2014 年臺灣國際科學展覽會
優勝作品專輯

作品編號　100009

參展科別　工程學

作品名稱　流體動能應用系統-Stanley Generator 製作及模組化應用

得獎獎項　大會獎：二等獎

美國 ISEF 正選代表：美國第 65 屆國際科技展覽會

就讀學校　基隆市立建德國民中學

指導教師　魏志鴻、許繼哲

作者姓名　賴柔安

關鍵字　流體動能、同軸雙轉、發電機

作者簡介

我叫賴柔安，來自於基隆市，從小對於科學就非常有興趣，經常要求家長前往與科教館或博物館參訪。國一開始接觸中小學科學展覽競賽，就開始對於科展競賽非常的著迷，國二時代表學校參加基隆市中小學科展榮獲的基隆市的特優成績，參加 53 屆全國中小學科展也榮獲國中組自然與生活科學組的佳作。

本次的作品是自己研發的一款新式發電機，目前已申請相關的專利，希望藉由本次的比賽讓更多的人了解我設計的作品。

摘要

我們對於所發明的 SG (StanleyGenerator 同軸發電機)是應用法拉第電磁感應定律 $\varepsilon = NBA\omega \sin\omega t$，打破轉子不動的常規，以定子與轉子同時反向旋轉以提高角速度，即提高單位時間磁場變化量，進而創造了 StanleyGenerator 同軸發電機發電裝置，以超過傳統 1.96 倍(平均值)發電量，達到大幅提高發電的效率。

同時設計了各種 SG 應用模組，包括一級應用的三層流體動能擷取系統，二級應用的雙軸單增速系統，三級應用的雙增速 HV 系統。都能發出比一般發電機高的電量(1.48~1.96 倍)，也比一般發電機更快(較低流速)達到發電機最大(額定)發電量。

Abstract

An innovative power generation (Stanley Generator , SG) was invented,which is based on the Faraday's law ($\varepsilon = NBA\omega \sin\omega t$).The new power generation style breaks the rule that the stator will not move in power generation;instead the stator will whirligig with the rotor in reverse rotation.The SG system could improve power generation efficiency.

The SG designed by 3 levels of mode to capture all kinds of energy of fluid.The result show that the power will be created significant rising by each mode type.

流體動能利用系統-Stanley Generator 製作及模組化應用

壹、 研究動機

自工業革命開始後，人類大量的利用能源，在化石能源即將用盡的年代，就是萬物漲聲響起的時代，汽油漲價，水費、電費也要漲，再加上燃燒化石燃料的火力發電模式，更增加了大氣中的溫室氣體造成全球暖化，核能雖然不排放溫室氣體，但是其核廢料的問題無法克服，所以也是一個具爭議性的能源。

尋找替代能源目前是各個國家的主要研究主題，全世界政府無不積極找尋穩定、可靠、安全、乾淨的綠色能源。可是綠能同時也代表了發電效能不佳、投資不符合成本等。而發電成本提高，電價持續上漲為未來的趨勢，而且現今的生活，如果想在各方面越來越便利，就只能越來越依賴電能。在推動節能減碳的同時，也應該思索多方向的開發綠色能源。

我們有一個簡單的想法，就是如果能在家中安裝一個可以利用免費的流體動能（風能或是水能）來發電的機器，讓它產生的電能給家庭使用，就可以減少家中的電費支出，應該是個不錯的構想，希望能應用自然課所學的課程觀念（力矩，能量轉換，電磁感應，摩擦力）研發出一台可充分利用流體動能發電的機器，相信可以為台灣創造更多的綠色電能。

貳、　研究目的

在各種能量中，應該屬電能應用的最廣泛且直接，因為電能可以被儲存，也能夠升壓及降壓，或透過機器做交流電及直流電的轉換，現今的人類世界，幾乎所有器材設備都需依賴電能，未來的世界，必定是個電的時代。

而大規模電能的產生,除太陽能發電是採用光電效應原理,其他不論是火力、核能、風力、水力、地熱、潮汐等發電模式，都是以流體或工作流體的動能帶動發電機，利用電磁感應轉化成電能。

本次的科展以研發一台高發電效率的新式 Stanley Generator(SG)發電機組為核心目標，並設計高效率葉扇以配合 SG 多模組化的型態，將 SG 發電機組放置在以任何流體為動能的發電裝置上。

為完成這新式 SG 發電機組，需完成下列幾項目的：

一、研發阻流型葉扇，並檢測選出最適宜之葉片幾何比例及角度設計。

二、研發撞流型葉扇，並檢測最適宜之葉片幾何比例設計。

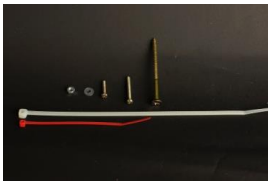
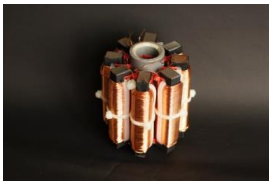
三、研發 SG(Stanley Generator)替代現行之發電機。

四、研發多款應用模式建立 SGM(Stanley Generator Model)發電機模組。

參、　研究設備及器材

小螺絲、大螺絲、螺姆、墊片、十字起子、一字起子、木板(單位:cm)、美工刀、電鑽、木棍、長尺、小漆包線、大漆包線、鐵釘、銅條、圓切鑽、風速計、游標卡尺、培林、束線帶、長短鋼管、長木筷、釹磁鐵、擋風板、大型環境風洞、中型高速風洞、阻流型葉扇(高速款)、阻流型葉扇(Hybrid 款)

表 1　研究設備及器材表

			
游標卡尺	培林	螺絲、螺姆、墊片、束線帶	發電線圈
風速計	長管	長木筷	轉速計
釹磁鐵	粗漆包線	短管	大型環境風洞
中型高速風洞	撞流型葉扇	阻流型葉扇(高速款)	阻流型葉扇(Hybrid 款)

肆、 研究流程

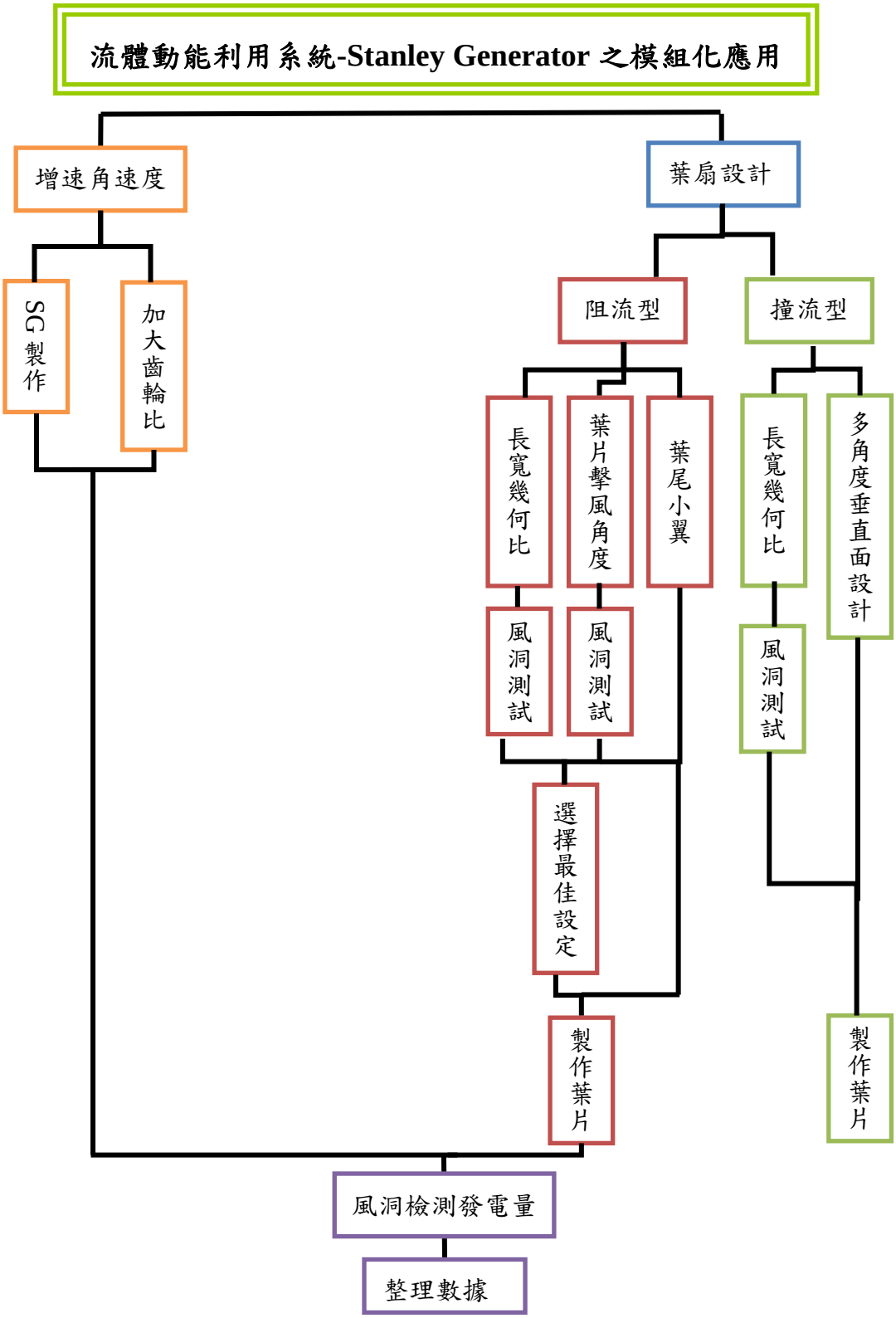


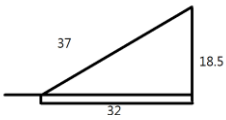
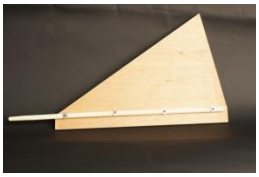
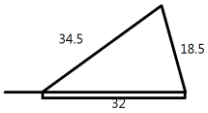
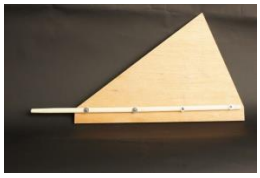
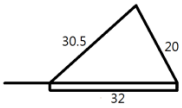
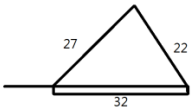
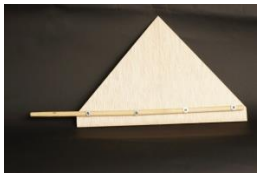
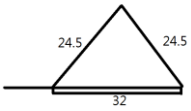
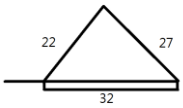
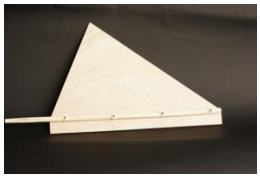
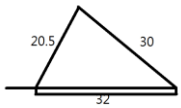
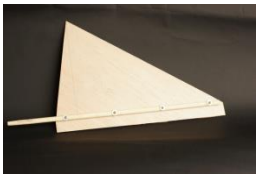
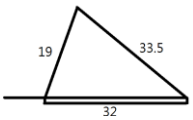
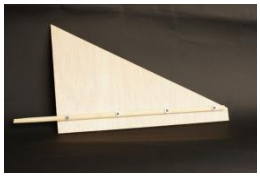
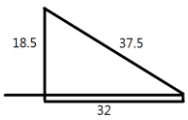
圖 1　實驗規畫流程圖

伍、　研究過程與方法

研究一、阻流型葉扇的設計(適用於水平軸流體系統)

設計九組受流葉片的長寬幾何比例形狀、受風角度的葉扇，測量其轉速並尋找出最佳的長寬幾何比例形狀及最佳受風角度。

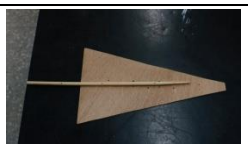
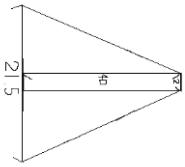
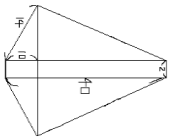
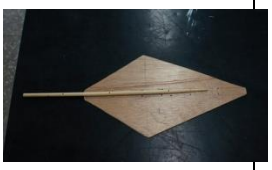
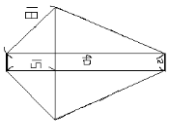
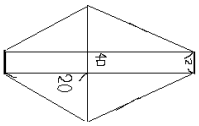
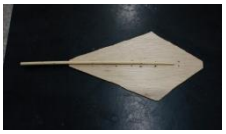
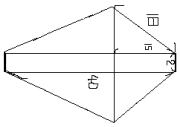
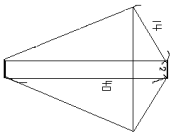
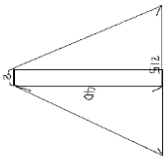
表 2　阻流型各組葉扇比例

			
第一組葉扇及其比例圖(37 : 32 : 18.5)		第二組葉扇及其比例圖(34.5 : 32 : 18.5)	
			
第三組葉扇及其比例圖(30.5 : 32 : 20)		第四組葉扇及其比例圖(27 : 32 : 22)	
			
第五組葉扇及其比例圖(24.5:32 : 24.5)		第六組葉扇及其比例圖(22 : 32 : 27)	
			
第七組葉扇及其比例圖(20.5 : 32 : 30)		第八組葉扇及其比例圖(19 : 32 : 33.5)	
			
第九組葉扇及其比例圖(18.5 : 32:37.5)			

研究二、撞流型葉扇的設計(適用於垂直軸流體系統)

設計七組受流葉片總長寬幾何不同的比例形狀，測量七組葉扇的轉速，以找出最適合的長寬幾何比例形狀。

表 3　撞流型各組葉扇比例

第一組	 第一組及其比例圖(三角:21.5:40)	
第二組	第二組及其比例圖(箏:21.5:10:40)	
第三組	 第三組及其比例圖(箏:21.5:15:40)	
第四組	第四組及其比例圖(菱:21.5:20:40)	
第五組	 第五組及其比例圖(箏:21.5:15:40)	
第六組	第六組及其比例圖(箏:21.5:10:40)	
第七組	第七組及其比例圖(三角:21.5:40)	

