

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 物理科

團隊合作獎

080113

風蕭蕭「吸」家清涼

學校名稱：新竹縣竹北市興隆國民小學

作者：	指導老師：
小五 張宸睿	李文美
小五 涂雁云	徐志宇
小五 郭祐語	
小五 魏宇彤	
小五 邱 伶	

關鍵詞：康達效應、氣水分離、風透鏡

摘要

本研究利用風力引進屋頂室外空氣，來降低室內溫度。將屋頂空氣引進室內有三項基本要求：「進氣效率高」、「防水效果好」、「能依風向轉動」。利用風洞與風速計測量「各種形狀的通風開口」、「對風向不同角度開口」的排吸氣速度，發現開口面對風向時進氣速度最快，找出吸氣效率最佳的方向後，再以氣水分離器的離心原理設計能將空氣、雨水分離的的管道，加上能隨風向轉動的開口，完成能以 360 度風向防水進氣的裝置，經模擬實測結果，自製的防水進氣裝置，在有風的晴天時，最多能降低室內溫度 14.3°C（如實驗八數據）。

壹、研究動機

台灣地處亞熱帶地區，夏季悶熱，空調耗能極大，利用自然風將熱空氣排出室外，引入較低溫空氣是低耗能、低成本的空調方式，常見屋頂換氣通風裝置皆為排氣功能，熱空氣自屋頂排出，並且自建築物其他較低位置引入空氣，但建築物上方氣溫低於接近地面的氣溫，且沙塵量較少，是更理想的引入空氣位置；於是我們著手研究能以 360 度風向進氣且能防水的裝置，希望能提供一個適合建築降溫的換氣選項。

貳、研究目的

由「對風向不同角度開口」，並設計加裝「不同風透鏡的進氣開口」，找出進氣效率最佳的方向及形狀；以離心機原理研究迴風通道「半徑」、「通道徑向寬度」、「開口相對高度」等變因的氣水分離效果，測量水霧隨風進入管道多寡，期待能設計出「進風效率高」、「防水效果好」、「能依風向轉動」的「進氣裝置」引進室外空氣降低室內溫度，減少空調設備使用。

一、研究如何能將屋頂空氣有效率的引入室內。

（一）實驗一：不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係

（二）實驗七：「進氣口外形」與進氣風速的關係（風透鏡）

二、研究如何將空氣和雨水分離。

（一）實驗二：圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係

（二）實驗三：進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係

（三）實驗四：圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係

（四）實驗五：圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係

三、研究如何使進氣開口隨風向改變。(力矩)

(一) 實驗六：鱗片安裝位置、面積與轉向風速的關係

四、比較進氣裝置與通風球的效果。

(一) 實驗八：測試防水進氣裝置的防水與降低室內溫度效果

參、研究設備及器材

一、器材準備與製作：

(一) 製作風洞：

木條為框架，上下以瓦楞板封蓋，下面瓦楞板以排水管煙囪外徑開圓孔；兩側以透明膠膜覆蓋，風源側製作風罩用來連接電風扇；風洞內排列吸管整流。

(二) 製作進氣管道：

以瓦楞板和護貝膠膜製作，共有五種半徑大小，後側以餐巾紙過濾水霧，加上風扇維持空氣流速。

(三) 製作進氣裝置：

拆下通風球不銹鋼葉片，保留旋轉底座作為旋轉部件，上方依實驗所得製作可以 360 度風向進氣且能防水的裝置。

(四) 煙囪：

以四吋 PVC 排水管作為煙囪，側面兩垂直位置加上水平儀，可確認煙囪是否有垂直安裝。

(五) 風源：



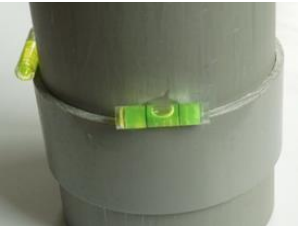

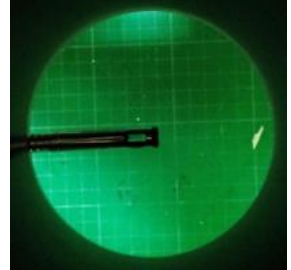










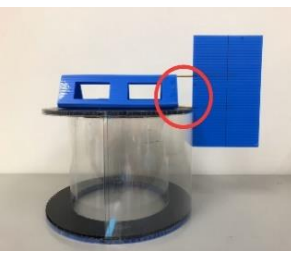
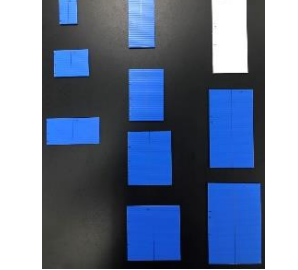
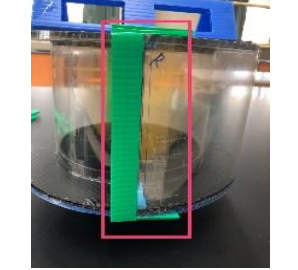

以市售 16 吋直流電扇為風源，有七段風速可選擇。

(六) 風速計：

以能測量微弱風速的風速計測量，可顯示最低風速為 0.01m/s，有 AVG 平均功能，可將最新 30 筆取樣數據平均並即時顯示。

表 3-1-1 研究設備及器材

自製風洞	模擬煙囪	測量器材	工具耗材
木條	四吋 PVC 排水管	風速計	白膠
瓦楞板	瓦楞板	電風扇	餐巾紙
透明桌墊	護貝膠膜	姆指夾	膠帶
吸管	竹筷子	線香、打火機	
保麗龍	風球底座	傾角儀	
紗網	風球	小型抽風扇	
過濾海棉	水平儀		

			
圖 3-1-1 風洞	圖 3-1-2 七段風速變頻電扇	圖 3-1-3 煙囪安裝水平儀	圖 3-1-4 風速計的 AVG 功能
			
圖 3-1-5 安裝風速計	圖 3-1-6 餐巾紙	圖 3-1-7 電子秤	圖 3-1-8 溫度計
			
圖 3-1-9 小型吸風扇	圖 3-1-10 45°角度彎管	圖 3-1-11 90°角度彎管	圖 3-1-12 長形塑膠管
			
圖 3-1-13 通風球	圖 3-1-14 五種不同半徑進氣通道	圖 3-1-15 可更換高低位置進氣出入口	圖 3-1-16 可伸縮進氣通道
			
圖 3-1-17 可調整鰭片距離	圖 3-1-18 十種面積鰭片	圖 3-1-19 可調整風透鏡寬度、角度	圖 3-1-20 實驗器材

肆、研究過程及方法

一、研究流程

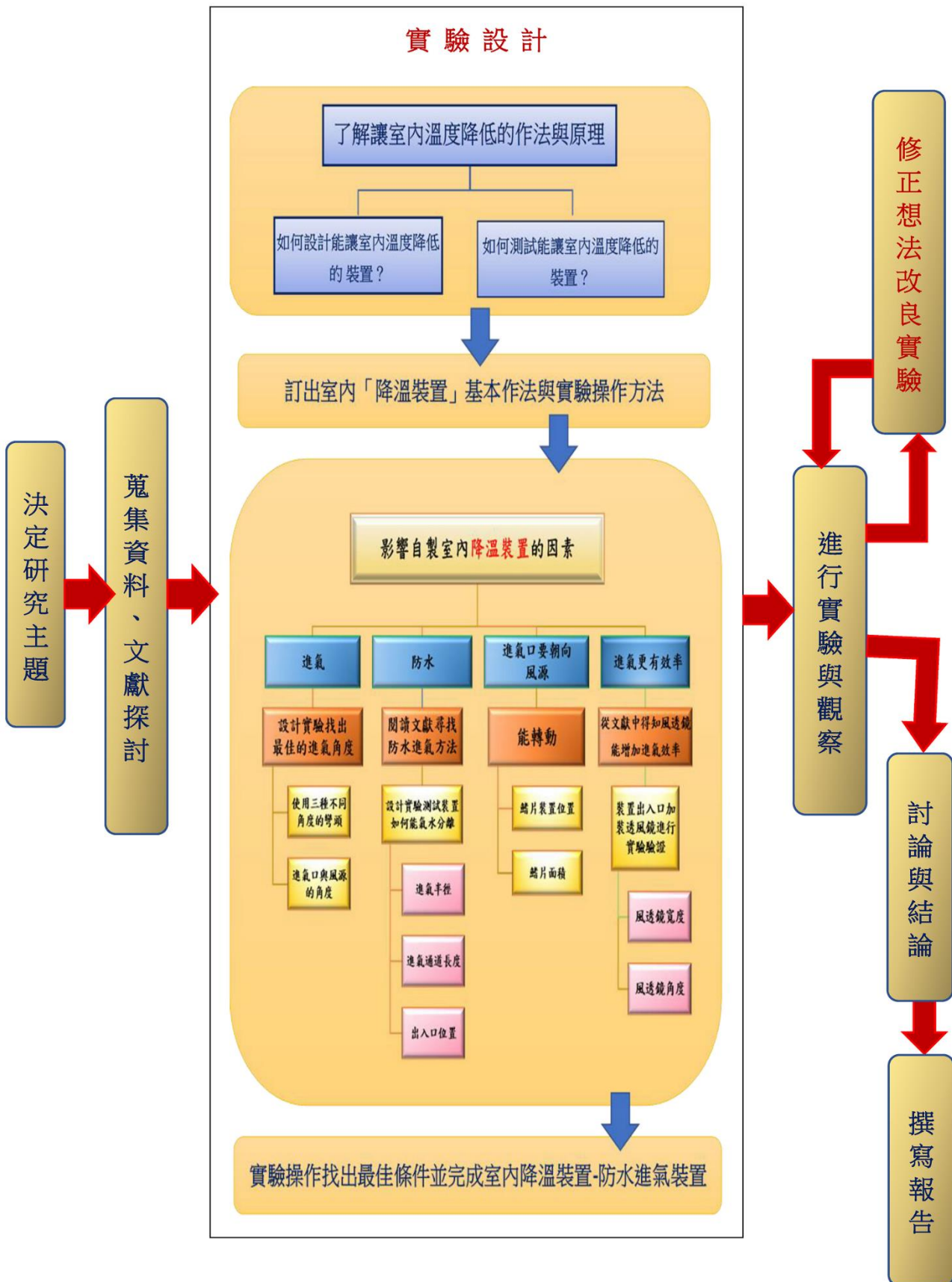


圖 4-1-1 研究流程圖

二、研究架構

coggle

made for free at coggle.it

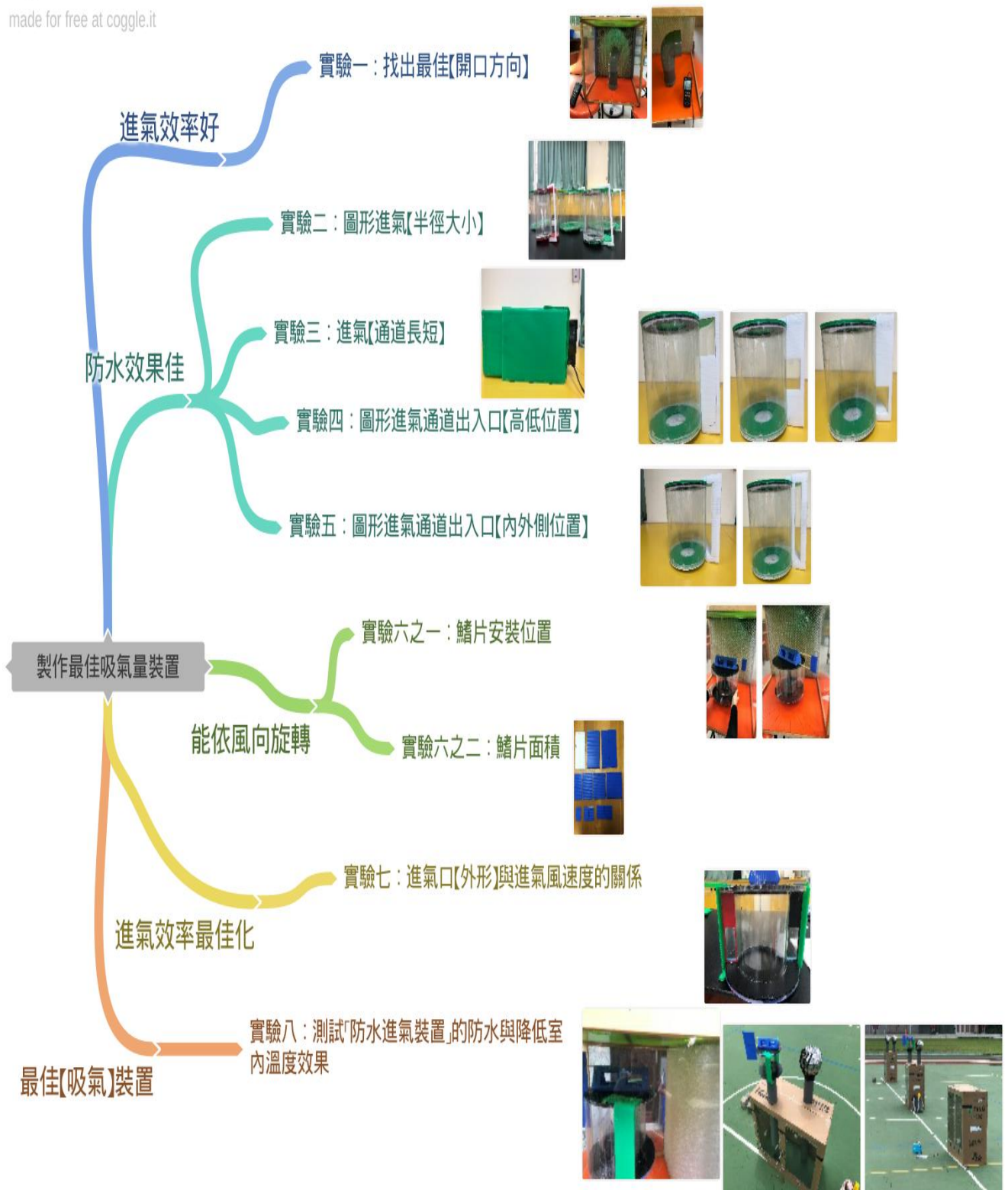
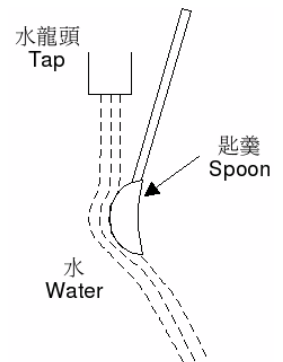


圖 4-1-2 研究架構圖

三、文獻探討

(一) 康達效應

流動中的物質，都會有依附接觸面的傾向，宏觀的解釋是與流體的「黏度」(Viscosity)有關。試把匙羹彎曲的底部貼向由水龍頭流出的水柱，觀察水流過曲面後的情況，會發現水流的方向改變了，由垂直向下變成跟隨匙羹曲面的方向(如下圖)，這種現象稱為康達效應(Raskin, 1994)。



(https://www.eduhk.hk/apfslt/v5_issue1/ngph/ngph2c.htm)

心得：利用康達效應可以設計進氣裝置，將室外空氣引進室內。 圖 4-3-1 康達效應

(二) 氣水分離

氣水分離器的工作原理是將大量含水的氣體進入氣水分離器，並在其中以離心向下傾斜式運動，夾帶的水份因為速度降低而被分離出來；分離器的目的都是除去懸浮在蒸汽中的水分。一般分離器的形式：

- 1.氣旋型- 氣旋或離心型分離器產生高速氣旋，在分離器內高速旋轉流動的蒸汽，密度較大的液滴甩向筒壁。
- 2.吸附型- 吸附型分離器內部的蒸汽通道上有阻礙物(一般金屬網墊)，水滴被吸附大到一定程度後，由於重力作用落到分離器底部。(百度百科，<https://baike.baidu.com/item/汽水分离器/3293049>) (見圖 4-3-2、4-3-3)

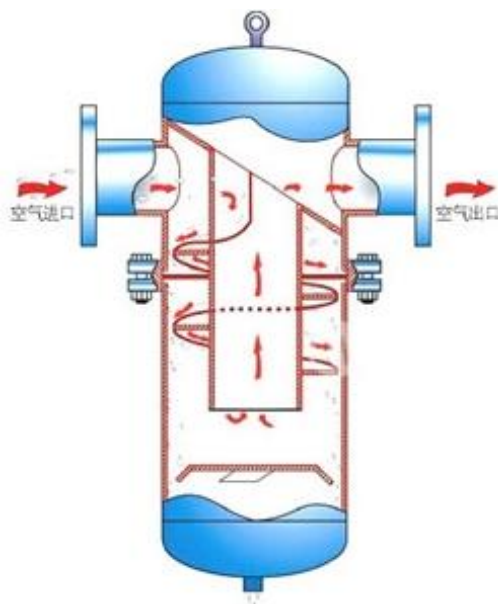
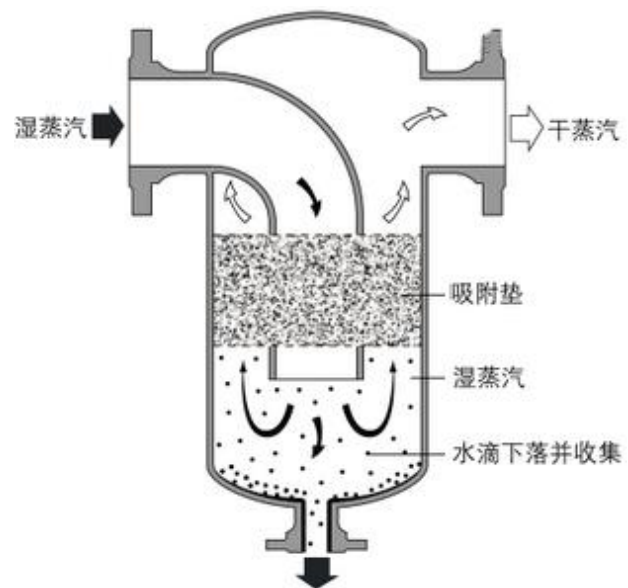


圖 4-3-2 氣旋型氣水分離器



4-3-3 吸附型氣水分離器

心得：利用氣水分離機使用的三種型式及原理，設計實驗研究如何能阻止雨中的水霧經過「進氣裝置」進入室內，以「氣旋型」的原理設計「防水進氣裝置」的構造，再以「吸附型」原理吸附水霧，檢測「進氣裝置」的氣水分離效果。

(三) 風透鏡

風透鏡風車是一種在風車 3 枚葉片的周圍安裝環狀「風透鏡」的小型風力發電機。就像透鏡通過折射光線聚集太陽光一樣，此環能聚集風，因此而得名。其特點是，在風速相同的情況下，可獲得原有小型風力發電機 2~3 倍的發電量。

