

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 生活與應用科學科

佳作

030801

「空穴」來電

—「太陽能塔」氣流動力與發電可行性之研究

學校名稱：臺南市立復興國民中學

作者： 國二 孫可杰	指導老師： 黃吉楠 沈聰男
-------------------	-----------------------------

關鍵詞：太陽能塔、熱浮現象、致冷晶片

摘要

太陽能熱對流發電是未來最新一代的綠色能源。本研究透過太陽能熱對流發電塔模型的設計、製作及情境的模擬，來全面研究太陽能熱氣流發電塔的熱對流特性及影響運轉效能的相關變因，以利進而建立發電系統。現代建築中為了為解決熱的問題，通常會設計通氣塔來進行排熱，本研究利用中樞塔的熱對流與內外的溫差建立一個立複合式的發電系統。在研究結果中發現太陽能塔塔內的氣流強弱取決於塔徑、塔高、集熱板面積、集熱棚底角、入口間隙等內在變因及光源強弱、塔頂與塔底的氣壓差及溫度差等外在變因；而若能強化太陽能塔的中樞塔內氣流，能推動塔頂之發電裝置，產生感應電流。若在中樞塔的包覆致冷晶片，亦可以利用管內外的溫差來達到發電的效益。

壹、研究動機

太陽能發電是是目前公認使用時最乾淨的能源之一，歷年來以「太陽能發電」為主題的科展也相當的多，但是在這麼多的資訊當中，你可曾聽說過「太陽能熱氣流發電」？這一種新形態的發電方式是在蒐集科展題材的過程中，無意間在一個科技網站上發現的(如下圖)



(圖一、太陽能塔的網頁簡介)

剛好這學期的自然課又有學到「熱的傳播」，這也讓我產生了想要探究太陽能塔的念頭。文中提到:此塔利用溫室效應加熱大量空氣使被加熱的空氣上浮，並利用抽吸作用使溫室外相對“較冷”的空氣從溫室邊緣不斷補充進來，所以就在在煙囪內部形成一股強大、向上的熱氣

流，並驅動塔裡的渦輪機組發電，但令我好奇的是文中也提到這樣的龐然大物居然只需用最平凡的能源—陽光，每天就能供應約 20 萬千瓦的清潔電力，足以滿足當地 15 萬至 20 萬戶家庭的用電需求，且只需利用溫室效應及煙囪效應這兩個簡單的原理就能發電，這是不是既神奇又不可思議呢？

貳、 研究目的

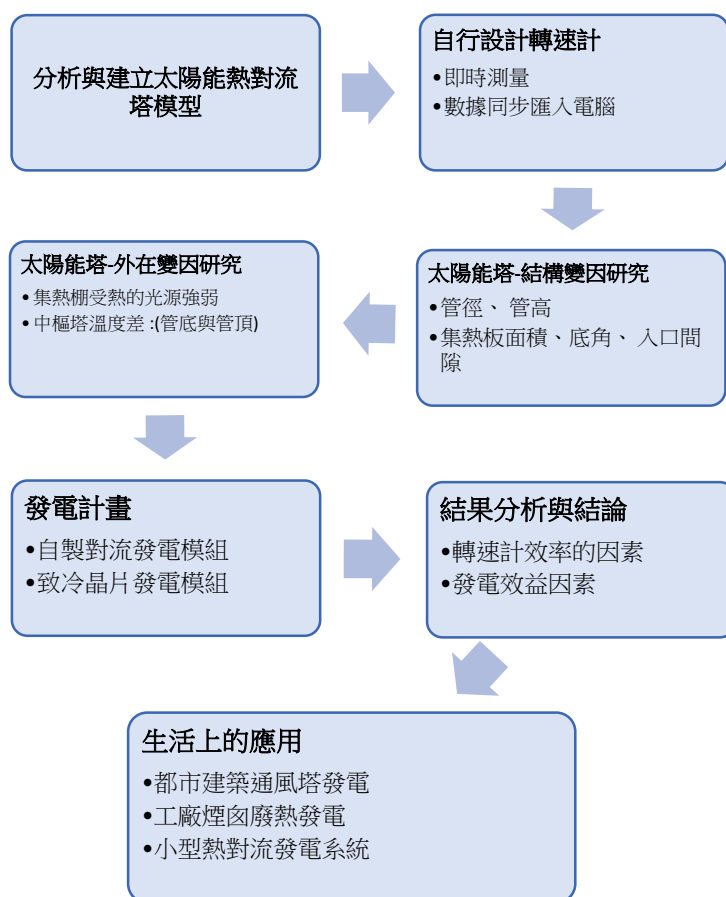
- 一、 建立太陽能塔的模型，並探究影響扇葉轉速的變因。
- 二、 自行設計一個的轉速計，以驗證變因成效
- 三、 設計簡易發電裝置以討論發電成效。

參、 研究設備及器材

- 一、 模型結構:硬質PVC管、竹筷、大頭針、黑色瓦楞板、細木條、塑膠布、漏斗、薄紙片、鐵絲。
- 二、 實驗器材:溫度計、溼度計、光照度計、風速計、500W鹵素燈、計時器、調光器、DC12V電源供應器、三腳架、Arduino介面控制面板、追蹤傳感測試模組、三用電表、致冷晶片TE01-12706、銅片、散熱膏。

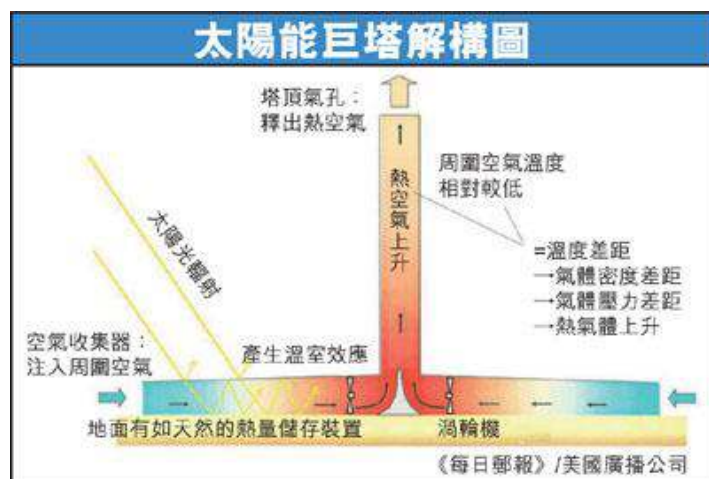
肆、 研究流程

- 一、研究流程圖如下：



圖二、研究流程圖

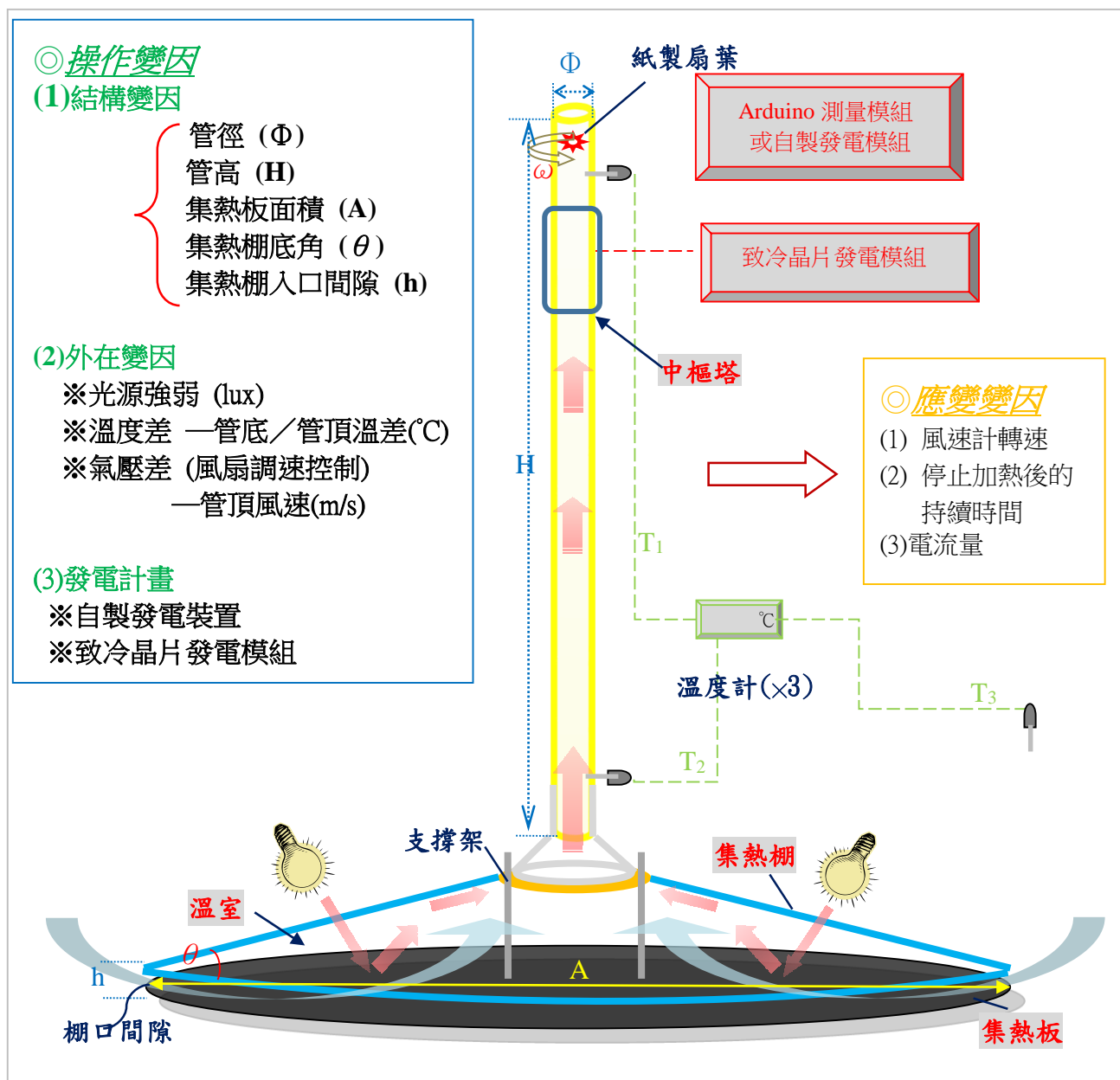
本次實驗首要為建立一個可信之太陽熱塔模型進行研究，以利發電計畫的進行，太陽塔外觀結構上包含中樞塔、集熱棚及集熱板三大部分（圖三、(a)(b)）：



