

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

052406

Invelox2.0 風速增幅系統

學校名稱：國立金門高級農工職業學校

作者： 職二 林家宏	指導老師： 吳俊育 陳佳忠
---------------	---------------------

關鍵詞：文丘里效應、Invelox、Flow Simulation

摘要

本研究主要是設計 Invelox2.0 的風速增幅系統，透過此系統可以在出口增加風速而達到風力發電。以空氣動力學與簡單的流體力學原理為基礎，並運用 AutoCAD、Solidwork 軟體設計、雷射雕刻機實作出 Invelox2.0 風速增幅系統、也使用 3D 列印機器製作出曲線方式的風速增幅系統，並比較雷射雕刻的系統與 3D 列印的系統差異性。利用此風速增幅系統來實際比較，Invelox2.0 風速增幅系統與傳統風速增幅系統之風速情況，並利用風速計測量風速的情況後，發現此本系統優於傳統系統方式。另外本研究使用 Solidwork 軟體中的 Flow Simulation 模擬出本次設計概念，在管道突然變窄會產生文丘里效應，並開始聚集且加速。因此，代表本設計風速增幅系統是非常有意義的。

壹、研究背景與動機

近期環保意識抬頭，愈來愈多國家投入綠能與再生資源，且有愈來愈多研究證明綠能是較於傳統發電機更為環保。台灣常用的發電有：太陽能、風力發電與能源發電等等，目前在台灣目前發電量占最大部分還是火力發電，再生能源所佔的比率實在太少。目前全球所提倡的是綠能發電，而最常見的就是風力發電，此優點就是有風就可以發電，取之不盡，用之不竭，且造價比其他發電廠便宜、不造成其他輻射影響、造成空氣汙染等等情況；缺點就是需占大面積、噪音、電力提供不穩定與飛行類容易受影響等等（林瑞珠等人，2016）。

最常見的風力發電為風力機，但因葉片設計容易造成鳥類死亡事件。目前美國 SheerWind 公司利用風能轉化成電能與提出一個 Invelox 風速增幅系統，此為英文單字為 Increased 與 Velocity 所寫組合而成，它的涵義就是增加流速。在 2016 年中國的 SheerWindChina 公司與衡水城市農業科技公司合作開發。此風力發電採用的是封閉式的發電機，則可避免鳥類的傷害（Kadlag, D. et al., 2019）。網路發達的現今資訊遍及於世，某天在影片看到某公司研製的風速增幅系統（Invelox），該裝置可在極低風速下產生比一般風力發電高六倍的產能，此話從影片一說我就產生濃厚的興趣並將此主題分享給組員與指導老師。在這個世界風氣汙染造成傷害從地球到人自身，在環保議題如此看重的是世代。我們希望研究 Invelox2.0 風速增幅系統，

並設計完善的風力系統，此為本研究動機之一。

經由指導老師確認研究主題為設計風速增幅系統，與學校所教授的課程，如機械力學、機械原理、機械製造、2D/3D 電腦繪圖、機械加工、電腦輔助設計與製造與雷射雕刻實務等等。透過這些學理與實作課程，我們想自己設計獨一無二的 Invelox2.0 風速增幅系統，此為本研究動機之二。

貳、研究目的

綠能源為現代各國研究的一大課題，目前綠能方面以風力發電應為主，但風力發電的體積大小一直是問題所在。因此，本次研究希望可以推動以風塔外觀為樣式之風速增幅系統，塔型的設計更利於建築內且不會因龐大旋轉的葉片佔到太多空間，並將此系統的概念推廣至農業與工業上。

一、文獻回顧

Allaei, D., and Andreopoulos. Y. (2014)提出一個新的風速增幅系統，又稱為 Invelox 風速增幅系統，且此系統在相同大小的情況下優於傳統的風速增幅系統，以各少的成本提供更高的效益。Invelox 的優於傳統系統有三個，第一個特點為取消傳統的塔式渦輪機設計；第二個為特點為可捕捉各方向的風，且不需要轉向控制器；第三個特點是利用文氏管原理使得風速加速。除此之外，也改善了傳統渦輪機的不穩定、占大面積的環境與可避免鳥類的傷害等等其他問題。Narendrabhai., P. S., and Desmukh., Dr. T. S. (2018)使用 CFD 流體力學軟體去模擬 Invelox 風速增幅系統與傳統風電系統，所獲得結果為 Invelox 系統在風速下比傳統風電系統快 6 至 8 倍。此外，他們也分析了渦輪在 8 個不同角度 (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° , 360°)，並獲得角度在 135° 與 225° 時有較高的風速。Ding, L. (2020) 應用計算流體動力學方法在不同風向的 Invelox 風速增幅系統，並考慮大氣邊界條件來進行模擬。他們模擬結果為，當風向與文氏管成 90° 以上，發電的效率劇烈下降，若超過 120° ，系統則無法供應電力，且若考慮大氣邊界條件後，風速比也會下降。Sotoudeh, E., Kamali, R., and Mousavi, M. S. (2019) 使用有限體積數值方法與現有的實驗互相比較，他們發現將系統組裝高度 10 公尺上升 40 公

尺，輸出功率之效率增加了 87.5%。因此，他們提出一個新的概念，將使用兩層的 Invelox 渦輪機，並所獲得的輸出功率增加了 44%。因此，他們認為增加一層有效的提升性能。依據前述研究背景與動機尋找相關文獻加以分析與討論後，擬定研究流程、研究方法。

參、研究設備及器材

本章說明機台設備、研究材料與工具與研究流程。共分為三部份，一、機台設備；二、研究材料；三、研究流程。

一、機台設備

本研究利用台灣三軸的雷射雕刻機，外觀與規格如圖 3-1 與表 3-1 所示，規格為台灣三軸公司提供。



圖 3-1 雷射雕刻機

表 3-1 雷射雕刻機 SU 三 6040-60W 規格









雷射功率	60W
雷射類型	CO2 封離式玻璃雷射管
工作範圍	600*400mm
雕刻速度	600mm/s
升降檯面	電動升降平台，200mm

定位精度	±0.1mm
工作檯面	蜂巢板
冷卻系統	工業型 CW3000 型水冷機
解析度	1000dpi

二、研究材料與工具

本實驗材料以紙板、迴紋針、免洗筷、浮標、金屬墊片、白膠、熱熔膠條、PVS 管、白俄椴木板、壓克力板。實驗中所用的工具如：熱容槍、美工刀、電工鉗、斜口鉗、園藝鉗、銼刀、數位游標卡尺與鉛筆，如表 3-2 所示。

表 3-2 實驗工具

(1)熱容槍	(2)美工刀
	
(3)斜口鉗	(4)電工鉗
	
(5)園藝鉗	(6)銼刀
	
(7)數位游標卡尺	(8)鉛筆
	

三、研究流程

本文利用電腦輔助設計軟體製作風速增幅系統，並透過實際驗證參數是否合理性。本研究流程如圖 3-2 所示。

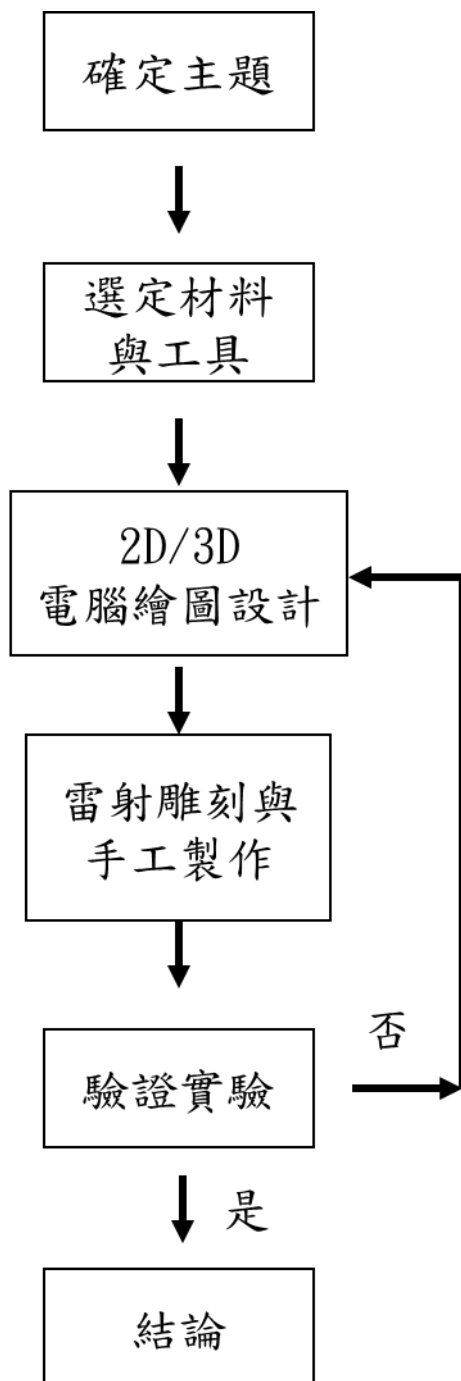


圖 3-2 研究流程圖

肆、研究過程與方法

本章說明 Invelox 風速增幅系統的原理、2D/3D 電腦繪圖與雷射雕刻。共分為四部份，一、Invelox 原理；二、電腦繪圖；三、雷射雕刻機；3D 列印機。

一、Invelox 原理

Invelox 已被美國的 SheerWind 公司申請專利，此系統的基本原理如圖 4-1 說明，在上方類似漏斗形狀為集風口，風可以傳四面八方來，皆可以進入系統內部，當風進入系統內部，管道突然變窄會產生文丘里效應，並開始聚集且加速，再推動渦輪機進一步將風能轉換成電能，最後擴散器把尾部的風回歸給大自然 (Allaei, D., et al., 2014)。在系統內部一般會有三台以上的渦輪機，且不需要葉片、體積會遠小於傳統的風車發電裝置很多與系統成本相較起來少很多。文丘里效應是指流體的速度以通過縮小管線而增加，且這時候的流速是增加，壓力減少的效應。此效應也利用伯努利的原理說明，當液體的速度增加時，液體的壓力會減少，伯努利方程式：

$$\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + P = \text{常數} \quad (1)$$