(<https://www.imynest.com/content/88309.html>) (見圖 4-3-4)

心得：利用風透鏡可以增加風速的特性，可以嘗試將風透鏡裝在「進氣裝置」的入口，看看能否提升進氣的風速。

(四) 氣溫垂直遞減率 (Lapse rate of temperature)

是氣溫隨者高度上升而遞減的幅度。國際民航組織 (ICAO) 的數據指出，在對流層中，乾空氣平均每上升 100 公尺，氣溫就下降約 0.98 度。若空氣中含有水氣，因為水汽凝結時會釋放潛熱，平均每上升 100 公尺，氣溫下降約 0.649 度。平均而言，夏季海拔高度每上升 100 米氣溫約降低 0.6 度，而冬季每上升 100 米約降低 0.36 度。

(<http://zh.wikipedia.org/wiki/氣溫垂直遞減率>) (見圖 4-3-5)

心得：氣溫會隨者高度上升而遞減，氣溫測量要在離地面 1.25~2 公尺的高度百葉箱中進行，也是因為地面的溫度較高。

(五) 狹管效應

「狹管效應」也叫「峽谷效應」，當氣流由開闊地帶流入地形構成的峽谷時，由於空氣質量不能大量堆積，於是加速流過峽谷，風速增大。當流出峽谷時，空氣流速又會減緩。這種地形峽谷對氣流的影響；稱為「狹管效應」。由狹管效應而增大的風，稱為峽谷風或穿堂風。(<https://baike.baidu.com/item/狹管效應>) (見圖 4-3-6)

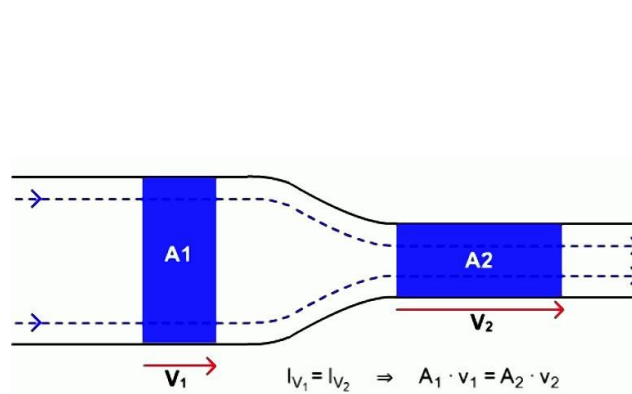
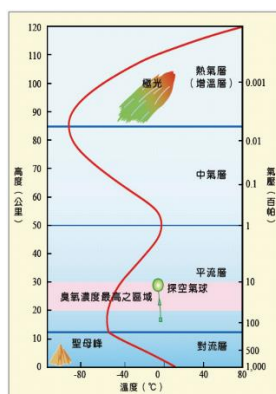


圖 4-3-4 風透鏡風力發電機

圖 4-3-5 氣溫垂直遞減率

圖 4-3-6 狹管效應

(六) 空氣污染、沙塵－高度

台大公共衛生學院環境衛生研究所教授吳章甫表示，以台北市 20 到 30 個民眾居家陽台為檢測點進行監測，發現低樓層（1 - 3 樓），比中高樓層（4 - 9 樓），PM2.5 濃度高 10%-20%；如果住宅附近道路面積愈大，細懸浮微粒濃度會跟著增加。

(<https://health.udn.com/health/story/5978/762754>)

根據觀測，當沙塵暴形成時，如果風每秒刮 30 公尺（11 級風力），那麼粗沙（直徑 0.5 - 1 毫米）會飛離地面幾十釐米，細沙（直徑 0.125 - 0.25 毫米）會飛起 2 公尺高，粉沙（直徑 0.05 - 0.005 毫米）可達到 1.5 公里的高度。

(<https://zh.wikipedia.org/wiki/沙塵暴>)



圖 4-3-7 PM2.5 濃度與居住環境關係

四、準備項目及變因：

- (一) 安裝風洞：風洞水平放置。考量體積與實驗特性，風扇置於風洞前側，以吹風方式安裝風扇。
- (二) 模擬煙囪：模擬煙囪放入風洞，檢查模擬煙囪上水平儀確保模擬煙囪保持垂直。
- (三) 架設風扇：調整扇面高度及位置，使扇面對齊風洞開孔。
- (四) 架設風速計：風速計探棒固定於模擬煙囪管內中心，以橡皮筋固定探棒把手。
- (五) 風速測量方式：風速計設定為 AVG 平均模式，待開啟風扇後等待 60 秒，等風速達到穩定，自第 61 秒至 120 秒間讀取最大與最小值並平均。

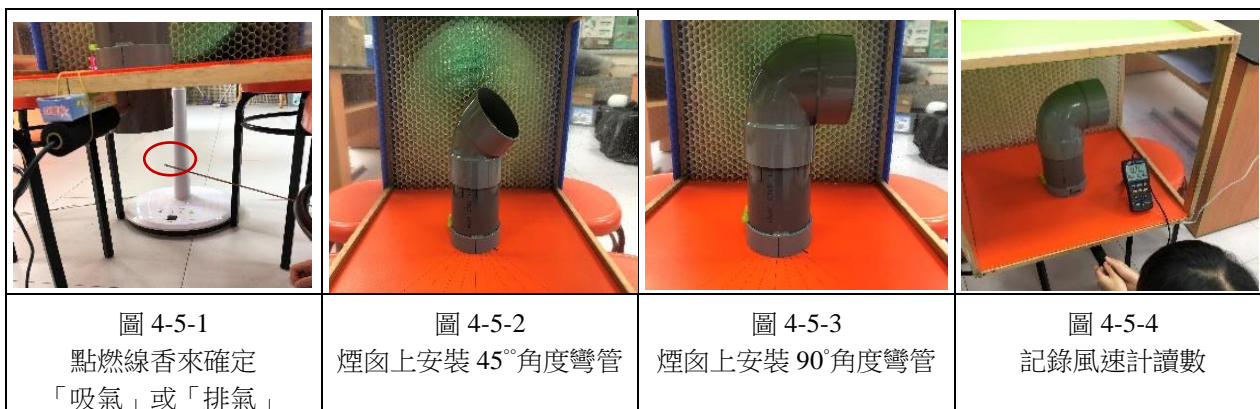
表 4-4-1 實驗內容表

實驗別	實驗內容	操縱變因或實驗重點
實驗一	不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係	測量不同開口與風向角度的進氣風速，風速越大代表效率越好。
實驗二	圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係	測量不同半徑大小的進氣通道的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
實驗三	進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係	測量不同進氣通道「長度」的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
實驗四	圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係	測量不同進氣通道出入口「高低位置」的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
實驗五	圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係	測量不同進氣通道出入口「內外側位置」的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
實驗六	鰭片安裝位置（鰭片中心離圓心距離）、面積與轉向風速的關係	測量各鰭片不同安裝位置、面積的最低轉向風速，最低轉向風速越小，代表裝置越容易面對風向。
實驗七	「進氣口外形」與進氣風速的關係（風透鏡）	「進氣開口外形」（風透鏡）與進氣效率的關係，風速越大代表效率越好。
實驗八	測試「防水進氣裝置」的防水與降低室內溫度效果	測試在風洞中進氣口前噴霧時的防水效果；將成品與通風球安裝在紙箱上，在陽光下模擬建築通風散熱情形。

五、實驗一：不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係。

（一）說明：不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係，測試煙囪內風速，風速越大代表進氣效率越好。

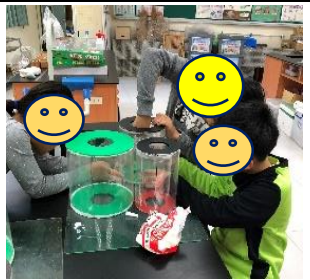




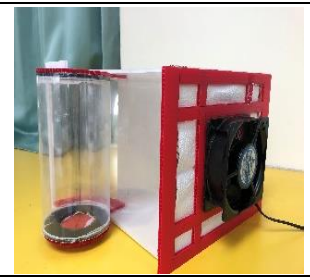


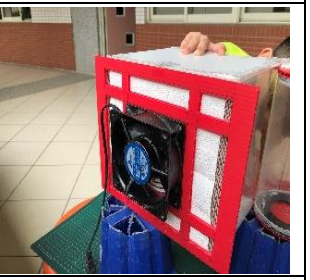
（二）操作：將煙囪安裝在風洞內，分別以水平方向 0°、15°、30°、45°、60°、75°、90°、105°、120°、135°、150°、165°、180°在煙囪上安裝 45°、90°角度彎管，將風速計設定於「AVG 平均模式」，探棒固定於煙囪內中央位置，開啟風扇後等待 60 秒，風速達到穩定後，以一分鐘內記錄風速計讀數顯示的最大與最小值，平均後作為此次實驗數據。



六、實驗二：圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係。

(一) 說明：以五種「半徑」尺寸的模擬進氣裝置測試氣水分離效果，「半徑」是開口中心位置到圓心的距離。當水霧通過模擬進氣裝置後，會被安裝在進氣裝置末端的餐巾紙吸收，餐巾紙吸水後增加的重量越少，代表氣水分離的效果越好。

(二) 操作：將製作完成的進氣管道安裝在風洞開口處，風洞上蓋開口作為噴霧處，餐巾紙夾入管道末端吸氣風扇前，風洞風扇開啟最大風速，等待 60 秒，讓風扇加速，噴霧一、二、三分鐘後，取下餐巾紙秤重。

			
圖 4-6-1 合力製作圓形進氣通道	圖 4-6-2 合力製作圓形進氣通道	圖 4-6-3 半徑 5.7cm 圓形進氣通道	圖 4-6-4 半徑 8.7cm 圓形進氣通道
			
圖 4-6-5 半徑 11.7cm 圓形進氣通道	圖 4-6-6 半徑 14.7cm 圓形進氣通道	圖 4-6-7 半徑 17.7cm 圓形進氣通道	圖 4-6-8 加裝吸氣風扇
			
圖 4-6-9 加裝吸氣風扇	圖 4-6-10 製作水霧(正面)	圖 4-6-11 製作水霧(側面)	圖 4-6-12 在進氣通道後端裝置餐巾紙獲得實驗數據
			
圖 4-6-13 進行實驗	圖 4-6-14 可觀察水霧進入通氣道分布狀況	圖 4-6-15 實驗結果(一)	圖 4-6-16 實驗結果(二)

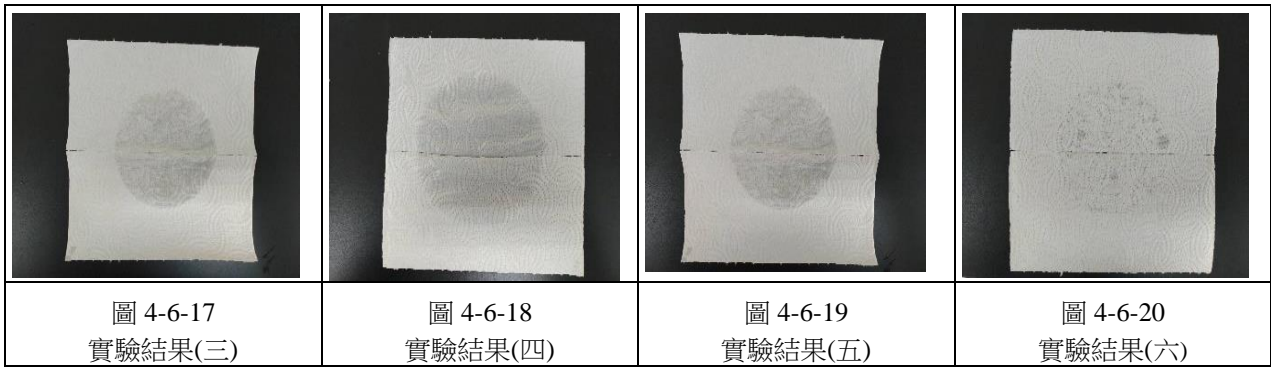


圖 4-6-17
實驗結果(三)

圖 4-6-18
實驗結果(四)

圖 4-6-19
實驗結果(五)

圖 4-6-20
實驗結果(六)

表 4-6-1 通道長度計算，單位：cm

通道內緣半徑	5.7 cm	8.7 cm	11.7 cm	14.7 cm	17.7cm
通道中心半徑 (內緣半徑 + 2.5 cm)	8.2 cm	11.2 cm	14.2 cm	17.2 cm	20.2 cm
圓形通道長度 (1/4 圓) (半徑 × 2 × 3.14 ÷ 4)	12.9 cm	17.6 cm	22.3 cm	27.0 cm	31.7 cm
總長度 (圓形通道長度 + 集水箱 20 cm)	32.9 cm	37.6 cm	42.3 cm	47.0 cm	51.7 cm

七、實驗三：進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係。

(一) 說明：以六種「管道長度」模擬進氣裝置測試氣水分離效果，「管道長度」為通道開口到餐巾紙的距離，水霧通過模擬進氣管道後，會被安裝在進氣管道末端的餐巾紙吸收，餐巾紙吸水後增加重量越少，代表氣水分離效果越好。

(二) 操作：同實驗二。

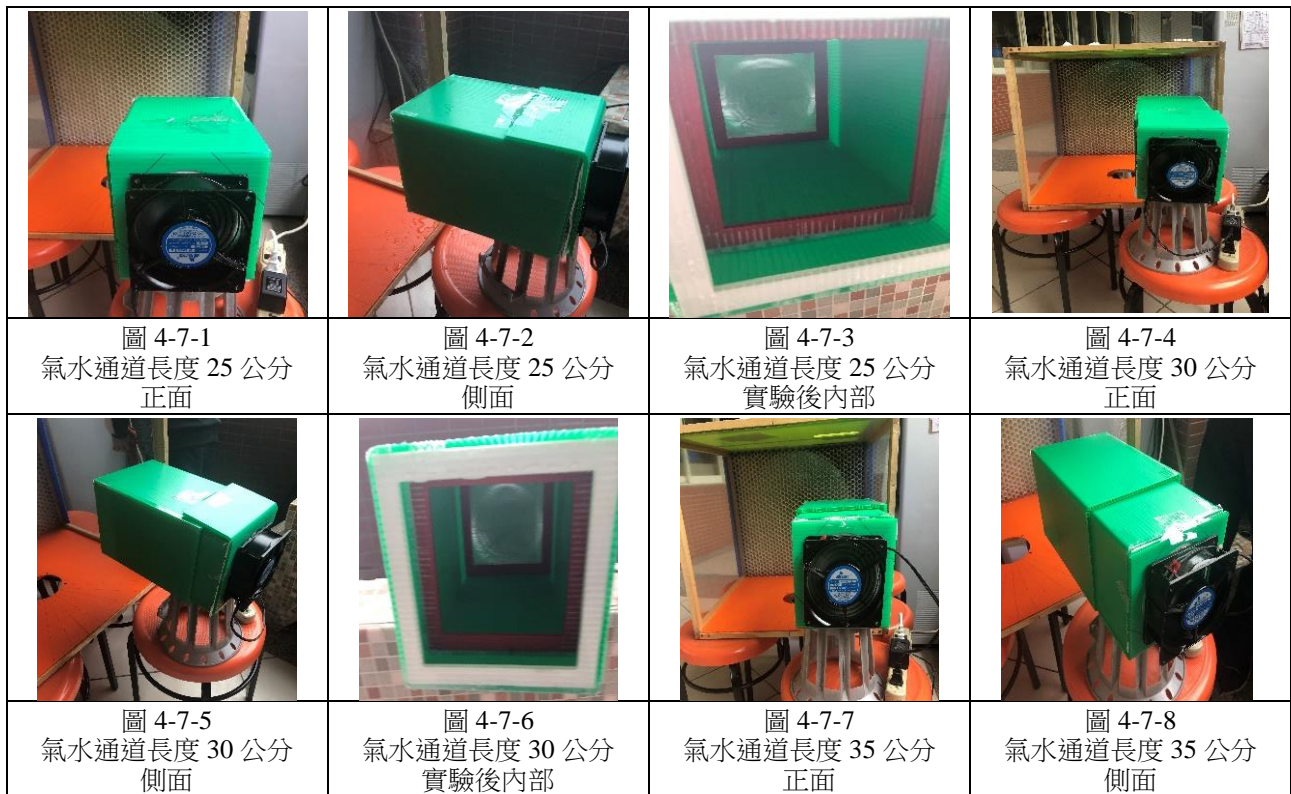


圖 4-7-1
氣水通道長度 25 公分
正面

圖 4-7-2
氣水通道長度 25 公分
側面

圖 4-7-3
氣水通道長度 25 公分
實驗後內部

圖 4-7-4
氣水通道長度 30 公分
正面



圖 4-7-5
氣水通道長度 30 公分
側面

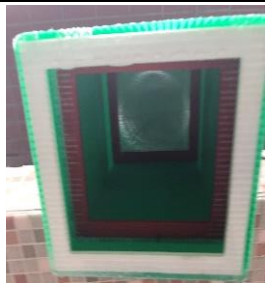


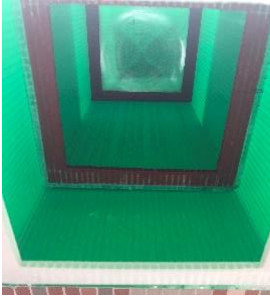
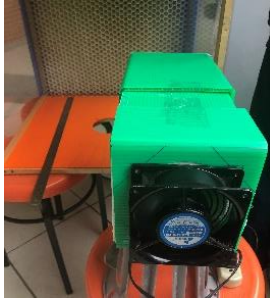




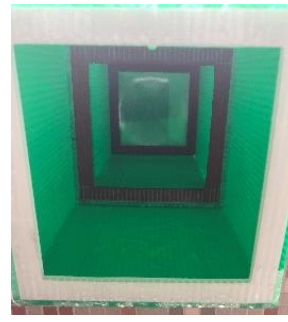





圖 4-7-6
氣水通道長度 30 公分
實驗後內部



圖 4-7-7
氣水通道長度 35 公分
正面







圖 4-7-8
氣水通道長度 35 公分
側面

			
圖 4-7-9 氣水通道長度 35 公分 實驗後內部	圖 4-7-10 氣水通道長度 40 公分 正面	圖 4-7-11 氣水通道長度 40 公分 側面	圖 4-7-12 氣水通道長度 40 公分 實驗後內部
			
圖 4-7-13 氣水通道長度 50 公分 正面	圖 4-7-14 氣水通道長度 50 公分 側面	圖 4-7-15 氣水通道長度 50 公分 實驗後內部	圖 4-7-16 實驗結果(一)
			
圖 4-7-17 實驗結果(二)	圖 4-7-18 實驗結果(三)	圖 4-7-19 實驗結果(四)	圖 4-7-20 實驗結果(五)

