

# 第六屆旺宏科學獎

## 說明書

參賽編號：SA6-285

作品名稱：溫差轉輪

姓名：吳丰

關鍵字：海洋溫差、理想氣體方程式、  
再生能源

# 溫差轉輪

## 研究動機

隨著人類文明的進展，消耗能源且製造環境污染的情況愈來愈嚴重，傳統化石能源及鈾燃料預計在未來數十年內耗盡，隨著能源減少引發的社會問題將愈來愈嚴重，新型態的能源亟待開發。太陽能是取之不盡用之不竭的能源，使用太陽能板發電的技術漸趨成熟，但是太陽能板發電容易受到天氣陰晴的影響而不穩定，而且太陽能板需要廣大的承受陽光面積，地表面積有限，待運用到一定程度以上時也會產生土地取得不易的問題。

海洋佔地球表面三分之二以上面積，長年接受太陽光照射，海水表面儲存了極大量的熱能，而且海水溫度極為穩定，受天氣甚至季節的影響極小。數百公尺深的海水溫度就已經降為 4~5 °C 左右，利用此溫差來發電，可以提供人類非常大量且乾淨的能源。

台灣所需能源幾乎都仰賴進口，如何開發乾淨的再生能源已經被政府列入重要的能源政策。台灣海面溫度高，全年都在 25 °C 以上，且東部海岸深度落差大，很適合開發海洋溫差發電。

目前運轉的海洋溫差發電機運作原理是利用海水表層的溫海水加熱，使鍋爐中的低沸點液體氣化而成高壓蒸氣，以此高壓蒸氣推動渦輪發電機發電，使用後的蒸氣送到冷凝室，再利用深層的冷海水，冷卻工作流體，待低沸點液體凝結後，再送回鍋爐加熱，重複使用之。此種發電裝置熱能轉換效率不高，且仍有傳熱媒介物質外漏造成污染的可能。

本研究嘗試新型態的溫差轉輪，利用空氣的熱漲冷縮推動水流，

造成轉輪重心因偏移而轉動。希望能提供一種不同的思維，並驗證其可行性，並期望能經由實驗研究，配合理論分析來掌握到一些關鍵因素，以提升熱能轉換效率、機械效率，更進一步對乾淨能源的開發做出貢獻。

## 研究目的

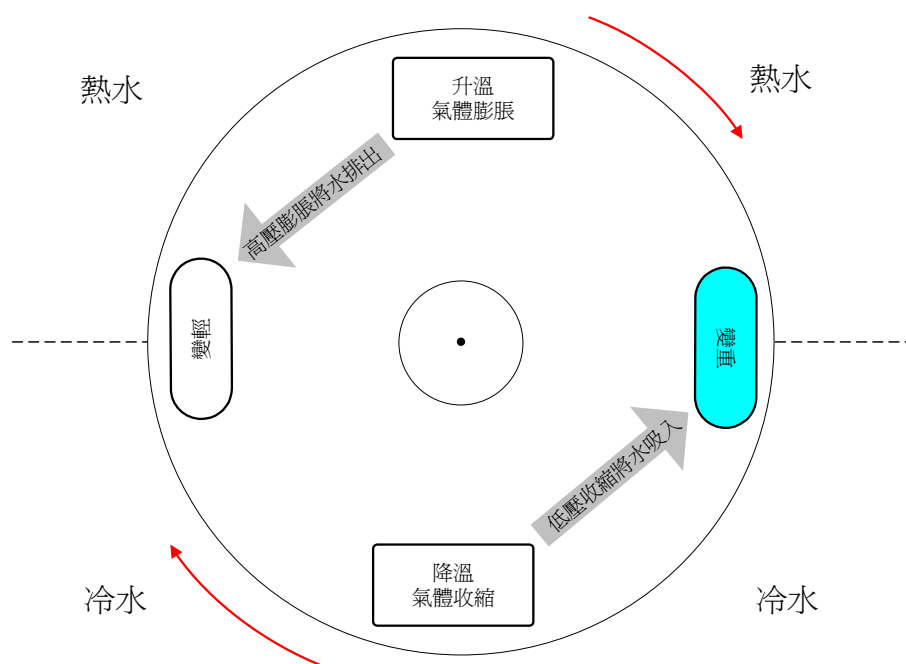
- 一、設計一種經由溫差運轉的「溫差轉輪」
- 二、研究使轉輪提高效率、穩定性的關鍵要素
- 三、設計百分之百無污染的新型態海洋溫差能源轉換方式

## 研究過程

### 一、原理與構想

(一)原理：

利用氣體熱漲冷縮原理來改變轉輪重量分配，藉由重力力矩使轉輪轉動。



## (二)構想：

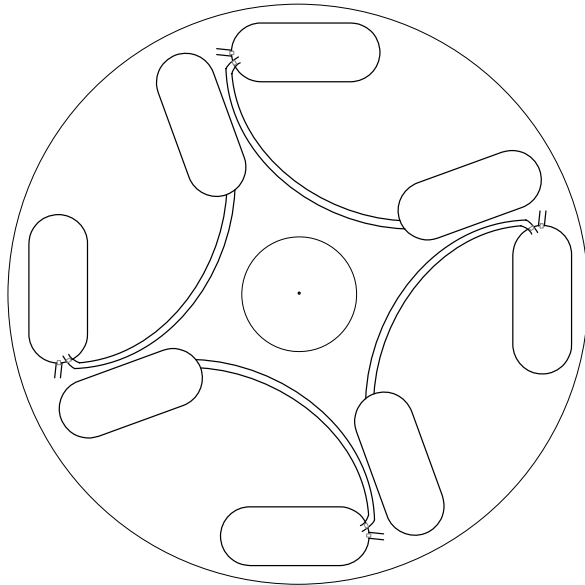
1. 轉輪必須浸泡在上熱下冷的水中，中間以隔熱板隔開。因為水的密度是愈熱愈小，愈冷愈大，所以上熱下冷的水不易對流，可減少冷熱水混合，有助於上、下水層維持一個較大的溫差。
2. 轉輪藉著空氣的熱漲冷縮來運作，因此必須要有一個空氣艙儲存空氣，並且有一根導管傳遞壓力。此空氣艙在轉動時必須能盡量接觸到高溫水及低溫水才能產生作用。
3. 空氣艙內的壓力變化用來改變重量分配，因此必須連接到一個容器來容納水，以調整重量。
4. 裝水容器的位置與空氣艙的位置必須巧妙安排，使空氣艙的溫度變化恰好能使裝水容器的重量變化，持續提供同一方向轉動的力矩。
5. 空氣艙的進、出氣口位置必須考慮到避免將水吸入，也避免將空氣艙內的空氣排掉，才能持續運作。
6. 裝水容器的進、出水口位置及進、出氣口的位置必須考慮到進水的時候能夠充分的進水，而排水的時候也能充分的排光，才能產生較大的調整重量功能。

