

新竹市第四十三屆中小學科學展覽會

作品說明書

科 別： 生應(一) 機電與資訊

組 別： 國小組

作品名稱：風的捷徑-讓風力發電更有效的神奇裝置

關 鍵 詞：風力發電、風洞效應、綠能

編 號：

風的捷徑-讓風力發電更有效的神奇裝置

摘要

本研究旨在探討利用風洞效應提升小型風力發電機效率的可行性，設計遮板並於其上開孔以集中氣流，藉以增加風力發電機葉片區域的風速。實驗分別分析無遮板狀況下風力集中位置與角度對發電功率的影響，並測試加裝不同形狀孔洞遮板後的風速與發電效率變化。結果顯示，加裝開孔遮板能有效提升風速與發電功率，其中，在相同開孔面積下，圓形孔洞設計效果最佳，能顯著集中氣流並增強動能。研究證明遮板設計對小型風力發電裝置的效能優化具有潛力，並建議未來可進一步測試蜂巢狀或不規則排列的孔洞設計，以及優化孔洞邊緣形狀，結合流體力學模擬與實驗數據，探索最佳化設計方案，為以風力為基礎的綠能發電提供成本低廉且高效的解決方案。

壹、前言

去年山陀兒颱風侵台時造成許多的災害，當中有一則網路新聞-「山陀兒風雨急速狂刷高樓！「風洞效應」如龍捲風 一類建案易發生 (<https://udn.com/news/story/124229/8268219>)」，提到「風洞效應」，特別引起我的注意，於是進一步查找「能源教育資源總中心 (<https://learnenergy.tw/>)」的相關資料，發現到風在流經一個較窄的空間時，其風速會提升。而這就讓我聯想到風力發電，風力發電是利用風吹動風力發電機葉片旋轉，帶動發電機將風的動能轉換為電能的技術，而影響風力發電效率的主要因素包括風速、葉片設計、發電機效率等。其中，風速對發電量的影響最大，根據風能公式：

$$w = (1/2)rAv^3$$

(r 為空氣密度，A 為葉片掃掠面積，v 為風速)

風能與風速的三次方成正比，換句話說，若其他條件不變，風速增加一倍，風能在理論上可以增加八倍。因此，即使風速有些微提升，也能顯著提高可用的風力功率。實際上風

力發電機亦無法將風能百分之百轉換為電能，根據貝茲定律（Betz's Law），水平軸風力發電機的最大效率約為 59.3%（能源教育資源總中心，2025a）。然而，這個極限僅適用於無任何輔助裝置的風力發電車。為了突破此限制、提高風機的實際輸出，人們嘗試使用各種方法來增加經過風力發電機的有效風速與風量，例如：在風機上加裝導流或聚風裝置。

相關研究顯示，導流罩、擴散器及風透鏡等裝置能透過改變氣流路徑來提高風速。例如，日本九州大學的研究指出，加裝環形擴散器更能將風速提高 1.2 至 1.5 倍，使發電量顯著增加(Newtalk 新聞，2015)。此外，伯努利定律指出，流體流過狹窄區域時，速度將上升、壓力降低，形成吸引更多氣流進入的效果(苗君易，2003；維基百科，2025)。本研究試圖應用這些概念，在遮板上開孔，以調整氣流進入葉片區域的方式，來測試其對風速與發電量的影響。

綜合上述，本研究嘗試探討一種簡單的方法：在風力發電機的風扇（葉片）前加裝一個遮板，利用風洞效應來提升風速(能源教育資源總中心 b，2025)，進而提高風力發電效率的可行性。我們想了解，遮板是否可以產生類似風洞或狹管的作用，使氣流被迫加速通過風力發電機葉片區域，增加風輪獲得的動能。基於此研究基礎，本研究將探討在風機前方加裝平板遮板，並於遮板上設置各種不同形狀以及不同面積的孔洞，瞭解遮板上的開孔設計是否能提高穿過風機葉片區的風速，進而提升風力發電機的發電效率？如果可行，這將提供一種成本低廉且簡易的方式來優化小型風力發電裝置的效能，也希望藉此，讓住在風城的我們，有機會可以透過東北季風的威力，為校園設計一個小型風力發電系統以達到綠能發電的效果。