研究三、SG(Stanley Generator) 初級應用(直聯式)，二級應用雙軸單增速系統(分離式)的規劃設計。

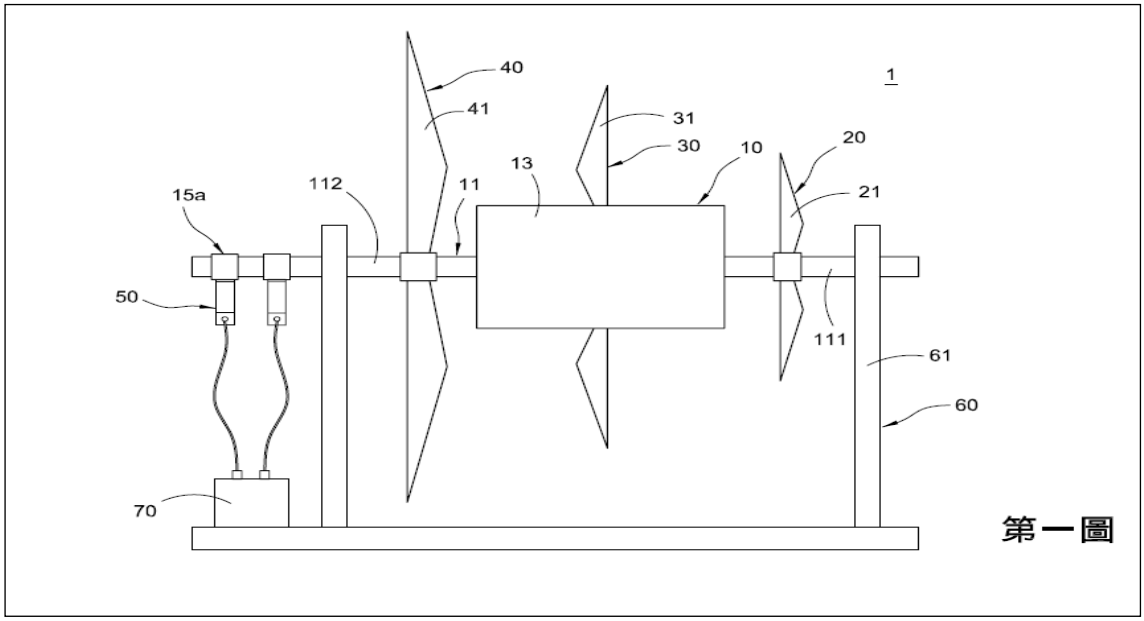


圖 2-1 水平軸三層風動能擷取 SG 初級應用設計

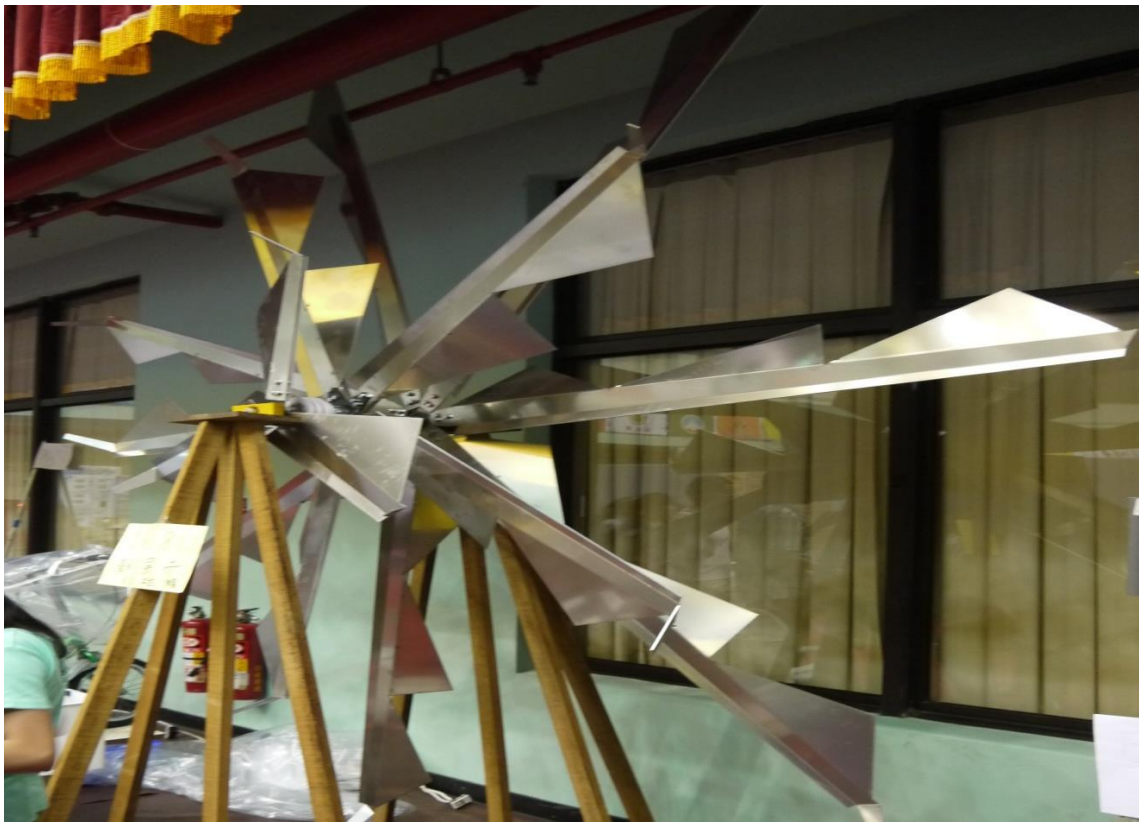


圖 2-2 水平軸三層風動能擷取 SG 初級應用完成實體

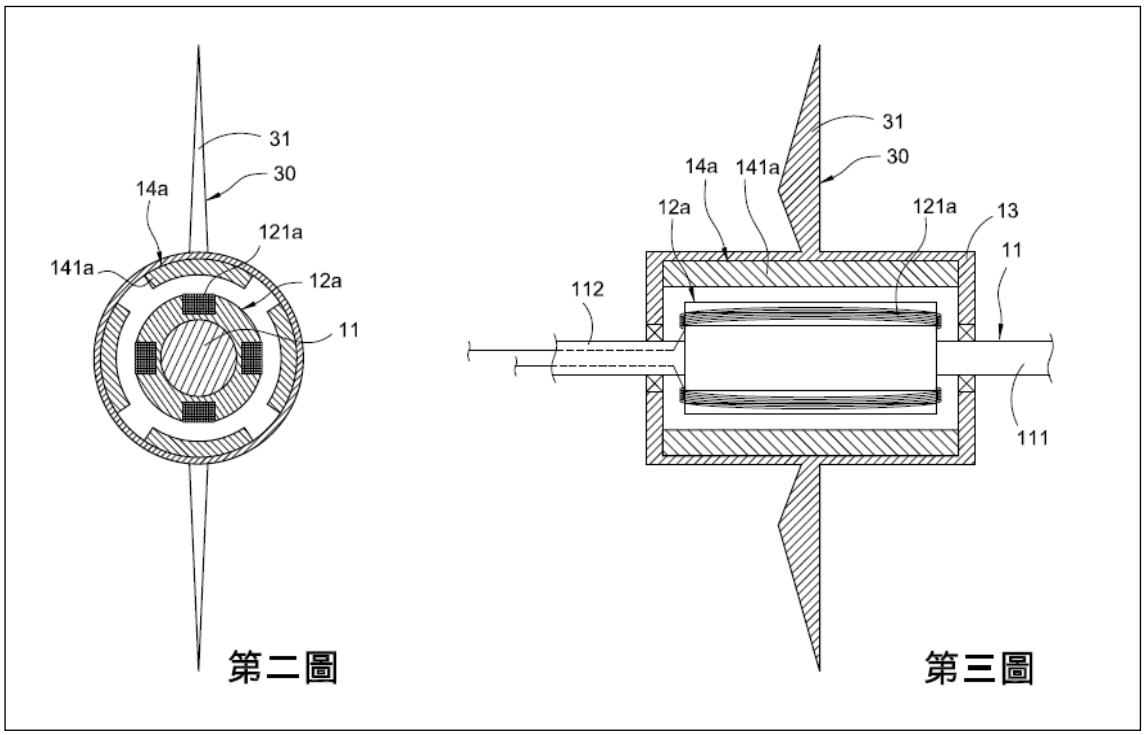


圖 2-3-1　SG 為定子及轉子相互反轉，
使一次的流體帶動兩次轉動，造成兩倍磁場變換

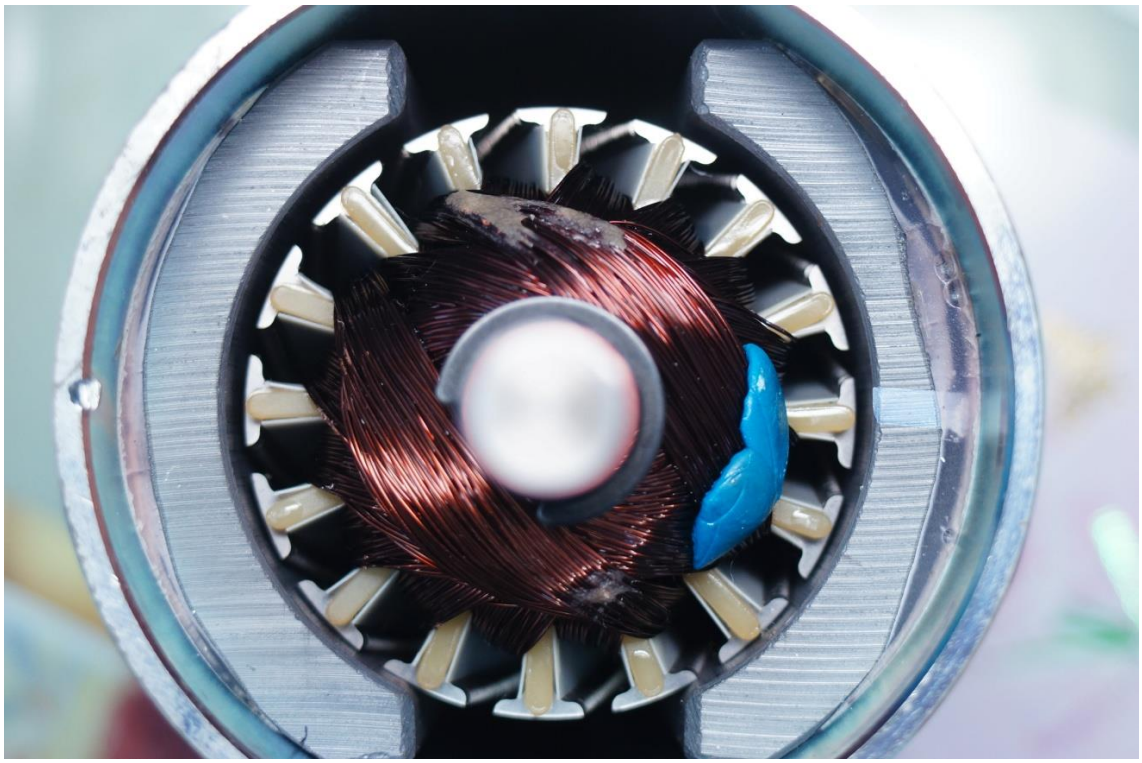


圖 2-3-2　SG 發電機實機內部構造

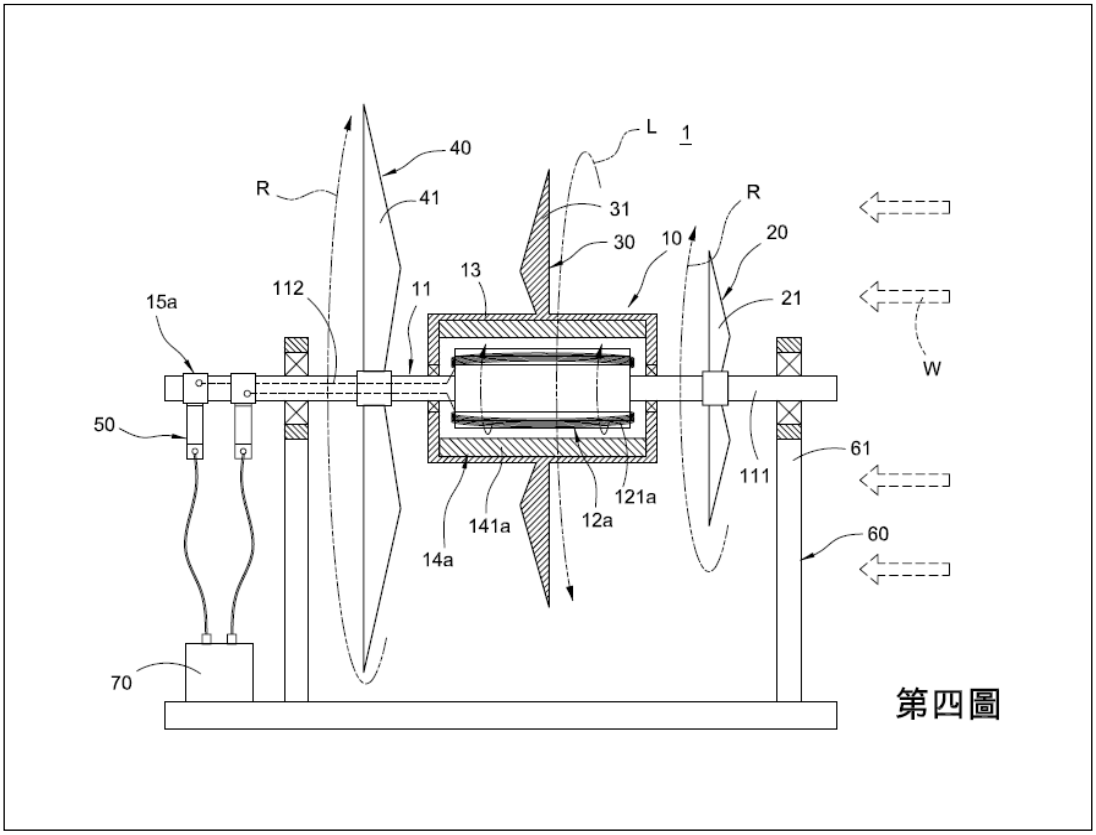


圖 2-4 水平軸三層風動能擷取 SG 初級應用

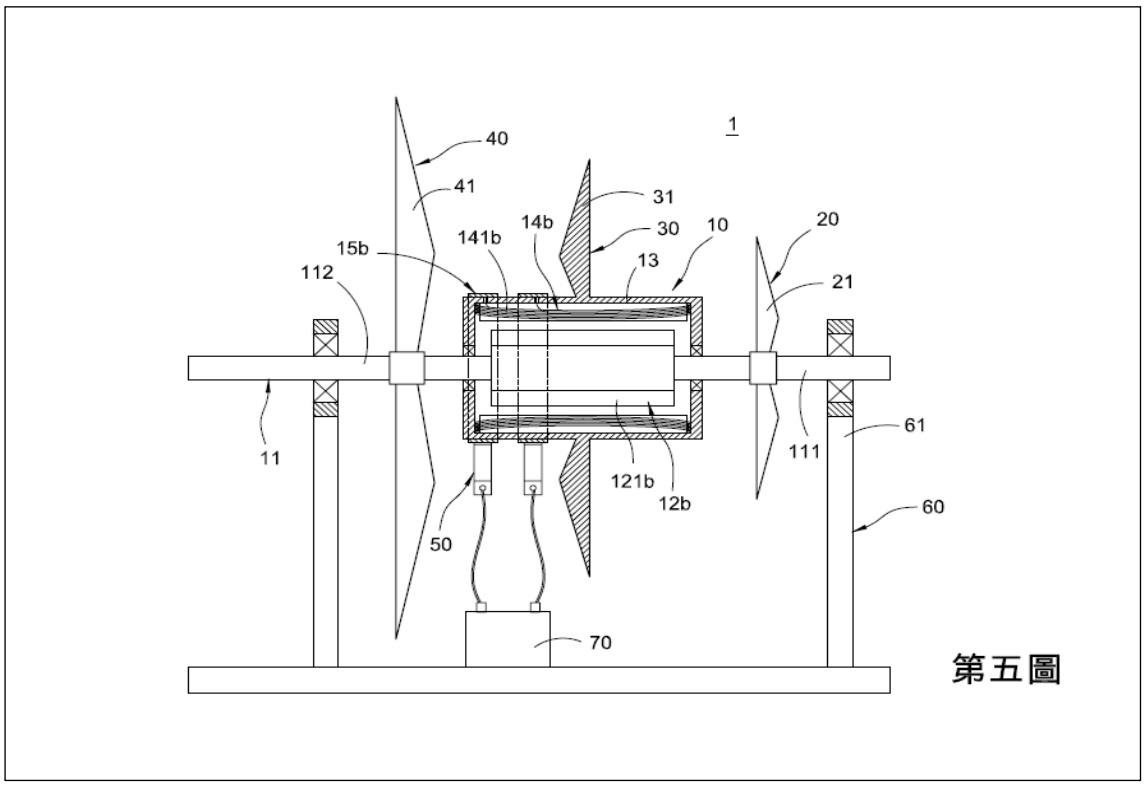


圖 2-5 水平軸三層風動能擷取 SG 初級應用

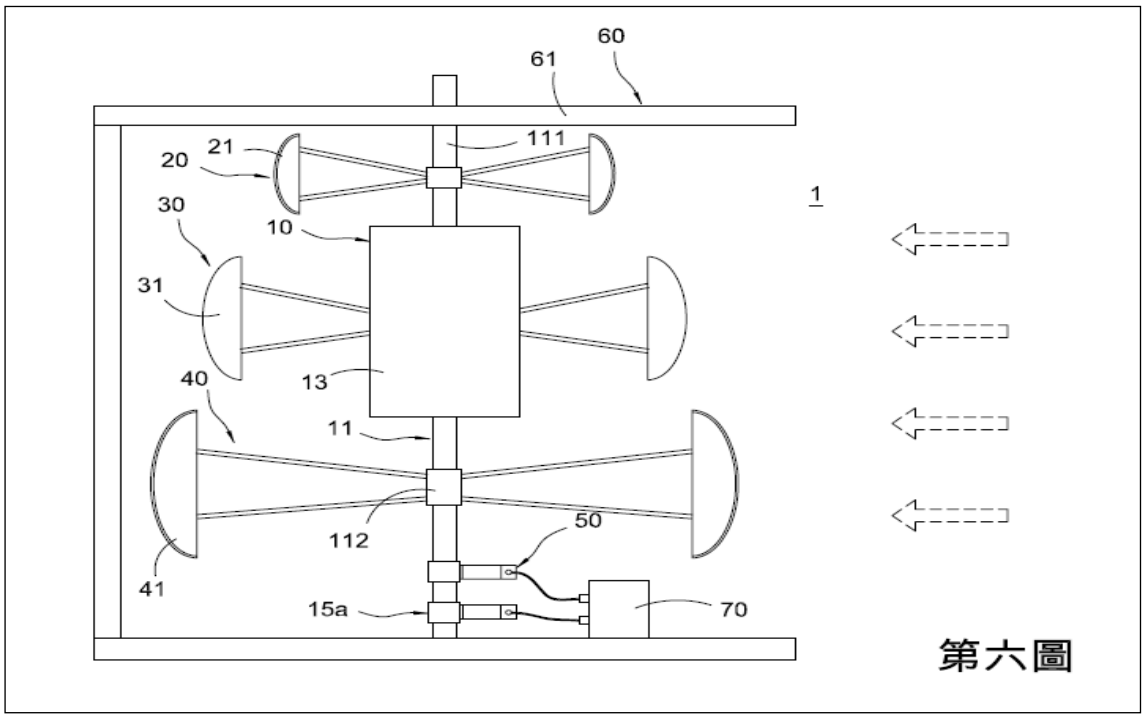


圖 2-6 垂直軸雙向擷取 SG 初級應用

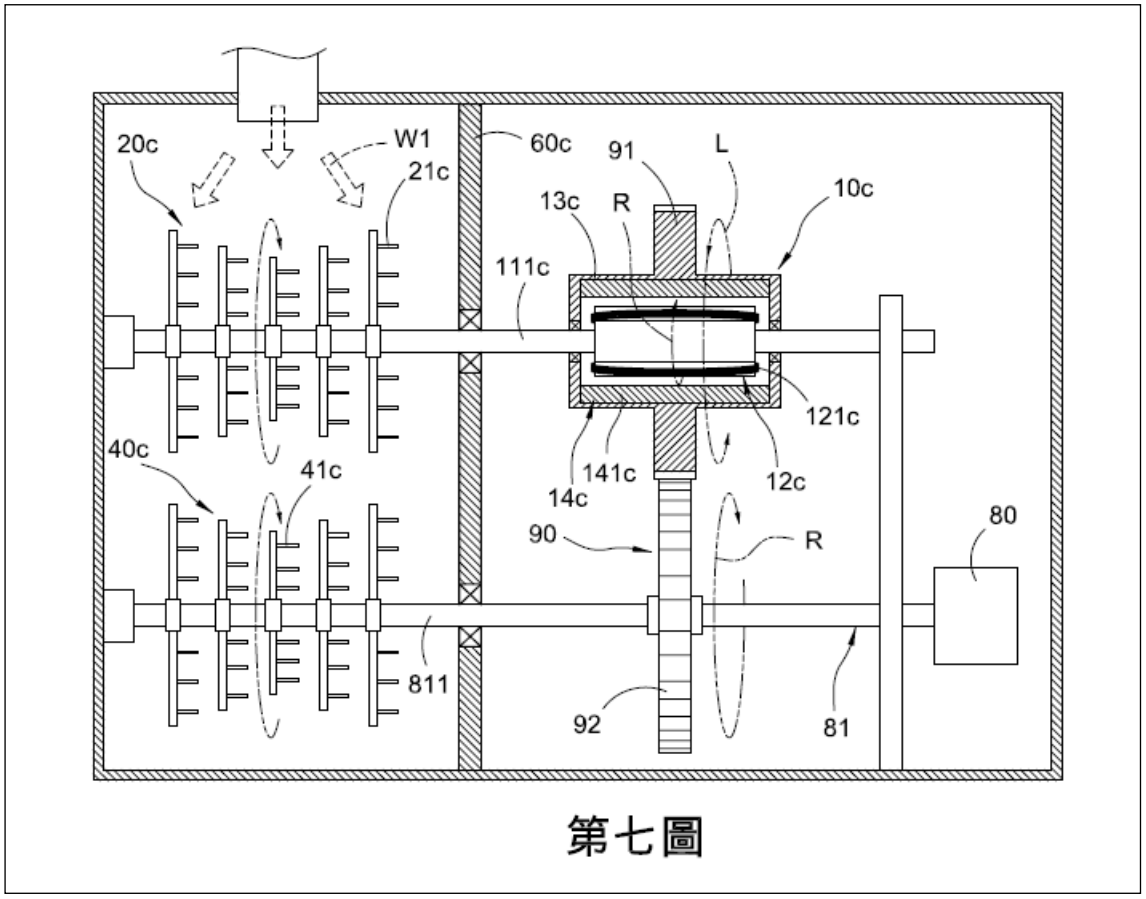