## 二、初步嚐試(第一代轉輪)：

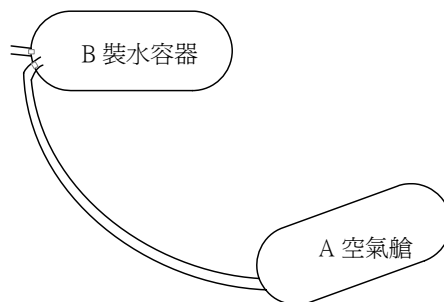
(一)構想：先使用身邊容易取得的物品試試看是不是真的能持續轉動。

### (二)設計藍圖：

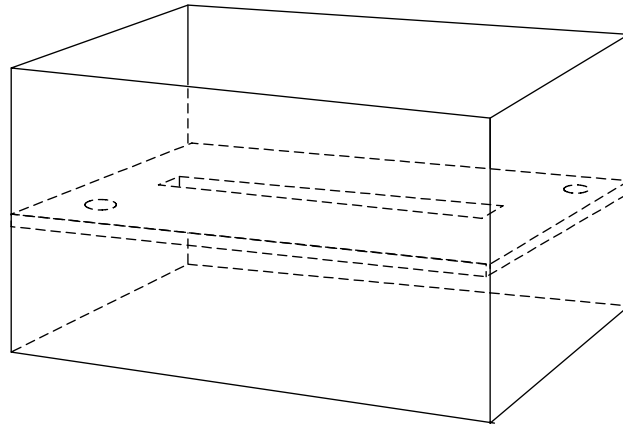
1. 以光碟片當作轉輪，在兩片光碟片之間夾著數組「空氣艙-裝水容器」組件。光碟中心處裝上簡易軸心。



2. 「空氣艙-裝水容器」組件，主要以兩個 1ml 塑膠滴管組成。其中一支滴管(A 滴管，當空氣艙)末端插入另一滴管(B 滴管，當裝水容器)的圓頭靠近管子銜接處。再將 B 滴管的管子剪短以便於進出水。



3. 找一個方形水槽，量好約一半高度處的周邊尺寸，以珍珠板剪裁成一樣大小，並且在珍珠板中央切割一條狹縫，使能夠放進轉輪。並且在一角落上鑽一個洞當做底層冷水注入口，並在對角角落鑽一個洞插入一支塑膠軟管(只能插入一小段深度)，作為底層溫水吸出之用。



(三)做成成品如下：



(四)測試效果

1. 先在底層加入約  $5^{\circ}\text{C}$  的冷水，直至隔板為止。再緩慢的由上方加入約  $40^{\circ}\text{C}$  的熱水使淹沒整個轉輪。
2. 以手緩慢的順時鐘方向轉動轉輪(空氣艙在前，裝水容器落後  $90$  度)，使每一個空氣艙通經過冷、熱水區。
3. 按照原構想，此時轉到右半邊的裝水容器都會吸進一些水而增

加重量。而轉到左半邊的裝水容器則將水排出而減輕重量。將手移開之後，轉輪應該會繼續朝順時鐘方向持續轉動。

(五)結果與檢討：

1. 結果：手離開轉輪之後，轉輪就停下來了，無法持續轉動。
2. 檢討：問題可能出在「空氣艙和裝水容器的容積都一樣」
  - (1) 當空氣艙和裝水容器一個在冷水區(下面)而另一個在熱水區(上面)時，一個空氣收縮同時另一個膨脹，裡面空氣的體積變化互相抵消，不起作用。
  - (2) 而當兩個都在熱水區(上面)時，空氣膨脹把水擠出而變輕；相反的，如果兩個都在冷水區(下面)時，空氣收縮把水吸入而變重。如此一來，重的始終在下面，而輕的始終在上面，無法形成轉動所需的力矩。
3. 改進策略：減少裝水容器的容積
  - (1) 最簡單的方法，將 B 滴管(裝水容器)以打火機略為加熱使收縮以減少容積。
  - (2) 如此一來，空氣的脹縮主要由 A 滴管(空氣艙)決定，應可達成原先之構想。

(六)再測試：同以上(四)之操作。

(七)結果與檢討：

1. 結果：
  - (1) 轉輪果然在手離開之後持續轉動，轉速最快可達 3~4 秒轉一圈，但是轉速不穩定。
  - (2) 一段時間之後，隔板底層的冷水溫度逐漸升高，且上層的熱水溫度逐漸下降時轉速就逐漸減慢。如果在底層底部加入冷水，且吸走一些接近隔板的溫水，則轉速又會再加快。同樣的，如果在上層加入一些熱水，並吸走一些接近隔板的溫水

也會使轉速加快。

## 2. 檢討：

- (1) 冷熱水的溫度要傳到空氣艙內的速率太慢，必須改善傳熱效率。
- (2) 空氣艙容積太小，不到 2ml，即使在 30 幾 °C 的溫度變化中，產生的體積變化也不到 0.2ml (由理想氣體方程式估計的) 。  
所以兩邊重量差很小，力矩太小轉不快。
- (3) 只安裝四組「空氣艙-裝水容器」組件，左右重力差距太小。
- (4) 上、下層的熱、冷水很容易透過組件之間的空隙混合，所以冷熱水的溫差很快就變小，運轉的效率很快就變差。

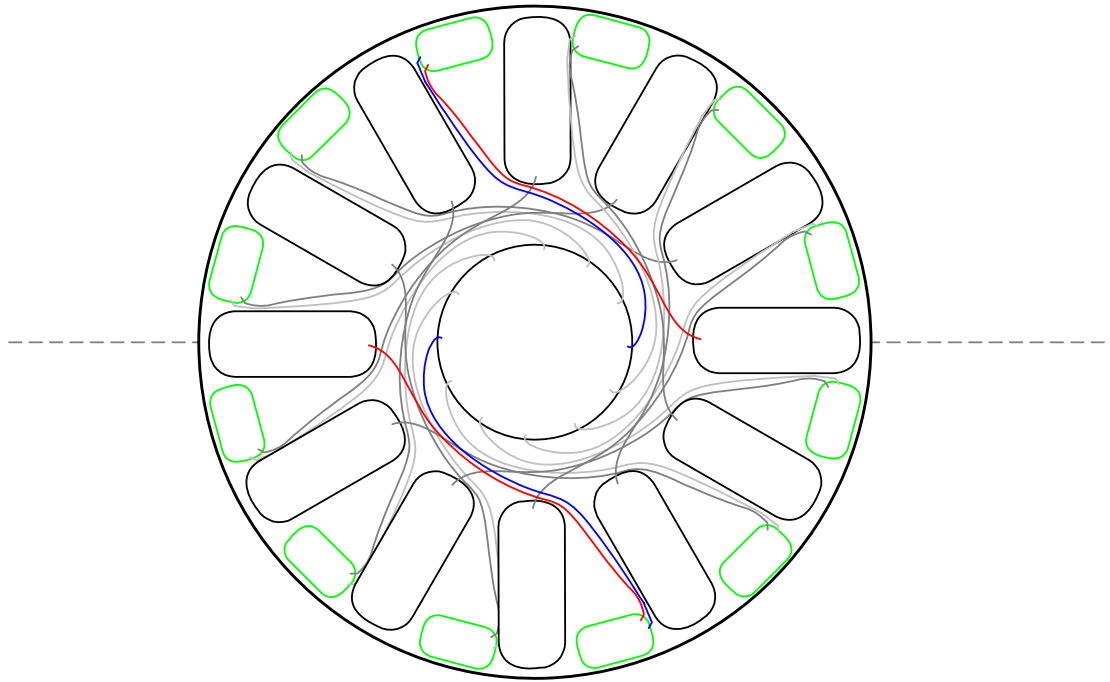
## 三、新的設計(第二代轉輪)

