

中華民國第四十八屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高職組 機械科

## 最佳創意獎

090908

轉葉型垂直軸風車原型機之研究

學校名稱：臺南市私立慈幼高級工商職業學校

作者：	指導老師：
職二 陳建豪	蔡正樑
職二 成明恩	李峯銘
職二 唐膺軒	

關鍵詞： 綠色能源(Green power) 、能源(Energy)  
、風力發電機(Wind machine)

## 摘要

近年來，能源需求日益增加，使全球氣溫上升及環境污染影響的問題越趨嚴重，再生能源的開發，利用，是全世界共同努力追求的目標。其中太陽光能及風力發電最具成效，也是成長最快的乾淨替代能源。

目前的風力發電轉換效率不佳，就國內而言，其發電成本仍遠高於與火力發電及核能發電，我們針對垂直軸風車，改善其功率因素。觀察蜜蜂拍動翅膀的動作，研究出可自動翻轉葉片的風車，使葉片迎風面能自動和風向垂直增加受力，逆風面與風向平行以降低風阻，並研究出第一型與第二型，跟傳統水平軸三葉片做比對，並自製簡易風洞，測量其輸出功率，期望能提高風能的轉換效率，對於能源、溫室效應及環境污染等問題能有所幫助。

## 壹、研究動機

高一的暑假，跟指導老師與班上幾位同學一同到墾丁遊玩。當我們路過恆春南灣路段時，無意間發現核三廠西方的三座白色風車，但是我們一路觀察風車葉片一動也不動，聯想到動力機械課程上提到的風力發電是將來發展的趨勢，我們便問了指導老師，明明就有風，為何葉片都不會轉動？這樣能發電嗎？指導老師說：「大型風車需要強大的風速（10~12m/s）才能轉動發電到最佳狀態，就是所謂的額定電量，若風速在（3~5m/s）時，發電量僅額定發電量的 1/10，風速在 3m/s 以下，它可能一動也不動。例如：架設在澎湖的幾座大型風車，因為澎湖的風速較快且全年都很平均，所以經濟效益較佳。台灣本島的大型風車目前雖然尚不能達到經濟效益，但為因應將來石化能源日漸短缺的現象，政府仍投入大量的人力與物力研究風力發電，因而激發出想要改良風車的念頭。

## 貳、研究目的

風力發電是目前世界各國成長最快的再生能源，我國也積極投入研究風力發電。大型風力發電機，必須選擇特定的風場環境，以三翼水平軸風車為主，其缺點是，如果增加葉片數量，雖可改善低風速時之功率因數，但高速時產生擾流，性能不佳，減少葉片，卻在中低速捕捉不到風能。

小型風力發電雖然安裝方便，機動性高，但轉換效率更差，都有再進一步改良的空間。

小型垂直軸風車特別適合市區多變的風向及風速，機動性高、成本低、重心低、維修容易，不需要使用特殊的複合材料來製作，是我們的研究目標。

提高風車效率，改善能源短缺的問題，符合全球節能、減碳、環保的大方向，期望將來能有廉價又乾淨的能源可以使用，是我們研究的目的。

## 參、研究設備及器材

	材 料		設 備
1	壓克力板	1	手工具
2	夾板	2	鋸子
3	圓木棒	3	鑽床
4	旗桿座	4	砂輪機
5	彈簧	5	電子秤
6	軸承	6	風速計
7	直流馬達	7	釘槍
8	塑膠瓦楞紙	8	工業用風扇
9	膠帶	9	鼓風機
10	瞬間膠	10	彈簧秤
11	塑膠齒輪	11	自耦變壓器
12	各式螺絲木螺釘	12	美工刀
13	直流馬達		
14	LED 燈		
15	珍珠奶茶吸管		
16	木心板		
17	橡皮筋		
18	噴漆		

表 1 - 1



圖 1 - 1 直流發電機與回覆彈簧



圖 1 - 2 整流器

## 肆、研究過程或方法

垂直軸風車大致分為三型：1. S 型、2. 旋翼式型、3. 戴瑞斯型 (Darrieus)。其以 S 型為例，如圖： 1-3

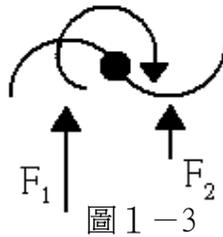


圖 1-3

$F_1$  為正向作用力， $F_2$  為逆向阻力，使風車旋轉之力為  $F_1$  減  $F_2$ 。如果能減少  $F_1$  之反向阻力，必能使風車提高效率。