圖 2-7 水力、火力、核能流體動能擷取 SG 二級應用

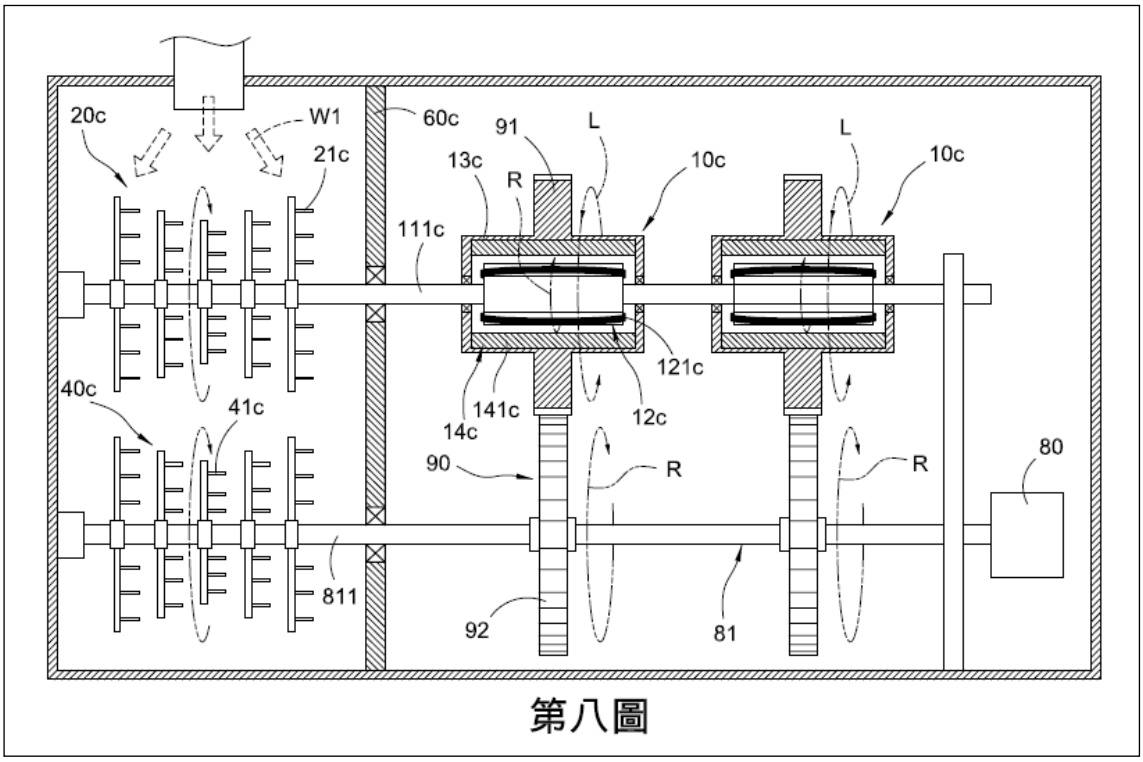


圖 2-8 水力、火力、核能流體動能擷取 SG 二級應用(串聯擴充)

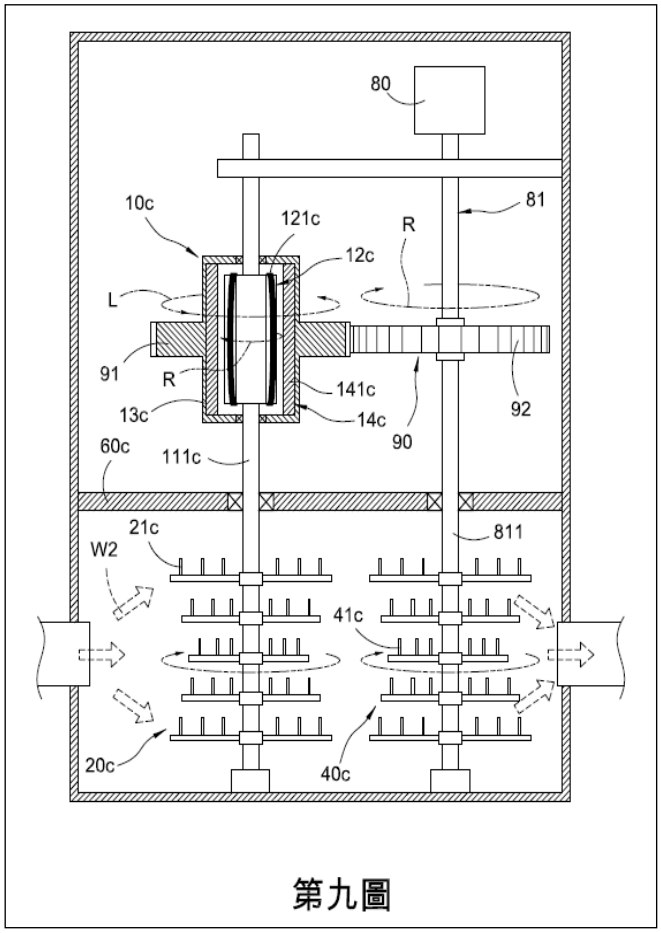


圖 2-9 水力、火力、核能流體動能擷取 SG 二級應用(串聯擴充)

研究四、阻流型葉片效能測試，以 CG(Common Generator)模式檢測

利用研究一研發出的高速葉片，安裝在發電機組上，如圖 3。發電機是以水平軸發電機組模式，即為 H 模式(horizon)—配合 CG(Common Generator 一般發電機單向轉模式)，在風洞實驗室中進行測試，並將數據資料與一般市售風機數據進行對比。

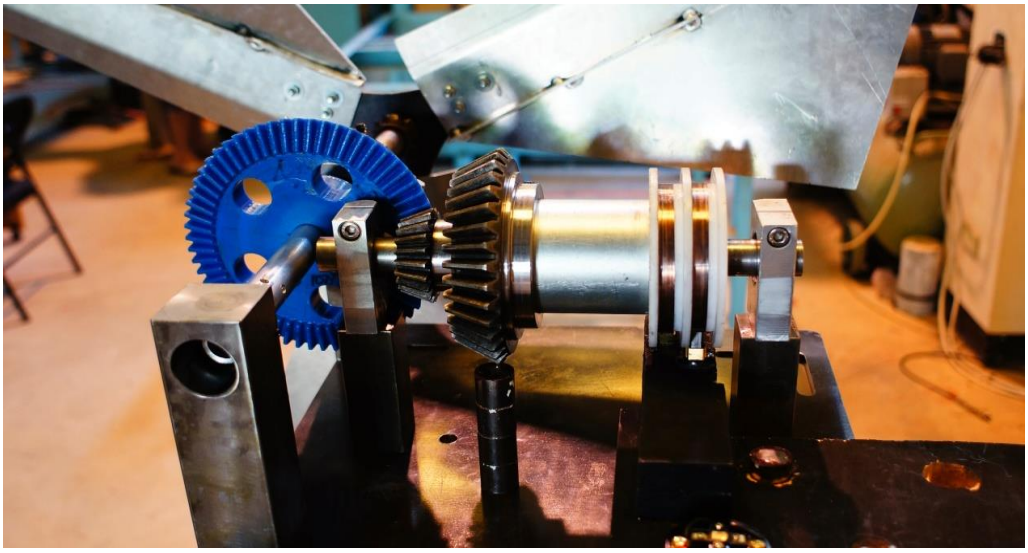


圖 3　CG 模式配合高速葉片進行檢測

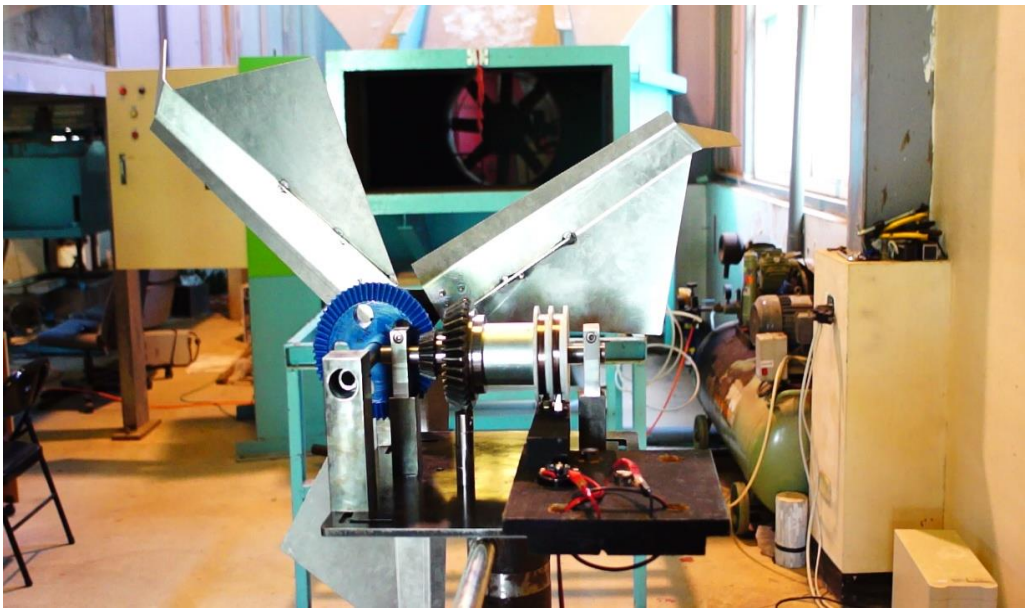


圖 4　CG 模式配合高速葉片於中型風洞實驗

圖 22　CG 模式配合高速葉片於大型風洞實驗

研究五、SG 發電機效能測試

利用研究一研發出的高速葉片，安裝於發電機組，發電機組是以 H 模式搭配 SG(單軸雙轉模式)，如圖 6、圖 7。在風洞實驗室中進行測試，並將數據資料與一般市售風機數據進行對比。

