

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

032910

塵埃落定

學校名稱：桃園市立東興國民中學

作者： 國二 趙若均 國二 鄧詩芸 國二 羅珮筠	指導老師： 蕭雅夫
---	------------------

關鍵詞：細懸浮微粒、空氣品質管理

摘要

細懸浮微粒對健康的傷害眾所周知，各種形形色色的空氣清淨機應運而生，其中一般家庭用的空氣清淨機以濾網式過濾為最大宗，不管是單層濾網還是複合材質濾網，普遍都存在濾網過濾效能不佳的問題，本研究透過對各種空氣污染防制設備的研究，研發出一套新型的空氣清淨裝置，透過這套設備能夠有效的提高濾網使用效能，並對各種細懸浮微粒更有效的攔截。同時我們對這套設備進行優化讓它能夠進行遠端遙控與監測，更加方便使用者進行空氣品質管理。

壹、研究動機

一般而言，只要是密度比空氣大的物質，在足夠的時間之後就能夠自然地因重力而沉降。但部分空氣中的粒狀物質，它的粒徑極小，使它在空氣當中產生的沉降終端速度極慢，以至於它能夠在空氣當中長時間的懸浮，再配合空氣擾動等條件，它幾乎不能沉降，我們稱之為：懸浮微粒（particulate matter (PM)）。

一般懸浮微粒作為前驅物質，在大氣環境中經過一連串極其複雜的化學變化與光化反應後，可形成對健康傷害更強的產物。

懸浮微粒對健康的傷害在醫學上已有長足的研究。根據研究，我們做出簡單的整理。醫學界普遍將焦點放在 PM10、PM2.5、PM1 這幾個粒徑上。名詞解釋：PM2.5：微粒的直徑 ≤ 2.5 微米 (μm)

懸浮微粒容易吸附有毒害的物質。如重金屬、有毒微生物或病毒等。由於體積小，具有很強的穿透力，可能抵達細支氣管壁，並干擾肺內的氣體交換。其中，發表於《美國醫學會雜誌》的一項研究表明，部分懸浮微粒會導致動脈斑塊沉積，引發血管炎症和動脈粥樣硬化，最終導致心臟病或其他心血管問題。其中，PM2.5 極易吸附多環芳烴等有機污染物和重金屬，使致癌、致畸、致突變的機率明顯升高。

不為人們所熟悉的 PM1 顆粒更具有危險性，可以穿透人體各種防禦，輕鬆到達肺泡組織。一旦到達血液系統，它們就可以在整個人體血液循環遊走，甚至侵入大腦，心臟和內分泌系統等主要器官。

更值得注意的是，細懸浮微粒是病毒最普遍的載體。

在 2020 年的一開始，全球就陷入可怕的新型冠狀病毒風暴當中，全球截至 3/22 15:30 累計 300,900 例確診病例，其中 12,849 例死亡；病例分布於 166 國/地區，較昨日新增 4 國；病例數以中國大陸 81,054 例、義大利 53,578 例、美國 26,747 例、西班牙 24,926 例及伊朗 20,610 例為多。歐洲、美洲疫情快速上升，美國已有 27 州具社區傳播疫情，另中東、東南亞風險增加。

目前新型冠狀病毒確定的傳染途徑有以下幾種：

1. 接觸傳染、2. 飛沫傳染、3. 空氣傳染。

一般病毒大小約為 1 到 5 微米 (μm ，為 1 米的 1/100 萬)，流感病毒則更小，只有 100 奈米 (nm，為 1 米的 1/10 億) 左右。雖然病毒本身的尺寸很小，但是它需要微粒作為它的載體，通常是患者咳出來的飛沫。

一般而言，病毒經由飛沫傳染的範圍大約在 1 公尺內，2 公尺以上，會因為自然沉降，傳染力就會大幅降低。

但以這一次新型冠狀病毒疫情爆發的速度，以及感染方式，很多證據支持可以是空氣傳染，也就是說病毒者能以氣膠作為載體。

楊禮豪醫師表示，「氣膠」是泛指懸浮於空氣中的微小固體或液體（簡稱為懸浮微粒），大眾熟知之「PM2.5」、粉塵到「飛沫傳染」的「飛沫」，都是氣膠的一種。它們都有夾（攜）帶著病原的能力。目前 衛生福利部依據不同的感染風險，要求民眾進行的防疫行動有

1. 居家隔離
2. 居家檢疫
3. 自主健康管理

這些民眾存在較高的感染風險，因此當被要求居家隔離時，除了保護自己的健康，更應該盡力降低家人感染的風險。

如果家中的空氣清淨機，可以最大程度的攔截懸浮微粒
也等於大大降低在居家隔離時，感染新型冠狀病毒的風險
這不僅是對於存在患病風險者的防護，
也是對於健康者的自我保護



(圖 1) 這地標你認得嘛？你相信這是你時時刻刻呼吸的空氣嗎？



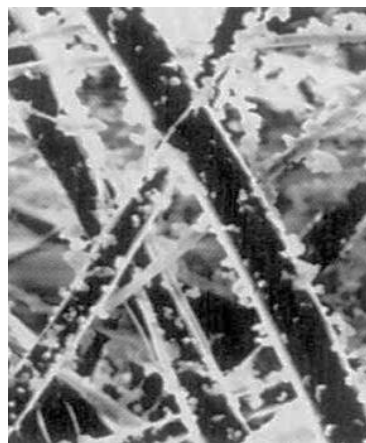
(圖 2) 台灣防疫！世界驕傲！

貳、研究目的

研究各種空氣污染防制裝置之後發現，目前最普遍在家中運用的是過濾式空氣清淨機，一般清淨機都有 3 層濾網材質，第一層是水洗式編織濾網，第二層為摺疊型抗敏 HEPA 濾網，第三層為脫臭濾網材質大多為活性炭。

第一層是水洗式編織濾網主要針對棉絮或較大的顆粒進行過濾，最常發生的問題就是過濾一段時間之後累積大量棉絮，使過濾氣流受阻，降低空氣流量，進而使過濾效率降低。

第二層摺疊型抗敏 HEPA 濾網，HEPA 的全名 High-Efficiency Particulate Air，是一個標準，不是一種濾網的名稱！HEPA 濾網，雖然叫做濾網，並不只是一般所想利用網孔過篩，較大的微粒穿不過網孔這樣的方式，因為如果單靠這樣子的機制，為了過濾小顆微粒，濾網的緻密度將會使過濾氣流難以通過。



所以實際上除了靠著網孔篩濾大分子外，也靠纖維吸附住小如 0.1 微米的微粒，（圖 3）HEPA 濾網微觀透過濾網間的空隙，乾淨的空氣才得以排出。

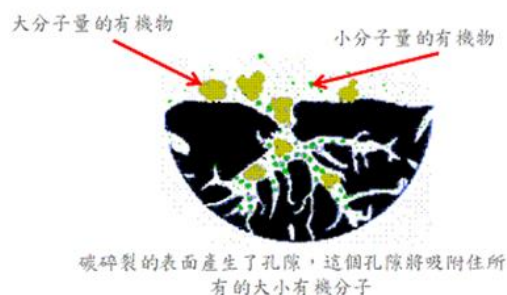
第三層為脫臭濾網材質大多為活性炭，活性炭通常是由木材、椰子殼、瀝青等物質高溫乾餾後碳化而成，透過除去原料中的非碳成份，形成多孔性的碳化合物。活性炭對於吸附：

VOC(揮發性有機化合物)：

例如甲醛)、NOX(氮氧化物)

等氣態汙染物有不錯的吸附能力，同時也能一定程度的去除臭味。

單顆粒活性炭的橫切面圖



(圖 4) 活性炭過濾機制

環顧所有市面上的空氣清淨機，一致性的做法就是這樣這三層濾網層層緊密堆疊在一起。這樣的做法造成的結果就是，當第一層濾網積滿灰塵以及纖維的時候，產生巨大的風阻，大大地降低了空氣的流量，甚至有研究指出，當濾網前後的壓差過大，甚至有部分的灰塵能夠突破第一層濾網，因此大大的縮短了第二層 HEPA 濾網使用壽命。此外、這三層濾網的使用壽命其實都不一樣，但當他們被複合在一起的時候，就代表其中有一層失效，就必須要全部丟棄！真的非常不環保！！

假定空氣清淨機的原始設計是，可以達到每小時換氣 5 次的標準，在增加風阻的情況下，出風量會顯著減少，而導致空氣清淨機沒有辦法達成原定的空氣循環次數，最後乾淨空氣還趕不上髒空氣從各個角落進來的速度。因為室內並不能靠著長時間開機而消滅所有汙染，而是維持在一個動態平衡濃度，這個動態平衡濃度必須要在人體健康所能承受的濃度之下。

因此我們的首要目標就是要設計出一套新的過濾方式，這個新的設計能夠使大顆粒灰塵及纖維累積聚集的時候，產生較小的風阻，使空氣清淨機能夠在整個運作的過程維持穩定的空氣流量，同時延長第二層 HEPA 濾網的使用壽命。

研究目標

我們期盼設計出一種新的過濾機制，
有效提升濾網的效能，
同時我們將對這套設備進行優化，
讓它能夠進行遠端遙控與監測，
更加方便使用者進行空氣品質管理。



(圖 5) 一般複合式空氣清淨機濾網(1)



(圖 6) 一般複合式空氣清淨機濾網(2)

參、研究設備與儀器

下面列出我們曾在研究過程中使用過的設備、元件與儀器介紹，部分元件可能因不適合的關係，或僅作為測試用途，並未整合至最終的成品。

(表 1) 研究設備一覽表

元件名稱與圖示	說明
<p>PMS3003 細懸浮微粒感測器</p> 	<p>採用激光散射原理。即令激光照射在空氣中的懸浮顆粒物上產生散射，同時在某一特定角度收集散射光，得出顆粒物的等效粒徑及單位體積內不同粒徑的顆粒物數量。</p> <p>能準確偵測 PM1.0 PM2.5 PM10 濃度</p>
<p>三用 電表</p> 	<p>可測直流電壓、交流電壓、直流電流、交流電流、電阻、電容。導通檢測。</p>
<p>Arduino 藍芽模組</p> 	<p>通訊距離：空曠條件下 10M，正常使用環境 8M 左右。</p> <p>配對後只需要當成固定速率的串列埠，8 位數據位，無奇偶校驗”。適合手機跟設備間通過藍牙串列埠配對通信。</p>
<p>手動切換開關</p> 	<p>帶燈型機械簧片切換開關。</p>