基於上述，本研究探討以下四個待答問題：

- 一、在無遮版狀況，風力集中於發電機「風扇不同位置」的發電功率情形分別為何？
- 二、在無遮版狀況，風力以「不同角度」吹向發電機之風扇的發電功率分別為何？
- 三、加裝遮版後，風通過遮版上不同形狀孔洞，其風速分別為何？
- 四、加裝遮版後，風通過遮版上不同形狀孔洞，其發電功率分別為何？

貳、研究設備及器材

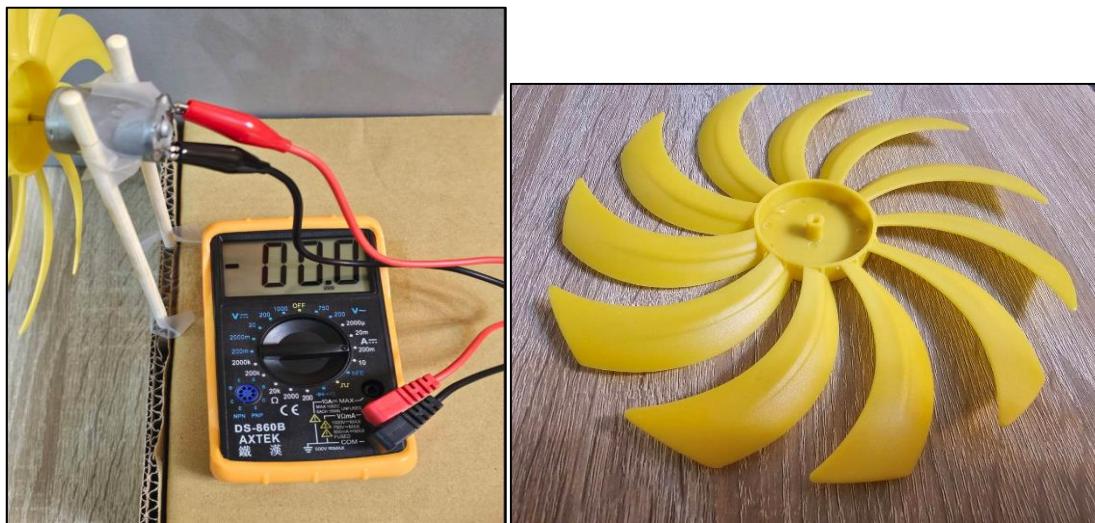
一、風源：為使風速穩定，本研究採 SOTHING 向物高速手持風扇 (型號：DSHJ-S-2324) (如圖一)。



▲圖一、固定風速的電風扇

二、風力發電機與數位電表 (圖二)

1. 風力發電機：風扇葉直徑 17 公分、輸出電壓：直流 DC0.001~5.5V、輸出電流：0.01~100mA、轉速：100~6000 轉/min。
2. 數位電表：鐵漢牌 AXTEK DS-860B。



▲圖二、風力發電機與數位電表(左)，風力發電機的風扇結構(右)

三、 遮板材料：以紙板設計三種面積相等之開孔形狀的遮版，分別為圓形、正方形、三角形 (圖三)