其中， ρ 為液體密度， v 液體， g 為重力加速度， h 液體相對於基準面的高度。日常生活常用到伯努利原理。Invelox 與本研究的 Invelox2.0 兩者的差異在於 2.0 漏斗的底部開了一個洞。在相同的圓直徑下漏斗會因為高度對迎風曲面產生變化，而 2.0 可以使用最適合的迎風曲面不斷的堆疊以達到在相同直徑下比傳統 Invelox 有跟大的迎風面積。

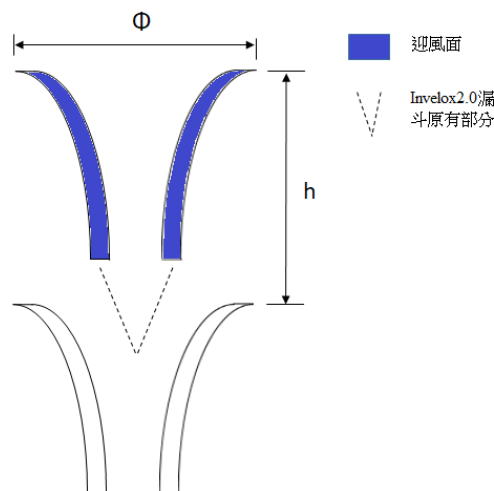


圖 4-1 Invelox 示意圖

二、電腦繪圖

為了製作作品本次利用 AutoCAD 軟體（王雪娥、陳進煌，2020）與 Solidwork 電腦繪圖軟體繪製 2D 圖形與 3D 立體圖形，圖 4-2 為 AutoCAD 繪製的漏斗設計圖形，第一部分大小外內框為 100mm×100 mm 與 60mm×60mm；第二部分三角形寬高為 49mm×80mm，夾角為 64°；第三部分為梯形上底下底高為 30mm×85mm×90mm，夾角 73°。

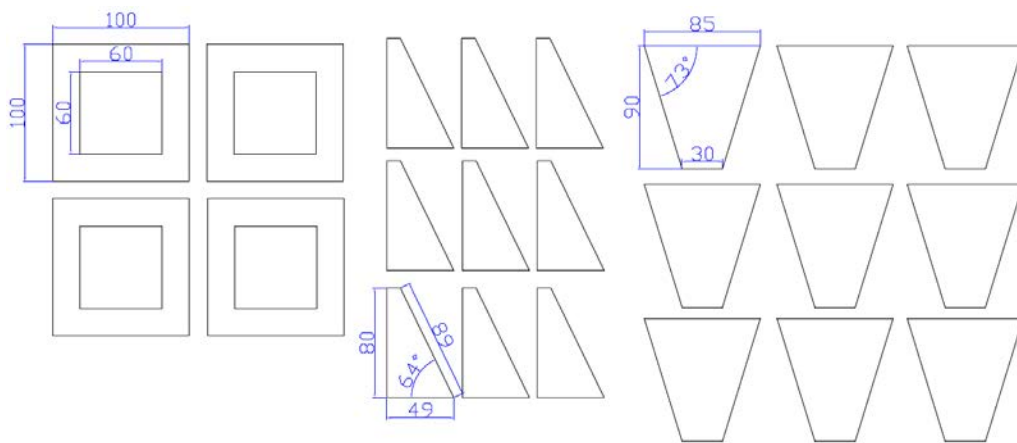


圖 4-2 上方漏斗設計

圖 4-3 為 Solidwork3D 立體圖形，本次利用 Solidwork 繪製立體圖，讓我們在製作過程能更完善瞭解整個物體的情況，並使用 Solidwork 裡面的 Flow Simulation 套件進行流場模擬分析（許中原，2020）。其中，圖 4-3 為剖面視圖，可以看見上方設計類似漏斗形狀，下方連結三個漏斗之後，再連接一個管子，透過文丘里效應，管道突然變窄會開始聚集且風速會加速的概念。

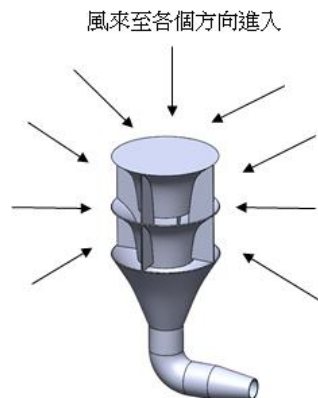


圖 4-3 Solidwork 繪製立體圖

三、雷射雕刻機

本次利用雷射雕刻來進行實作，利用白俄椴木板進行實務切割，將 AutoCAD 繪製好圖形之後，進行轉檔成 DXF 檔案與匯入至 RDWORK 雷射切割軟體，並設定雷射切割功率為 60W，速度為 10mm/s，如圖 4-4 為 RDWORK 軟體。圖 4-5 為雷射雕刻實際切割，而紅光為雷射光，它可定位目前位置或進行切割。

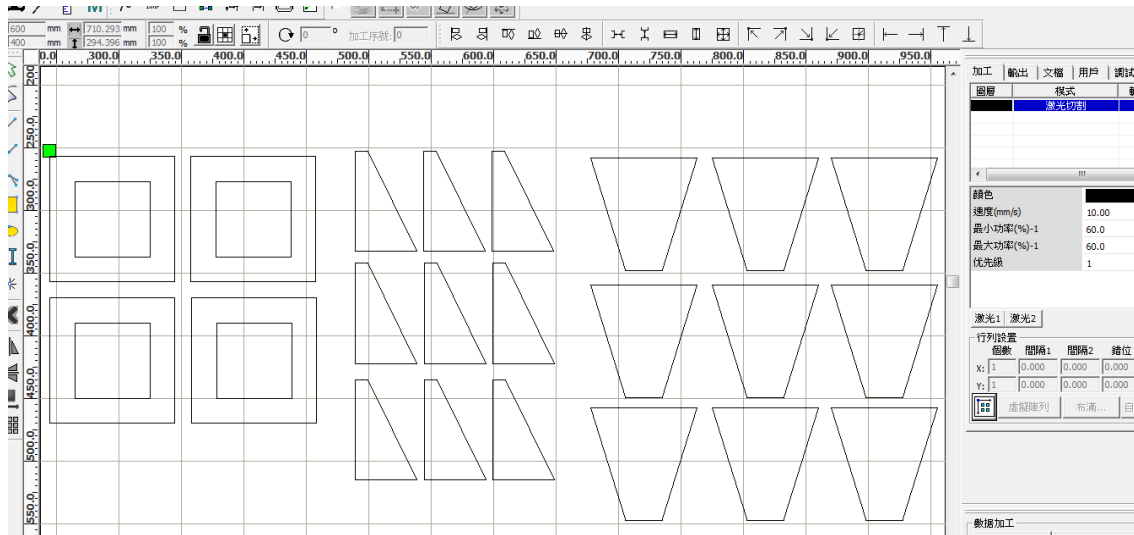


圖 4-4 RDWORK 軟體

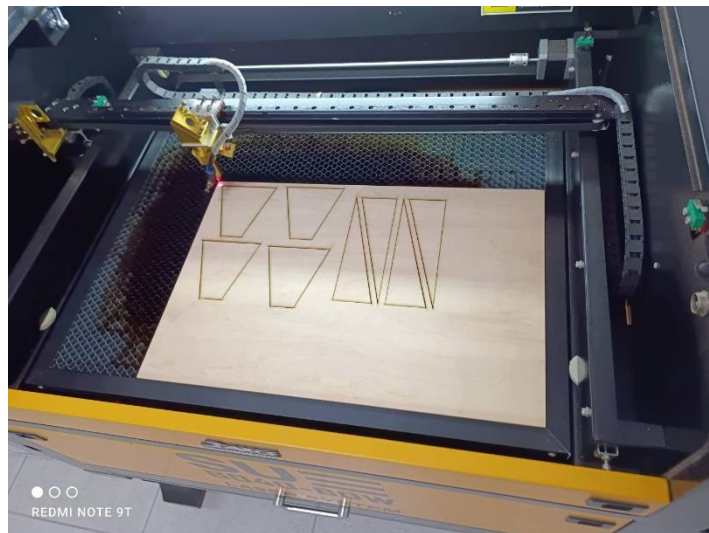


圖 4-5 雷射雕刻實際切割

四、3D 列印機

我們利用 Prusa i3 MK3/S 列印機來製作成品，並利用 Solidwork 繪製 3D 的 Invelox2.0 與把檔案轉成 STL 檔案，並利用 3D 列印機製作出零件。如圖 4-6 為 Prusa i3 3D 列印機，圖 4-7 為 3D 列印機實際列印情況。

