

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

030809

太陽運動軌跡與太陽能板最高效益探討

學校名稱：雲林縣立雲林國民中學

作者： 國一 譚丞傑 國一 吳旭蓮	指導老師： 黃瓊儀 陳智嫻
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：藍曬、太陽能板、太陽軌跡

摘要

本報告是主要針對太陽能板上自動追蹤功能的研究。以藍晒及自製的指南針作為研究太陽移動軌跡的方式，找出整年太陽移動軌跡；並找出太陽能板在直射及斜射之情況下發電量的不同。如此之後，便可依據研究數據以簡易的材料（時鐘、發條）、方式來設計較簡單的「追日」系統，使太陽光的使用更有效率，發電功率也可大幅提升，對這資源日益耗竭的地球可是一大福音。





壹、研究動機

最近環保風氣盛行，「太陽能」成了最熱門的新能源，而家家戶戶的屋頂上都加裝了太陽能板或是太陽能熱水器。經過觀察，卻發現每天的發電量好像都不太一樣。經查證後，原來是與光線是直射還是斜射有關。而現今的太陽能發電廠會設計像向日葵一樣的裝置，自動追蹤太陽的方向。不過這種裝置有點麻煩，而且還使價格增加很多，目前並不普遍。所以我心中就浮現了兩個疑惑：如何觀察太陽每天的運動軌跡且用花費較便宜的方法去找出規律呢？是不是可以用比較簡單的機械裝置結合發條式時鐘去做出比較簡單、便宜的「追日」太陽能板呢？

貳、研究目的

- 一、了解如何製作藍曬。
- 二、了解如何製作指南針。
- 三、如何利用藍曬與指南針，觀測太陽的軌跡變化。
- 四、找出太陽能板直射與斜射的發電量差。
- 五、找出整年太陽軌跡的規律。
- 六、利用時鐘做出「追日」太陽能板。

參、研究設備及器材

材料	四開圖畫紙	放大鏡
照片		
材料	檸檬酸鐵銨 ($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot \text{NH}_4\text{OH}; \text{C}_6\text{H}_{10}\text{FeNO}_8$)	水
照片		

材料	鐵氰化鉀 ($K_3Fe(CN)_6$)	指南針
照片		
材料	太陽能板	太陽燈
照片		
材料	酒精燈	大頭針
照片		
材料		暗箱

肆、研究過程或方法

一、製作藍曬：

- (一) 取檸檬酸鐵銨 20 公克加 100 毫升蒸餾水做成 A 液並靜置 24 小時。
- (二) 取鐵氰化鉀 10 公克加 100 毫升蒸餾水做成 B 液並靜置 24 小時。(如圖一)



圖一：取鐵氰化鉀 10 克

- (三) 將靜置 24 小時後的 A、B 液以 1:1 的比例調成感光液。(如圖二)



圖二：靜置 24 小時的 A、B 液

二、製作指南針：

- (一) 將大頭針放到酒精燈上烤 3 分鐘。(如圖三)
- (二) 將烤過的大頭針插入軟木塞中。
- (三) 將軟木塞放到水面上並靜止 5 分鐘。
- (四) 觀察並確認方位是否正確。(如圖四)



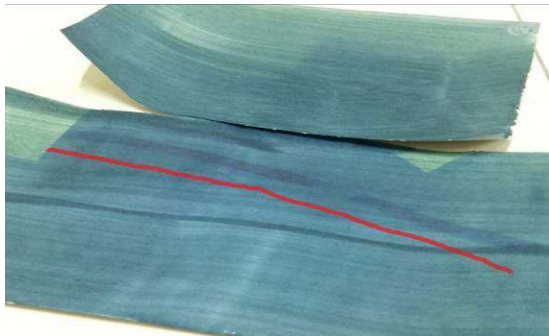
圖三



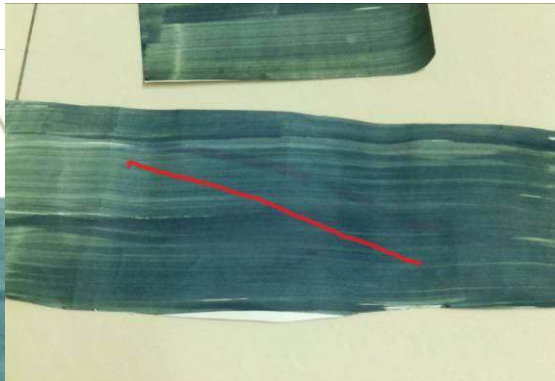
圖四

三、觀測太陽的軌跡變化：

- (一) 把感光液均勻地塗抹在四開圖畫紙上。
- (二) 將圖畫紙放入暗箱中。
- (三) 並放到頂樓曝光。
- (四) 靜置到晚上。
- (五) 觀察顯影軌跡並記錄。(如圖五、圖六、圖七、圖八)



圖五



圖六

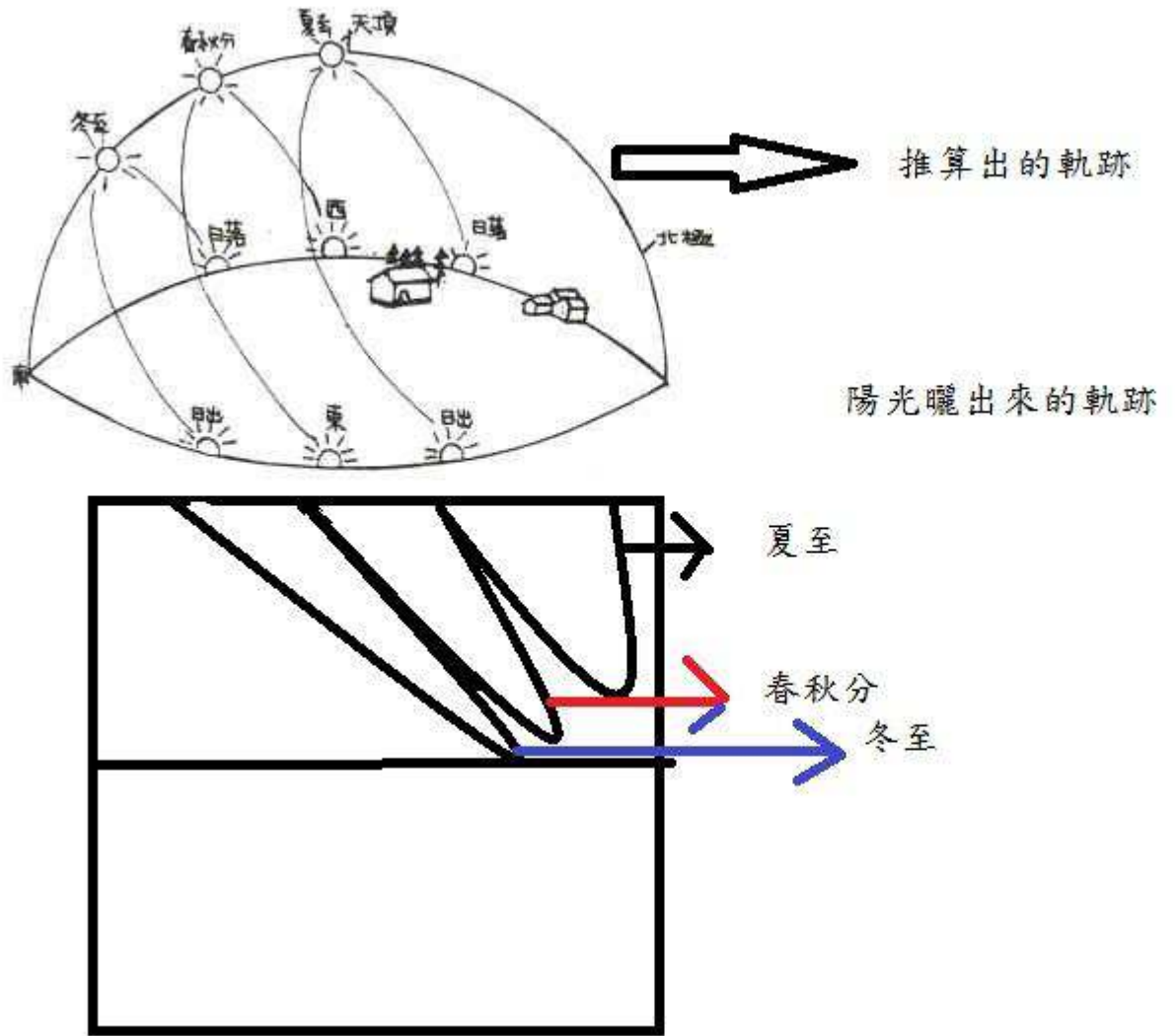


圖七



圖八

註：上圖中間的一條藍線就是太陽光曬出來的軌跡，而它會呈現普魯士藍的顏色，我們只要算出它的對應軌跡，就是太陽一天的運線路線。(算法如圖九)



四、找出太陽能板直射斜射的發電量差：

(一) 製作太陽直斜射模擬器。(如下圖)