<p>繼電器</p> 	<p>控制電壓：5V 額定負載：10A 250VAC，10A 30VDC</p>
<p>伺服馬達</p> 	<p>工作電壓：4.8V~6.0V 失速轉矩（4.8V）：1.5Kgf.cm 工作速度（4.8V）：空載 0.12 Sec / 60°</p>
<p>Arduino 控制器</p> 	<p>採用 Atmel Atmega328 單片機，支持外接 5V~12V 直流電源供電 12 個數位輸入/輸出埠，8 個模擬輸入埠，1 對 TTL 電平串口收發埠 RX/TX，6 個 PWM 埠，支持 ISP 下載</p>
<p>IIC 5V LCD 2004A</p> 	<p>供電電壓：+5V 支持 I2C 協議 具有背光燈，和對比度調節電位器</p>
<p>風速計 GM816</p> 	<p>測量項目：風速/風溫 測量範圍：風速：0~30 米/秒 (精確度：± 5%) 風溫：-10~45o C(精確度：± 2o C) 分辨率：0.2o C, 0.2m/s LCD 背光數字顯示 最大值/最小值/平均值顯示</p>

<p>交流風扇鋁框端子 GA1123XST</p> 	<p>驅動電壓：110V 長寬高 12 x 12 x 3.8 cm</p>
<p>無段式 110V 風扇馬達調速器</p> 	<p>適用電壓：110V 適用瓦數：250W 以下之商品調節</p>
<p>可程式晶片與 WiFi 整合開發版</p> 	<p>是一套可程式晶片。內建 WiFi 模組，及數位與類比的 I/O port，LED 顯示燈，幫助我們實現物聯網的需求。 工作電壓：5V 直流電源供電 在本研究中我們簡稱為：WA</p>

肆、研究過程與方法

4-1 文獻回顧

我們理化老師因為跌倒，骨四頭肌撕裂(請老天保佑他快點康復)，

他上課時提到可能的治療方式當中，有一種叫 PRP 注射，運用的原理是，血液在離心機的高速旋轉情況下，使得原來血液當中各種均勻混合的物質，包含各種血球與血漿中的激素，都能層層分離，這給了我們極大的靈感(感恩老師，您真的是用生命在教學啊)。

首先研究一下，懸浮微粒為什麼能夠在空氣當中懸浮。

終端速度：

當向下的重力 (F_g) 相等於向上的阻力 (F_d) 時，自由落體中的物體會達到終端速度。此時物體的淨力為零，因此物體的速度保持不變，簡單的說，如果終端速度越小那麼粒子沉降的速度就越慢。

終端速度是可以被計算出來的，公式推導過程相當的嚴謹，運用到流體力學，還有一些經驗參數(例如：雷諾數)，受限於篇幅我們不在這裡深入討論。所以，我們直接進入結論。

球狀物體在蠕流條件下的終端速度表示式：

V_t = 終端速度

g = 重力加速度

d = 粒徑

μ = 流體黏度

ρ_s = 流體的密度

ρ = 球體的密度

$$V_t = \frac{gd^2}{18\mu} (\rho_s - \rho)$$

從公式當中我們可以清楚的發現，懸浮微粒之所以能長時間懸浮，就是因為粒徑實在是太小了，導致終端速度很小。

同時我們也發現，幾乎所有的條件都是不可控的，唯一的可能：就是透過高速旋轉來改變加速度。

當物體運動的時候發生轉彎，可將其視為圓周運動的一部分。這個時候必定存在一個向心力，同時存在向心加速度。如果我們讓參考座標系和曲率圓心與旋轉物體間的連線重合，我們會發現圓心與物體間的距離不變，對圓心這個參考點來說，這個物體是不動的，也就是不存在速度，靜止合力為零。那麼這個跟向心力抗衡的是誰呢？當然就是離心力啦！因為這兩力的大小相等，方向相反，作用在同一個質點上，我們可以得出一個結論，就是向心加速度與離心加速度，應該是大小相同的。也就是向心加速度越大離心加速度也就越大。

$$a_c = R\omega^2 = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{v^2}{R}$$

- a_c 是向心加速度
- R 是圓周運動的半徑
- ω 是角速度
- v 是切向速度
- T 是周期
- π 是圓周率

由向心加速度的公式可知：

當微粒在旋轉運動時

1. 圓周運動半徑越小，加速度越大。
2. 切線速度越大，加速度越大。

所以我們的構想是，讓粒子隨氣流在高速的情況下急轉，產生較大的離心力，使它撞擊在管道上面，進而被攔截下來。

這相對於傳統式的濾網攔截，是完全不同的機制，相信能降低傳統式的濾網所產生的風阻問題。

為了使微粒撞擊到管道壁時能夠順利攔截下來，因此我們在管道壁上增加兩種材質，靜電吸附棉以及活性炭吸附棉，靜電吸附棉能夠在氣流衝擊的情況下自然地帶電，相信對棉絮的攔截以及微粒的吸附

有相當好的效果，粒子更小的氣態污染物，則能通過靜電吸附棉，進入到活性碳吸附棉，被進一步的吸附。

4-2 實驗設計

首先我們認為真正的細小微粒應該是透過 HEPA 濾網來進行收集，我們的研究目標是在空氣通過 HEPA 濾網之前，先把較大的纖維以及顆粒攔截下來，以延長 HEPA 濾網的使用壽命。

所以我們鎖定 PM 10 作為我們的偵測目標。PM 10 降的越低，表示攔截效果越好。

我們分析出可能影響效果的因素包含：風速、曲率半徑、衝擊面條件 1(壓克力面)、衝擊面條件 2(壓克力面上鋪設活性碳濾網)、衝擊面條件 3(壓克力面上鋪設活性碳濾網，再加上靜電濾網)

我們一共統計出 27 種測試條件。

由於環境中的懸浮微粒濃度不斷的變動，因此我們採用剩餘百分比做為比較標準： $\text{測試瞬間濃度}(\mu/m^3) / \text{測試初始濃度}(\mu/m^3) \times 100\%$ 。

1. 衝擊面條件 1(壓克力面)

	風速 2 m/s	風速 4 m/s	風速 8 m/s
曲率半徑 90cm	實驗結果 1	實驗結果 2	實驗結果 3
曲率半徑 60cm	實驗結果 4	實驗結果 5	實驗結果 6
曲率半徑 30cm	實驗結果 7	實驗結果 8	實驗結果 9

(表 2)

2. 衝擊面條件 2(壓克力面上鋪設活性碳濾網)

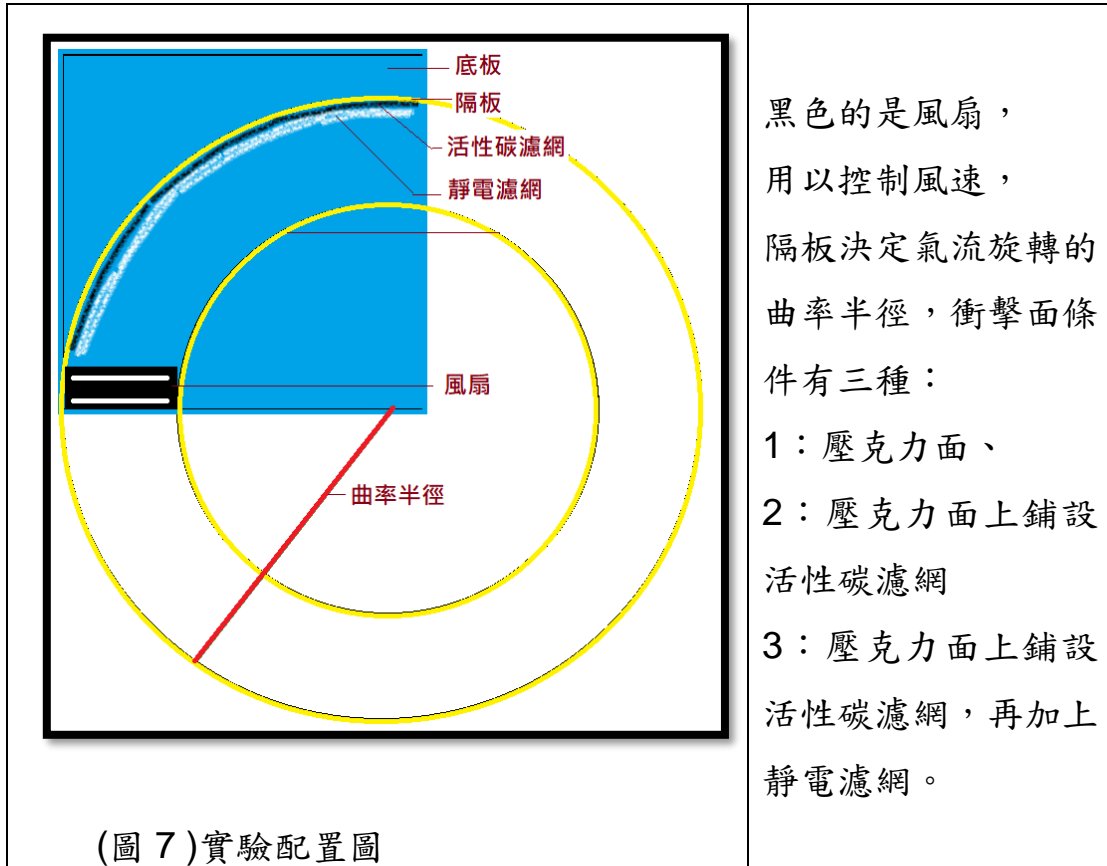
	風速 2 m/s	風速 4 m/s	風速 8 m/s
曲率半徑 90cm	實驗結果 10	實驗結果 11	實驗結果 12
曲率半徑 60cm	實驗結果 13	實驗結果 14	實驗結果 15
曲率半徑 30cm	實驗結果 16	實驗結果 17	實驗結果 18

(表 3)

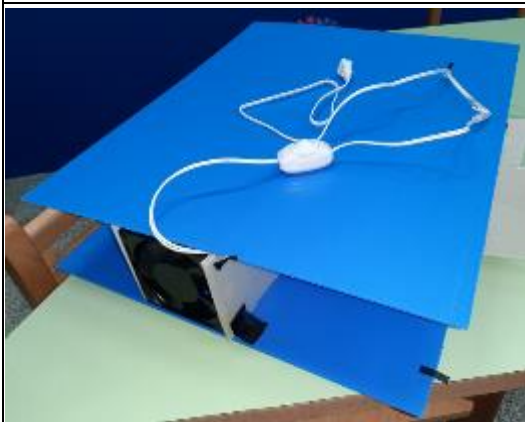
3. 衝擊面條件 3(壓克力面上鋪設活性炭濾網，再加上靜電濾網)

	風速 2 m/s	風速 4 m/s	風速 8 m/s
曲率半徑 90cm	實驗結果 19	實驗結果 20	實驗結果 21
曲率半徑 60cm	實驗結果 22	實驗結果 23	實驗結果 24
曲率半徑 30cm	實驗結果 25	實驗結果 26	實驗結果 27

(表 4)