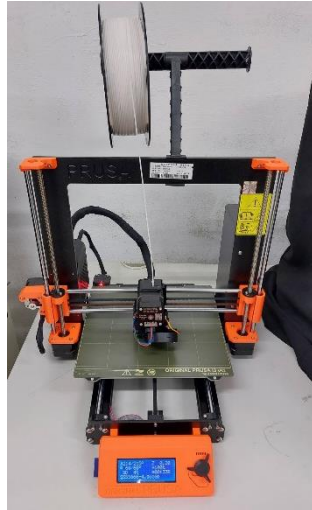


圖 4-6 Prusa i3 3D 列印機

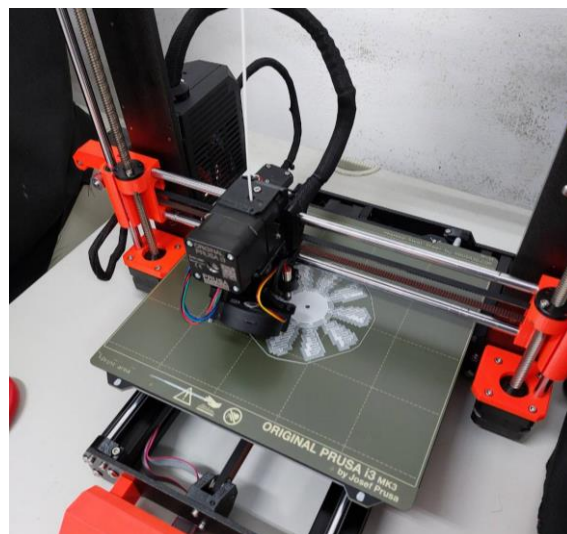


圖 4-7 3D 列印機實際列印情況

伍、研究結果

一、Flow Simulation 數值模擬

為了驗證漏斗方式的設計在出口是否會增加風速，而進行簡易的模擬與討論。圖 5-1 為 Flow Simulation 開始，設定專案的名子；圖 5-2 為設定模擬的單位，一般選擇公制；圖 5-3 是選擇內部管子分析；圖 5-4 為選擇流體種類，這裡選擇空氣；圖 5-5 為設定牆面溫度，設定為 303K；圖 5-6 為設定初始條件，一大氣壓，溫度為 303K；圖 5-7 為設定邊界條件，我們假設漏斗上方有渦輪機，假設為一大氣壓；圖 5-8 為設定邊界條件，我們假設尾部出口微風初始速度微 0.01m/s；圖 5-9 為設定所要觀察的物理量；圖 5-10 為設定模擬結果的圖形型式；圖 5-11 為求解；圖 5-12 為求解完成；圖 5-13 是將 0.8 秒暫態的結果呈現出來。

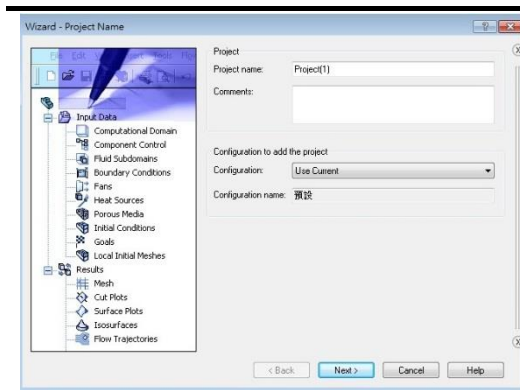


圖 5-1 設定專案名子

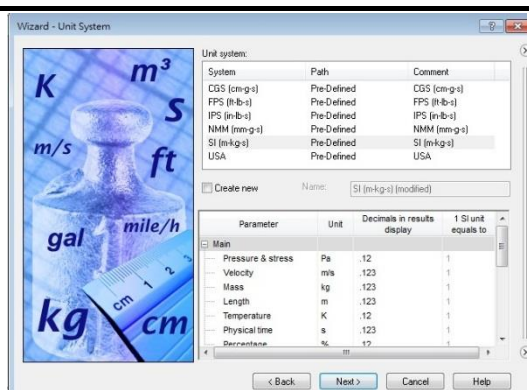


圖 5-2 選擇單位

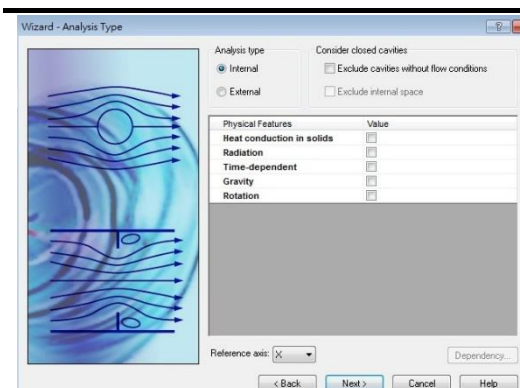


圖 5-3 選擇內部分析



圖 5-4 選擇空氣

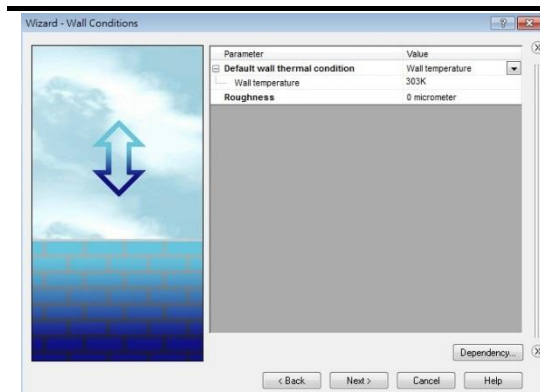


圖 5-5 設定牆壁溫度

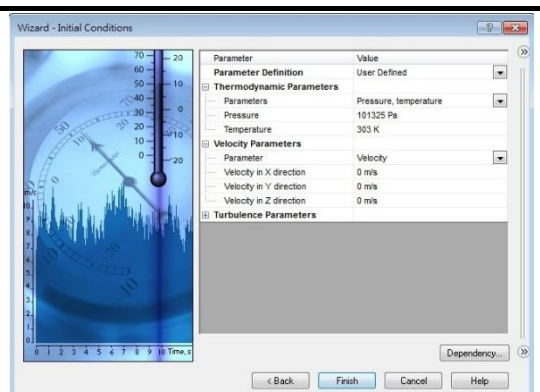


圖 5-6 設定初始條件

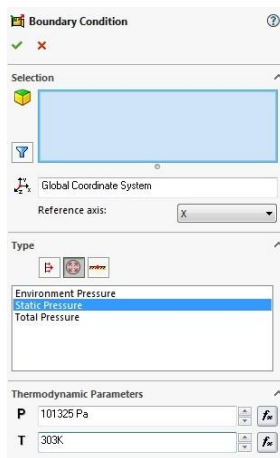


圖 5-7 設定邊界條件(壓力)

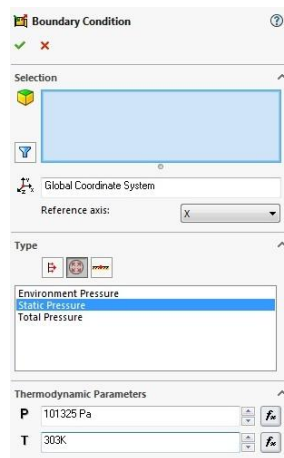


圖 5-8 設定邊界條件(初始速度)

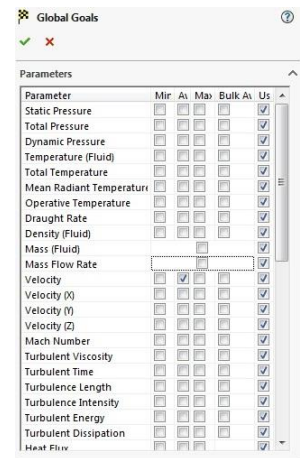


圖 5-9 設定觀察目標

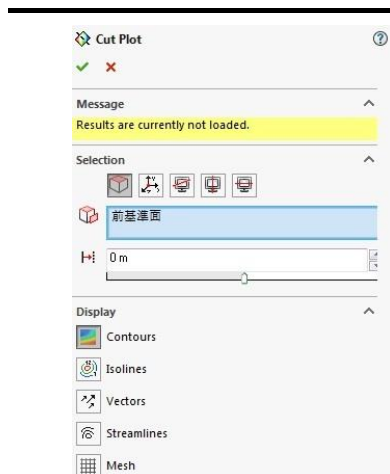


圖 5-10 設定繪圖模式

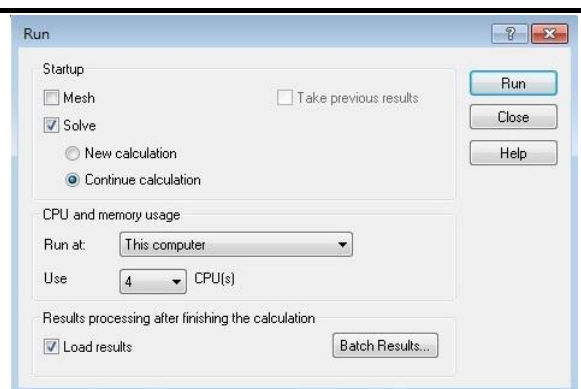


圖 5-11 求解

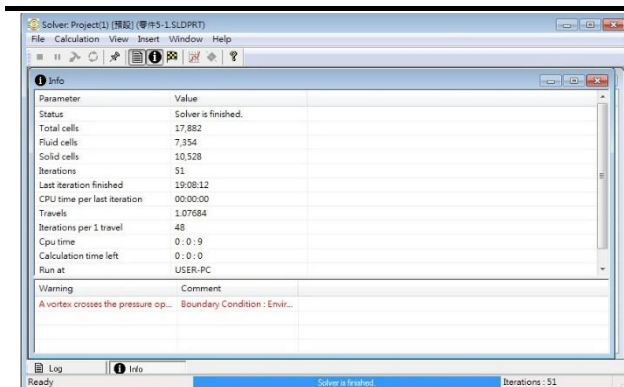


圖 5-12 求解完成

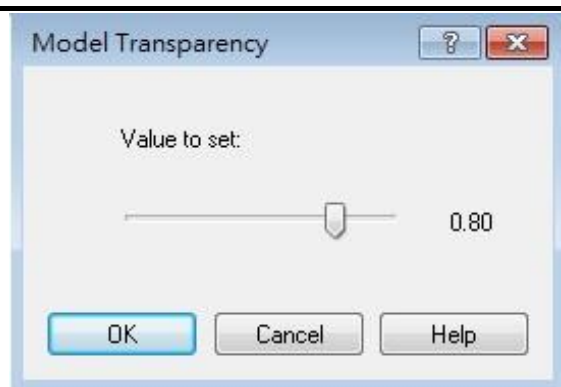


圖 5-13 設定暫態結果

本次利用 Solidwork 軟體之 Flow Simulation 計算流體力學模擬此系統，並探討文丘里效應，當微風通過內管道且管子突然變窄風速會增加的情況，圖 5-14 為本次模擬結果，我們可以從圖 5-14 觀察出，在尾部風速是有明顯增加的情況。這代表此模型式符合文丘里效應。