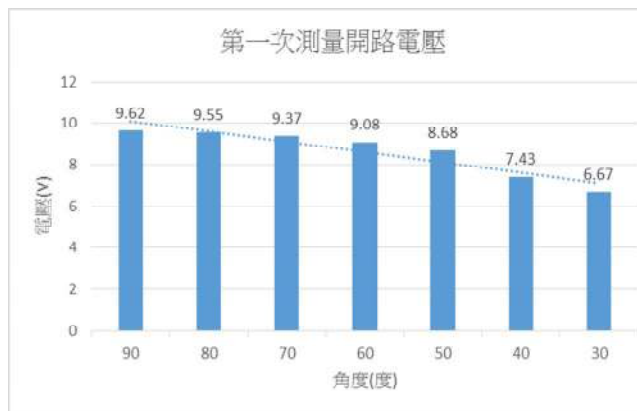
(二) 用直射斜射的方式照射。



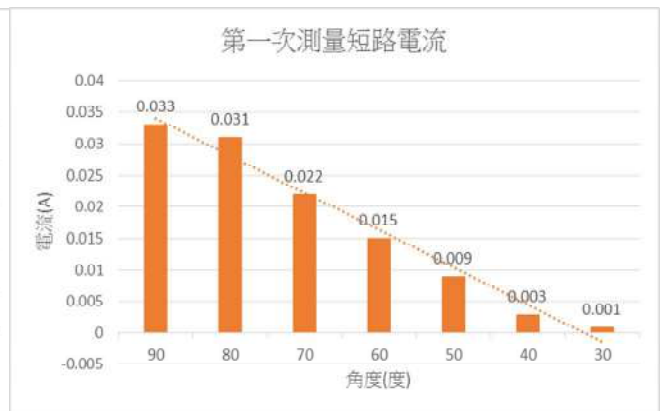
(三) 觀察直射與斜射時太陽能板的電壓、電流及發電功率。(如下圖)

第一次測量：

電壓：



電流：

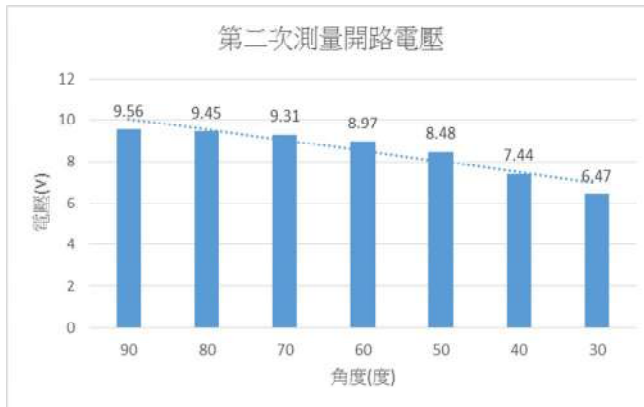


功率：

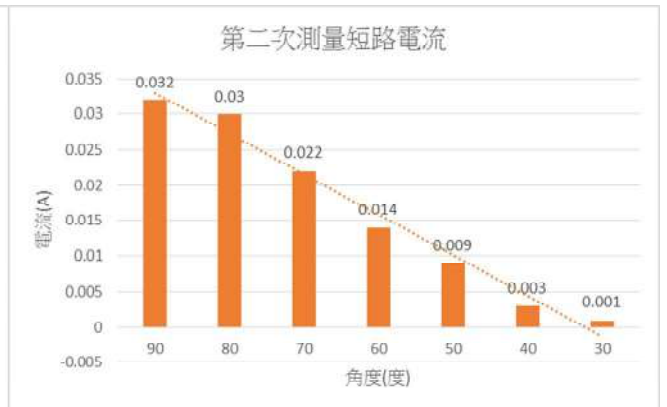


第二次測量：

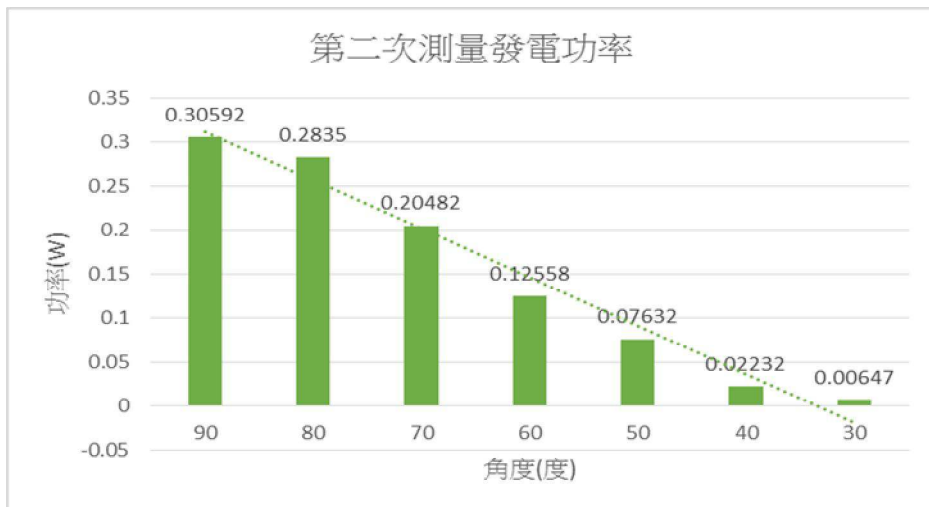
電壓：



電流：



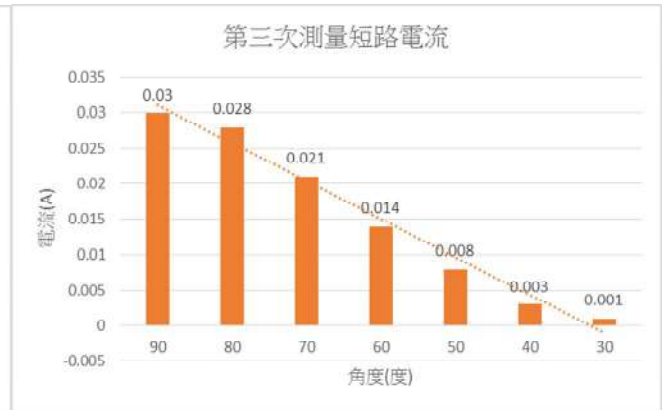
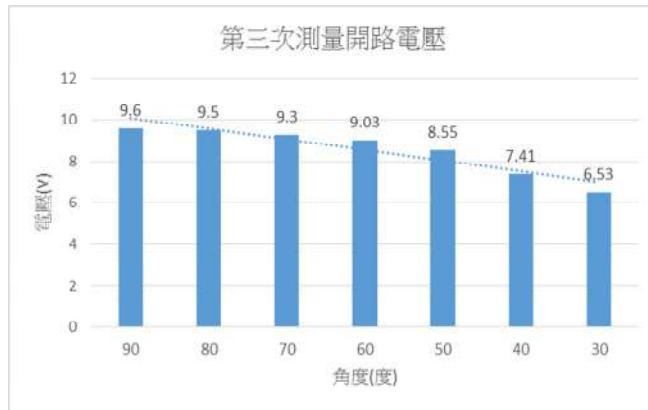
功率：