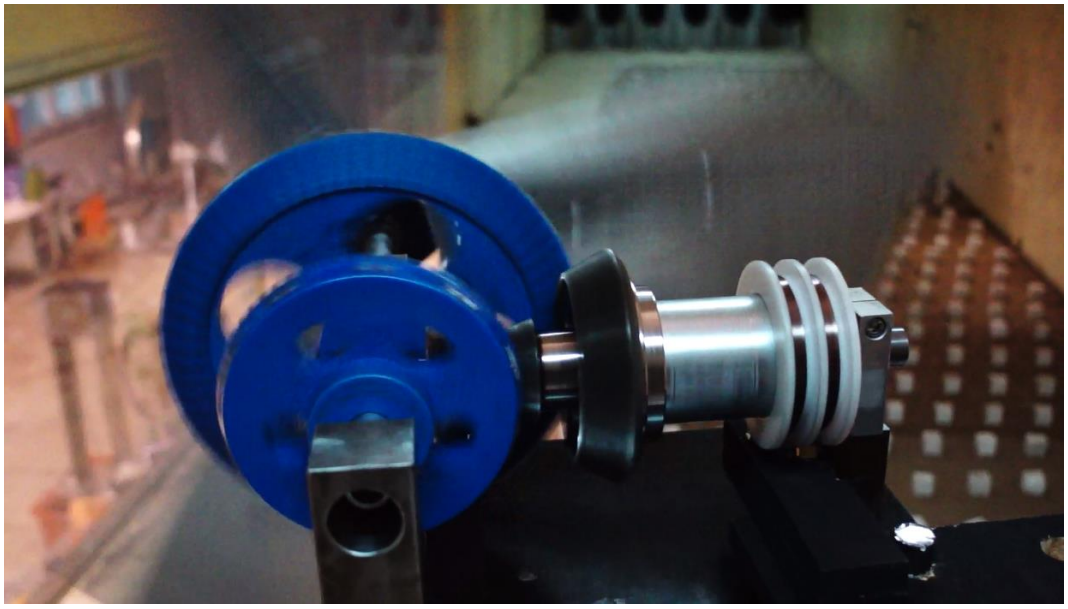


圖 6　H 模式—SG 發電機加高速葉片於大型風洞實驗

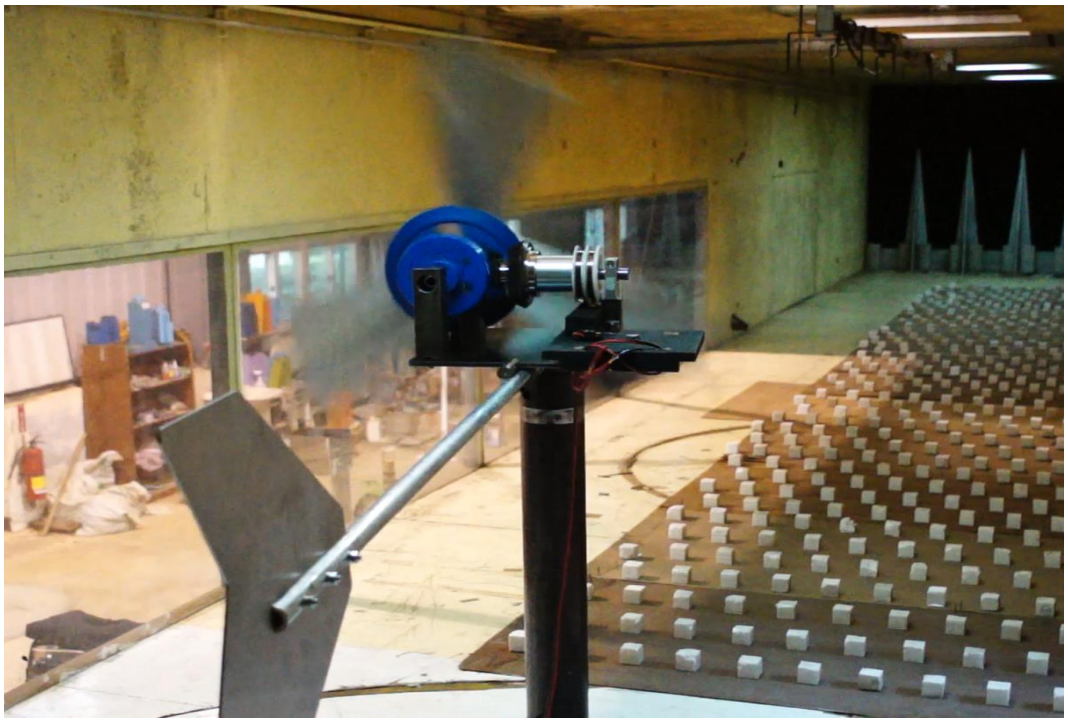


圖 7　H 模式—SG 發電機加高速葉片於大型風洞實驗

陸、　研究結果

研究一、阻流型葉扇的測試結果 (適用於水平軸流體系統)

(一)、

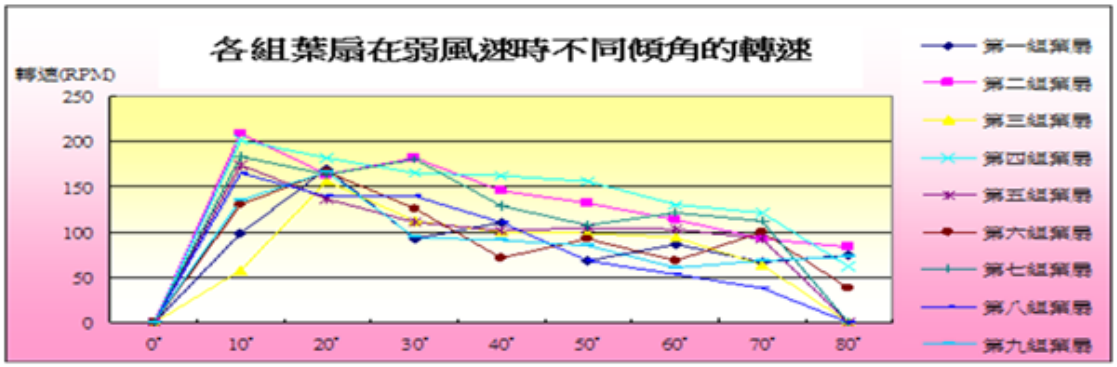


圖 8　各組葉扇在在風速(3.9m/s)時的轉速比較圖

(二)、

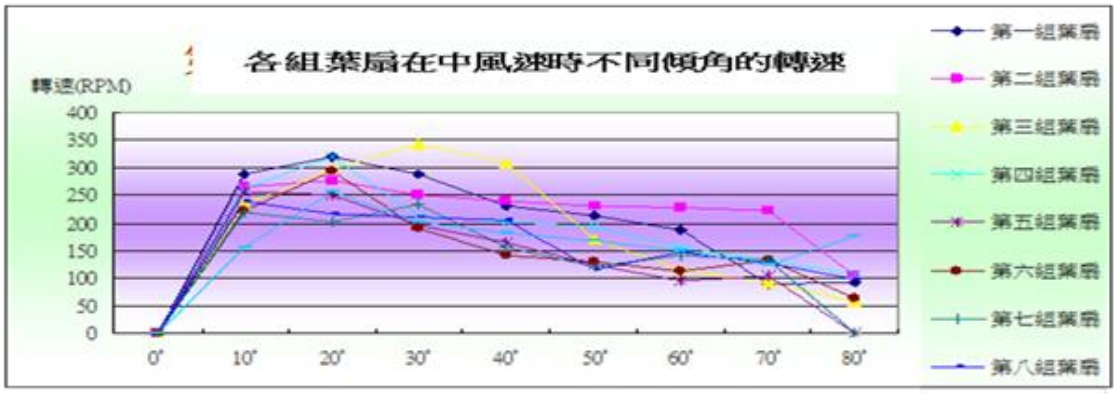


圖 9 各組葉扇在風速(4.7m/s)時的轉速比較圖

(三)、

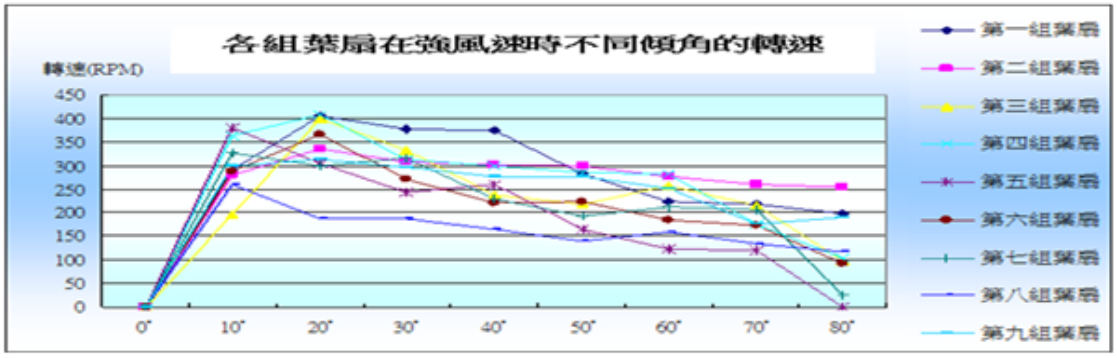


圖 10 各組葉扇在風速(6.5m/s)時的轉速比較圖

(四)、 我們根據以上數據，選擇了第四組 10°角的設計，製做出了高速葉扇，如圖 11-1。及兼顧低速啟動(第四組 10°角)及高速維持(第二組 40°角)的 Hybrid 葉扇，如圖 11-2。

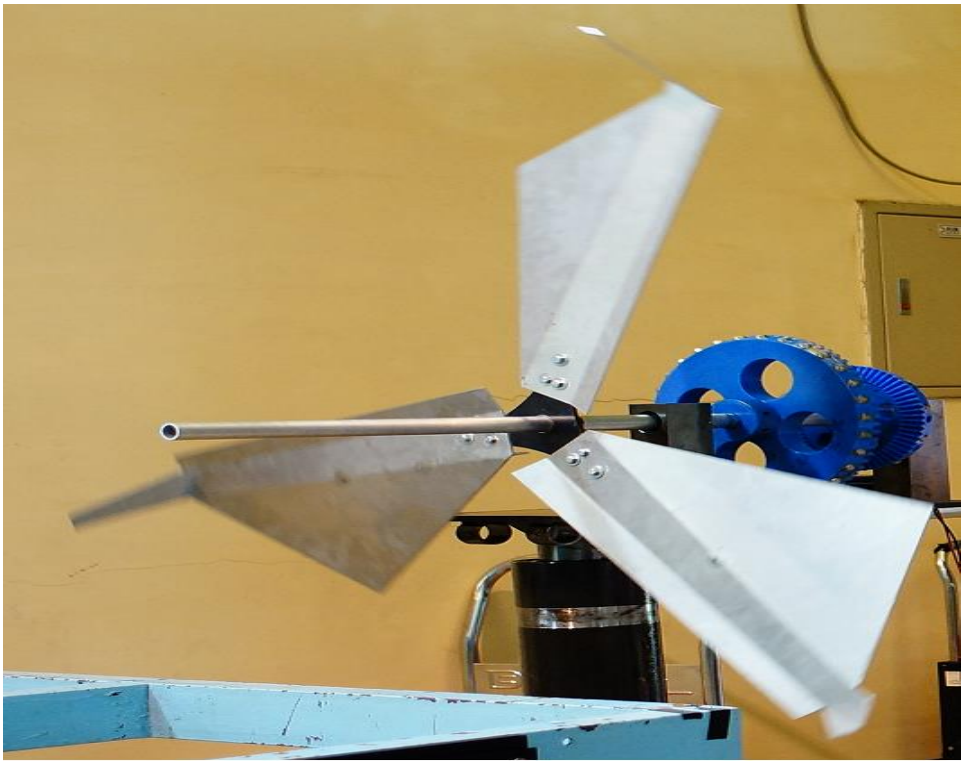


圖 11-1 高速葉扇

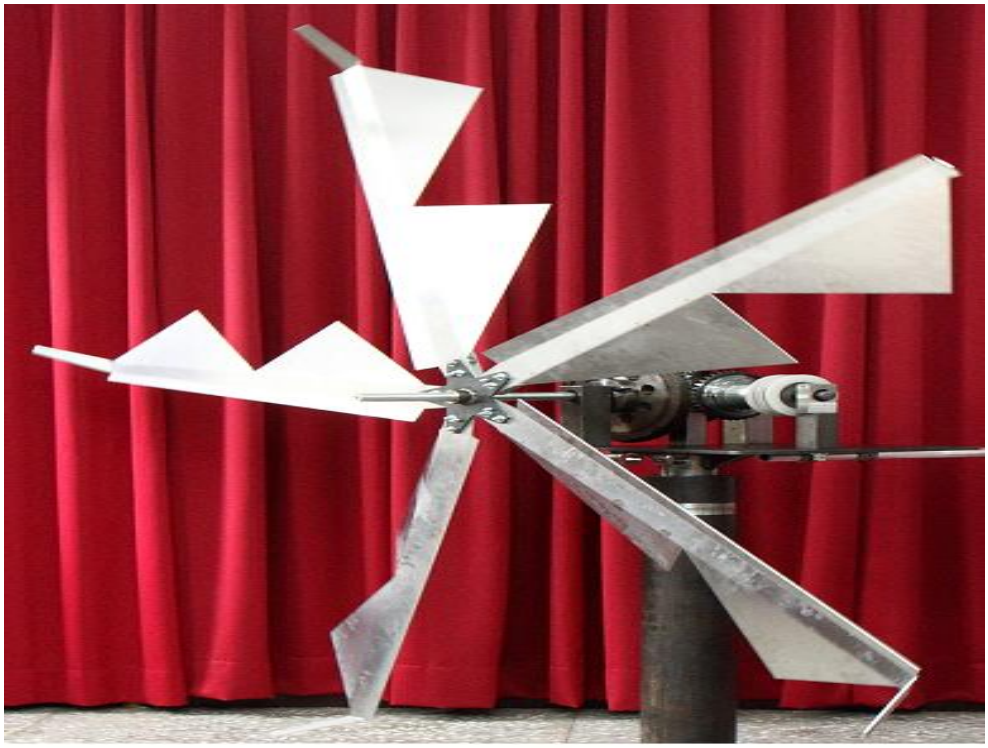


圖 11-2 Hybrid 葉扇

研究二、撞流型葉扇的設計結果 (適用於垂直軸流體系統)