八、實驗四：圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係。

(一) 說明：通道入口位置「低、中、高」三種位置，通道出口位置「低、中、高」三種位置，共九種組合與氣水分離效果的關係。

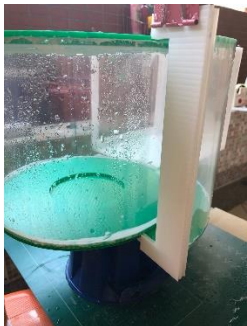



(二) 操作：同實驗二。

			
圖 4-8-1 進氣通道口「高」裝置	圖 4-8-2 進氣通道口「中」裝置	圖 4-8-3 進氣通道口「低」裝置	圖 4-8-4 用電子秤得到餐巾紙重量

九、實驗五：圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係。

(一) 說明：通道入口位置「內、外」兩種位置，通道出口位置「內、外」兩種位置，共四種組合與氣水分離效果的關係。

(二) 操作：同實驗二。


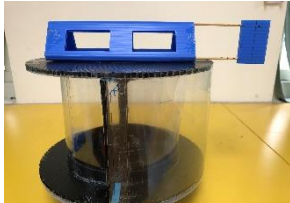
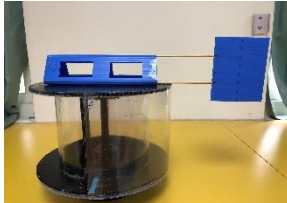
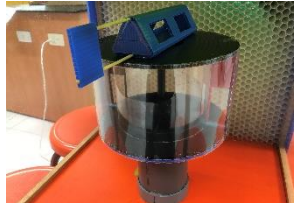
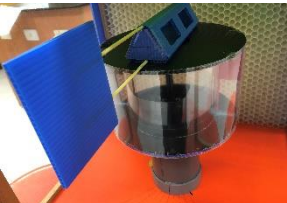
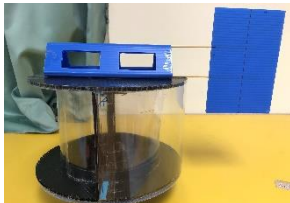
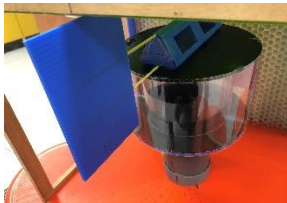

			
圖 4-9-1 進氣通道口「內」裝置	圖 4-9-2 進氣通道口「內」裝置通道內壁氣水分離效果	圖 4-9-3 進氣通道口「外」裝置	圖 4-9-4 進氣通道口「外」裝置通道內壁氣水分離效果

十、實驗六：鰭片安裝位置（鰭片中心離圓心距離）、面積與轉向風速的關係。

(一) 說明：研究鰭片安裝位置（15~25cm）、面積（24~216cm²）與轉向風速的關係，風速檔位越低，表示成品越容易在低風速面向風源，產生進氣效果。

(二) 操作：


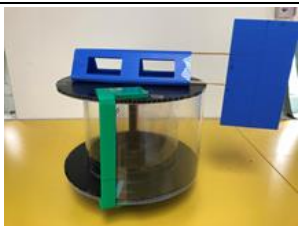

1. 依前項實驗所得製作進氣裝置。
2. 成品上方安裝可調整距離的鰭片座，在不同距離裝上不同面積鰭片後，啟動風扇前「防水進氣裝置」開口先轉到 90°位置，風洞風扇由最小風速開始增加，記錄能使成品能正對風向（與風源方向小於 10°）的最低風速（風速檔位）。

			
圖 4-10-1 拆下不銹鋼葉片，保留旋轉底座作為旋轉部件	圖 4-10-2 鰭片 6×4=24 平方公分 距離圓心 17cm	圖 4-10-3 鰭片 12×10=120 平方公分 距離圓心 21cm	圖 4-10-4 防水進氣裝置在風洞中轉動情形
			
圖 4-10-5 鰭片 12×10=120 平方公分 距離圓心 17cm 風洞中轉動情形	圖 4-10-6 鰭片 18×12=216 平方公分 距離圓心 17cm	圖 4-10-7 鰭片 18×12=216 平方公分 距離圓心 17cm 風洞中轉動情形	圖 4-10-8 「防水進氣裝置」開口先轉到 90°位置

十一、實驗七：「進氣開口外形」（風透鏡）與進氣效率的關係。

(一) 說明：以瓦楞板製作風透鏡裝在進氣裝置入口，測量風透鏡不同寬度及開口角度與進氣風速的關係。

(二) 操作：將寬 2cm、4cm、6cm 風透鏡，分別以水平方向 0°、15°、30°、45°、60°安裝於成品出入口上，將風速計設定於「AVG 平均模式」，探棒固定於煙囪內中央位置，開啟風扇後，等待 60 秒，當風速達到穩定後，以一分鐘內記錄風速計讀數顯示的最大與最小值，平均後作為此次實驗數據。

			
圖 4-11-1 三種風透鏡寬度	圖 4-11-2 合力完成透風鏡 的更換(一)	圖 4-11-3 合力完成透風鏡 的更換(二)	圖 4-11-4 為了角度的正確與便利 畫角度線
			
圖 4-11-5 寬 2cm 角度 30°正面	圖 4-11-6 寬 2cm 角度 30°側面	圖 4-11-7 寬 2cm 角度 45°正面	圖 4-11-8 寬 2cm 角度 45°側面
			
圖 4-11-9 寬 4cm 角度 0°正面	圖 4-11-10 寬 4cm 角度 0°側面	圖 4-11-11 寬 4cm 角度 60°正面	圖 4-11-12 寬 4cm 角度 60°側面
			
圖 4-11-13 寬 6cm 角度 0°正面	圖 4-11-14 寬 6cm 角度 0°側面	圖 4-11-15 寬 6cm 角度 45°正面	圖 4-11-16 寬 6cm 角度 45°側面

十二、實驗八：測試「防水進氣裝置」的防水與降低室內溫度效果。

(一) 說明：

- 1.在風洞中測試「防水進氣裝置」的防水效果。
- 2.將「防水進氣裝置」與通風球安裝在紙箱上，在陽光下模擬建築通風散熱情形。

(二) 操作：

- 1.將「防水進氣裝置」安裝在風洞內的模擬煙囪上，並在模擬煙囪底部加上餐巾紙及小型風扇。實驗開始時，啟動風扇加速，於防水進氣裝置開口前的上方以造霧機噴霧，分別等候 10 分鐘、20 分鐘、30 分鐘，再拆下餐巾紙秤重量。
- 2.將「防水進氣裝置」與通風球安裝在紙箱上（防水進氣裝置的箱內煙囪管開口較低，通風球安裝的煙囪管開口較高，紙箱四周低處開直徑 6 cm 圓孔，模擬建築物窗戶，如圖 4-12-8、4-12-9），與裝上兩個通風球（箱內煙囪管開口都在高處）的另一紙箱同置於操場陽光下。於紙箱長邊的二分之一，高度 1/4、2/4、3/4 位置各插入經過校正的溫度計，每 30 分鐘測量並記錄溫度一次，並比較二者箱內的溫度變化。



圖 4-12-1
煙囪底部加裝風扇



圖 4-12-2
開口內側附著水珠



圖 4-12-3
進氣裝置前側



圖 4-12-4
造霧機安裝在進氣開口前上方

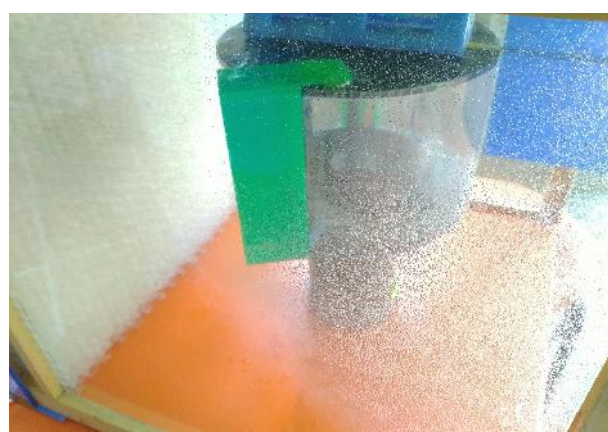


圖 4-12-5
風洞外觀觀察實驗情形

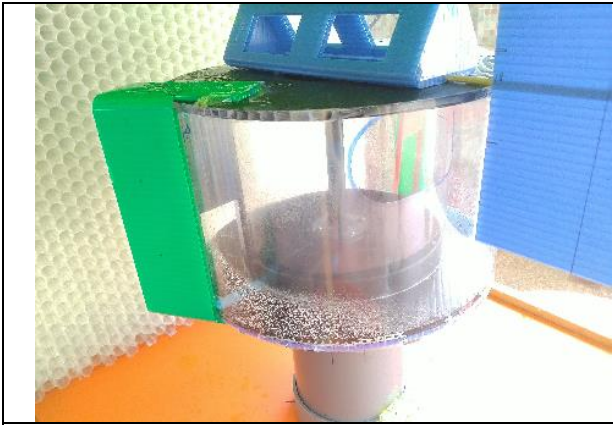


圖 4-12-6
通道開口內側附著水珠 (左)

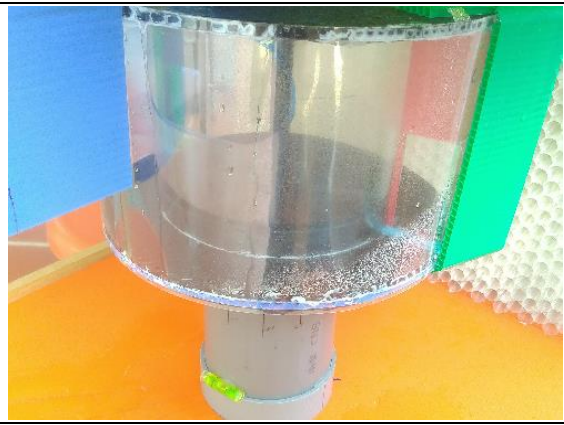


圖 4-12-7
通道開口內側附著水珠 (左)

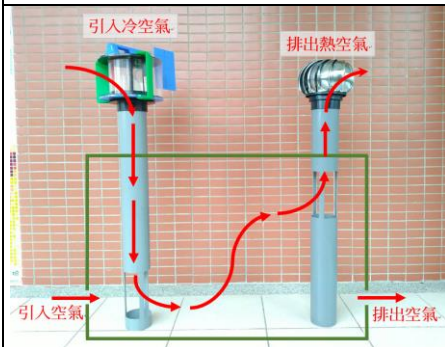


圖 4-12-8 「防水進氣裝置」與通風球安裝示意圖

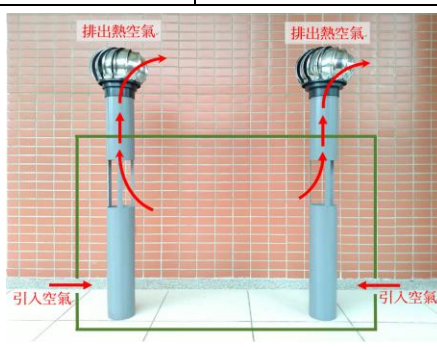


圖 4-12-9 通風球安裝示意圖

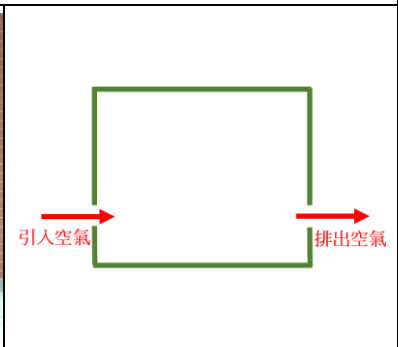


圖 4-12-10
建築物只開窗示意圖 (對照組)



圖 4-12-11
側面低中高位置放入溫度計



圖 4-12-12
合力張貼透明膠膜



圖 4-12-13
合力張貼透明膠膜



圖 4-12-14
安裝溫度計



圖 4-12-15
建築裝置進氣設備

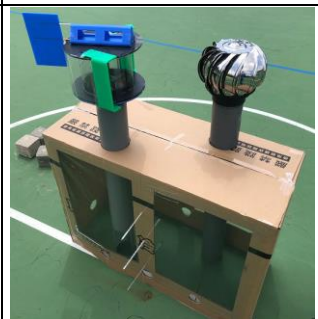


圖 4-12-16
實驗中(一)



圖 4-12-17
觀察並記錄溫度變化



圖 4-12-18
實驗中(二)

伍、研究結果

一、實驗一：不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係。

表 5-1-1 煙囪加裝彎頭時不同「對風向角度開口」的進氣風速，單位：m/s

與風源夾角 煙囪彎頭	正對風源 0°	與風源呈 15°	與風源呈 30°	與風源呈 45°	與風源呈 60°	與風源呈 75°	與風源呈 90°
煙囪 加 45°彎頭	1.120	0.930	0.430	-0.040	-0.220	-0.300	-0.410
煙囪 加 90°彎頭	1.240	0.835	0.495	0.260	0.035	-0.070	-0.435
與風源夾角 煙囪彎頭	與風源呈 105°	與風源呈 120°	與風源呈 135°	與風源呈 150°	與風源呈 165°	與風源呈 180°	
煙囪 加 45°彎頭	-0.590	-0.880	-0.920	-0.960	-1.010	-1.040	
煙囪 加 90°彎頭	-0.600	-0.880	-0.910	-0.945	-0.995	-1.015	
垂直煙囪	-0.535						

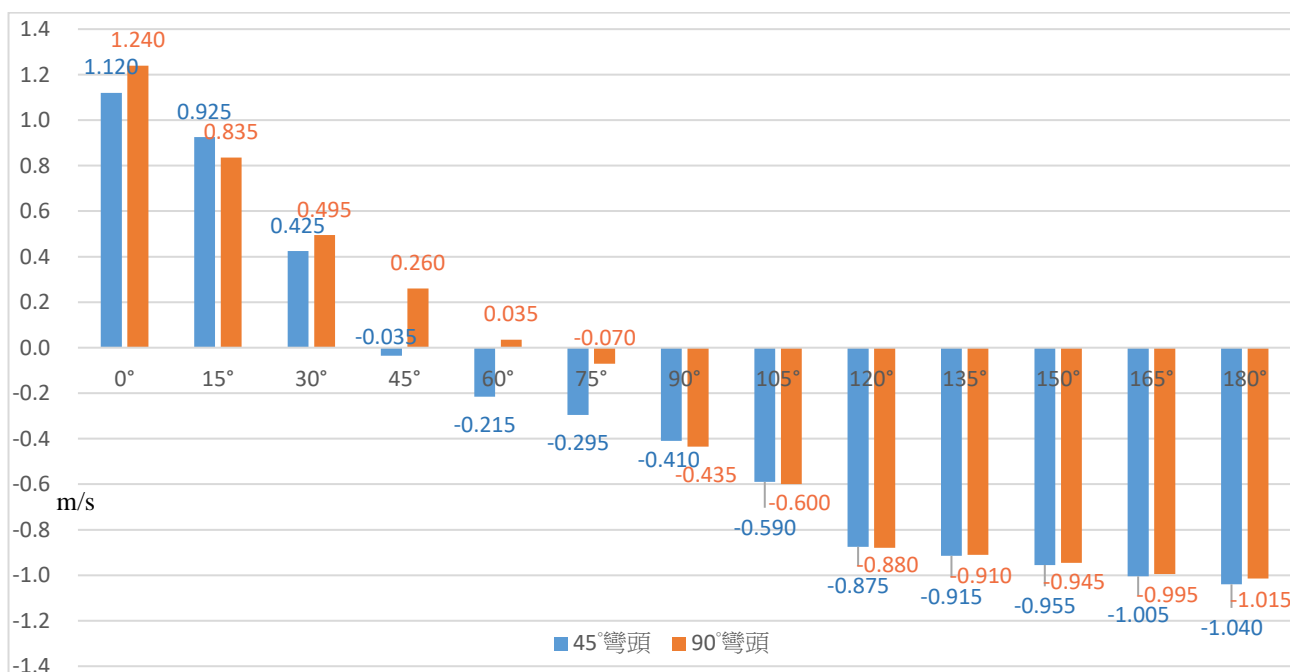


圖 5-1-1 煙囪加裝彎頭時不同「對風向角度開口」的進氣風速，單位：m/s

實驗討論：與風向角度較小的開口進氣的效果較好，角度越大效果越差，角度在 45-60°會由吸氣轉為排氣，我們發現朝向風的開口可以引進空氣，其中又以安裝 90°彎頭正對風源效果最好。

二、實驗二：圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係。

表 5-2-1 水霧通過不同「半徑」的圓形進氣通道時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克

時間 \ 半徑	5.7cm	8.7 cm	11.7 cm	14.7 cm	17.7 cm
1 分鐘	0.12	0.12	0.10	0.10	0.06
2 分鐘	0.22	0.20	0.18	0.16	0.12
3 分鐘	0.30	0.28	0.24	0.22	0.18

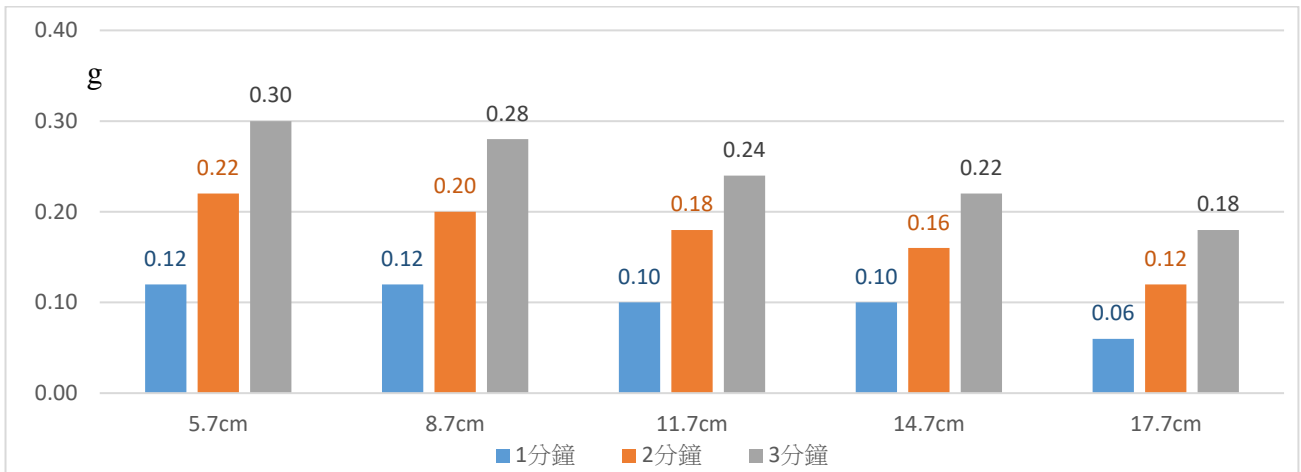


圖 5-2-1 水霧通過不同「半徑」的圓形進氣通道時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克

實驗討論：「半徑」越大的圓形進氣通道，餐巾紙吸水的重量越少，氣水分離效果越好。因為半徑增加，通道長度也增加了，所以通道長度可能也是影響氣水分離效果的變因，於是設計以通道「長度」為操縱變因，測試通道「長度」與氣水分離效果的關係。