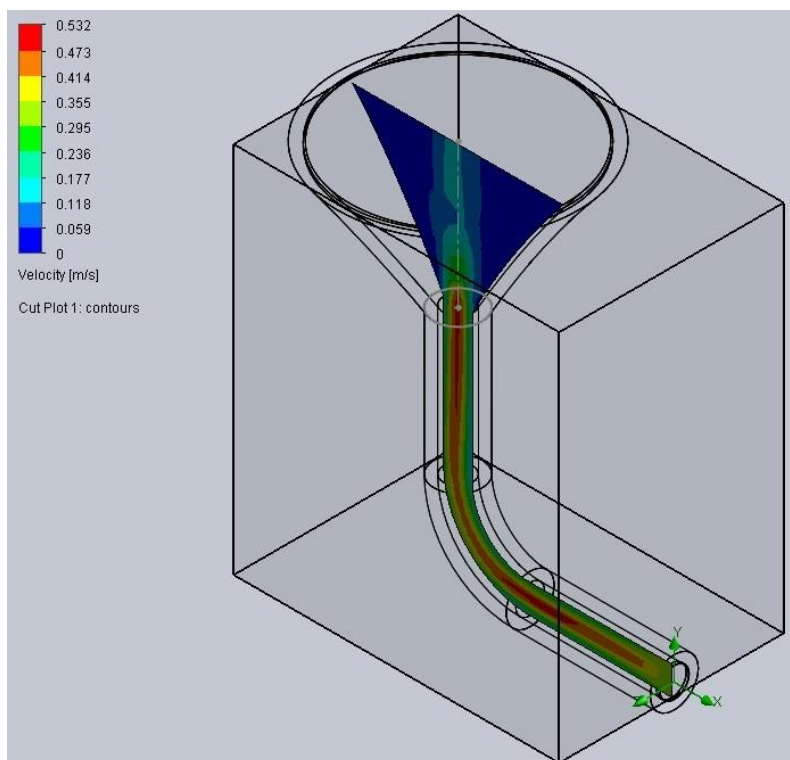


圖 5-14 模擬結果

二、雷射雕刻製作

(一)、外殼製作

經由上節電腦模擬所獲得的結果，說明微風通過內管道且管子突然變窄風速會增加的情況。因此，本節利用雷射雕刻機與手工製作 Involex2.0 系統，我們運用學校的雷射雕刻機切割所需板材再用熱熔槍黏合。為了使得微風能更加聚集，在最上層加入 ϕ 型葉扇，如圖 5-15 所示。再外殼概念是用到了 (Invelox) 的集風方式但不同的是我們的設計成一個個模塊可依使用進行疊加 (Sotoudeh, E. et al., 2019)，如圖 5-16 所示。如圖 5-17 為完成 3 層漏斗組裝，並藉由 3 層漏斗來收集任何一方向的微風。

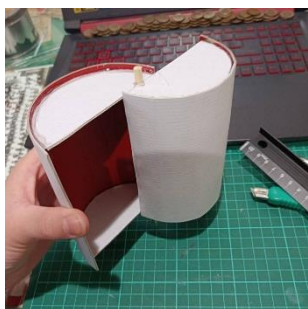


圖 5-15 U 型葉扇



圖 5-16 漏斗製作



圖 5-17 組裝完成

(二)、葉扇

圖 5-18 中，我們利用鋁片製作成葉片模擬渦輪機情況。再使用保麗龍圓柱體並在原柱側邊等分開上斜 45 度槽，如圖 5-19 所示，再裝上剪成葉片形狀金屬片之後並個個插入 45 度，並利用竹筷子固定後置入外殼裡面，如圖 5-20 所示。



圖 5-18 鋁片



圖 5-19 葉片製作



圖 5-20 葉片內部組裝

(三)、部件組合

將 3 個漏斗形狀與其上層 U 型葉扇裝置完成如圖 5-21 所示，並對整體外觀後觀察是否需要在修正地方。再來是加裝尾部 PVC 管子裝置上去，如圖 5-22 為整體與尾部連結過程，圖 5-23 為 Invelox 系統完成圖。圖 5-24 為傳統的 Invelox 系統製作，製作過程這邊不在贅述。



圖 5-21 部分組合

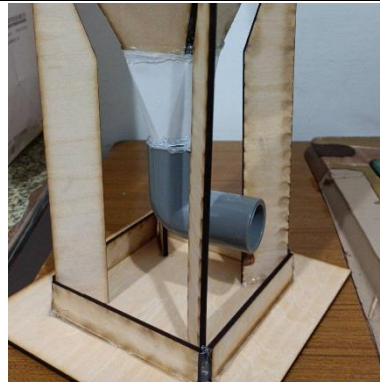


圖 5-22 PVC 管子裝置



圖 5-23 Invelox2.0 系統完成圖



圖 5-24 傳統 Invelox 系統

三、3D 列印製作

經由上第一節電腦模擬所獲得的結果，說明微風通過內管道且管子突然變窄風速會增加的情況。因此，本節利用 3D 列印機製作 Involex2.0 系統。

(一)、外殼製作

透過 Solidwork 繪製漏斗外觀如圖 5-25 所示。圖 5-26 是 3D 列印一層漏斗，圖 5-25 是三層漏斗的圖形，並將三層連接起來。圖 5-26 為三層漏斗組合圖與底座。

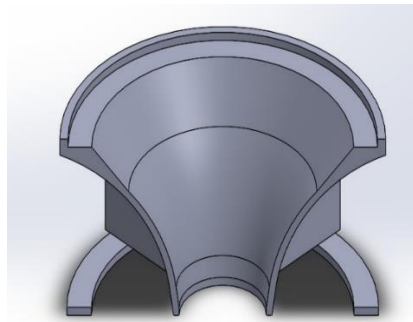


圖 5-25 漏斗

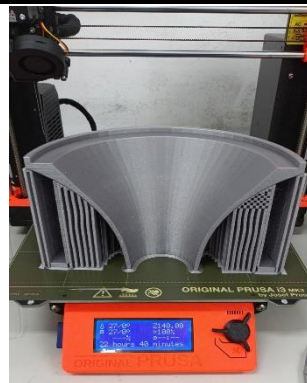


圖 5-26 3D 列印漏斗



圖 5-27 三層漏斗



圖 5-28 組合圖

(二)、葉扇

利用 Solidwork 繪製渦輪零件，如圖 5-29 所示，並透過 3D 列印機印出零件。圖 5-30 為 3D 列印渦輪零件。

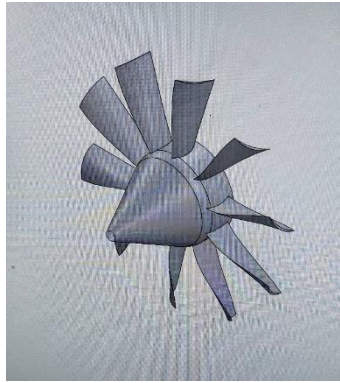


圖 5-29 渦輪零件

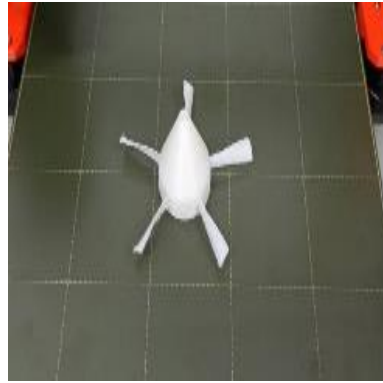


圖 5-30 3D 列印渦輪

(三)、部件組合

透過雷射雕刻切割底座，如圖 5-31 為支撐底座。利用手工藝製作 U 型葉扇如圖 5-32 所示。圖 5-33 為 3D 列印的主軸。圖 5-34 為內部組合圖。



圖 5-31 底座



圖 5-32 U 型葉扇

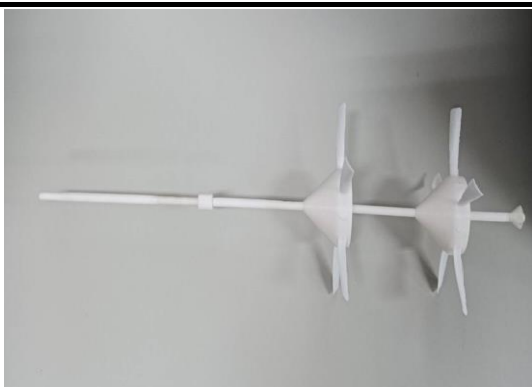


圖 5-33 主軸

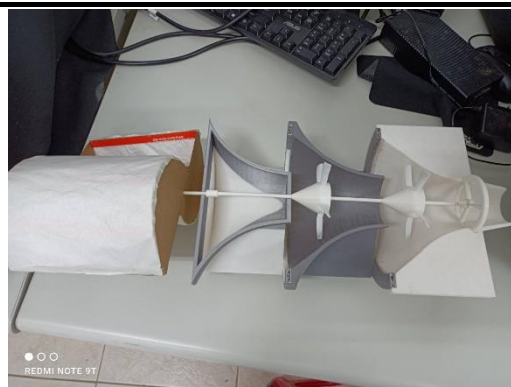


圖 5-34 內部組合

五、實際風速測量

本是研究利用 MS6252A 風速計，如圖 5-35 所示。此軟體提供風速與風量，實測情況如圖 5-36 所示。表 5-1 為各模型實際測量情況。



圖 5-35 MS6252A 風速計

在測量中，我們取 1 分鐘，每間格 10 秒記錄數據，總共 6 個數據，並將 6 個數據平均後填入表 5-1 中。表 5-1 為各個系統比較的情況，我們環境風速，在電風扇啟動後，測量環境風速，在測量各個系統的風速。從表 5-1 說明，3D 列印的系統比其他的在風速優於其他系統。圖 5-36 為各系統在環境風速 1.0 情況；圖 5-37 各系統在環境風速 2.0 情況；圖 5-38 各系統在環境風速 3.0 情況。圖 5-39 為傳統 Invelox 系統測量情況；圖 5-40 雷雕製作之 Invelox2.0 系統測量情況；圖 5-41 3D 列印之 Invelox2.0 系統(無加渦輪)測量情況；圖 5-42 3D 列印之 Invelox2.0 系統(有加渦輪)測量情況。