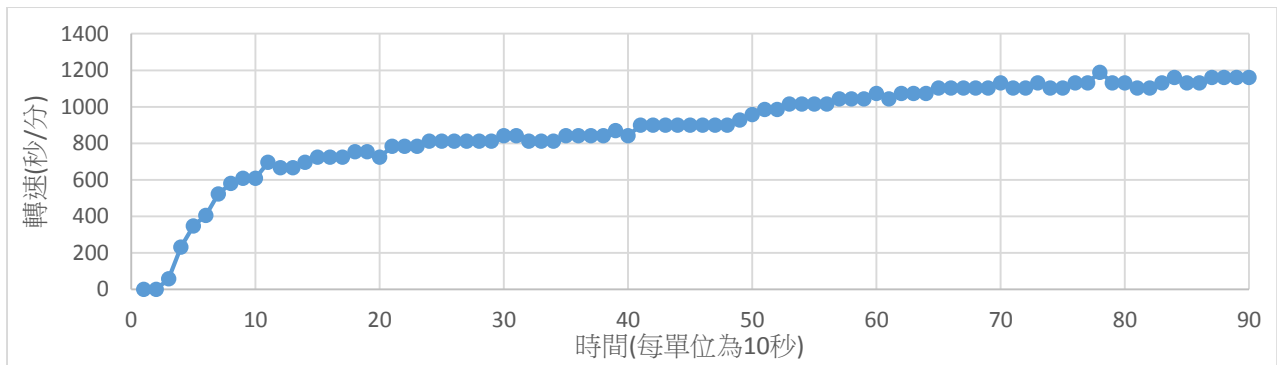
圖三 (a)、太陽能塔運作原理

1. 中樞塔：豎立於集熱棚上的溫室直管，可以於管中或管底設置渦輪扇葉等發電裝置，藉由上升的熱空氣推動渦輪扇葉，來到發電的目的。而熱空氣上升之後底部由集熱棚及集熱板構成的溫室中的熱空氣就會填補已經上升空氣的空間，太陽能塔就是利用這樣一次次的循環來達到全天候發電的目的。
2. 集熱棚：如同溫室一般使陽光的輻射熱進來後將棚罩內的空氣直接加熱，並使熱氣不致散逸。集熱棚與底座之間留有間隙，以吸入太陽能塔周圍的冷空氣。
3. 集熱板 (底座)：負責吸收陽光的輻射熱，並將輻射熱儲存起來，待夜間時將輻射熱釋放。

二、實驗流程如下：實驗設計如下，包括結構變因與外在變因，並利用Arduino介面控制面板來作立即的記錄以驗證對流成效，並作圖。實驗紀錄詳如圖三（b）。



圖三（b）、：模型結構與變因



(圖三 (c)、：模型運作情形轉速紀錄圖)

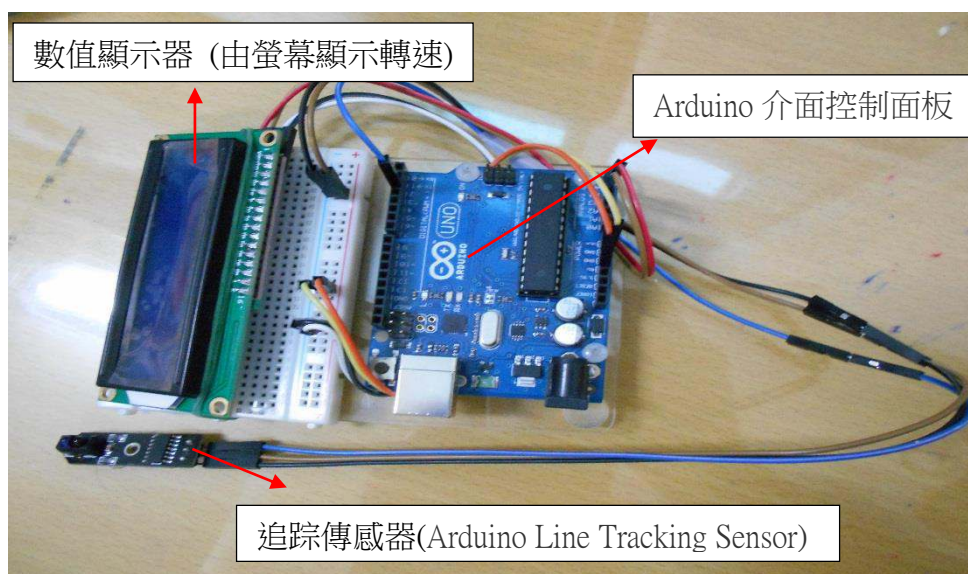
集熱板面積→ 1m^2 塔高→120cm 棚底角→ 20° 入口間隙→ 2.0cm 塔徑→4.4cm 光源→鹵素燈 500W*3具 (呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約20cm，照射角 45° 平均照度約為 10000Lux)。

再確認其太陽能塔變因後後，分別以自製發電裝置及致冷晶片發電模組，以驗證發電成效。

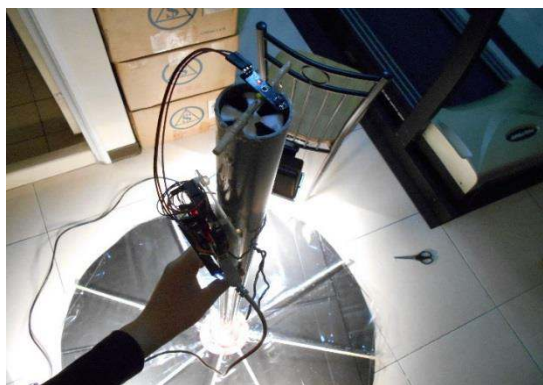
二、實驗規畫

(一)實驗儀器／輔助設備：

1. 本次實驗的主要利用轉速計轉速決定太陽能塔的效能，以 Arduino 介面控制面板，連接追蹤傳感器 (Arduino Line Tracking Sensor) 作為轉速計，轉速 (RPM) 將顯示在數值顯示器上，測到的轉速將同步輸入電腦，作及時且連續的測量及數值分析，光電感測器固定在管口的頂端，整組轉速計固定在硬質PVC管上，由於此種轉速計是利用紅外線來進行感測，所以必須把扇葉的一部分塗黑，改變紅外線的反射量進行判讀。(如下圖：圖四、(a)(b)(c))。



圖四、(a)：轉速計的組裝



圖四、(b)：轉速計裝置圖



圖四、(c)：數值顯示器

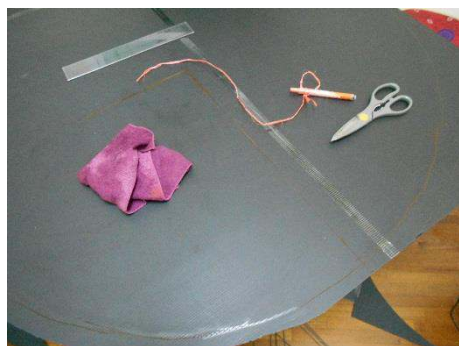
2. 因日照量易於變動，故以三具 500W的鹵素燈當作實驗光源，並利用調光器調整光源。

(二)實驗場地：

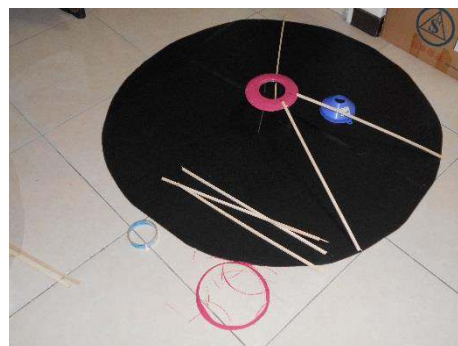
1. 為確保室內光照量及氣流的恆定，本實驗在暗室中進行實驗，且過程中不開窗，以確保無其他風力及熱源等干擾實驗。
2. 溫度與溼度的並行監測以求在適當範圍。

三、模型製作流程及說明

(一)集熱板裁切 → 棚架組裝。(如下圖五(a)(b))

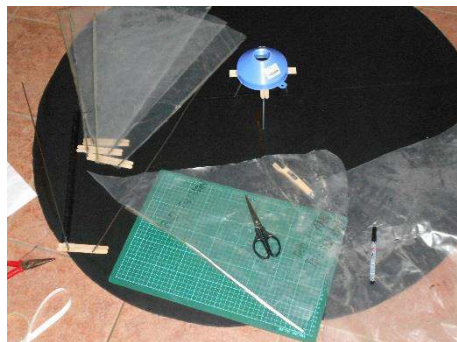


圖五(a)、集熱板裁切



圖五(b)、棚架組裝

(二)集熱棚黏合 → 裁切透明塑膠布並黏貼於木條上，完成溫室組裝。(如下圖六(a)(b))



圖六(a)、集熱棚黏合



圖六(b)、完成溫室組裝

(三) 高靈敏度扇葉之製作 → 裁剪紙片來製作扇葉並以針尖和螺絲十字凹槽組成軸承，微弱氣流即可驅動。(如下圖七(a)(b))