(圖 7) 實驗配置圖



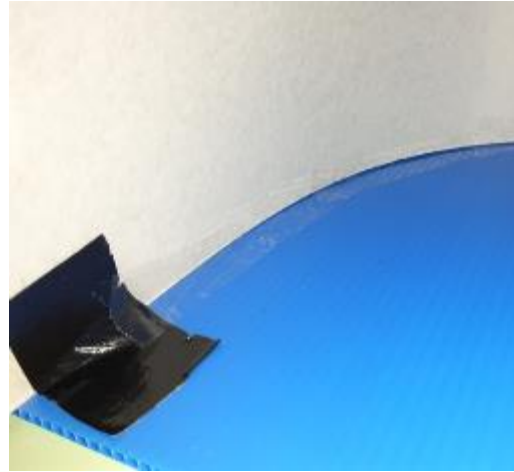
(圖 8) 實驗配置實體圖



(圖 9) 實驗配置：雙重攔截



(圖 10) 風速計測速



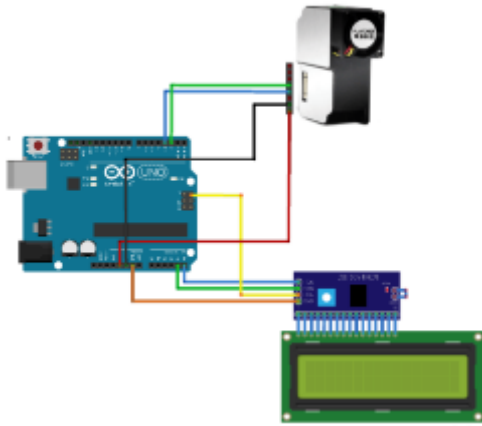
(圖 11) 實驗配置：膠帶確保氣密



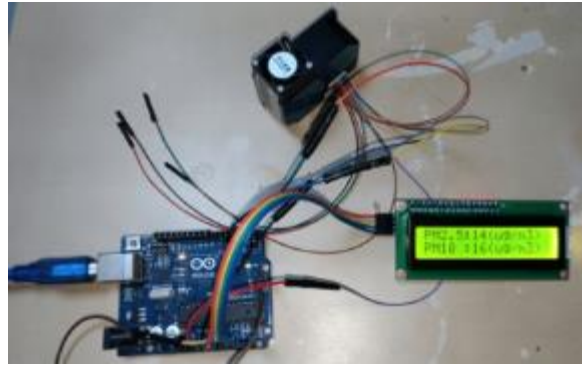
(圖 12)

(空間數據：寬 2.3 公尺、深 4.6 公尺、高 2.4 公尺)

利用 PMS3003 與 LCD1602 兩個元件配合 Arduino，我們完成了簡易型的 PM2.5 濃度監測器，就可以提供完整的空氣品質數據。數據直接由電腦開啟序列埠讀取與收集，程式設計為 20 秒讀取 1 筆數值，每次實驗 20 分鐘。偵測器的放置位置為裝置出風口前方 1 公尺，離地 1.2 公尺處。會選擇這樣的位置是因為，這是一般人居家活動時，口鼻的平均高度。出風口距離地面 0.9 公尺。



(圖 13) PMS3003 、
LCD1602 、 Arduino
腳位接線圖。



(圖 14) 實體接線圖

4-3 實驗結果

1. 受限於作品說明書篇幅的限制，我們只討論成效最好的第 3 組的部分實驗結果，也就是：

衝擊面條件(壓克力面上鋪設活性碳濾網，再加上靜電濾網)。

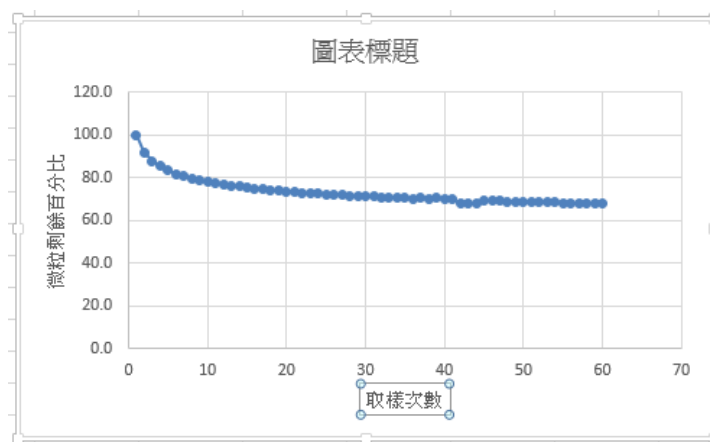
請對應：表格 3。

其餘實驗結果與原始數據保留於實驗紀錄中，以供存查。

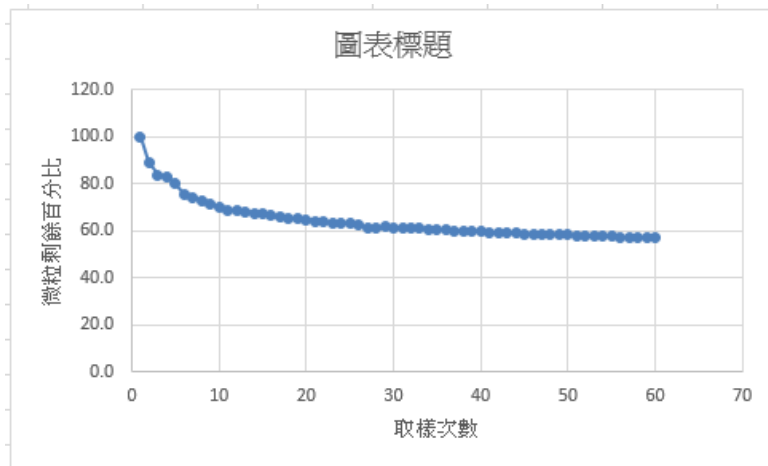
實驗結果呈現，其中橫軸為讀取次數(20 秒讀取 1 筆數值)，

縱軸為懸浮微粒剩餘百分比 =

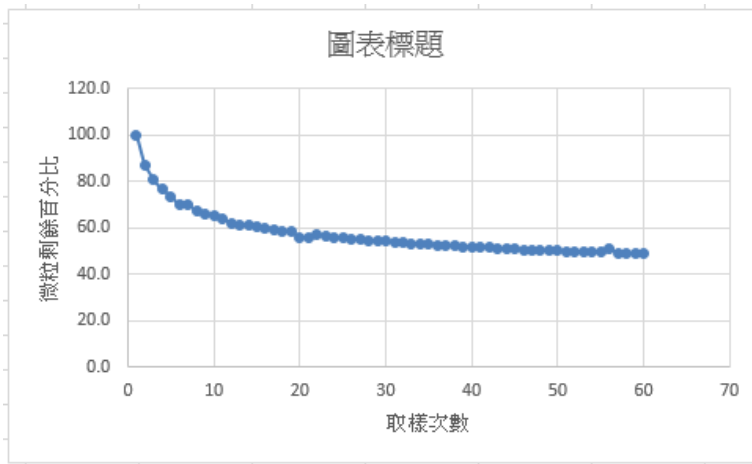
$$\text{測試瞬間濃度}(\mu/m^3) / \text{測試初始濃度}(\mu/m^3) \times 100\%$$



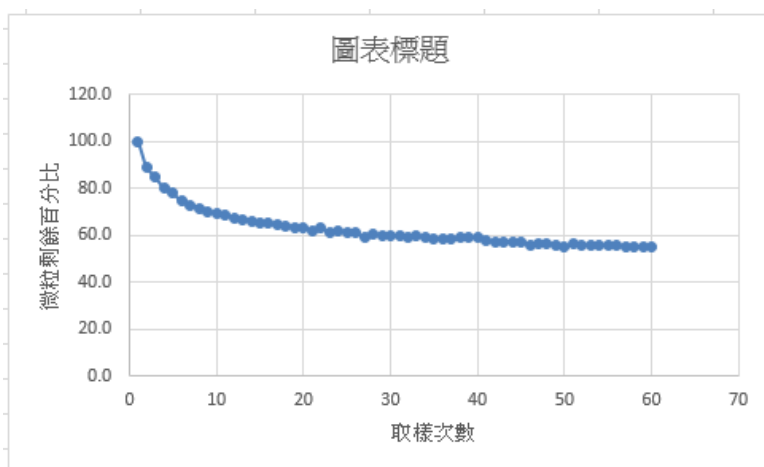
(圖 14) 實驗結果 22



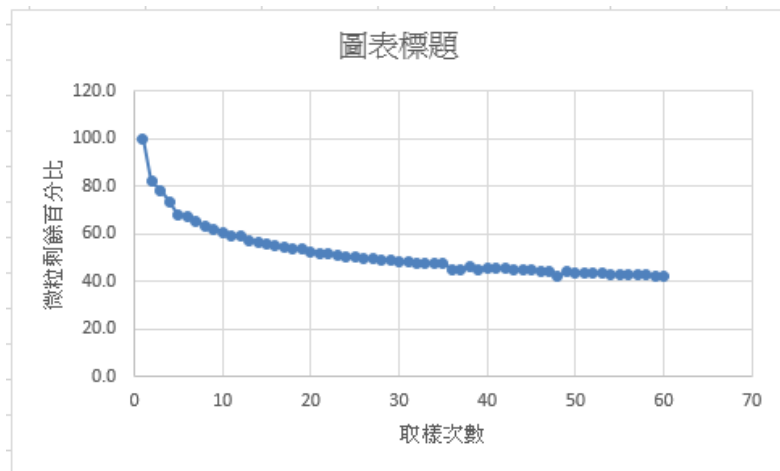
(圖 15) 實驗結果 23



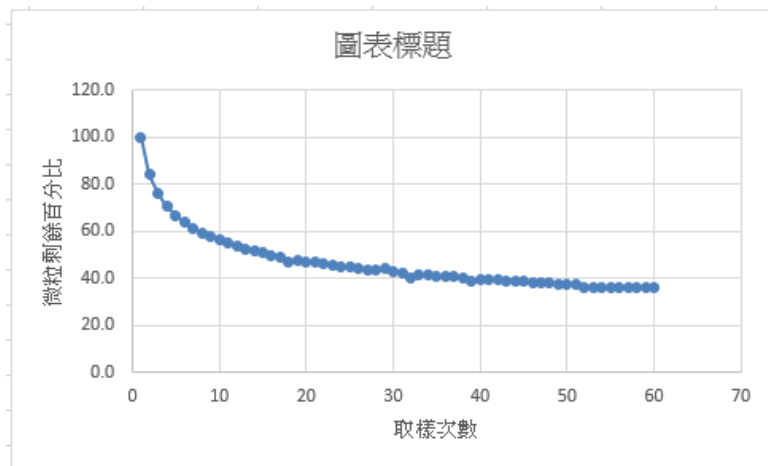
(圖 16) 實驗結果 24



(圖 17) 實驗結果 25



(圖 18) 實驗結果 26



(圖 19) 實驗結果 27

2. 實驗結果論述

由實驗結果可以很清楚的得出結論，氣流風速越快，氣流旋轉的曲率半徑越小，衝擊面條件是壓克力面上鋪設活性碳濾網，再加上靜電濾網，效果最好。正如我們所預期的。

但我們想特別討論的是，空氣的流速越快，除了增加離心力之外，同時也增加了空氣在測試裝置中的循環次數，因此我們可以看見

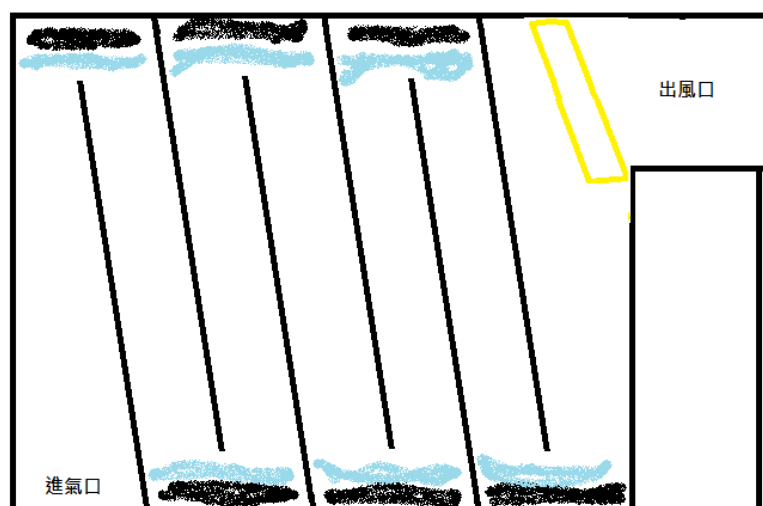
“**實驗結果 27**”的效果相當顯著，在 20 分鐘的測試時間之內，懸浮微粒 **PM10** 剩餘百分比降至 **36%**。