表 5-1 各個系統平均風速比較

名稱	環境風速(m/s)		
	1.0	2.0	3.0
傳統 Invelox 系統	0.19	0.34	0.51
雷雕製作之 Invelox2.0 系統	0.11	0.32	0.60
3D 列印之 Invelox2.0 系統(無加渦輪)	0.68	1.34	1.51
3D 列印之 Invelox2.0 系統(有加渦輪)	0.35	1.28	1.73

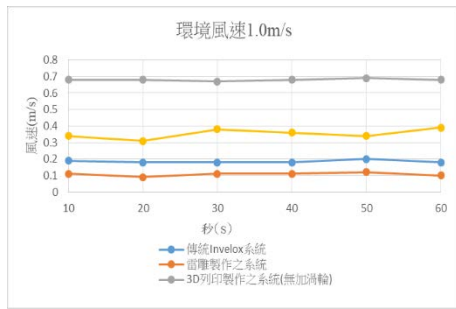


圖 5-36 各系統在環境風速 1.0 情況

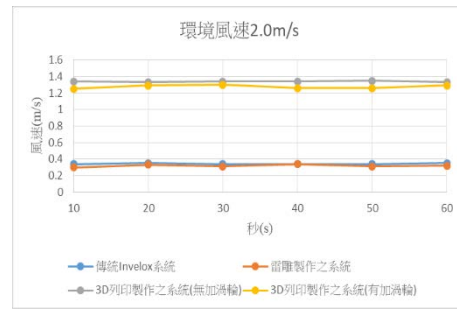


圖 5-37 各系統在環境風速 2.0 情況

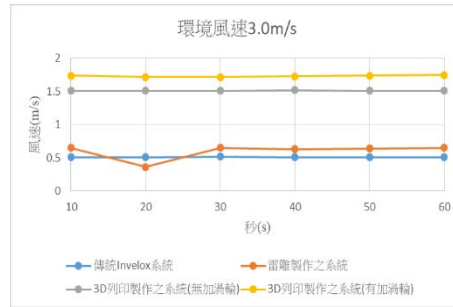


圖 5-38 各系統在環境風速 3.0 情況



圖 5-39 傳統 Invelox 系統測量情況



圖 5-40 雷雕製作之 Invelox2.0 系統測量情況



圖 5-41 3D 列印之 Invelox2.0 系統(無加
渦輪)測量情況



圖 5-42 3D 列印之 Invelox2.0 系統(有加渦輪)
測量情況

陸、討論

本次研究成功的製作 Invelox2.0 風速增幅系統，並利用 MS6252A 風速計實際測量風速情況，從表 5-1 所示，無論雷射雕刻的製作或者 3D 列印的製作之平均風速皆比傳統風速增幅系統還優異，且本次研究與其他國外文獻的結果相同（Allaei, D. et al, 2014; Narendrabhai., P. S. et al.,2018），這代表本次研究是成功且有意義的。

為了讓本次研究更有完備性，本次研究利用 Solidwork 中的 Flow Simulation 進行流場分析。這邊我簡易模擬，僅取漏斗形狀與尾部這部分來模擬的探討。從圖 5-14 為模擬的情況，從圖中我們可以發現，在尾部出口風速比有明顯得便快，此數值模擬的情況與國外文獻的結果相同（Narendrabhai, S. P et al.,2018; Ding, L., et al.,2020; Ding L.,2020）。此模擬主要驗證管道突然變窄會產生文丘里效應，並開始聚集且加速。因有這樣的概念，我們製作 Invelox2.0 風速增幅系統。本研究是利用電風扇吹風，進風口直接接受到風量，若比較進入風口的風速與尾部出口的風速是不對等的，且本研究僅利用木板雷切、手工製作與 3D 列印製作出的作品表面較為粗糙而影響出口風速。因此不討論進風口的風速，而僅討論不同製作過程尾部出口的風速差異。

依據實驗數據，如表 5-1 所示，雷雕所製作的和 3D 列印的 Invelox2.0 系統有極大的差距，因雷雕作品的迎風面為斜面所以容易產生擾流，則 3D 列印的為曲面更符合實際設計的情況。在數據中發現環境風速 2.0(m/s)時無論是雷雕製作或 3D 列印加裝渦輪的 Invelox2.0 風速都略低於無加裝渦輪，其原因是當環境風速高時直立 U 型葉扇帶動的渦輪造成推進比大於進入風速，而環境風速慢時，渦輪推進比小於進入風速，此時的渦輪反而造成干擾。

表 5-1 的環境風速皆比各個系統的平均風速還快，主要原因是利用電風扇吹風，且風速計直接測量風速，而本研究所設計的系統僅利用木板雷切、手工製作與 3D 列印製作出的作品表面較為粗糙而影響出口風速。主要 Invelox2.0 的系統強調的是能收集四面八方的微風，風進入內部會有文丘里效應使得風速增加。

經由這次科展比賽，我們學到很多東西。從一開始網路與書籍開始尋找方向與主題，所找的題目非常天馬行空、胡思亂想就浪費很多時間。經歷一番努力不懈與指導老師討論後，

總算找到這次科展比賽主題，接下來一系列的分工合作，也才明白團體合作的重要性，因為大家所擅長的技能是不一樣。在製作 Invelox2.0 風速增幅系統中，AutoCAD 與 Solidwork 設計就重複修改很多次，雷射雕刻機也一直重複操作與浪費很多木材，3D 列印也花費很多時間再修改。在利用熱融槍來黏貼木材與一系列零件組裝是最為困難的部分，因為成品在製作過程，遇到很多瓶頸，尺寸一改變就有很多地方需要做調整與重新黏貼。經由堅持努力的修改與調整，總算完成本次科展作品。在 Solidwork 的模擬過程，第一次利用 Flow Simulation 模擬所繪製的圖形，初步設定初始條件與邊界條件，並了解其中的物理意義。最後，謝謝指導老師與科上老師的細心指導，才能順利完成此項作品。

柒、結論

透過第五章的研究結果與第陸章的討論，本章作結論與建議。共分為二部份，一、結論；二、建議。

一、結論

本次科展主題為 Invelox2.0 風速增幅系統之研究，我們利用各種電腦繪圖軟體與機械設備製做出風速增幅系統裝置，並透過實際測量結果與傳統的系統互相比較，由表 5-1 所示，我們所設計的裝置系統比傳統的系統更加優異。經由上述說明，代表本次提出的設計方式相較於傳統的方式是有意義的。如圖 5-14 所示，透過 Solidwork Flow Simulation 軟體進行數值分析，所獲得的結果與文獻相同，當風進入系統內部，管道突然變窄會產生文丘里效應，開始聚集且加速。透過模擬結果，我們可以討論不同方式的製作出風口速度的差異性。表 5-1 中表示，3D 列印集風口之曲面設計在尾部出口的風速會優於雷射雕刻製作與傳統的系統。

二、建議

因為製作 Invelox2.0 系統需要耗費人工與時間，本次研究僅分析 Invelox2.0 風速增幅系統在一個方位來聚集風速的情況，未來希望可以利用 Solidwork 軟體中 Simulation Flow 來模擬各式各樣的不同角度、不同漏斗形狀的設計與尾部不同直徑大小的情況，來分析出口風速的情況。

捌、參考文獻

- 林瑞珠、陳韋名、沈政雄（2016）。再生能源發電設施設置之法律與跨部會協力研析：以申設離岸式風力發電廠為例。 *臺灣能源*， **36**(1)， 25-39。
- Kadlag, D., Sushma, B., Vishal, B., Bhagyashri, R., & Prafull, D. (2019). Invelox windmill. *Journal Of Emerging Technologies and Innovative Research*, *6*(2), 91-94.
- Allaei, D., & Andreopoulos, Y. (2014). Invelox: description of a new concept in wind power and its performance evaluation. *Energy*, *69*, 336–344.
- Narendrabhai, P. S., & Desmukh, Dr. T. S. (2018). Numerical simulation of flow through invelox wind turbine system. *International Journal of Renewable Energy Research*, *8*(1), 292-301.
- Ding, L. (2020). Study of invelox wind turbine considering atmospheric boundary layer: based on numerical simulation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1-6.
- Sotoudeh, F., Kamali, R., & Mousavi, M. S. (2019). Field tests and numerical modeling of invelox wind turbine application in low wind speed region. *Energy*, *181*, 745-759.
- 王雪娥、陳進煌（2020）。 **電腦輔助繪圖實習 AutoCAD2020**。新北市：全華圖書。
- 許中原（2020）。 **SOLIDWORKS2020 基礎範例應用**。新北市：全華圖書。