### (一)構想：

1. 加大轉輪半徑以加大轉動力臂，並增加「空氣艙-裝水容器」組件數量。
2. 加大空氣艙體積，以增加調整重量的範圍。
3. 空氣艙改取容易導熱的材料製成。
4. 增加一個中央水槽，透過水管與各裝水容器相通，作為各裝水容器之中繼站。形成密閉空間，具有保持水質穩定、可統一調整各空氣艙參考氣壓之功能。

### (二)設計藍圖：





說明：

1. 滾輪側板尺寸：

以半徑約 25cm；厚度約 0.5cm 的壓克力或鋁板製成。兩側面間距約 30cm。中心處增加強度以便裝置軸心。

2. 空氣艙尺寸：

每一空氣艙長約 12 公分；寬約 8 公分；高約 30 公分，以薄鋁板製成，容積約為  $2800\text{cm}^3$  (若能加一些散熱片，傳熱效果會更好)。共十二個。

3. 裝水容器尺寸

每一容器長約 2 公分；寬約 4 公分；高約 30 公分，容積約為  $240\text{cm}^3$ ，可以塑膠罐加工製成。共十二個。

4. 中央水槽尺寸：

半徑約 6 公分；高約 30 公分，容積約為  $3000\text{cm}^3$ ，可以塑膠管加工製成。

5. 氣壓、水量調節管：

由中央水槽相對的兩側各連接一條內直徑約 0.4 公分的塑膠軟

管至轉輪邊緣，作為調整氣壓、水量及測量參考氣壓之用。

6. 空氣管尺寸：

內直徑約 0.4cm，長度約 40 公分塑膠軟管。12 條

7. 水流管尺寸：

內直徑約 0.8cm，長度約 40 公分塑膠軟管。12 條。

8. 水槽尺寸：

長約 90 公分，寬約 60 公分，高約 80 公分長方體塑膠容器。

9. 隔板尺寸：

長約 90 公分，寬約 60 公分，厚約 2 公分之塑膠泡棉板，以支架固定於水槽一半高度處。中央開一長度略大於 50 公分；寬度略大於 30 公分的長方形孔恰可放入滾輪。並有軸承可架住滾輪的軸心。

(三)預期成果

1. 操作步驟：

- (1) 將滾輪軸心固定在隔板上的軸承。
- (2) 在中央水槽約裝滿水(3000ml)。
- (3) 在水槽底層放入約 5 °C 冷水，上層放入約 40 °C 熱水。
- (4) 順時鐘方向緩慢旋轉滾輪數圈，觀察各裝水容器的進水量。
- (5) 經由調節管調整中央水槽的氣壓、水量。
- (6) 放手之後，轉輪經由重力力矩作用而持續轉動。

2. 預估造成轉動的效能：

(1) 由理想氣體方程式  $PV=nRT$

假設系統內的空氣不外洩  $n =$  定值

若壓力能保持恆定，

則  $V_1/T_1 = V_2/T_2 \rightarrow V_1 = V_2T_1/T_2$

假設空氣艙在轉過冷、熱水之間溫度由  $T_1 = 15\text{ }^\circ\text{C}$  (288K)變到

$T_2 = 30\text{ }^\circ\text{C}$  (303K)，有  $15\text{ }^\circ\text{C}$  的溫差

假設空氣艙在高溫時容積  $V_2 = 2800\text{cm}^3$

則低溫時容積變為  $V_1 = 2660\text{cm}^3$

表示此空氣艙可以在其連接的裝水容器中吸入  $140\text{ gw}$  的水而造成約  $3500\text{gwcm}$  的力矩。

(2) 空氣艙吸(排)水需要克服的最大水壓力約當連接的裝水容器轉到最高(低)處時，此最大水壓力為  $25\text{ gw/cm}^2$ 。過了此位置，水壓會逐漸變小。

估計溫度的變化能否克服最大水壓力？

假設空氣體積尚未改變  $V_1 = V_2$ ，且未漏氣  $n = \text{定值}$

則， $P_1 / T_1 = P_2 / T_2 \rightarrow P_2 = P_1 T_2 / T_1$

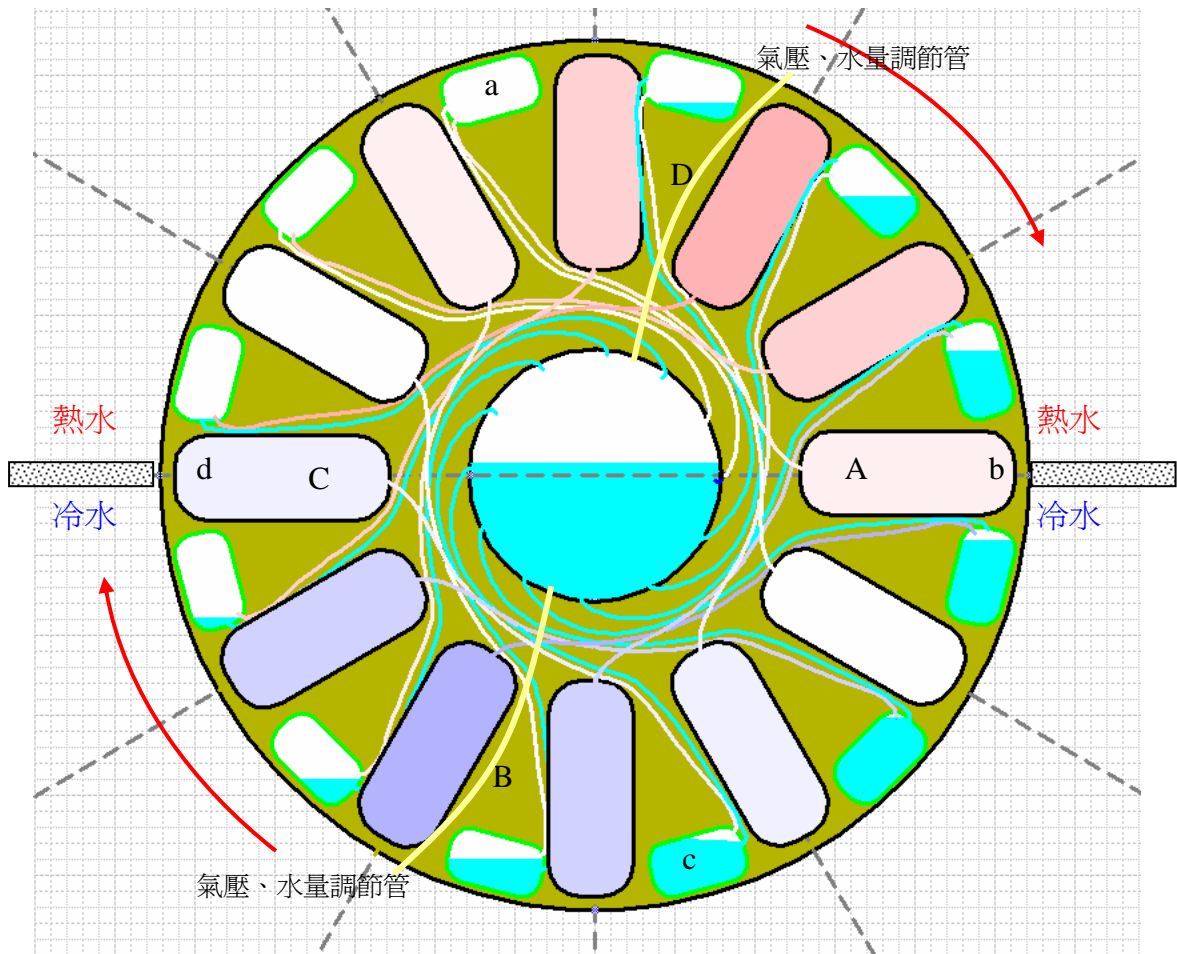
假設空氣艙在轉過冷、熱水之間溫度由  $T_1 = 15\text{ }^\circ\text{C}$  (288K)變到