(圖七(a)、裁剪紙片來製作扇葉)



(圖七(b)、扇葉製作完成)

(四)組裝完成 → 將中樞塔固定於溫室中心處，即完成。(如下圖八)



(圖八、太陽能塔模型組裝完成)

四、實驗設計

(一)研究一：以自製太陽能塔模型進行實驗並利用轉速計全程監控，其操作變因涵蓋了塔徑、塔高、集熱板面積、集熱棚底角、入口間隙等五種變項變因。

(二)研究二：探究外在變因（包含光源強弱、溫度差、壓力差等因素）對於其運轉性能的影響。以自製太陽能塔模型來進行實驗並利用轉速計全程監控再利用圖表分析數據。操作變因則涵蓋光源強弱變項的操控及測試。

(三)研究三：利用法拉第定律設計能適用在此太陽能塔的發電機裝置，並將利用致冷晶片設計發電模組裝置於太陽能塔上，以驗證發電成效。

五、實驗方法及研究結果

《研究一》太陽能塔的結構特性及相關變因探討

【實驗1-1】集熱板面積大小是否和太陽能塔的扇葉轉速有關？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)操作變因：集熱板表面積→ 0.25m^2 、 0.5m^2 、 0.75m^2 、 1m^2 四種。

(2)控制變因：塔徑→ 5.5cm 塔高→ 120cm 棚底角→ 20° 入口間隙→ 2.0cm 光源→戶外陽光。

2.為避免戶外氣流干擾之影響，以5分鐘為轉速取樣點，並在實驗前先以風速計確認當時為無風狀態。並於管口旁並置相同規格的扇葉管一組，以作為對照。(如下圖)

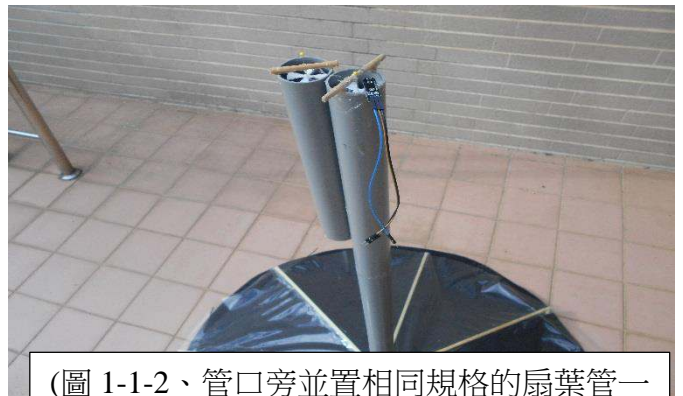
3.為求光照度之均等，將上述四具太陽能塔模型於早、中、下午同時同地移置室外，為避免戶外氣流干擾，故以戶外陽光加熱5分鐘為取樣基準。

4.以轉速計分別記錄各組扇葉之轉速，並求出其平均值。

5.重複進行實驗三次（以下均同），戶外溫溼度及風速亦記錄參考。



(圖 1-1-1、戶外四種不同集熱板面積的太陽能塔)



(圖 1-1-2、管口旁並置相同規格的扇葉管一組，作為對照)

(二)實驗結果與分析：

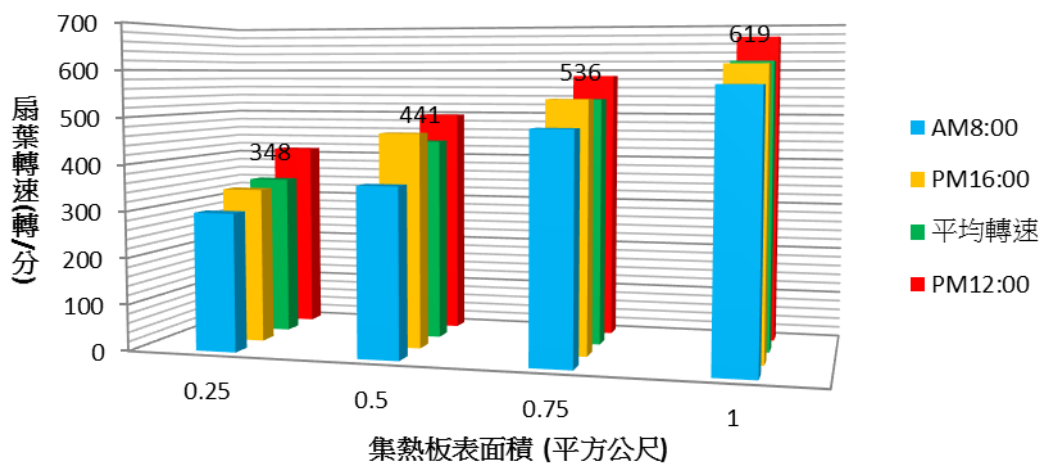


圖1-1-3、不同集熱板表面積之太陽能塔扇葉轉速

1. 由圖1-1-3得知，集熱板的表面積愈大，扇葉轉速愈快。
2. PM 12:00（中午）扇葉的轉速為最快，即充分的日照，最有利於扇葉轉動。

【實驗1-2】中樞塔的管徑大小是否和太陽能塔的扇葉轉速有關？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)操作變因：中樞塔管徑→ 3.9、 4.4、 5.6 三種規格之PVC管。

(2)控制變因：集熱板面積→1m² 塔高→120cm 棚底角→20° 入口間隙→ 2.0cm 光源→鹵素燈 500W*3具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約20cm，照射角 45° 平均照度約為 10000Lux）。

2.依設定架妥太陽能塔模型，以三具鹵素燈同時加熱。

3. 每隔10秒記錄各組扇葉的轉速。

4.室內溫濕度、中樞塔管底、管頂溫度亦須記錄參考。



圖1-2-1、三種不同的中樞塔管徑

(二)實驗結果與分析：

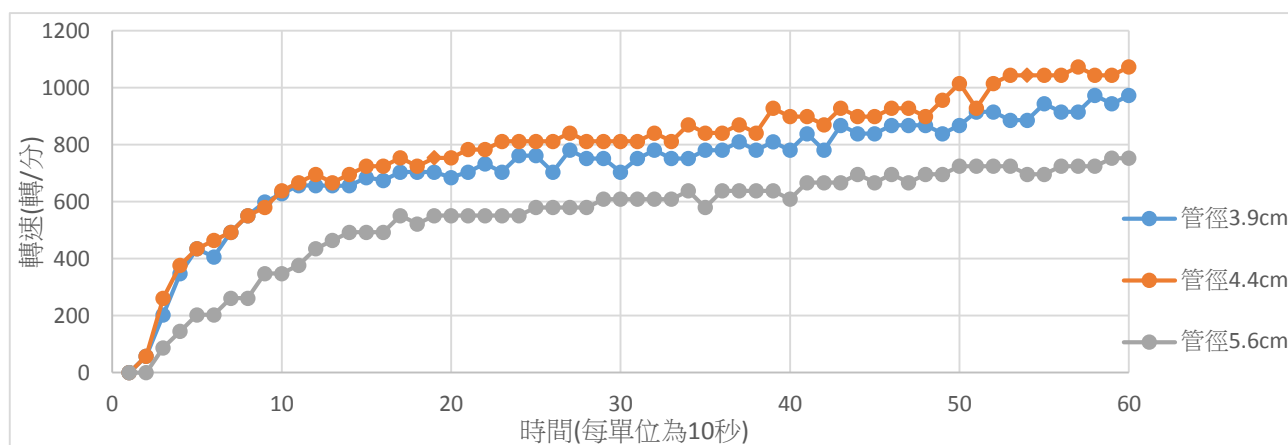


圖1-2-2、不同管徑之太陽能塔扇葉轉速

1. 由圖1-2-2得知，扇葉的轉速應與中樞塔管內的氣體流速有關，管徑愈大，轉速愈慢。
2. 在加熱時間0-120秒期間其扇葉轉速變化量最佳。
3. 由實驗結果推論，扇葉的轉速應與中樞塔管內的氣體流速有相關性，而不是氣體通量。
管徑小，氣體流速快，造成扇葉轉速快，至於為什麼4.4cm組的轉速會高於3.9cm組，仍有待我們進一步探討。

【實驗1-3】中樞塔的高度是否和太陽能塔的扇葉轉速有關？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)操作變因：中樞塔高度→30cm、60cm、90cm、120cm PVC管四組

(2)控制變因：集熱板面積→ 1m^2 塔徑→4.4cm 棚底角→ 20° 入口間隙→2.0cm 光源→鹵素燈 500W*3具（ 120° 環繞配置，平均照度約為10000Lux）

