 2.使用原理：運用歐姆定律，風吹過熱線會導致其溫度變化，溫度變化導致電阻變化，進而使電流產生變化。

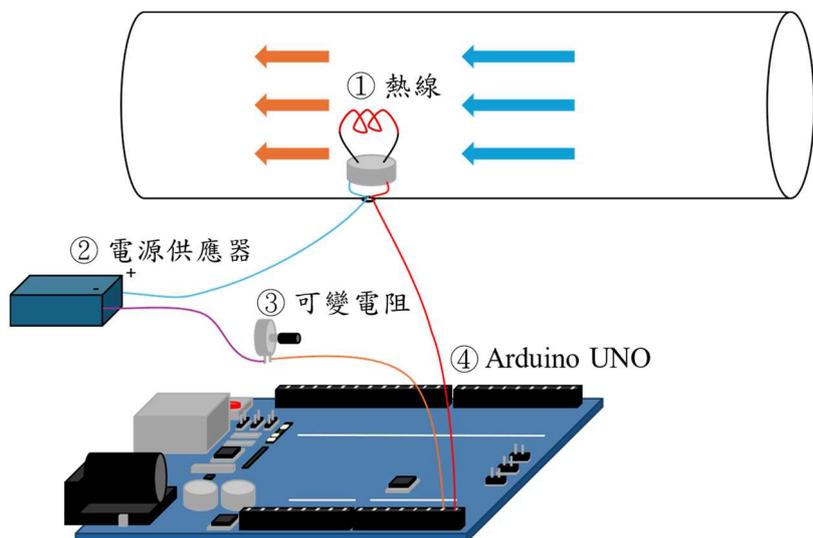


圖10 熱線風速計裝置與電路示意圖。

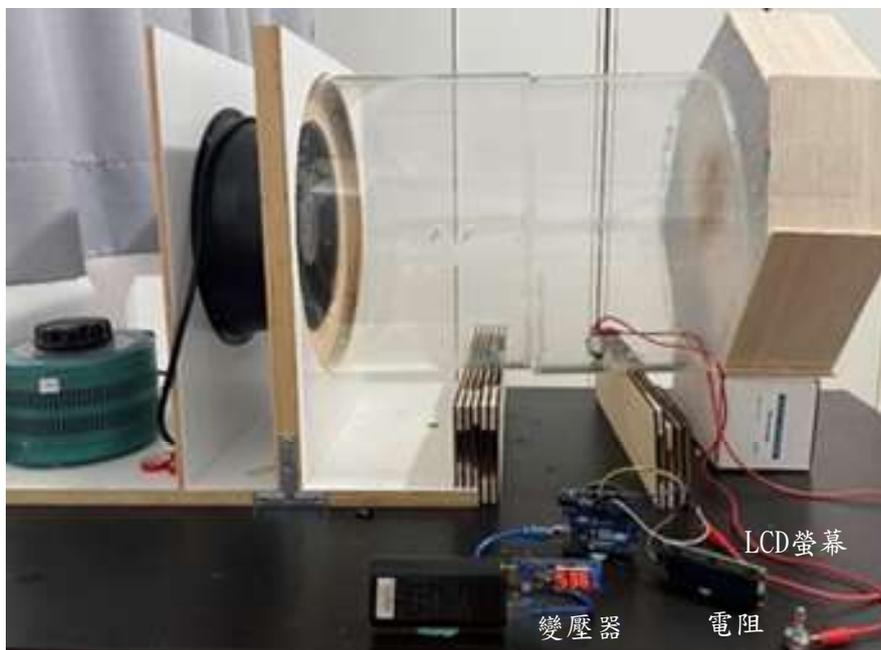


圖11 硬體裝置實際照片，測試時連接LCD螢幕、電壓器及電阻。

四、作品成果報告：

結果分為三個部分，分別為程式碼呈現、實驗數據分析與現象比較分析。

(一) 程式碼

1. 葉輪式風速計

```
const int motorPin = A0; // 馬達的控制線輸入 A0
int sensorValue = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  sensorValue = analogRead(motorPin); // 讀取數值
  Serial.println(sensorValue);
  delay(1000);
}
```

2. 壓力風速計

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <LiquidCrystal.h>
Adafruit_BMP085 bmp;
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  if (!bmp.begin()) {
    Serial.println("FAIL");
    while (1) {}
  }
}
```

-----接續下頁-----

-----接續上頁-----