在一次偶然的機會看到蜜蜂拍動翅膀的慢動作影片，發現蜜蜂的翅膀逆向作用時，向上作 8 字型翻轉，如圖： 1-4

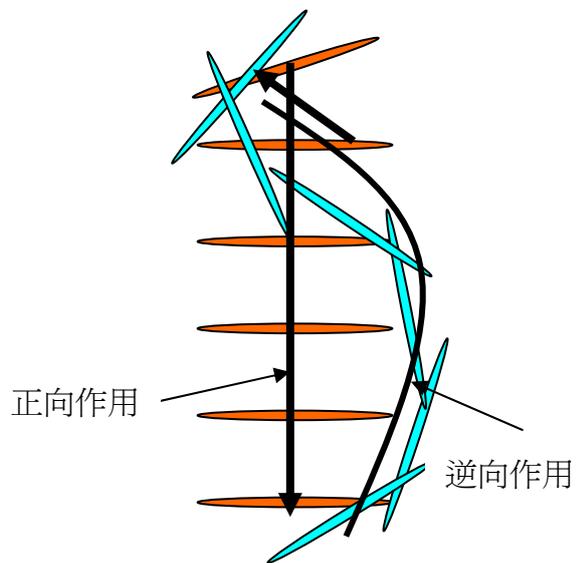


圖 1-4

套用這個自然界生態的最佳化設計，我們想要研究一個葉片會旋轉的垂直軸風車。本來構想使用齒輪或凸輪來使葉片改變角度，但是指導老師說，這會使重量增加，並增加摩擦阻力而放棄了。

老師教我們查詢專利公報看看有無類似的構造，經我們上智慧財產局網站去查詢後發現，專利公報上風車、風力發電的東西很多，但並沒有類似我們構想中的東西。

經與老師不斷的研究，腦力激盪，設計出初步的雛型。  
 利用支點在 1/3 處所產生的壓力差使葉片翻轉，使用橡皮筋的彈力使其回復。  
 如圖 1-5

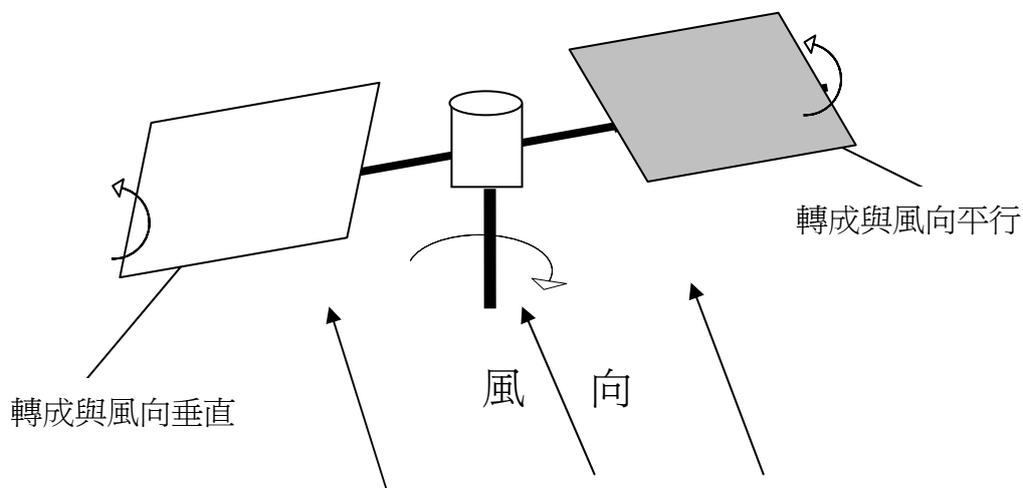


圖 1-5

以夾板，圓木棒及橡皮筋製作，雖然簡陋，但所產生的動作能符合想要的，靜止時葉片各自成 45°，受風時：葉片與風向垂直吸取最大的動能，逆風面成水平減少反向阻力，初步的雛形實驗算是成功了。



圖 1-6 雛型靜止時



圖 1-7 雛型受風時

緊接著馬上著手第一型原型機的製作，使用薄壓克力板做葉片，用彈簧取代橡皮筋，並裝上軸承，轉起來順暢多了，如圖 1-7。最後試著裝上齒輪，以直流馬達充當發電機，如圖 1-9 為裝上直流發電機的风車