三、實驗三：進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係。

表 5-3-1 水霧通過不同「長度」的直線進氣通道時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克

時間 \ 長度	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm
1 分鐘	0.30	0.24	0.2	0.16	0.12	0.08
2 分鐘	0.52	0.42	0.36	0.30	0.22	0.16
3 分鐘	0.66	0.56	0.48	0.40	0.30	0.22
4 分鐘	0.76	0.66	0.58	0.50	0.38	0.28
5 分鐘	0.82	0.74	0.66	0.58	0.44	0.34
6 分鐘	0.86	0.80	0.72	0.64	0.50	0.38
7 分鐘	0.88	0.84	0.76	0.68	0.54	0.42

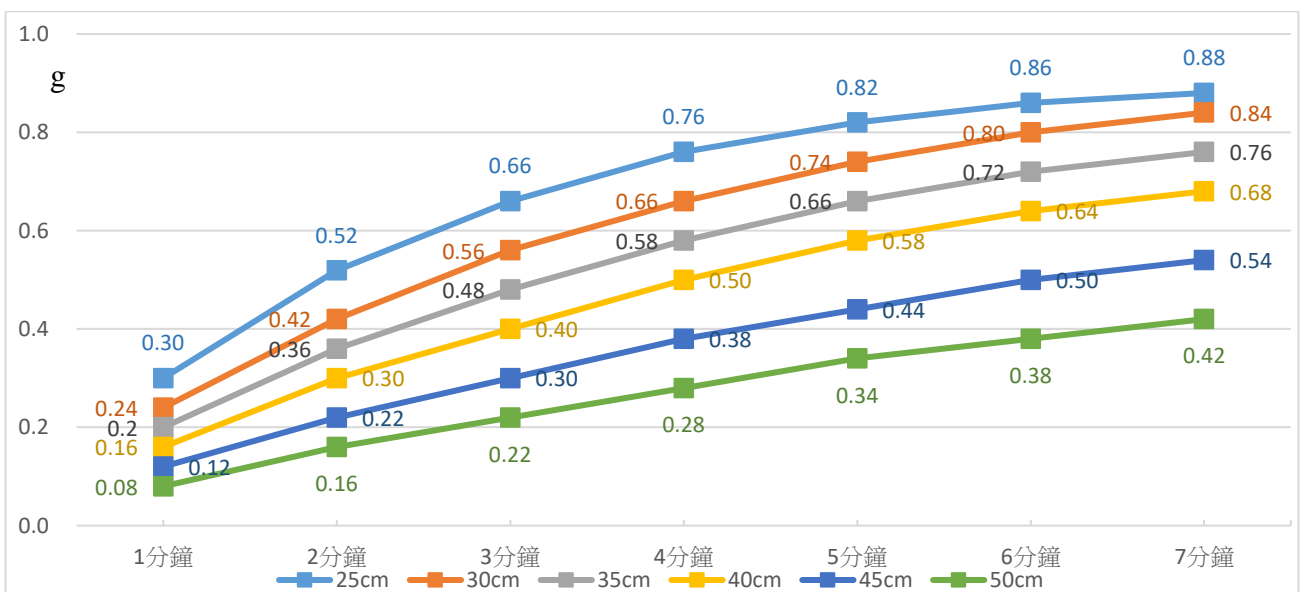


圖 5-3-1 水霧通過不同「長度」的直線進氣通道時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克

表 5-3-2 水霧通過不同進氣通道時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克

長度 時間	圓 31.7cm+ 直 20cm	直 50cm	圓 27.0cm+ 直 20cm	圓 22.3cm+ 直 20cm	直 45cm	圓 17.6cm+ 直 20cm	圓 12.9cm+ 直 20cm	直 40cm	直 35cm	直 30cm	直 25cm
1 分鐘	0.06	0.08	0.10	0.10	0.12	0.12	0.12	0.16	0.2	0.24	0.30

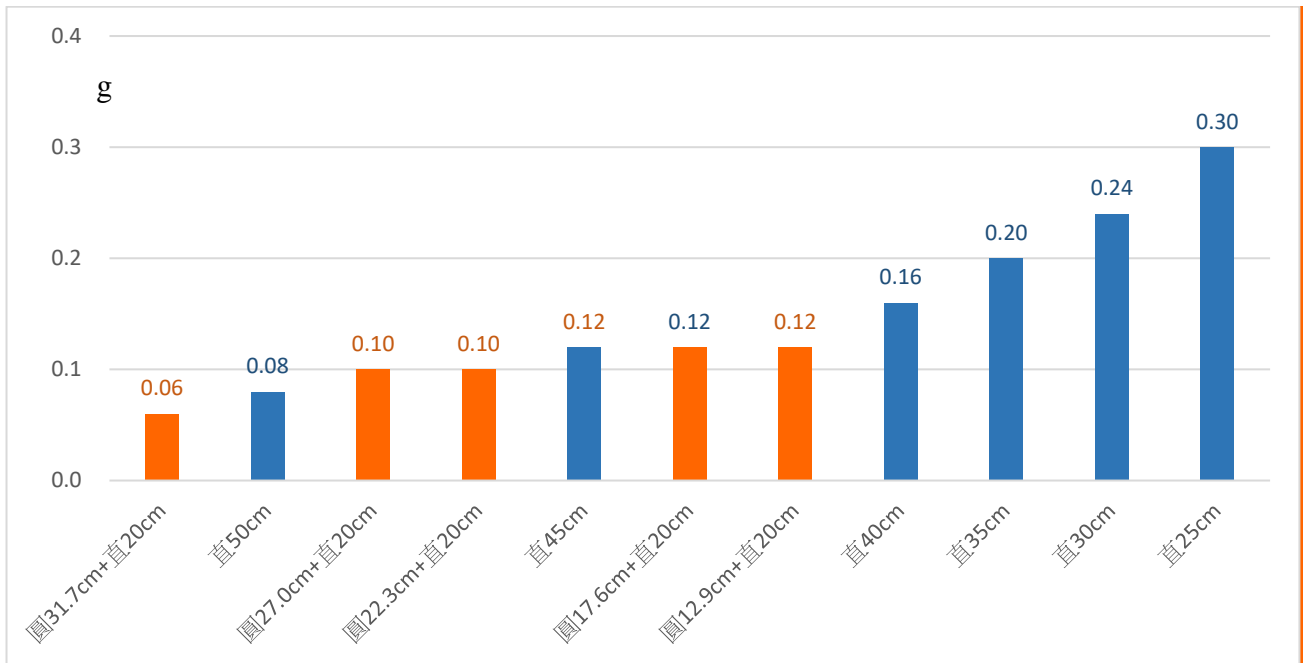


圖 5-3-2 水霧通過不同進氣通道時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克

實驗討論：一、通道「長度」越長氣水分離效果越好。

二、在圖 5-3-2 中，餐巾紙吸水重量比較，以「圓 22.3 cm + 直 20 cm」與「直 45 cm」、「圓 17.6 cm + 直 20 cm」與「直 40 cm」、「圓 12.9 cm + 直 20 cm」與「直 35 cm」兩兩比較來看，發現長度較「直線形」進氣通道稍短的「圓形 + 直線」進氣通道餐巾紙吸水量較少，可推測「圓形」進氣通道的氣水分離效果較「直線形」進氣通道好。（整理如表 5-3-3）

表 5-3-3 長度相近的「圓形+直線通道」與「直線通道」氣水分離效果比較，吸附水的重量越小效果越好

A 組	通道	直 45 cm	圓 22.3 cm + 直 20cm	差距
	吸水重量	0.12 g	0.10 g	0.02 g
B 組	通道	直 40 cm	圓 17.6 cm + 直 20 cm	差距
	吸水重量	0.16 g	0.12 g	0.04 g
C 組	通道	直 35 cm	圓 12.9 cm + 直 20 cm	差距
	吸水重量	0.20 g	0.12 g	0.08 g

三、由表 5-3-3 發現 A、B、C 三組圓形通道長度越短（半徑越小）與「直線形」通道氣水分離效果差距也越大，表示半徑越小的「圓形」通道效果越好。

四、由圖 5-3-1 得知餐巾紙吸水量多時，吸水重量提升速度減慢，推測是餐巾紙吸水後較不透氣，使風速降低有關。

四、實驗四：圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係。

表 5-4-1 水霧通過不同「出入口高低位置」時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克（5 分鐘）

出口 \ 入口	入口-低	入口-中	入口-高
出口-低	0.28	0.34	0.46
出口-中	0.10	0.24	0.34
出口-高	0.04	0.14	0.20

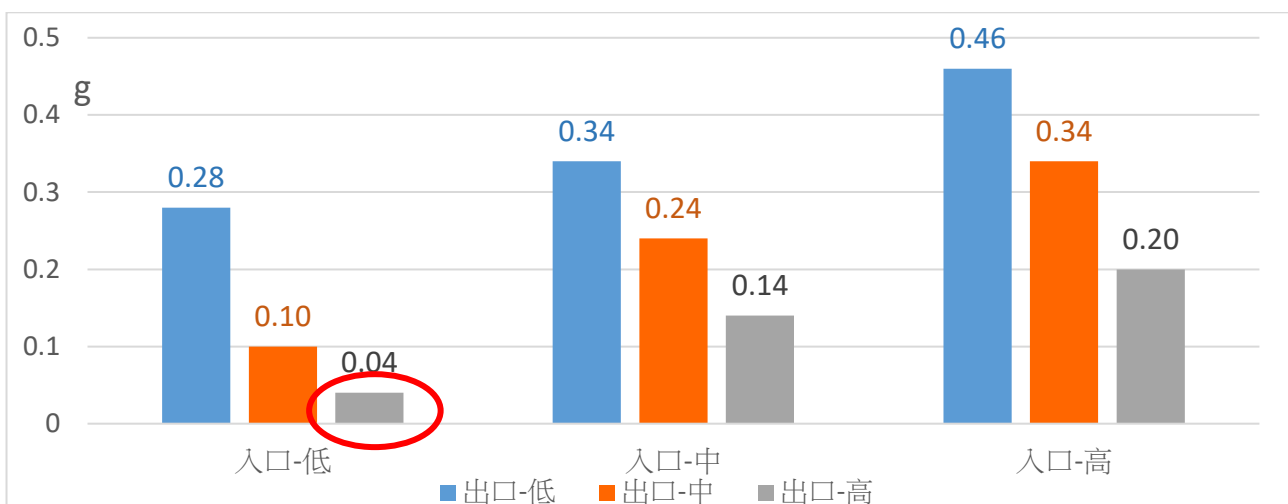


圖 5-4-1 水霧通過不同「出入口高低位置」時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克（5 分鐘）

實驗討論：進氣通道入口位置越低效果越好，進氣通道出口位置越高效果越好，所以製作成品時，可用「入口低、出口高」的方式增加氣水分離效果。

五、實驗五：圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係

表 5-5-1 水霧通過不同「出入口內外側位置」時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好（5 分鐘）

出口內外側 \ 入口內外側	入口-內側	入口-外側
出口-內側	0.22 g	0.14 g
出口-外側	0.30 g	0.26 g

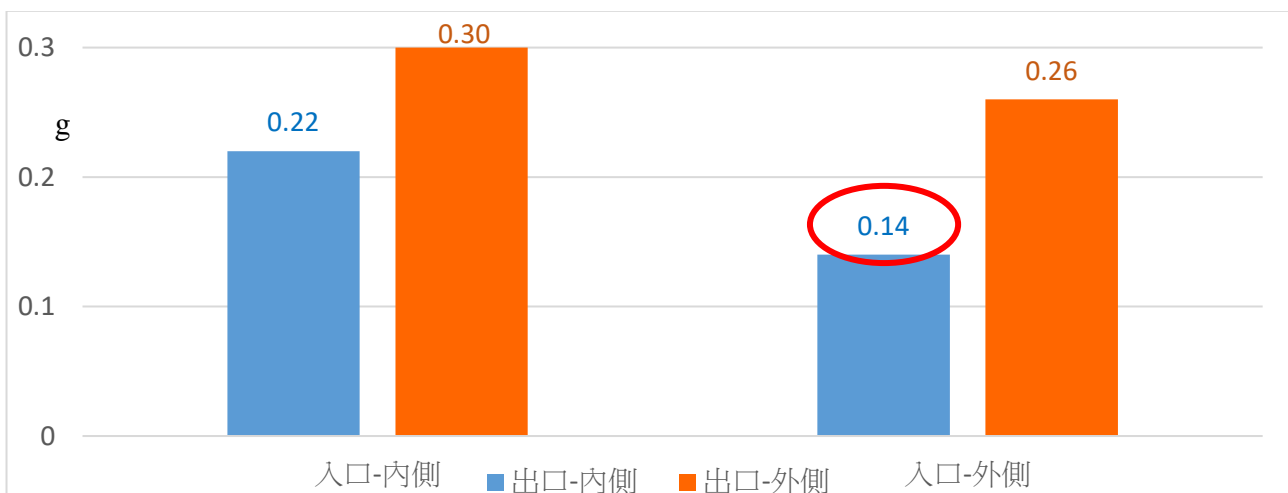


圖 5-5-1 水霧通過不同「出入口內外側位置」時的氣水分離效果，吸附水的重量越小效果越好，單位：公克

實驗討論：圓形進氣通道入口在外側時效果較好，圓形進氣通道出口在內側效果較好，所以製作成品時可用入口在外側、出口在內側的方式提升氣水分離效果。

六、實驗六：鰭片安裝位置（鰭片中心離圓心距離）、面積與轉向風速的關係。

表 5-6-1 不同鰭片安裝位置、面積的最小轉向風速檔位（進口面向風源，角度小於 10°）

離圓心位置 高×寬=面積	15cm	17cm	19cm	21cm	23cm	25cm
6 × 4=24 (cm ²)	7	7	6	5	4	4
6 × 8=48 (cm ²)		5	4	4	4	
6 × 12=72 (cm ²)			4	4		
12 × 6=72 (cm ²)	4	4	4	3	3	
12 × 8=96 (cm ²)		3	3	3	2	
12 × 10=120 (cm ²)			3	3	2	
12 × 12=144 (cm ²)			3	2		
18 × 8=144 (cm ²)			2	2	2	
18 × 10=180 (cm ²)			2	2	2	
18 × 12=216 (cm ²)			2	2		

實驗討論：以 6 × 4=24cm² 鰭片來看，離圓心距離越遠，轉向的風速檔越低；以 19cm 的離圓心位置來看，鰭片面積越大「防水進氣裝置」轉向的風速檔越低；鰭片離圓心距離越遠，面積愈大，受較小風力即可轉動。（電風扇風速檔位越大，表示風速越大）。

七、實驗七：研究「進氣口外形」與進氣風速的關係（風透鏡）

表 5-7-1 不同風透鏡寬度、角度與進氣風速的關係，單位：m/s。

開口角度 風透鏡寬度	0°	15°	30°	45°	60°
2 cm	0.775	0.820	0.855	0.865	0.840
4 cm	0.790	0.830	0.875	0.880	0.845
6 cm	0.810	0.840	0.900	0.890	0.840
不加風透鏡			0.735		

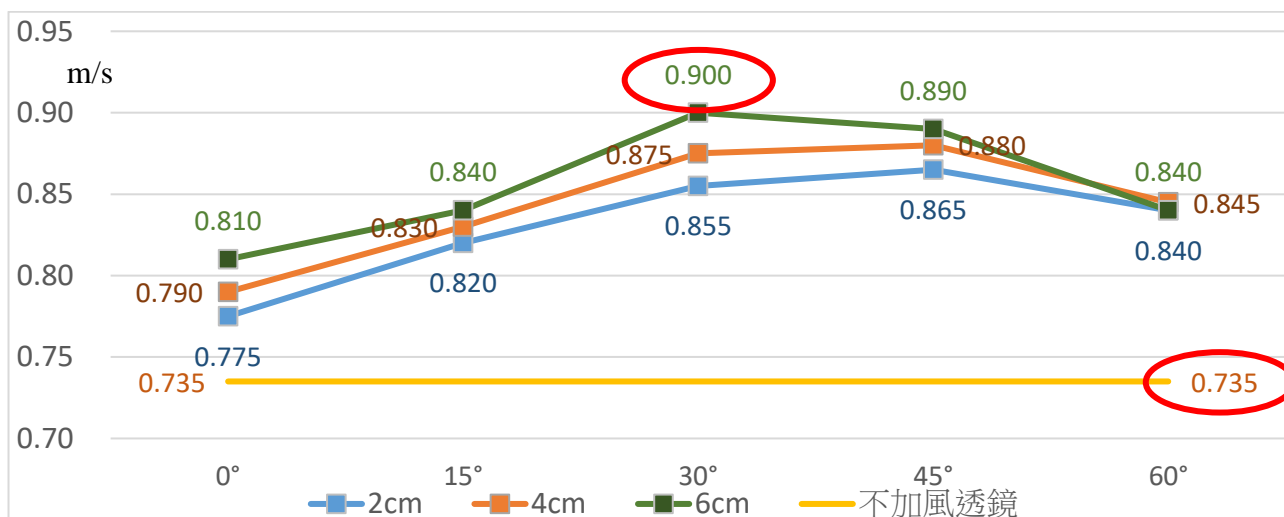


圖 5-7-1 不同風透鏡寬度、角度與進氣風速的關係，單位：m/s。

實驗討論：較寬的風透鏡對進氣速度提升效果較佳，安裝角度在 30°~45°會有較好的效果，6cm 寬、安裝角度 30°的風透鏡有最好的效果，可以提升 0.165m/s 的進氣風速，約 22.45%。

八、實驗八：測試進氣裝置防水及降低室內溫度效果

(一) 防水效果：

表 5-8-1 測試進氣裝置防水效果，餐巾紙增加重量越小效果越好，單位：公克

測試時間	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
餐巾紙增加重量	0.0 g	0.0 g	0.0 g