$T_2 = 30\text{ }^\circ\text{C}$  (303K)，有  $15\text{ }^\circ\text{C}$  的溫差

設  $P_1 = 1035\text{ gw/cm}^2$ ；則  $P_2 = 1089\text{ gw/cm}^2$

表示此空氣艙可以產生約  $54\text{ gw/cm}^2$  的壓差，可以克服最大的水壓力。

3. 預估運轉時的情形，如下圖所示：



- (1) 上層為熱水、下層為冷水，中間以隔板隔開，冷、熱水一方面由於冷水密度大、熱水密度小不容易對流，一方面隔板不易導熱，而能維持較長時間的「保溫」。
- (2) 當空氣艙運轉到最右邊(A 處)，由熱水處進入冷水處時，溫度下降同時透過空氣管，使落後約 105 度(即將接近最高點)的裝水容器(a 處)壓力減少，而將中央水槽的水經由水流管吸入，開始變重。
- (3) 當空氣艙運轉到最低點再超過 15 度時(B 處)，預估此時空氣艙的溫度最低。此時，所連通的裝水容器恰好轉到最右邊(b 處)(落後 105 度)且裝水量接近極大值，力臂也是最大的，重力產生的順時鐘方向力矩也是最大。
- (4) 當空氣艙運轉到最左邊(C 處)，由冷水處進入熱水處時，溫

度上升同時透過空氣管，使落後約 105 度(即將到達最低點)的裝水容器(c 處)壓力增加，而將水經由水流管排出至中央水槽，開始變輕。

- (5) 當空氣艙運轉到最高點再超過 15 度時(D 處)，預估此時空氣艙的溫度最高。此時，所連通的裝水容器恰好轉到最左邊(d 處)(落後 105 度)且裝水量接近極小值，重力產生的逆時鐘方向力矩最小。
- (6) 以上(2)~(5)的各狀況同時且持續作用，使得轉輪得以運轉不停，直到冷、熱水的溫差變小到某一程度。如果冷熱水保持適當的補充更換使溫差持續維持在一定值以上，則轉輪將轉不停。

#### 四、加強導熱效率的設計(第三代轉輪)

##### (一)構想：

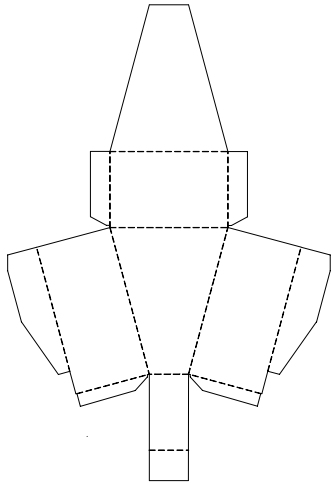
1. 空氣艙內的空氣必須要能迅速改變溫度才有可能使轉輪的速度增加。因此空氣艙的材質必須易導熱，而且能迅速與艙內的空氣進行熱交換。所以加大接觸面積是非常重要的。
2. 空氣艙內的空氣愈多就能推動愈多的水，而產生愈大的力矩。因此在合理可行的尺寸內，充分運用空間，加大空氣艙的體積有助於產生較大的推力。
3. 如果增加空氣艙的厚度，中央的空氣不易進行熱交換(空氣是熱的不良導體)，效率不見得能提升。除非裝置散熱片以增加接觸面積。
4. 將兩邊包夾式的圓盤改成中間支撐式的圓盤，以增加空氣艙接觸冷、熱水的表面積。
5. 將各組件設計成可拆式的，以方便進行各種組裝之研究比較。
6. 考慮金屬在溫度變化中的體積脹縮，因此在組合鑲嵌時需設計

軟性襯墊。

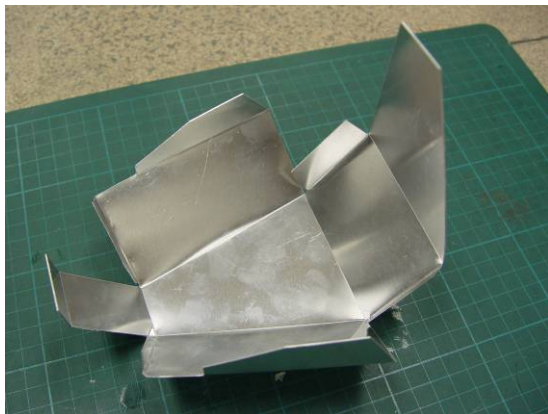
(二)設計與製作：

1. 梯形空氣艙：

每一空氣艙上底 2.2cm，下底 8.0cm，高 9.5cm、厚 5.0cm，以薄鋁板製成，容積約為  $242\text{cm}^3$ 。共十二個。



先設計展開圖，再以厚度 0.5mm 的鋁板切割、折合、黏結製成



2. 裝水容器：

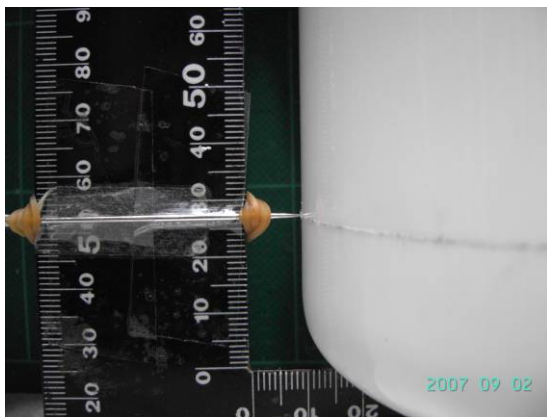
(1)以十元商店販售的長方形塑膠盒改造使用。長 8.0cm、寬 5.0、

高 2.0，容積  $80 \text{ cm}^3$ 。

- (2) 盒內置入長 4.0cm、寬 5.0 cm、高 2.0 cm，體積  $40 \text{ cm}^3$  的保麗龍以調節成所需要的容積(約  $40^\circ\text{C}$  的溫差所產生的體積變化)。
- (3) 側面(轉動時之後端)適當位置鑽兩個洞，作為進出水口及進出氣口。
- (4) 將蓋子以速乾膠黏緊。

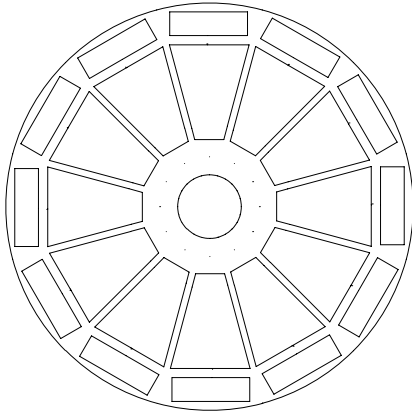
### 3. 中央水槽：

- (1) 以直角尺和縫衣針自製畫等高線的工具，將兩個直徑 10.5cm 的藥膏罐保留 2.7cm 高度裁切製成。兩個合起來構成容積約  $470 \text{ cm}^3$  的中央水槽。
- (2) 周圍各等距離鑽 6 個洞以便連接進水管。另在相對位置各鑽兩個洞為調節儲水量、壓力之水管接口。
- (3) 在正中央鑽直徑略小於 1.0cm 的洞，以便軸心穿過。



