

國立羅東高級工業職業學校

112 學年度合作教育盃專題暨創意製作競賽

題目：風水輪流轉

指導老師：1.蕭逸揚

參選學生：1.張○瀚

2.吳○頡

3.蘇○傳

4.郭○成

5.林○諭

科 別：機械科

班 級：三年甲班

中華民國 112 年 12 月 6 日

壹、摘要

臺灣四面環海、且位於亞熱帶季風區，夏季有西南季風冬季則是東北季風，因此風力資源豐富、也容易受到季風的影響而降雨，使得臺灣擁有許多水庫、以及風力發電機且水庫亦可用於水力發電，加上臺灣地理因素適合發展小型水力發電。本次專題研究模擬了小型 Vortexturbine,利用 3D 列印與機械加工技術等完成渦輪、水道及球型葉輪部分、進而組成發電機組以及 MPPT(能源提昇控制器)，希望可以透過本次專題研究更加了解臺灣的綠能發展以及發電儲能系統，並加以瞭解相關技術。

貳、研究動機

減碳已經成為世界趨勢，在臺灣，仍然有約八成的電力是來自燃煤燃氣，再生能源只占少部分。在再生能源中，以太陽能發電為大宗，可在太陽能板製造、回收的過程中，都可能產生程度不一的碳排放。相比太陽能發電的高排碳量，水力發電排碳量僅僅只有太陽能發電的五分之一，相較於新建水庫，採用渦輪機組對環境的影響較低。臺灣冬季季風風速強勁，因此也適合風力發電，於是我們結合水力發電與風力發電組成發電機組，希望能藉此專題研究與學習多方領域知識，在未來減少與企業的橫溝。

一、研究目的：

- (一)探討在管道中增加混合式雙螺旋葉輪與螺旋軌道來增加發電效率的可行性。
- (二)透過改變軌道向下傾斜的角度來增加水位势能帶動葉輪發電的效率。
- (三)設計發電機構，使風能與水能結合產生更高的發電效率。
- (四)將風能與水能所產生的電力儲存並運用在日常生活中。

參、研究方法

一、研究流程

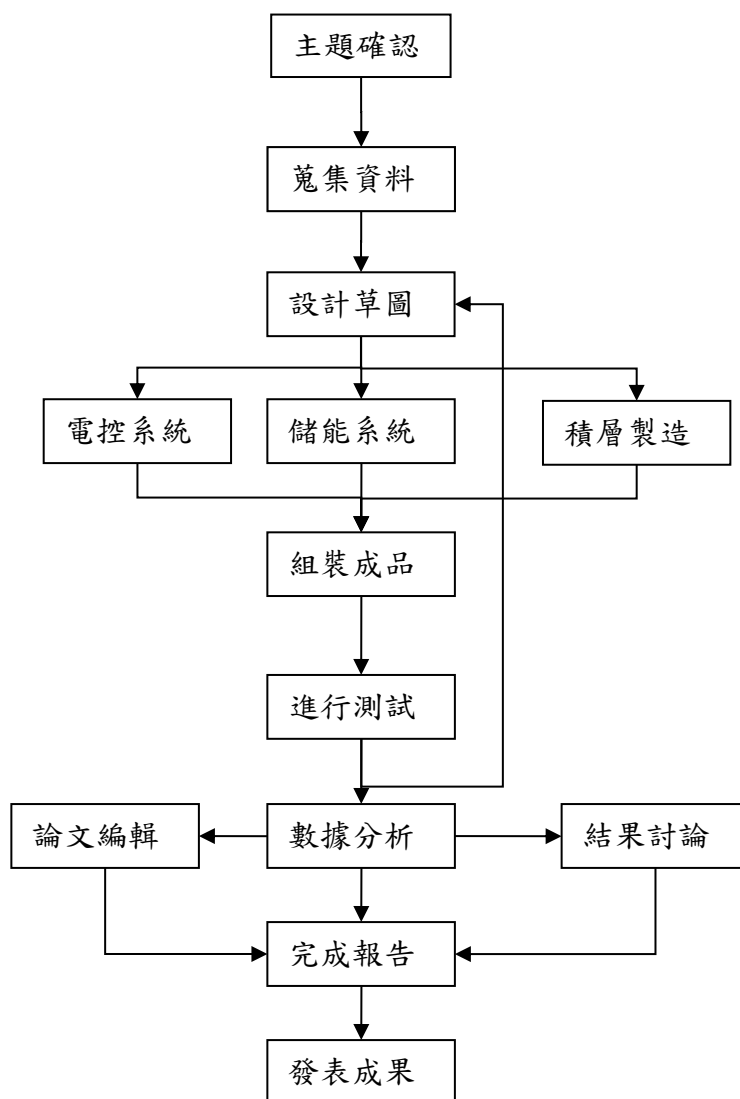


圖 1 研究流程圖

二、文獻探討

(一) 積層製造

積層製造又稱 3D 列印，其運作原理為將材料加熱後由噴頭射出，層層堆疊形成立體實物，因為其成形快速及材料成本較低，還能進行外型較為複雜的工件製作，使得 3D 列印技術在近幾年掀起熱潮，除了運用在常見的模型、公仔外，在建築業、科技業及食品業也都能見到它的身影。