▲圖三、遮板開孔分別為圓形、正方形、三角形

四、 風速計：本研究採用 DUKA AM-1 風速計(圖四)。

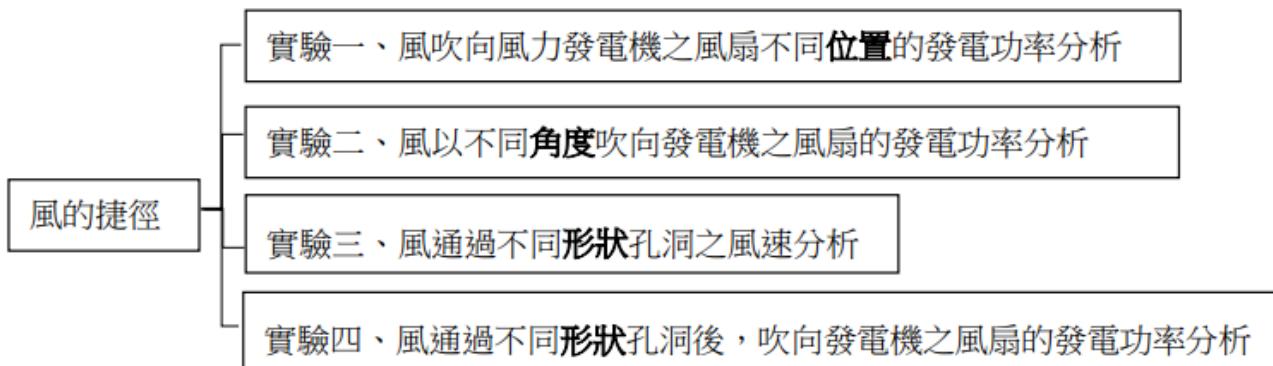


▲圖四、風速計

參、研究過程或方法

本研究旨在探討於風力發電機前方加裝平板遮板，藉由不同形狀與面積的開孔設計，產生類似風洞效應，使氣流加速通過風力發電機之葉片區域，來提升風速與風力發電的效率，希望藉此可提供一種低成本且簡易的方法，來優化小型風力發電系統的效能，進而藉由

風城的強風來為學校提供一個風力發電的架構，以達到綠能發電的效果。基於此，本研究設計四個實驗來回應待答問題，研究架構如圖五，研究過程與方法說明如下：

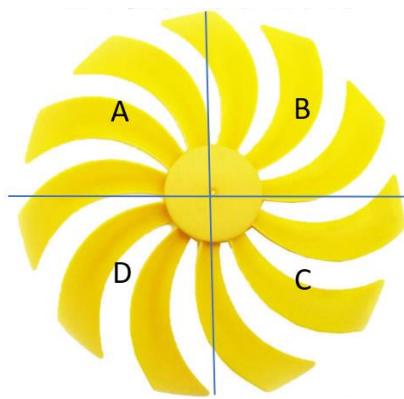


▲圖五、研究架構圖

一、變因設定

(一)、操作變因：

1. 遮板開孔的形狀（等面積之圓形、方形與三角形）
2. 風力集中於風力發電機之風扇 A、B、C、D 四個不同區域位置（如圖六）
3. 風力吹入風扇的角度（0 度、30 度、60 度）



▲圖六、風力集中位置分區編號

(二)、應變變因：

風力發電機輸出電壓 (V) 、輸出電量 (A)

(三)、控制變因：

風源風速、風力發電機與遮版距離、環境條件（室內無外風影響）

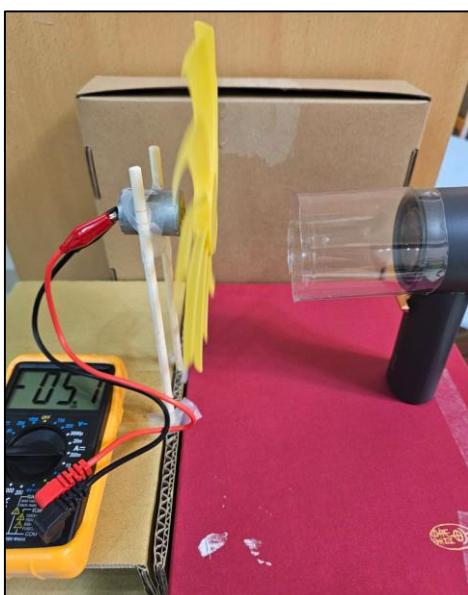
二、實驗步驟

(一)、步驟一：製作遮版

本研究使用厚紙板製作成平板遮板，並於上方開設不同形狀的孔洞（圓形、正方形、三角形），並確保每種形狀孔洞的面積相同（圖三）。

(二)、步驟二：固定風力發電機與風源設置

將小型風力發電機固定於一個穩定的平台上，確保風扇葉片可以正確對準風源，使風扇軸心與氣流方向一致，且確保風扇在運轉時不會搖晃或傾斜（圖七）。此外，本實驗使用具穩定風量的風扇作為實驗風源，且可控制風源的出風速度與位置穩定，並確保實驗期間風速維持恆定，避免風速的波動導致實驗數據誤差。