### 4. 滾輪中央圓盤：

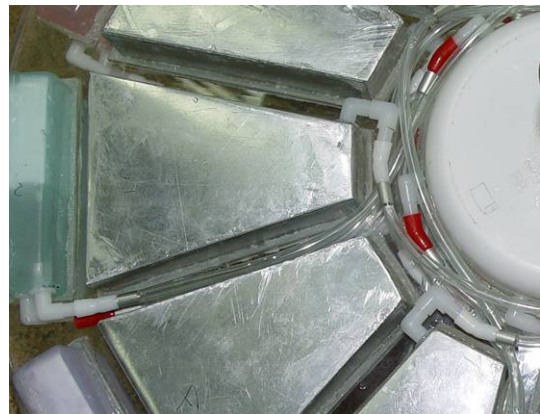
- (1) 中央圓盤直徑約 45cm，先在電腦上畫設計圖，再以厚度約 0.8cm 的透明壓克力板裁切製成。
- (2) 鏤空部份配合空氣艙及裝水容器之規格。周圍以塑膠管和矽膠黏著，構成軟性襯墊，一方面可固定空氣艙和裝水容器，一方面提供熱漲冷縮的空間，且方便拆卸進行研究調整。



#### 5. 水管與接頭：

以電線之絕緣接頭、金屬接頭及小型 L 型、U 型風管彎頭加工，來搭配外直徑 4mm 的塑膠軟管使用，構成空氣管、進水管系統及中央水槽調節管。所有接頭必須緊密不漏氣且容易拆卸調整。組裝時，每一組「空氣艙-裝水容器」之裝水容器位置比空氣艙落後 120 度。





## 6. 軸心與軸承：

使用直徑 1cm，長 30cm 的不鏽鋼條為軸心穿過中央水槽。  
選用內徑，10mm，外徑 26mm 的防水軸承組裝。



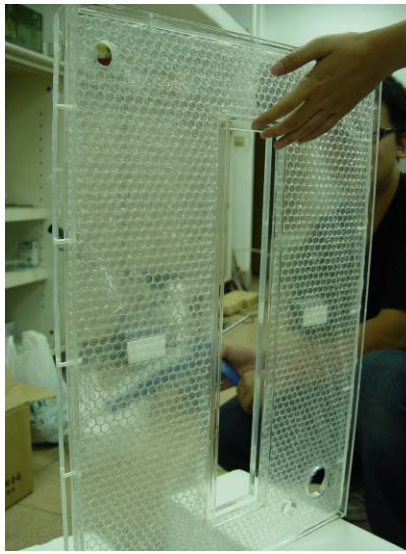
## 7. 外水槽、隔板與軸承架：

- (1) 以 200 公升的耐酸鹼塑膠桶為外水槽。
- (2) 以厚度 1.0cm 的透明壓克力板製成隔板，長 68.2cm、寬 47.0cm

(配合外水槽尺寸)。隔板中央開一長 47.0、寬 7cm 的長方形洞恰可放入轉輪。

- (3) 長方形洞的下方周圍及隔板下方的四周黏上 1.5cm 高的壓克力側板圈成一個“回”字形的空氣夾層。一方面可隔開冷、熱水之熱傳導。一方面可做為加入冰塊實驗時圈住冰塊，避免冰塊由中央長方形開口浮到熱水區之功能
- (4) 在隔板下面黏貼一層泡泡塑膠紙，以減緩熱對流，加強隔熱效果。
- (5) 在隔板角落挖三個圓洞插入水管分別作為冰塊入口、冷水入口及溫水抽出口。其中冰塊入口深入至隔板下方約 5cm；冷水入口深入至離水槽底 1cm；溫水抽出口深入至隔板下約 2cm。
- (6) 以內直徑 2.6cm 及 3.3cm 的水管帽，自製內扣式的軸承架，黏在隔板上。恰可將軸承放進去並且扣緊，當轉輪受到水的浮力時仍能順利運轉。
- (7) 將隔板與外水槽以螺絲固定，並以矽膠填塞所有交界處防漏。





### (三)操作：

1. 先在中央水槽裝滿水。中央水槽的容量  $470 \text{ cm}^3$ ，預計可以在運轉時流出將近一半的水至裝水容器，同時補進空氣。
2. 先在水槽內裝入冷水至接近隔板高度，再加入冰塊冷卻至溫度降到  $15^\circ\text{C}$  左右，將熱水倒入上層，以電湯匙協助上層加熱至約  $55^\circ\text{C}$ 。
3. 將轉輪放入水中，將軸承放進軸承架並扣緊。
4. 以手協助轉輪依照設定的方向轉動。一段時間後才放手觀察轉輪能否自行轉動。

### (四)結果與檢討：

#### 1. 結果：

失敗，轉輪無法自行轉動。轉輪(含裝水容器中的水)的重量分佈明顯偏向一邊，重的一邊始終向下。

#### 2. 檢討：

- (1) 當中央水槽裝水的時候，已經有一些水流到裝水容器中，無法管控，尤其轉輪豎立起來時，下面的裝水容器就已經大量進水且排擠掉一些空氣了。
- (2) 部分空氣艙、裝水容器在放入熱水區時壓力變大而在黏合處

裂開，而漏氣。

- (3) 準備的冰塊和熱水用完後仍未產生足夠大的溫差。許多冰塊和熱水「短兵相接」，很快就「兩敗俱亡」了。

## 五、第三代轉輪的進化版

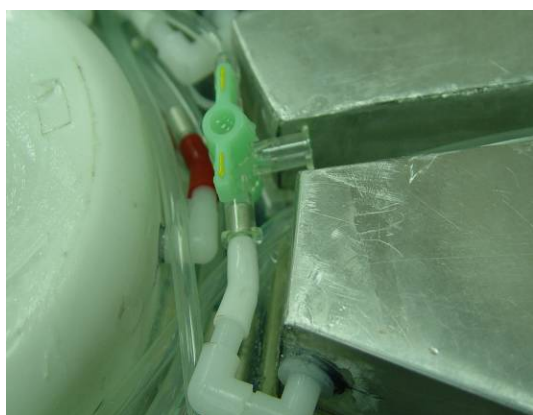
(一)構想：

1. 避免冷熱水直接接觸，以減少冷熱抵消而耗損。
2. 每一「空氣艙-裝水容器」組件內的空氣質量必須保持相同且恆定，才能確保推動的水量相同。
3. 所有的連接處和黏合處都必須能承受足夠的氣壓且不能漏氣。
4. 轉輪的重量分配必須要非常平均，才能以溫差造成的水量篇一帶動。