2.重複以上實驗之步驟 2~4。

3.每隔10秒記錄各組扇葉的轉速。

4.室內溫濕度、中樞塔管底、管頂溫度亦須記錄參考。



圖1-3-1、不同高度之太陽能塔

(二)實驗結果與分析：

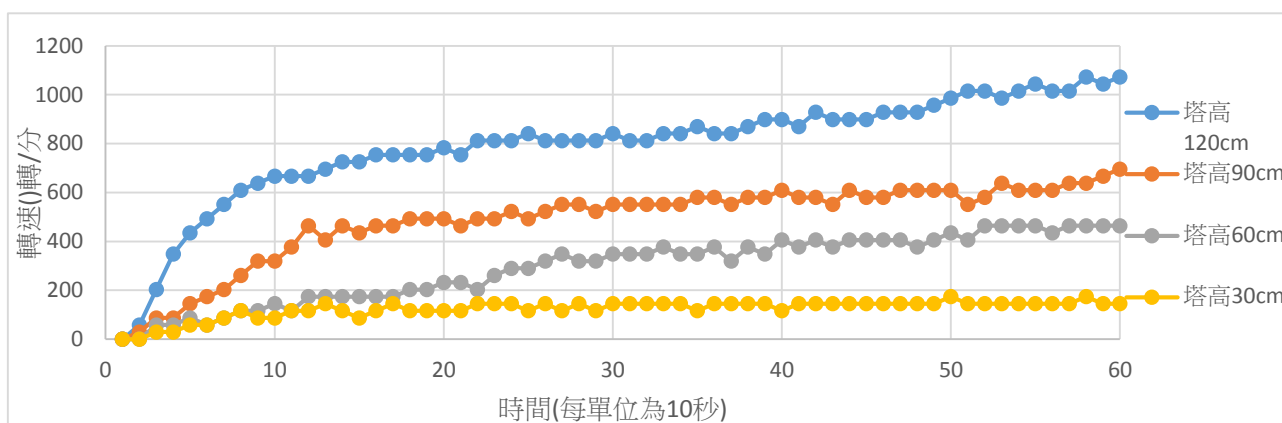


圖1-3-2、不同塔高之太陽能塔扇葉轉速

1. 由圖1-3-2得知：中樞塔的高度愈高，扇葉的轉速愈快；合理推論，塔高愈高，愈有利於塔內氣流的快速流動。

【實驗1-4】集熱棚的底角大小是否和太陽能塔的扇葉轉速有關？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)操作變因：集熱棚底角→ 0° 、 10° 、 20° 三種角度（如圖）

(2)控制變因：集熱板面積→ 1m^2 塔徑→ 4.4cm 塔高→ 120cm 入口間隙→ 2.0cm 光源→鹵素燈 $500\text{W} \times 3$ 具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面 約 20cm ，平均照度約為 10000Lux ）

2.重複以上實驗之步驟 2~4.

3. 每隔10秒記錄各組扇葉的轉速

4. 測量並記錄各組停止加熱後的持續運轉時間。

5. 室內溫濕度、中樞塔管底、管頂溫度亦須記錄參考。

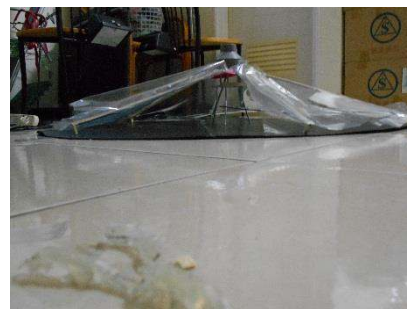


圖1-4-1、不同集熱棚底角之太陽能塔

(二)實驗結果與分析：

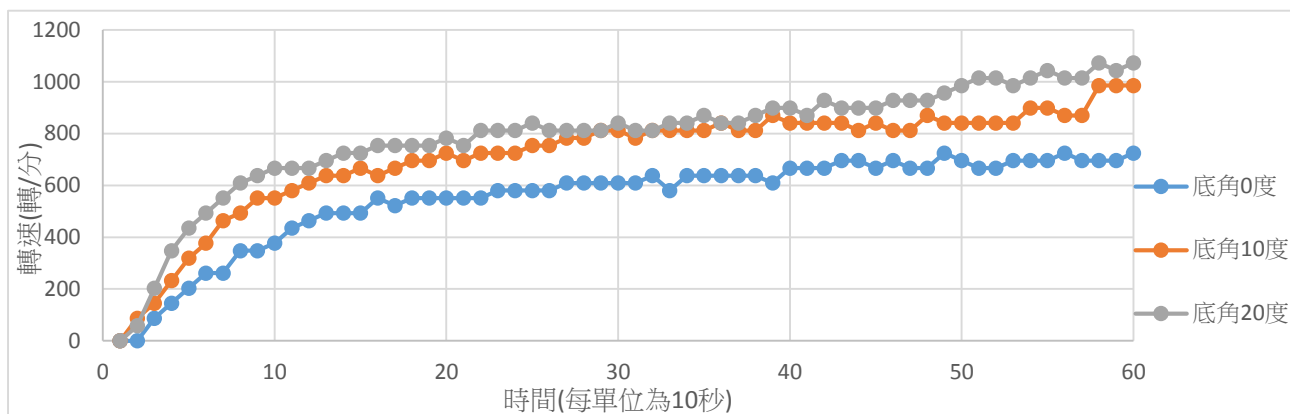


圖1-4-2、不同集熱棚底角之太陽能塔扇葉轉速

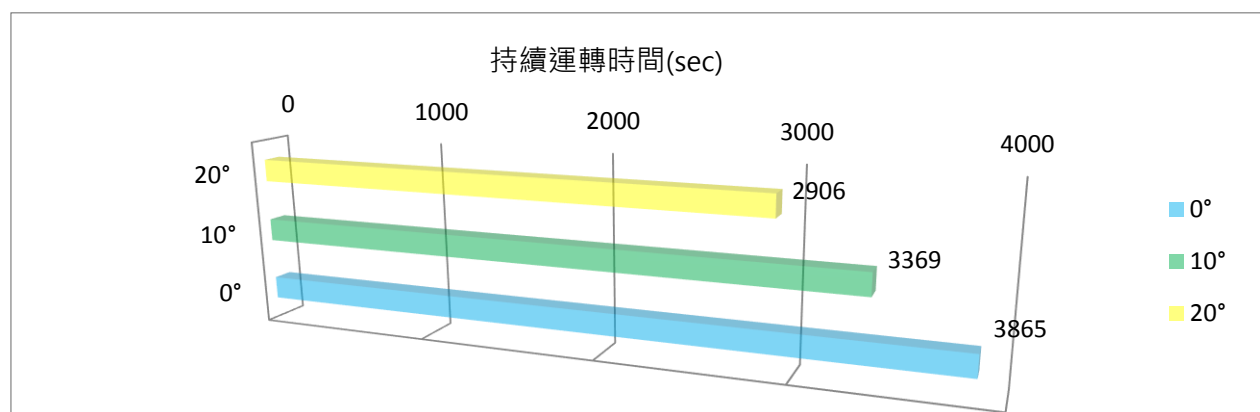


圖1-4-3、不同棚底角之太陽能塔持續運轉時間

1. 由圖1-4-2得知：集熱棚的底角愈大，扇葉的轉速愈快。
2. 1. 由圖1-4-3得知：底角愈大，切斷光熱源後，能夠持續運轉時間的越短。

【實驗1-5】集熱棚的入口間隙是否和太陽能塔的扇葉轉速有關？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)操作變因：集熱棚入口間隙→2.0cm、3.0cm、4.0cm、5.0cm （如下圖）

(2)控制變因：集熱板面積→1m² 塔徑→4.4cm 塔高→120cm 棚底角→20° 光源→鹵素燈 500W*3具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約20cm，點照度約為 10000Lux）