▲圖七、風力發電機與風源裝置

(三)、步驟三(即實驗一)：無遮版狀況下，風力集中於「風扇不同位置」之發電功率的測量

本部分進行無使用遮板的測試，並了解風力集中於發電機風扇不同位置的發電功率。開啟風源後，待風速穩定，將風力集中於發電機風扇之 A、B、C、D 不同位置(圖六)，並使用數位電表測量風力集中在不同區域產生之電壓與電流數值。測量過程，每隔五秒記錄一次電壓與電流數值，共紀錄三次，分別取電壓與電流數值的平均值後，轉換為發電功率數值，接著，找出發電功率數值最高的區域為基礎值，以方便進行後續加裝遮板的實驗組進行比較。

(四)、步驟四(即實驗二)：在無遮版狀況，風力以「不同角度」吹向風力發電機之風扇的發電功率測量

本部分依據步驟三的發現，進行無使用遮板的測試，並了解風力以不同角度吹向發電機風扇的特定位置(步驟三得知的發電功率數值最高區域)的發電功率。開啟風源後，待風速穩定，將風力以不同角度吹向發電機風扇不同位置(圖八)，並使用數位電表測量風力集中在不同區域產生之電壓與電流數值。測量過程，每隔五秒記錄一次電壓與電流數值，共紀錄三次，分別取電壓與電流數值的平均值後，轉換為發電功率數值，接著，找出發電功率數值最高的角度為基礎值，以方便進行後續加裝遮板的實驗組進行比較。



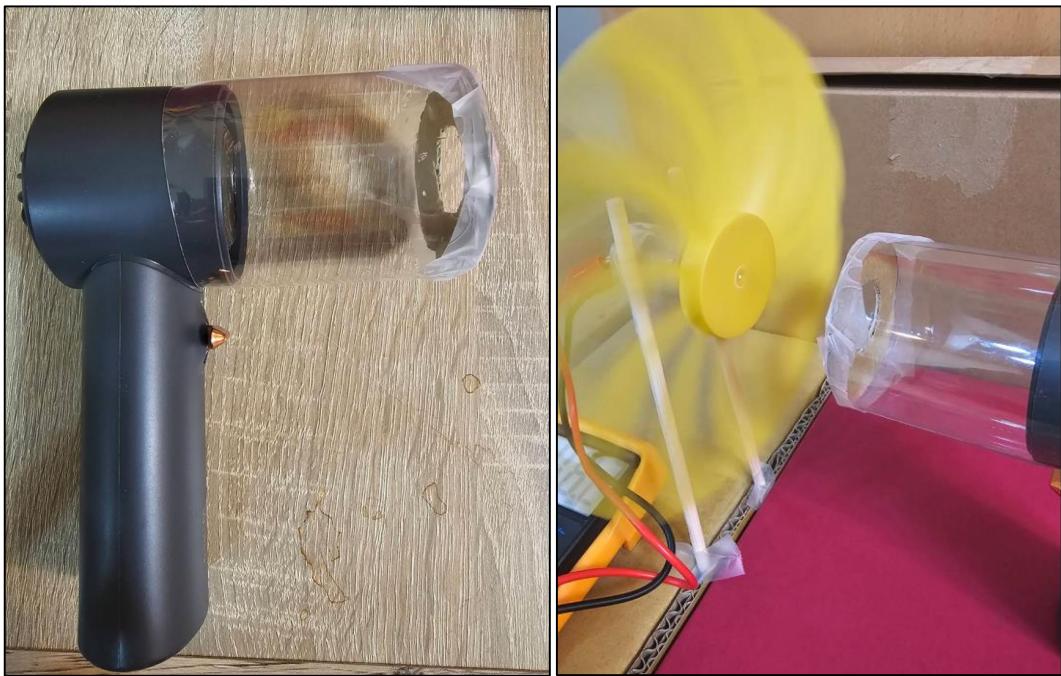
圖八、不同角度吹向發電機之風扇(左：0 度，右：30 度)