圖 1-8 第一型靜止時



圖 1-9 第一型裝上發電機

圖 2-1 為製作過程：



圖 2-1

但結果僅能讓 L E D 燈亮，顯示功率不高，但老師說：「沒關係，發電量不是這次研究的重點，畢竟它沒有輕量化，各部份機構，軸承等也沒有最佳化，齒輪也不是最佳的齒輪比，發電機是用直流馬達來充當。本研究只是陳述轉葉的概念，希望能增加風能的轉換效率。」

接下來，針對旋翼型垂直軸風車改良，開始製作第二型，希望轉葉的概念能增加其效率。



典型的旋翼垂直軸風車：圖 2-2



圖 2-3 製作過程



圖 2-4 第二型垂直軸風車



圖 2-5 第二型垂直軸風車俯視圖

原理與第一型是一樣的，靜止時，各葉片與徑向成  $45^\circ$  轉動；受風時，迎風葉片自動轉向成  $90^\circ$  與風向垂直，其他兩葉片大致在切線方向以減少阻力。如圖：2-6 是其原理示意圖

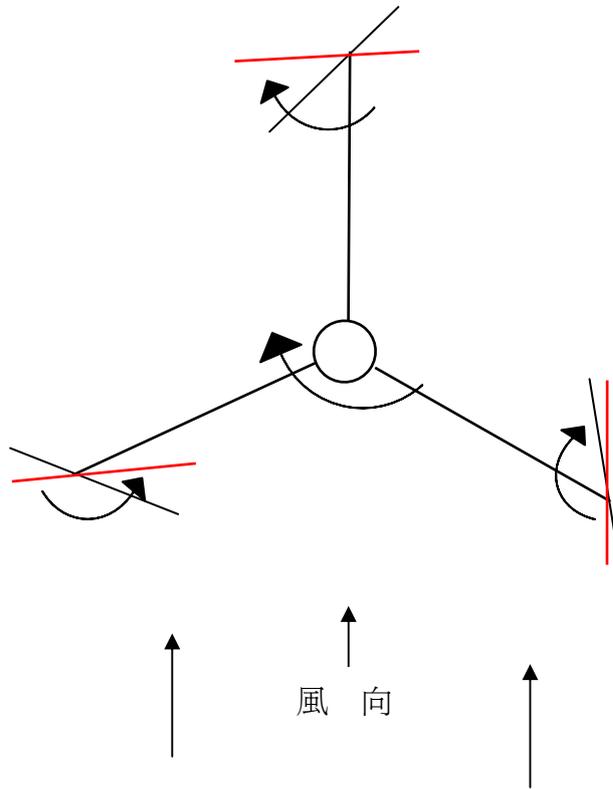


圖 2-6 改良旋翼型風車原理示意圖

## 伍、研究結果

「轉葉式垂直軸風車原型機」第一型與第二型，產生的機構動作，符合了當初的構想，但是它的效率如何呢？

爲了做比對，我們又做了一台傳統的三翼水平軸風車，如圖：2-7

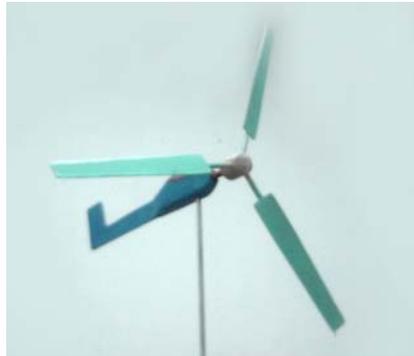


圖 2-7

三台風車到室外做實際的測試，發現三翼水平軸風車轉的較快，本來有一點氣餒…但是老師說輸出功率並不只是觀察其轉速的快慢，如果只看轉速，庭園用的向日葵風車轉的更快。

圖 2-8 是實際測驗圖



圖 2-8

一年級汽車學一，中的馬力篇有提到引擎計算輸出功率的方法有兩種：

一爲帶動發電機計算其輸出電壓與電流由公式  $W=A \times V$  求得。

一爲普羅尼制動器計算其轉速與運轉中的扭力由公式馬力=扭力 $\times$ RPM/716 求得。

爲了測量三種風車在不同風速下的輸出功率、必須要有一客觀的風場環境，決定要製作一簡易的風洞來測量他們的輸出功率，以塑膠瓦楞板做成八角型，以珍珠奶茶吸管做成整流器，工業用風扇做動力。