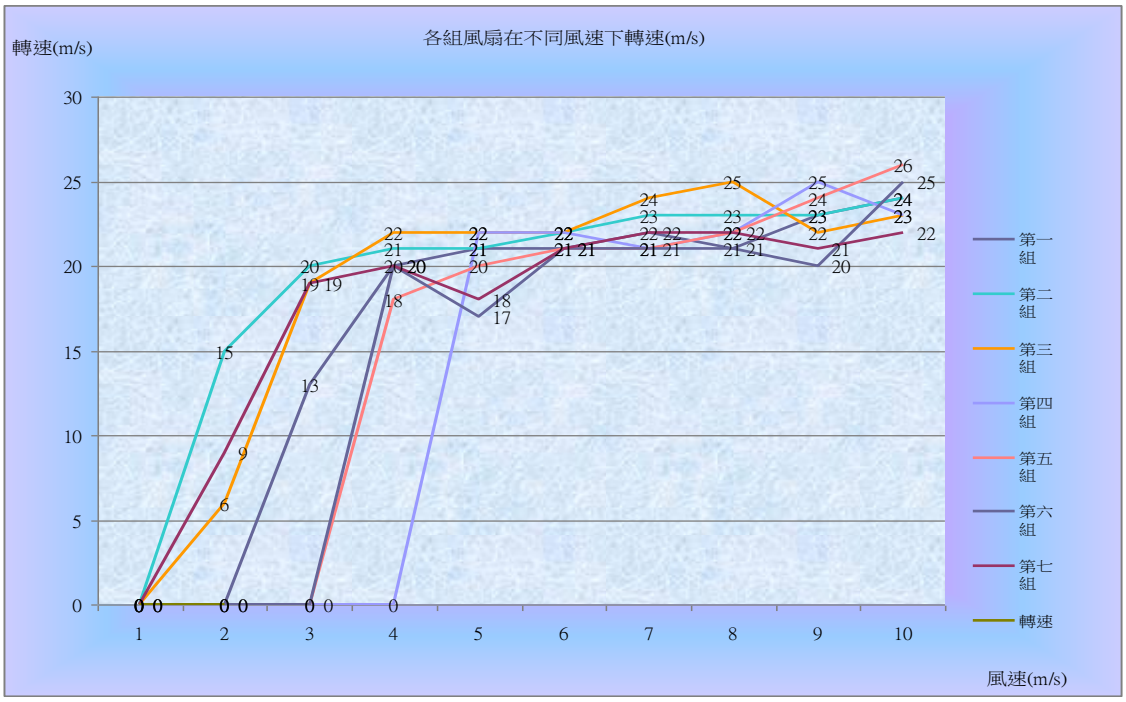


圖 12 各組葉扇的轉速比較

我們根據以上數據，選出了第二組為撞流型葉扇最佳的幾何比例。可是經觀察後發現流體會從平面葉片四周流散無法集中推力產生最大效能。

而一般撞流型葉扇只有在與流體流向剛好呈 90° 時才有最佳的力矩，其他角度都無法產生最佳力矩，如下圖 13。

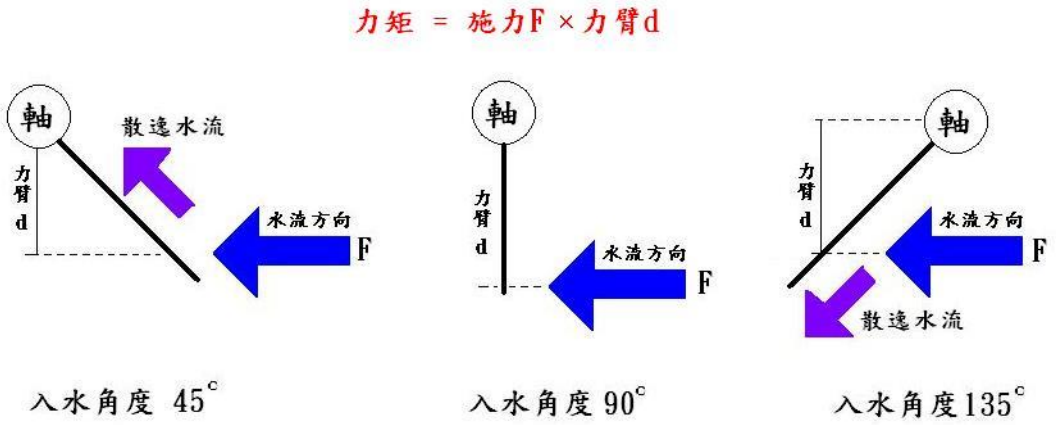


圖 13 傳統水力發電機葉扇入水模式

而且葉扇前方平整，會導致前進阻力過大而抵銷了葉扇後方的受流體撞擊的能量。綜合以上觀點，我們又再設計一款全新的撞流型發電機立體葉片，讓葉片不論在水中是何種角度，都能有垂直的最佳受力及較小的前進阻力，再配合圖 12 的數據，設計成立體葉片概念如下圖 14。

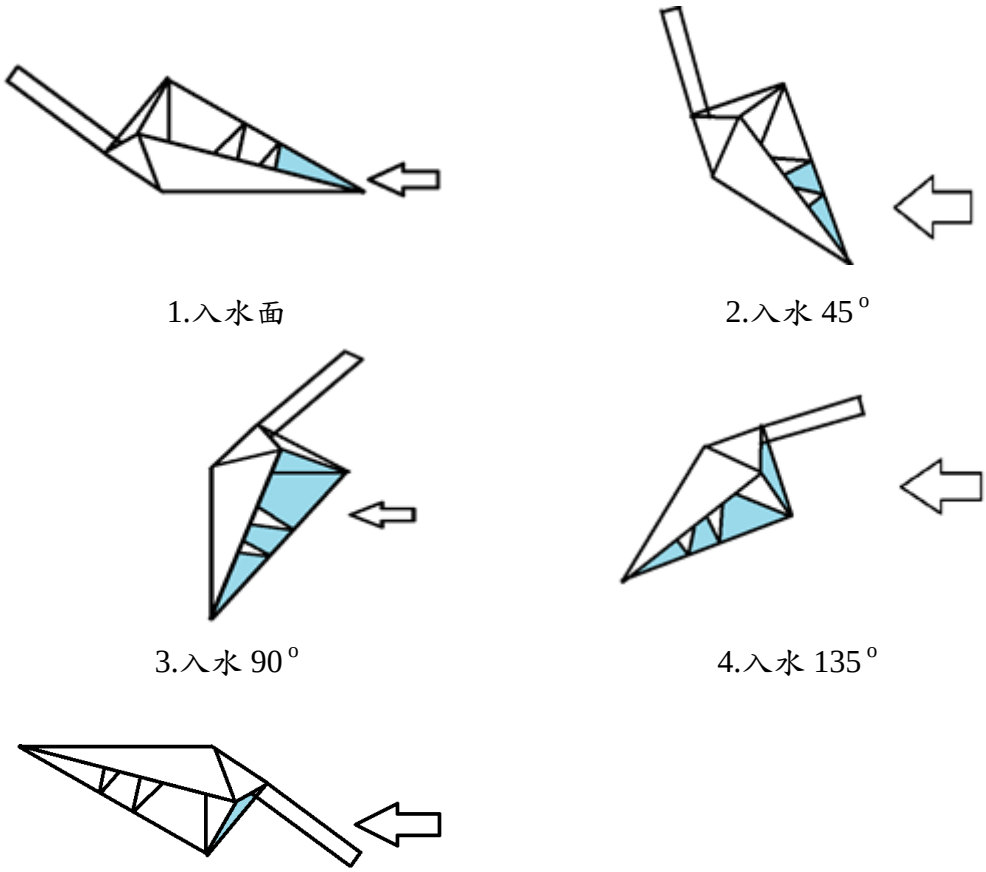


圖 14 立體撞流型葉片在各角度的受力示意圖
(藍色表示流體接觸點，箭頭表流體)

這樣的設計不論何種角度都有垂直的最大力矩來推動葉扇旋轉，同時在最前端設計矢型前部，可以減少前進阻力，加快葉扇旋轉速度，增加發電機組的發電量。

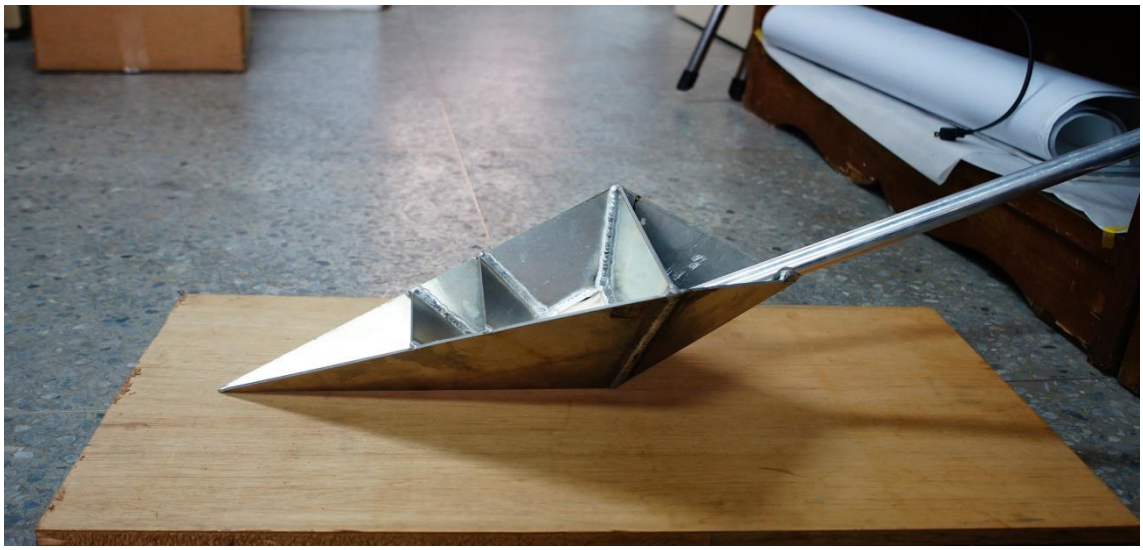


圖 15-1　立體水機葉片成品側視圖

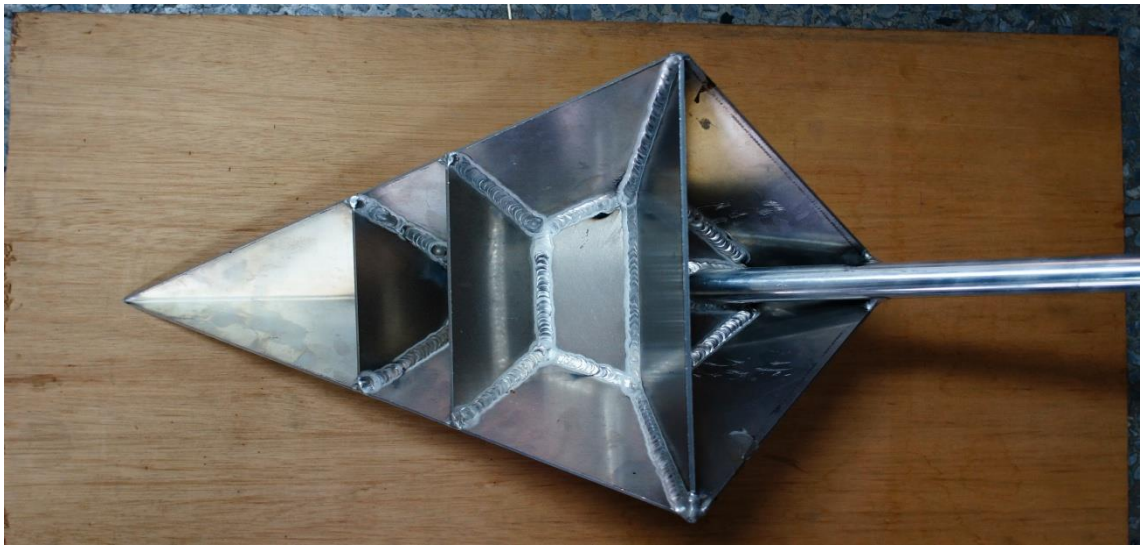


圖 15-2　立體水機葉片成品俯視圖

研究三、SG 三級應用的三種形式設計結果

(一)、 H 模式(horizontal)

圖 16 水平軸發電模式實際組裝成果圖(適用風力、河流、洋流)

(二)、 V 模式(vertical)

圖 17 垂直軸發電模式實際組裝成果圖(適合瀑布、河流、風力)

(三)、 HV 模式(horizontal & vertical)

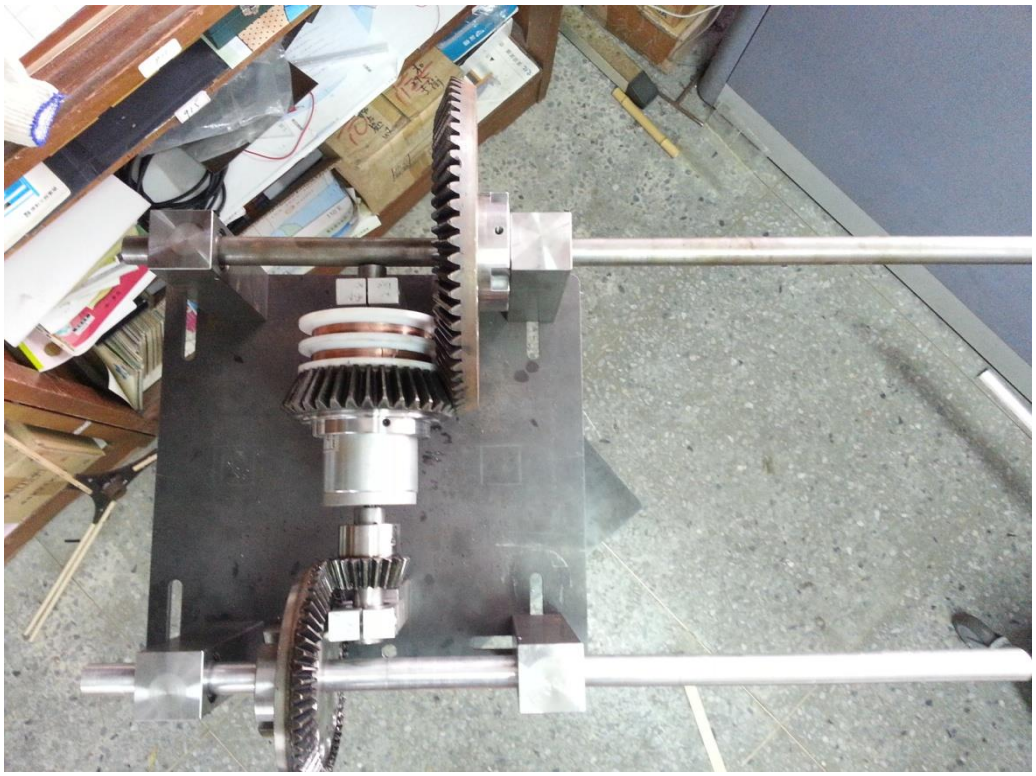


圖 18　HV 模式(horizontal & vertical)組裝實體圖

研究四、阻流型葉片效能測試，以 CG(Common Generator)模式檢測

表 4　CG 模式(一般發電機單轉模式)測試結果

風速 m/s	電壓 V	電流 A	瓦 W	風速 m/s	電壓 V	電流 A	瓦 W
0.0	0.0	0.00	0.000	7.0	81.6	0.65	53.040
0.5	0.0	0.00	0.000	7.5	85.3	0.76	64.830
1.0	1.1	5.45	5.995	8.0	90.0	0.88	79.200
1.5	6.1	1.16	7.076	8.5	94.2	0.94	88.550
2.0	15.3	0.66	10.098	9.0	104.0	1.02	106.080
2.5	18.2	0.61	11.102	9.5	110.0	1.18	129.800
3.0	26.5	0.46	12.190	10.0	115.0	1.26	144.900
3.5	31.5	0.48	15.120	10.5	117.0	1.41	164.970
4.0	41.0	0.43	17.630	11.0	118.0	1.50	177.000
4.5	46.7	0.41	19.147	11.5	119.0	1.59	189.210
5.0	51.7	0.45	23.265	12.0	120.0	1.66	199.200
5.5	59.2	0.49	29.008	12.5	119.0	1.69	201.110
6.0	64.3	0.47	30.221	13.0	118.0	1.71	201.780
6.5	68.5	0.58	39.730	13.5	119.0	1.67	198.730