(五)、步驟五(實驗三、實驗四)：風力發電機加裝遮板後之發電與風力數據蒐集

開啟風源後，待風速穩定，依據步驟三與步驟四的發現，將風力以特定角度(步驟四的結果)集中於發電機風扇的特定位置(步驟三的結果)，接著，依序在風源安裝不同孔洞形狀的遮板於發電機風扇前方，並依序採用風速計與數位電表測量風速(圖九)，以及風力發電機的電壓與電流數值(圖十)。同樣地，每種遮板樣本都必須重複測量至少三次以上，將電壓與電流數據平均，並轉換為發電功率數值。



▲圖九、風速測量的架構(左邊為風速計)



▲圖十、在風源安裝有不同形狀孔洞之遮板(左)，風力集中於風扇特定區(右)

(六)、步驟六：進行統計分析與報告撰寫

將步驟三~步驟五的數值整理成表格，並且繪製成柱狀圖進行分析與討論。

肆、研究結果

一、風力集中風扇位置的發電功率影響分析

由於扇葉有一個特定的彎曲角度(圖二)，為了瞭解這個彎曲角度是否對於風力發電的功率有影響，本部分研究嘗試將風源聚焦吹向風扇的不同區域，來了解風源聚焦吹向不同風扇區域時，其發電效率的差異情形。

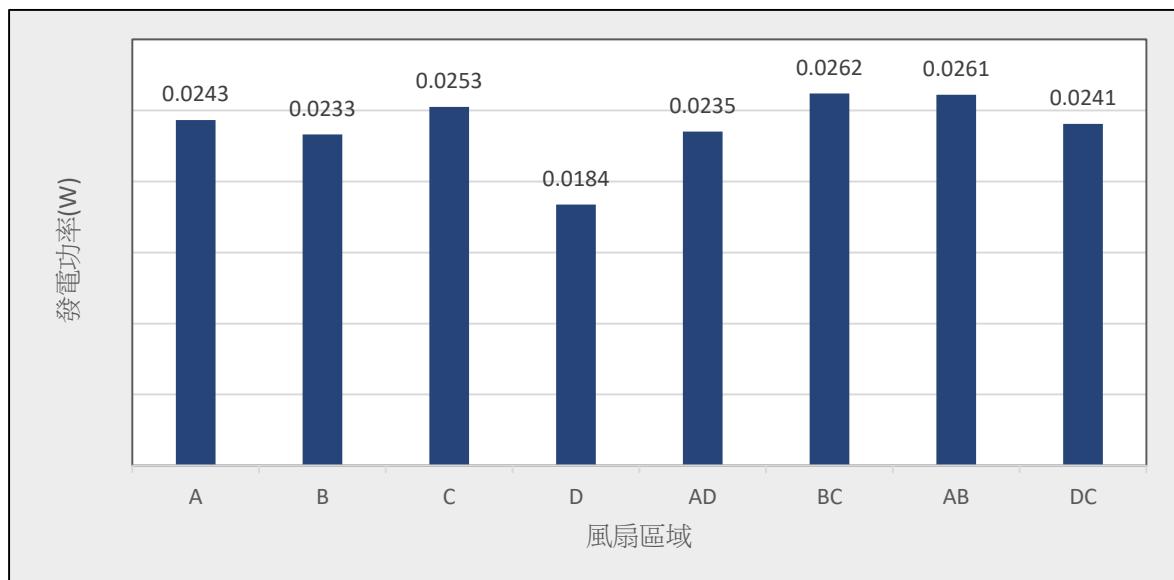
實驗過程使用數位電表，每次測量間隔 5 秒，各測量一次電量(A)與電壓值(V)，共測量三次，然後求出電量(A)與電壓值(V)之平均值後，藉由下方公式，換算成為發電功率，如表一與圖十一所示。