(二)設計與製作：

1. 加裝三向閥：

在空氣管上加裝三向閥，一端接空氣艙、一端接裝水容器，另一端留作個別組件調節水量及檢測壓力之用。



2. 加強組件耐壓品管：

- (1) 以透明塑膠管裝水做成一個壓力計，以注射筒加壓，透過三向閥切換設計成一套檢壓裝置。
- (2) 分別檢驗每一個空氣艙能否承受  $170\text{g}/\text{cm}^2$  的壓力(預估約比室溫高出  $50^\circ\text{C}$  時增加的壓力)，若有漏氣則予補強。

- (3) 先將裝水容器通往中央水槽的進出水管夾緊閉合。分別檢驗能否承受  $170\text{g}/\text{cm}^2$  的壓力，若有漏氣則予以補強。
- (4) 關閉所有三向閥通往中央水槽的通道，由中央水槽調節管檢驗能否承受  $150\text{g}/\text{cm}^2$  的壓力。
- (5) 當以上檢驗都沒問題之後，打開裝水容器和空氣艙的通道，由中央水槽調節管分別檢驗每一組件的所有連接處有無漏氣。

### 3. 改變轉輪裝水程序，以避免重量分配不均：

- (1) 透過三向閥切換，及注射筒水量控制，分別在每一個裝水容器中裝入  $17\text{cm}^3$  的水(約半滿)，並關緊。
- (2) 由中央水槽調節管在中央水槽裝入  $240\text{cm}^3$  的水(半滿)，並將調節管閉合。
- (3) 將轉輪安裝至軸承架，檢查重心是否偏一邊，以黏土調整重心。

### (三)操作：

1. 先在水槽裡裝約 10 公分高的常溫水(約  $23^\circ\text{C}$ )。
2. 先在別的容器中以冰塊混合常溫水，調節至  $4^\circ\text{C}$  左右，再由冷水管直接將冰水灌至底層，且由於密度的關係不會造成對流。直到總水位升到隔板位置。
3. 在長方形開口上覆蓋一片軟性塑膠片，先以重物壓住，以減少導熱。再慢慢的將調好  $50^\circ\text{C}$  的熱水加入水槽上層，直到所需高度(能淹沒整個轉輪)。
4. 將三向閥打開(除了即將進入冰水區及熱水區的兩個空氣艙)，將轉輪放入水槽中，扣住軸承，打開剩餘的兩個三向閥。
5. 以手協助轉動，一段時間之後放開觀察能否自行轉動。

### (四)結果與檢討：

1. 結果：(請看錄影畫面)

- (1) 成功，轉輪果然持續轉動，且持續了約 25 分鐘。
- (2) 轉輪的週期約 35 秒~40 秒，大致穩定。
- (3) 同一週期中，轉速稍有改變(時快時慢)，此現象愈到後來愈明顯。
- (4) 觀察透明管及裝水容器，可看出水流及空氣的進出。

## 2. 檢討：

- (1) 穩定性佳，但是重心分部仍稍微不平均，此現象是使轉輪停下來的重要原因。
- (2) 轉速比預期的慢，可能原因是三向閥、接頭等處的口徑太小，影響水流速度。

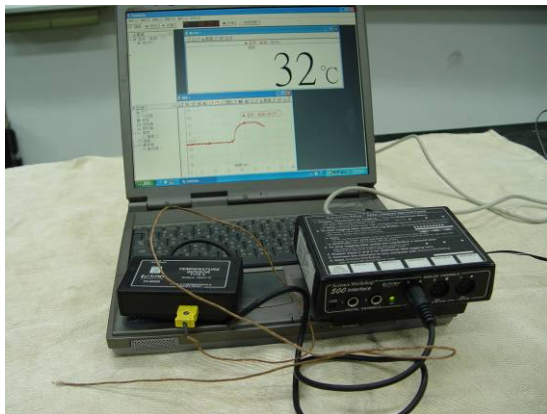
## 六、探討「復甦」的可能性

### (一)構想：

1. 溫差轉輪內的「水」、「空氣」經過長時間運作之後是否仍維持恆定？
2. 能否在加大溫差之後，不經人為協助啟動而能自行啟動？

### (二)操作：

1. 於轉輪停止後，保持原狀不取出。
2. 將溫水抽出管充滿水，外端導入水盆，墊高水盆至盆面位置與水槽內預設的水位等高。
3. 在熱水區以兩支電湯匙持續加熱，同時由冰塊入口處加入冰塊至隔板下。中層多餘的溫水將由抽出管排出，且水槽內總水位不變(連通管原理)，但可加大溫差。
4. 隨時測量各位置的溫度，觀察轉輪能否自行啟動。



(三)結果：(請看錄影畫面)

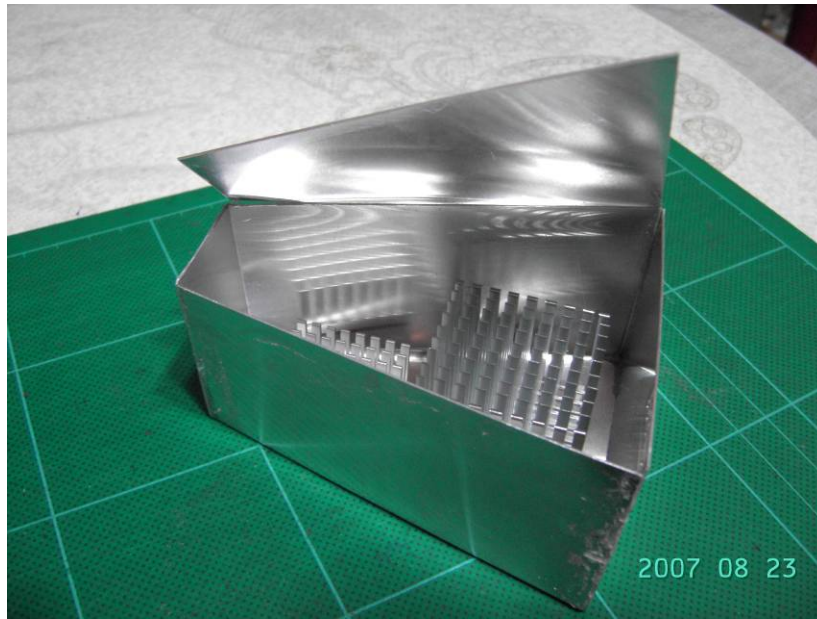
1. 成功，轉輪自行啓動，且持續轉動。
2. 可證明轉輪內的狀態(水、空氣含量)只要一開始正確，就能持續使用。
3. 只要能持續提供足夠溫差就能持續運轉，且停止後再提供足夠的溫差也能使轉輪啓動。

## 討論

一、本設計主要在利用水溫差來推動轉輪，因此在設計及材料選取方面非常重視熱傳播的考量，說明如下：

(一)以薄鋁板製作空氣艙，熱傳導速率快，加大接觸面積有助於熱傳播效率，因此考慮在鋁盒內加裝散熱片。但以熱偶溫度計實際測量鋁盒由浸泡在冷水中瞬間轉移至熱水時的空氣溫度變化，發

