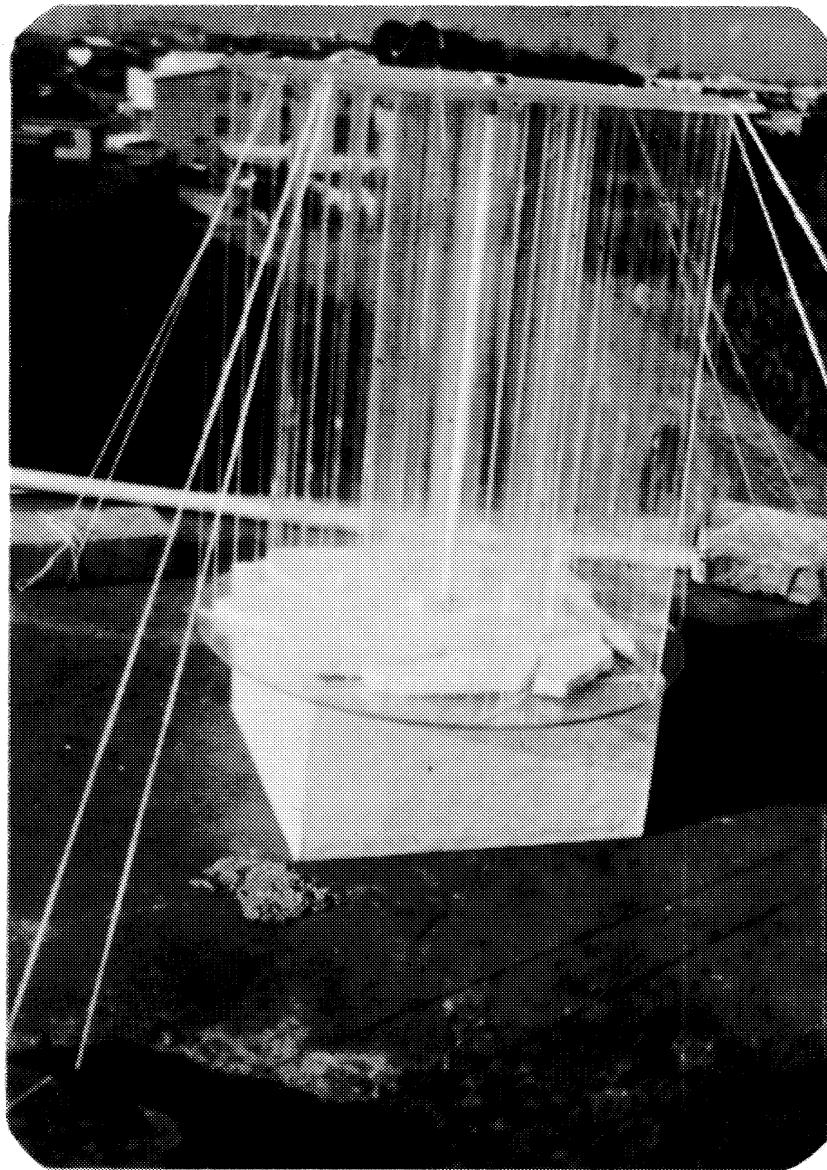


風能利用之研究

國小教師組應用科學第三名

臺南市德高國民小學

作 者：陳目柱 等三名



一、研究動機及目的：

- 1 目前，生產石油國家一日三市，漫天叫價，不斷的提高石油價格，造成世界各國經濟的極端不穩定，危機叢生，舉世人心惶惶，莫不為「石油」問題弄得焦頭爛額。發掘「新能源」的實驗工作也於此時如火如荼地應運而生。
- 2 我國對此項實驗工作亦不惜耗費巨資、動用大批人力來勘測，鑽探石油，但成績尚在未知數。身為國民一份子的我們，若能另外發現新能源，豈不為國家解決了部份困擾，為人類帶來了更有希

望的明日。

3. 前年的科展是我們首次的合作研究，想不到竟然一鳴驚人，獲得全國教師組數學科第一名。不僅信心倍增，研究興趣更是濃厚。彼時，我們亦為報刊上的「石油」問題所震撼，並深深為探討「代替能源問題所吸引著。故再度攜手合作，進行此項「代替能源」的實驗研究工作，深盼能有所收獲，並能拋磚引玉，引發世人研究興趣之功。

二、研究經過：

能源問題是人類最切身的問題。首先，我們從蒐集來的資料，發現科學家們所尋找開發的能源，不外核能、水力、地熱、日光能、風力、潮汐……等。於是，我們選定取之不盡、用之不竭，既不污染環境又適合我們能力、程度與環境的「風力」為研究對象。