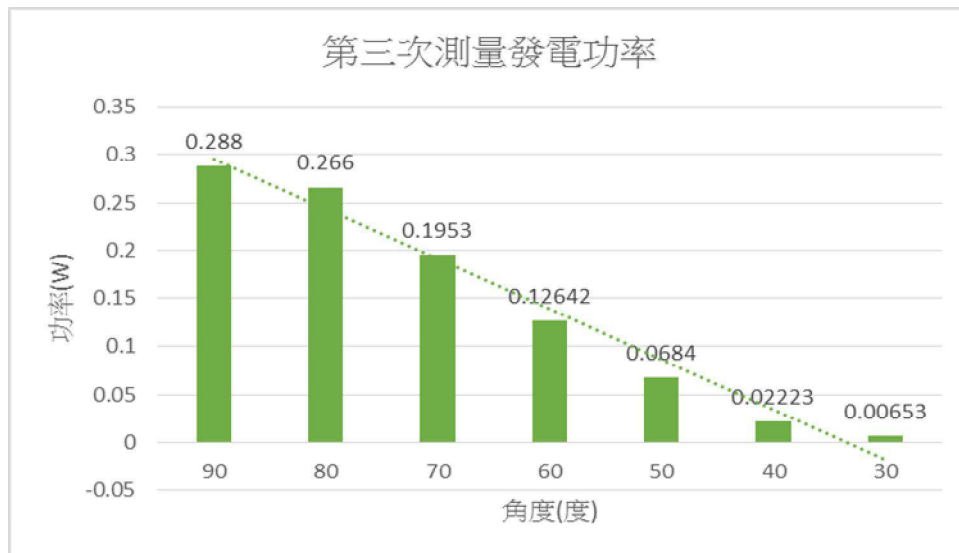
第三次測量：

電壓：

電流：

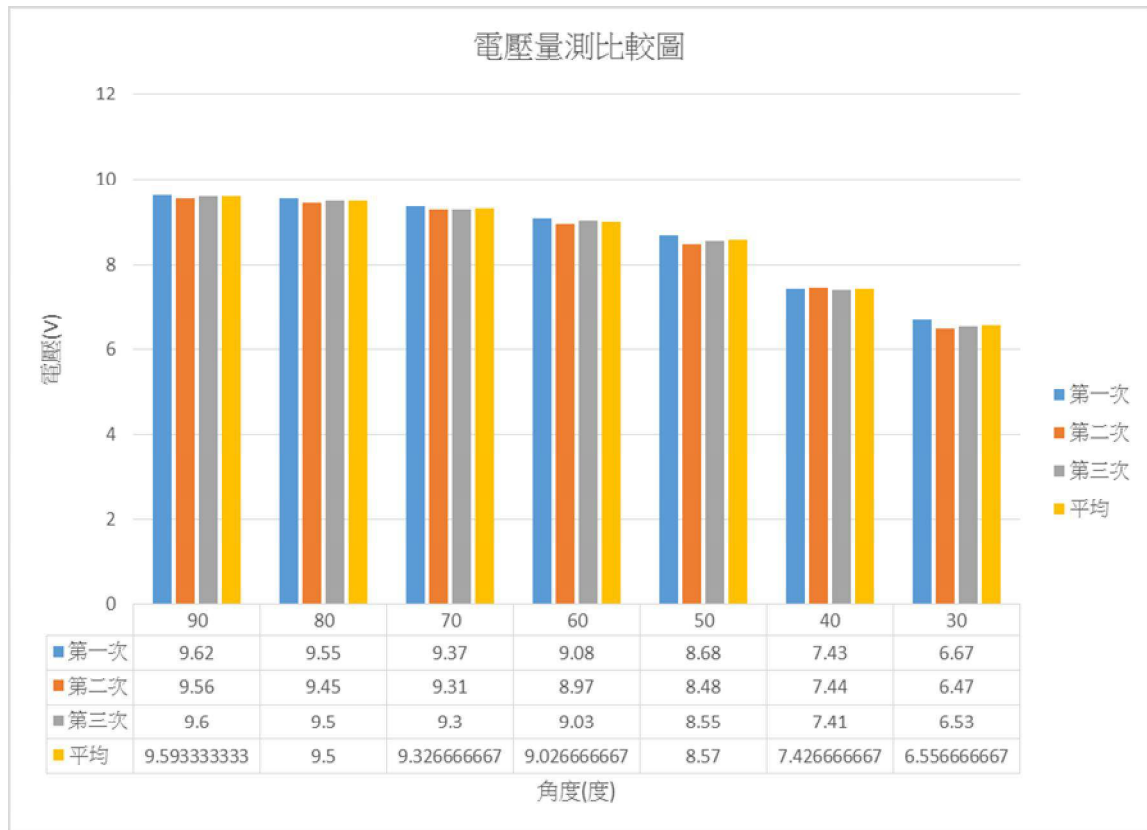


功率：

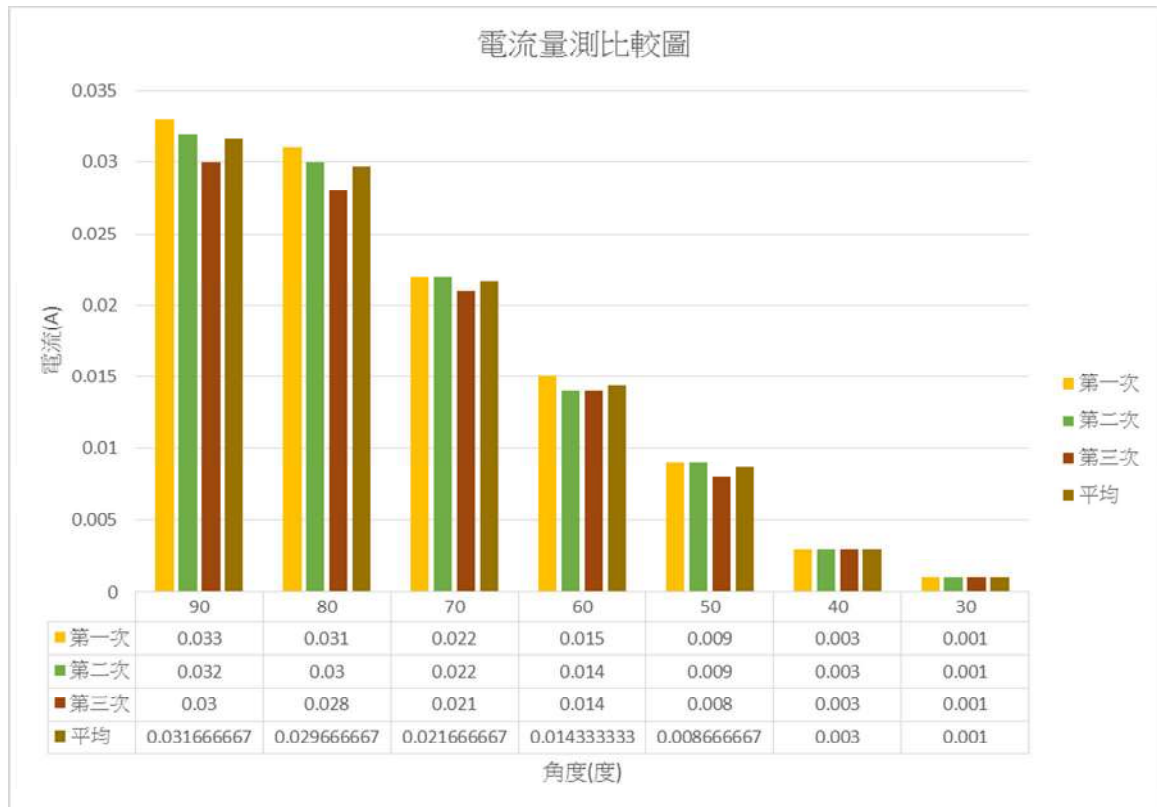


各項總表：

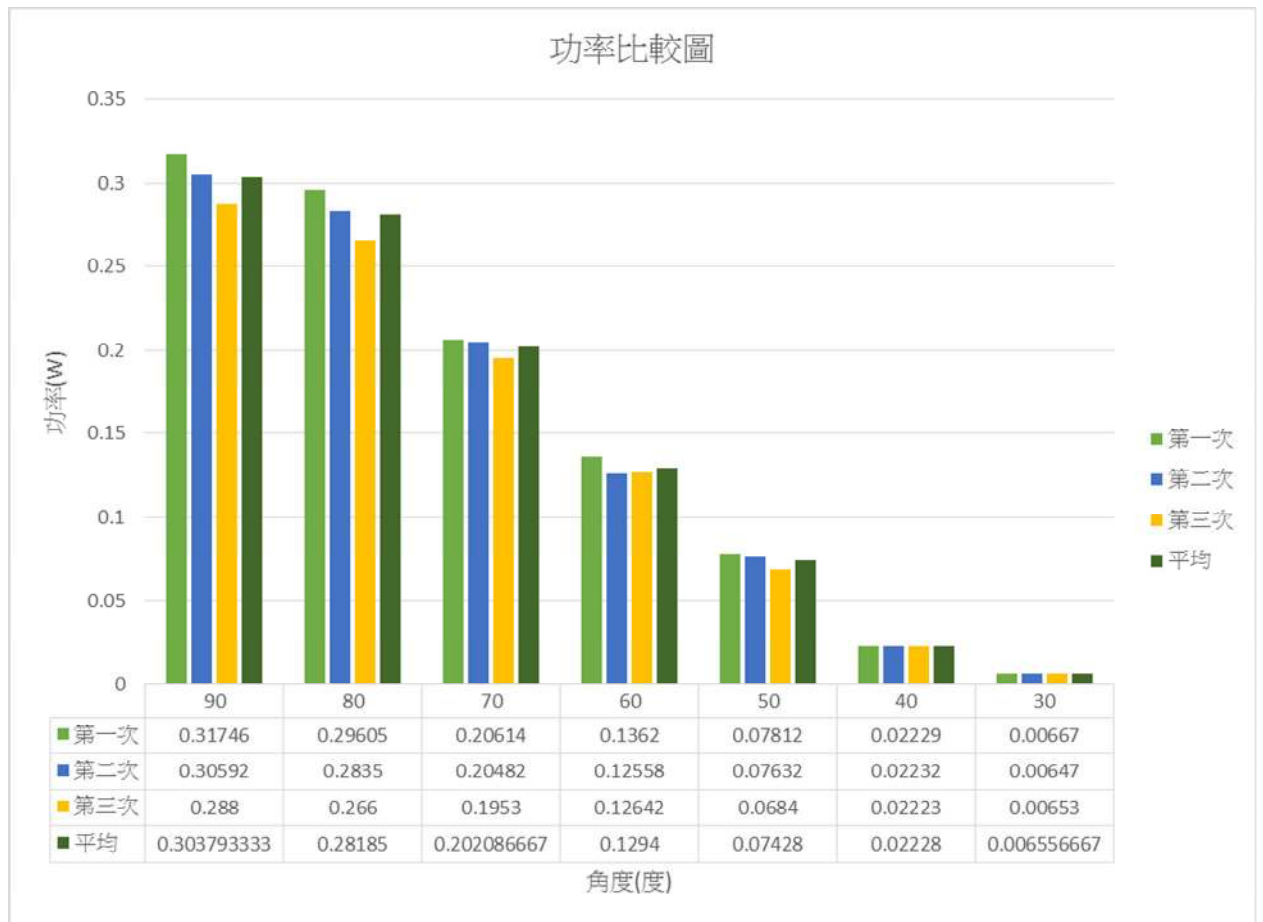
電壓：



電流：



功率：

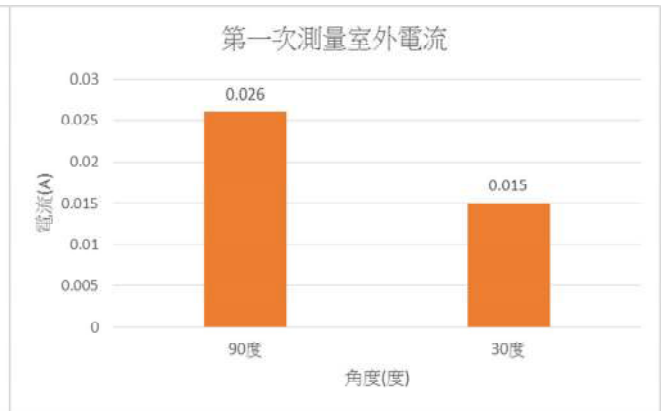