2.依設定架妥太陽能塔模型，以三具鹵素燈同時加熱。

3.每隔10秒記錄各組扇葉的轉速

- 4.測量並記錄各組停止加熱後的持續運轉時間。
5. 室內溫濕度、中樞塔管底、管頂溫度亦須記錄參考。

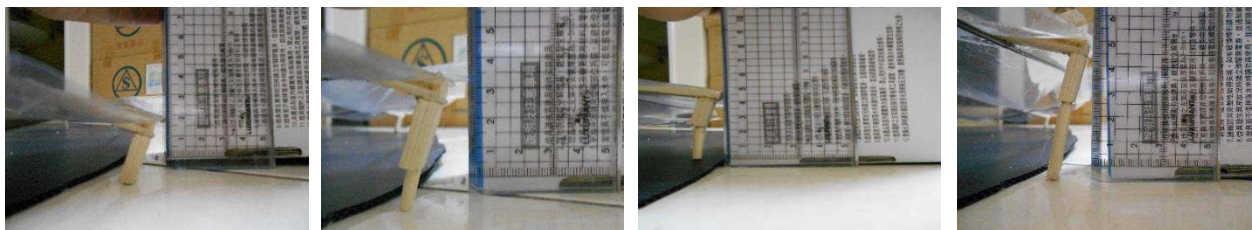


圖1-5-1、不同集熱棚入口間隙之太陽能塔

(二)實驗結果與分析：

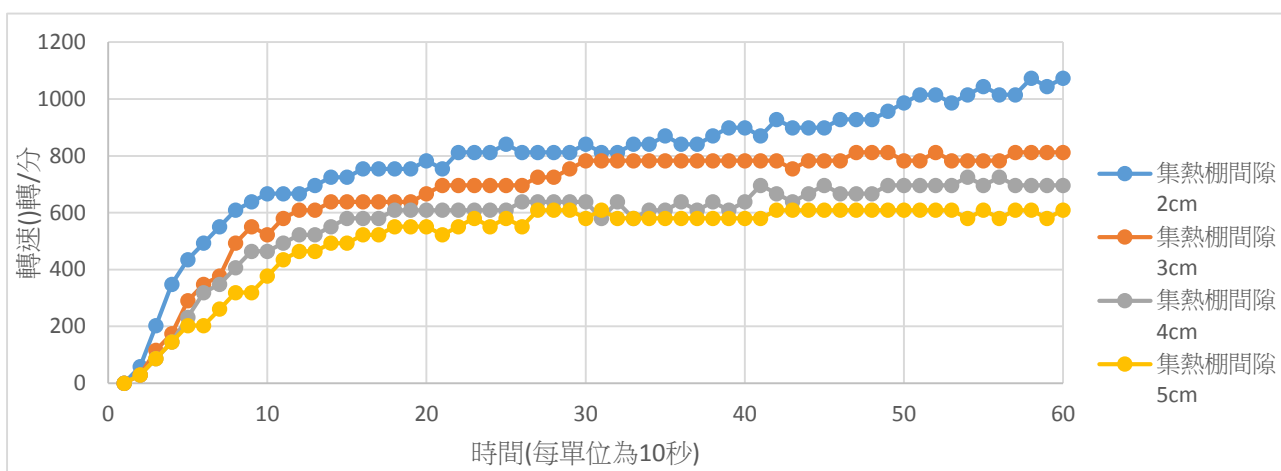


圖1-5-2、不同入口間隙之太陽能塔扇葉轉速

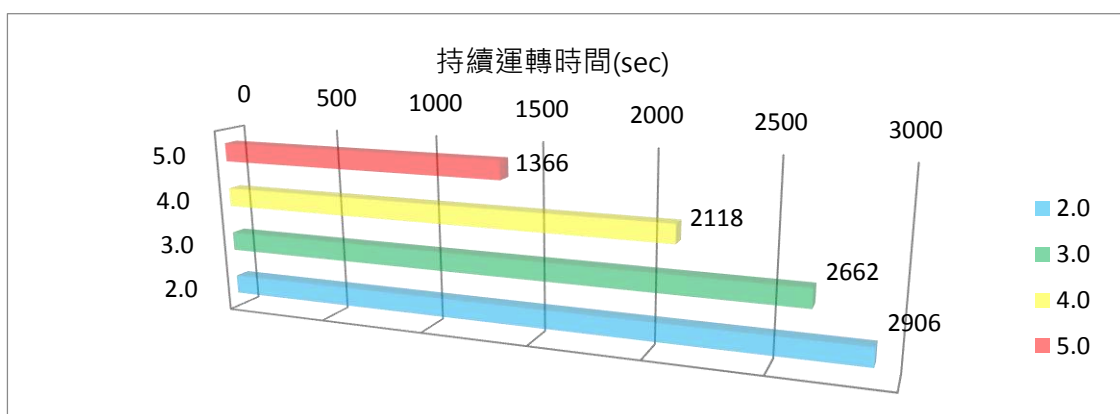


圖1-5-3、不同入口間隙之太陽能塔持續運轉時間

1. 由圖1-5-2 得知2.0cm組優於其它三組，有顯著差異。
2. 由圖1-5-3 得知5.0cm組的持續運轉時間僅達2.0cm組的一半；入口間隙過大易造成太陽能塔的儲熱快速消失。

《研究二》探究影響太陽能煙囪效能的外在變因有哪些？

【實驗2-1】光源強弱對於太陽能塔效能的影響？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)操作變因：光源→鹵素燈 500W*3+調光器（調整平均照度2500Lux、5000Lux、7500Lux及 10000Lux）4組

(2)控制變因：集熱板面積→1m² 塔徑→4.4cm 塔高→120cm 棚底角→20° 入口間隙→2.0cm 光源→鹵素燈 500W*3具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約20cm）

2.架妥太陽能塔模型，先以調光器逐一調整好三具鹵素燈的設定照度，同時開啟加熱。（如下圖）

3. 每隔10秒記錄各組扇葉的轉速。

4. 室內溫濕度、中樞塔管底、管頂溫度亦須記錄參考。



圖2-1-1、光源強弱的測定及調整（以調光器調整光源強弱，並以照度計測出光照度）

(二)實驗結果與分析：

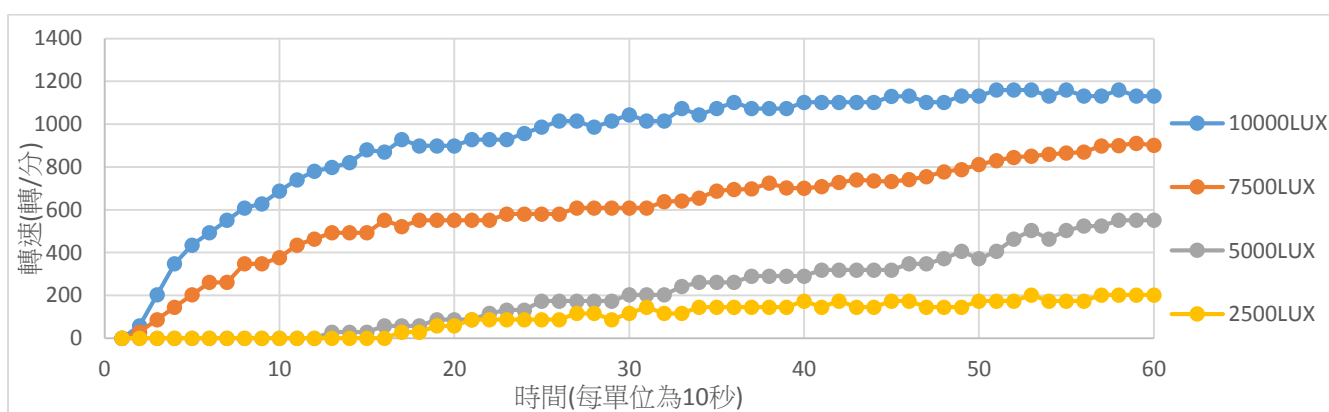


圖2-1-2、光源強弱對於太陽能塔的影響

1. 由圖2-1-2 得知：光源強度與轉速二者呈現正相關。
2. 2500 Lux組實驗中，其輻射熱仍足以驅動扇葉運轉，因此推論未來的太陽能塔即使在陰天，仍可以維持低速運轉。

【實驗2-2】中樞塔端口溫度差對於太陽能塔效能的影響？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)控制變因：集熱板面積→ 1m^2 塔徑→ 4.4cm 塔高→ 120cm 棚底角→ 20° 入口間隙→

2.0cm 光源→鹵素燈 $500\text{W} \times 3$ 具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約 20cm ，點照度約為 10000Lux ）

2.架妥太陽能塔模型，以調光器逐一調整好三具鹵素燈的設定照度，同時開啟加熱。

3. 每隔10秒記錄各組扇葉的轉速及中樞塔管底、管頂溫差 $|T_2 - T_1|$ 及扇葉啟動時之時間與溫度。(如下圖)

4.室內溫濕度亦須記錄參考。



圖2-2-1、實驗進行中管底溫度的測量(T2)



圖2-2-2、實驗進行中管頂溫度的測量 (T1)

(二)實驗結果與分析：

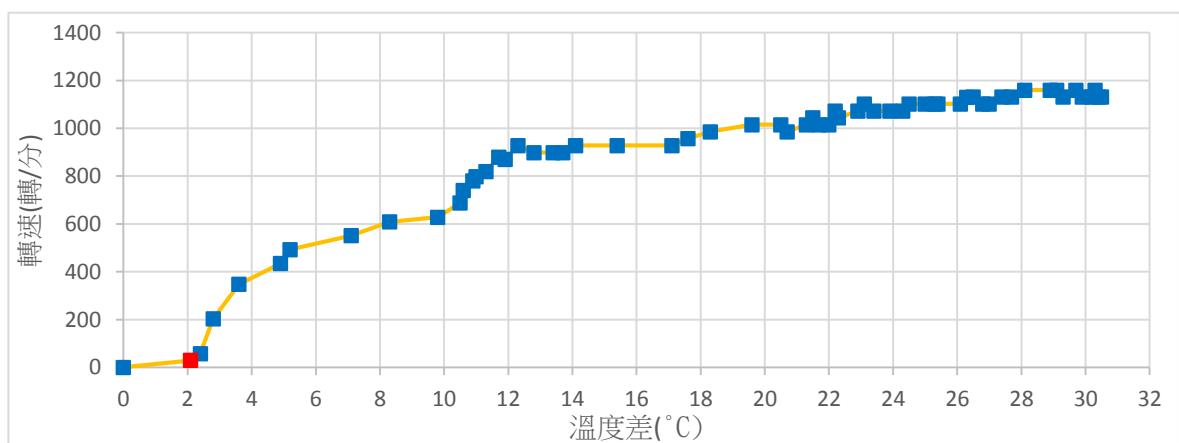


圖2-2-3、中樞塔端口溫差對扇葉轉速之影響

1. 由圖2-2-3 可知：中樞塔管底與管頂須有適度的溫差，以產生熱對流，太陽能塔的扇葉才能起動並持續運轉。

2. 以本模型的實驗結果而言，能啟動扇葉的管底與管頂端的最小溫差約為 2.1°C 。
3. 然而由表七結果也可看出：當此溫差達 22.0°C 以後，扇葉轉速的增率就開始變小且轉速趨於穩定。

【實驗2-3】氣壓差對於太陽能塔效能的影響？

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)操作變因：以DC12V.小型鼓風機、調速器、風速計控制塔頂風速為 0m/s 、 3.0m/s 、 6.0m/s 、 9.0m/s 4組，使塔頂上空形成不同程度的低氣壓。(如圖)

(2)控制變因：集熱板面積→ 1m^2 塔徑→ 4.4cm 塔高→ 120cm 棚底角→ 20° 入口間隙→ 2.0cm 光源→鹵素燈 $500\text{W} \times 3$ 具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約 20cm ，點照度約為 10000Lux ）

2.為了使塔頂上空形成低氣壓區，應用伯努利原理，將小型鼓風機出風口架設在距中樞塔頂部約 20cm 之水平處，並以調速器及風速計調整出風至設定之氣流強度。(如下圖)