4-4 硬體設計與系統功能整合

1. 空氣清淨機本體

基於我們的實驗結果，我們設計出一套全新的過濾裝置，它的對細懸浮微粒的捕捉原理，完全不同於市面上的空氣清淨機。

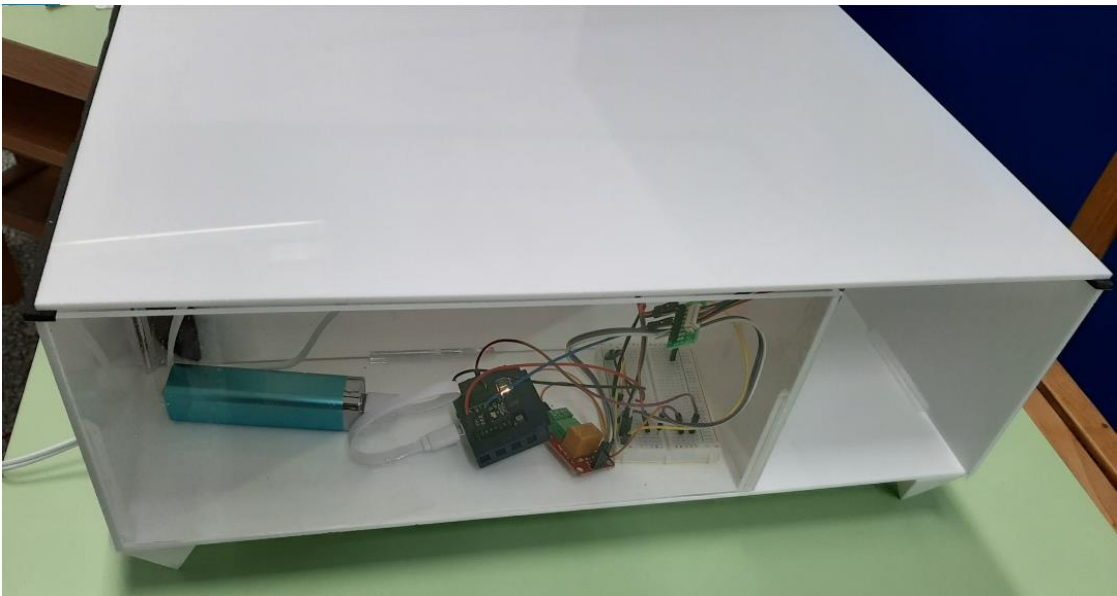
由風扇將氣流導入進氣孔，由於管道的截面積縮小，使得空氣流速增加，並衝擊在雙層濾網上，藉由離心力將微粒吸附在濾網上。雙層濾網的第一層是靜電濾網，孔隙大，在氣流的衝擊下能帶有靜電，吸附較大微粒及棉絮；較小的細懸浮微粒將進入到第二層接觸到活性炭濾網而被吸附。



(圖 20) 空氣清淨機本體結構圖



(圖 21) 空氣清淨機實體 (第一版)



(圖 22) 空氣清淨機機電控制 (第一版)

2. 機電整合

我們設計這套設備能夠進行遠端遙控與監測，更加方便使用者進行空氣品質管理。

我們採用 webduino 作為核心處理器，進行物聯網的設計。

我們初始設計的功能很簡單，在機器上直接以燈號顯示空氣品質，紅燈表示空氣品質不良；黃燈表示空氣品質良好；綠燈表示空氣品質極佳。

並且能夠透過手機用 LINE 下指令給 webduino，指令包含系統開啟、系統關閉、空氣品質。

1. 如果指令為”空氣品質”：webduino 就會偵測空氣品質，並透過 LINE 回傳 PM 2.5 數值。
2. 如果指令為”系統開啟”：webduino 就會驅動繼電器開啟風扇馬達，開始空氣清淨的功能。
3. 如果指令為”系統關閉”：webduino 就會驅動繼電器關閉風扇馬達，結束空氣清淨的功能。

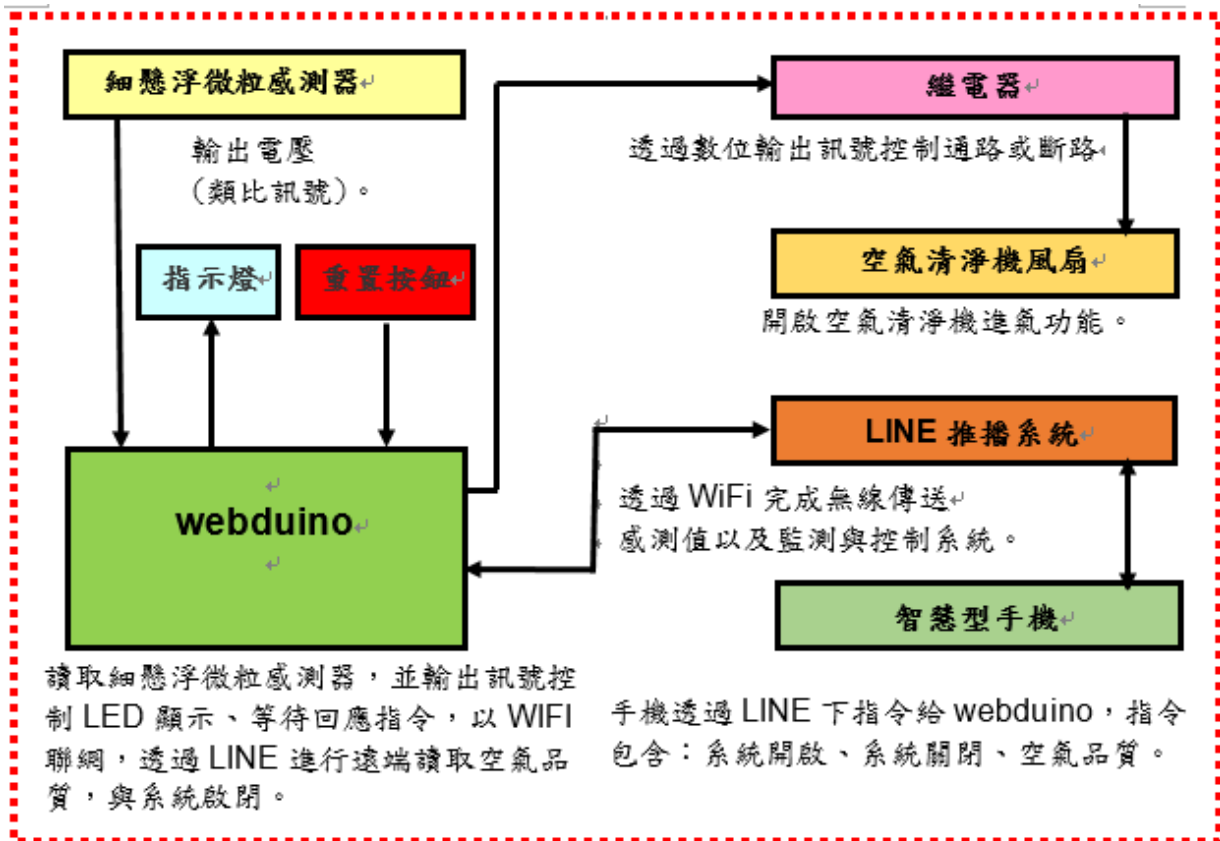
在任何有 WiFi 訊號涵蓋的範圍都可以執行這些功能。

想像一下，我們可以隨時監控家裡的空氣品質，在家人回到家之前就先開啟空氣清淨機，讓家人一回到家就可享受乾淨空氣，真美好。



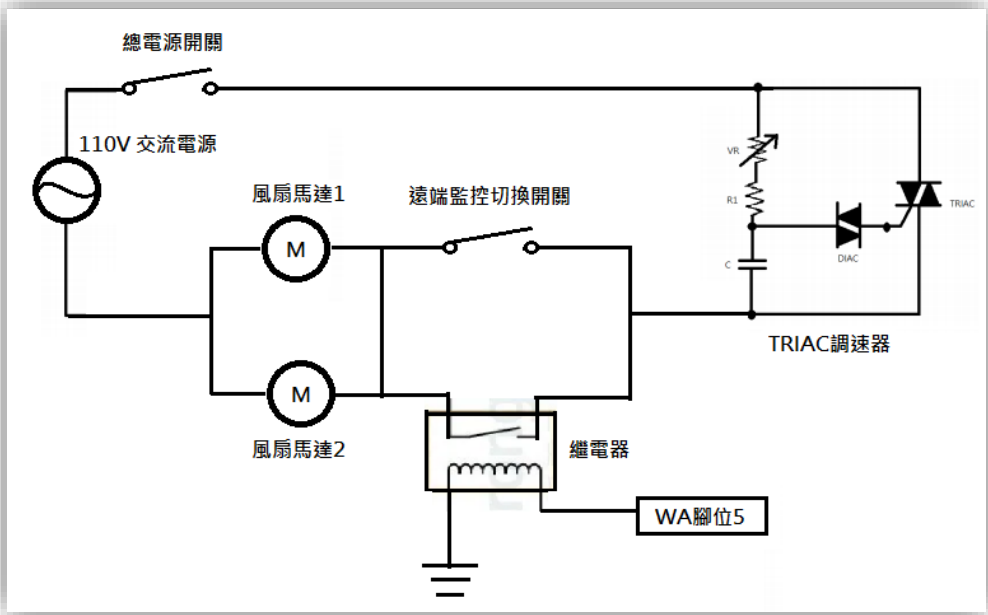
(圖 23)

大口呼吸
示意圖



空氣品質管理系統

(圖 24) 系統設計架構示意圖 (第二版)