(二) 降低室內溫度：

表 5-8-2 模擬建築物安裝通風裝置在陽光下曝曬的溫度變化，單位：°C

時間	4 月 10 日			4 月 17 日			5 月 15 日			5 月 31 日		
	不加通風裝置 (A)	通風球× 2 (B)	進氣裝置 + 通風球 (C)	不加通風裝置 (A)	通風球× 2 (B)	進氣裝置 + 通風球 (C)	不加通風裝置 (A)	通風球× 2 (B)	進氣裝置 + 通風球 (B)	不加通風裝置 (A)	通風球× 2 (B)	進氣裝置 + 通風球 (C)
09:30	25.4	25.4	25.4	24.6	24.6	24.6	30.4	30.4	30.4	31.6	31.6	31.6
10:00	31.1	29.2	27.3	31.5	30.5	28.5	38.5	36.6	35.6	36.1	34.7	33.9
10:30	35.0	32.4	29.5	36.6	34.6	31.4	44.7	41.8	39.7	40.1	37.9	36.4
11:00	39.4	35.0	31.4	41.7	37.8	33.6	49.2	45.7	42.4	44.3	41.0	38.5
11:30	43.2	37.5	33.0	44.9	41.0	35.4	52.6	48.7	44.7	47.3	43.7	40.4
12:00	46.2	40.6	35.1	48.6	44.1	38.0	54.7	51.0	46.1	49.2	45.9	41.9
12:30	49.1	43.6	37.1	52.5	47.3	41.1	56.8	53.0	47.6	51.3	48.2	43.2
13:00	51.4	46.4	38.8	55.2	49.1	43.0	58.4	54.6	49.1	52.7	49.7	43.7
13:30	53.0	48.1	39.7	56.5	50.8	44.0	59.2	56.0	49.6	54.2	50.7	44.1
14:00	53.4	48.3	40.3	57.2	52.8	45.3	59.3	56.4	49.8	54.2	50.8	43.9
14:30	53.4	47.8	39.6	57.0	53.0	44.9	58.9	55.9	49.7	54.1	50.3	43.3
15:00	53.3	47.1	39.0	56.9	52.7	44.4	58.6	55.5	49.4	53.6	49.8	42.5

表 5-8-3 模擬建築物安裝通風裝置在陽光下曝曬的溫度變化，「不加通風裝置」、「安裝通風球」與「進氣裝置+通風球」溫差比較，單位：°C

時間	4 月 10 日		4 月 17 日		5 月 15 日		5 月 31 日	
	A - C	B - C	A - C	B - C	A - C	B - C	A - C	B - C
09:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	3.8	2.0	3.0	2.0	2.9	1.0	2.3	0.8
10:30	5.5	2.9	5.2	3.3	5.0	2.1	3.6	1.5
11:00	8.0	3.7	8.1	4.2	6.8	3.3	5.7	2.5
11:30	10.2	4.5	9.5	5.6	7.9	4.0	6.9	3.3
12:00	11.2	5.6	10.6	6.1	8.6	4.9	7.3	4.0
12:30	12.1	6.6	11.5	6.2	9.3	5.5	8.1	5.1
13:00	12.6	7.6	12.3	6.2	9.3	5.5	9.1	6.1
13:30	13.4	8.4	12.4	6.8	9.6	6.3	10.1	6.6
14:00	13.1	8.0	11.8	7.5	9.5	6.5	10.3	6.9
14:30	13.8	8.2	12.1	8.1	9.3	6.2	10.8	7.0
15:00	14.3	8.1	12.5	8.3	9.3	6.1	11.2	7.3

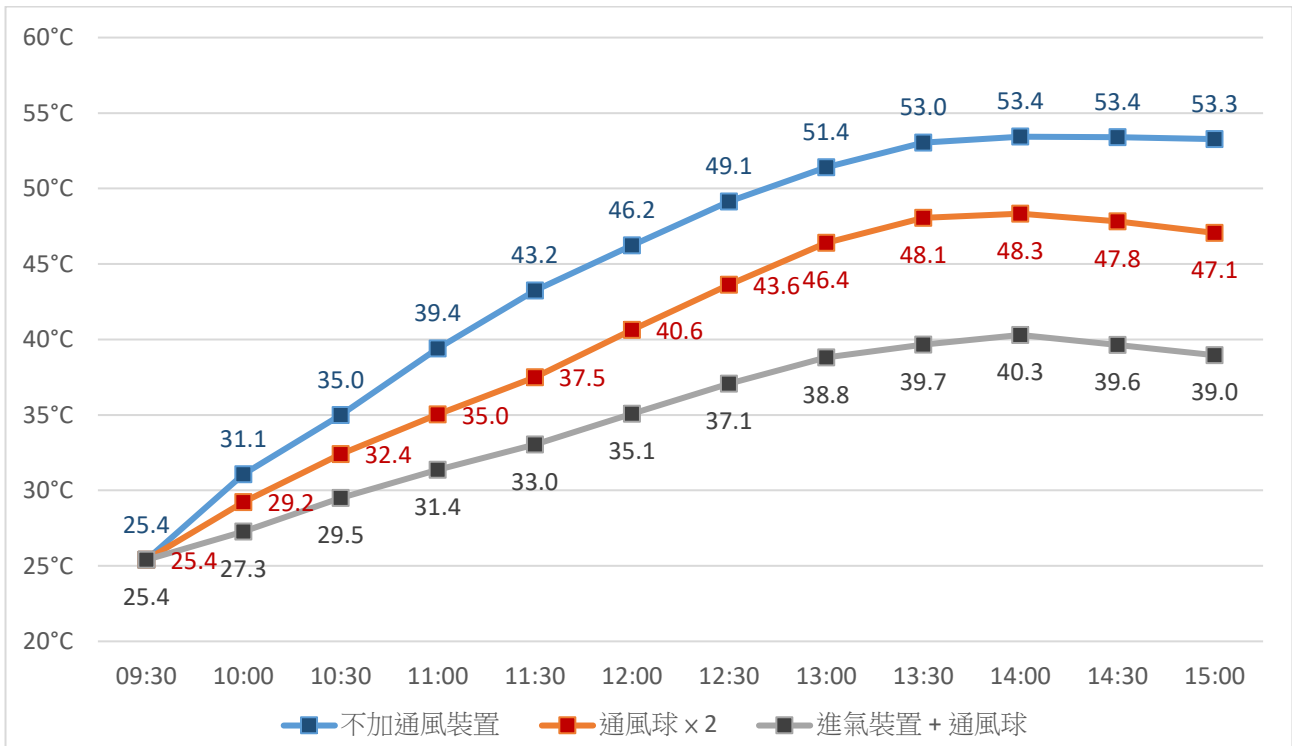


圖 5-8-1 戶外實測「防水進氣裝置」、「通風球」與「不加通風裝置」散熱比較，單位：°C (109.04.10)

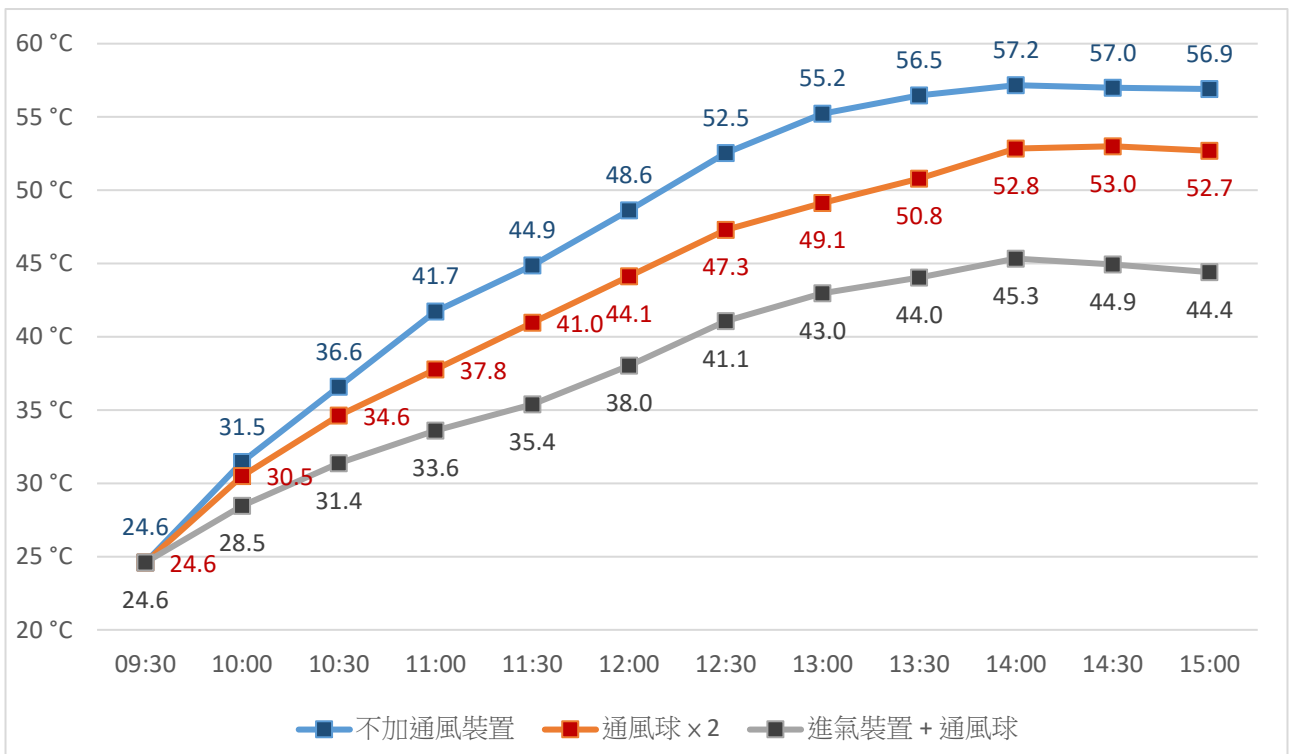


圖 5-8-2 戶外實測「防水進氣裝置」、「通風球」與「不加通風裝置」散熱比較，單位：°C (109.04.17)

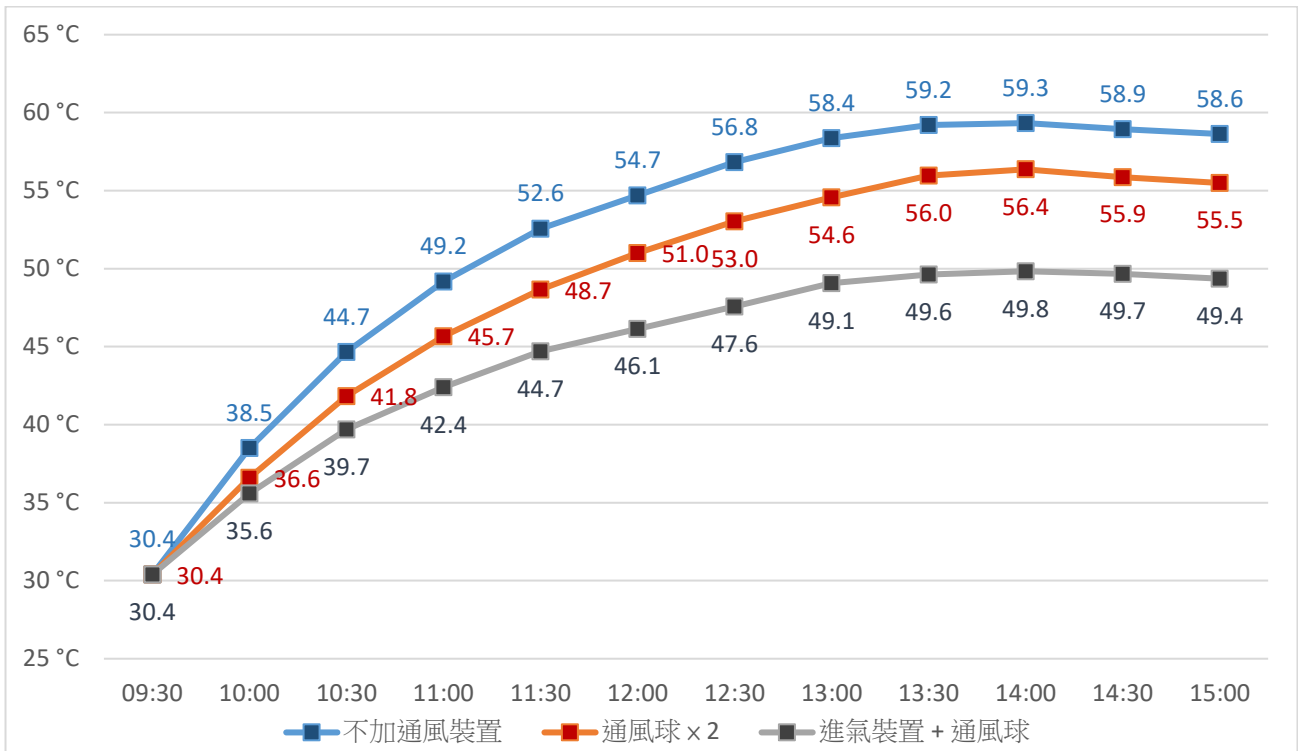


圖 5-8-3 戶外實測「防水進氣裝置」、「通風球」與「不加通風裝置」散熱比較，單位：°C (109.05.15)

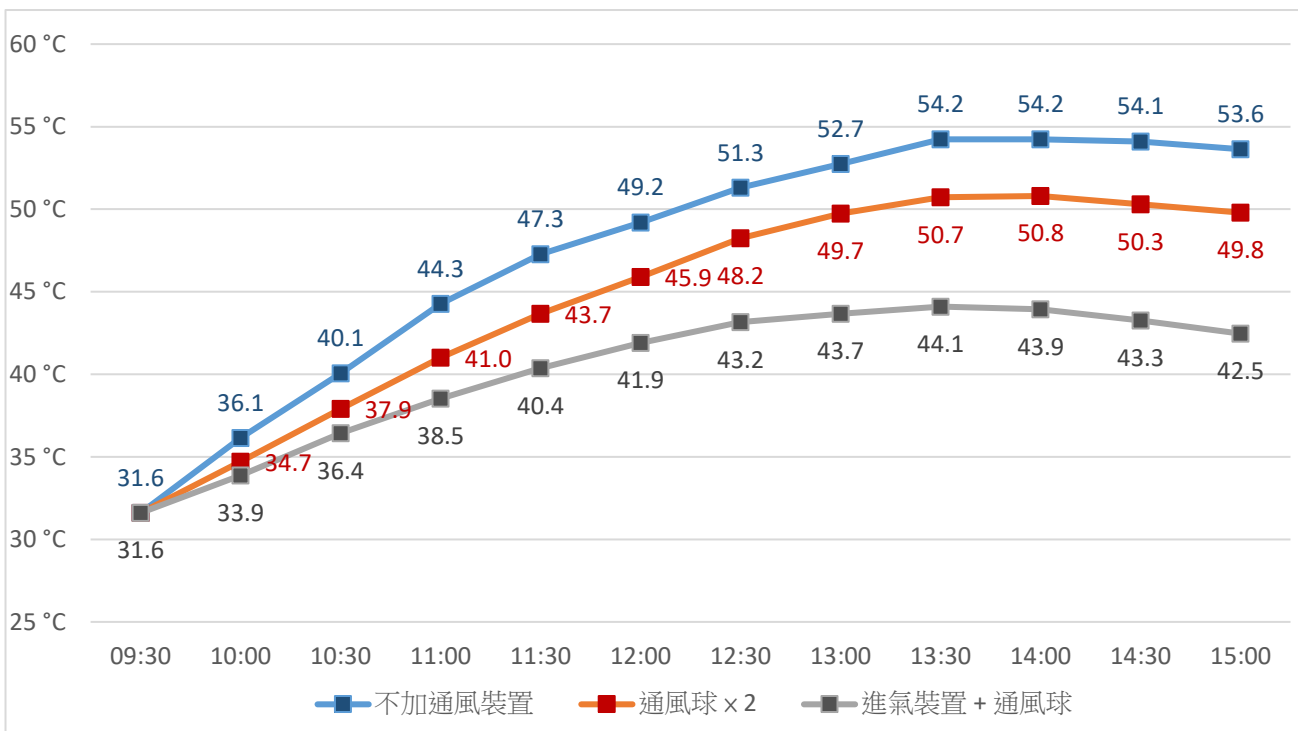


圖 5-8-4 戶外實測「防水進氣裝置」、「通風球」與「不加通風裝置」散熱比較，單位：°C (109.05.31)

實驗討論：一、實驗證實在電風扇最大風速時，防水進氣裝置在 30 分鐘內能阻擋水霧進入室內，表示防水進氣裝置在實驗條件下有良好的防水效果。

二、在晴天有風的條件下，安裝「防水進氣裝置」較安裝「通風球」、「不加通風裝置」與的紙箱較安裝兩個通風球的紙箱溫度更低，在 4 月 10 日「不加通風裝置」與「防水進氣裝置」最大溫差是 14.3°C，「通風球」與「防水進氣裝置」最大溫差為 8.4°C。

陸、結論

依照要將屋頂空氣引進室內的三項基本要求-「進氣效率高」、「防水效果好」、「能依風向轉動」，設計實驗，並找出合適的設計方式：

- 一、針對進氣效果做了實驗一，瞭解進氣開口要正對風源，可在進氣裝置後端安裝如氣象風力計尾翼的設計使進氣開口正對風向。
- 二、針對進氣裝置的防水需求，參考氣水分離器的二種方式，與進氣裝置的使用情形，以氣旋型設計裝置結構，再以吸附型的原理測試防水效果。發現進氣通道的半徑小、距離長，進氣入口位置低、出口高，進氣入口位置靠外側、出口位置靠內側時防水效果較好。
- 三、提供裝置轉向力矩的鰭片面積越大、距離圓心越遠，可以使裝置轉向的最低風速檔位越低，也就是能使裝置轉向的最低風速越小。
- 四、在裝置進氣口加上開口 60°角度、寬 6 cm 的風透鏡能提升進氣風速約 22.45%（風洞中，風速檔 7 時）。
- 五、實測「防水」及「進氣」效果：綜合實驗所得，拆開通風球扇葉，以通風球能旋轉的承軸支架改裝，製作「防水進氣裝置」，在風洞中進氣口前以造霧器噴霧，實測 10、20、30 分鐘，餐巾紙重量沒增加，代表防水進氣裝置的防水效果良好；並於 4 月 10 日、4 月 17 日、5 月 15 日、5 月 31 日四天將「防水進氣裝置」安裝在紙箱上，模擬建築物進行實測，分別測得「不加通風裝置」與「防水進氣裝置」最大溫差 14.3°C，「通風球」與「防水進氣裝置」最大溫差 8.4°C，效果顯著。