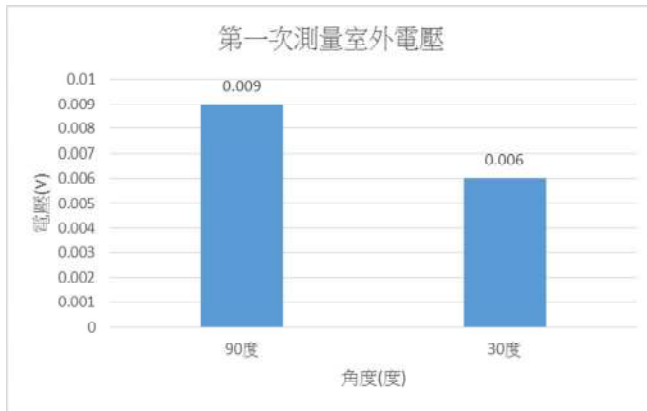


(四) 太陽能板室外發電數據圖表：

第一次測量：

電壓：

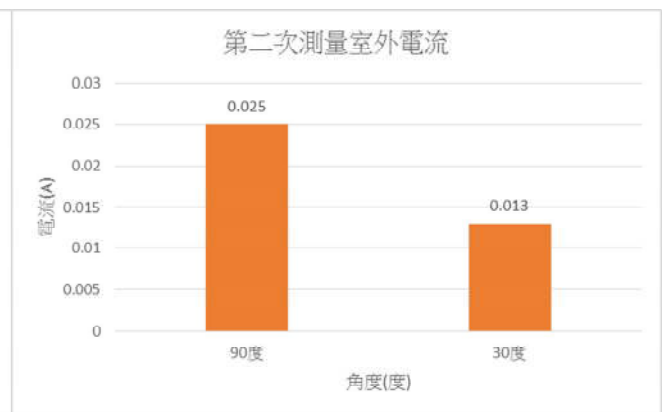
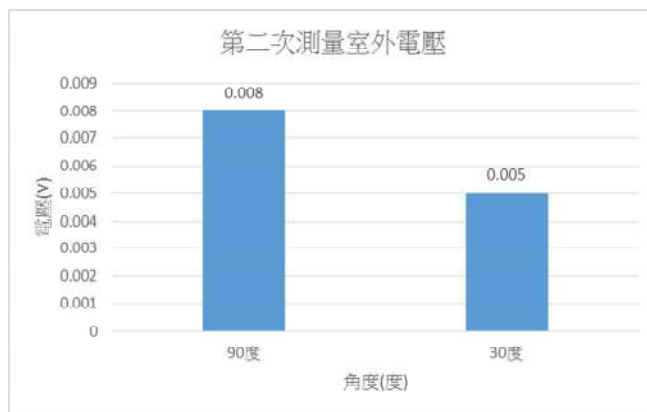
電流：



第二次測量：

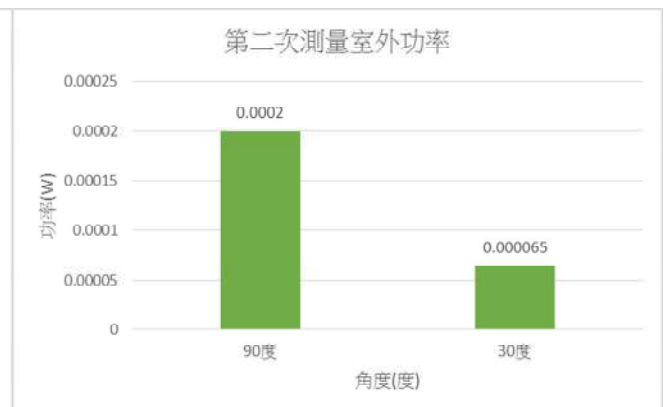
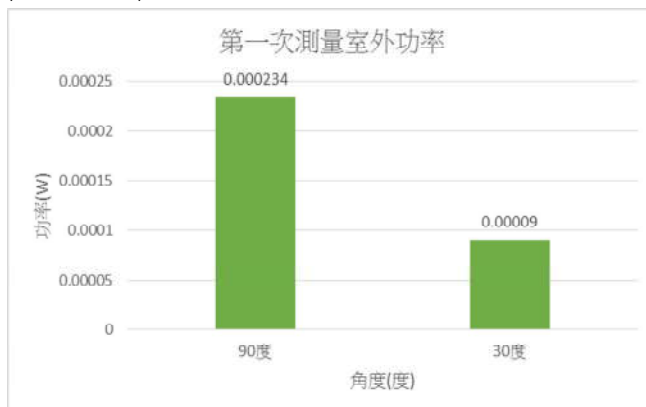
電壓：