圖 2-9 製作過程



圖 3-1 測試過程



圖 3-2 風洞完成圖



圖 3-3 風洞測試圖



圖 3-4 電子磅秤



圖 3-5 自製制動器

讓風車來帶動發電機在製作上較為困難，我們決定要用普羅尼制動機的原理來測量風車輸出功率，以電子磅秤圖 3-4 來測量風車運轉中的輸出扭力，自製制動器圖 3-5。

開始測量了：

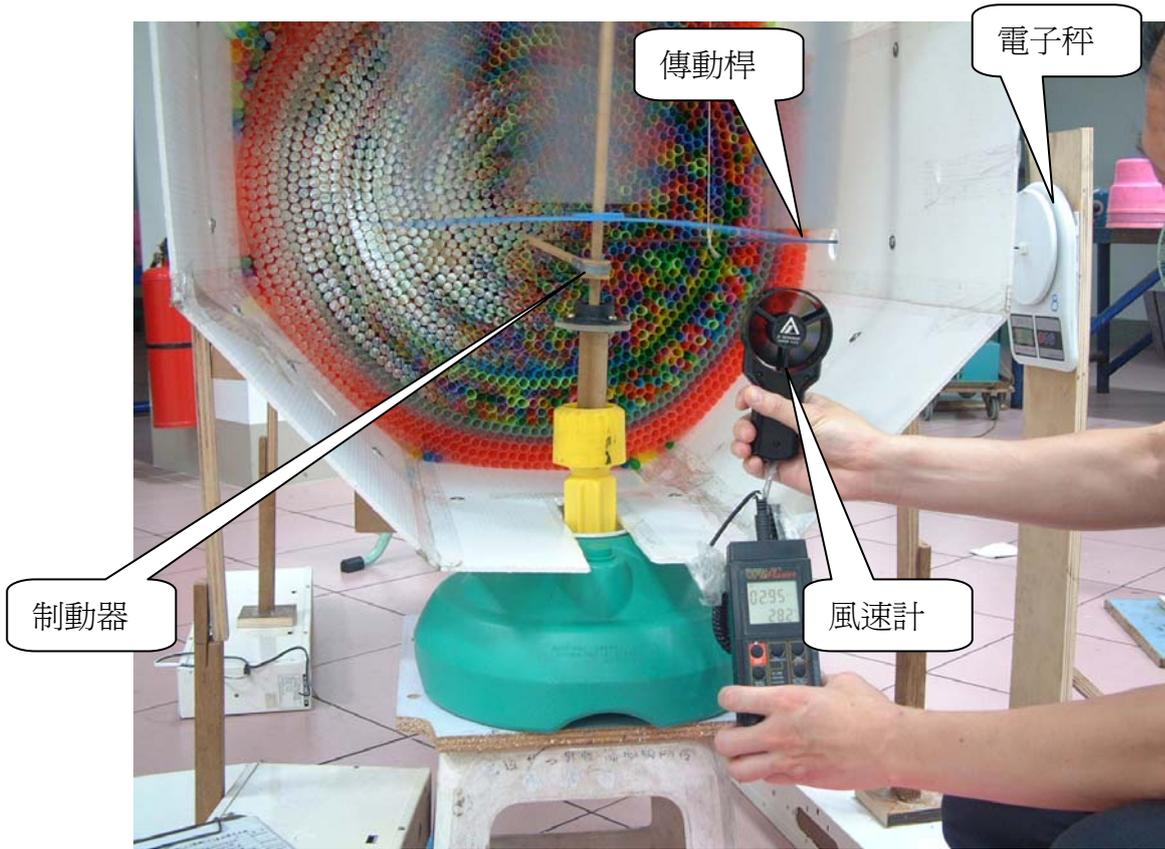


圖 3-6

我們在同一風速之下調整制動器不同的制動力計算出其最大輸出功率。

公式為：

$$\frac{\text{磅秤測得重量 (Kg)} \times 0.25\text{m (制動器力臂)} \times \text{RPM}}{716} \times 746 = \text{輸出功率 (W)}$$

因風扇的動力有限僅能測出各型風車在 3.5 m/s 、4 m/s 、4.5 m/s 、5.0 m/s 、5.5 m/s 共五點的最大輸出功率，依此數據繪製三種風車的動力曲線圖。