【評語】 052406

- 一、 本實驗研究風速增幅系統，使用計算流體力學軟體進行設計並分析漏斗管道產生的文丘里效應，選用雷射雕刻與 3D 列印技術，製作風速增幅系統裝置，利用風速計測量風速，驗證其優於傳統系統，可提升實作組構與科學分析之能力。
- 二、 對於模擬軟體的使用來源以及該軟體的模擬原理之說明不夠詳盡，實驗作品應該附上整體的尺寸。報告上的有些圖片較為模糊，無法看清楚其座標軸，宜改善。
- 三、 此風速增幅系統模型尺寸是否影響風速之試驗量測結果? 3D 列印機通常使用熱溶膠條成型構件，雷射雕刻機使用白俄羅斯木實際切割構件，不同材質與製作方式對其系統的影響程度為何？

作品簡報

Invelox2.0風速增幅系統

科別：工程科學(二)

組別：高級中等學校組

作品編號：052406

研究動機與目的

- 綠能源為現代各國研究的一大課題，目前綠能方面以風力發電應為主。本研究以風塔外觀為樣式之風速增幅系統，塔型的設計更利於建築內且不會因龐大旋轉的葉片佔到太多空間，並將此系統的概念推廣至農業與工業上。

研究目的

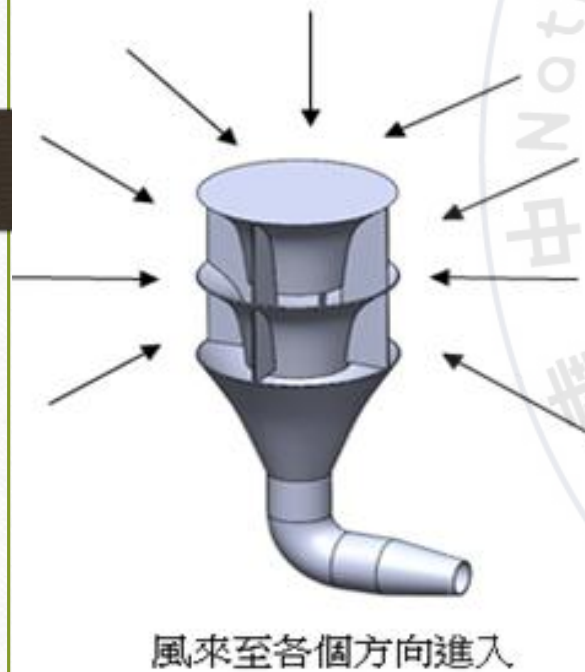
- 1.綠能發電
- 2.塔型外觀
- 3.伯努利方程式
- 4.風速增幅系統

研究問題

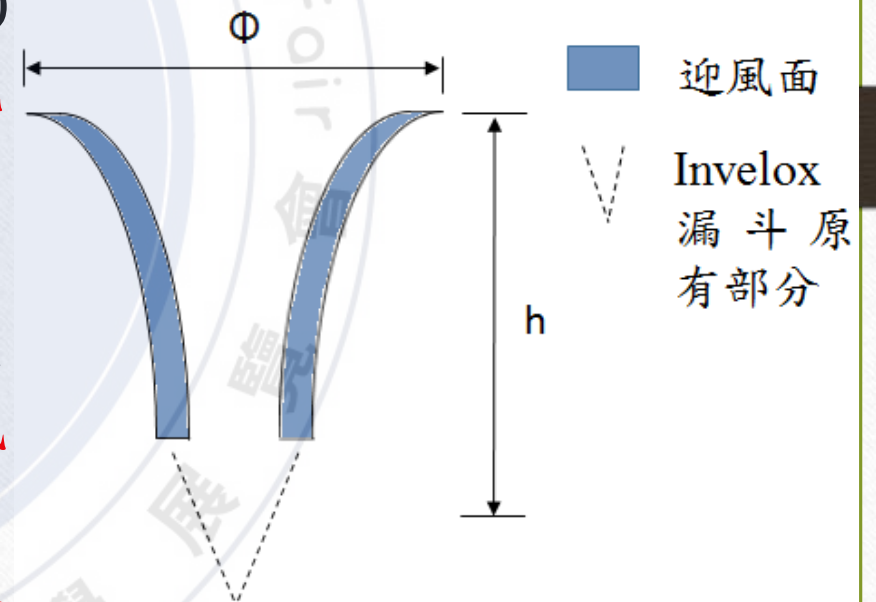
- 1.1 Invelox系統原理 1.2 Invelox優點
- 2.1 2D/3D電腦輔助設計 2.2 漏斗製作
- 3.1 Flow Simulation數值模擬 3.2文丘里效應
- 4.1 雷射雕刻模型製作 4.2 3D列印模型製作
4.3 實驗數據分析

研究方法與結果

- Invelox的基本原理，上方類似漏斗形狀為**集風口**，風傳四面八方來，當風進入系統內部，管道突然變窄會產生**文丘里效應**，並開始**聚集且加速**（Allaei, D., et al., 2014）。

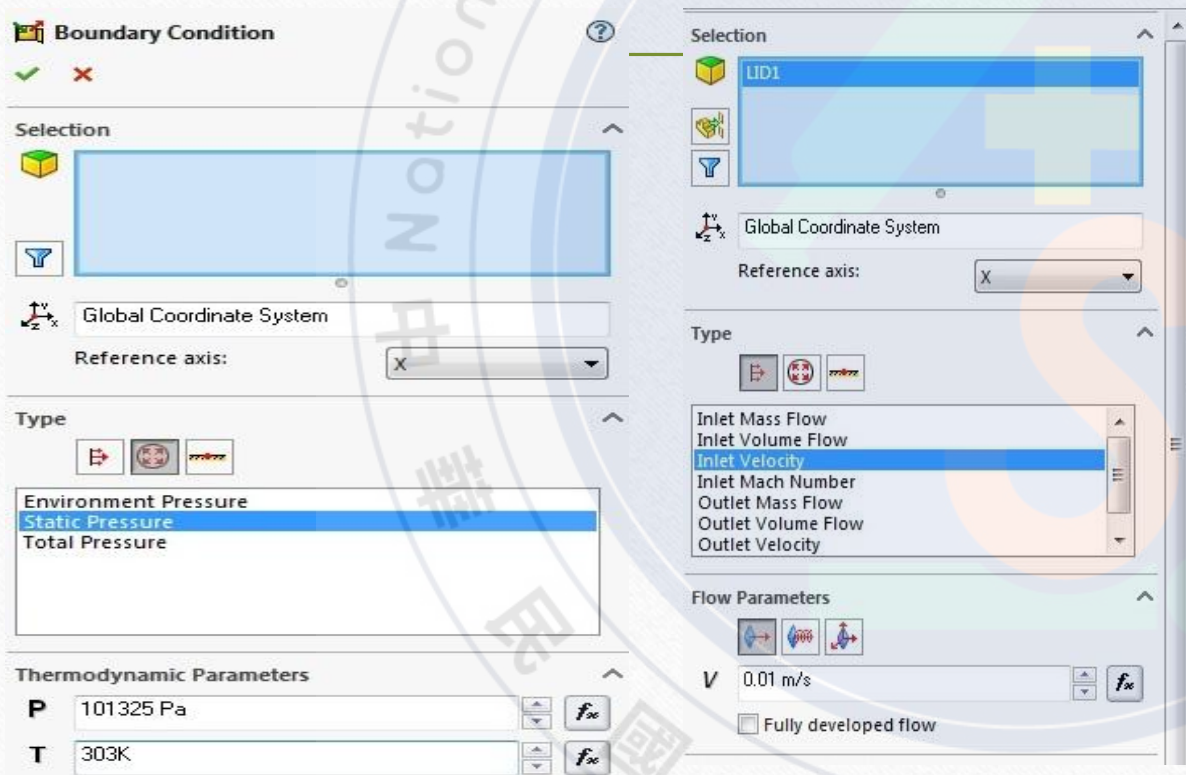


- Invelox與本研究的Invelox2.0兩者的差異在於2.0**漏斗的底部開了一個洞**。
- 在相同的圓直徑下漏斗會因為高度對迎風曲面產生變化而2.0可以使用**最適合的迎風曲面**不斷的堆疊以達到在相同直徑下比傳統Invelox有**更大的迎風面積**。