$$\text{發電功率 (W)} = \text{電壓 (V)} \times \text{電流 (A)}$$

由表一可以發現，吹向不同區域的發電功率略有差異，其中以同時吹向 BC 區(第一與第四象限)的發電功率最高，以吹向 D 區(第三象限)的發電功率最低。

表一、風力集中風扇不同位置的發電情形

區域	電量 1(A)	電量 2(A)	電量 3(A)	伏特 1(V)	伏特 2(V)	伏特 3(V)	發電功率(W)
A	0.0107	0.0108	0.0107	2.2900	2.2000	2.3100	0.0243
B	0.0102	0.0101	0.0102	2.2900	2.3000	2.2900	0.0233
C	0.0100	0.0101	0.0102	2.4900	2.5000	2.5100	0.0253
D	0.0078	0.0079	0.0080	2.3200	2.3500	2.3100	0.0184
AD	0.0103	0.0104	0.0105	2.2500	2.2700	2.2600	0.0235
BC	0.0107	0.0108	0.0107	2.4300	2.4400	2.4500	0.0262
AB	0.0107	0.0108	0.0106	2.4400	2.4300	2.4500	0.0261
DC	0.0100	0.0099	0.0098	2.4200	2.4300	2.4400	0.0241



▲圖十一、風力集中風扇不同位置的發電功率比較圖

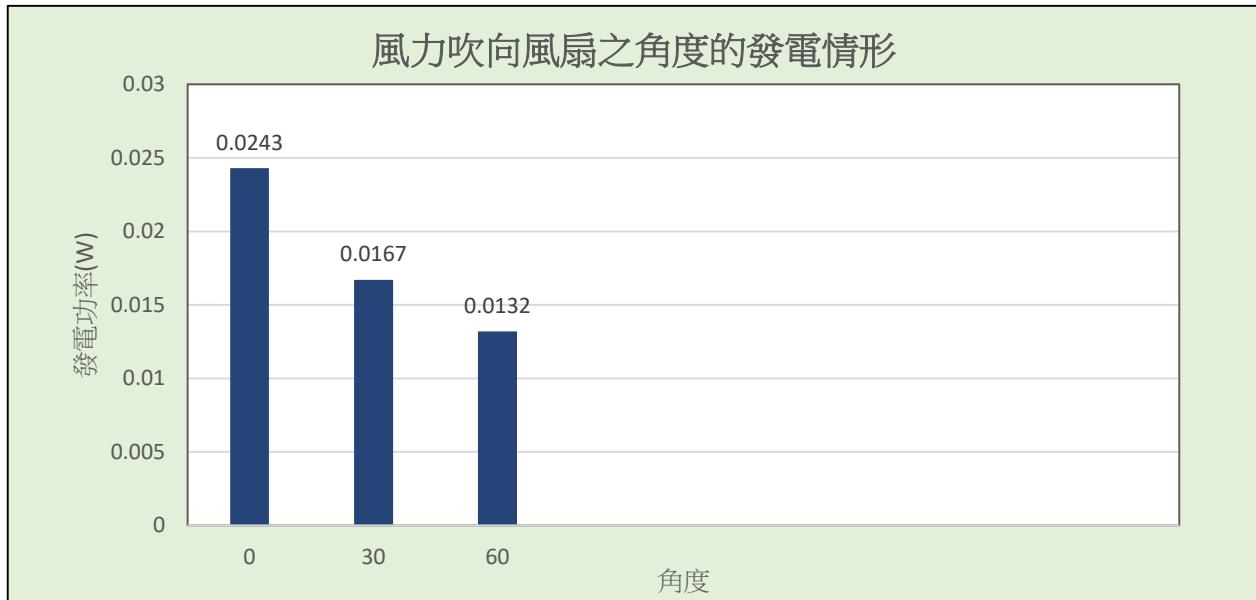
二、風力吹向風扇之角度的發電功率影響分析

延續實驗一，本部分將風源以不同角度(0 度、30 度、60 度)吹向風扇的 BC 部分(圖八)，實驗過程亦使用數位電表，每次測量間隔 5 秒，各測量一次電量(A)與電壓值(V)，共測量三次，並轉化為發電功率，如表二與圖十二所示。