電流：



兩次功率：

第一次：第二次：

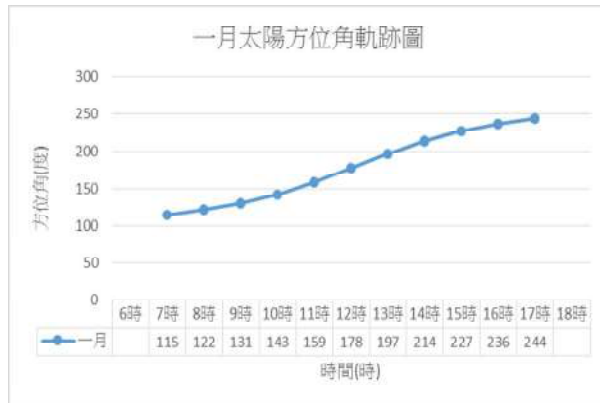


五、找出整年太陽軌跡的規律：

(一)我們先用藍曬軌跡圖推算出太陽的方位角變化(圖十~二十二)、全年太陽軌跡圖(圖二十二~三十五)和全年日出、日落和過中天的方位角、高度角(圖三十六~三十八)。

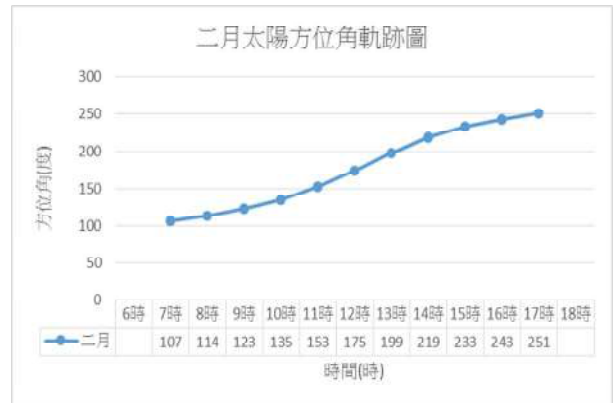
1. 全年各月份太陽方位角軌跡圖：

一月：



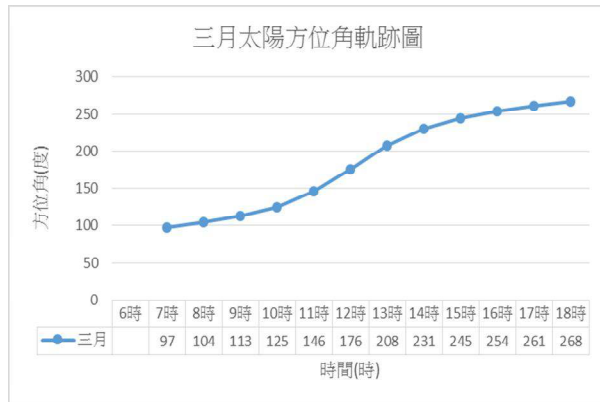
圖十

二月：



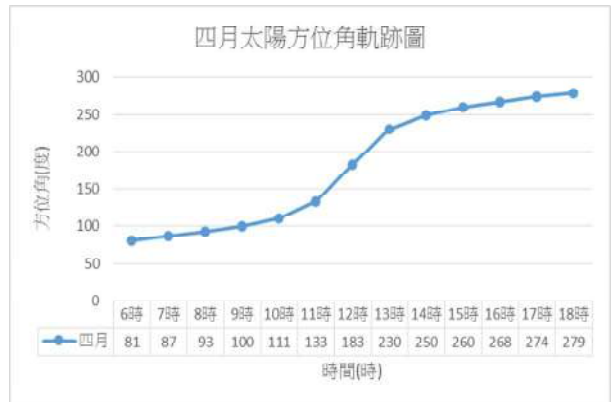
圖十一

三月：



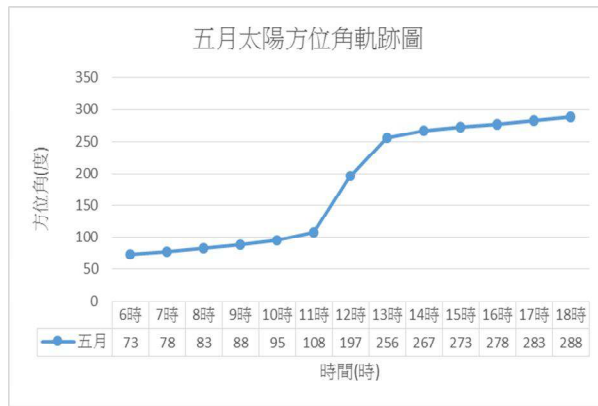
圖十二

四月：



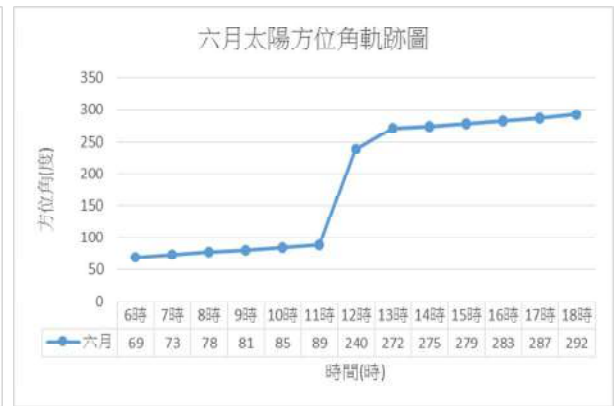
圖十三

五月：



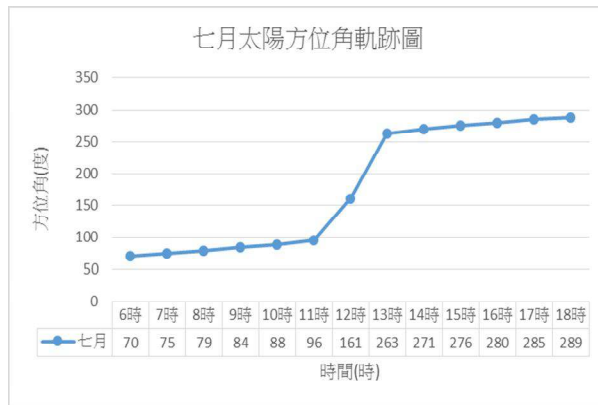
圖十四

六月：



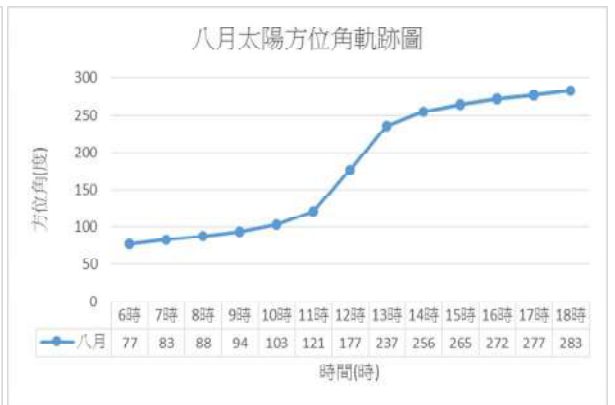
圖十五

七月：



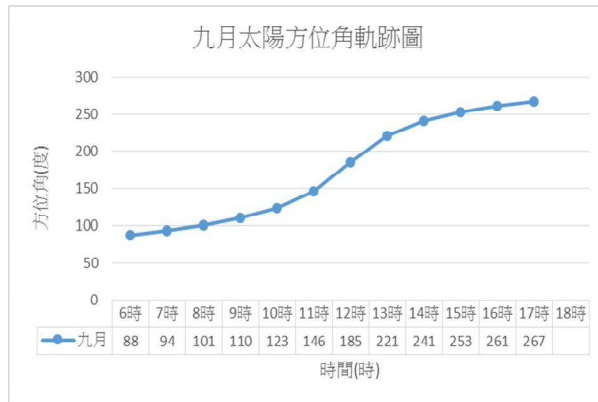
圖十六

八月：



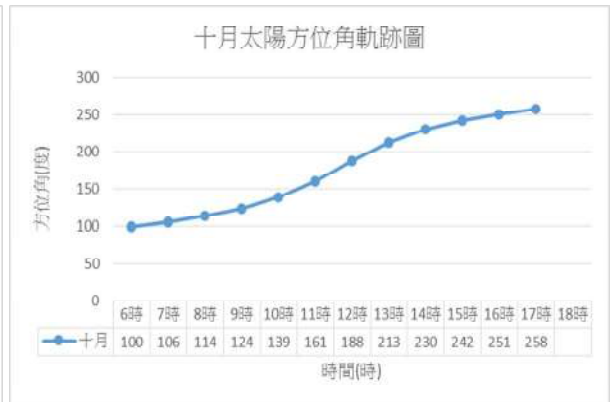
圖十七

九月：



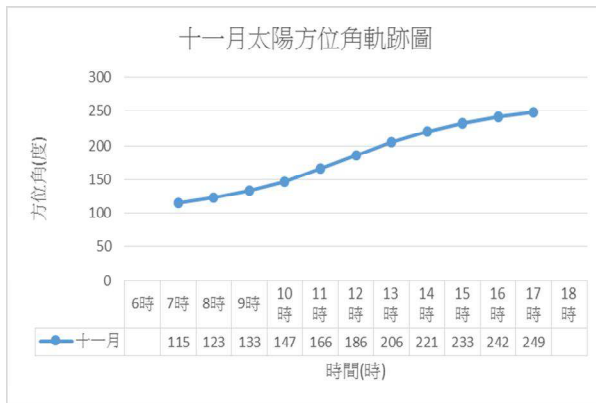
圖十八

十月：



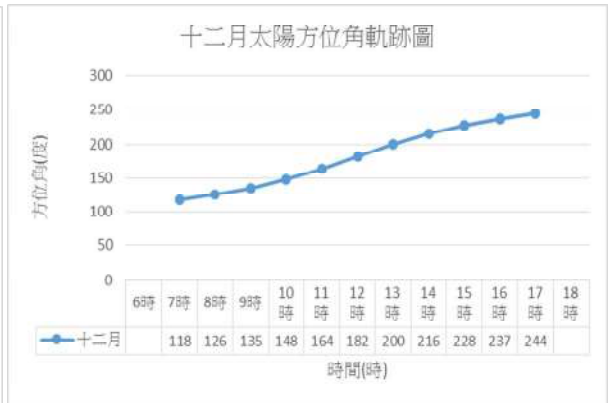
圖十九

十一月：



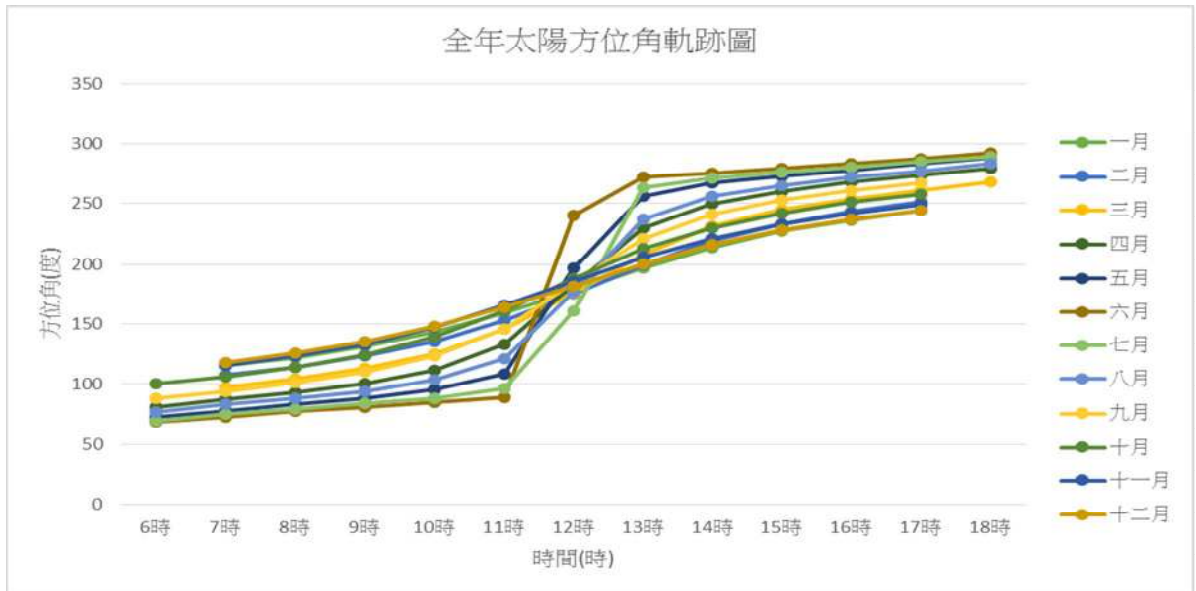
圖二十

十二月：