3.架妥太陽能塔模型，先以調光器逐一調整好三具鹵素燈的設定照度，同時開始加熱。

4. 每隔10秒記錄各組扇葉的轉速。

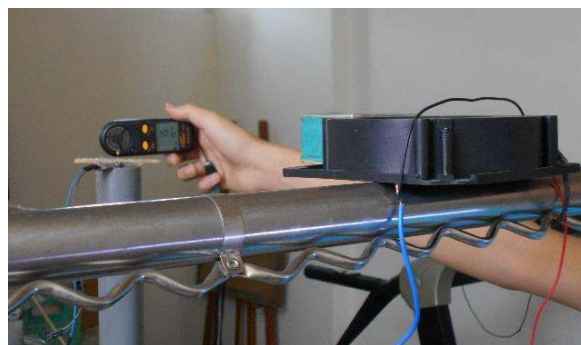


圖2-3-1、塔頂氣流之調控（以風速計測出中樞塔頂風速）

(二)實驗結果與分析：

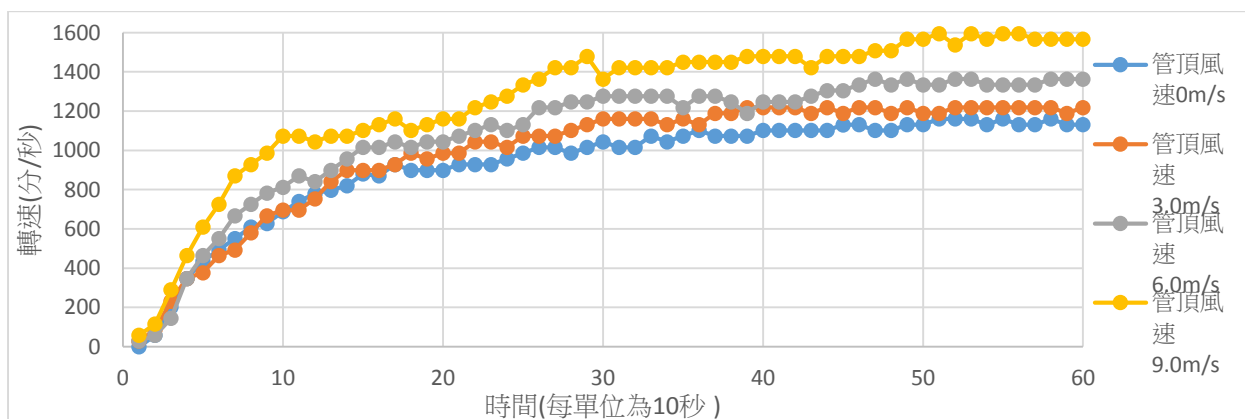


圖2-3-2、塔頂氣流對扇葉轉速之影響

1. 由實驗結果圖2-3-2 得知：管頂端風速愈大，扇葉轉速愈快。
2. 管頂端風速大，氣流流速快，將造成管頂端局部的氣壓降低（依據伯努力原理）。將使得管底部與管頂端的壓力差變大進而將更多的空氣抽出而使扇葉轉速加快。
3. 我們進而推測，未來的太陽能塔就算在夜間也能利用其本身中樞塔高度所造成的抽吸力量(壓力差)進行持續運轉。

《研究三》太陽能塔的熱效能是否能應用在發電呢？設計發電裝置。

【實驗 3-1】市售的風力發電套件組是否能運用在發電呢？

根據實驗一和實驗二得到的結論，製作了中樞塔高為 120 公分的太陽能塔，作為是否能發電的熱效能裝置。發電實驗前先測此太陽能塔的轉速。此太陽能塔在加熱十五分鐘後可達最大轉速（1160 rpm），且趨近於穩定。另將自製扇葉換成市售小風扇則無法旋轉。

將市售的風力發電套件組裝置在中樞塔的端口，看是否熱效能產生的熱對流氣流能推動風力發電組的風扇，進而產生電流；實驗裝置圖（實驗 3-1 圖）如下：

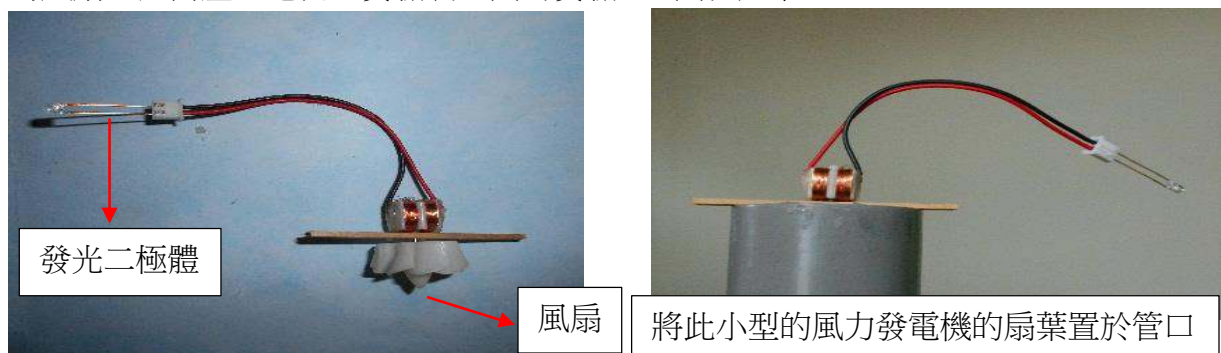


圖 3-1、風力發電組實驗裝置圖

實驗結果：此太陽能塔的熱效能不足以帶動此市售扇葉轉動，所以無法使此風力發電組套件產生感應電流。

【實驗 3-2】設計適用於此太陽能塔的發電裝置

利用法拉第定律的原理，使磁鐵與封閉線圈之間有相對運動，是主要的概念。構想上是由轉動的扇葉帶動磁鐵，將封閉的迴路線圈置於轉動的磁鐵上方，達到切割磁力線的效果，進而產生感應電流。嘗試發電的實驗中也分別測出扇葉有無加磁鐵的轉速，如下圖：

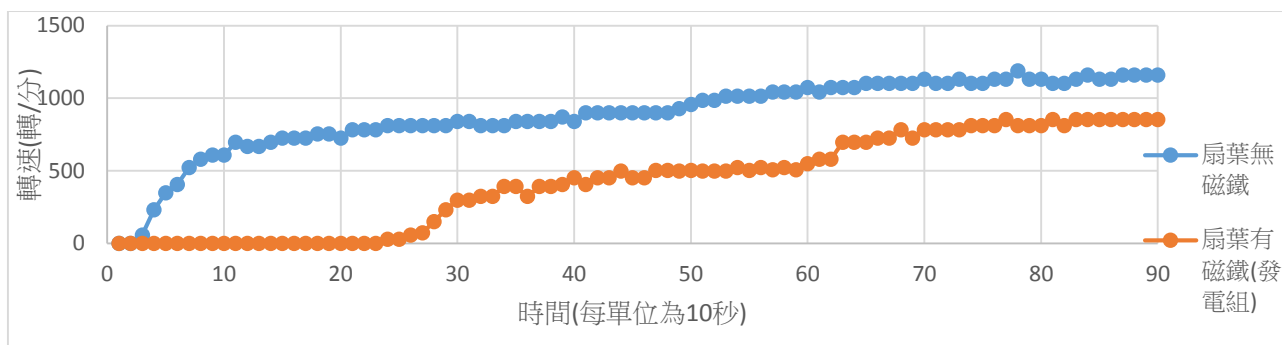


圖 3-2-1、扇葉有無磁鐵對扇葉轉速之影響

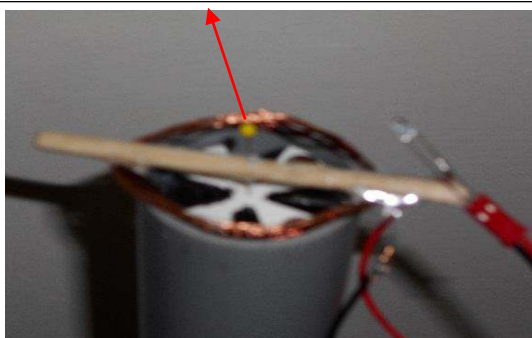
以下圖（圖 3-2-2）說明；將總共 12 個強力薄型磁鐵(每個大小為 8x1 mm)，磁極同方向平均分散黏貼於扇葉上，為何是 12 個呢？因為磁鐵數太少，磁通量不足，無太大效果。但磁鐵也不能無限制增加，因為承載量過重扇葉無法啟動。多次嘗試後，發現 12 個強力薄型磁鐵是這座太陽能塔能產生感應電流的最佳數量。以此推論每座太陽能塔能發電的發電量是因大小而異的。



圖 3-2-2、自製發電裝置中的磁鐵擺放位置

根據法拉第定律，產生感應電流的另一要件是封閉迴路線圈的相對運動，而迴路線圈擺放的位置需能切割到磁力線才會有效。試了兩種線圈的位置，發現圖 3-2-3 中右邊的才是正確的位置。

封閉迴路線圈在磁鐵的正上方 共 100 匝



縮小後的線圈在磁鐵的正上方 共 100 匝



圖 3-2-3、自製發電裝置中的線圈擺放位置

當熱源加熱此太陽能塔後約四分鐘，扇葉與磁鐵開始旋轉，此時斷斷續續出現了瞬間的感應電流，並有正負相位。當加熱到十分鐘後，扇葉磁鐵轉速趨於穩定，感應電流穩定出現，但有正負相位，此時測得的最大瞬間感應電流是 $1.7\ \mu\text{A}$ 。另外此時測得的最大轉速僅有 853rpm；而不是之前測得的最大轉速 1160rpm。推測應與扇葉上黏了 12 個強力磁鐵，造成扇葉重量增加，轉速變慢。



圖 3-2-4、顯示可測得正負相位的感應電流

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)控制變因：集熱板面積→ $1\ \text{m}^2$ 塔徑→4.4cm 塔高→120cm 棚底角→ 20° 入口間隙→2.0cm 光源→鹵素燈 500W*3 具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約 20cm，點照度約為 10000Lux）