由表二可以發現，風源以不同角度吹向風扇 BC 區域的發電功率略有差異，其中以直吹(0 度)的發電功率最高，角度偏差越大，發電功率下降。

表二、風力吹向風扇之角度的發電情形

角度	電量(A)	電量(A)	電量(A)	伏特(V)	伏特(V)	伏特(V)	發電功率(W)
0 ^o	0.0107	0.0108	0.0107	2.2900	2.2000	2.3100	0.0243
30 ^o	0.0074	0.0075	0.0073	2.2600	2.2500	2.2600	0.0167
60 ^o	0.0067	0.0065	0.0067	2.0000	1.9900	2.0000	0.0132



▲圖十二、風力以不同角度吹向風扇 BC 部分的發電功率比較圖

三、遮板孔洞形狀的風速影響分析

本部分採用風速計，在距離風源 10cm 的位置，分別測量無遮版，以及不同遮板孔洞形狀下的風速，形狀分別為三角形、正方形、圓形，如表三所示。由表三可以發現，遮版的孔洞可以提高風速，而以在相同孔洞面積下，圓形孔洞之風速最大。

表三、風通過不同遮板孔洞形狀的風速情形

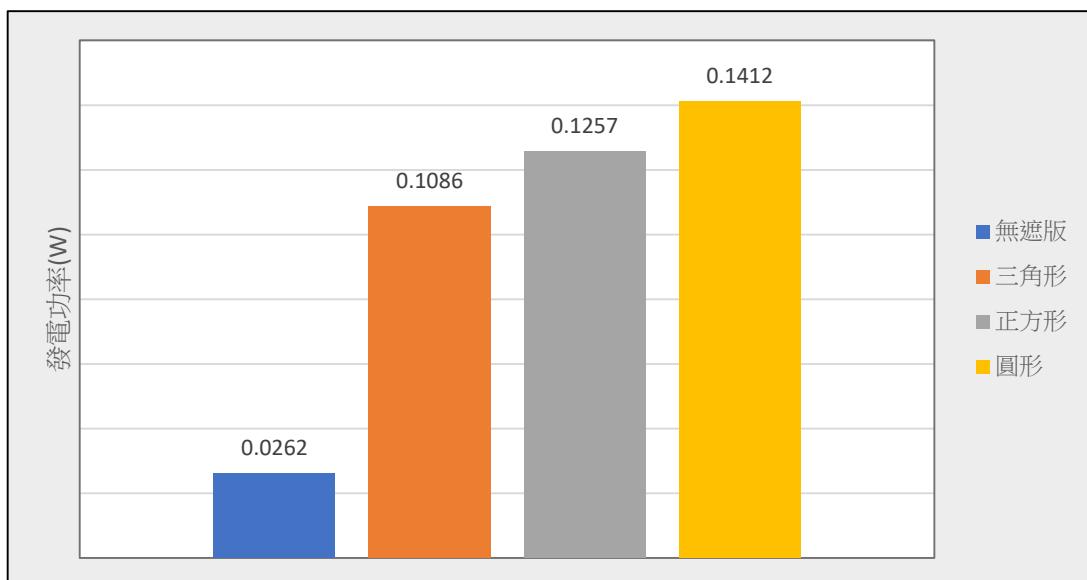
遮板	風速 (m/s)
無遮版	3.0
三角形	4.3
正方形	5.1
圓形	6.0

四、遮板孔洞形狀的發電功率影響分析

由實驗一與實驗二可知，將風源聚焦直接吹向風扇的 BC 區可以產生最佳發電效率，因此，本部分將風源吹向風扇 BC 區進行實驗。此外，本部分實驗亦將風源搭配遮版，並在遮版上切割出面積相同而形狀不同的開孔，形狀分別為三角形、正方形、圓形(圖十)。實驗過程使用數位電表，每次測量間隔 5 秒，各測量一次電量(A)與電壓值(V)，共測量三次，然後求出電量(A)與電壓值(V)之平均值後，並換算成為發電功率，如表四所示。由表四與圖十三可知，同樣面積的開孔，以圓形的發電功率最佳，而開孔若有角，角度越小（正方形角度為 90 度，三角形之角度為 60 度），發電功率越低。