(二) 水力發電

1. 水輪機與發電機原理

(1) 水輪機：利用水之有效高低落差衝擊水輪機葉片，使水輪機產生機械能。

(2) 發電機：利用各種動能，使線圈通磁且在兩極間轉動，此時產生感應電壓。

(三) 臺灣主要水力發電方式

依臺灣現況，主要水力發電型式多為川流式、水庫式、調整池式與抽蓄式，其中以川流式居多。

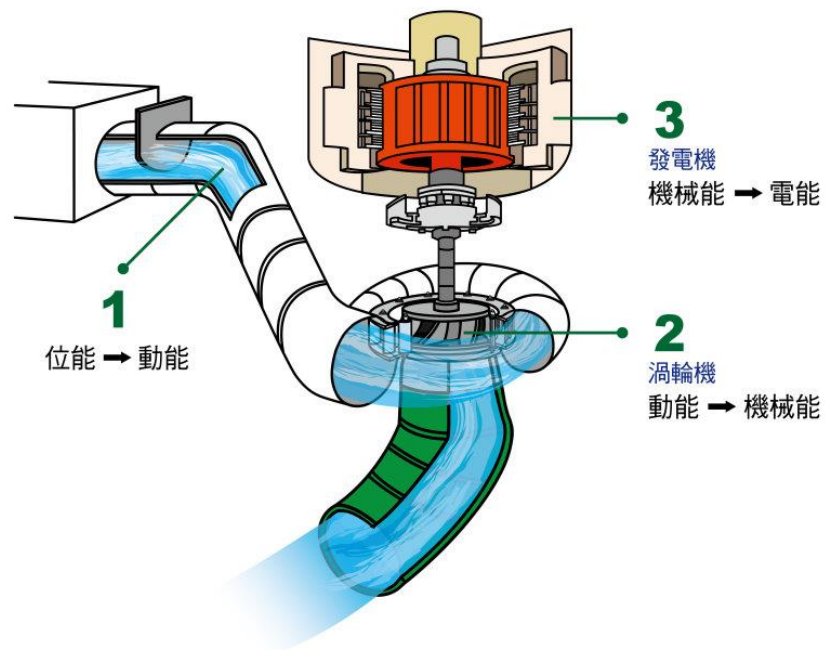


圖 3 水力發電原理

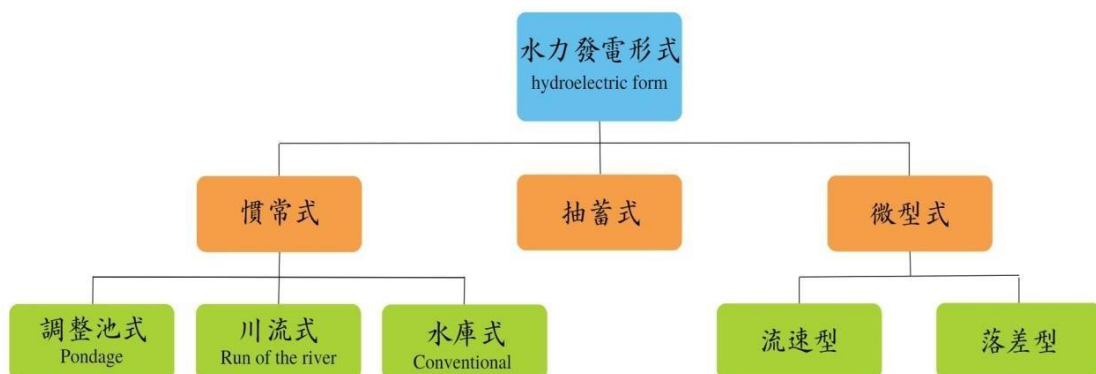


圖 2 臺灣主要水利發電方式

表 1 慣常式發電形式優缺點

	川流式	水庫式	調整池式
優點	(1)、水位能轉動能 (2)、水流量大時，可達總廠發電量	(1)、堤壩可儲水 (2)、不受河川流量影響	(1)、介於前兩者之間 (2)、水壩與互相配合，效率最大化
缺點	(1)、高低落差大 (2)、發電量達電廠總量時，水流無法保存與利用	(1)、泥沙堆積影響蓄水量 (2)、自然環境迫害	(1)、河川的自然流量超過蓄水池容量，過多水量將任其溢去

表 2 微型式發電形式優缺點

	流速型	落差型
優點	(1)、無須水頭落差 (2)、設置方便、費用低、安裝期短	(1)、高低差與發電量成正比
缺點	(1)、發電機數量大 (2)、生態破壞	(1)、安裝成本高，須達到一定經濟效益



圖 4 美國約瑟夫酋長水壩
(川流式)



圖 5 翡翠發電廠
(水庫式)



圖 4 碧海發電廠
(調整池式)



圖 7 明潭發電廠
(抽蓄式)

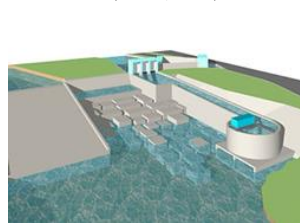


圖 8 微型水力機組-1

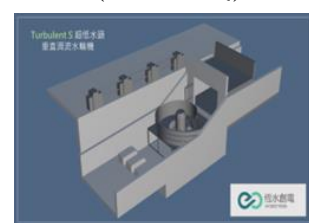


圖 9 微型水力機組-2

(四)能量守恆定律

西元前五百年，著名哲學家泰勒斯認為能量會守恆不變，1368 年物理學家伽利略也提出了位能與動能之間可以不停轉換，1676-1689 年間也有科學家戈特弗里德·萊布尼茨證明了位能與動能在適當條件下會守恆。

化學家卡爾·弗里德里希·莫爾在 1837 年歐洲物理期刊指出物理中有一種能量稱為功，依照運動、化學親合、電力等的條件不同，能可以出現，也可以改變成其他形式。1905 年科學家愛因斯坦提出了能量守恆定律之說，其理論指出系統中的總能量隨時間保持不變，這說明能量無法被創造或消失，但它可以從一種形式轉換為另一種形式，是物理學中適用於所有物理系統的基本原理。

(五)風力發電

當風吹向風機葉片時，帶動葉片轉動。轉動透過電磁感應的磁生電原理轉化為電力



圖 10 風力發電原理

(六)薩沃紐風力渦輪機

薩沃紐斯渦輪機是一種垂直軸阻力型風力發電機。其常見的設計由兩個或三個勺子組成，兩側因風的阻力不同而造成旋轉，容易啟動但效率低。雖然效率低，但低速扭力大，因此常用於可靠性比效率更重要的地方(例如風速計、深海浮標發電)。



圖 11 薩沃紐斯風力渦輪機

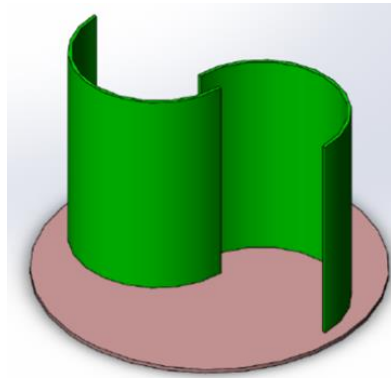


圖 12 薩沃紐斯風力渦輪機之葉片構造圖

三、球形渦輪葉片

球型渦輪主要目的在於當風力小於葉片上的磁力抵制時，球型渦輪葉片會呈現開放狀態增大受風面積；但當風力大於磁力抵制時，葉片會閉合成球體降低迎風面扭力，以保護風力發電機延長壽命。

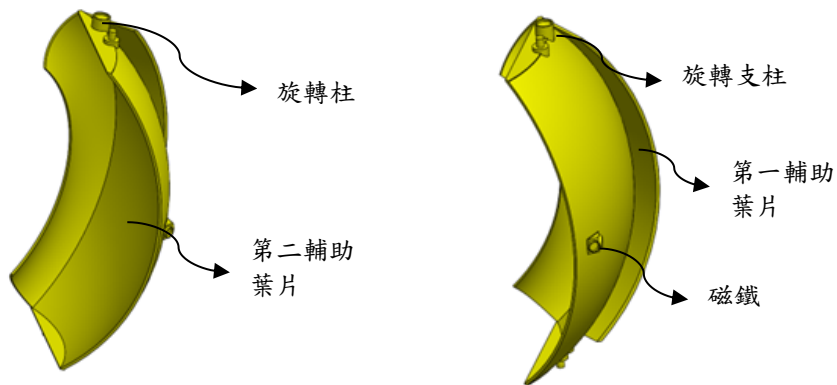


圖 13 球型渦輪葉片模型

四、混合式雙螺旋葉輪&螺旋式改良型水道

Vortex turbine 是透過水流自然通過發電機時所產生的渦漩來帶動葉輪進而產生電力的一種水力發電裝置，而混合式雙螺旋葉輪配合螺旋式改良型水道則是在此種發電上裝置進一步進行改良後的結果。

當水流由 X 方向流入時會同時接觸葉輪及螺旋水道，使得水流能直接帶動葉輪的同時，另一部份的水流能順著水道持續帶動葉輪旋轉，由於水道設計向下傾斜的原因，水道上的水流可以順著斜面直接滑下產生位能差，再次得帶動葉輪旋轉，增加能量轉換效率。

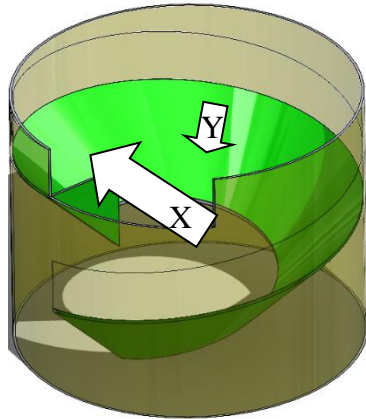


圖 14 水道內水流方向示意圖

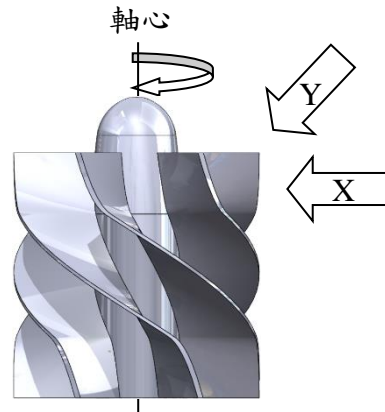


圖 15 水流與葉輪接觸方向示意圖

五、MPPT 儲能系統

MPPT 系統是一種通過調節電氣模組的工作狀態，使發電裝置能夠輸出更多電能，並將發電裝置發出的直流電有效地貯存在蓄電池中的電器系統，可有效地解決常規電網不能覆蓋的偏遠地區及旅遊地區的生活和工業用電，不產生環境污染。