圖二十一

2. 全年太陽方位角軌跡圖：

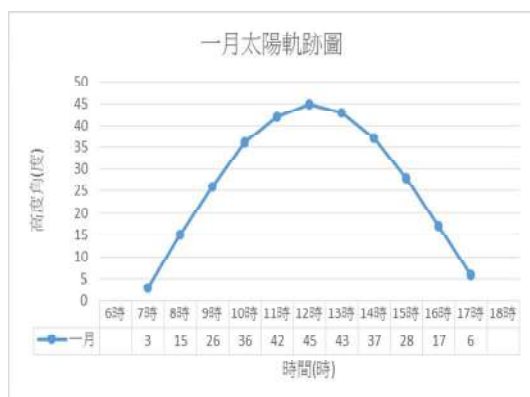


圖二十二

註：由上而下：六月→七月→五月→八月→四月→九月→三月→十月→二月
→十一月→一月→十二月。

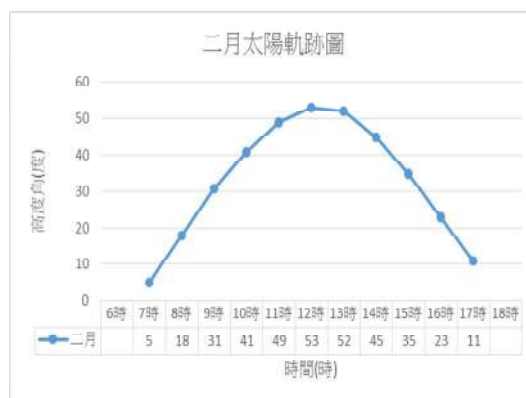
3. 全年各月份太陽軌跡圖：

一月：



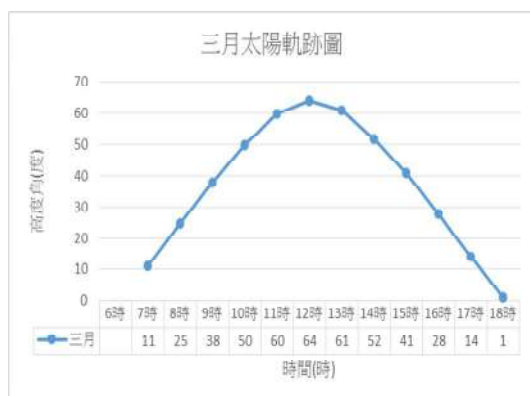
圖二十三

二月：



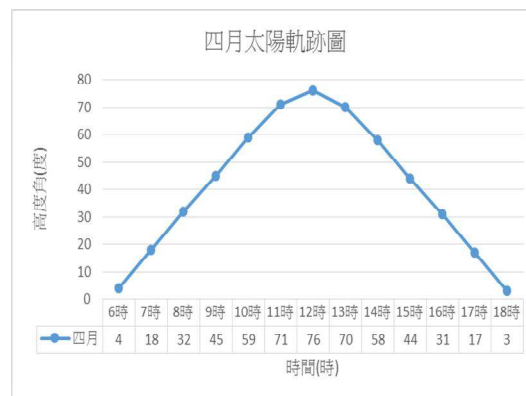
圖二十四

三月：



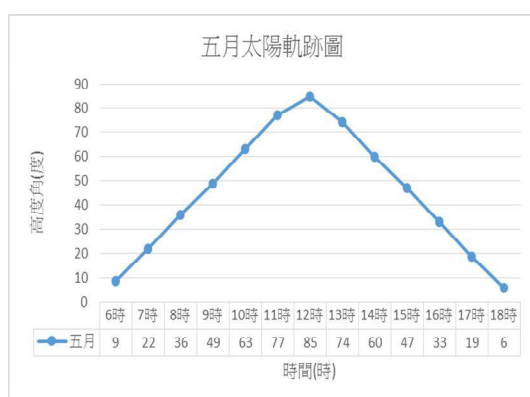
圖二十五

四月：



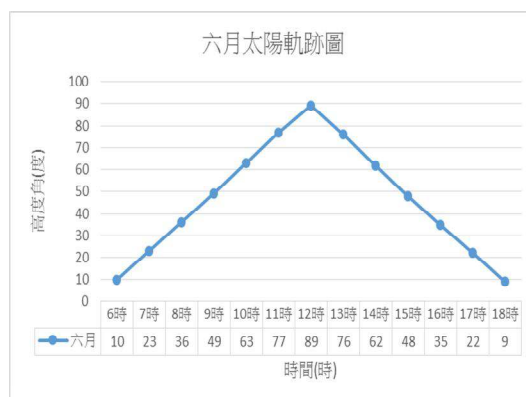
圖二十六

五月：



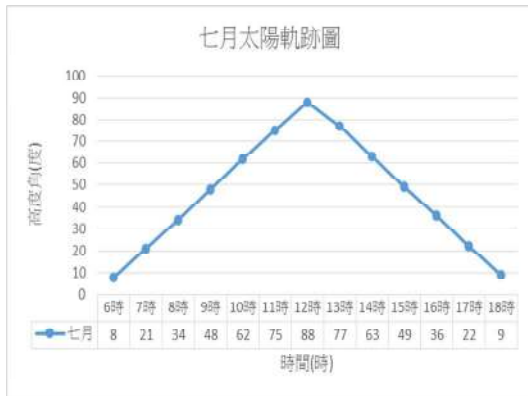
圖二十七

六月：



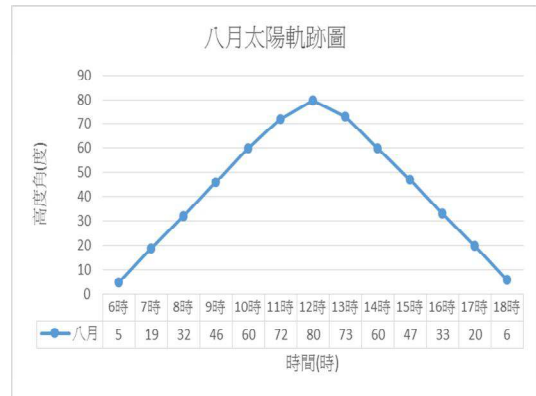
圖二十八

七月：



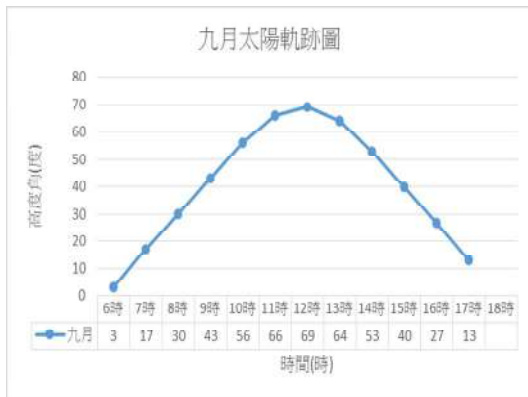
圖二十九

八月：



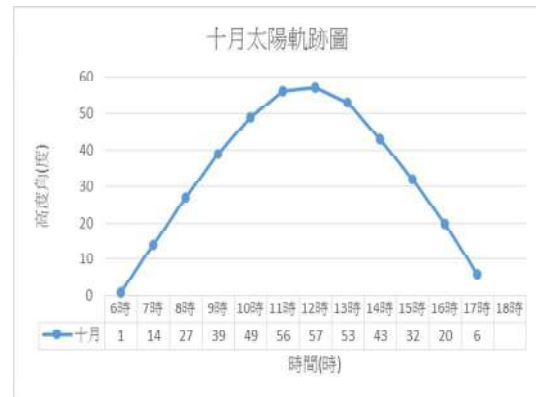
圖三十

九月：



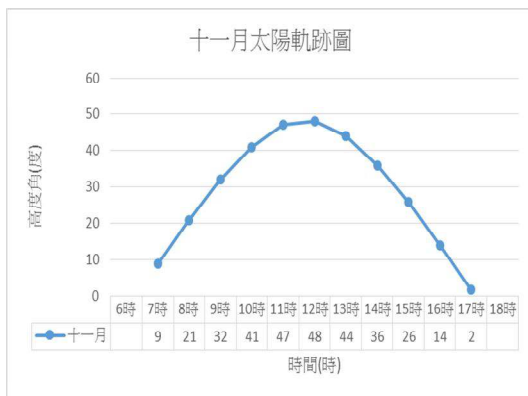
圖三十一

十月：



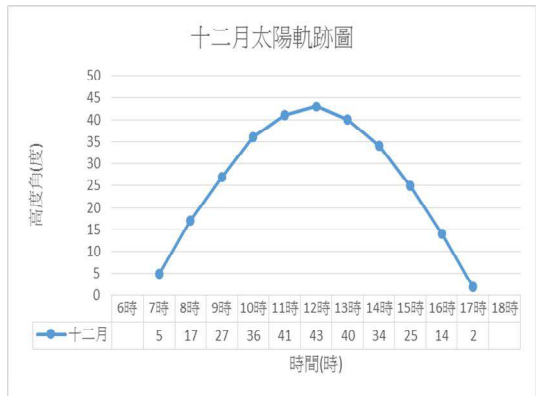
圖三十二

十一月：



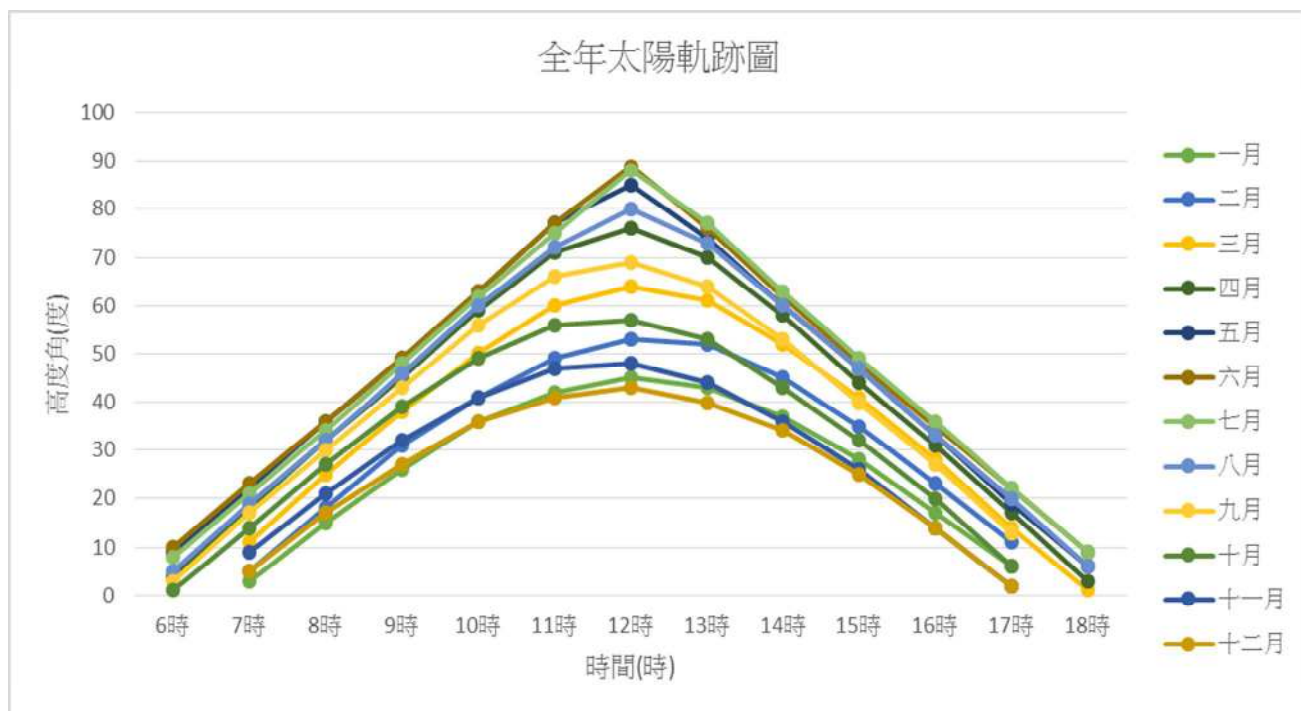
圖三十三

十二月：



圖三十四

4. 全年太陽軌跡圖：



圖三十五