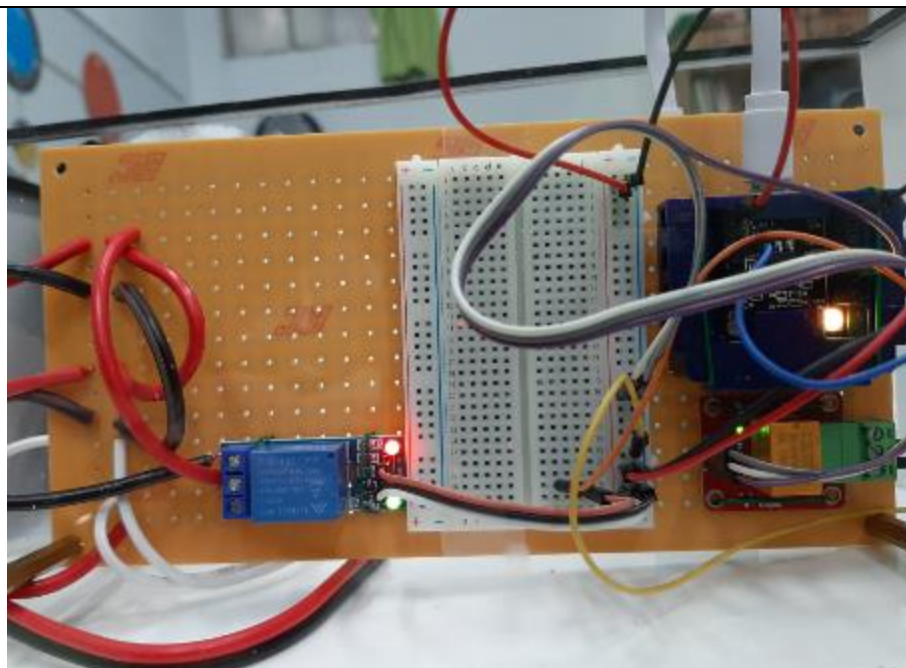


(圖 25) 機電控制電路圖 (第二版)

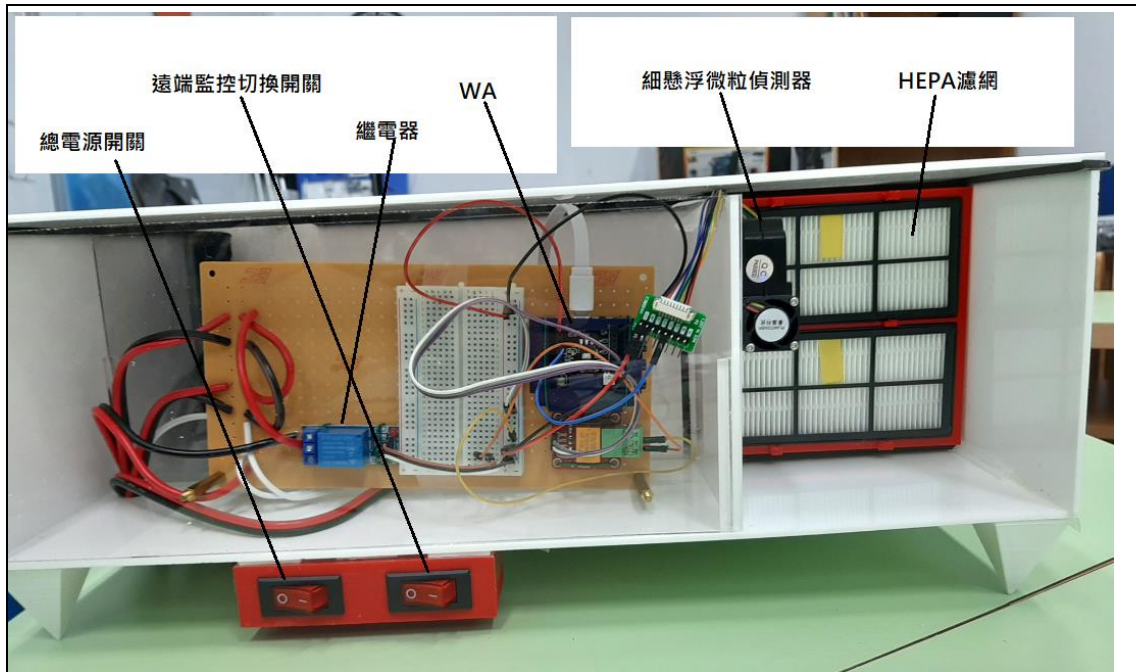
第一版本存在操作上的不便，及風力不足，氣密性不佳等缺失，因此設計了第二版，除了解決上述問題，我們另外加入遠端監控切換開關，能選擇遠端啟閉或強制開啟，更方便裝置直接啟動；第二版能夠搭配 HEPA 濾網使用，使防護全面提升。