其運作原理是透過 MPPT 控制器實時偵測發電裝置的發電電壓，並追蹤最高電壓電流值(VI)，當發電裝置的輸出電壓低於蓄電池的當前電壓時，系統會透過改變 MOSFET 的占空比，來改變通過電阻的平均電流，產生電流的擾動，進而改變電壓，使系統能以最大功率輸出對蓄電池充電。

肆、研究結果

混合式雙螺旋葉輪配合改良型螺旋水道在運作時，是同時使用水頭一開始所提供的動能、靜態勢能與水道引導水流所提供的二次動能與位能在進行工作的，依實驗找出結果，水頭角度愈接近水平時效率越高，葉輪與水道的高度差越小時效率越高。

表 2 距水同高度與轉速、電功率關係表

距水頭高度 (mm)	0	50	100
最高轉速 (RPM)	128	153	156
電功率 (W)	0.43	0.89	0.94

表 3 入水角度與轉速、電功率關係表

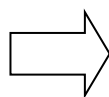
入水角度 (度)	45	67.5	90
最高轉速 (RPM)	148	143	138
電功率 (W)	0.8	0.71	0.61



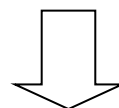
1.原動機



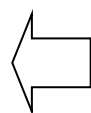
2.MPPT 控制



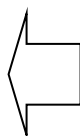
3. 12V 蓄電池儲能



4.鼓風機量測設備



5.風水輪流轉機



6.LED 照明

圖 16 風水輪流轉發電流程

伍、討論

一、入水點的限制

此裝置目前最大的問題是入水點受到限制，入水點需在固定的位置，否則難以將效率最大化，可能導致運用受到限制

二、發展趨勢

透過將不同的發電方式結合，因應季節變化，此裝置可透過風力與水力互補的方式，一年四季都能不間斷的產生電能，再配合儲能後可將綠能發電的效益與運用最大化，並且由於風力發電是採可調式球形風力發電機，也不必擔心天災到來以致於裝置損壞，增加裝置整體可靠性。

陸、結論

一、關於水力葉輪的旋轉

在使用水力衝擊葉輪轉動的試驗中發現，水流衝擊水道、衝擊葉輪以及同時衝擊葉輪及水道，其中水流直接衝擊葉輪的轉數是最快的，因為其他兩個方法衝擊水道流下時所帶動葉輪的力量明顯小於直接衝擊葉輪的力量。

柒、參考資料及其他

林克承(2022)。大型卡布蘭式水輪機流場數值模擬。國立臺灣科技大學機械工程系碩士學位論文。

陳守仁(2022)。低水頭微水力發電機系統設計製作與分析。國立宜蘭大學綠色科技學程碩士在職專班。

陳正隆(2013)。小型水力發電機之研製。國立成功大學工程科學系碩士論文。

許展維(2016)。抽蓄發電。土木工程研究所台大氣候變遷與永續發展研究中心。

莊閔傑。小水力發電介紹。能源教育資源總中心。取自 <https://reurl.cc/4WAKbj>

薩沃紐斯風力渦輪機 Savonius。Academic-Accelerator.取自 <https://reurl.cc/y6pdjM>

張瑞榮、王睿、蕭文桐、楊珉儀(2022)。可調控螺距角之垂直軸式渦輪風力機研製。中華科技大學機械工程學系暨機電光研究所。

國立羅東高級工業職業學校 112 學年合作教育盃

專題暨創意製作競賽【競賽日誌】

群 科			機械科	<input checked="" type="checkbox"/> 專題組 <input type="checkbox"/> 創意組	參賽人數	5
作品名稱			風水輪流轉			
年	月	日	進 度	紀 錄	工作分配	
112	9	4	1.決定主題	地點：機械科科辦 時間：1 小時		
112	9	5	1.討論 2.蒐集資料	地點：機械科 時間：2 小時	同學 A：蒐集資料 同學 B：蒐集資料	
112	9	7	1.蒐集資料 2.草圖設計	地點：機械科 時間：2 小時	同學 A：蒐集資料 同學 C：草圖繪製	
112	9	13	1.電腦繪圖 2.文獻探討 3.論文撰寫	地點：機械科 時間：2 小時 設備：電腦	同學 C：電腦繪圖 同學 D：文獻探討	
112	9	19	1.電腦繪圖 2.論文撰寫 3.3D 列印	地點：機械科 時間：4 小時 設備：電腦、3D 列印機	同學 C：電腦繪圖 同學 E：3D 列印	
112	9	27	1.3D 列印 2.查詢資料與文獻 3.電控安裝	地點：機械科 時間：3 小時 設備：電腦、3D 列印機	同學 A：電控安裝 同學 B：查詢資料 同學 E：3D 列印	
112	10	4	1.論文撰寫 2.電腦繪圖 3.3D 列印	地點：機械科 時間：2 小時 設備：電腦、3D 列印機	同學 C：電腦繪圖 同學 E：3D 列印	
112	10	12	1.論文撰寫 2.電腦繪圖 3.3D 列印 4.電控安裝	地點：機械科 時間：3 小時 設備：電腦、3D 列印機	同學 A：電控安裝 同學 C：電腦繪圖 同學 D：論文撰寫 同學 E：3D 列印	
112	10	19	1.論文撰寫 2.電腦繪圖 3.3D 列印	地點：機械科 時間：2 小時 設備：電腦、3D 列印機	同學 C：電腦繪圖 同學 E：3D 列印	
112	10	27	1.初步成品組裝與測試 2.論文撰寫	地點：機械科 時間：3 小時 備：電腦、抽水馬達、三用電錶	同學 A：實驗 同學 B：組裝、實驗 同學 C：分析 同學 D：論文撰寫 同學 E：論文撰寫	

112	11	1	1.探討改良方法	地點：機械科 時間：2 小時	
112	11	7	1.改良設計 2.電腦繪圖 3.論文撰寫	地點：機械科 時間：3 小時 設備：電腦	同學 A：改良設計 同學 D：電腦繪圖
112	11	15	1.3D 列印 2.論文撰寫	地點：機械科 時間：2 小時 設備：電腦、3D 列印機	同學 B：論文撰寫 同學 E：3D 列印
112	11	17	1.改良成品組裝與測試 2.論文撰寫	地點：機械科 時間：4 小時 設備：電腦、抽水馬達、三用電錶	同學 A：組裝 同學 B：組裝 同學 C：組裝、測試 同學 D：分析 同學 E：論文撰寫
112	11	22	1.進行實驗	地點：機械科 時間：4 小時 設備：三用電錶	同學 B：實驗 同學 D：實驗
112	11	27	1.進行實驗 2.論文撰寫	地點：機械科 時間：3 小時 設備：電腦、三用電錶	同學 B：實驗 同學 C：論文撰寫
112	12	1	1.進行實驗 2.數據分析 3.論文撰寫	地點：機械科 時間：4 小時 設備：電腦、三用電錶	同學 B：實驗 同學 D：分析 同學 E：論文撰寫
112	12	4	1.論文撰寫	地點：機械科 時間：4 小時 設備：電腦	同學 A：論文撰寫 同學 C：論文撰寫

國立羅東高級工業職業學校 112 學年合作教育盃 專題暨創意製作競賽【作品簡介及課程對應表】

壹、作品簡介

作品簡介
<p>【作品名稱：機械群專題組-風水輪流轉】</p> <p>全球暖化的問題日益嚴重，再加上化石能源的日漸衰竭，各個國家開始發展永續的再生能源，臺灣也不例外。臺灣四面環海、東北季風強盛，高山河川陡峭降雨量豐富，適合發展小型水力發電與風力發電。</p> <p>故本次專題研究模擬了小型 Vortexturbine，利用 3D 列印與機械加工技術等完成渦輪葉片及水道部分、進而組立發電機組，希望可以透過本次專題研究更加了解臺灣的綠能發展，與並加以瞭解相關技術。</p>