註：由上而下：六月→七月→五月→八月→四月→九月→三月→十月→二月
→十一月→一月→十二月

5. 全年日出方位角：



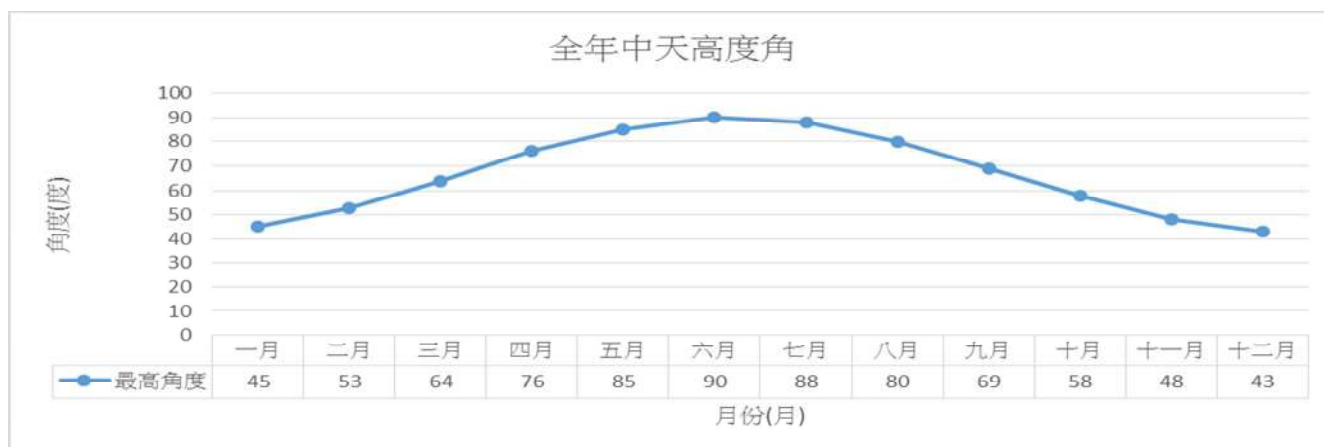
圖三十六

6. 全年日落方位角：



圖三十七

7. 全年中天高度角：



圖三十八(註：全年中天方位角皆為 180 度)

六、利用時鐘做出「追日」太陽能板：

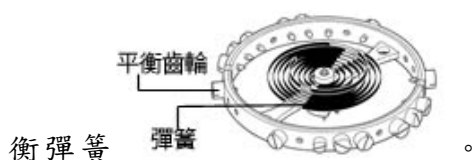
(一) 計算時鐘上的刻度與角度的關係：一圈十二個小時共十二大格，一格等於 30 度，又等於 1 小時。

(二) 計算從日出開始到日落大約多久時間。

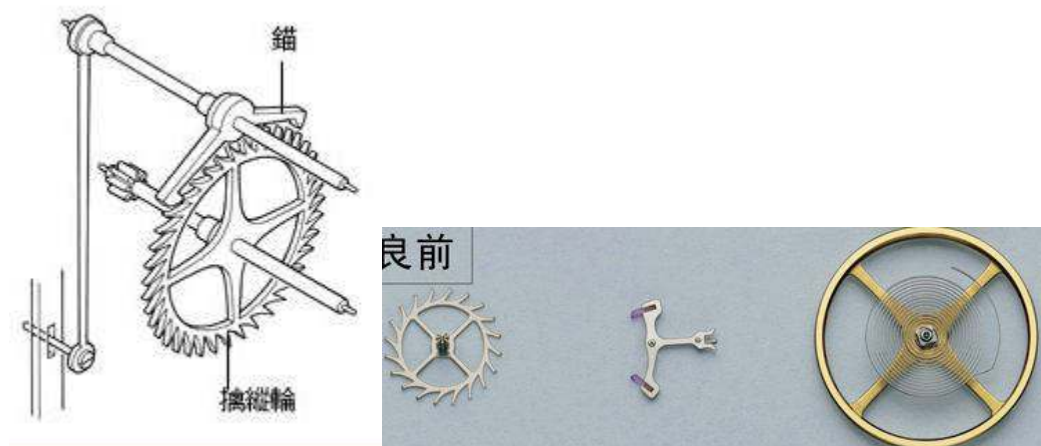
(三) 觀察每隔一小時，太陽的仰角改變了多少(大約 10~15 度)。

(四) 了解時鐘運轉原理：

1675 年，惠更斯發明了螺形平衡彈簧。它就像擺鐘裡控制鐘擺擺盪的重力，負責在可攜式計時器裡調整平衡齒輪的旋轉振盪。所謂平衡齒輪是一個圓形的轉子，不斷地來回旋轉振盪。下圖是一個現代的螺形平



1670 年左右由英國人發明的錨形擒縱器，是一種貌似船錨的槓桿裝置。鐘擺擺動時會帶動這個錨桿，卡住又鬆脫擒縱輪上的鋸齒，以此控制擒縱輪不可逆轉地一次次前進固定的時段。與早期擺鐘所使用的立軸擒縱器不同的是，錨形擒縱器可以讓鐘擺只擺盪很小的幅度，於是就沒有必要讓鐘擺保持在擺線上運行。另外，這項發明也讓細長的秒擺實際可行，因而產生一種嶄新直立在地板的鐘殼設計所謂的爺爺鐘。

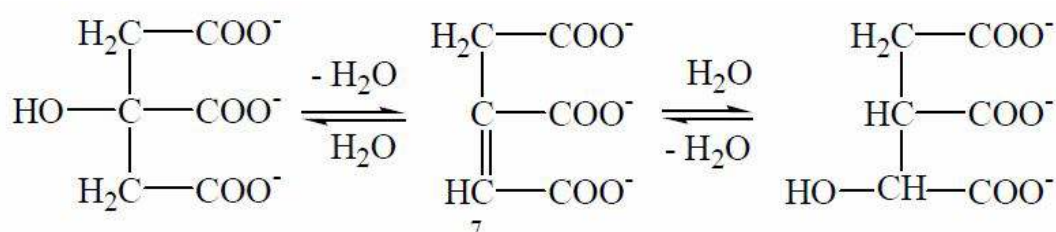


- (五) 將時鐘轉速調慢，修正為時針每兩個小時走一大格。
- (六) 依據平均日出角度，將自製時鐘調整為從時針指向九點時開始運轉。
- (七) 將太陽能板固定在時針上頭，觀察並記錄。