三種風車在不同的風速下測得的數據如下：表 1-2

風速 m/s	第一型 A : 0.096 m <sup>2</sup>				第二型 A : 0.15 m <sup>2</sup>				三翼水平軸 A : 0.3 m <sup>2</sup>			
	重量 Kg	RPM	W	W/A	重量 Kg	RPM	W	W/A	重量 Kg	RPM	W	W/A
3.5	0.006	76	0.119	1.237	0.002	63	0.033	0.219			0.000	0.000
	0.008	72	0.150	1.563	0.004	52	0.054	0.361			0.000	0.000
	0.011	65	0.186	1.940	0.005	49	0.064	0.425			0.000	0.000
	0.013	58	0.196	2.046	0.007	37	0.067	0.450			0.000	0.000
	0.015	48	0.188	1.954	0.008	31	0.065	0.431			0.000	0.000
4.0	0.008	79	0.165	1.715	0.004	94	0.098	0.653	0.002	133	0.069	0.231
	0.010	71	0.185	1.926	0.007	88	0.160	1.070	0.005	121	0.158	0.525
	0.013	68	0.230	2.399	0.011	79	0.226	1.509	0.009	66	0.155	0.516
	0.016	53	0.221	2.301	0.013	71	0.240	1.603			0.000	0.000
	0.017	47	0.208	2.168	0.014	63	0.230	1.532			0.000	0.000
4.5	0.007	83	0.151	1.576	0.005	97	0.126	0.842	0.004	110	0.115	0.382
	0.011	70	0.201	2.089	0.007	81	0.148	0.985	0.007	102	0.186	0.620
	0.015	61	0.238	2.483	0.008	78	0.163	1.084	0.009	98	0.230	0.766
	0.016	58	0.242	2.518	0.012	74	0.231	1.542	0.013	91	0.308	1.027
	0.017	51	0.226	2.352	0.013	64	0.217	1.445	0.015	80	0.313	1.042
5.0	0.009	91	0.213	2.222	0.006	112	0.175	1.167	0.005	122	0.159	0.530
	0.012	83	0.259	2.702	0.008	108	0.225	1.500	0.008	130	0.271	0.903
	0.014	74	0.270	2.811	0.012	91	0.284	1.896	0.012	128	0.400	1.334
	0.016	70	0.292	3.039	0.017	86	0.381	2.539	0.015	109	0.426	1.420
	0.018	63	0.295	3.077	0.019	73	0.361	2.409	0.016	88	0.367	1.222
5.5	0.007	113	0.206	2.146	0.009	113	0.265	1.766	0.003	145	0.113	0.378
	0.010	106	0.276	2.876	0.011	102	0.292	1.948	0.008	137	0.285	0.952
	0.015	91	0.356	3.704	0.016	90	0.375	2.501	0.010	133	0.346	1.155
	0.017	89	0.394	4.105	0.021	83	0.454	3.027	0.016	122	0.508	1.695
	0.019	71	0.351	3.660	0.023	71	0.425	2.836	0.018	90	0.422	1.407

表 1-2

- ◆ 計算出之輸出功率再除以各風車之迎風面積計算出每單位面積之輸出功率 W/A
- ◆ 紅字部分為風車在各風速之最大輸出功率，以此繪製動力曲線圖。
- ◆ 三翼水平軸風車轉速雖快但只要加一點負載就轉不動，所以無法測得低速之輸出功率

表 1-3 為測量結果

風速 m/s	第一型 A : 0.096 m <sup>2</sup>	第二型 A : 0.15 m <sup>2</sup>	三翼水平軸 A : 0.3 m <sup>2</sup>	備註
3.5	2.046	0.450	0	
4.0	2.399	1.603	0.525	
4.5	2.518	1.542	1.042	
5.0	3.077	2.539	1.420	
5.5	4.105	3.027	1.695	