現，散熱片並未使空氣溫度改變加快。因此未加裝散熱片。



- (二)裝水容器、圓盤、隔板及中央水槽，以較難導熱的塑膠類材料製作。尤其，在隔板下方可以形成空氣層，有助於隔熱。
- (三)利用冷水密度大於熱水的特性，可避免部分冷熱水直接接觸區域(僅長方形開口與轉輪之間的小面積)的熱對流。且在底層加入冷水時，將常溫水抬升，恰可作為冷熱水之間的隔離層，避免耗損溫差。
- (四)在「復甦」實驗中，加入的冰塊浮在隔板下方熔化後產生的低溫水下沉，使得整個冷水區降溫，有助於提供轉輪動力。
- (五)溫水抽離管能將隔板附近的溫水排走，配合冷、熱水持續供應，可使轉輪不停的運轉。若能加上溫控設計，則能確保冷、熱水供應適當，整個裝置便能運作不息。

## 二、為了使轉輪能持續運轉，因此有許多「保持恆定性」的設計。

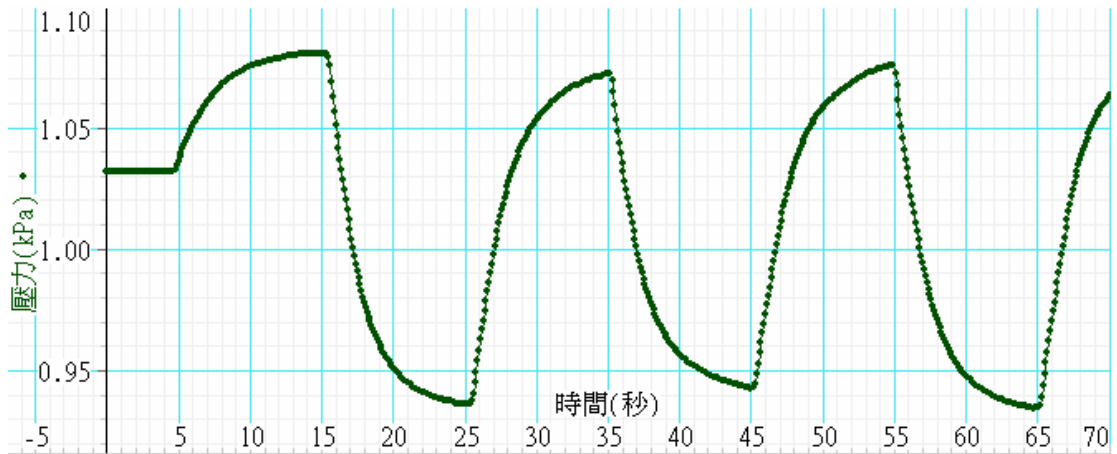
- (一)空氣艙的空氣在熱脹時部份流入裝水容器，但卻不會流入中央水槽，因此每一個組件中的空氣質量是固定且獨立的，如此才能確保在相同的溫差之下推動相同質量的水，而產生相同的力矩。



- (二)裝水容器中的水在低壓時(空氣艙遇熱時)由中央水槽吸入，高壓時又排回中央水槽，所有的水都在系統內循環使用，只要一開始的水質純淨就不擔心外在環境汙染、雜物堵塞水管等的問題。
- (三)運轉過程即使有部分的水被吸進空氣艙，這些水也會在下一次受熱時自動排回裝水容器。
- (四)以上(一)~(三)的自動恆定功能都與進、出氣孔及進、出水孔的位置巧妙安排有關。也與空氣艙、裝水容器的容積及中央水槽的水位有關。
- (五)管中水流的速度、傳熱的速率及空氣艙-裝水容器之夾角(相位差)可影響轉動的速度。當溫差固定時，如果在某一瞬間轉速快過平衡轉速，則空氣艙來不及傳遞足夠的熱或管內的水流來不及傳遞，將使速度慢下來；反過來如果某一瞬間，轉速慢了，空氣艙可以進行更充分的熱交換，且更多一些的水可以傳送，如此會使得下一瞬間轉速加快。因此只要溫差沒改變太大，平均轉速可大致維持恆定。但是當溫差不足時，此時快時慢的現象會更明顯。

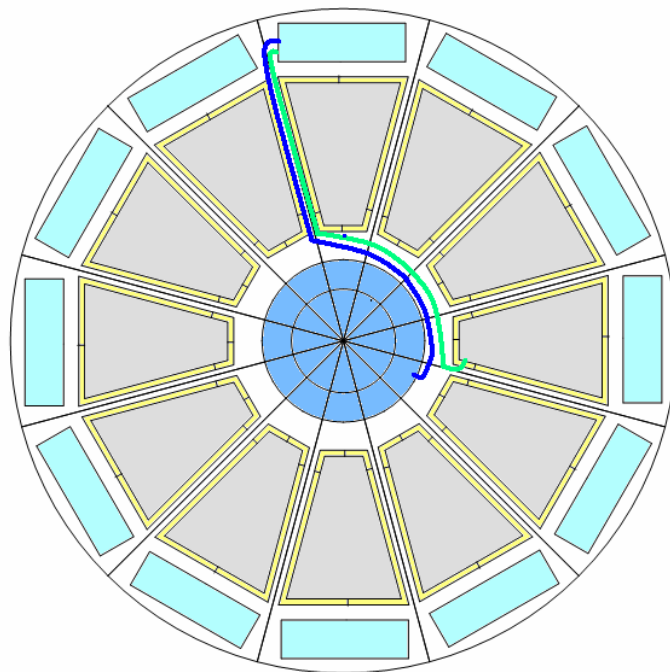
### 三、溫度變換時的壓力反應速率研究

- (一)以壓力感測器測量一組「空氣艙-裝水容器」在 0 度 C 的冰水和 42 度 C 的熱水之間來回浸泡時的壓力變化。先在一容器中浸泡 9 秒鐘之後迅速取出放入另一容器中(交換的過程約 1 秒)。如此來回數次，測得壓力隨時間變化關係如下圖。
- (二)測量結果顯示壓力的反應速率非常快，可見以鋁板製作的空氣艙導熱效果極佳，雖然在 10 秒鐘之內並未達到平衡，但是在 3 秒鐘時就可以達到 75%以上的變化量。