2.架妥太陽能塔模型，以調光器逐一調整好三具鹵素燈的設定照度，同時開啟加熱。

3.改變線圈匝數，分別為 100 匝、200 匝、300 匝、400 匝，並測其最大感應電流。



圖 3-2-5、不同線圈匝數之太陽能塔

(二)實驗結果與分析：

線圈匝數	100 匝	200 匝	300 匝	400 匝
最大瞬間感應電流 (μA)	1.7	2.5	3.3	4.8

1. 由上表得知增加線圈匝數可增加最大瞬間感應電流。

【實驗 3-3】自製致冷晶片發電模組是否能應用在發電呢？

席貝克效應〈Seebeck effect〉是熱能與電能之間的一種固態能量轉換方式，當兩種不同性質的金屬導線之端點連接形成封閉迴路時，若兩接點間有溫差，則兩接點間可測得電壓，致冷

晶片之發電原理即利用此原理。是否在太陽能塔的中樞塔以致冷晶片包覆，以塗上散熱膏以增加導熱，以開發出可接於中樞管發電模組，並用來研究是否可以產生電流，實驗中發現，若致冷晶片作並聯，將可使電流變大，故可推論與銅片接觸面積越大，電流越大，故以包覆管徑的最大晶片數為 4 片來設計。

(一)實驗方法：

1.變因設定：

(1)控制變因：集熱板面積→1m² 塔徑→4.4cm 塔高→120cm 棚底角→20° 入口間隙→

2.0cm 光源→鹵素燈 500W*3具（呈 120° 環繞配置，燈具距離集熱棚面約20cm，點照度約為 10000Lux）

2.架妥太陽能塔模型，以調光器逐一調整好三具鹵素燈的設定照度，同時開啟加熱。

3. 改變致冷晶片發電模組與中樞塔串接的位置，分別為20cm、50cm、80cm、110cm，總長度為120cm，來進行發電每隔30秒記錄中中樞塔內溫差，並測量其電流。



圖3-3-1、致冷晶片發電模組製作說明



圖3-3-2、致冷晶片發電模組裝置於中樞塔之不同高度

(二)實驗結果與分析：

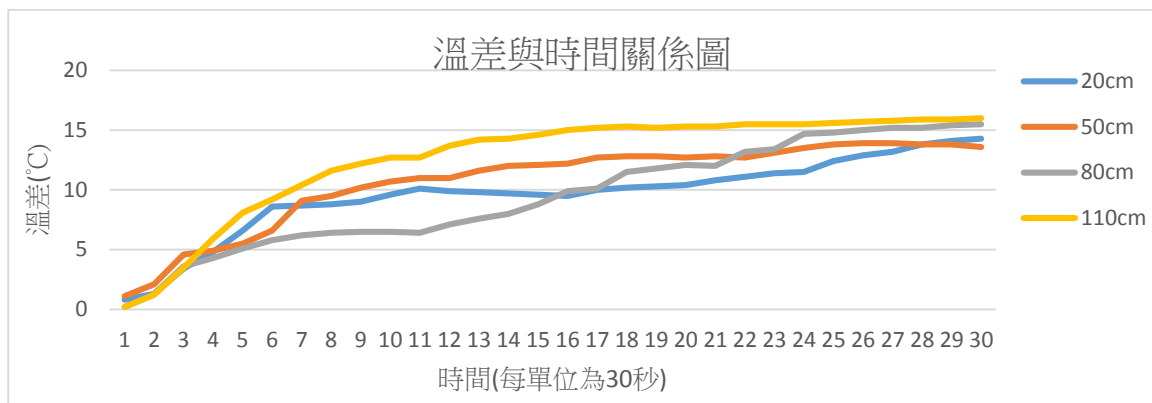


圖 3-2-3、溫差與時間關係圖

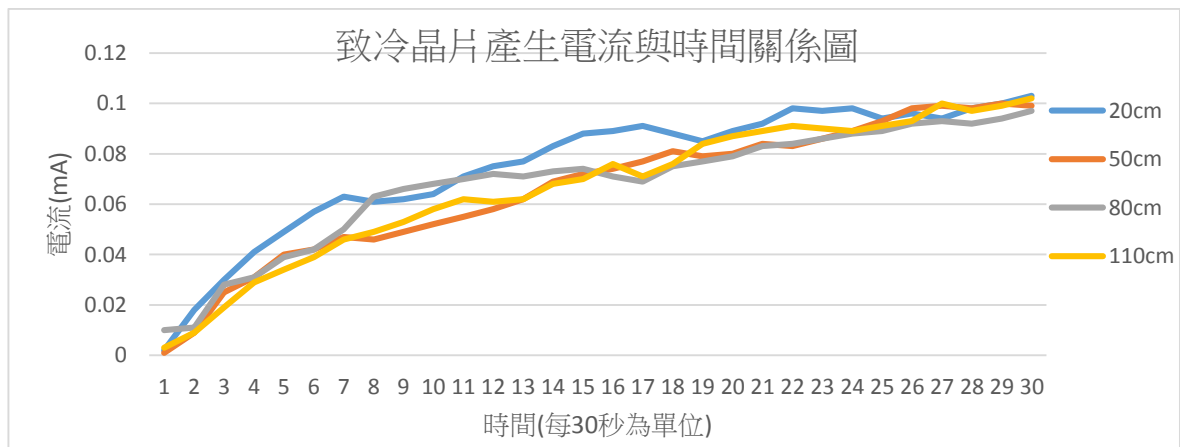


圖 3-2-4、致冷晶片產生電流與時間關係圖

1. 由圖 3-2-3 與圖 3-2-4 中發現加熱時間越長、溫差越大，致冷晶片可產生電流與溫差有正相關。
2. 當加熱時間 900 秒，其溫差將會越接近，故其產生電流會亦同。

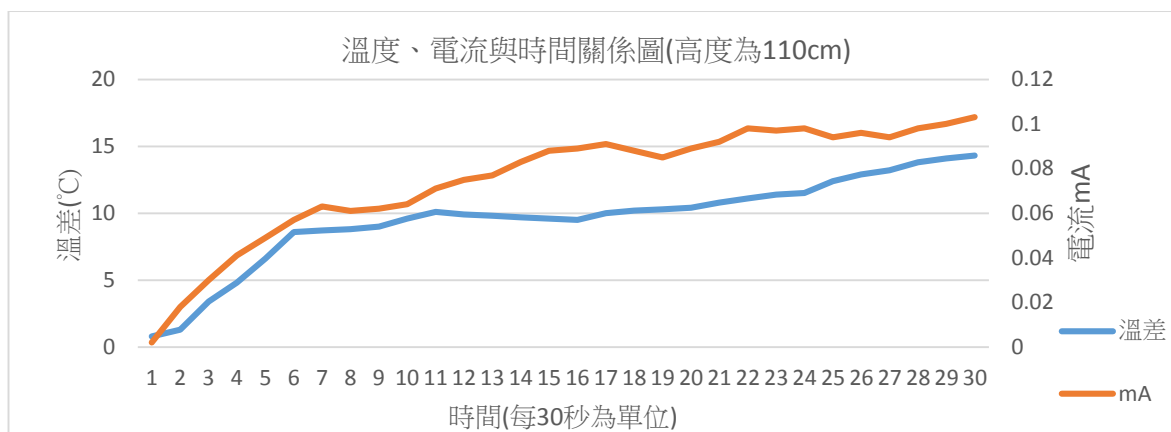


圖3-2-5、溫度、電流與時間關係圖

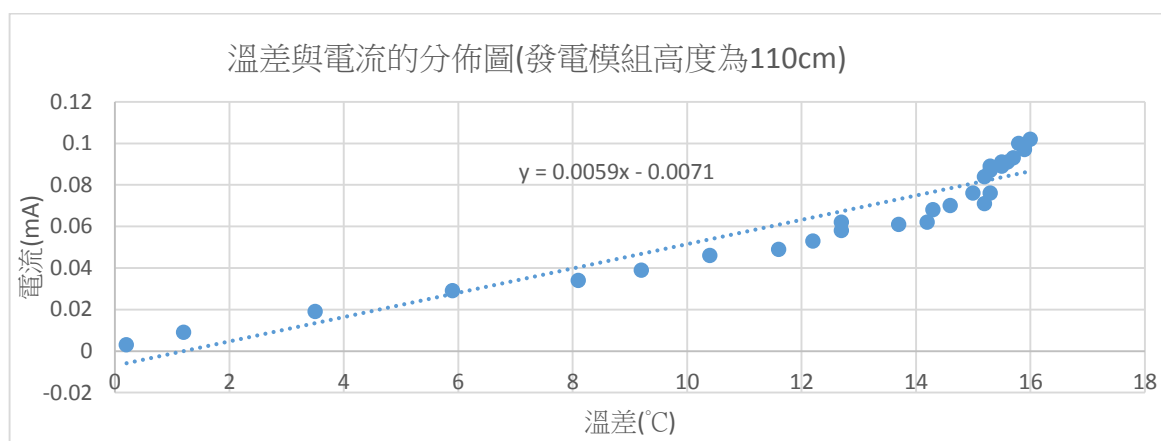


圖 3-2-6、溫差與電流的分佈圖

3. 在由圖 3-2-5 發現溫差與產生電流為正相關，且由圖 3-2-6 中若作其直線趨勢線可得其斜率為 0.0059，且溫差越大，電流越大。

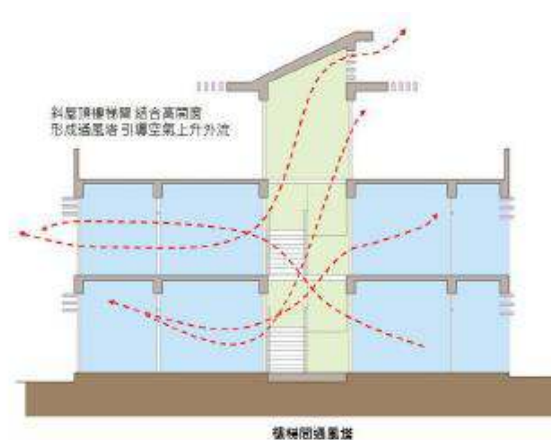
伍、 討論

- 一、 能應用此太陽能塔來發電一直是我們的夢想。而發電的關鍵因素是太陽能塔產生的熱浮效應是否能推動紙製扇葉（也可是發電機的扇葉）；綜觀此太陽能塔的諸多變因中（包括結構變因、外在變因等），溫差應是造成風扇轉動的一大變因；因為不管是中樞管高度、集熱棚、光源加熱等，都是要在中樞塔兩端造成溫差，此溫差會造成冷暖空氣的對流，進而推動渦輪扇葉。
- 二、 但我們置於室內中的模型可能是因為尺寸太小、光照量不足或是加熱時間太短的緣故，最大溫差僅達到 30°C 左右。嘗試將市售的風力發電組扇葉置於中樞塔管口，並期待熱浮效應能推動扇葉而發電。但實驗結果是我們的模型產生的熱浮效應並無法推動市售的