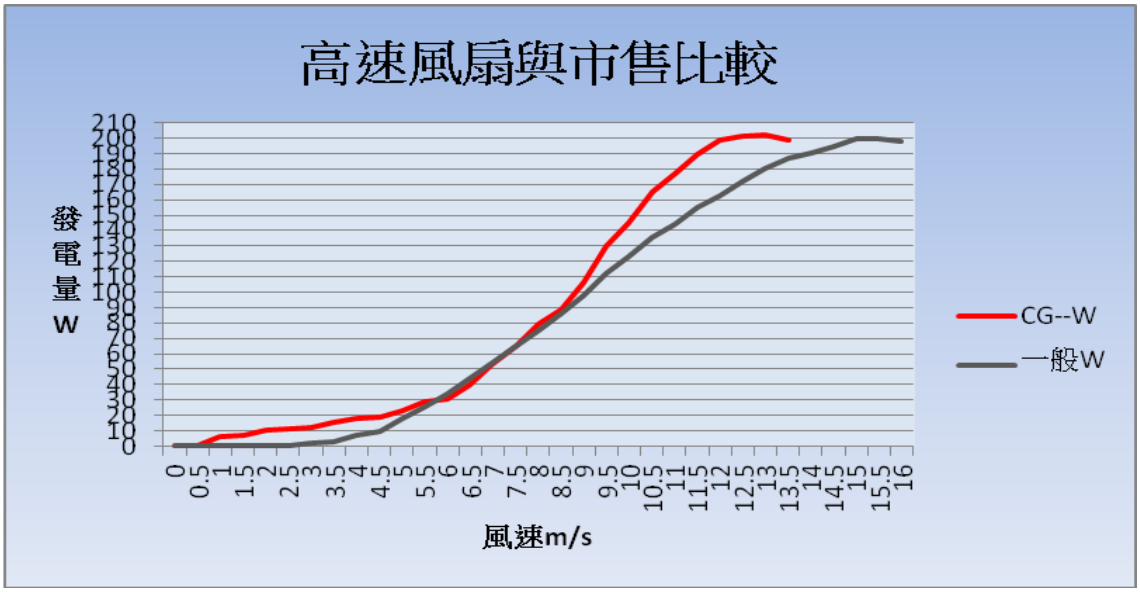


圖 19　一般單轉式發電機 CG 配合高速葉片數據結果
與網路一般市售發電機數據比較

研究五、SG 發電機效能測試

表 5　H 模式—SG 發電機加高速葉片檢測數據表

風速 m/s	電壓 V	電流 A	瓦 W	風速 m/s	電壓 V	電流 A	瓦 W
0.0	0.0	0.00	0.000	7.0	91.0	1.14	103.740
0.5	0.0	0.00	0.000	7.5	98.6	1.29	127.194
1.0	0.0	0.00	0.000	8.0	105.0	1.44	151.200
1.5	2.1	2.52	5.292	8.5	113.0	1.51	170.630
2.0	12.3	0.58	7.134	9.0	115.0	1.61	185.150
2.5	19.2	0.47	9.024	9.5	118.0	1.62	191.160
3.0	23.5	0.43	10.105	10.0	119.0	1.68	199.920
3.5	27.8	0.52	14.456	10.5	120.0	1.69	202.800
4.0	44.3	0.45	19.935	11.0	120.0	1.69	202.800
4.5	61.0	0.42	25.620	11.5	119.0	1.69	201.110
5.0	75.2	0.41	30.832	12.0	119.0	1.70	202.300
5.5	79.8	0.63	50.274	12.5	119.0	1.67	198.730
6.0	85.8	0.87	74.646	13.0	119.0	1.66	197.540
6.5	87.3	1.05	91.665	13.5	119.0	1.66	197.540

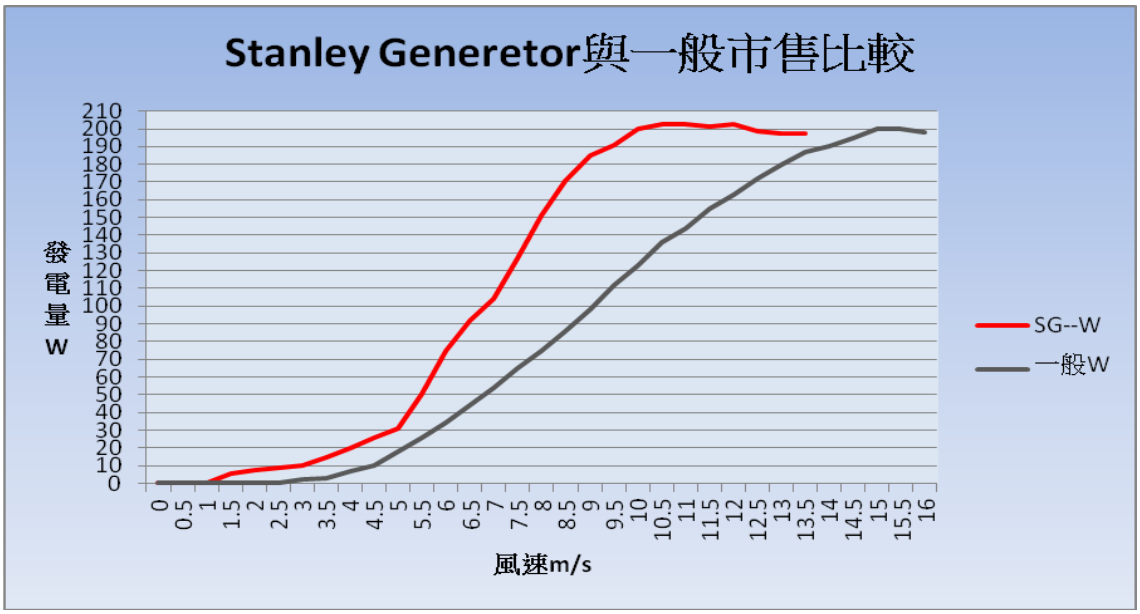


圖 20　H 模式—SG 發電機組裝高速葉片數據結果
與網路一般市售發電機數據比較

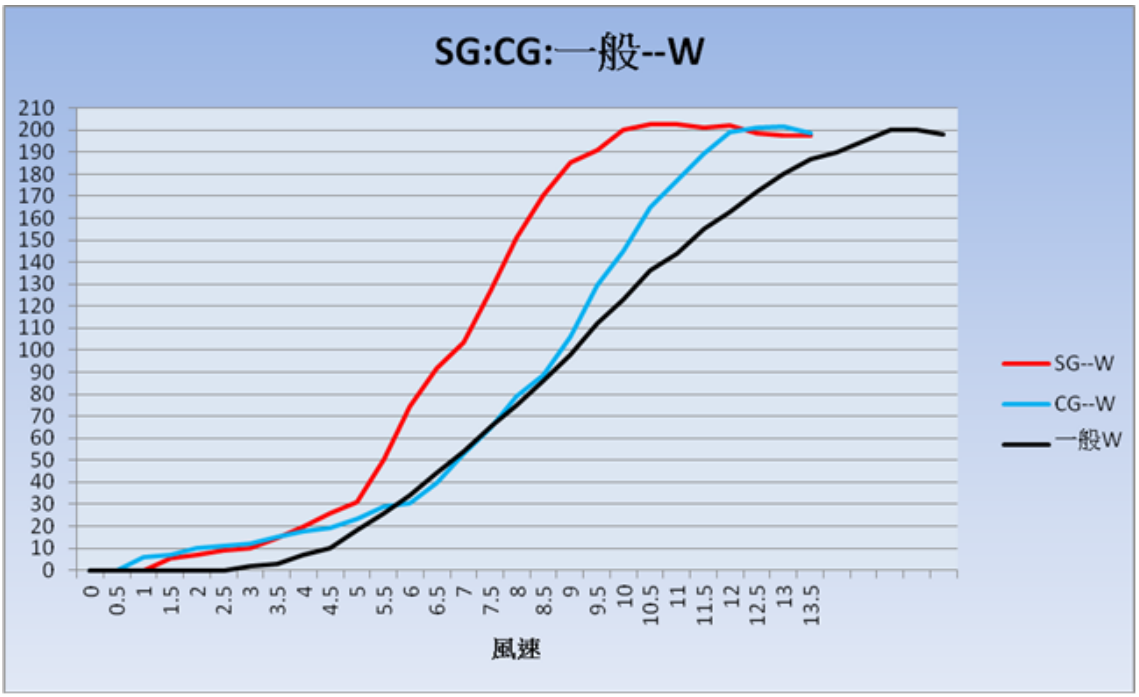


圖 21　CG 模式、SG 模式與市售同級發電機 發電功率對照圖

柒、 討論

一、在研究一，為了不讓室外的風影響實驗的數據，因此所有實驗都在無風的室內操作，避免實驗誤差，增加實驗數據的精確度。每次實驗為了避免誤差都進行了 5 次的實驗後再取平均值，希望增加數據的正確性。

二、在阻流型葉扇的部分測試，我們使用固定的電風扇來製造穩定的風場，在每次進行實驗之前，都用風速計確認為實驗所需要的固定風速及分佈，我們測量出電風扇的弱風時所提供的風速為 3.9m/s、中風風速 4. 7 m/s、強風風速 6.5m/s；我們結合了風速弱、中速時的最佳葉片及其角度，分別創作出了三片式的高速葉扇(如圖 2-2)及五片式的 Hybrid 葉扇(如圖 11-2)。

三、在撞流型的葉片，在圖 12 中很明顯的對照出，第二組（箏型 21.5：10：40）的葉片可在最低流速下運轉，而水流的流速通常也不會像風速一樣快速，所以採用第二組的葉片為研發撞流型葉片的雛型。在確定底座形狀後，考量傳統水力發電機葉扇入水模式，發現平面式葉片並不能充分利用流體之動能，因為流體會從平面葉片四周流散，無法集中推力產生最大效能，而且葉扇前方平整，會導致前進阻力過大而抵銷了葉扇後方的受流體撞擊的能量。而一般撞流型葉扇只有在與流體流向剛好呈 90° 時才有最佳的力矩，其他角度都無法產生最佳力矩如圖 13。我們設計的葉片將增加高使其立體化，再將其分格，使水流不論從哪來都有能垂直對應的格以產生最大力矩，同時兼顧最佳比例以及迎水面積，如圖 14。原本考慮用木質材質或是壓克力板製作，但考量水流強度，所以採用質輕強韌的鋁材質製作，實際完成的葉片形狀如圖 15-1、圖 15-2。

四、在 SG(Stanley Generator) 初級應用中，如圖 2-1。可以看出有三層的風扇構造，假設風由右方向左吹，第一層的風扇設計成比較小一階葉扇，並且設計成受

到強風可以表現良好轉速的第四組 10° 角風葉扇片，如圖 8 及圖 11-1。第二層則設計成二階葉扇，最外側部分沒有受到阻擋，也是設計成在強速風表現良好的第四組 10° 角葉扇，而內側的葉扇由於風會被經過第一層阻擋而減弱，所以改成在中速風下表現較好的第二組 40° 角葉扇，如圖 9。而第三層葉扇則設計成三階，也是最大的葉扇。最外側的直接受風的使用第四組葉扇，中間受到第二層的阻擋，改採用在中速風表現較佳的第二組 40° 角葉扇，最內側的部分，由於風經過第一層及第二層共兩次的阻擋，所以採用在弱風時表現較佳的第六組 30° 角葉扇。而圖 2-1 的設計若風由水平吹送到葉扇的示意圖請參考下圖，圖 22。

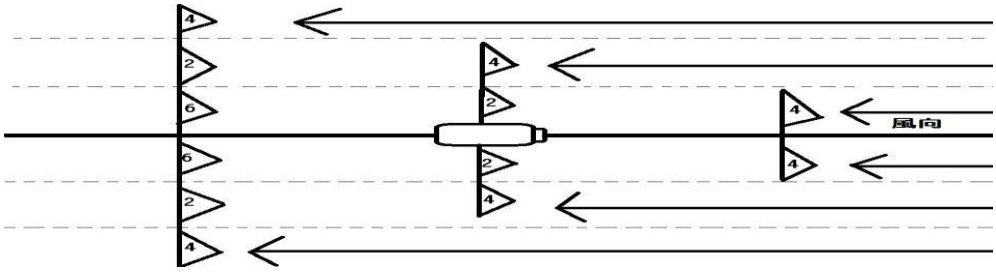


圖 22　三層葉扇的平面示意圖(實體機器可參考圖 2-2)

五、圖 2-3-1 和圖 2-3-2，則是 SG 發電機示 [24] 內部構造，SG 為打破定子固定不動的模式，讓定子及轉子互反轉，使一次的流體動能同時帶動定子及轉子相反方向轉動，造成兩倍磁場變換。

六、圖 2-4 是將圖 2-1、及圖 2-3-1 水平軸三層風動能擷取 SG 初級應用合併的圖，第一層葉扇首先受風開始帶動主軸順轉（轉子開始順向旋轉），第二層葉片設計比第一層葉片來得大且連接發電機本身（定子），並安裝上反向葉片，受風後會帶動定子逆向旋轉。第三層葉片設計成最大可以不受風速經過兩層葉片減弱的影響，和第一層葉片一樣固定在主軸上，與第一層葉片同步旋轉。和只有單一風扇旋轉主軸的發電模式相比，發電機的磁場變化變化會更快速，依據冷次定律，磁場變化越快，產生的感應電流就會越大。是一種劃時代的

設計，而且並不限於只能用在風力發電或水力發電，這樣的設計用來改善現有的火力發電機組或是核能電機組，也能提升發電效能。

七、在實際製作發電機組時發現，發電機原本設計有兩條輸出電流的電線，電線會因原先不會轉動的定子因 SG 系統開始旋轉後產生打結的情況，造成實驗上的困擾，無法精準的判讀實驗數據。於是我們在進行設計上的修正，如圖 2-5 中顯示，我們將輸出電流的電線連結在環型的塑膠圓管上，在其中的圓管凹槽中黏貼上銅片，便可利用具有彈性的電刷，將電流導出。實際成品如圖 3 的左下角。

八、在圖 2-6 中的設計概念，則是將水平軸的風力發電機模式，轉換成垂直軸模式，但是仍舊以三層葉扇，以雙向反轉 SG 初級應用模式來設計。

九、在更改現有發電機發電模組的設計中，可將原本的發電機模組增加齒輪組變換成 SG 模式，使其增加發電量，設計圖可以參考圖 2-7。以水力發電為例，圖 8-7 左側為入水處，水由高向低流動，帶動上下兩個輪軸皆順向旋轉，上面的軸帶動轉子順向旋轉，下的的軸連接一個大型齒輪，與連接定子的另一個齒輪相連，若下方的齒輪順轉，緊連的上方齒輪則會帶動定子逆向旋轉，即變成為 SG 發電模式。而火力發電、核能發電亦相同，差別是流體不往下走，而是受熱對流上升，但結果相同。

十、圖 2-8 的設計與圖 2-7 類似，只是因為水力、火力、核能流體動能的能量密度比風力高，所以可以用串聯的方式，同一轉軸上可多安裝幾個發電機組，同時擷取電能。