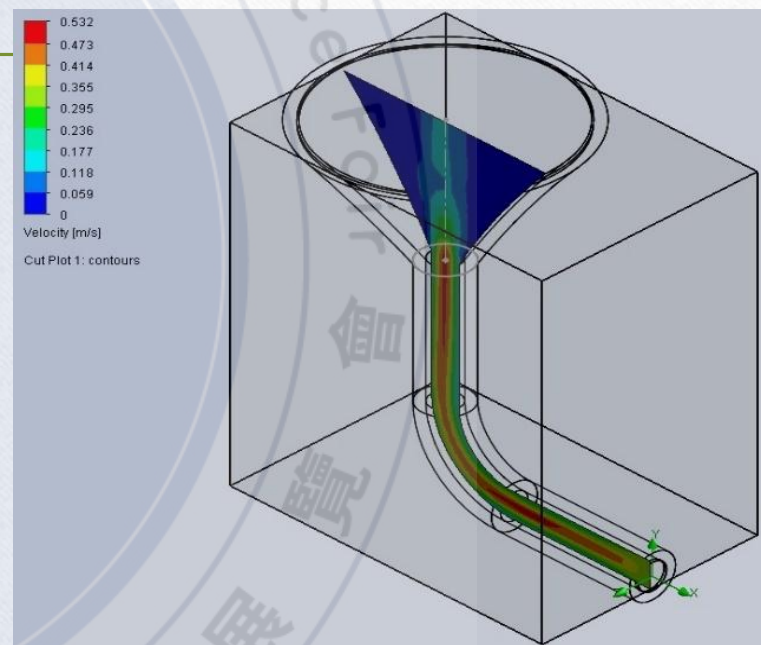
一、Flow Simulation 數值模擬

- 設定邊界條件，牆面溫度為303K、假設漏斗上方有渦輪機，假設一大氣壓；設定初始條件，假設尾部出口微風初始速度微0.01m/s。



設定壓力

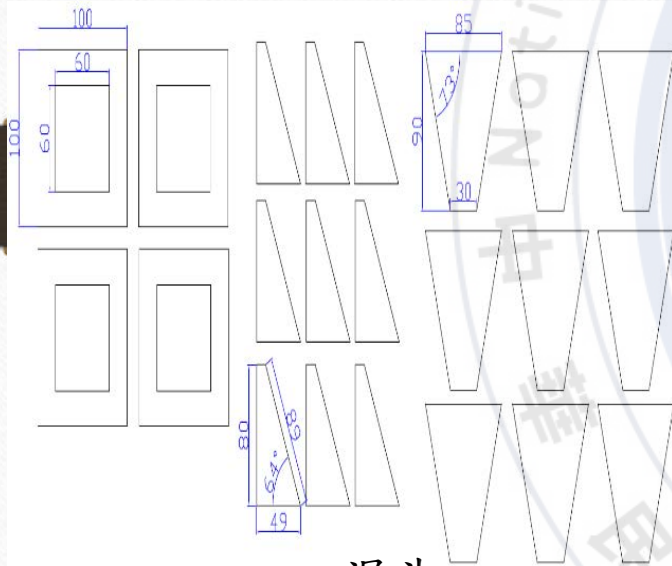
設定初始速度



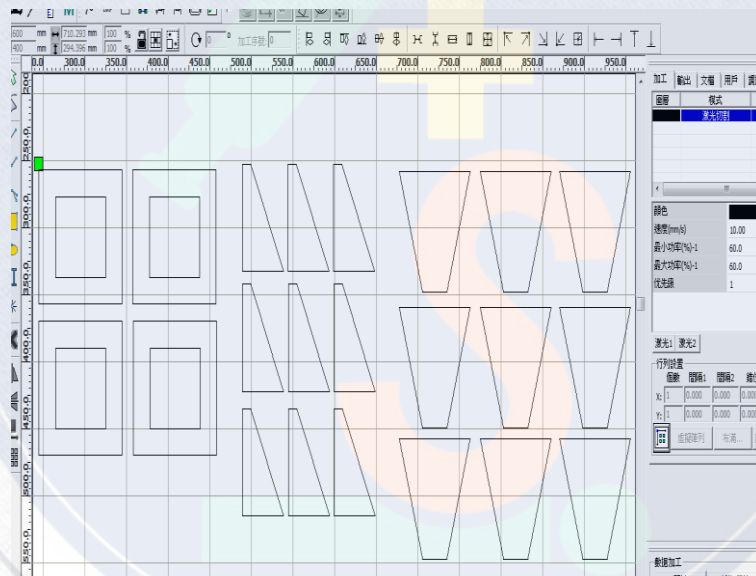
- 當微風通過內管道且管子突然變窄風速會增加的情況。這代表此模型式符合文丘里效應。

二、雷射雕刻製作模型

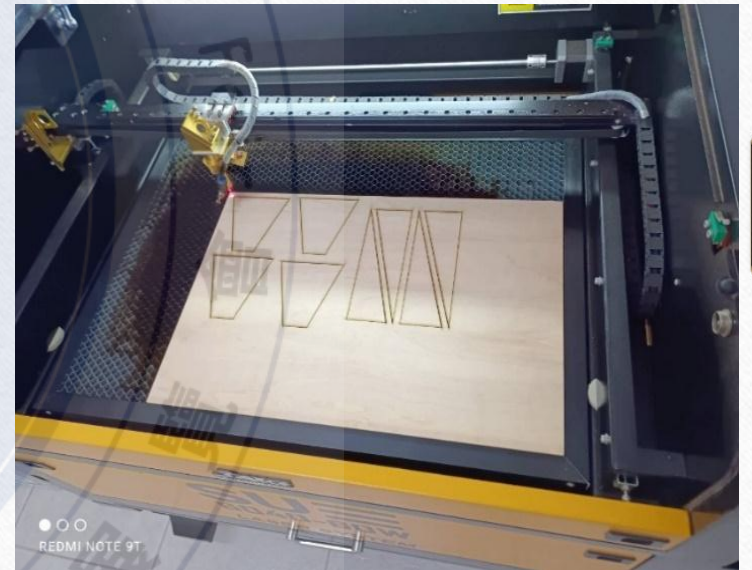
- 漏斗設計圖形，第一部分大小外內框為100mm×100 mm與60mm×60mm；第二部分三角形寬高為49mm×80mm，夾角為64°；第三部分為梯形上底下底高為30mm×85mm×90mm，夾角73°。



漏斗



RDWORK軟體



雷射雕刻實際切割

- 將AutoCAD繪製好圖形之後，進行轉檔成DXF檔案與匯入至RDWORK雷射切割軟體，並設定雷射切割**功率為60W**，**速度為10mm/s**。

二、雷射雕刻製作模型

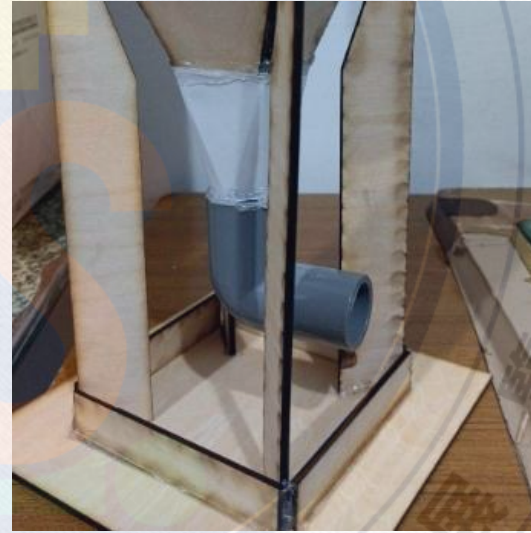
- 將3個漏斗形狀與其上層U型葉扇裝置完成。最後是加裝尾部PVC管子裝置上去，完成Invelox2.0系統完成圖。



葉片內部組裝



部分組合



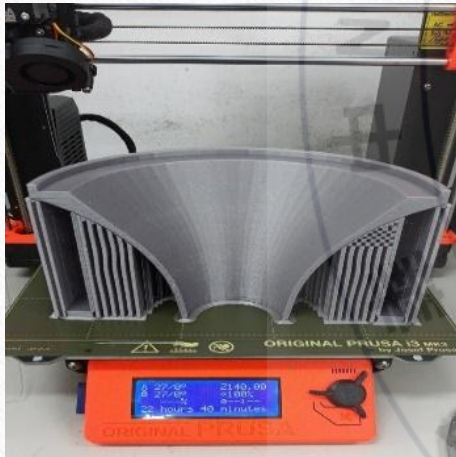
PVC管子裝置



Invelox2.0系統完成圖

三、3D列印製作模型

- 列印三層漏斗的圖形，並將**三層連接**起來，繪製渦輪零件，並透過3D列印機印出零件。透過雷射雕刻製作支撐底座。利用手工藝製作U型葉扇。最後把全部零件組裝完成。



3D列印漏斗



3D列印渦輪

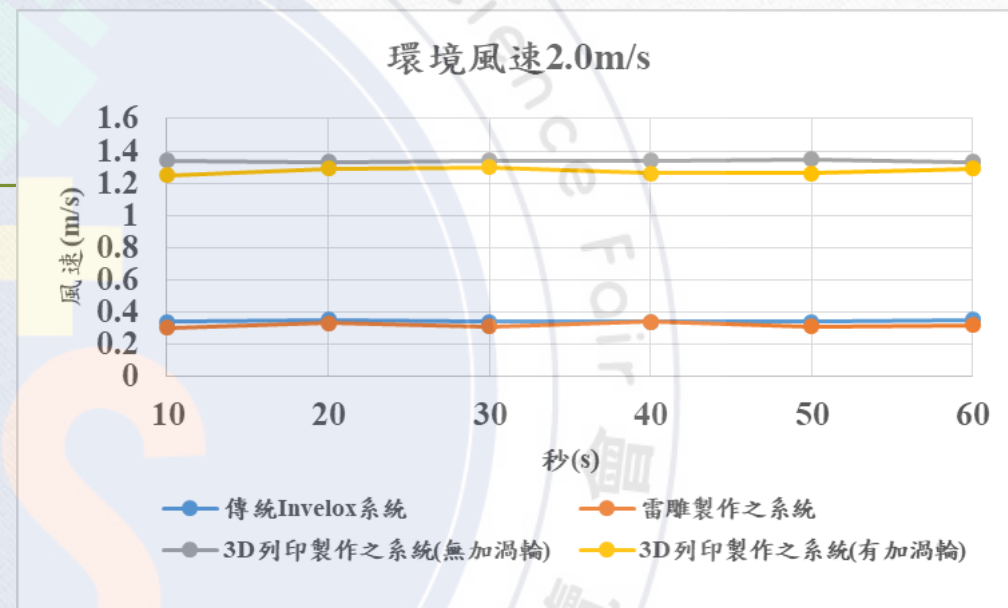
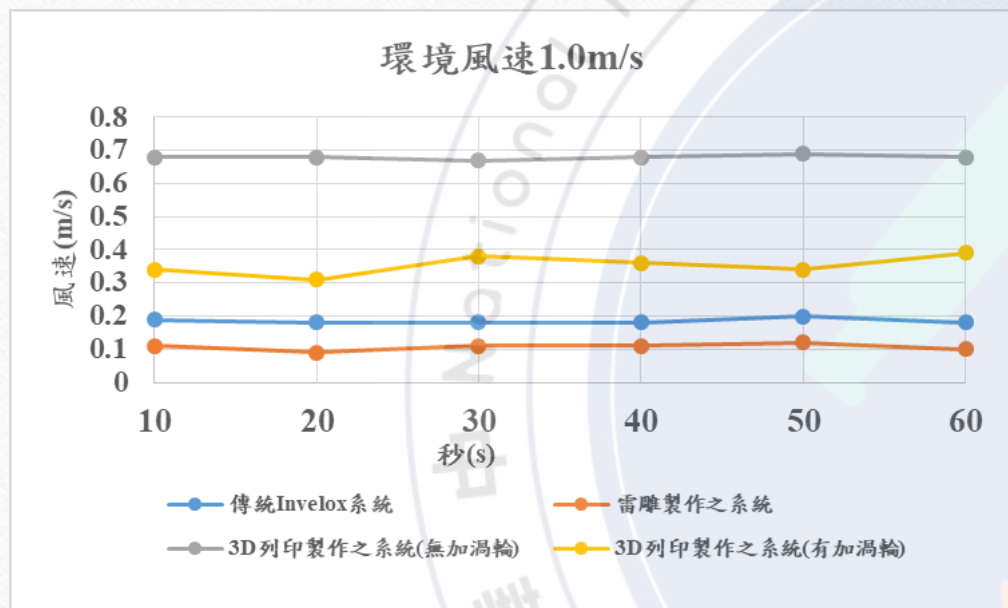