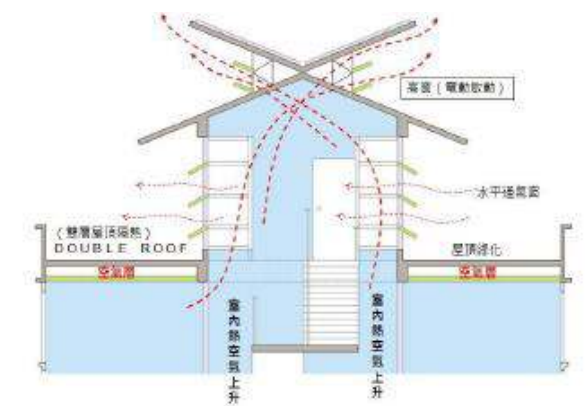
風力發電組扇葉；其原因是市售的風力發電組扇葉的軸承摩擦力大，因此造成轉動的阻抗變大，所以在我們的模型中無法用來發電。在努力改良之下，自製扇葉用針當軸承減少軸承的阻抗，總算可以推動黏上磁鐵的扇葉，並發出微弱的電流，也證明太陽能塔發電的確可行。

- 三、 在實驗 3-2 嘗試發電的實驗中，磁鐵數和磁鐵的大小影響了磁通量，而扇葉的轉速則會影響磁通量的時變率，感應電流則是因著此磁通量的時變率而產生。若要加快扇葉轉速則要減少磁鐵的數量和大小，如此也會減少磁通量。此時只能折衷取得平衡點；因此每座太陽能塔能發電的發電量是因大小而異的。
- 四、 另在實驗 3-2 嘗試發電的實驗中，扇葉轉速趨於穩定，代表磁鐵的相對速度固定，此時要再增加磁通量的時變率，則可增加線圈數（根據法拉第定律，感應電動勢和 磁通量變化率成正比，而感應電動勢的增加就會造成感應電流的增加）。而根據實驗 3-2 的結果，約可看出增加線圈數也可增加感應電流。
- 五、 由實驗 1-4 的結果圖 1-4-3 和實驗 1-5 的結果圖 1-5-3 得知；當切斷光熱源後，太陽能塔仍然能夠持續運轉。因此在實際應用上，當太陽下山進入夜晚時刻，太陽能塔還能藉由白天時的儲熱繼續運作。這與一般的太陽能應用所採用的光電效應不同，因為太陽下山後光電效應就會中斷。
- 六、 由實驗 2-3 的結果推論得知；壓力差變大將使扇葉轉速變快。在實際運用上，太陽能塔必須是高塔；塔高甚至可高達數百公尺（參考資料：二）。如此的高塔除了塔底與塔頂端的自然溫差外，還有兩端的大氣壓差。如此的大氣壓力差（頂端大氣壓力小）也有助於加速冷、暖空氣的對流，使得氣流能在塔內不斷向上加速流動，進而推動渦輪扇葉。
- 七、 以太陽能塔產生的熱浮現象應用在發電上，又有點類似風力發電的原理。因為二者都是運用氣流（風力），來推動發電機的渦輪扇葉。但與風力發電不同的是；太陽能塔內的熱對流造成的風力是自產的，而風力發電的自然風力是難以捉摸的；相較於太陽，自然風更難掌握。因此太陽能塔內的熱對流風，即使位處無風帶，也能保有全天候的風力。
- 八、 由實驗 1-1，實驗 1-3，實驗 1-4 的結果得知；太陽能塔底部集熱板面積愈大、中樞塔高度愈高、棚底角愈大，都會使扇葉的轉速加快。然而在實際的運用上，集熱板面積不可能無限大，中樞塔高度也不能無限高，因此推想三者之間是否有一最佳比例可使太陽能塔的熱效能最大。而這需要更多的實驗組來驗證。
- 九、 由研究三，我們將發現到，可以有發電的效益，除了靠熱對流以外，中樞塔的內外徑溫差，亦可以發電效益，若能結合兩種發電作用，形成複合式發電模組，相信必可產生更

大的電流。目前台灣都市大樓林立，許多建築為以節能的方式來解決室內散熱的問題，皆會採用通風塔（屋頂換氣筒）的設計，詳如下圖：



簡易型樓梯間浮力通風塔示意圖:



大型採光式浮力通風塔開窗示意圖:

圖 5-1 通風塔示意圖(資料來源：高雄市政府高雄厝興建及研究發展補助計畫. 熱帶建築的物理性通風隔熱構法與相關規範研討. 期末報告)

若能在其上方裝設複合式發電裝置，即可產生電力。

十、 在一般的公廠，其屋頂皆有裝設俗稱「香菇頭」的通風球，以進行通風排熱，如圖 5-2 所示：若能將其改於複合式發電裝置，即可產生電力。而如圖 5-3 在一般工廠煙囪進行排煙時，亦可加裝複合式發電裝置，以創造電力



圖 5-2 通風球(圖片來源：<http://zfang.tc.edu.tw/647.html>)



圖 5-3 公廠煙囪(圖片來源：<http://www.orchina-event.net/2013/live/project.php?cid=3>)

十一、在偏遠地區，缺電且環境脆弱的環境，若能依此複合式發電模組，建立供電系統，以滿足生活之所需，但是其結構之設計可再進一步的研究以達最大經濟效益。

陸、 結論

- 一、太陽能塔的集熱板面積愈大愈占絕對優勢，但是實際建造時，太陽塔因成本考量應有其最佳點。
- 二、中樞塔的高度與風扇轉速呈現正相關。
- 三、集熱棚斜度（底角）加大，有利於熱氣流的升抬，但也可能同時加速溫室儲熱的釋放，導致持續運轉時間的縮短。
- 四、太陽能塔的人口間隙不宜過大，否則會不利於集熱且造成溫室內儲熱的快速逸散。
- 五、太陽能塔的塔內氣流正相關於光照度的強弱。
- 六、太陽能塔的塔內氣流正相關於中樞塔兩端口的溫度差。
- 七、太陽能塔的塔內氣流正相關於中樞塔兩端口的氣壓差以及頂端口背風氣流的強弱。
- 八、綜觀以上的結論可以證明太陽能塔的運轉除了取決於光的透射能量之外，也和熱的對流等效應有著密切關聯。
- 九、增加感應線圈匝數也可增加感應電流。
- 十、採用適當的磁通量，藉由太陽能塔內熱對流效應產生磁通量的時變率，將使未來太陽能塔的發電不是夢。
- 十一、只要太陽能塔塔內與塔外有一定程度的溫差就能使致冷晶片發電。
- 十二、複合式的發電模組，結合現有建築物結構，能創造更屬發電的效益。

柒、 參考資料

一、郭重吉（民101、8）。國中自然與生活科技第三冊(二上)。南一書局。

二、建造高聳入天太陽能塔，運用熱對流及煙囪效應也能發電。取自：

<http://www.bnnext.com.tw/article/view/id/23902>

三、PS10太陽能發電塔- 維基百科。[http://zh.wikipedia.org/zh-](http://zh.wikipedia.org/zh-tw/PS10%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E5%A1%94)

[tw/PS10%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E5%A1%94](http://zh.wikipedia.org/zh-tw/PS10%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD%E7%99%BC%E9%9B%BB%E5%A1%94)

四、「空穴」也「來風」－「太陽能塔」氣流動力因素之剖析。

[http://science.ntsec.edu.tw/Science-](http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=85&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=9686)

[Content.aspx?cat=85&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=9686](http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=85&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=4&sid=9686)

五、最簡單的方式最環保 太陽能塔是如何發電的。

<http://tech.hexun.com.tw/2011-08-10/132289325.html>

六、來電傳晴－新式樣能源環保電池初探。

[http://science.ntsec.edu.tw/Science-](http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2467)

[Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2467](http://science.ntsec.edu.tw/Science-Content.aspx?cat=&a=0&fld=1000000&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=2467)

七、比101 還高的亞利桑那太陽能塔，一支可以發電200 百萬瓦（2011、7、26）。

<http://miketsai.fixy.com.tw/node/1945>

八、美欲建千米太陽能塔發電 供20 萬戶使用（2008、7、4）。新華網。

http://big5.xinhuanet.com/gate/big5/news.xinhuanet.com/tech/2008-07/04/content_8487214.htm

九、美國擬建巨型太陽能塔 將成世界第二高建築（2011、7、28）。中奢網。

<http://ep.chinaluxus.com/Ste/20110728/35256.html>

【評語】 030801

利用太陽熱能轉換成對流之煙囪效應，探討“太陽能塔”之發電參數，及熱板面積、管徑、底角等影響，目前以紙製扇葉轉速為主尚無法推動市售風扇，產生電流尚小，主意佳，但如何由小模型推導實體模型效益，仍待考量。