```
void loop() {  
  float pressure = bmp.readPressure(); // 讀取氣壓  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Pressure:");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print(pressure);  
  lcd.print(" Pa");  
  delay(1000);  
}
```

3. 熱線風速計

```
#include <Wire.h>  
#include <LiquidCrystal.h>  
const int rs = 12, en = 11, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2;  
LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);  
const float fixedResistance = 1000.0; // 1000 歐姆  
const int potPin = A0;  
  
void setup() {  
  Serial.begin(9600);  
  lcd.begin(16, 2);  
}  
  
void loop() {  
  int sensorValue = analogRead(potPin); // 讀取電阻  
  float voltage = sensorValue * (5.0 / 1023.0); // 計算電流  
  float current = voltage / fixedResistance;  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("Current:");  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print(current, 4); // 4 位小數  
  lcd.print(" A");  
  delay(1000);  
}
```

(二) 實驗數據分析

1. 葉輪式風速計

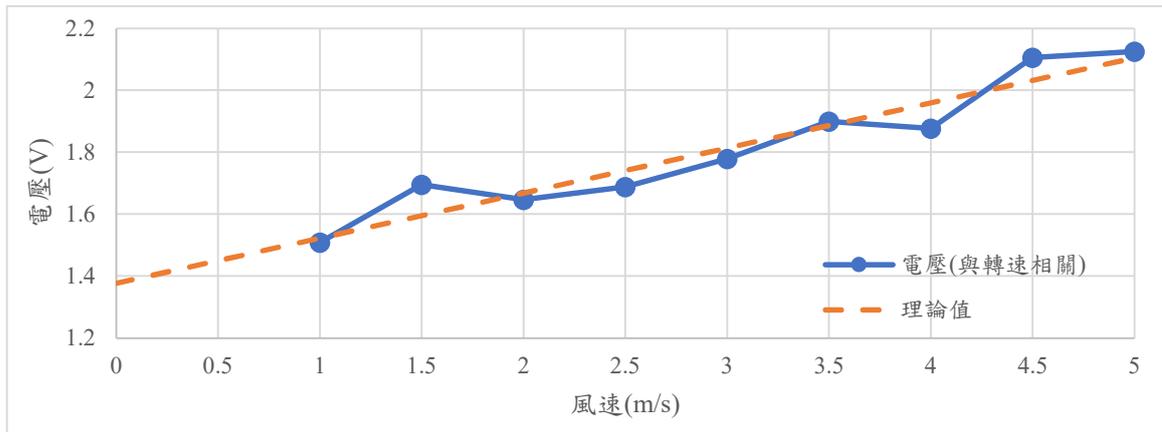


圖12 電壓-風速關係圖，由上圖可知此風速計在風速較低時無法測得數據，同時葉輪式風速計的數值為葉片範圍內的平均風速，故有數據起伏不定的現象。

2. 壓力風速計

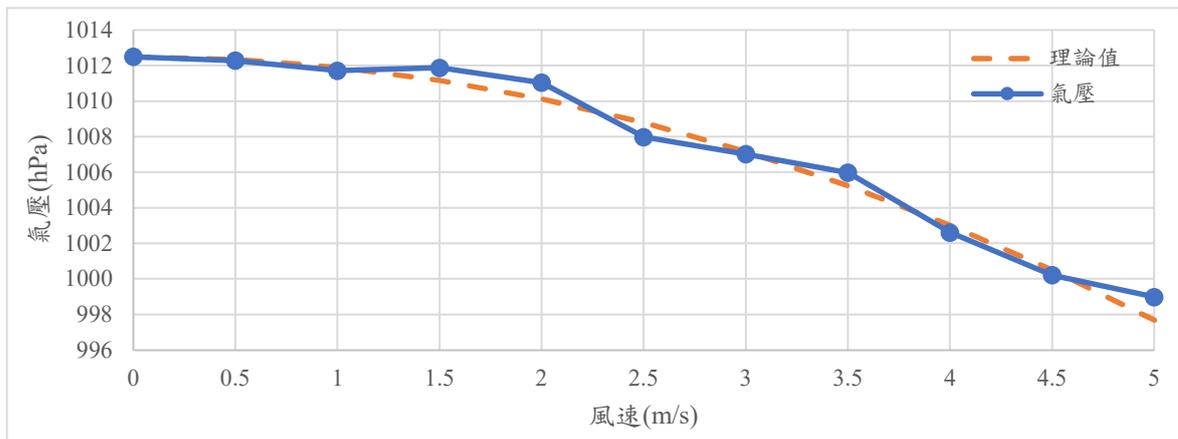