表 1-3

表 1-4 為動力曲線圖

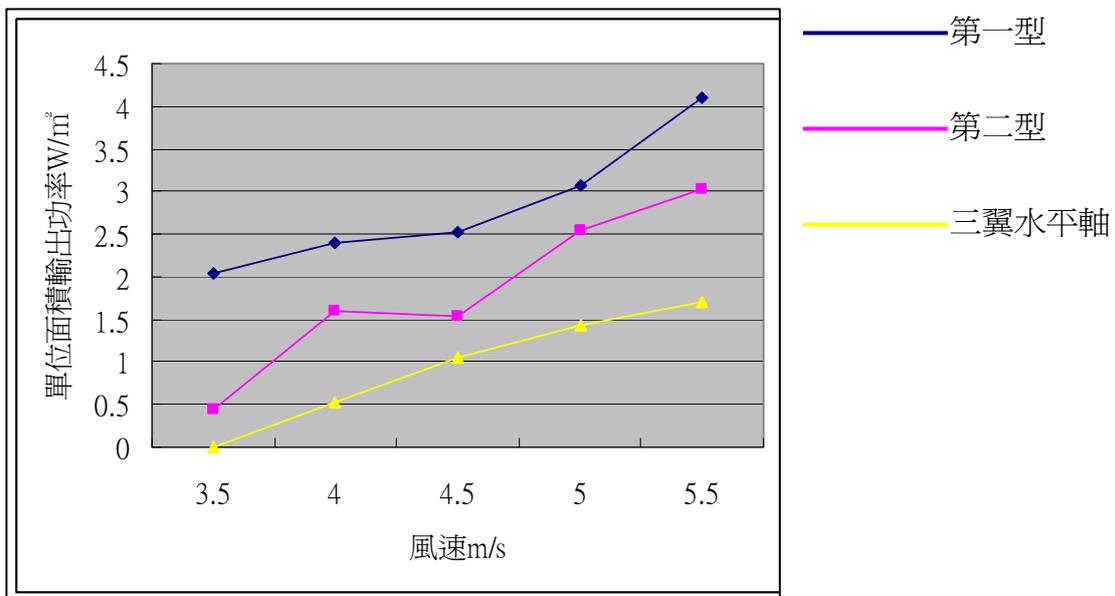


表 1-4



圖 3-7 三翼水平軸風洞測試



圖 3-8 第一型風洞測試



圖 3-9 風速測量

## 陸、討論

研究製作及測試的工作暫時告一段落，對於風車效率的測試雖然不是很嚴謹，且沒有測得高風速時的輸出功率，但是我們確信「轉葉型垂直軸風車」有再進一步研究改良的價值，葉片形狀、葉片的面積、角度、材料輕量化，彈簧彈力，支點位置，軸承等等都還有改良的空間，也是我們接下來要做的工作。

在研究的過程中，我們發現中大型風力發電機都有限速煞車裝置，以防風速太高，過負載導致風車損壞，而我們研製的「轉葉型垂直軸風車」只要設定好彈簧彈力，它就可以在風速太高時，釋放掉部分能量，保護風車不致損壞，簡化了風車的機構。

爲了讓研究工作能繼續進行，風洞的性能還需改善，至少要達到 10m/s，並且能分佈的更平均，以便做更客觀的測試與比對。

## 柒、結論

經過我們不眠不休連續四個月的製作過程，受益良多，使我們瞭解到替代性能源的迫切需要，各種替代性能源目前發展的狀況，國內風力發電的現況與瓶頸，激發我們再繼續研究的決心，同時感謝指導老師陪伴著我們，一點一滴的完成了作品，在我們遇到困難無法突破時，適時的給予建議與指導，雖然我們的作品還有很大改良的空間，但是我們也很有信心，它確實可以改善功率因素，增加發電量，也希望能有其他的研究單位來協助共同研究，改善目前能源短缺與環境污染所帶來的種種問題。

## 捌、參考資料與其他

<http://e-info.org.tw/issue/energy/2001/sub-energy01020601.htm>

<http://www.npf.org.tw/PUBLICATION/SD/092/SD-R-092-009.htm>

<http://www.npf.org.tw/PUBLICATION/SD/092/SD-R-092-009.htm>

能源研究發展。中華民國能源簡介。民國93年11月3日取自

[http://www.moeaboe.gov.tw/10/02/energy%20situation\\_93/htm/chinese/c13.htm](http://www.moeaboe.gov.tw/10/02/energy%20situation_93/htm/chinese/c13.htm)

潘家寅(民68)。能源（由風車至核子動力）。科技圖書股份有限公司。

**【評語】** 090908

1. 由生活中發現問題，進而提出各種解決方案為創新之原動力，值得嘉許。
2. 建議將重點擺在如何取得風能，其後續商業潛力可觀。
3. 可靠度與實務應用面的考量宜再加強。