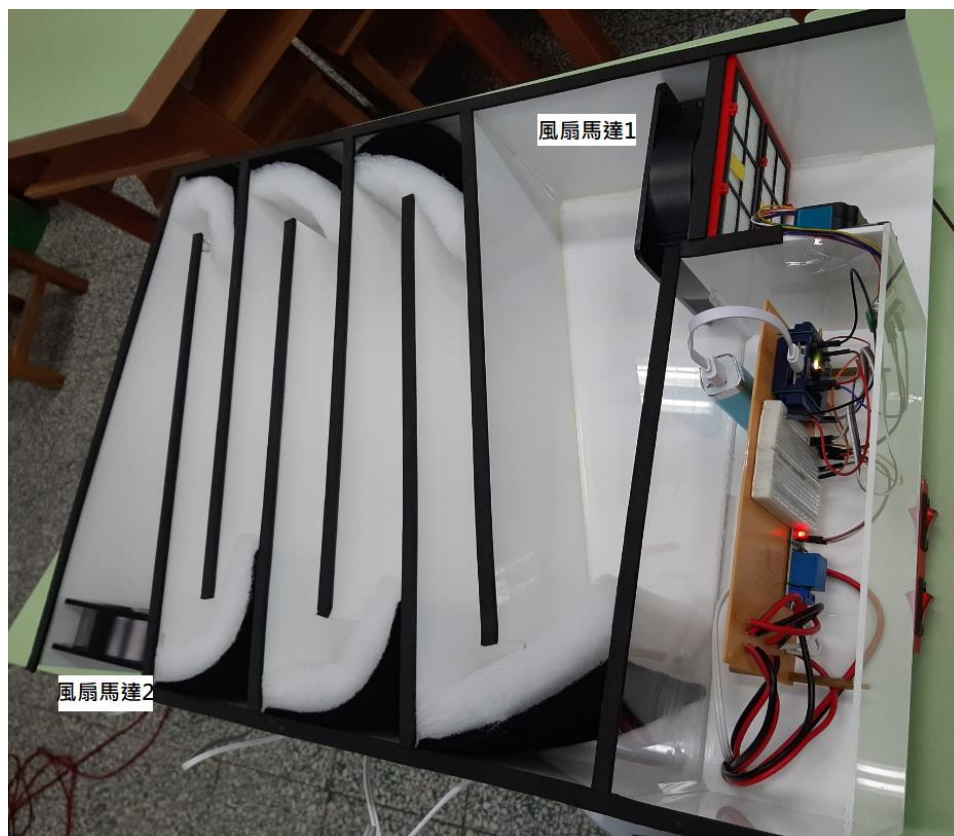
(圖 26) 第二版整體外觀



(圖 27) 第二版 “系統開啟” 時燈號顯示



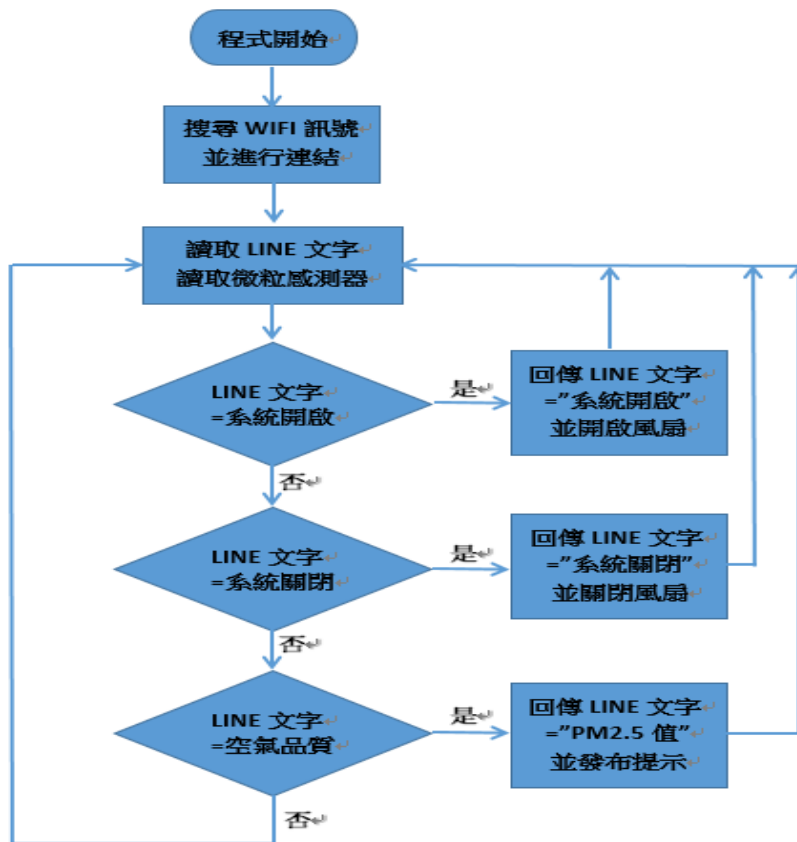
(圖 28) 第二版系統開啟時燈號顯示



(圖 29) 第二版系統開啟時燈號顯示

4-5 webduino 應用程式

根據我們對系統功能的需求，我們的程式設計邏輯如圖。

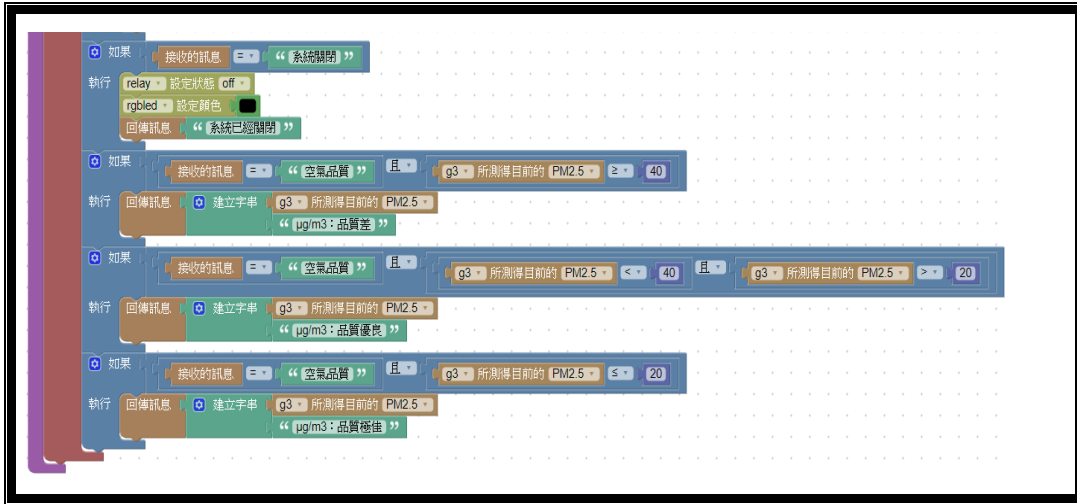


(圖 30) webduino 應用程式流程圖

以下是我們根據功能設定進程式編寫的程式

空氣品質管理系統程式

```
開發板 Smart 使用 Wi-Fi 連線至 "Yar3M" 類比取樣 50 ms 串聯 協同控制
設定 g3 為 細懸浮微粒傳感器, 接收腳位 14, 傳送腳位 3
設定 relay 為 繼電器, 腳位 5
設定 rgbled 為 三色共陰 LED 紅 15, 綠 12, 藍 13
g3 偵測細懸浮微粒, 每 2000 毫秒 (1/1000 秒) 擷取一次
執行 顯示 g3 所測得目前的 PM2.5
如果 g3 所測得目前的 PM2.5 > 40
執行 rgbled 設定顏色 紅
如果 g3 所測得目前的 PM2.5 < 40 且 g3 所測得目前的 PM2.5 > 20
執行 rgbled 設定顏色 橙
否則如果 g3 所測得目前的 PM2.5 ≤ 10
執行 rgbled 設定顏色 綠
LINE (Chat) 從頻道名稱 "41181460" 接收訊息
執行 如果 接收的訊息 = "系統開啟"
執行 relay 設定狀態 on
rgbled 設定顏色 綠
回傳訊息 "系統已經開啟"
```



(圖 31) webduino 應用程式

4-5-1 : 透過手機用 LINE 下指令給 webduino 範例



(圖 32) 空氣品質極佳

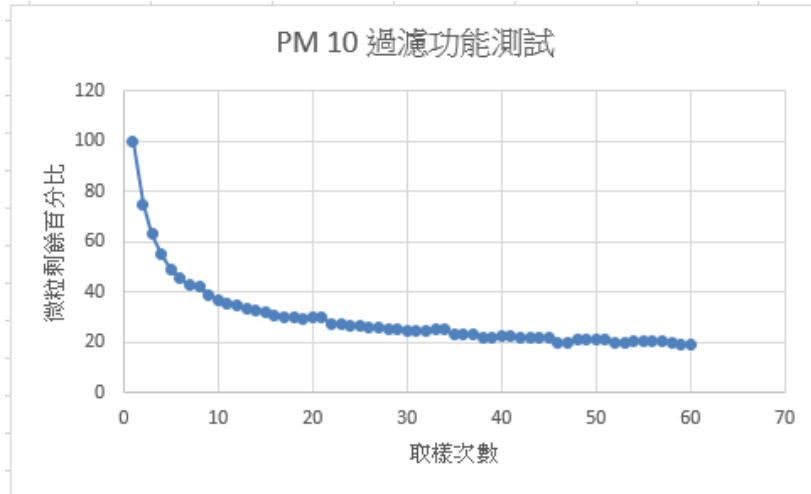


(圖 33) 空氣品質優良

伍、研究結果與討論

系統功能測試：為了實驗條件的一致性，接下來的實驗條件與4-2 實驗設計相同。但風速設定為控制變因，為 5 m/s (公尺每秒)。

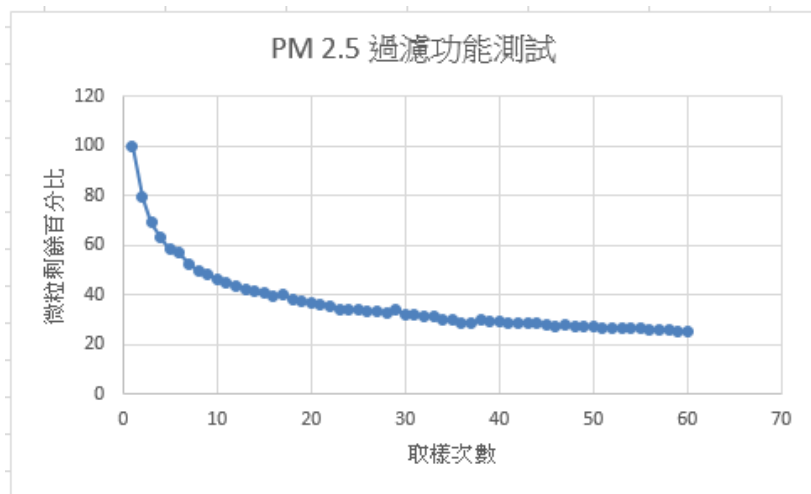
5-1 PM 10 過濾功能測試



(圖 34)

測試 20 分鐘的
微粒剩餘百分比
= 19 %

5-2 PM 2.5 過濾功能測試



(圖 35)

測試 20 分鐘的
微粒剩餘百分比
= 26 %

由測試結果

可以看出變化趨勢，微粒剩餘百分比大幅度的下降，顯示我們設計的過濾機制效果良好，PM 10 過濾效率明顯的比

PM 2.5 過濾效率要更好一些，推測可能是微粒質量比較大，慣性力會比較顯著，攔截效果較好。

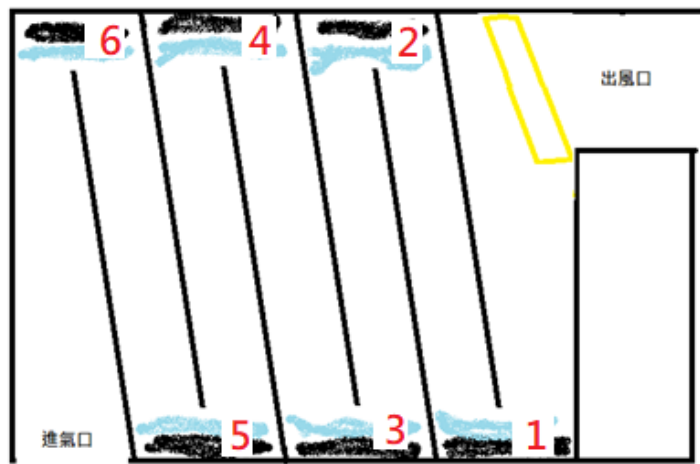
另外我們也觀察到了一個現象，就是一開始濃度都會大幅度的下降，這跟我們所預期的有些落差。跟老師討論之後，發現我們的實驗設計有問題。我們的懸浮微粒偵測器離出風口太近，所以測得的是過濾過後的空氣微粒濃度，並不能代表空間的空氣微粒濃度。

我們繼續進行“濾材質量變化測試”與“空氣流量變化測試”，我們預期這兩項測試需要長時間進行才能有顯著的差異，而且兩者之間可能會交互影響，因此我們將這兩個實驗合併進行。

因為我們並不是機電專家，我們的機電整合設計功能是正常的，但是如果長時間使用，需要考慮到安全性的問題，所以我們進行為期3天的測試，每次測試系統運行8個小時。地點選擇家中。

5-3 濾材質量變化測試

首先我們先將濾材進行編號，除了可以了解濾材的質量變化之外，也可以知道質量變化與位置的相對關係。

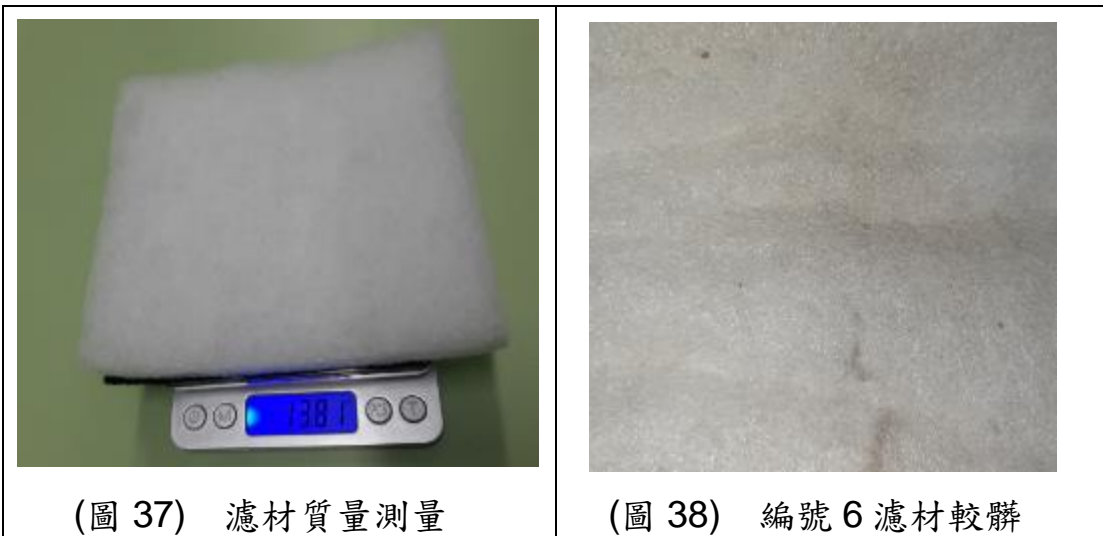


(圖 36) 濾材編號

	編號 1	編號 2	編號 3	編號 4	編號 5	編號 6
測試前	13.81g	14.16 g	14.90 g	14.68 g	15.00 g	14.23 g
測試後	13.81g	14.16 g	14.90 g	14.69 g	15.02 g	14.27 g

(表 5) 濾材質量變化

由結果可以看出，可能因為測試時間不夠長，所以質量變化不夠明顯，但有一點讓我們覺得很高興，編號 6 濾材是最靠近進氣口的，它的質量增加最顯著，編號 5 濾材也有些許增加。其餘的濾材質量幾乎沒有變化。這代表我們將來在替換濾材的時候，只要換髒的，其他乾淨的依序向候補，只將編號 1 跟 2 的濾材換成全新的，這樣更環保。



(圖 37) 濾材質量測量

(圖 38) 編號 6 濾材較髒

5-4 空氣流量變化測試：

	第一天	第二天	第三天
開機風速	5 m/s	5 m/s	5 m/s
關機風速	5.1 m/s	5 m/s	5 m/s

(表 6) 風速無明顯變化

5-5 HEPA 濾材質量變化測試

HEPA 規格的濾網過濾功能，早就已經經過嚴謹的證實所以，我們進行為期 3 天的測試，每次測試系統運行 8 個小時。地點選擇家中。目的是為了解我們設計的裝置是否能夠在 HEPA 濾網之前，把較大的微粒灰塵及纖維先過濾下來，以延長 HEPA 濾網的使用壽命。

為了測試系統的功能極限，我們刻意關閉 WIFI 訊號，系統才終於無法正確執行，我們覺得相當滿意。另外我們也嘗試將懸浮微粒偵測器的訊號斷開，系統依然正常回傳偵測值為 0。

