

利用微型風車演示風力發電和其負載

周鑑恒

過去十年，風力可稱得上是成長最快的能源。光是去年一年，德國風力發電機組容量足足增加了 44 %。借助航空工業之先進技術和採用複合材料，風力發電技術已日趨成熟，倘若台灣有意放棄高風險和高污染的能源，決心另覓代替能源，風力不失為極佳的選擇。演示風力發電之相關設備和原理，非但可啟發學生開發新能源的視野和信心，還可演示能量守恒、發電機原理、和交流供電系統之相關設備和原理，一舉數得。

自製此套設備所需的材料：

- (1) 截面積 $28 \times 10 \text{ mm}^2$ 、長 38 cm 的白楊木條若干（白楊木硬度不高，尤適於加工）；
- (2) 直徑 3 mm 玻璃纖維棒（一般美工刀難以切斷，須以小型砂輪裁切）；
- (3) $\pi \times 1.25^2 \times 0.4 \text{ cm}^3$ 釹鐵硼稀土強磁兩塊；
- (4) 直徑 10 mm、長約 6 cm 的 PE 棒；
- (5) 直徑 0.3 mm 的漆包線約 40 公尺；
- (6) 藍、白、橙、綠色特亮 LED（每個約 70 元台幣）；
- (7) 迷你白熾燈和 3W（6 伏特）白熾燈（到台北科技大學附近光華商場的電子零件行，購買功率最小的燈泡和 3 瓦特燈泡）；
- (8) 音樂卡（書局有售，每片約 60 元台幣）；和小型開關等。

所需的工具：

- (1) 小型車床和鑽床；
- (2) 砂紙、美工刀；
- (3) AB 膠、熱熔膠、雙面膠。

製程如下：依圖一所示，在白楊木條上仔細繪出螺旋槳葉（或稱旋翼）的輪廓（風車的螺旋槳葉與模型飛機之螺旋槳不同，在模型玩具店購得之螺旋槳或竹蜻蜓並不適用），於中心處先利用鑽床垂直鑽一直徑 3 mm 的孔，再大刀闊斧用美工刀（甚至用砂輪）削去不需要的部分，用砂紙仔細磨出精確的形狀。影響製作成敗的要訣只有兩點：（一）槳葉在各半徑處之攻角合理，亦即因槳葉旋轉的角速度一致，但槳葉在各半徑處之速度不同，愈外側速度愈快，風吹拂槳葉各半徑處的角度和速度亦因此不同，故螺旋槳葉在各半徑處之攻角亦必須製成不同（圖二所示），以使風對螺旋槳葉在各半徑處均作正功；（二）槳葉之截面要與飛機翼形剖面相同，以便風車高速旋轉時，因伯努力定律而產生極大的揚力（或稱升力），轉換風能之功率才會大。其次，在直徑 10 mm、長約 6 cm 的 PE 棒軸心鑽一直徑 3.2 mm 的孔，作為軸承。以適當長度的玻璃纖維棒塞入螺旋槳葉中心直徑 3 mm 的孔中，並用 AB 膠加以黏牢，玻璃纖維棒穿過 PE 棒軸心直徑 3.2 mm 的孔後，將兩塊稀土強磁也用 AB 膠牢牢黏在玻璃纖維棒穿出的部分（如圖三所示）。緊

接著，利用適當大小的圓柱，以一層漆包線一層雙面膠的方式，將漆包線纏繞約 100 匝，分別作成兩組相同的感應線圈（註 1）。同時製作一適當木座，將兩組感應線圈和 PE 棒軸承，用熱熔膠安裝在木座上（圖三所示），即完成風力發電機組，再用實驗室常用支架，支持整個風力發電機組。最後，準備四種不同之負載（註 1）：（甲）藍、白、橙、綠色特亮 LED；（乙）迷你燈泡；（丙）3W（6V）燈泡；（丁）自製橋式整流器和電子音樂卡（註 2）。

操作方式（註 3）：以家庭用 14 吋立扇之強風吹拂，風車置於風扇前約半公尺，此風力發電機組即高速運轉達到最高輸出功率（見圖四），產生約 15~20 伏特之電力，足可直接點亮串聯的藍、白、橙、綠色特亮 LED（見圖五）；亦可使迷你燈泡發光（見圖六）；經橋式整流，可使音樂卡奏出音樂（見圖七）。但若接上 3W 燈泡，因為過負載，由於磁煞車效應，燈泡一邊發光，風車一邊漸漸停了下來（見圖八）。

本模型尚有改良的空間。例如：雖如此設計的風力發電設備約可提供 15~20 伏特之電壓，但仍不足以負荷 3W 的白熾燈，不過若能製作多具風力發電機，以風力田的方式，並聯供電，即可穩定點亮一般 3W 的白熾燈，演示供電系統運作的情形；至於負載

方面，倍壓電路、穩壓線路，乃至於常見的迷你變壓器（台北科技大學附近光華商場有許多類型可供選擇，變壓器大小僅約 $1.5 \times 1.5 \times 1.5 \text{ cm}^3$ ）均可運用，頗有小人國麻雀雖小、五臟俱全的童趣，寓教於樂的教學效果分外特別。此外，搭配使用示波器，量測線路各點電壓之變化，乃至於使用閃頻器，偵測風車轉速（高達每分鐘 1500 轉以上），均有助於充實教學之內容。

注釋：

- (1) 參見 周鑑恒 劉源俊，迷你風力發電機，科學月刊 2001 年 10 月第 32 卷第十期 888~891 頁。該文中發電機只用一組線圈，本文加以改良，利用兩組感應線圈，上下疊合在一起而成，進一步提高發電之效率和輸出電壓；原模型只用一種負載，本文增為四種，以充分發揮此模型機組的演示功能，演示更完整豐富的相關現象。
- (2) 讀者可上 google 網站，輕鬆迅速獲得相關資訊。若手邊有現成書籍，也很容易可找到參考資料，原理均十分簡單。電子音樂卡書店有售。
- (3) 本文改良之模型機組，將作為台中自然科學博物館劇場教室演示教具，現場有專人詳細解說。

（下轉第 72 頁）