圖13 氣壓-風速關係圖，此風速計確實依風速越高壓力越小的特性運行，同時沒有測量風速的限制，並具有單點測量的特性（非平均風速），唯須注意氣壓測量處應與風向垂直。

3. 熱線風速計

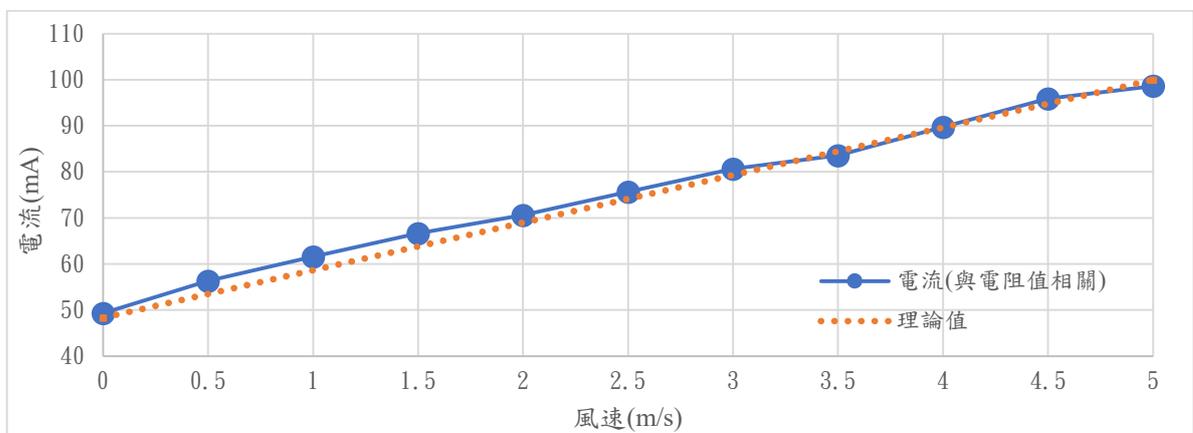


圖14 電流-風速關係圖，根據歐姆定律，熱線溫度降低（變大）導致最後電流上升。由圖可知此風速計依然無風速限制，同時實驗結果相對精準及能單點測量，操作上也極為方便。

(三) 現象分析

	啟動延遲	單點測量	數據誤差	操作方便	容易製做	風速限制	靈敏度	造價
葉輪式風速計	有	沒有	較大	方便	容易	有	低	230
壓力風速計	沒有	有	較小	不方便	容易	沒有	中	300
熱線風速計	沒有	有	較小	方便	容易	沒有	高	320

圖15 三種風速計之優劣分析圖，三款風速計之共通點在於皆容易製作，同時造價部分落在200~350元之間。三者之中，葉輪式風速計之限制較多，但同時也最為便宜；而熱線風速計則反之。

本作品結論綜整如下：

- (一) 葉輪式風速計價格較低，然有啟動延遲、僅能測量平均風速及誤差略高等限制。
- (二) 壓力風速計操作需與風向垂直對齊，實際操作上較不方便，但能測量單點數據。
- (三) 熱線風速計價格略高，但並沒有較多的限制，也能單點測量，且極其靈敏。
- (四) 三者的材料日常生活唾手可得，如鎢絲（燈泡內）、氣壓模組（與Arduino同處購買）或木片（美術社購買）。
- (五) 市售風速計要價不斐，以葉輪式風速計最為便宜（約台幣800元起），然依本作品設計之風速計價格僅落在200~350元之間，大幅降低製作成本。

本作品具有價格低、材料易取得的特性，且其精準度在基礎實驗堪用，熱線風速計更達成了許多良好的特性，如靈敏度及單點測量，未來在科學實驗、STEM教具及科學現象演示上將有極高的前瞻性與發展空間。

五、參考文獻：

- 1.本作品作者(2022)。飛向未來—地面效應飛行器。
- 2.本作品作者(2023)。風能發電-葉片長寬及數量對發電效率影響之探究。
- 3.馬灝 洪容(2023)。壓力也能測風速?。<https://pse.is/5pwywe>
- 4.關於風速計的工作原理(2020)。KANOMAX。<https://reurl.cc/1vYg7W>
- 5.葉輪式風速計 AVM-715。泰菱有限公司。<https://reurl.cc/G4oDbW>
- 6.皮托管差壓式風速計 HD350。密特科技有限公司。<https://reurl.cc/4rapoD>
- 7.testo 425 熱線風速計。Testo SE & Co. KGaA。<https://reurl.cc/LWbM6L>