貳、課程對應表

課程單元	作品內容對應
1.電腦輔助繪圖實習： CH8 零件圖的繪製與應用	使用 SOLIDWORKS 繪圖，進行 3D 列印。
2.機械製造： CH11 非傳統加工	利用 3D 列印製作零件。
3.機械基礎實習： CH3 劃線與鋸切操作	運用課程所學知識完成作品。
4.機件原理： CH6 軸承及連接裝置	利用軸承及連接器固定葉輪與發電機。
5.基礎電學： CH2 電儀表使用 CH4 基本室內配線	連接簡單線路安裝電控系統

風水輪流轉

壹、摘要

本專題研究目的為研發出高效率的綠能發電機構，並配合儲能裝置進行使用，因此結合了風力與水力兩種發電方式，利用3D列印與機械加工技術等完成球型垂直軸風力發電機與綜合式螺旋水力發電機並組成「風水輪流轉」機台，希望可以透過本次專題研究更加了解臺灣的綠能發展，與並加以瞭解相關技術。

貳、研究流程



參、主題與課程相關性說明

課程名稱	課程單元	作品內容對應
電腦輔助繪圖實習	CH8 零件圖的繪製與應用	使用 SOLIDWORKS 繪圖，進行 3D 列印。
機械製造	CH11 非傳統加工	利用 3D 列印製作零件。
機械基礎實習	CH3 劃線與鋸切操作	運用課程所學知識完成作品。
機件原理	CH6 軸承及連接裝置	利用軸承及連接器固定葉輪與發電機。

肆、研究方法

一、文獻探討

(二) 水力發電

1、水輪機與發電機原理

(1)、水輪機:利用水之有效高低落差衝擊水輪機葉片，使水輪機產生機械能。

(2)、發電機:利用各種動能，使線圈通磁且在兩極間轉動，此時產生感應電壓。

(三)臺灣主要水力發電方式

依臺灣現況，主要水力發電型式多為川流式、水庫式、調整池式與抽蓄式，其中以川流式居多。

(四)風力發電

當風吹向風機葉片時，帶動葉片轉動。轉動透過電磁感應的磁生電原理轉化為電力。

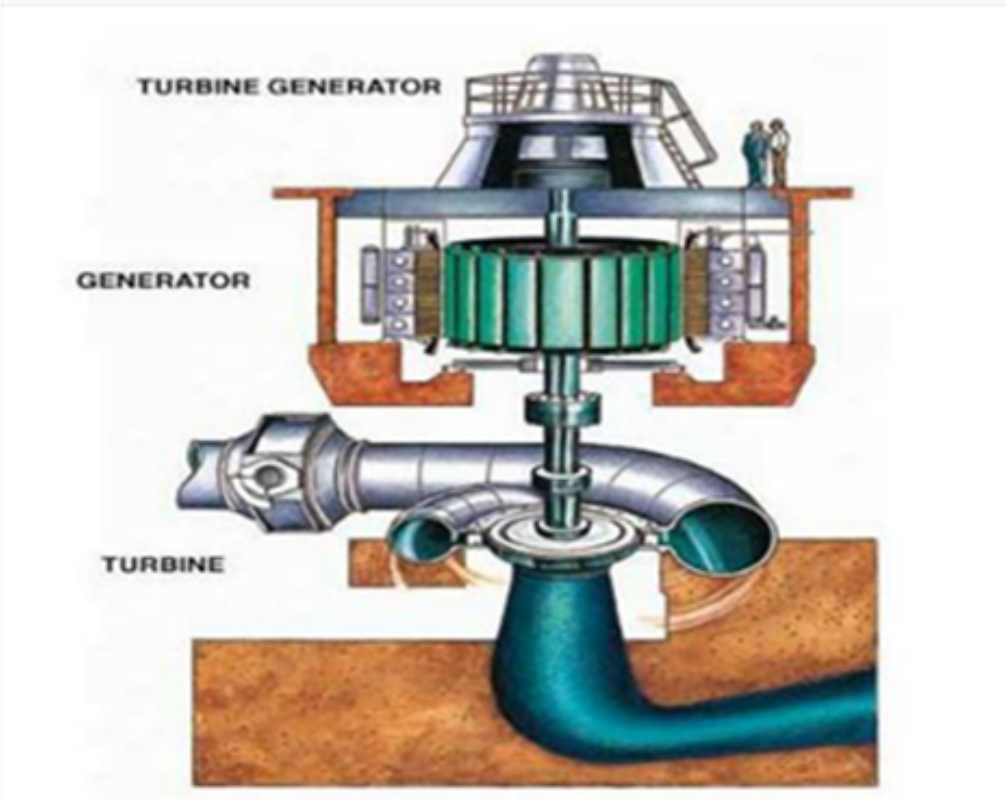


圖1水力發電原理

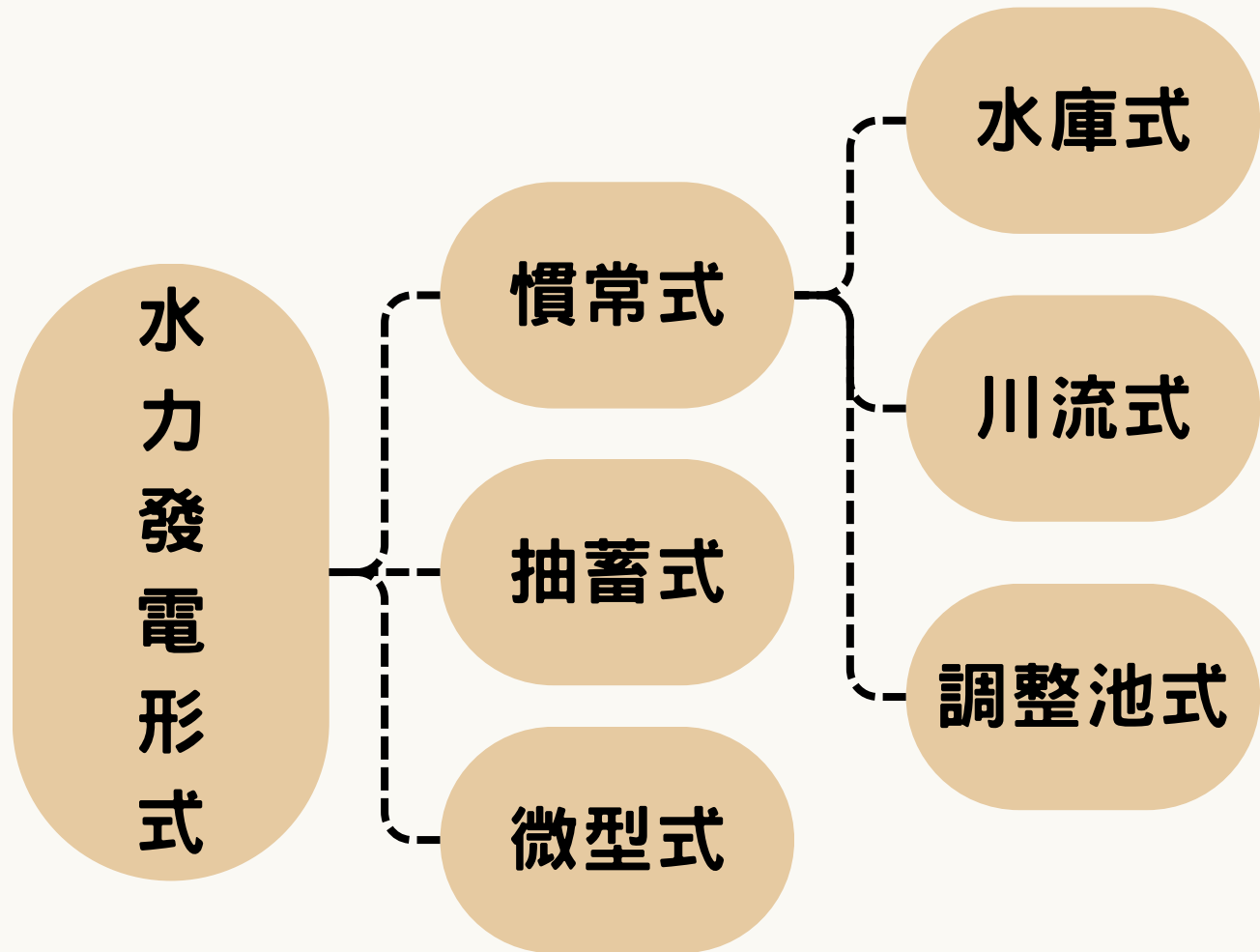


表 1 台灣主要水力發電方式



圖2風力發電原理

二、研究過程

(一)球型垂直軸風力發電機

你的球型渦輪主要目的在於風力小於葉片上磁鐵的磁力抵制時，球型渦輪為低轉速葉輪會呈現開放狀，以增大受風面積；但當風力增強到大於磁力抵制時，球型渦輪為高轉速葉輪會使葉片閉合成為球體，減小受風面積，進而達到控制轉速的效果。