柒、參考資料及其他

一、參考資料

康軒文教集團，國民小學自然與生活科技三上/第一冊，康軒文教集團。

翰林出版事業（2019），國民小學自然與生活科技 3 上・翰林出版事業股份有限公司。

翰林出版事業（2019），國民小學自然與生活科技 3 下・翰林出版事業股份有限公司。

翰林出版事業（2019），國民小學自然與生活科技 4 上・翰林出版事業股份有限公司。

【Fun 科學】康達效應，取自：<https://www.youtube.com/watch?v=quUm5eBNfl4>。

氣溫垂直遞減率，維基百科，取自：<http://zh.wikipedia.org/wiki/氣溫垂直遞減率>。

飛機飛行的物理，取自：https://www.eduhk.hk/apfslt/v5_issue1/ngph/ngph2c.htm。

日本風透鏡風車曝光 發電量較傳統高 2 倍，新頭殼 Newtalk，取自：

<https://newtalk.tw/news/view/2015-06-25/61555>。

汽水分離器原理，汽水分離器原理-愛我窩，取自：

<https://www.imynest.com/content/88309.html>。

小巧的「風透鏡風車」可實現傳統小型風車 3 倍發電量，能源科技-SSKYN，取自：

<http://www.sskyn.com/thread-12450-1-1.html>。

狹管效應，百度百科，取自：<https://baike.baidu.com/item/狹管效應>。

避空污 住低樓還是高樓好？元氣網，取自：

<https://health.udn.com/health/story/5978/762754>。

沙塵暴，維基百科，取自：<https://zh.wikipedia.org/wiki/沙塵暴>。

【評語】 080113

本研究利用風力引進屋頂室外空氣來降低室內溫度，學生能自製風洞、氣管、進排氣裝置，並且控制各裝置或零件(鰭片)的方向、位置、管徑等變因，以探究降溫成效。雖然實驗結論大多為預期結果，但實驗設計完整，研究精神佳。不過從建築物上方引入空氣在實際生活中是否仍有顯著的降溫效果，值得再深入思考。

摘要

利用風力引進屋頂室外空氣降低室內溫度。將屋頂空氣引進室內有三項基本要求-「進氣效率高」、「防水效果好」、「能依風向轉動」，利用風洞與風速計測量「各種形狀的通風開口」、「對風向不同角度開口」的排吸氣速度，發現開口面對風向時進氣速度最快，找出進氣效率最佳的方向後，再以氣水分離器的離心原理設計能將空氣、雨水分離的的管道，加上能隨風向轉動的開口，完成能以 360 度風向防水進氣的裝置，經模擬實測結果，自製的防水進氣裝置，能至少在 30 分鐘內阻擋水霧進入室內，在有風的晴天時，最多能降低室內溫度 14.3°C（如實驗八數據）。

關鍵詞：寬德效應、氣水分離、風透鏡

壹、研究動機

台灣地處亞熱帶地區，夏季悶熱，空調耗能極大，利用自然風將熱空氣排出室外，引入較低溫空氣是低耗能、低成本的空調方式，常見屋頂換氣通風裝置皆為排氣功能，熱空氣自屋頂排出，並且自建築物其他較低位置引入空氣，但建築物上方氣溫低於接近地面的氣溫，且沙塵量較少，是更理想的引入空氣位置；於是我們著手研究能以 360 度風向進氣且能防水的裝置，希望能提供一個適合建築降溫的換氣選項。

貳、研究目的

由「對風向不同角度開口」，並設計加裝「不同風透鏡的進氣開口」，找出進氣效率最佳的方向及形狀；以離心機原理研究迴風通道「半徑」、「通道徑向寬度」、「開口相對高度」等變因的氣水分離效果，測量水霧隨風進入管道多寡，期待能設計出「進風效率高」、「防水效果好」、「能依風向轉動」的「進氣裝置」引進室外空氣降低室內溫度，減少空調設備使用。

一、研究如何能將屋頂空氣有效率的引入室內。

- (一) 實驗一：不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係
- (二) 實驗七：「進氣口外形」與進氣風速的關係（風透鏡）

二、研究如何將空氣和雨水分離。

- (一) 實驗二：圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係
- (二) 實驗三：進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係
- (三) 實驗四：圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係
- (四) 實驗五：圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係

三、研究如何使進氣開口隨風向改變。（力矩）

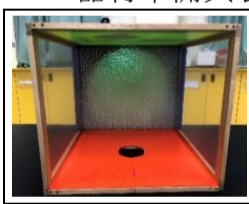



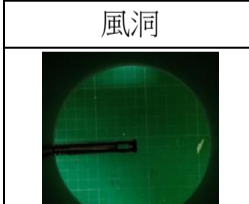
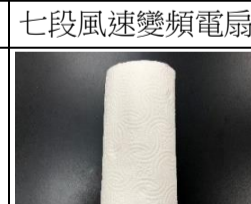

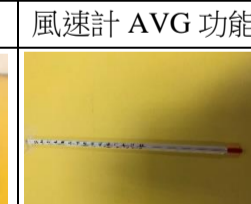
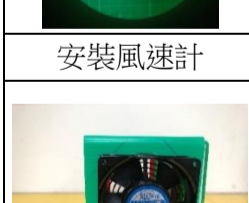
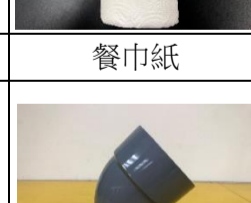







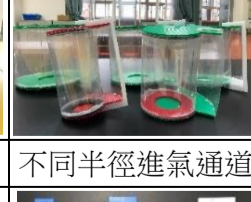
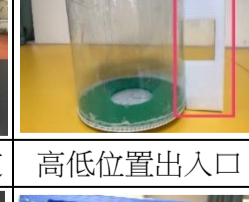
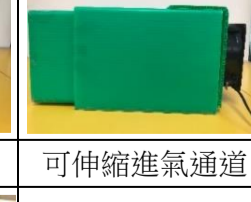
- (一) 實驗六：鱗片安裝位置、面積與轉向風速的關係

四、比較進氣裝置與通風球的效果。

- (一) 實驗八：測試防水進氣裝置的防水與降低室內溫度效果

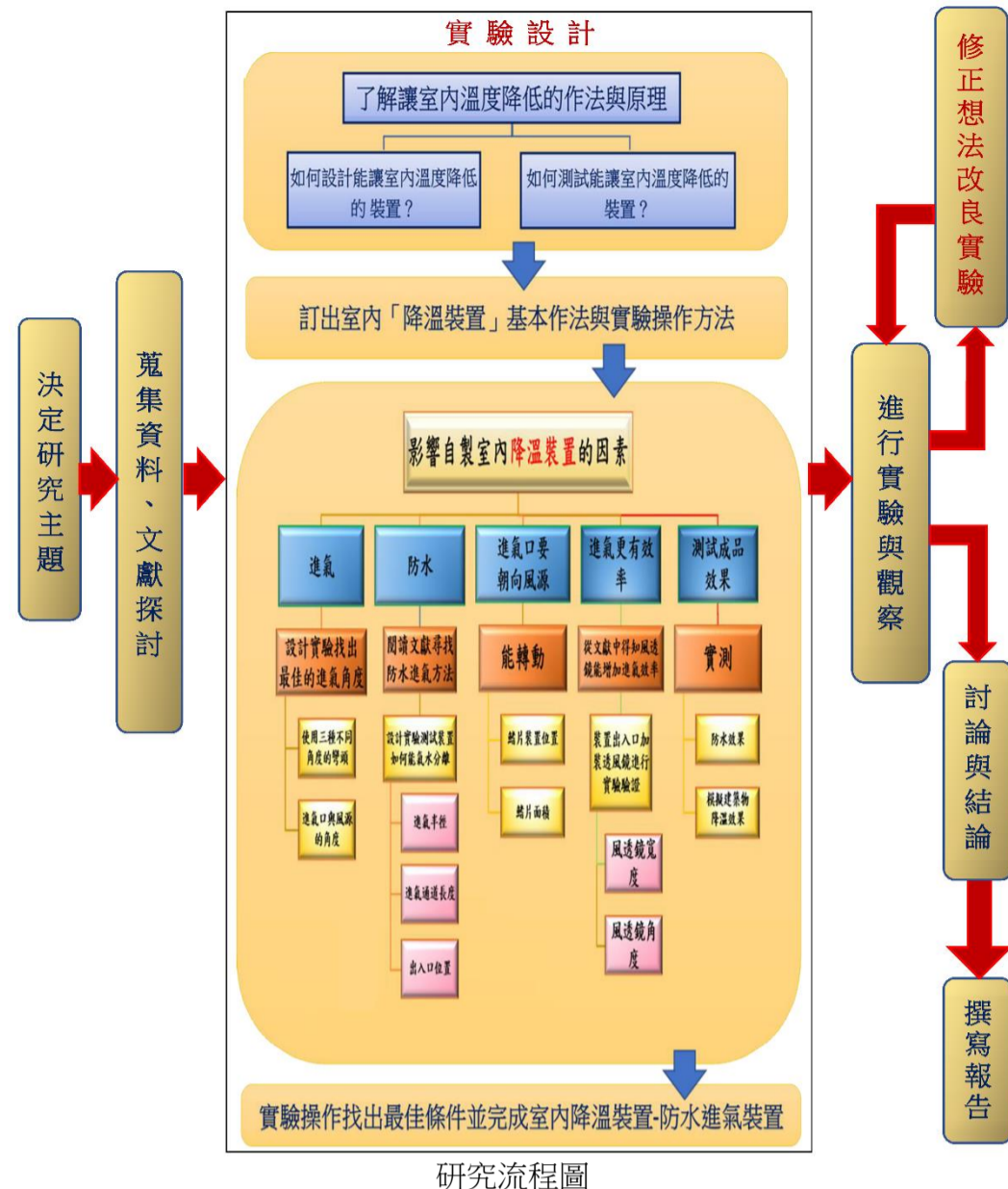
參、研究設備及器材

一、器材準備與製作：

			
風洞	七段風速變頻電扇	煙囪安裝水平儀	風速計 AVG 功能
			
安裝風速計	餐巾紙	電子秤	溫度計
			
小型吸風扇	45°角度彎管	90°角度彎管	長形塑膠管
			
通風球	不同半徑進氣通道	高低位置出入口	可伸縮進氣通道
			
可調整鱗片距離	十種面積鱗片	風透鏡可調角度	實驗器材

肆、研究過程及方法

一、研究流程



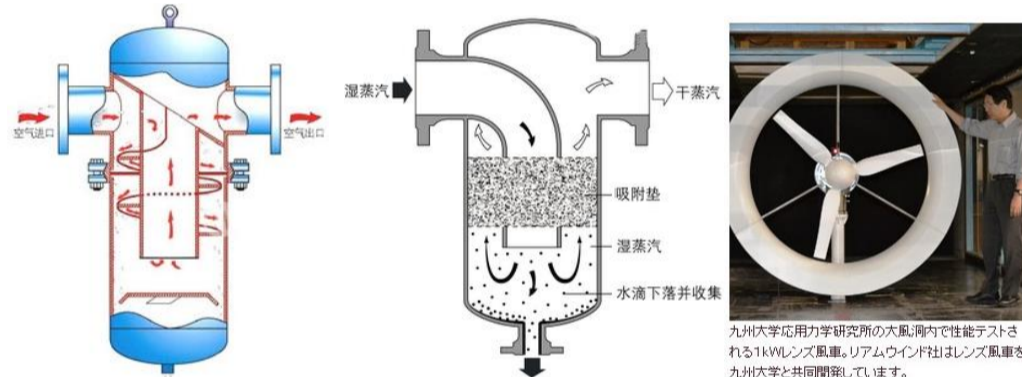
三、文獻探討

(一) 康達效應

利用康達效應可以設計進氣裝置，將室外空氣引進室內。

(二) 氣水分離

設計實驗研究如何能阻止水霧經過「進氣裝置」進入室內，以「氣旋型」的原理設計「防水進氣裝置」的構造，再以「吸附型」原理吸附水霧，檢測「進氣裝置」的氣水分離效果。



(三) 風透鏡

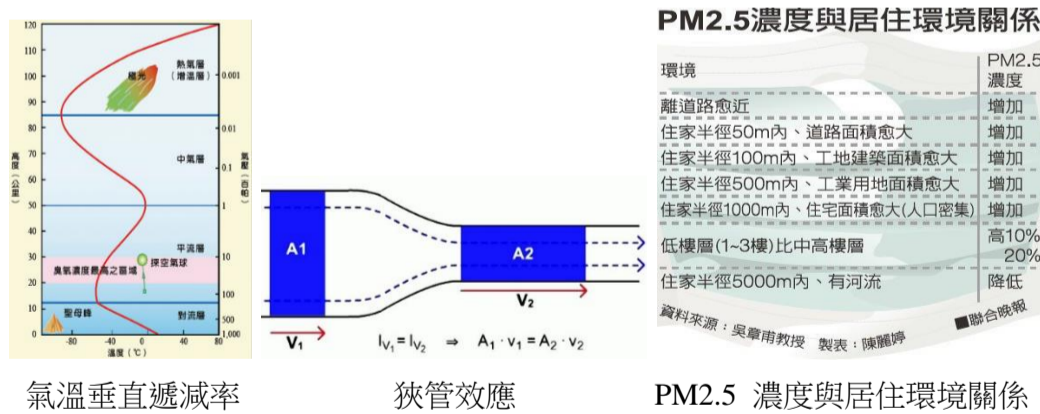
利用風透鏡可以增加風速的特性，可以嘗試將風透鏡裝在「進氣裝置」的入口，看看能否提升進氣的風速。

(四) 氣溫垂直遞減率（Lapse rate of temperature）：

氣溫會隨者高度上升而遞減，氣溫測量要在離地面 1.25~2 公尺的高度百葉箱中進行，也是因為地面的溫度較高。

(五) 狹管效應

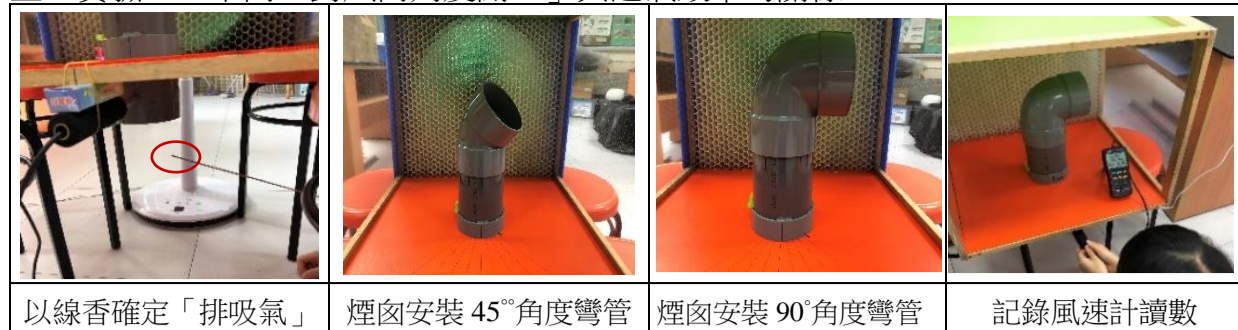
(六) 空氣污染、沙塵—高度



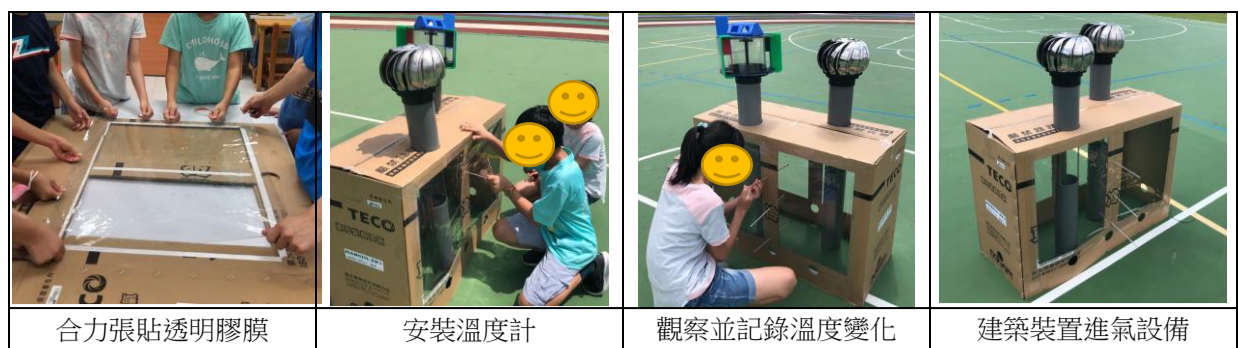
實驗內容表

實驗	實驗內容	操縱變因或實驗重點
一	不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係	測量不同開口與風向角度的進氣風速，風速越大代表效率越好。
二	圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係	測量不同半徑大小的進氣通道的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
三	進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係	測量不同進氣通道「長度」的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
四	圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係	測量不同進氣通道出入口「高低位置」的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
五	圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係	測量不同進氣通道出入口「內外側位置」的氣水分離效果，紙巾吸水後增加重量越多，代表效果越差。
六	鱗片安裝位置（鱗片中心離圓心距離）、面積與轉向風速的關係	測量各鱗片不同安裝位置、面積的最低轉向風速，最低轉向風速越小，代表裝置越容易面對風向。
七	「進氣口外形」與進氣風速的關係（風透鏡）	「進氣開口外形」（風透鏡）與進氣效率的關係，風速越大代表效率越好。
八	測試「防水進氣裝置」的防水與降低室內溫度效果	測試在風洞中進氣口前噴霧時的防水效果；將成品與通風球安裝在紙箱上，在陽光下模擬建築通風散熱情形。