陸、結論

在本次的科展實驗中，我們成功的研發出一套運用新型原理的空氣清淨機，我們的目標不在於取代現在市面上的空氣濾清淨機，而是在傳統的過濾效果中我們尋找另外一種可能另外一種選擇，本設備可以有效避免濾網阻塞造成風速降低的問題，讓空氣流速維持穩定，同時有相當好的過濾效果。如果跟 HEPA 濾網結合使用，將能延長 HEPA 濾網的使用壽命。

目前我們設定的功能初步都已經達到了，系統相當穩定。

這一波新型冠狀病毒的肺炎來勢洶洶，對全球人類的健康與經濟方面都產生巨大的衝擊，目前的情況顯示應該是一個曠日廢時的持久戰，如果因為我們的裝置能夠延長濾網使用的壽命，希望在抗疫的過程當中提供一點小小的幫助。

因為經費有限，實驗條件不佳，進行的大多為定性實驗，無法做到精確的定量。但我們已經在能力範圍內做了最大的努力，對於初步的結果，我們相當滿意，但若還有機會，我們想進行更深入的研究，希望評審老師給我們多多的指導幫忙。

【評語】 032910

本作品設計製作出新的過濾裝置(活性炭、靜電濾網)，嘗試優化提升裝置的濾網效能，並進行遠端遙控與監測。以降低新冠肺炎傳播為動機，題材符合時事，作品內容敘述完整且邏輯清晰。惟機制類似空污控制設備的旋風集成氣塵器，流道曲折仍需考慮壓損問題。此外，未提供原始的實驗紀錄簿。

摘要

一般家庭用的空氣清淨機以濾網式過濾為最大宗，不管是單層濾網還是複合材質濾網，普遍都存在濾網過濾效能不佳的問題，本研究透過對各種空氣污染防治設備的研究，研發出一套新型的空氣清淨裝置，透過這套設備能夠有效的提高濾網使用效能，並對各種細懸浮微粒更有效的攔截。同時我們對這套設備進行優化讓它能夠進行遠端遙控與監測，更加方便使用者進行空氣品質管理。

壹、研究動機

懸浮微粒的比表面積大，易吸附有毒害的物質。如重金屬、有毒微生物或病毒等。由於PM2.5體積更小，具有更強的穿透力，可能抵達細支氣管壁，並干擾肺內的氣體交換。甚至懸浮微粒只是前驅物質，在大氣環境中經過一連串極其複雜的化學變化與光化反應後形成對健康傷害更強的產物，使致癌、致畸、致突變的機率明顯升高。



此外，這一次新型冠狀病毒疫情爆發的速度，以及感染方式顯示，可能是空氣傳染，也就是以細懸浮微粒為載體。因此，如果家中的空氣清淨機可以盡可能的把懸浮微粒捕捉下來，也等於大大降低在居家隔離時，感染新型冠狀病毒(武漢肺炎)的風險，這不僅是對於存在患病風險者的防護，也是對於健康者的自我保護。

貳、研究目的

一般清淨機都有3層濾網材質，三層濾網層層緊密堆疊在一起。當第一層濾網積滿灰塵以及纖維的時候，產生巨大的風阻，降低濾網的使用效能。因此我們的目標就是，設計能夠使大顆粒灰塵及纖維累積聚集的時候，產生較小的風阻，使空氣清淨機能夠在整個運作的過程維持穩定的空氣流量，同時延長第二層HEPA濾網的使用壽命。



想像一下，我們可以隨時監控家裡的空氣品質，在家人回到家之前就先開啟空氣清淨機，讓家人一回到家就可享受乾淨空氣，真美好。

參、主要研究設備與儀器

1. PMS3003 細懸浮微粒感測器

採用激光散射原理。即令激光照射在空氣中的懸浮顆粒物上產生散射，同時在某一特定角度收集散射光，得出顆粒物的等效粒徑及單位體積內不同粒徑的顆粒物數量。能準確偵測PM1.0、PM2.5及PM10濃度



2. Webduino 與 WiFi 整合開發版

它是在Google Blockly的基礎上再做延伸開發。和Scratch一樣，都是一種圖像式的程式語言。內建WiFi模組，及數位與類比的I/O port，LED顯示燈，實現物聯網的需求。



3. 110V 繼電器

控制電壓：5V 額定負載：10A 250VAC，10A 30VDC



4. GM816 風速計

測量項目：風速/風溫
測量範圍：風速：0~30米/秒 (精確度：±5%) 分辨率：0.2m/s
LCD背光數字顯示最大值/最小值/平均值顯示



肆、研究過程與方法

球狀物體在蠕流條件下的終端速度表示式：

$$V_t = \frac{gd^2}{18\mu} (\rho_s - \rho)$$

V_t = 終端速度 μ = 流體黏度
 g = 重力加速度 ρ_s = 流體的密度
 d = 粒徑 ρ = 球體的密度

懸浮微粒之所以能長時間懸浮，就是因為粒徑非常小，導致終端速度很小。

向心加速度公式：

$$a_c = R\omega^2 = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = \frac{v^2}{R}$$

a_c 是向心加速度 v 是切向速度
 R 是圓周運動的半徑 T 是周期
 ω 是角速度 π 是圓周率

我們發現，透過高速旋轉可以改變加速度，加速微粒沉降。所以我們的構想是，讓粒子隨氣流在高速的情況下急轉，產生較大的離心力，使它撞擊在管道上面，進而被攔截下來。這相對於傳統式的濾網攔截，是完全不同的機制，相信能降低傳統式的濾網所產生的風阻問題。

新型微粒攔截裝置設計

我們的構想是，讓粒子隨氣流在高速的情況下急轉，產生較大的離心力，使它撞擊在管道上面，進而被攔截下來。這相對於傳統式的濾網攔截，是完全不同的機制，相信能降低傳統式的濾網所產生的風阻問題。

為了使微粒撞擊到管道壁時能夠順利攔截下來，因此我們在管道壁上增加兩種材質，靜電吸附棉以及活性炭吸附棉，靜電吸附棉能夠在氣流衝擊的情況下自然地帶電，相信對棉絮的攔截以及微粒的吸附有相當好的效果，粒子更小的氣態污染物，則能通過靜電吸附棉，進入到活性炭吸附棉，被進一步的吸附。

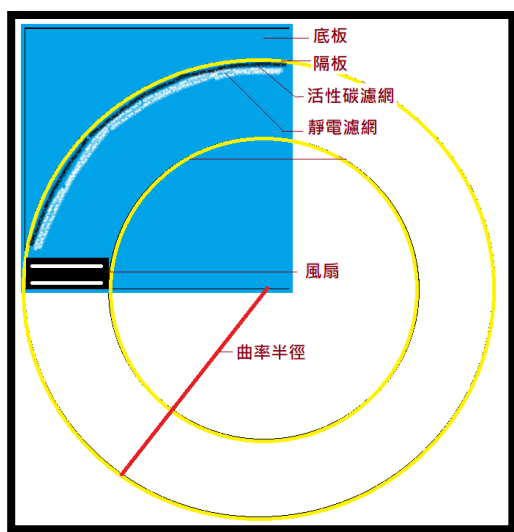
實驗設計

- 我們分析出可能影響效果的因素包含：風速、曲率半徑、衝擊面條件等。

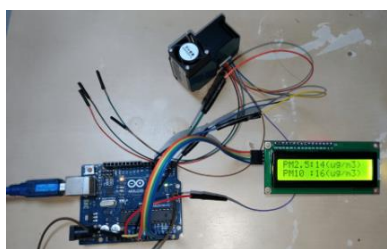
實驗配置：

黑色的是的風扇用以控制風速，隔板決定氣流旋轉的曲率半徑，衝擊面條件有三種：1：壓克力面、2：壓克力面上鋪設活性炭濾網 3：壓克力面上鋪設活性炭濾網，再加上靜電濾網。我們選