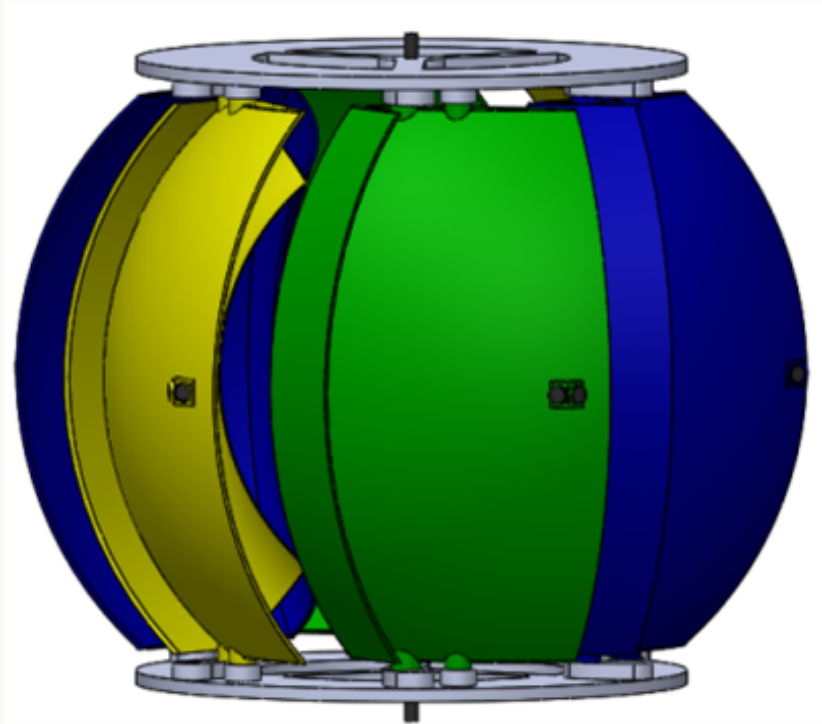


圖3球型垂直軸風力葉輪

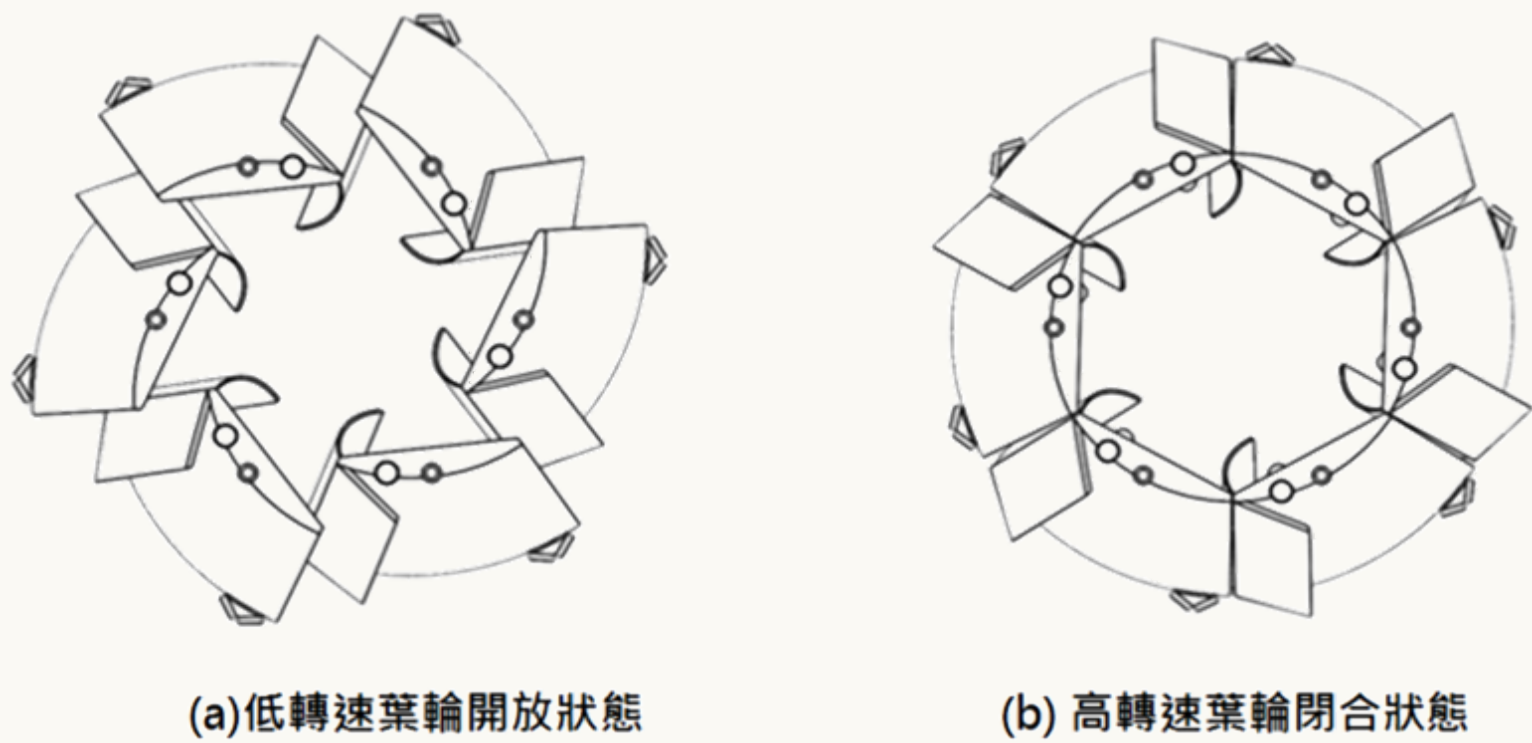
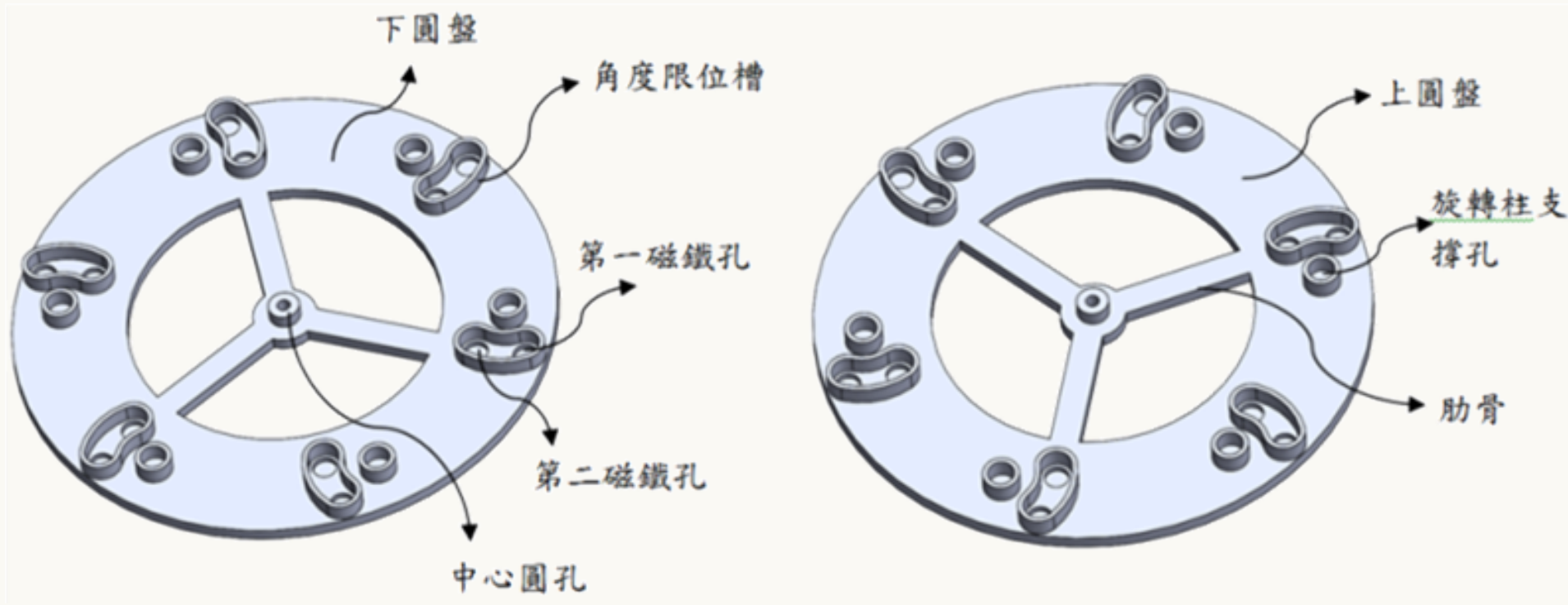