五、實驗一：不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係。



以線香確定「排吸氣」 煙囪安裝 45° 角度彎管 煙囪安裝 90° 角度彎管 記錄風速計讀數



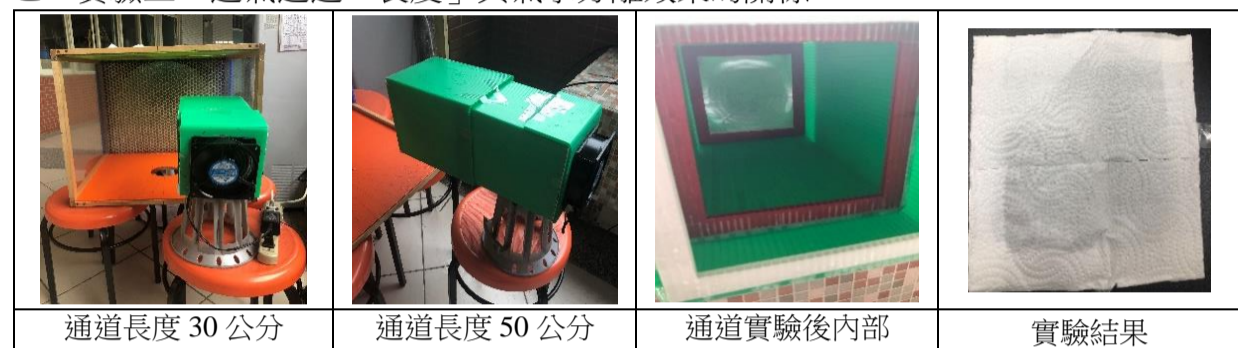
合力張貼透明膠膜 安裝溫度計 觀察並記錄溫度變化 建築裝置進氣設備

六、實驗二：圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係。



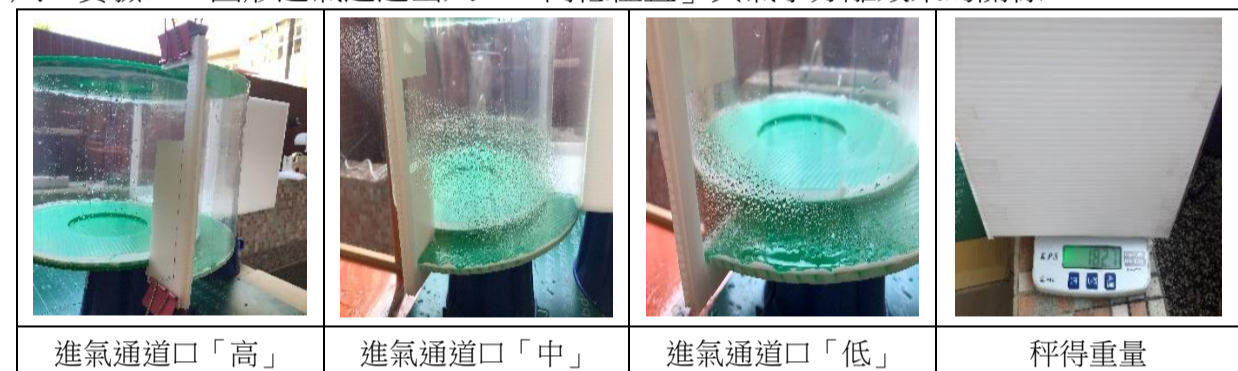
製作圓形進氣通道 合力製作圓形進氣通道 半徑 11.7cm 進氣通道 加裝吸氣風扇 加裝吸氣風扇 水霧進入通氣道狀況 製作水霧(側面) 實驗結果

七、實驗三：進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係。



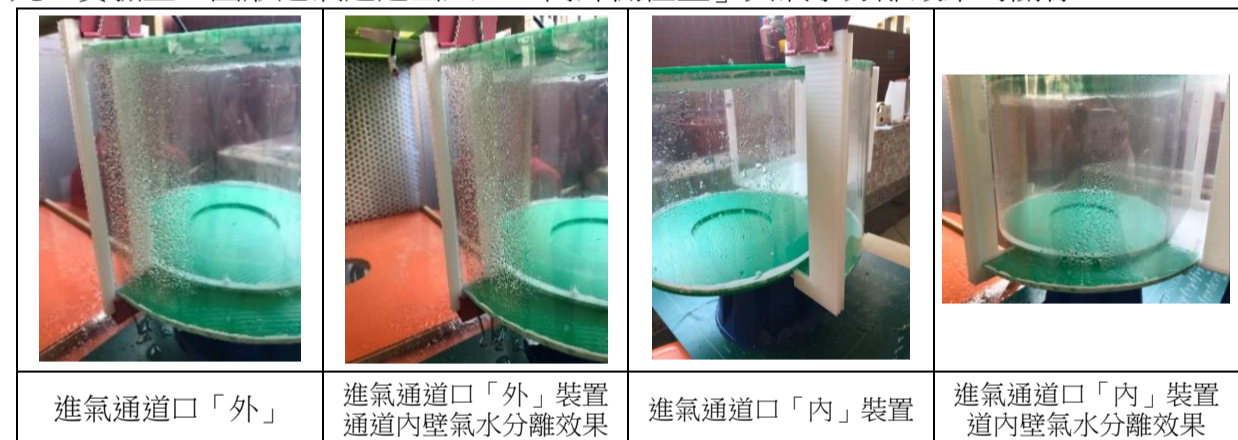
通道長度 30 公分 通道長度 50 公分 通道實驗後內部 實驗結果

八、實驗四：圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係。



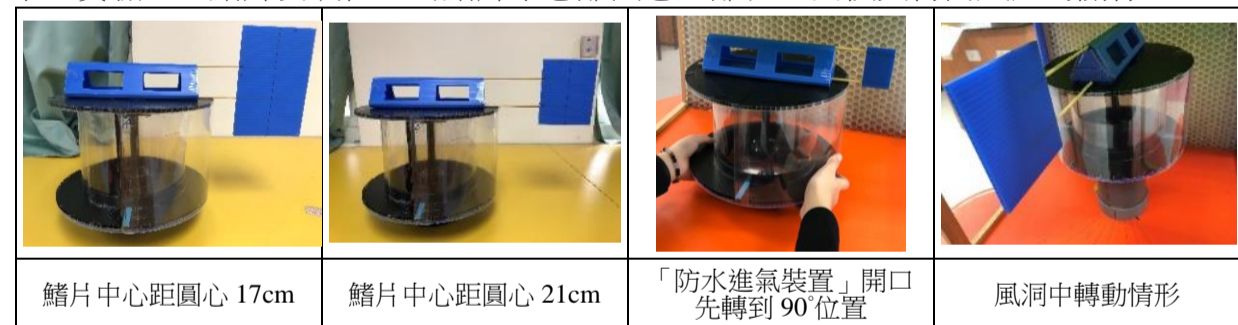
進氣通道口「高」 進氣通道口「中」 進氣通道口「低」 秤得重量

九、實驗五：圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係。



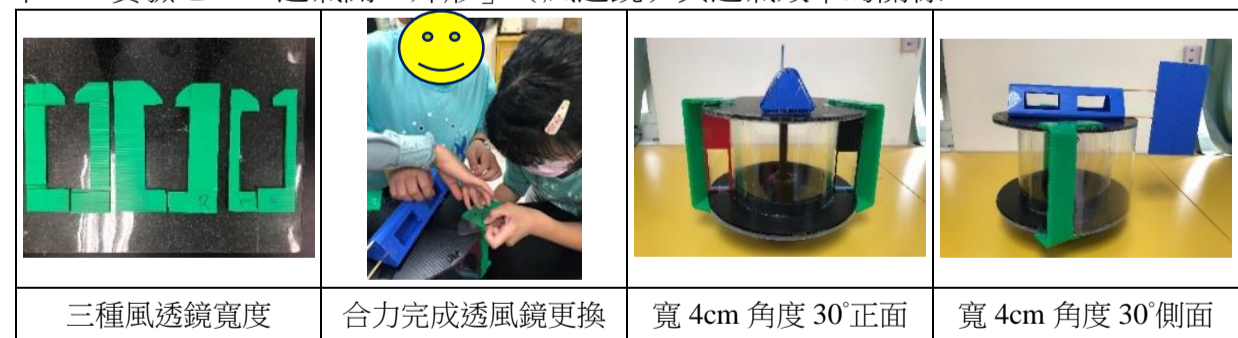
進氣通道口「外」 進氣通道口「外」裝置通道內壁氣水分離效果 進氣通道口「內」裝置 進氣通道口「內」裝置通道內壁氣水分離效果

十、實驗六：鱗片安裝位置（鱗片中心離圓心距離）、面積與轉向風速的關係。



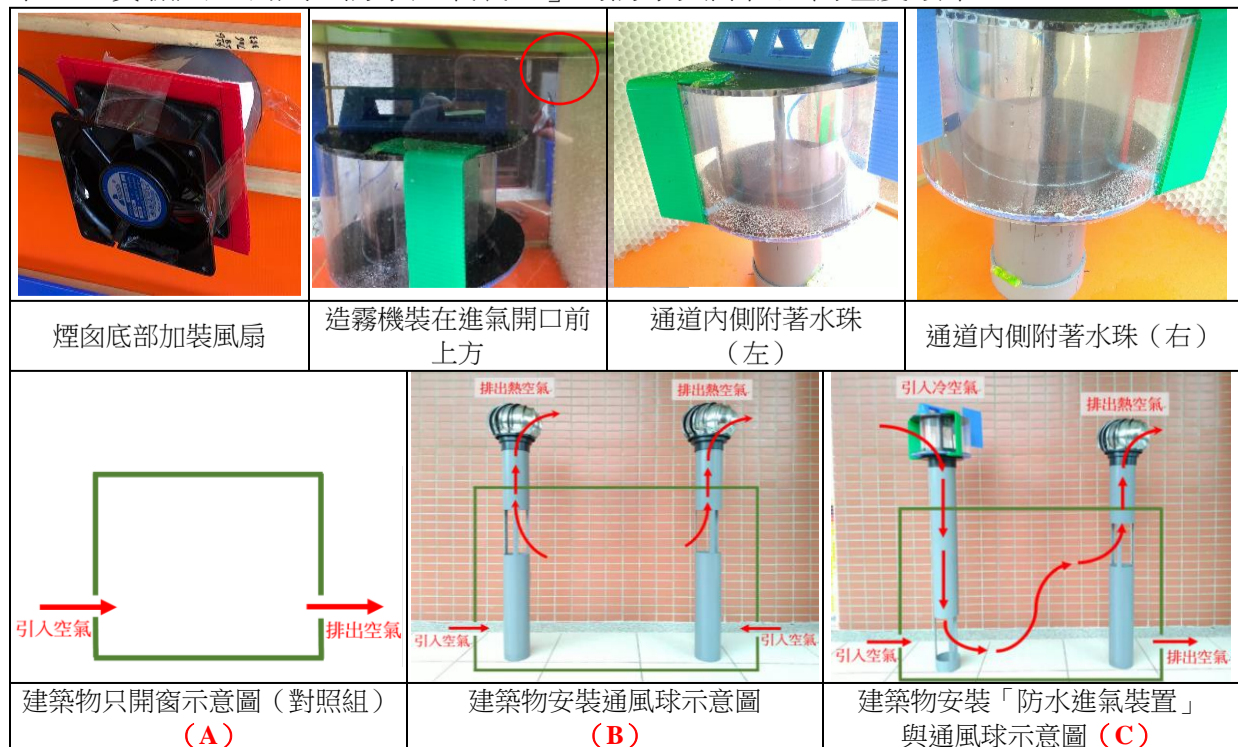
鱗片中心距圓心 17cm 鱗片中心距圓心 21cm 「防水進氣裝置」開口先轉到 90° 位置 風洞中轉動情形

十一、實驗七：「進氣開口外形」（風透鏡）與進氣效率的關係。



三種風透鏡寬度 合力完成透風鏡更換 寬 4cm 角度 30° 正面 寬 4cm 角度 30° 側面

十二、實驗八：測試「防水進氣裝置」的防水與降低室內溫度效果。



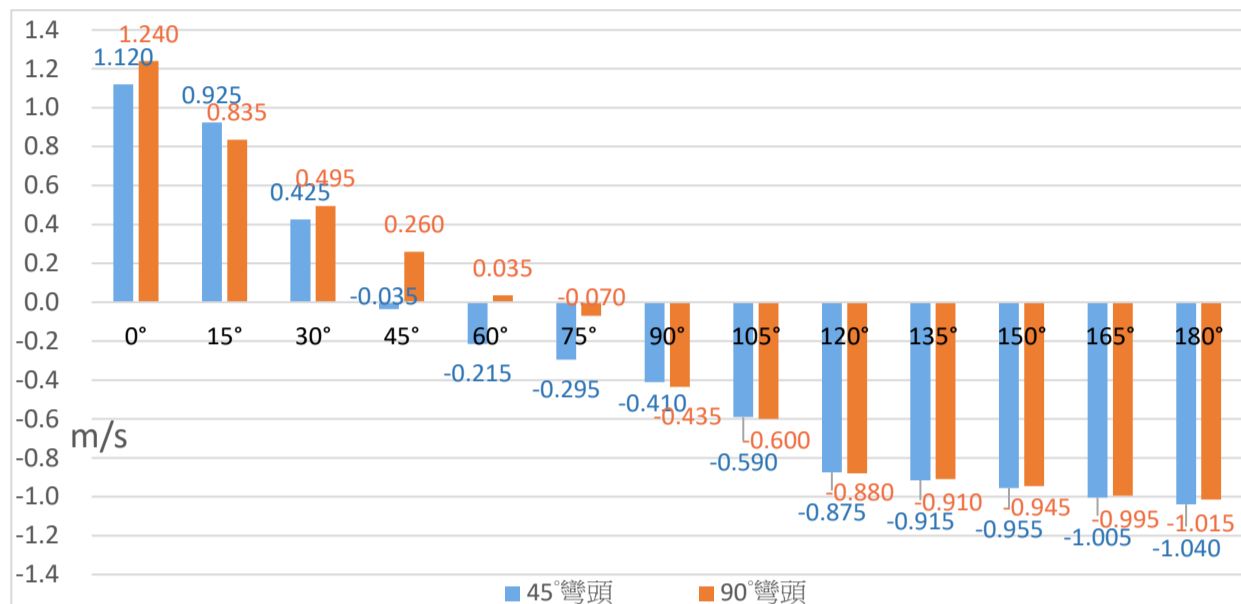
煙囪底部加裝風扇 造霧機裝在進氣開口前上方 通道內側附著水珠(左) 通道內側附著水珠(右) 建築物只開窗示意圖(對照組) 建築物安裝通風球示意圖 建築物安裝「防水進氣裝置」與通風球示意圖

伍、研究結果

一、實驗一：不同「對風向角度開口」與進氣效率的關係。

煙囪加裝彎頭時不同「對風向角度開口」的進氣風速，單位：m/s（負值為排氣）

	正對風源 0°	與風源呈 15°	與風源呈 30°	與風源呈 45°	與風源呈 60°	與風源呈 75°	與風源呈 90°
45°彎頭	1.120	0.930	0.430	-0.040	-0.220	-0.300	-0.410
90°彎頭	1.240	0.835	0.495	0.260	0.035	-0.070	-0.435
	與風源呈 105°	與風源呈 120°	與風源呈 135°	與風源呈 150°	與風源呈 165°	與風源呈 180°	
45°彎頭	-0.590	-0.880	-0.920	-0.960	-1.010	-1.040	
90°彎頭	-0.600	-0.880	-0.910	-0.945	-0.995	-1.015	
垂直煙囪				-0.535			



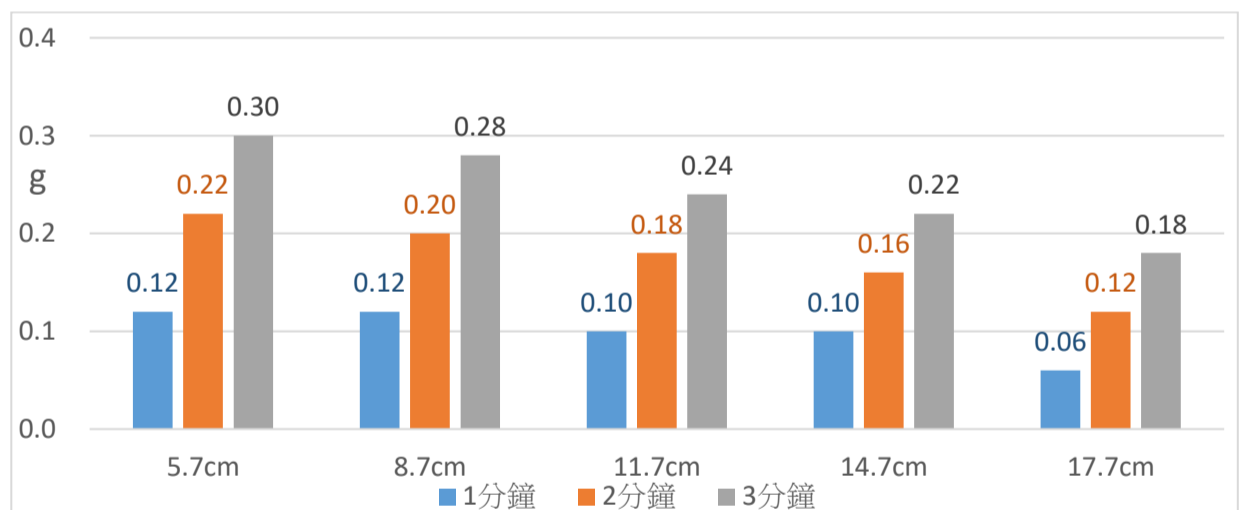
煙囪加裝彎頭時不同「對風向角度開口」的進氣風速，單位：m/s

實驗討論：與風向角度較小的開口進氣的效果較好，角度越大效果越差，角度在 45-60°會由吸氣轉為排氣，我們發現朝向風的開口可以引進空氣，其中又以安裝 90°彎頭正對風源效果最好。

二、實驗二：圓形進氣通道「半徑」與氣水分離效果的關係

水霧通過不同「半徑」的圓形進氣通道時的氣水分離效果，重量越小效果越好，單位：公克

時間 \ 半徑	5.7cm	8.7 cm	11.7 cm	14.7 cm	17.7 cm
1 分鐘	0.12	0.12	0.10	0.10	0.06
2 分鐘	0.22	0.20	0.18	0.16	0.12
3 分鐘	0.30	0.28	0.24	0.22	0.18



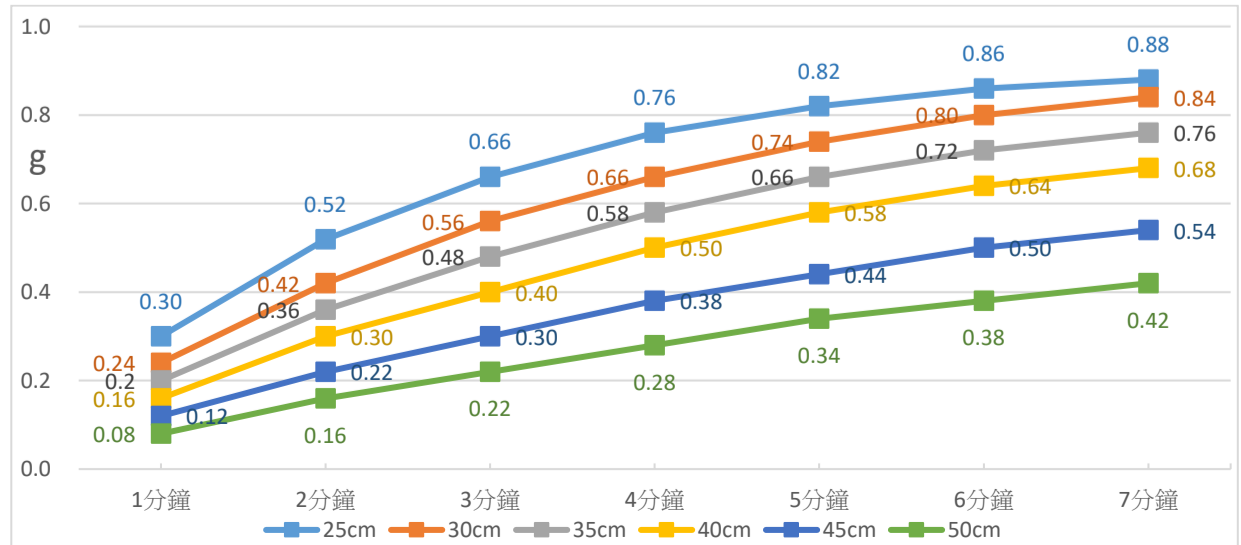
水霧通過不同「半徑」的圓形進氣通道時的氣水分離效果，重量越小效果越好，單位：公克