十一、　圖 2-8 是使用水平軸的電機組模式，而圖 2-9 則是將水力、火力、核能流體動能擷取 SG 二級應用改成垂直軸模式。

十二、　實際製做發電機組時，為了更有效的利用流體動能，另外製做齒輪比 1：3 的增速齒輪，將設計圖 2-5 結合增速齒輪成為研發的發電機組實機，實際組裝完成的機組如圖 16。該裝置很適合應用在水平軸風力發電、洋流發電及河水發電，並在尾端裝置追流系統，尤其在流體動能不穩定的時候，更有效的尋找流體動能的方向且加以利用。

十三、　而設計圖 2-7 結合增速齒輪成為實際組裝完成的機組如圖 17。圖 17 適合應用在瀑布發電等衝擊式發電模式(撞流式)。

十四、　而 HV 模式(horizan&vertical)應用在風力部分，如圖 18 垂直軸流能擷取 SG 三級應用，這項設計適合應用在河川發電、水車發電，它可以裝置在屋頂截取風力，也可以裝置在橋墩截取水力。

十五、　在 CG 模式(一般配合阻流型)搭配高速葉片的測試中，如圖 19 所示，我們將自製的發電機組和一般市售風力發電機在網路上所提供的數據進行比對，發現市售風力發電機要在 3m/s 才能啟動，而我們的阻流葉片機組只要 1m/s 便可以啟動發電，市售發電機在 15.5m/s 時才達到額定發電量，而我們的阻流型葉片在 12m/s 便達到額定發電量，平均發電效能增加 1.48 倍。

十六、　若 SG 發電機配合組裝阻流型高速葉片數據結果，與網路一般市售發電機數據比較，如圖 20 所示，自製的風機可以在風速 1.5m/s 葉扇便開始旋轉及發電，發電量在 5m/s 以上發電功率會開始快速的增加。市售發電機在 15.5m/s 時才達到額定最大發電量，而我們的 SG 發電機在風速 9.5m/s 左右便達到額定發電量的極值，平均發電效能增加 1.96 倍。

十七、　在齒輪部分我們將支撐桿穿洞使止附螺絲能同時穿過齒輪連結支撐桿，使其更加穩固。

十八、　我們將整座 SG 系統，從最大的底座到最小的固定方柱，全部噴上了透明漆，避免在實驗期間生鏽使實驗產生誤差，也減少因為水力發電實驗時部分液體噴濺到發電機組產生鏽蝕，減少機器易氧化並延長其使用年限。

十九、　一開始製作增速齒輪時，為了增加其實用性及耐用性，採用鋼材製作，但是卻大大增加風機重量，也大幅增加了摩擦力，使得起始風速要達到 5m/s 才能啟動，結果很不理想，於是將鋼製齒輪磨薄後並在中央不影響的區塊鑽孔，希望減輕其重量，可是情況依舊沒有改善。只好另外找尋齒輪材質，改用工程強化塑膠重新製做齒輪，再將齒輪拋光、上潤滑油後，終於克服摩擦力太強的問題。另外，我們在齒輪外圍挖洞定，將 N35 釹磁鐵鑲嵌其中，未來將繼續實驗在齒輪外設置一個場磁鐵，測試是否可以利用磁力的斥力，使齒輪旋轉時更加快速及順暢。

二十、　我們的 SG 發電機所發出的電是一般發電機電量的 1.96 倍，也比一般發電機更快達到發電機額定最大發電功率。

二十一、　CG 發電機發電的模式和一般發電機發電的模式一樣，但配合了我們設計的葉片之後，電量竟也比一般發電機高 1.48 倍。

捌、 結 論

一、SG 初級應用是以由小至大，不同尺寸的三層葉片，這樣的設計可以獲得最大的風能利用。

二、阻流型葉片採第四組長寬幾何比例(27 : 32 : 22)及 10o 傾角至成的高速葉片，經測試可提升發電機效能 1.48 倍。

三、撞流型葉片設計是採用第二組長寬幾何比例（箏型 21.5：10：40），再將其分格，使水流不論從哪來都有能垂直流體撞擊格產生最大力矩，葉片前緣採矢型以減少前進阻力，可同時兼顧最佳比例效能以及垂直迎水效能及減少阻力。

四、搭配自行設計製做的高速葉扇的 CG 發電機組系統啟動風速為 1m/s，SG 發電機組系統啟動風速為 1.5m/s，比市售一般啟動風速為 3m/s，效能表現更為優異。

五、搭配自行設計製做的高速葉扇的 SG 發電機組系統可在風速 10m/s 達到發電機的額定最大發電量，而 CG 發電機組系統要到風速 12m/s 達到額定最大發電量，而市售發電機組則要到風速 15m/s 以上才能達到額定最大發電量。

六、發電機組的零件重量（葉扇、齒輪、發電機等）都會是影響轉速的重要因素。

七、搭配自行設計製做的高速葉扇的 SG 發電機組所產生的電功率，是一般發電機電量的 1.96 倍，也比一般發電機更快達到發電機最大發電量，同時能以較低的風速即可達到額定最大發電量，大幅提升其實用性。

玖、　參考文獻

小暮裕明，(2011)　電學，精簡圖解很好懂，三月文化出版社

工業技術研究院，(2002)，風力示範推廣計畫，經濟部能源科技研究報告－91 年度執行報告，

江榮城，(2004)，台灣地區風力發電發展現況調查，中華民國第 25 屆電力研討會

李永炤，(1982)，小型風力發電機的葉片數、疏密度和尖端速度比的選擇，工業技術研究院能源研究所

呂茜潔、郭思涵、李姿瑩，(2012)，中華民國第 52 屆中小學科學展覽會--國中組 生活與應用科學科第三名風生水起－流體動能利用系統

林昆瑩，(2009)，小型風力發電機葉片設計及製作，國立成功大學航空太空工程研究所碩士論文

徐瑞峰、陳建富，(2008)，電力電子學-電腦輔助分析與設計，新文京出版社

徐彬堯，(2005)，風車葉片運動模擬與動態分析，National Cheng Kung University Department of Aeronautics & Astronautics (on the job class)

郭信佑，(2006)，中華民國第四十六屆中小學科學展覽會—環保可攜式風力發電機的製作與研究。

張玉田，(1993)，水力發電學，徐氏文教出版社

陳國忠，(2005)，葉片旋轉角對水平是風力機性能影響之數直言就。國立台灣科技大學博士論文

郭俊賢，(2008)，小型風力充電系統之開發，大同大學碩士論文

張耀文，(2007)，教育用低風速小型風車之開發，大同大學博碩士論文

程金、黃清池、郭松村、王永山，(2010)， 電力系統，志光出版社

發電機原理—南一國中課本第六冊第一章。

高中物理南一第九章—轉動。

葉雨涵，(2010)，小型風力發電機設計與分析馬達，科技數位學習網 368 期

蔡逸峰，(2007)，小型風力發電機葉片設計， 馬達科技數位學習網 第 229 期

謝飛虎，(2000)，電力電子學-重要問題寶典，新文京出版社

風力發電— http://www.solar-i.com/wi.htm

發電原理— http://vm.nthu.edu.tw/science/shows/nuclear/nue/various.html

附 錄

附件一、風速與風力級數參照

附表 1 風力級數參照表（引用自台灣颱風資訊中心）

風力級數	國際標準				香港標準		風浪對照			說明（陸上；海面）
	名稱	風速			名稱	風速	名稱	約略	最大	
		kts	km/h	m/s		km/h		m		
0	無風 Calm	< 1	< 1	0-0.2	無風	< 2	—	—	—	煙直上；海面如鏡
1	軟風 Light air	1-3	1-5	0.3-1.5	輕微	2-6	微波	0.1	0.1	風標不動；海面有鱗狀波
2	輕風 Light breeze	4-6	6-11	1.6-3.3		7-12		0.2	0.3	風拂面葉有聲；微波明顯光滑
3	微風 Gentle breeze	7-10	12-19	3.4-5.4	和緩	13-19	小波	0.6	1.0	小枝搖旌旗展；波峰偶泛白
4	和風 Moderate breeze	11-16	20-28	5.5-7.9		20-30	小浪	1.0	1.5	塵揚小樹搖擺；浪峰白沫多
5	清風 Fresh breeze	17-21	29-38	8.0-10.7	清勁	31-40	中浪	2.0	2.5	水起波；中浪高偶有浪花
6	強風 Strong breeze	22-27	39-49	10.8-13.8	強風	41-51	大浪	3.0	4.0	電線呼呼聲；大浪漸起浪花
7	疾風 Near gale	28-33	50-61	13.9-17.1		52-62		4.0	5.5	全樹搖步難行；海面湧突浪成條
8	大風 Gale	34-40	62-74	17.2-20.7	烈風	63-75	巨浪	6.0	7.5	小枝折；巨浪升沿風波峰裂成條
9	烈風 Strong gale	41-47	75-88	20.8-24.4		76-87	猛浪	7.0	10.0	煙突屋瓦損；猛浪驚濤浪花白沫
10	暴風 Storm	48-55	89-102	24.5-28.4	暴風	88-103	狂濤	9.0	12.5	拔樹倒屋；波峰高聳海面一片白浪
11	狂風 Violent storm	56-63	103-117	28.5-32.6		104-117		11.5	16	陸上絕少；狂濤可蔽中小海輪
12	颶風 Hurricane	64-71	118-133	32.7-36.9	颶風	118-135		14.0	—	陸上絕少；海面全為白色浪濤
13	—	72-80	134-149	37.0-41.4				> 14		
14	—	81-89	150-166	41.5-46.1						
15	—	90-99	167-183	46.2-50.9						
16	—	100-108	184-201	51.0-56.0						
17	—	109-118	202-224	56.1-61.2						

附件二、阻流型葉片檢測數據

(一)、 阻流型葉片各組葉片在不同角度及不同風速下轉速檢測原始數據

附表 2 在風速 3.9m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇及角度在弱風速(3.9m/s)的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	0.0	99.0	169.0	92.0	111.0	68.0	87.0	67.0	75.0
第二組葉扇	0.0	209.5	164.0	182.0	145.0	132.0	114.0	93.0	84.0
第三組葉扇	0.0	57.5	155.5	112.5	100.0	98.0	94.0	63.0	0.0
第四組葉扇	0.0	201.5	182.0	165.0	162.0	156.0	130.0	121.0	62.0
第五組葉扇	0.0	175.0	136.0	111.0	101.0	105.0	103.0	92.0.	0.0
第六組葉扇	0.0	130.0	166.0	126.0	71.0	92.0	68.0	100.0	38.0
第七組葉扇	0.0	184.0	164.0	180.0	129.0	107.0	121.0	112.0	0.0
第八組葉扇	0.0	165.0	140.0	139.0	110.0	68.0	53.0.	38.0	0.0
第九組葉扇	0.0	135.0	166.0	94.0	91.0	85.0	61.0	68.0	72.0

附表 3 在風速 4.7m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇及角度在中風速(4.7m/s)的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	0.0	287.0	318.0	288.0	231.0	212.0	186.5	88.5	92.0
第二組葉扇	0.0	266.0	275.0	249.0	238.0	231.0	228.0	223.0	104.5
第三組葉扇	0.0	232.0	297.5	342.0	307.0	169.0.	114.0	91.0	56.5
第四組葉扇	0.0	263.0	318.0	214.0	202.0	194.0	155.0	131.0	106.0
第五組葉扇	0.0.	257.5	251.0	195.5	165.0	124.0	96.0	103.0	0.0
第六組葉扇	0.0	221.0	294.0	189.0	140.0	129.0	112.0	133.0.	63.0
第七組葉扇	0.0	220.0	202.0	233.0	156.0	122.0	140.0	132.0	0.0
第八組葉扇	0.0	239.0	216.0	211.0	204.0	115.0	146.0	127.0	99.0
第九組葉扇	0.0	154.0	257.0	202.0	181.0	168.0	149.0	125.0	176.0

附表 4　在風速 6.5m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇及角度在強風速(6.5m/s)的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	0.0	290.0	406.0	378.0	374.0	282.0	224.0	217.0	198.0
第二組葉扇	0.0	280.5	335.5	307.0	302.0	299.0	278.0	260.0	254.0
第三組葉扇	0.0	196.0	399.0	331.5	236.5	218.0	258.5	215.5	97.5
第四組葉扇	0.0	364.0	407.5	314.0	298.0	285.0	281.0	177.0	104.0
第五組葉扇	0.0	381.0	305.0	243.0	261.0	166.0	122.0	120.0	0.0
第六組葉扇	0.0	288.0	367.0	271.0	220.0	225.0	184.0	174.0	92.0
第七組葉扇	0.0	326.0	298.0	316.0	228.0	194.0	213.0	208.0	25.0
第八組葉扇	0.0	260.0	188.0	186.0	164.0	141.0	159.0	135.0	116.0
第九組葉扇	0.0	299.0	313.0	296.0	278.0	276.0	252.0	176.0	191.0

(二)、　阻流型葉片各組葉片在不同角度及不同風速下轉速風洞檢測原始數據

附表 5　在風速 0.5m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 0.5m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	0.0	29.0	42.5	52.0	68.5	50.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	0.0	22.5	30.5	48.5	65.5	32.5	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	0.0	25.5	29.5	32.0	34.5	27.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	0.0	21.0	25.0	26.0	27.5	16.0	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	45.0	47.5	55.0	58.0	60.0	56.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	0.0	17.0	35.0	37.0	34.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	16.0	22.0	29.5	32.0	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

附表 6　在風速 1.0m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 1.0m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	16.0	34.5	60.0	96.0	117.5	73.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	43.5	51.0	53.0	61.0	59.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	23.5	24.0	50.5	55.0	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	10.5	17.0	17.5	22.0	17.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	51.5	62.5	67.5	81.0	61.5	54.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	0.0	19.0	22.0	26.5	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	39.0	47.5	50.0	51.0	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

附表 7　在風速 1.5m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 1.5m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	65.0	81.5	101.0	109.0	117.5	73.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	51.0	67.5	74.5	81.0	59.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	34.0	52.0	57.5	66.5	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	13.0	14.0	15.5	18.0	24.0	16.5	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	52.0	55.0	60.5	71.5	61.5	54.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	0.0	48.0	52.0	54.0	19.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	29.0	31.5	43.0	48.5	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	0.0	0.0	23.5	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

附表 8　在風速 2.0m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 2.0m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	88.0	100.5	106.5	110.0	129.0	90.5	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	53.0	66.0	87.5	96.0	78.5	71.5	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	54.0	72.5	89.5	120.5	63.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	12.0	34.0	43.5	50.0	39.5	27.0	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	59.0	64.0	71.0	78.5	98.0	93.5	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	31.5	33.0	41.5	50.0	50.5	34.0	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	33.0	43.0	60.5	68.0	81.5	34.5	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	18.0	20.0	45.0	45.5	33.5	0.0	0.0	0.0	0.0

附表 9　在風速 2.5m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 2.5m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	109.5	122.0	125.0	134.0	102.0	83.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	66.5	71.5	77.5	83.5	102.0	83.5	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	56.0	67.0	88.0	89.0	67.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	21.5	44.5	48.0	44.5	34.0	17.0	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	51.0	67.0	72.5	73.0	53.0	45.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	31.0	34.0	35.5	50.0	53.0	51.5	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	53.0	54.0	55.5	57.0	63.0	37.0	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	22.5	33.5	44.0	47.0	35.0	0.0	0.0	0.0	0.0