圖4高低速時葉輪姿態

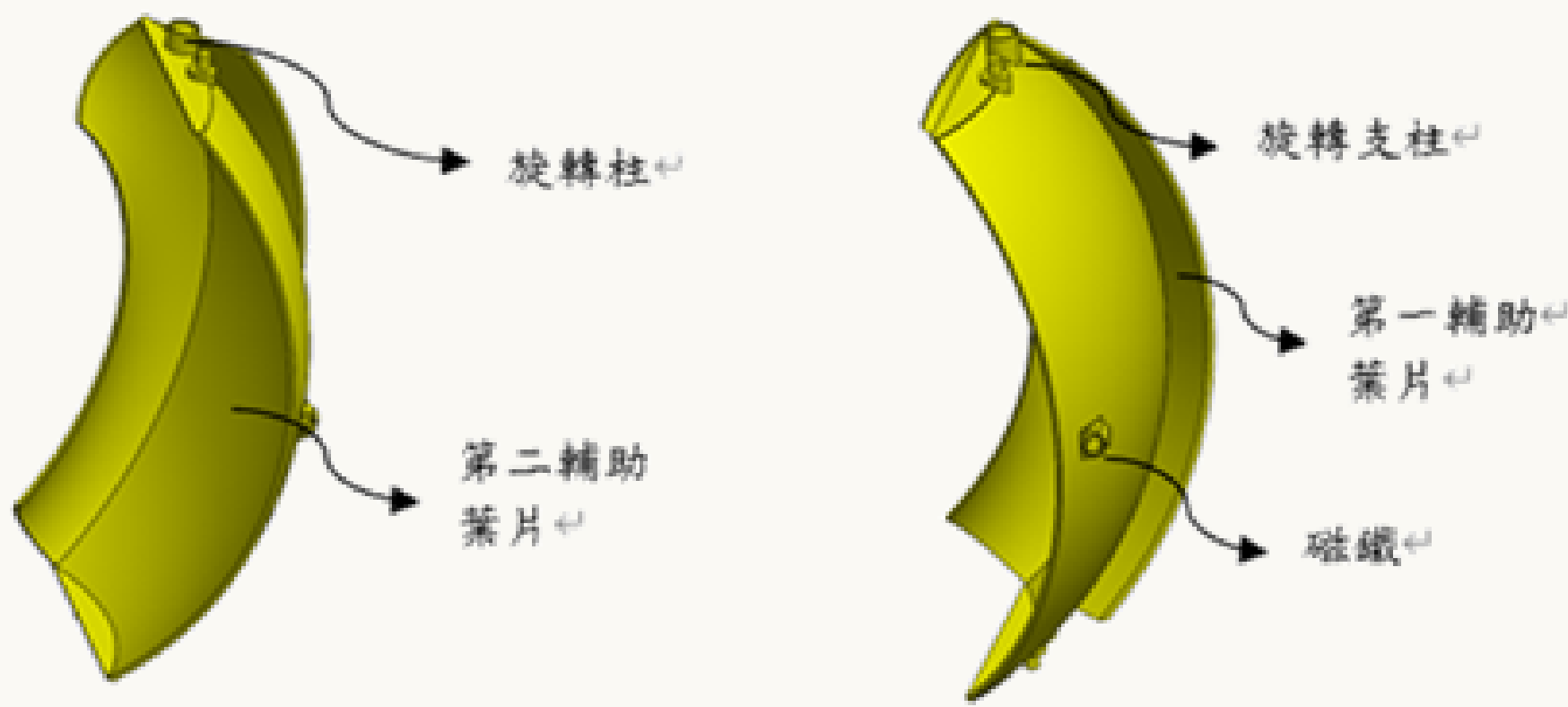


圖5球型垂直軸風力葉片

(二)綜合式雙螺旋葉輪

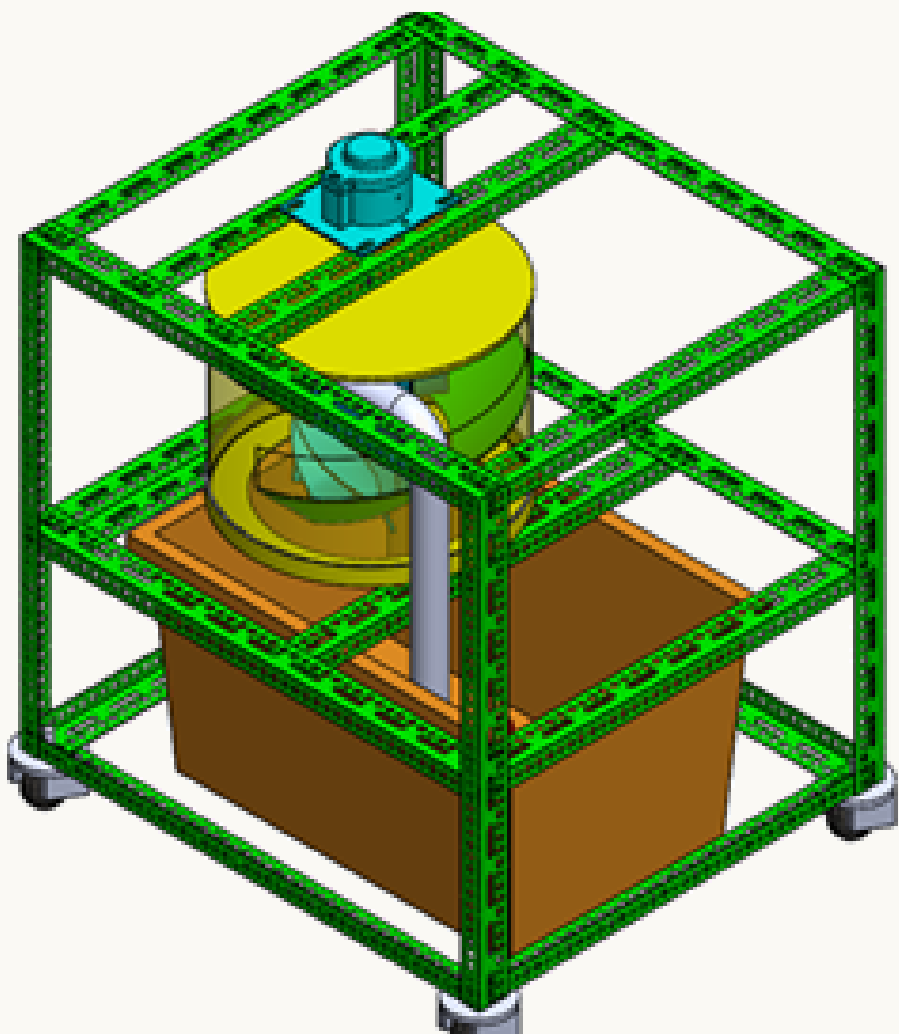


圖6綜合型雙螺旋機台模型



圖7改良型螺旋水道

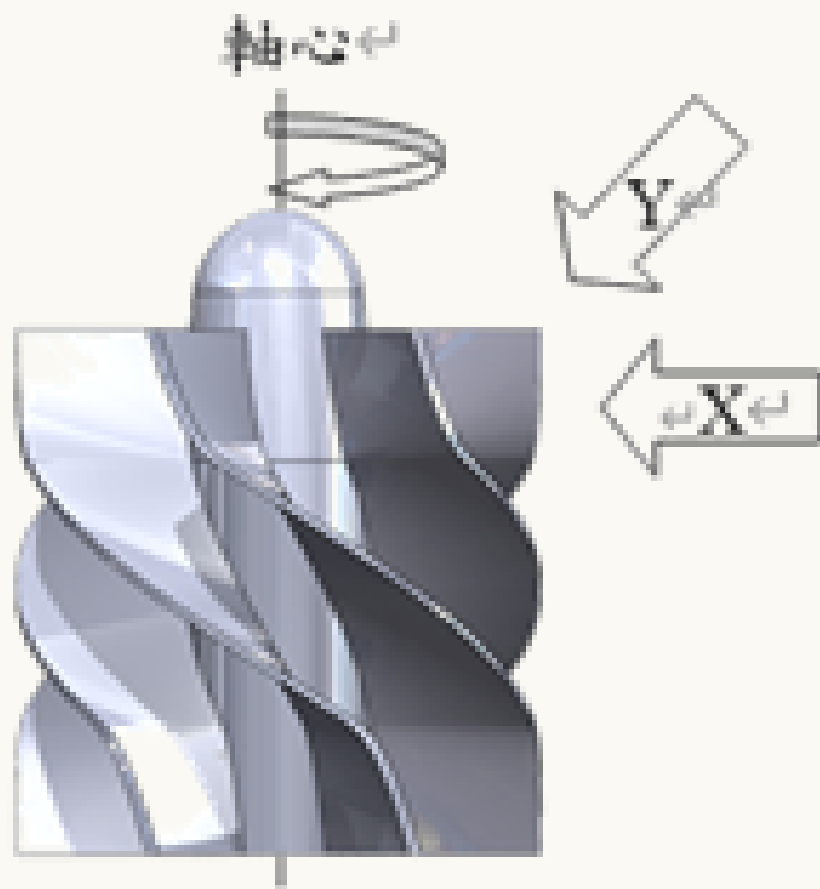


圖8綜合型雙螺旋葉輪

如圖7、圖8所示，當水流由X方向流入時能直接帶動葉輪旋轉，另一部分水流Y順著斜面水道產生位能差，再次帶動葉輪旋轉，增加發電效率。

(三)MPPT儲能系統



圖9 MPPT儲能系統

風水輪流轉機台運作為透過球型風力發電機與綜合式螺旋發電機一同發電，再經MPPT儲能控制器將電流整合後存入蓄電裝置，達成發電與儲能。

伍、研究結果

一、實驗數據

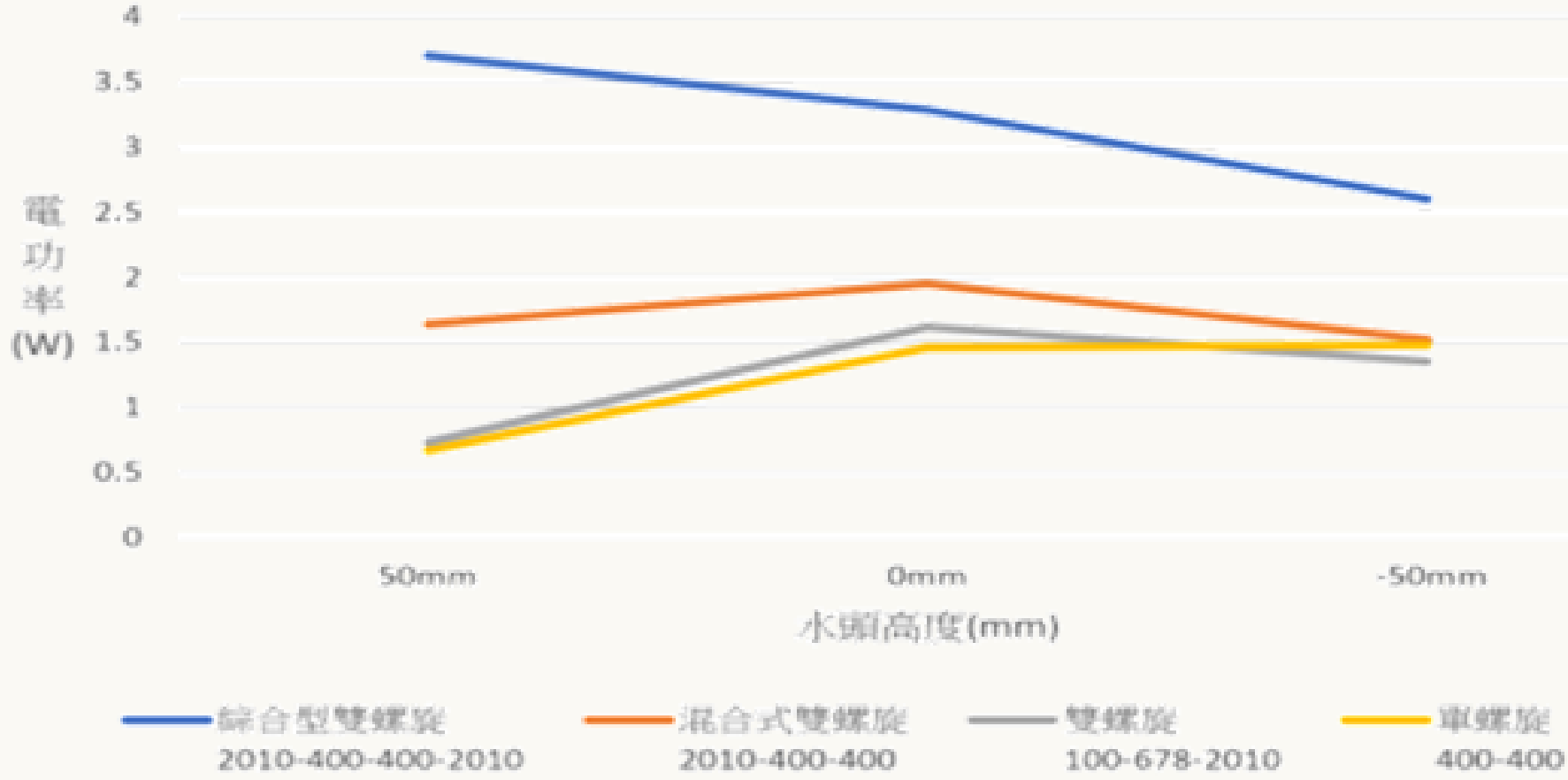
(一)各式葉倫效能一覽表

項目 螺旋型態/螺距/圈數/水位	蓄水時間 (t) s	蓄水量(V) m³	揚程高度 (H) m	管內直徑(D) m	截面積 (A) m²	流量(Q) m³/s	流量(Q) L/min	總質量 (m) kg	出水速度 (v) m/s	水能功 (P1) W	機械功 (P2) W	電能功 (P3) W	CP1=P2/P1 %	CP2=P3/P 2 %	CP3=P3/P1 %	水道傾斜角θ
雙螺旋/100-788-1200/6/50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	1.47	0.69	9.50	46.94	4.46	76.2
雙螺旋/100-678-1600/6/50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	1.44	0.68	9.30	47.22	4.39	76.2
雙螺旋/100-678-2010/6/50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	1.53	0.73	9.88	47.71	4.72	76.2
混合雙螺旋/400-400-2010/6/50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	3.44	1.64	22.22	47.67	10.59	76.2
綜合雙螺旋/400-400-2010/6/50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	10.42	3.70	67.31	35.51	23.90	45.0
雙螺旋/100-788-1200/6/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.82	1.38	18.22	48.94	8.91	76.2