定家中的浴室作為我們實驗的場所。只要把門關上，在不開啟抽風機的情況下，是完全密閉的。



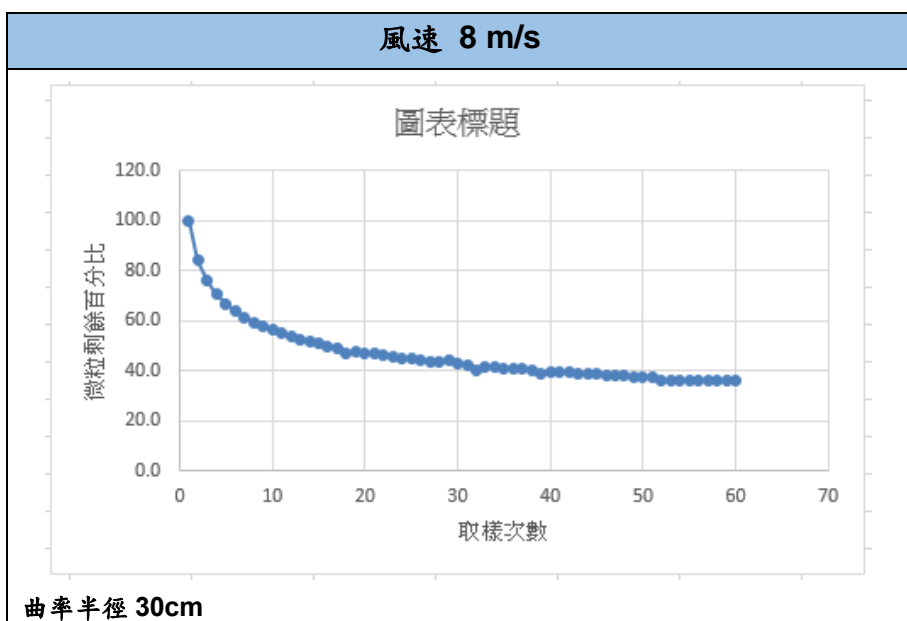
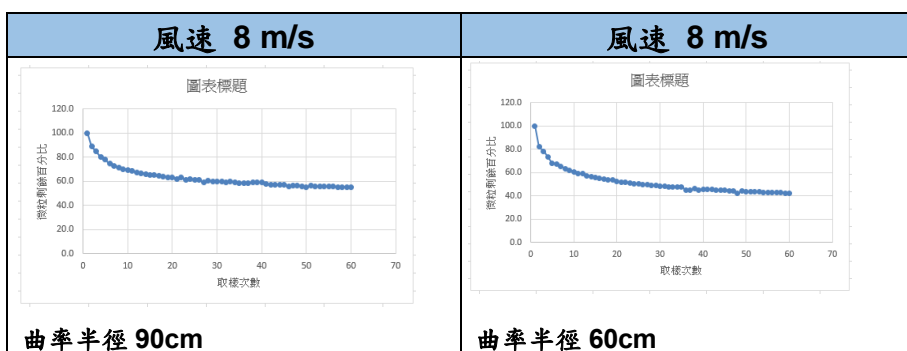
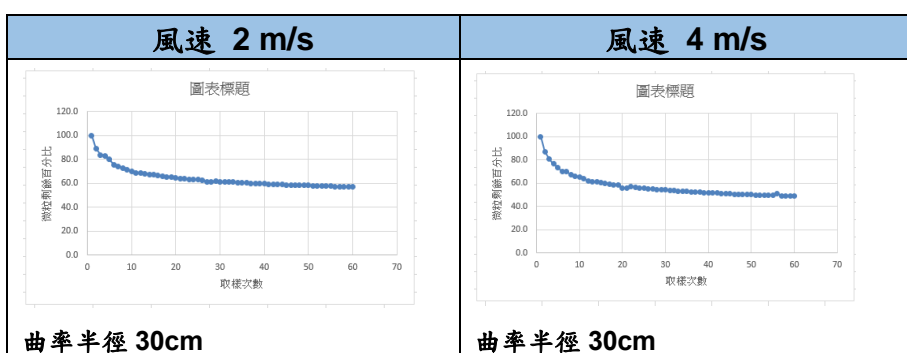
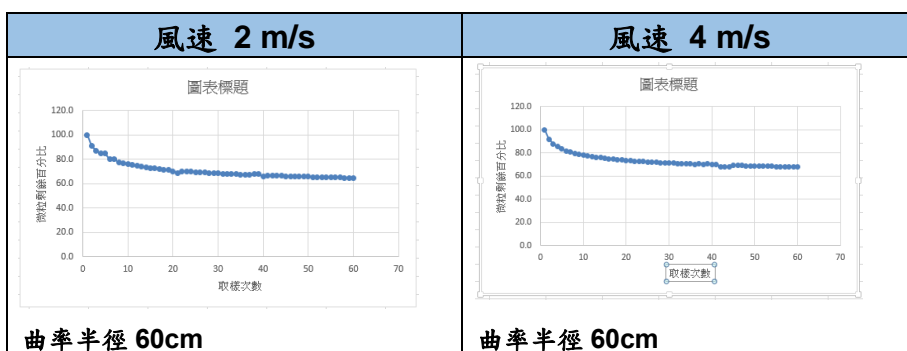
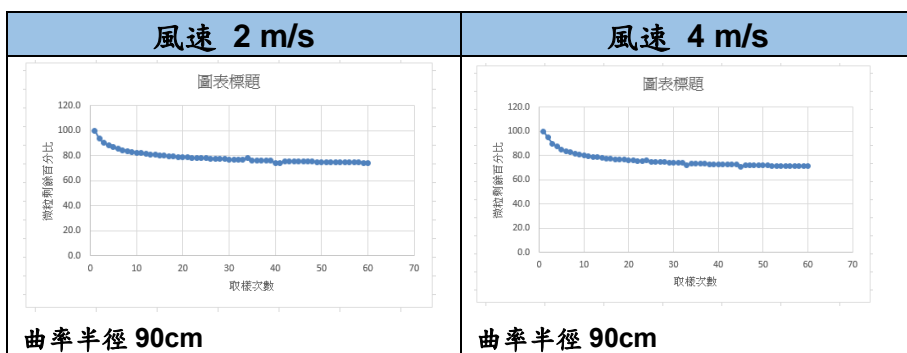
- 利用 PMS3003 與 LCD1602 兩個元件配合 Arduino，我們完成了簡易型的 PM 10 濃度監測器，就可以提供完整的空氣品質數據。數據直接由電腦開啟序列埠讀取與收集，程式設計為 30 秒讀取一次，每次實驗 20 分鐘。



- 實驗結果討論：我們只討論成效最好的第 3 組實驗結果

衝擊面條件(壓克力面上鋪設活性炭濾網，再加上靜電濾網)

實驗結果呈現其中橫軸為時間(單位：分鐘)，縱軸為懸浮微粒剩餘百分比 = 測試瞬間濃度(μ/m^3) / 測試初始濃度(μ/m^3) × 100%



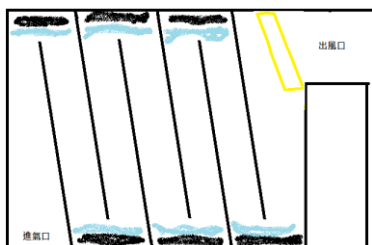
結果顯示，新型過濾系統有顯著過濾效果而且實驗過程當中風速沒有明顯的變化這代表我們的系統能維持穩定流速達成空氣清淨機設定的循環次數

系統功能整合

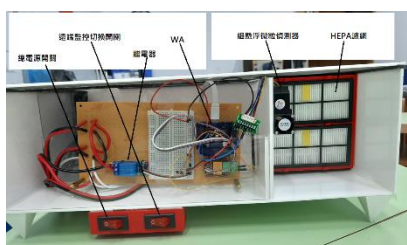
1. 空氣清淨機本體

實驗結果得知，氣流風速越快，氣流旋轉的曲率半徑越小，衝擊面條件是壓克力面上鋪設活性碳濾網，再加上靜電濾網，效果最好。

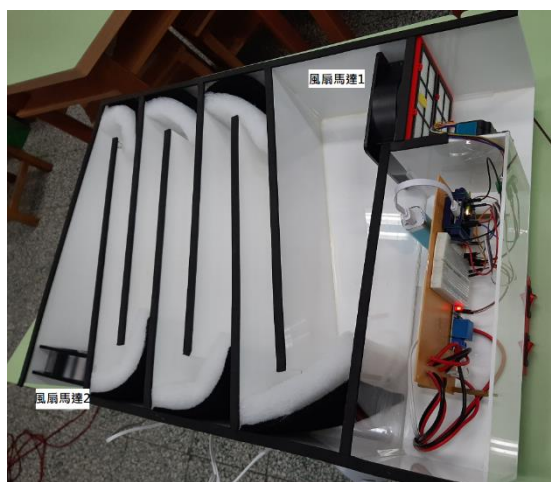
基於我們的實驗結果，我們設計出一套全新的過濾裝置，由風扇將氣流導入進氣孔，由於管道的截面積縮小，使得空氣流速增加，並衝擊在雙層濾網上，藉由離心力將微粒吸附在濾網上。雙層濾網的第一層是靜電濾網，孔隙大，在氣流的衝擊下能帶有靜電，吸附較大微粒及棉絮；較小的細懸浮微粒與氣體汙染物將進入到第二層，被活性碳濾網吸附。



空氣清淨機本體結構圖



機電控制及物聯網



空氣清淨機實體照片

2. 機電整合

我們設計這套設備能夠進行遠端遙控與監測，更加方便使用者進行空氣品質管理。我們採用 **webduino** 作為核心處理器，進行物聯網的設計。

我們初始設計的功能很簡單，在機器上直接以燈號顯示空氣品質，紅燈表示空氣品質不良；黃燈表示空氣品質良好；綠燈表示空氣品質極佳。

並且能夠透過手機用 **LINE** 下指令給 **webduino**，指令包含系統開啟、系統關閉、空氣品質。

1. 如果指令為”空氣品質”：

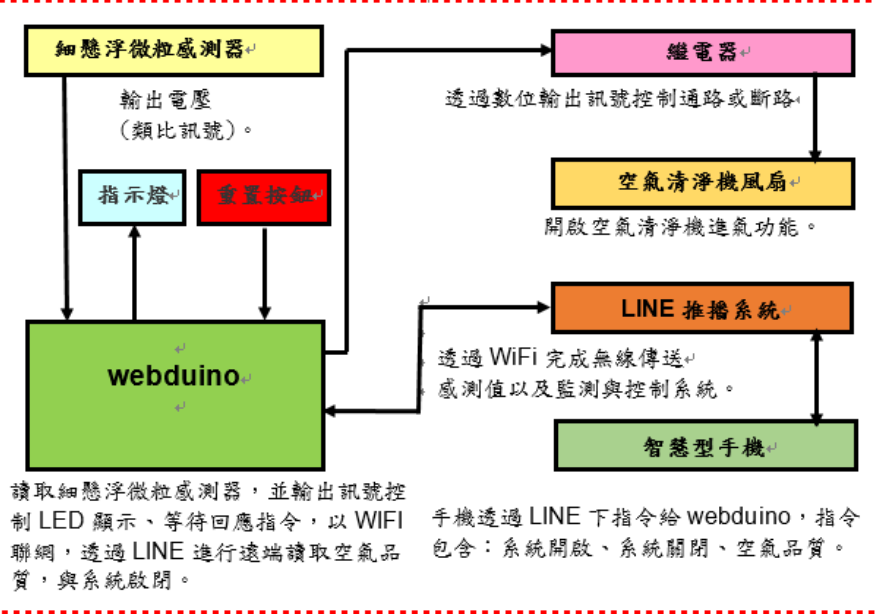
webduino 就會偵測空氣品質，並透過 **LINE** 回傳 **PM 2.5** 數值。

2. 如果指令為”系統開啟”：

webduino 就會驅動繼電器開啟風扇馬達，開始空氣清淨的功能。

3. 如果指令為”系統關閉”：

webduino 就會驅動繼電器關閉風扇馬達，結束空氣清淨的功能。在任何有 **WiFi** 訊號涵蓋的範圍都可以執行這些功能。



讀取細懸浮微粒感測器，並輸出訊號控制 LED 顯示、等待回應指令，以 WiFi 手機透過 LINE 下指令給 webduino，指令包含：系統開啟、系統關閉、空氣品質，與系統關閉。

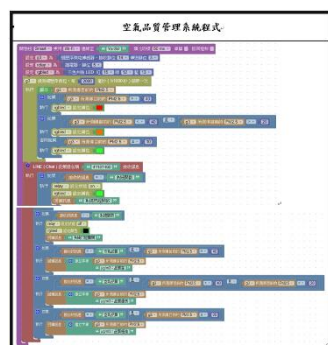
空氣品質管理系統

3. webduino 應用程式

右側是我們根據功能設定進行程式編寫的程式。



家中空氣品質，讓您一手掌握



透過手機用 **LINE** 下指令給 **webduino** 範例：經過連續 **200** 次測試，從未有誤動作。

伍、研究結果與討論

假定空氣清淨機的原始設計是，可以達到每小時換氣 5 次的標準，在增加風阻的情況下，出風量會顯著減少，而導致空氣清淨機沒有辦法達成原定的空氣循環次數，最後乾淨空氣還趕不上髒空氣從各個角落進來的速度。我們的設計能夠在風阻不降低的情況下，維持相近的過濾效果。

陸、結論

在本次的科展實驗中，我們成功的研發出一套運用新型原理的空氣清淨機，我們的目標不在於取代現在市面上的空氣濾清淨機，而是在傳統的過濾效果中我們尋找另外一種可能、另外一種選擇，本設備可以有效避免傳統濾網阻塞造成風速降低的問題，讓空氣流速維持穩定，同時有相當好的過濾效果。若與 **HEPA** 濾網結合使用，將能延長它的使用壽命。

這一波新型冠狀病毒的肺炎來勢洶洶，對全球人類的健康與經濟方面都產生巨大的衝擊，目前的情況顯示應該是一個曠日廢時的持久戰，提供乾淨的空氣，一直是防疫的首要任務。我們衷心的希望，因為我們的裝置能夠延長濾網使用的壽命。

期盼在抗疫的過程當中貢獻我們小小的力量。