附表 10　在風速 3.0m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 3.0m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	86.0	87.0	106.0	108.0	82.0	53.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	54.5	63.5	75.5	87.5	67.5	52.0	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	55.0	65.5	94.0	100.5	87.5	72.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	21.5	44.5	45.5	59.0	52.0	39.0	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	43.5	56.0	62.0	80.5	56.5	53.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	34.0	54.0	59.5	62.0	55.5	39.5	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	41.0	65.0	83.5	114.0	83.0	65.0	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	34.0	39.0	42.0	92.5	42.0	31.0	0.0	0.0	0.0

附表 11　在風速 3.5m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 3.5m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	78.0	93.5	87.5	85.0	70.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	0.0	66.0	85.5	92.0	117.5	75.5	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	74.0	75.5	91.0	106.5	83.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	34.0	40.0	52.5	62.5	60.0	28.0	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	50.5	52.0	68.5	58.0	52.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	68.5	75.5	87.5	87.0	68.5	50.5	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	37.0	66.0	85.5	110.0	101.0	63.0	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	0.0	26.0	42.0	46.0	50.5	0.0	0.0	0.0	0.0

附表 12　在風速 4.0m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 4.0m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	84.0	93.0	83.0	41.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	55.5	90.5	86.5	76.0	57.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	40.0	52.0	68.0	74.0	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	22.5	36.0	46.0	58.5	51.5	42.5	16.0	0.0	0.0
第六組葉扇	52.0	68.5	67.5	61.0	49.5	0.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	72.0	96.0	91.0	84.0	55.0	35.0	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	49.5	54.0	75.0	70.0	56.0	50.0	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	0.0	70.0	75.5	85.5	89.5	0.0	0.0	0.0	0.0

附表 13　在風速 4.5m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 4.5m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	0.0	71.0	99.0	59.5	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	52.5	60.5	97.0	96.0	82.5	53.5	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	58.0	87.5	120.0	98.0	53.0	48.5	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	39.0	54.5	108.0	109.5	82.0	51.0	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	59.0	60.5	79.5	90.5	69.5	57.5	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	61.0	68.0	83.5	97.0	74.5	69.0	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	60.5	72.0	80.5	94.5	67.5	55.5	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	22.0	65.0	76.5	80.5	68.5	65.0	0.0	0.0	0.0

附表 14　在風速 5.0m/s 各組葉片在不同角度下轉速表現

各組葉扇在風速 5.0m/s 時的轉速（rpm）									
角度	**0°**	**10°**	**20°**	**30°**	**40°**	**50°**	**60°**	**70°**	**80°**
第一組葉扇	52.5	68.0	79.5	70.0	53.0	50.5	0.0	0.0	0.0
第二組葉扇	66.0	138.0	98.0	72.5	52.5	50.5	0.0	0.0	0.0
第三組葉扇	52.0	88.5	85.0	61.0	66.0	57.5	0.0	0.0	0.0
第五組葉扇	41.0	52.5	95.0	98.0	102.0	51.5	0.0	0.0	0.0
第六組葉扇	40.0	42.5	55.0	58.0	64.5	64.0	0.0	0.0	0.0
第七組葉扇	52.5	59.0	66.5	83.5	94.0	64.0	0.0	0.0	0.0
第八組葉扇	36.0	53.5	87.0	80.0	51.5	38.5	0.0	0.0	0.0
第九組葉扇	54.5	69.0	42.0	40.0	18.5	13.0	0.0	0.0	0.0

附件三、撞流型葉片檢測原始數據

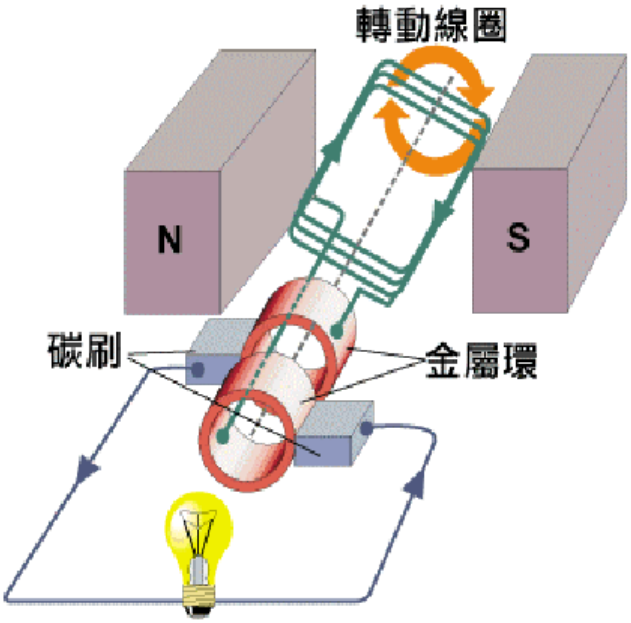
(一)、 各組葉片在不同風速下轉速

附表 15 撞流型葉片在不同風速下轉速表

不同風速下各組葉片轉速（rpm）										
風速 m/s	**0.5**	**1.0**	**1.5**	**2.0**	**2.5**	**3.0**	**3.5**	**4.0**	**4.5**	**5.0**
第一組	0	0	10	20	21	21	22	21	23	24
第二組	0	15	20	21	21	22	23	23	23	24
第三組	0	0	19	22	22	22	24	25	22	23
第四組	0	0	0	0	22	22	21	22	25	23
第五組	0	0	0	18	20	21	21	22	24	26
第六組	0	0	0	20	17	21	21	21	20	25
第七組	0	0	0	20	18	21	22	22	21	22

附件四、蒐集文獻資料

(一)、　發電機原理



附圖 1　發電機原理圖(摘自南一版九年級自然與生活科技課本)

發電機：是將動能轉為電能的裝置，構造如圖 2 所示。

A 構造:

1.電刷:與集電環微微接觸，當感應電流產生此電流可經電刷輸出。

2.電樞:至於磁鐵中間，能自由轉動的多匝線圈。

3.集電環:連接線圈的兩個金屬環。

4.場磁鐵:產生磁場的磁鐵

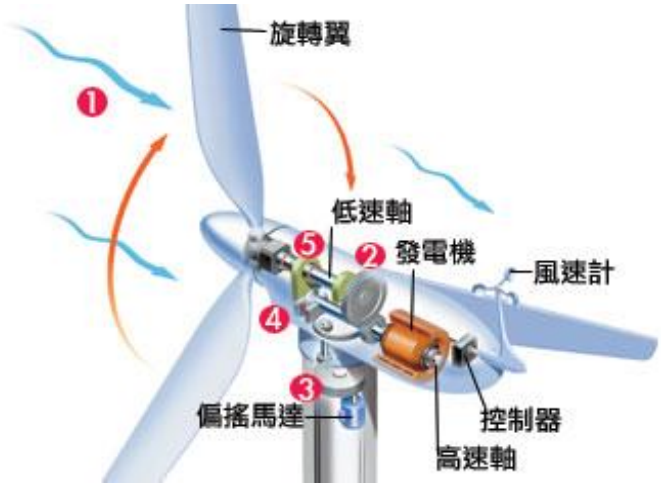
B 原理:

以外力使置於磁場中的線圈轉動，使線圈內磁通量發生變化，產生感應　電流。

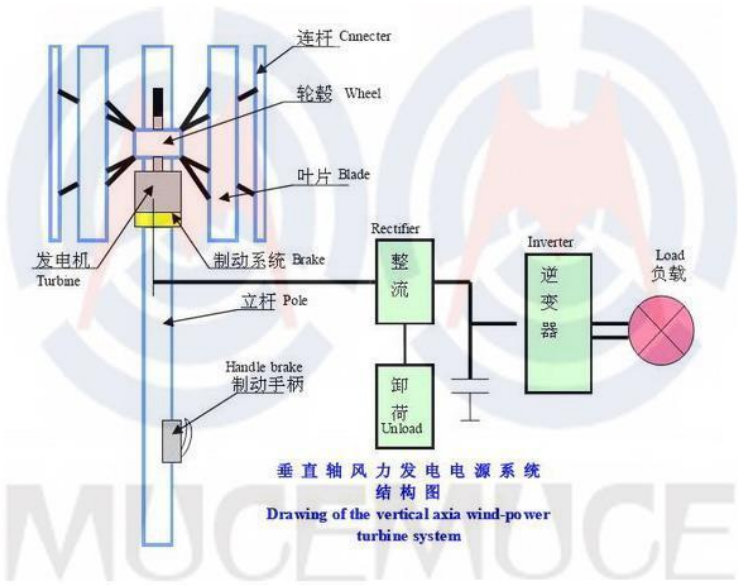
(二)、　現階段利用流體動能發電實例：

1.　風力發電

利用風力帶動風車葉片旋轉，透過增速機將旋轉的速度提升,來促使發電機發電。風葉輪的作用是將風能轉換為機械能，它是由氣體流動性能良好的葉片裝在輪軸上所組成，低速轉動的風葉輪通過傳動系統經由加速齒輪箱來增速,將動力傳導給發電機。

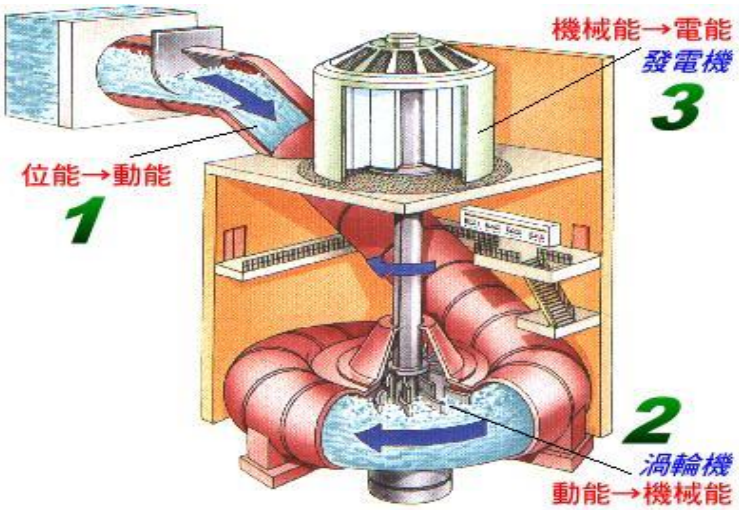


附圖 2　水平軸風力發電機內部構造示意圖(圖片引用自元智大學機械工程系 http://www.mech.yzu.edu.tw/menu/index/id/10099)



附圖 3 垂直軸風力發電結構圖(摘自風力發電系統設計 http://tc.wangchao.net.cn/baike/detail_845639.html)

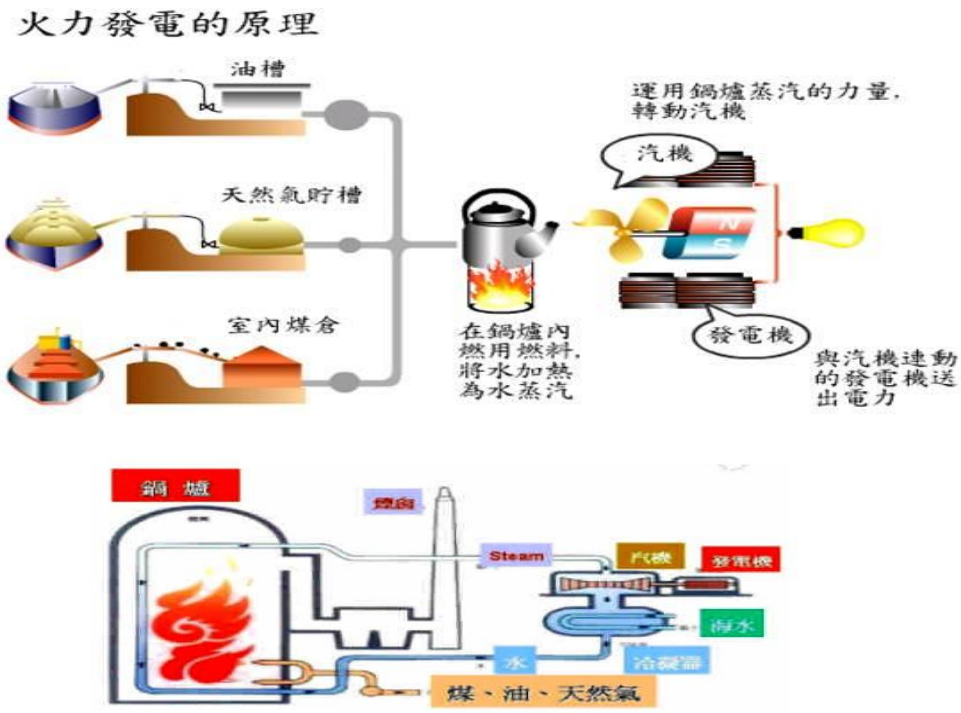
2. 水力發電



附圖 4　水力發電的能量轉換

（圖片引用自貓頭鷹出版社：《新世紀科學百科全書》第 134 頁）

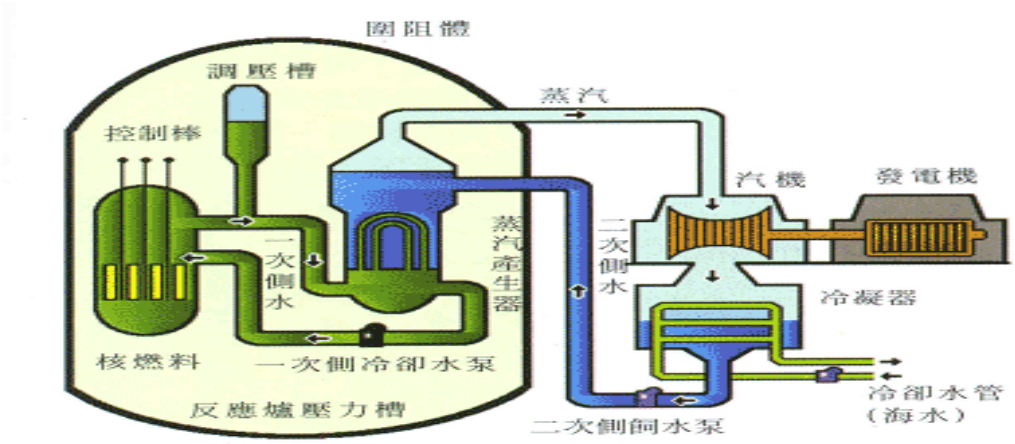
3. 火力發電



附圖 5　火力發電的原理 （圖片引用自台灣電力公司)

http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info_in.aspx?LinkID=6）

4. 核能發電



附圖 6　核能發電的原理 （圖片引用自中華民國核能協會）

附件五、對比用市售風力發電機

附圖 7　葉片尺寸、發電機規格與本實驗相同

The design and engineering of an innovative wind turbine generator

We created the world's first stator -free power generation structure, the Stanley Generator (SG). It outperforms conventional generators by 196% and is applicable to use with any fluids for power generation.

The power generation unit of the SG (coaxial dual rotor power generator) is based on Faraday's law of induction $\varepsilon = NBA\,\omega \sin\omega t$. Instead of a fixed stator, the SG generator's dual rotors spin against each other at the same time to increase angular speed, that is, it increases the magnetic field changes in a given time. This results in the dual rotor Stanley Generator which boosts power generation efficiency.

We designed a range of SG applications including the first level application of a three-tier fluid kinetic energy capturing system, the second tier application of the dual-axis-single-acceleration system and the third tier application of dual-axis-dual-acceleration system. Each of these applications generates 148~196% more power while reaching the maximum (rated) level at a faster speed (*i.e.* slower flow speed).

評語

1. 本作品主題明確，作品是一系列前作品之延續，積聚的能量也夠，不愧是件好作品。

2. 本作品若能對”stanley”的名稱合理交代,對前作品之成果給予 credits，並對本作品之主要貢獻作出詳細描繪，則作品可讀性將更高。