雙螺旋/100-678-1600/6/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.75	1.35	17.76	49.09	8.72	76.2
雙螺旋/100-678-2010/6/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	3.39	1.62	21.90	47.79	10.47	76.2
混合雙螺旋/400-400-2010/6/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	4.27	1.95	27.58	45.67	12.60	76.2
綜合雙螺旋/400-400-2010/6/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	8.72	3.28	56.33	37.61	21.19	45.0
雙螺旋/100-788-1200/6/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.48	1.22	16.02	49.19	7.88	76.2
雙螺旋/100-678-1600/6/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.52	1.24	16.28	49.21	8.01	76.2
雙螺旋/100-678-2010/6/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.77	1.35	17.89	48.74	8.72	76.2
混合雙螺旋/400-400-2010/6/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	3.14	1.52	20.28	48.41	9.82	76.2
綜合雙螺旋/400-400-2010/6/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	6.25	2.60	40.37	41.60	16.80	45.0
單螺旋/100-900/6/50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	1.57	0.75	10.14	47.77	4.84	76.2
單螺旋/100-1500/8/50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	1.68	0.81	10.85	48.21	5.23	76.2
單螺旋400-400-6(50mm)	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	1.42	0.67	9.17	47.18	4.33	76.2
單螺旋/100-900/6/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	3.12	1.51	20.15	48.40	9.75	76.2