1 新型高性能風車的設計：

(1) 捕捉風力最好的器械是「風車」。風車種類繁多，歸納起來不外「荷蘭式」與「風速計」式兩大類。一般說來荷蘭式風車效率較高，但只能捕捉正面之風力。雖然近代各國專家設計一些轉向裝置彌補其缺點，但造價過份昂貴，頗不經濟。「風速計」式風車可捕捉任何方向之風力，是理想的風車型式，但效率低，又是一大缺點。

(2) 對這兩大類風車的優缺點，我們着手分析、比較，研究如何加以改進。當我們分析風速計式風車時發現：當 \overline{AB} 區間的風力吹動風車向反時針方向旋轉時， \overline{BC} 區間的風力卻產生反方向之阻力，兩相抵消，故效率頗低。（如圖一）

我們多方實驗研究後，發現若用木板 \overline{OP} 擋住 \overline{BC} 區間的風力，即可減少阻力，增加風車的效率。（如圖二）

(3) 推演下去，更發現若置上述擋風板 \overline{OP} 與風向成一適當角度，更可將 \overline{BC} 區間之風力，變成推動風車向反時針方向旋轉之有效力，化阻力為助力，風車效率必定大增。（如圖三）

故我們依上述原理推論研究後，在周圍放置八片擋風板，如此

，更可將有效風力範圍從 \overline{AC} 擴大為 \overline{DE} 區間，可製成能捕捉任何方向之風力且效率又高之風車。（如圖四）

(4)根據上述研討所得之原理，我們即在課餘時間展開設計、購買木材、塑膠板等材料，並利用自家工廠內的機械、工具設備，親自加工，費時兩月有餘，終在本校三樓屋頂，裝配了一架高 2.7 公尺（受風高度 1.8 公尺），直徑 1.8 公尺之風速計式風車。（照片一）

(5)進行實驗時，因缺乏測量風車扭力之儀器，改以風車轉速來比較風車效率。我們先測量照片一之風車在各種風速下之轉速，然後在風車周圍架上八片擋風板（照片二），再測量其轉速，實驗結果如表一、表二。由實驗紀錄及統計圖，很明顯的發現在同一風速下，圍上八片擋風板之風車，每分鐘的轉數約為裸露風速計式風車之 2 倍。根據能量與速度之平方成正比之理論： $(E = \frac{1}{2} m V^2)$ 則圍上八片擋風板風車所獲之能量約為裸露風速計式風車之 4 倍。此圍上八片擋風板風車受風面積約為裸露風速計式風車的 1.9 倍。由此推算：

若在同一受風面積之情況下，圍上八片擋風板風車之效率約為裸露風速計式風車之 2.1 倍。至此，我們肯定所創作的風車是成功的。為紀念係在德高國小完成此種新式的風車，我們特將它命名為一德高式風車。（完成時間為 68 年 2 月）

2. 自創德高式風車再度獲突破性的改良：

(1)台灣電力公司於民國 67 年曾宣佈一因風力發電成本超過其他方式發電，不擬再做風力發電的投資。但 68 年 6 月，當台電接到我們寄去的「德高式風車」研究資料後，卻頗為重視，立即指派高級幹部到本校實地觀摩，並與作者交換心得、經驗（參閱附件一、二）並攜回資料，做為開闢風力發電之參考。

(2)後來，我們繼續試驗、觀測，發現風車在高速旋轉時，有顫抖現象，經研究、分析，認為可能為下述現象造成：

a 裝風車捕捉之風力為 F ，實際推動風車向反時針方向旋轉之有效力為 $F_1 = F \cdot \cos \theta$ 而另一無效分力為 $F_2 = F \cdot \sin \theta$

，此無效分力 F_2 推動風車向外，故造成不平衡而出現顫抖現象。（如圖五）

b 為改良此缺點，我們又改變風車形式之設計如圖六，使風車捕捉之風力 F 全部成爲推動風車向反時針方向旋轉之有效力，而不致產生如圖五無效分力 F_2 ，可減少顫抖現象並增加效率。

c 為證明推理是否正確，我們用硬紙板、透明塑膠板等製成六種形狀之風車（照片三）。先後裝在支架上（照片四）並在外面圍上八片硬紙板製成之擋風板（照片五）。然後置於離 12 吋電扇 1 公尺處，分別用 1 2 3 4 速之電扇風力來吹動風車，觀測其轉速，並加比較。結果，以第 5 號（即橫截面如圖六者）之轉速最快。茲將六種風車轉速與電扇 1 2 3 4 速之關係實測紀錄列表如表三。