表四、遮板不同孔洞形狀的發電情形

遮板	電量 1(A)	電量 2(A)	電量 3(A)	伏特 1(V)	伏特 2(V)	伏特 3(V)	發電功率(W)
無遮版	0.0107	0.0108	0.0107	2.4300	2.4400	2.4500	0.0262
三角形	0.0246	0.0247	0.0248	4.3500	4.4100	4.4300	0.1086
正方形	0.0265	0.0267	0.0264	4.7400	4.7300	4.7400	0.1257
圓形	0.0293	0.0296	0.0298	4.7700	4.7800	4.7800	0.1412



▲圖十三、遮板孔洞形狀對風力發電之影響比較圖

伍、討論

本研究發現，在風力發電機前方加裝開孔遮板，能有效集中風力，進而提高風速，以及提升發電效率。在相同開孔面積的前提下，圓形孔洞的設計能有效增強風速與發電量，這可能與圓形孔洞的流體動力特性有關。根據白努利定律，氣體通過孔洞可以增加其流速，而依據流體力學理論，圓形孔洞的邊緣效應較小，能降低渦流產生，進而減少能量損耗（苗君易，2003）。相較之下，具有尖銳角度的孔洞則可能因邊緣會產生較大的渦流區域，導致風速的分散與能量的損失。

陸、結論

本研究主要發現如下：

- 一、在無遮版狀況，風力集中於發電機風扇的第一與第四象限位置，有較佳的發電功率。
- 二、在無遮版狀況，風力以直吹的方式，集中於發電機風扇的第一與第四象限位置，有較佳的發電功率。
- 三、風通過圓形、正方形、三角形孔洞的遮版後，其風速均高於無遮版狀況，而其風速依序為圓形>正方形>三角形>無遮版。
- 四、風通過圓形、正方形、三角形孔洞的遮版後，其風速均高於無遮版狀況，而其發電功率依序為圓形>正方形>三角形>無遮版。

綜合上述，風通過面積相同且不同形狀孔洞之遮版（圓形、正方形、三角形）時，均能有效提高風速與發電功率，其中以圓形孔洞的遮版在提高風速與增強發電效率方面具有最佳表現。據此，建議可以在風力發電機前方加裝具有圓形孔洞之遮板，藉以提高推動發電機風扇的風速，且此設計之遮版，引導風通過圓形孔洞後直接吹向發電機風扇的第一與第四象限，將能更有效提高發電功率。

未來研究可進一步測試不同開孔排列方式，例如蜂巢狀排列或不規則分佈，這些排列方式可能可以進一步提升風速集中效果。此外，孔洞邊緣形狀的優化也值得更深入探討，結合流體力學模擬與實驗數據 (<https://www.ansys.com/zh-tw/products/fluids>)，將有助於尋找最佳化設計，並為小型風力發電裝置提供更具效率的解決方案。

柒、參考文獻

- 1.苗君易（2003）。流體力學知多少。臺南市：成功大學。
- 2.能源教育資源總中心（2025a）。貝茲定律(Betz' Law)--風力發電機的效率極限。取自：<https://learnenergy.tw/index.php?inter=knowledge&caid=5&id=585>

3.能源教育資源總中心（2025b）。【動手玩流力-原理】什麼是風洞。取自：

<https://learnenergy.tw/index.php?inter=digital&caid=9&id=276>

4.Newtalk 新聞（2015）。日本風透鏡風車曝光 發電量較傳統高 2 倍。取自：

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

5.維基百科（2025）。白努利定律。取自：<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E4%BC%AF%E5%8A%AA%E5%88%A9%E5%AE%9A%E5%BE%8B>