單螺旋/100-1500/8/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.93	1.42	18.93	48.46	9.17	76.2
單螺旋/400-400/6/0mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	3.01	1.46	19.44	48.50	9.43	76.2
單螺旋/100-900/6/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.80	1.37	18.09	48.93	8.85	76.2
單螺旋/100-1500/8/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	2.24	1.11	14.47	49.55	7.17	76.2
單螺旋/400-400/6/-50mm	10	0.05188	0.85	0.052	0.002124	0.00519	311.28	51.88	2.44	15.48	3.06	1.48	19.77	48.37	9.56	76.2

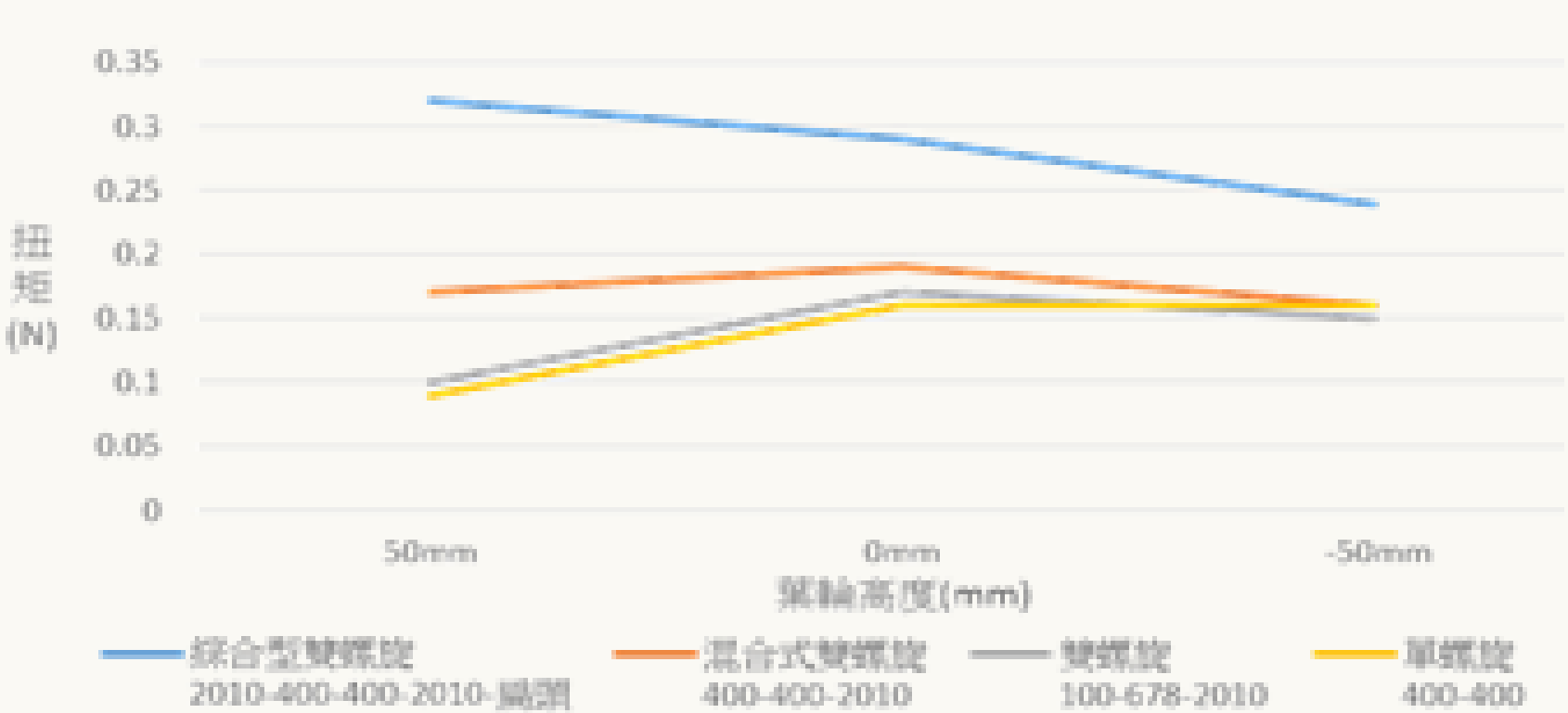
(二)風水輪流轉儲能功率表

性能系數	水力機水頭高度			球型風力發電
	50mm	0mm	-50mm	
平均轉速 (RPM)	306.44	283.77	246.49	221.82
最高轉速 (RPM)	362	301	258	235
最低轉速 (RPM)	270	263	222	202
扭矩 (N.M)	0.32	0.29	0.24	0.89
平均電功率 (W)	3.7	3.28	2.60	4.32
風/水儲能 總電功率 (W)	8.02	7.60	6.92	

(三)電功率對比圖



(四)扭矩對比圖



如實驗數據(一)、(三)、(四)所示綜合型雙螺旋葉輪水道傾斜角為45度，在最大高度差+50mm時機械功率與平均功率為10.42W與3.7W；在最小高度-50mm時機械功率與平均電功率為6.25W與2.6W。CP1相差大約166.73%，CP2相差大約117.15%CP3相差大約142.26%。

如實驗數據(二)所示風水輪流轉機台在搭配高度差+50mm的水頭總儲能功率為最高。

六、討論

透過將風力與水力發電結合再配合儲能後可發揮最大的發電效益，並且因採用可調式球型風力發電機，不必擔心風力過大以致裝置損壞，增加裝置整體可靠性。

柒、結論

本次專題之研究目的為結合風力與水力兩種發電方式研發出高效率的發電機構，並配合儲能裝置進行使用，在設計上融合球型風力發電機與綜合式螺旋發電機使其能一同發電，經實驗數據顯示，本次專題所製作之綜合型雙螺旋葉輪水力發電機，確實在發電效率上有顯著提升，在未來進一步的改良研究後，能作為小型住戶部分日常用電及後備電力使用。