實驗討論：「半徑」越大的圓形進氣通道，餐巾紙吸水的重量越少，氣水分離效果越好，因為半徑增加，通道長度也增加了，通道長度可能也是影響氣水分離效果的變因，應該單獨以通道「長度」為變因，測試通道「長度」與氣水分離效果的關係。

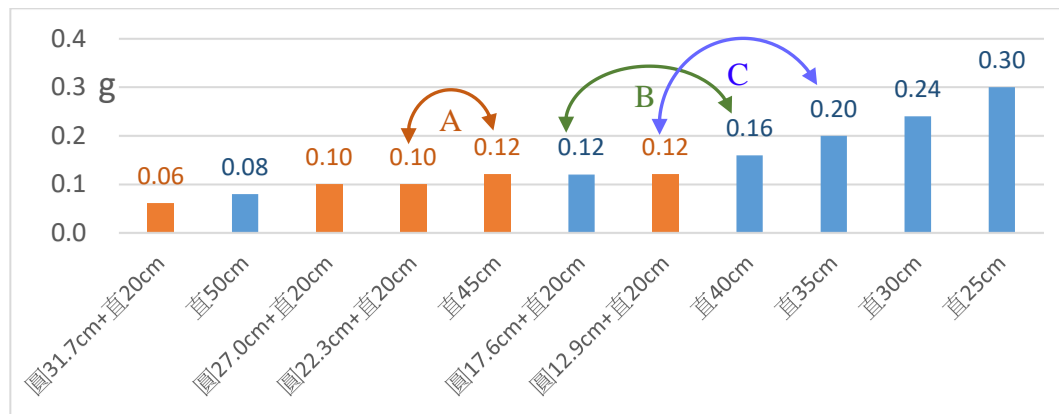
三、實驗三：進氣通道「長度」與氣水分離效果的關係。

水霧通過不同「長度」的直線進氣通道時的氣水分離效果，重量越小效果越好，單位：公克

時間 \ 長度	25cm	30cm	35cm	40cm	45cm	50cm
1 分鐘	0.30	0.24	0.20	0.16	0.12	0.08
2 分鐘	0.52	0.42	0.36	0.30	0.22	0.16
3 分鐘	0.66	0.56	0.48	0.40	0.30	0.22
4 分鐘	0.76	0.66	0.58	0.50	0.38	0.28
5 分鐘	0.82	0.74	0.66	0.58	0.44	0.34
6 分鐘	0.86	0.80	0.72	0.64	0.50	0.38
7 分鐘	0.88	0.84	0.76	0.68	0.54	0.42



水霧通過不同「長度」的直線進氣通道時的氣水分離效果，重量越小效果越好，單位：公克



水霧通過不同進氣通道時的氣水分離效果，重量越小效果越好，單位：公克（一分鐘）

實驗討論：

- (一) 通道「長度」越長氣水分離效果越好。
- (二) 上圖中，餐巾紙吸水重量比較，以「圓 22.3 cm + 直 20 cm」與「直 45 cm」、「圓 17.6 cm + 直 20 cm」與「直 40 cm」、「圓 12.9 cm + 直 20 cm」與「直 35 cm」兩兩比較，長度較「直線形」進氣通道稍短的「圓形+直線」進氣通道餐巾紙吸水量較少，推測「圓形」進氣通道的氣水分離效果較「直線形」進氣通道好。（整理如下表）

長度相近的「圓形+直線通道」與「直線通道」氣水分離效果比較

組別	通道	直線通道	圓形+直線通道	差距
A 組	通道	直 45 cm	圓 22.3 cm + 直 20cm	
	吸水重量	0.12 g	0.10 g	0.02 g
B 組	通道	直 40 cm	圓 17.6 cm + 直 20 cm	
	吸水重量	0.16 g	0.12 g	0.04 g
C 組	通道	直 35 cm	圓 12.9 cm + 直 20 cm	
	吸水重量	0.20 g	0.12 g	0.08 g

- (三) 由上表發現 A、B、C 三組圓形通道長度越短（半徑越小）與「直線形」通道氣水分離效果差距也越大，表示半徑越小的「圓形」通道效果越好。
- (四) 上圖得知餐巾紙吸水量多時，吸水重量提升速度減慢，推測是餐巾紙吸水後較不透氣，使風速降低有關。

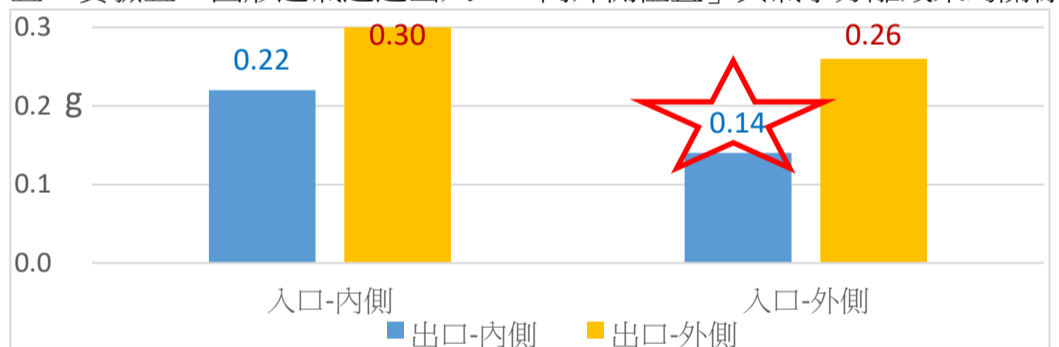
四、實驗四：圓形進氣通道出入口「高低位置」與氣水分離效果的關係



水霧通過不同「出入口高低位置」時的氣水分離效果，重量越小效果越好，單位：公克

實驗討論：進氣通道入口位置越低效果越好，進氣通道出口位置越高效果越好，所以製作成品時，可用「入口低、出口高」的方式增加氣水分離效果。

五、實驗五：圓形進氣通道出入口「內外側位置」與氣水分離效果的關係



不同「出入口內外側位置」的氣水分離效果，重量越小效果越好，單位：公克

實驗討論：圓形進氣通道入口在外側時效果較好，圓形進氣通道出口在內側效果較好，所以製作成品時可用入口在外側、出口在內側的方式提升氣水分離效果。

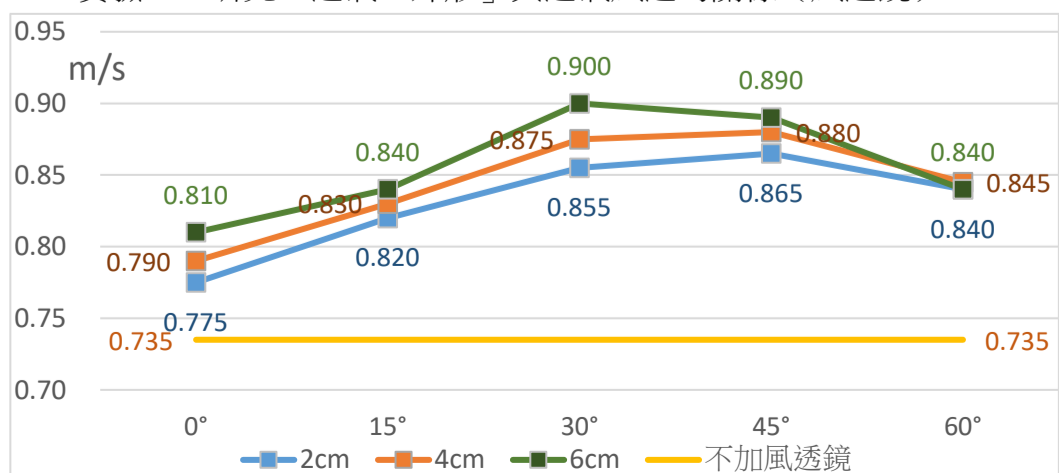
六、實驗六：鰭片安裝位置（鰭片中心離圓心距離）、面積與轉向風速的關係。

不同鰭片安裝位置、面積的最小轉向風速檔位（進口面向風源，角度小於 10°）

離圓心位置	15cm	17cm	19cm	21cm	23cm	25cm
高*寬=面積(cm ²)						
6*4=24	7	7	6	5	4	4
6*8=48		5	4	4	4	
6*12=72			4	4		
12*6=72	4	4	4	3	3	
12*8=96		3	3	3	2	
12*10=120			3	3	2	
12*12=144			3	2		
18*8=144		2	2	2	2	
18*10=180			2	2	2	
18*12=216			2	2		

實驗討論：以 6*4=24cm² 鰭片來看，離圓心距離越遠，轉向的風速檔越低；以 19cm 的離圓心位置來看，鰭片面積越大「防水進氣裝置」轉向的風速檔越低。

七、實驗七：研究「進氣口外形」與進氣風速的關係（風透鏡）



不同風透鏡寬度、角度與進氣風速的關係，單位：m/s。

實驗討論：較寬的風透鏡對進氣速度提升較果較佳，安裝角度在 30°~45° 會有較好的效果，6cm 寬、安裝角度 30° 的風透鏡有最好的效果，可以提升 0.165m/s 的進氣風速。

八、實驗八：測試進氣裝置防水及降低室內溫度效果

(一) 防水效果：

測試進氣裝置防水效果，餐巾紙增加重量越小效果越好，單位：公克

測試時間	10 分鐘	20 分鐘	30 分鐘
餐巾紙增加重量	0.0 g	0.0 g	0.0 g

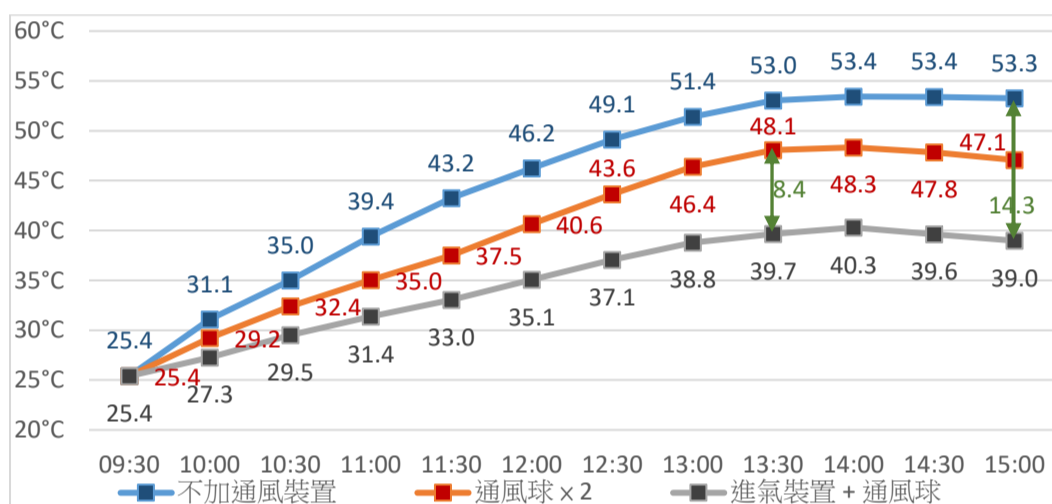
(二) 降低室內溫度：

模擬建築物安裝通風裝置在陽光下曝曬的溫度變化，單位：°C

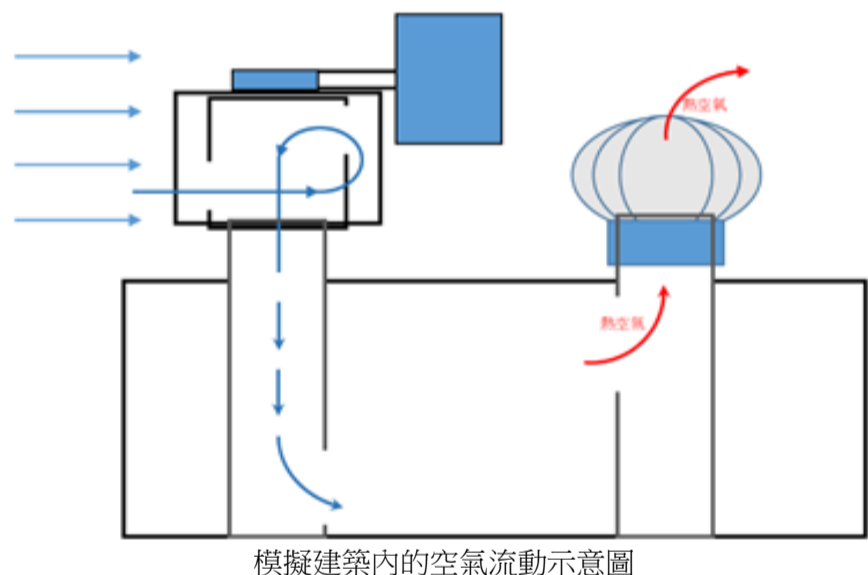
時間	4月10日			4月17日			5月15日			5月31日		
	不加通風裝置(A)	通風球×2(B)	進氣裝置+通風球(C)	不加通風裝置(A)	通風球×2(B)	進氣裝置+通風球(C)	不加通風裝置(A)	通風球×2(B)	進氣裝置+通風球(C)	不加通風裝置(A)	通風球×2(B)	進氣裝置+通風球(C)
09:30	25.4	25.4	25.4	24.6	24.6	24.6	30.4	30.4	30.4	31.6	31.6	31.6
10:00	31.1	29.2	27.3	31.5	30.5	28.5	38.5	36.6	35.6	36.1	34.7	33.9
10:30	35.0	32.4	29.5	36.6	34.6	31.4	44.7	41.8	39.7	40.1	37.9	36.4
11:00	39.4	35.0	31.4	41.7	37.8	33.6	49.2	45.7	42.4	44.3	41.0	38.5
11:30	43.2	37.5	33.0	44.9	41.0	35.4	52.6	48.7	44.7	47.3	43.7	40.4
12:00	46.2	40.6	35.1	48.6	44.1	38.0	54.7	51.0	46.1	49.2	45.9	41.9
12:30	49.1	43.6	37.1	52.5	47.3	41.1	56.8	53.0	47.6	51.3	48.2	43.2
13:00	51.4	46.4	38.8	55.2	49.1	43.0	58.4	54.6	49.1	52.7	49.7	43.7
13:30	53.0	48.1	39.7	56.5	50.8	44.0	59.2	56.0	49.6	54.2	50.7	44.1
14:00	53.4	48.3	40.3	57.2	52.8	45.3	59.3	56.4	49.8	54.2	50.8	43.9
14:30	53.4	47.8	39.6	57.0	53.0	44.9	58.9	55.9	49.7	54.1	50.3	43.3
15:00	53.3	47.1	39.0	56.9	52.7	44.4	58.6	55.5	49.4	53.6	49.8	42.5

模擬建築物安裝通風裝置在陽光下曝曬的溫度變化，「不加通風裝置」、「安裝通風球」與「進氣裝置+通風球」溫差比較，單位：°C

時間	4月10日		4月17日		5月15日		5月31日	
	A-C	B-C	A-C	B-C	A-C	B-C	A-C	B-C
09:30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10:00	3.8	2.0	3.0	2.0	2.9	1.0	2.3	0.8
10:30	5.5	2.9	5.2	3.3	5.0	2.1	3.6	1.5
11:00	8.0	3.7	8.1	4.2	6.8	3.3	5.7	2.5
11:30	10.2	4.5	9.5	5.6	7.9	4.0	6.9	3.3
12:00	11.2	5.6	10.6	6.1	8.6	4.9	7.3	4.0
12:30	12.1	6.6	11.5	6.2	9.3	5.5	8.1	5.1
13:00	12.6	7.6	12.3	6.2	9.3	5.5	9.1	6.1
13:30	13.4	8.4	12.4	6.8	9.6	6.3	10.1	6.6
14:00	13.1	8.0	11.8	7.5	9.5	6.5	10.3	6.9
14:30	13.8	8.2	12.1	8.1	9.3	6.2	10.8	7.0
15:00	14.3	8.1	12.5	8.3	9.3	6.1	11.2	7.3



戶外實測「防水進氣裝置」、「通風球」與「不加通風裝置」散熱比較 (109.04.10)



模擬建築內的空氣流動示意圖

實驗討論：

- (一) 實驗證實在電風扇最大風速時，防水進氣裝置在 30 分鐘內能阻擋水霧進入室內，表示防水進氣裝置在實驗條件下有良好的防水效果。
- (二) 在晴天有風時，安裝「防水進氣裝置 + 通風球」較安裝「通風球 × 2」、「不加通風裝置」的紙箱溫度更低，4 月 10 日「不加通風裝置」與「防水進氣裝置 + 通風球」最大溫差是 14.3°C，「通風球 × 2」與「防水進氣裝置 + 通風球」最大溫差為 8.4°C。

陸、結論

依照要將屋頂空氣引進室內的三項基本要求-「進氣效率高」、「防水效果好」、「能依風向轉動」，設計實驗，並找出合適的設計方式：

- 針對進氣效果做了實驗一，瞭解進氣開口要正對風源，可在進氣裝置後端，安裝如氣象風力計尾翼的設計，使進氣開口正對風向。
- 針對進氣裝置的防水需求，參考氣水分離器的二種方式，與進氣裝置的使用情形，以氣旋型設計裝置結構，再以吸附型的原理測試防水效果。發現進氣通道的半徑小、距離長，進氣入口位置低、出口高，進氣入口位置靠外側、出口位置靠內側時防水效果較好。
- 提供裝置轉向力矩的鰭片面積越大、距離圓心越遠，可使裝置轉向的最低風速檔位越低，也就是能使裝置轉向的最低風速越小。
- 在裝置進氣口加上開口角度 30°、寬 6 cm 的風透鏡能提升進氣風速約 22.45%（風洞中，風速檔 7 時）。
- 實測「防水」及「進氣」效果：綜合實驗所得，製作「防水進氣裝置」，在風洞中進氣口前以造霧器噴霧，實測 10、20、30 分鐘，餐巾紙重量都沒增加，代表防水進氣裝置的防水效果良好；並於 4 月 10 日、4 月 17 日、5 月 15 日、5 月 31 日四天將「防水進氣裝置」安裝在紙箱上，模擬建築物進行實測，分別測得「不加通風裝置」與「防水進氣裝置」最大溫差 14.3°C，「通風球」與「防水進氣裝置」最大溫差 8.4°C，效果顯著。