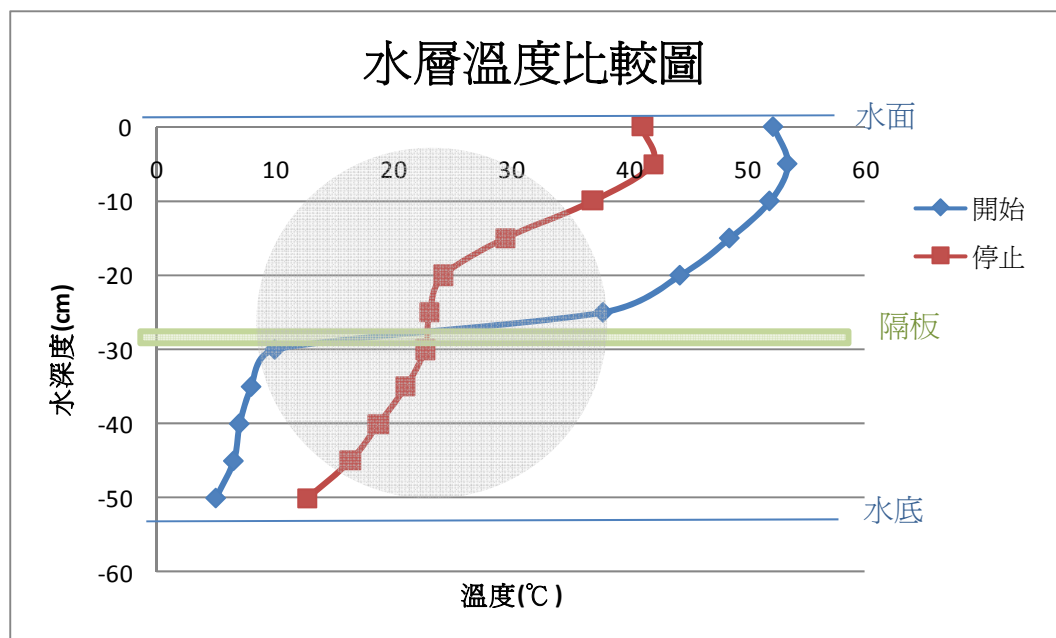
#### 四、裝水容器與空氣艙之間的夾角研究

- (一)第三代轉輪(進化版)將每一組「空氣艙-裝水容器」組件裝置的位置相差 120 度，主要考慮的是：雖然溫度反應快，但是將水從中央水槽吸到裝水容器或從裝水容器排到中央水槽需要一點時間。
- (二)此夾角應該配合水傳送的速度及轉輪的轉速而調整。如果水流傳送得慢且轉輪轉得快，則夾角要大一些。反之，水傳得快且轉輪轉得慢，則夾角要更接近 90 度一些(即小一些)，如下圖所示。



#### 五、水層溫度分佈對轉輪轉動的研究

- (一)以熱偶溫度計測量水中每 5cm 深度的溫度分佈來進行研究，下圖為啓動之初及剛停止轉動時之水層溫度比較。
- (二)啓動時，隔板上下之溫差很大，此時空氣艙一通過隔板就能快速反應，使得剛轉過最高點的裝水容器可以快速吸水，轉過最低點的裝水容器也可以快速排水，而產生較大的力矩。
- (三)停止時，隔板上下之溫差已經非常小了，裝水容器內重量差所產生的力矩無法克服整個轉輪的重量不均勻，因而停下來。
- (四)當轉輪轉速變慢時，抽掉中間的溫水讓上層熱水與下層冰水靠近，可恢復轉輪的運轉。



## 結論

- 一、本研究所設計的溫差轉輪確實可以產生作用，在約 40 °C 的溫差之下可以持續轉動 25 分鐘，直到溫差不明顯為止。
- 二、溫差轉輪具有恆定的性質，在運轉的過程中水量、空氣量可以自動維持恆定。因此即使停止之後仍可經由加大

溫差使轉輪再度運轉。

- 三、本研究雖然使用的水溫介於  $5^{\circ}\text{C}$ ~ $50^{\circ}\text{C}$  之間，但是由上圖可以看出轉輪停止轉動之前的溫差其實已經很小了。因此只要減少水流阻力、減少轉輪重量不均的問題並提高熱傳播效率，將來要利用深海  $5^{\circ}\text{C}$  的水及約  $25^{\circ}\text{C}$  的表層海水來運轉絕對沒問題。

## 未來展望與應用

- 一、溫差轉輪的構想是一個全新的巧妙設計，以目前研究階段可以證明確實能夠利用水的溫差來產生動能，且具有穩定、製作簡單、完全無污染、能源取之不盡等優點。只要繼續改良，提高空氣艙的熱傳播效率、減少水流阻力、減少冷熱水之間的熱傳播和混合就能提高其能量轉換的效能。此外，透過轉輪的規格調整、串連或並聯、齒輪組變速等研究來提高其輸出功率。希望將來能充分利用海洋裏大量的太陽能，為能源問題提供一條出路。
- 二、本設計還有一項獨到之處，將來人類開拓到海底生活時，許許多多的能源利用方式通通行不通，只有本設計行得通。只要抽取海洋表面的溫水(用個浮球就可以把溫水管帶上海面了，施工容易)，配合深海底周圍的低溫水就可以發電了。

## 參考資料

### 海洋溫差發電

海洋是地球上最大的太陽熱能儲存場，由於其表層受太陽光照射而吸收大量的太陽熱能，其溫度比較深層海水溫度高。據計算，從南緯 20 度到北緯 20 度之間的海洋洋面，只要將其中一半用來發電，海水水溫僅平均下降 1°C，就能獲得 600 億千瓦的電能，相當於目前全世界所產生的全部電能。

海洋溫差發電又稱為海洋熱能轉變〔OTEC，Ocean Thermal Energy Conversion〕，是利用海水表層約 25°C 的溫海水加熱，使鍋爐中的低沸點液體氣化而成高壓蒸氣，以此高壓蒸氣推動渦輪發電機發電，使用後的蒸氣送到冷凝室，再利用深層約 4~5°C 的冷海水，冷卻工作流體，待低沸點液體凝結後，再送回鍋爐加熱，重複使用之。此發電方式即是將熱能藉由熱能轉換裝置轉換成電能。

利用海洋溫差發電的概念早於 1881 年提出，首次提出商業化利用海水溫差發電設想的，是法國物理學家阿鬆瓦爾。1981 年，日本在南太平洋的瑙魯島建成了一座 100 千瓦的海水溫差發電裝置，1990 年又在鹿兒島建起了一座兆瓦級的同類電站。美國計劃在 2008 年以前建成一座 100 萬千瓦的海水溫差發電裝置，以及利用墨西哥灣暖流的熱能在東部沿海建立 500 座海洋熱能發電站，發電能力達 2 億千瓦。

1979 年夏威夷大學的研究團隊曾經做了一項調查，尋找世界上最適合發展海洋溫差能源的地點，研究人員最後發現，台灣東部海域在離岸不遠處水深即達 1000 公尺，該處海水表面與海底水溫差可達 17.3 ~ 24.3 °C，是全世界最適合發展海洋溫差能源的地點。

台灣曾在 1981 年赴夏威夷取經，在 1989 年成立「國際海洋溫差協會」，這段期間，台電調查台灣東部海域海洋溫差發電的蘊藏量約為 3,200MW（百萬瓦），這相當於四座核能發電廠的電量，可惜後來因政策疏忽而停止。由於油價持續高漲，國內海洋大學在花蓮縣政府的支持下重新啟動此一計畫，將與台肥公司合作，利用其在花蓮海域

所佈放的海洋深層水的硬體設備，展開新一波的海洋溫差發電開發任務，計畫從小型發電廠做起，如果一切順利，未來有可能在海上建造像足球場大小的發電廠，預計投資到完成，工程期需要五年時間，投資金額將達 50 億元，由於投資成本高，因此需要政府大力協助。

### 海洋溫差發電的優點：

- (1) 海洋能來自太陽能，是取之不盡用之不竭之能源，且不需要燃料，可不用仰賴進口。
- (2) 溫差發電是連續性的輸出，不像太陽能或風力會受時間、氣候等影響而隨時變動。
- (3) 溫差發電過程產生污染甚少，必要時可以做到無污染，對環境破壞的也最小。
- (4) 其他，如建廠土地取得容易、海洋深層水具有其他附加價值等。

以上文章參考自：

- 1.科學眼雜誌第 65 期海洋溫差發電——台灣電能開發的另一選擇
- 2.<http://www.epochtimes.com/b5/6/10/29/n1502129.htm>
- 3.<http://proxy.ycps.hlc.edu.tw/~cyberfair/nuclear/alex/a8.htm>
- 4.<http://www.epochtimes.com/b5/7/4/12/n1676032.htm>