(3) 為防止氣體動力學上所謂的塞林效應 (Siren effect)，又設法將風車葉片由四增爲六片。周圍之八片擋風板爲減少亂流，也改成弧形，並可做爲風車之支架（如圖七）。

(4) 完成此頗具突破性的風車後，深恐與他人設計者類似，經多方搜集查證，幸好並無與我們類似的風車設計。但爲避免與外國研究重複，又將資料寄到舉今研究風力利用最有成就並最具權威的「加拿大國家研究委員會」(National Research Council Canada)，並查詢當今世上是否有相同的風車設計，得到的答覆是“沒有”。並對我們的研究結論：「每瓩發電量的風車造價遠比風車效率來得重要」頗表贊同。

3. 風車效率之實驗：

爲配合國小自然第一冊第九單元與第六冊第十單元有關風力教學需要，我們照圖七之設計，用透明壓克力玻璃配合軸承等材料，製作一具高 0.4 公尺，外圍直徑 0.4 公尺小型風車來測試其效率。

(1) 通常，測試風車效率均連接發電機組，以測量其輸出電功率來計算風車之效率。目前國內發電機均爲車用或內燃機用，轉速

偏高，變速後風車方能使用，而變速齒輪之摩擦力對小型風車又是一大損失，配裝發電機組費用甚鉅，故改以變通辦法測試。

(2)首先在風車下方裝密封水槽(照片六)，中心軸下方裝攪拌葉片(照片七)。使風力能為風車所利用，帶動攪拌葉片攪拌水槽內之水，使水溫上升，直接將風能轉變為熱能。然後計算水槽內水吸收之熱量以推算風車效率。測量風車效率需先求流動空氣之動能。求動能最常用公式為：以二分之一質量乘以速度之平方之動能計算，若以通過斷面 A 之風力而論 $P = \frac{1}{2} D A V^2 = \frac{1}{2} D A V^3 \dots\dots$ ①，式中 D 代表空氣密度，A 代表通過風車之正交面積，V 代表風速單位：公尺／秒。

在一大氣壓 25 °C 狀況下

$$D = 1.29 \text{ Kg/m}^3$$

我們製作的風車受風面積

$$A = 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 0.16 \text{ m}^2$$

以之代入公式①得

若以 4.18 焦耳/卡代入②式得

$$P = 0.02448 V^3 \text{ 卡 / 秒}$$

一日之間通過風車之風能應爲

$$P = 0.02448 V^3 \text{ 卡/秒} \times 86400 \text{ 秒/日} \\ = 2114 V^3 \text{ 卡/日} \dots\dots\dots(3)$$

(3) 民國68年10月完成小型風車後，安裝於學校三樓頂，每日下午四時水槽裝入6公升自來水，並將出水與入水口堵塞。水槽周圍再用保利龍等隔熱材料防止熱散失。為防被強風吹翻，風車上方用細繩向四方拉緊固定（照片八）。隔日下午四時再量水溫昇高情形，然後重新換水實測。實測結果紀錄（表四）及依紀錄繪製風速與風車效率關係統計圖（表五）列舉於後。

由統計圖可知風車效率隨風速之變而變，以風速 4.9 m/s 時效率最高，風速愈小效率愈低，可能係損失在軸承之摩擦力占風能相當高之比率所致，而風速大於 4.9 m/s ，風速愈大效

率也愈低，可能係水槽內水溫與外界相差較大，散熱較多。如改善隔熱裝置，本風車將更能接近直軸式風車理論上之最高效率26%（即7/27）。

三、結論：

- 1 本新型風車經實驗性能優異，為直軸式中效率較高的一種。雖略遜橫軸式，但不用裝昂貴轉向裝置（風車越大越貴）。造價便宜，深獲「加拿大國家研究委員會」的激賞。目前各國為風車造價高過發電效益，不敢冒然嘗試風力發電，本風車值得推廣試用。
- 2 本風車用周圍八片擋風板做支架，上方且有平頂可防日晒雨淋，無形中增長風車壽命，降低發電成本，更是本風車另一大優點。
- 3 若在多風地區架設本風車，並依法裝攬拌葉片等，可直接將風能轉變為熱能，全天候供應洗澡用熱水，節約能源，減少污染又安全可靠，無瓦斯中毒或觸電之險，值得推廣利用。
- 4 在多風或洋流經過之處，可利用本風車發電，提供經濟安全且不污染環境之能源。

評語：具有實用價值，在節約能源中頗可利用。