內部組合



Invelox2.0系統完成圖

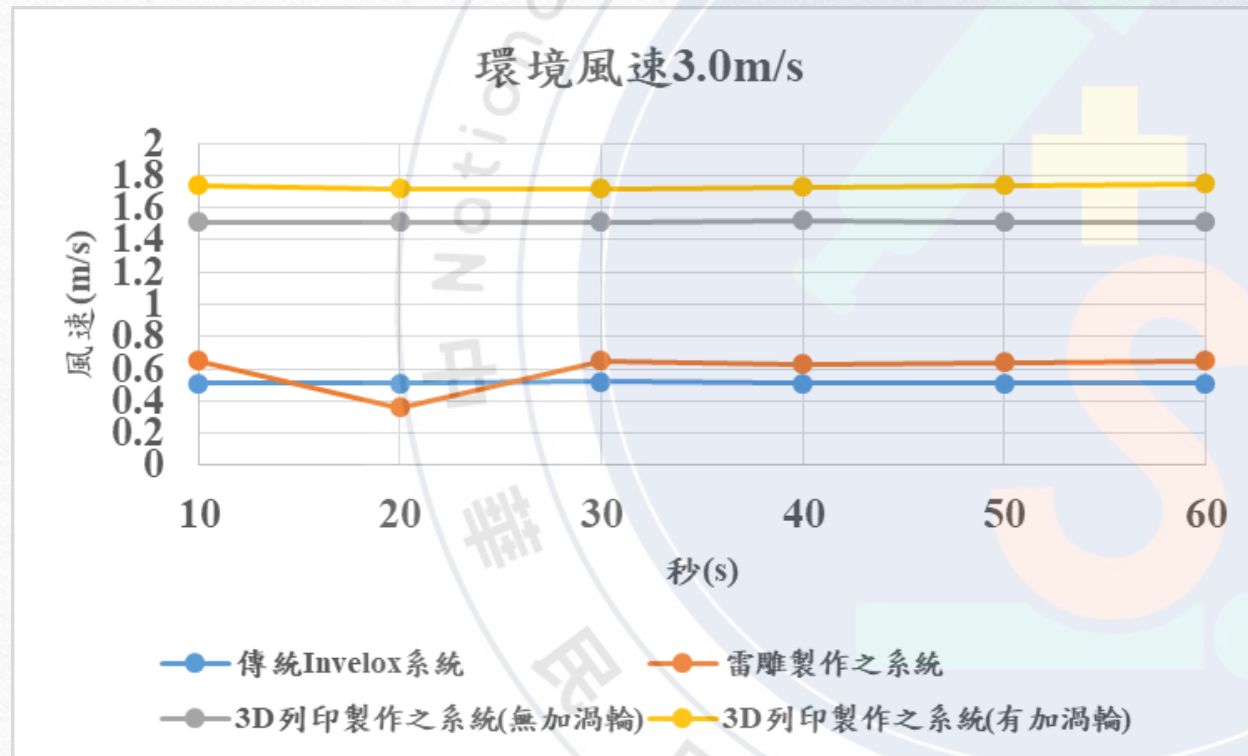
四、風速計測量



從圖中環境風速約在1.0m/s時3D列印的裝置與雷射雕刻的裝置有差距，且加裝渦輪的Invelox2.0在1分內6次的波動都較為大，則沒加裝渦輪的裝置較為平順。

從圖中可發現環境風速約在2.0m/s時，有加裝渦輪的Invelox2.0裝置速出風速度開始接近Invelox與無渦輪Invelox2.0，且波動變小。

四、風速計測量



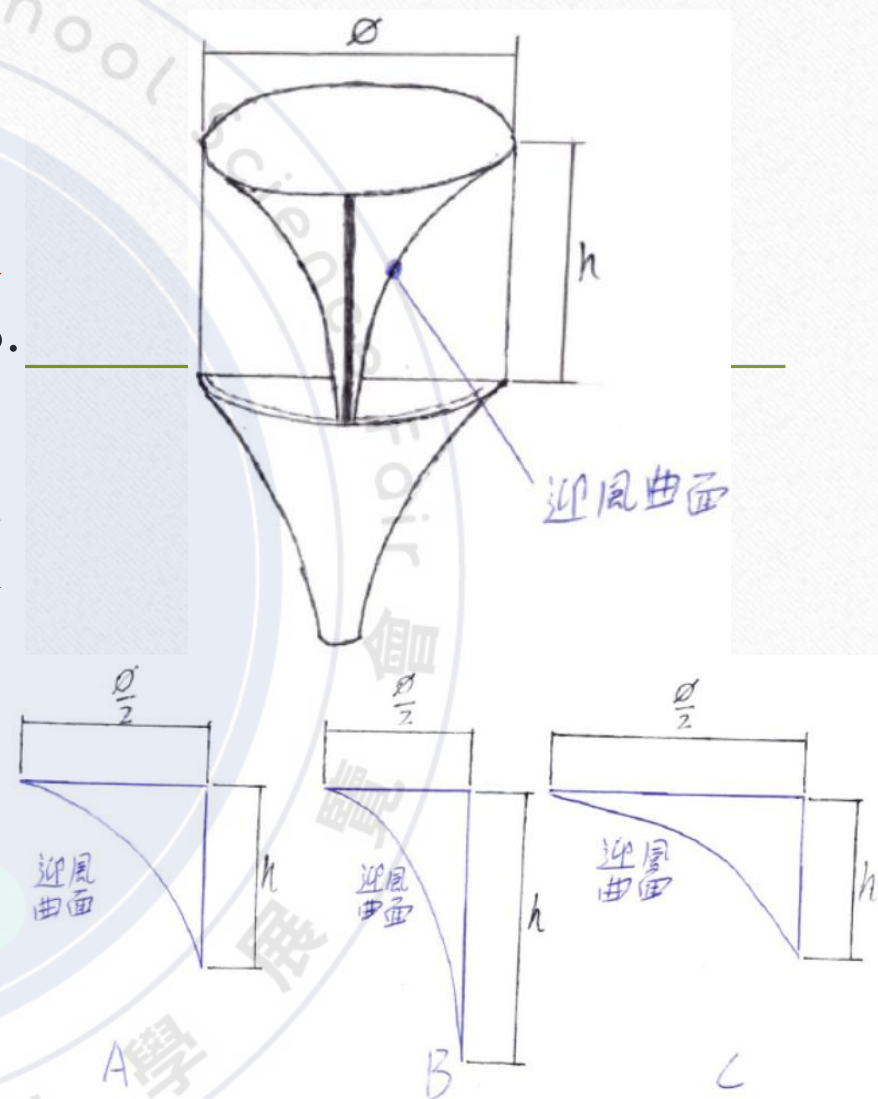
當環境風速約超過 **3.0m/s** 時加裝渦輪 Invelox2.0(3D 列印及雷射雕刻徹底超過 Invelox 和 Invelox2.0 無加裝風扇之系統的風速。

研究討論

- 依據實驗數據，雷雕所製作的和3D列印的Invelox2.0系統有差距，因雷雕作品的迎風面為**斜面**所以容易**產生擾流**，則3D列印的為**曲面**更符合實際設計的情況。
- 環境風速2.0(m/s)，無論是雷雕製作或3D列印(加渦輪)風速都略低於無加渦輪，原因為當環境風速高時直立U型葉扇帶動的渦輪**造成推進比大於**進入風速，而環境風速慢時，渦輪**推進比小於**進入風速，此時的渦輪反而**造成干擾**。
- 環境風速皆比各個系統的平均風速還快，主要原因是利用電風扇吹風，且風速計直接測量風速，而本研究所設計的系統僅利用木板雷切、手工製作與3D列印製作出的作品**表面較為粗糙**而影響出口風速。

結論

- 雷射雕刻製作或3D列印製作之平均風速皆比傳統系統還優異，且研究與其他文獻的結果相同（Allaei, D. et al, 2014; Narendrabhai., P. S. et al.,2018），代表研究是成功且有意義的。
- Invelox與本研究Invelox2.0兩者差異，2.0漏斗的底部開了一個洞，相同圓直徑下漏斗會因高度對迎風曲面產生變化，而2.0使用最適合的迎風曲面不斷的堆疊以達到在相同直徑下比傳統Invelox有更大的迎風面積。
- 在3D列印的系統中，最高風速為1.73m/s優於傳統系統的0.51m/s，代表3D列印的曲線設計更符合實際情況。



未來展望

- 本研究透過安裝發電模組來實際提供風力發電，希望未來能透過Invelox2.0系統推廣至農業與工業上。