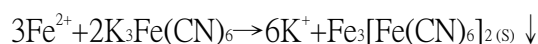
伍、研究結果

一、我發現反應過程中赤血鹽不與鐵鹽產生沉澱，而是與亞鐵鹽產生滕氏藍，但日光可使鐵鹽還原為亞鐵鹽，故經日光曝曬處會呈藍色。實驗中，我們先將檸檬酸鐵銨 $(\text{NH}_4)_3\text{Fe}(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 與赤血鹽於暗室中各別溶於水中，配成感光液，其溶液呈綠褐色： $\text{Fe}^{3+} + \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 \rightarrow 3\text{K}^+ + \text{Fe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ （綠褐色水溶性），將此感光液在暗室中塗佈於白紙上，自然乾燥後即成感光紙，若以照相軟片或墨繪的圖表覆於感光紙上，再利用光照，凡日光透過的部份，因為檸檬酸根為還原劑，則檸檬酸將鐵離子 Fe^{3+} 還原成亞鐵離子 Fe^{2+} ，而與赤血鹽作用產生滕氏藍：

(一) 檸檬酸的自變異構化：



(二) 和鐵離子的氧化還原反應：



二、在製作藍曬過程中，我們曾經發生紙張燒掉的情況，經過研究與資料查詢之後，我們發現那是因為我們把紙張剛好放在凸透鏡的焦點附近，導致陽光照射時因溫度太高而引燃紙張，所以我們調整了一下紙箱，把放大鏡換成用針孔相機的原理，並成功地找到太陽的軌跡圖。

三、我們發現每一天太陽的運動軌跡都不同，而過中天的高度角也會從 1 月 1 日的 45 度變到夏至的 90 度再變回冬至的 43 度，方位角也會從原本 115 度變到春分的 90 度再變到夏至的 64 度再變成秋分的 90 度，最後回到冬至的 115 度。日出的方位角也從一月的 113 度變到六月的 64 度再變回十二月的 115 度。日落的方位角也會從 1 月的 247 度到 6 月的 296 度到 12 月的 245 度。

四、我們又發現太陽能板在 90 度的照射下電壓是 30 度的 1.46 倍，電流是 31 倍，發電功率是 43 倍，由此可歸納出太陽能板在追日的狀態下發電功率是比靜止不動更有效率的。

五、在研究時鐘的運轉原理時，我們查詢了許多相關資料，並且將時鐘實際拆解，然後嘗試做改變，在其中我們發現控制游絲的有效長度可以的可以改變時鐘轉速的快慢。

六、將太陽能板結合在時鐘的時針上之後，我發現追日太陽能板的發電功率比起靜止不動的南北向太陽能板整整多了 30%，也把誤差縮到每兩小時 ± 5 度。

七、我們先用酒精燈加熱大頭針，因為這樣能使大頭針裡混亂的磁場重新排列，使之產生磁性，並利用軟木塞的浮力讓大頭針能在水面上飄起來且指出方向，我們也用做出來的指南針跟真正的指南針或手錶指出的方向做比對，發現幾乎是零誤差。

陸、討論

一、為什麼紙張放在凸透鏡的焦點上會燒起來？

因為凸透鏡會聚光，而太陽光帶有熱，而熱能一下子會聚到一個點上，因而使溫度達到紙張燃點，所以紙張會燒起來。

二、我們從三次測量的數據中發現電壓與角度有什麼關聯？

隨角度遞減，測量到的平均最大電壓是平均最小電壓的 1.46 倍，電壓和角度變化是成正比，而造成這個結果是因為直射比較不會產生反射，而斜射產生反射的機率較大。

三、我們從三次測量的數據中發現電流與角度有什麼關聯？

隨角度遞減，測量到的平均最大電流是平均最小電流的 31 倍，且發現電流和角度變化是成正比。而造成這個結果是因為直射比較不會產生反射，而斜射產生反射的機率較大。

四、我們從三次測量的數據中發現發電功率與角度有什麼關聯？

最大是最小的 43 倍，且發現電功率和角度變化是成正比。而造成這個結果是因為直射比較不會產生反射，而斜射產生反射的機率較大。

五、太陽能電池為什麼會發電？

太陽電池的基本構造是運用 P 型與 N 型半導體接合而成的，這種結構稱為一個 PN 接面。當太陽光照射到一般的半導體（例如矽）時，會產生電子與電洞對，但它們很快的便會結合，並且將能量轉換成光子或聲子（熱），光子和能量相關，聲子則和動量相關。因此電子與電洞的生命期甚短；在 P 型中，由於具有較高的電洞密度，光產生的電洞具有較長的生命期，同理，在 N 型半導體中，電子有較長的生命期。

在 P-N 半導體接合處，由於有效載子濃度不同而造成的擴散，將會產生一個由 N 指向 P 的內建電場，因此當光子被接合處的半導體吸收時，所產生的電子將會受電場作用而移動至 N 型半導體處，電洞則移動至 P 型半導體處，因此便能在兩側累積電荷，若以導線連接，則可產生電流，而太陽能電池的挑戰就在於如何將產生的電子電洞對在複合之前將其蒐集起來。從太陽來的光線，能量大部份落於 1 - 3 eV 之間，因此就單一個 PN 接面而言，若經適當地設計，使吸收光能的高峰落於約 1.5 eV，則能有最好的效率。由於太陽電池產生的電是直流電，若需提供電力給家電用品或各式電器則需加裝逆變器，才能加以利用。

六、我們從全年各月份的太陽方位角變化軌跡折線圖中，觀察到了什麼？

（一）我們發現在夏季接近中天時刻時的軌跡，在單位時間內，變化最劇烈且斜率較大。

（二）以六、七月份為中心，隨著月份越小或越大，中天時刻時的方位角變化會越不明顯，所以斜率越來越小。

七、我們從全年各月份的太陽高度角、方位角變化軌跡折線圖中，觀察到了什麼？

（一）每年最高的太陽高度角都是集中在六月，最低都在十二月到一月之間。

（二）每年最大的太陽方位角都是集中在十二月到一月之間，最低都是在六月左右，而這跟我們地球公轉的路徑是橢圓形有關係。

八、為什麼全年的軌跡變化是有規律的遞增遞減？

太陽一年中不同的位移，是因地球繞太陽公轉運動時，地球有傾斜的自轉軸(23.5度)所造成。

柒、結論

一、實驗結論：

(一) 了解如何製作藍曬

我們利用鐵鹽經過曝曬會還原成亞鐵鹽而做出滕氏藍的顏色，我們利用這種特性把太陽軌跡紀錄在紙上。

(二) 製作指南針

我們使大頭針的磁場重新排列，做出指南針。

(三) 如何利用藍曬與指南針，觀測太陽的軌跡變化

我們先用自製指南針對準方位，再把感光紙放入用針孔相機原理做的暗箱中，並使太陽光在紙上均勻的照出軌跡。

(四) 找出整年太陽軌跡的規律

我們利用之前用感光紙照出的軌跡算出太陽整年的軌跡變化，並發現有遞增遞減的規律。

(五) 找出太陽能板直射與斜射的發電量差

我們用自製的陽光模擬器做出各角度的電壓、電流、電功率並比較，且發現功率和角度變化是成正比。

二、未來展望：

(一) 因為我們在觀察太陽軌跡時，發現有時因為太陽光受建築物遮蔽或是光線不夠強會造成顯影不成功，所以希望能夠找到其它方法並克服。

(二) 這次的實驗中，我們是把太陽能板加裝在改造時鐘的時針上，並調至9點鐘方向，但希望未來可以把它跟一般的時鐘做結合，使一般人不用大費周章改造時鐘就可以使自家的太陽能板達到發電的最高效益，使時鐘太陽能板更為普及。

(三) 太陽能板是利用光來發電，但發電效益降低的最大元凶是雲的遮蔽，所以希望可以結合中央氣象局的雲層監控去做適時的調整。

捌、參考資料及其他

http://thesis.lib.ncu.edu.tw/ETD-db/ETD-search-c/view_etd?URN=9532080

03 中央大學圖書館碩博士論文

<http://www.cwb.gov.tw/V7/astromony/sunrise.htm>

中央氣象局日出日落

<http://edson.tw/earth/sunrise/sunrisetw.html> 太陽視角模擬器

<http://sa.ylib.com/magcont.aspx?PageIdx=2&Unit=featurearticles&Cate=&id=136&year=>科學人雜誌話說計時器的演變

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B8%B8%E7%B5%B2> 游絲

游絲 維基百科

<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E7%94%B5%E6%B1%A0> 太陽能電池 太陽能電池 維基百科

<http://blog.xuite.net/pipemore7/blog/43636604-%E8%97%8D%E6%9B%AC%E6%B3%95%28Cyanotype%29+%E6%B0%B0%E7%89%88>

氰版藍曬管伯伯

<http://sites.ccvs.kh.edu.tw/sysdata/81/81/doc/ac6b09dbaa331145/attach/17695.pdf> 高雄市立中正高工 藍色狂想 pdf

[file:///C:/Documents%20and%20Settings/user/My%20Documents/Downloads/8489_150%20\(1\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/user/My%20Documents/Downloads/8489_150%20(1).pdf) 一年中太陽日長短不一的證據

<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2012/03/2012033111324467.pdf>

屏東縣立大同中學 你還在用照相機嗎?

【評語】 030809

1. 本作品在太陽運動軌跡之追蹤與太陽能板之效益探討上，有深入的分析與方法創新。
2. 本作品若能在太陽能板之環境因素（如雲層與風向）上多加著墨，並考慮讓追蹤控制電腦化，以提昇總效率為要，成果將更佳。