

中華民國第四十八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

030813

提昇太陽能電池效率的方法

學校名稱：臺北市立東湖國民中學

作者： 國二 藍乙庭 國一 藍喬譯	指導老師： 黃日新 林建全
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞： 光、 照度、 太陽能

作品名稱：提昇太陽能電池效率的方法

壹、摘要

本研究之目的在於想了解如何提高光的能量與太陽能板效率可能的方法。我們利用了鹵素燈、燈泡、LED 燈、放大鏡、溫度計、三用電錶、太陽能板等簡單器材，設計一些簡單的實驗。發現利用「放大鏡聚光」或「增加反射」雖可提高太陽光之照度，但當接上太陽能板與 LED 燈後並沒有提高 LED 燈之亮度，除非加大放大鏡或反射鏡之體積；然而，我們發現當太能板隨時與太陽光保持垂直時，太陽能板之效率最佳，而且變化更明顯，因此設計出適當減速比之變速箱來追蹤太陽光之光線，使太陽能板隨時與太陽光保持垂直，讓太陽能板之效率提高至最大，尤其北台灣天氣常處在陰天的天候下，可能因太陽光照度不夠，無法完全輸出太陽能板之效率，此時更有需要找出有效的方法，來提昇太陽能板之效率。

貳、研究動機

國小時參加科展比賽，總看到很多人以太陽能相關題材為題，發表如何利用「放大鏡聚光」或「增加反射」以提高太陽光之照度，進而提高太陽能電池效率之方法，看完他們的報告，回家實作驗證後發現，純「聚光效果」的實驗數據雖然使太陽能板之輸出電流有微小增加，但裝上太陽能板作進一步實驗後發現，對太陽能板之發電效果卻沒有太多的改善效果，換句話說，他們的實驗「只在數據上獲得改善，實際上並沒有太多的進展」，而自然與生活科技課本學習單元中「能源」也提到太陽能，與新能源的利用與開發。因此決定有機會再做進一步的實驗，期能找出實質對提高太陽能電池效率的方法。

參、研究目的

- 一、如何找到放大鏡的焦距位置？
- 二、探討如何可以提高光源能量的方法？
- 三、探討提高太陽能電池效率可能的方法？
- 四、如何簡單設計出追蹤太陽光之方法？
- 五、齒輪箱減速比的設計方法？

肆、研究設備及器材

鹵素燈(30W)、檯燈、功率檢測計、放大鏡、三用電錶、太陽能板、LED 燈、萬用電路板、數位相機、反射鏡、可變電組、正反轉開關等。

伍、研究過程或方法

過程中，我們以鹵素燈、檯燈當光源，再以放大鏡或圓弧反射來聚焦，提高光源的強度。提出提高太陽能電池效率可能的方法，最後並製作出太陽能板調整支架，使太陽能板能隨時與太陽光保持垂直。

主題一、基礎實驗---放大鏡聚焦實驗

研究一、找出放大鏡焦距的位置

步驟一：準備好器具，如鹵素燈、放大鏡、三用電錶、太陽能板、LED 燈、萬用電路板、數位相機等，如圖(1)所示。



圖(1) 實驗器具

步驟二：將鹵素燈打開，上下移動放大鏡使放大鏡所產生的光點聚焦至最小，此時即為該放大鏡的焦點位置，如圖(2)所示。



(a)尚未聚焦時光點較大



(b)聚焦時光點最小

圖(2) 聚焦實驗

研究一初步發現：(1)放大鏡在聚焦位置時所得到的光點為最小。

(2)用放大鏡(凸透鏡)看東西，在焦距的一側看影像為正立，而在焦距的另一側看影像則為倒立的。

主題二、提升光源能量的方法

研究二、光能實驗(1) ---- 原始光源能量(沒有使用放大鏡聚焦)及功率量測計性能實驗

步驟一：實驗器具：如鹵素燈、功率量測計、計時器、數位相機等。

步驟二：將功率計接上電源後打開 power 開關，將光源接受器放置於平台上並對準光源方向，這樣在螢幕顯示器上即可顯示所發射光源功率的數據，如圖(3)所示。在實驗中爲了提高數據的準確性，最好將光源接受器放置於平台上，以減少手持的晃動，並將平台提高到與前面放大鏡實驗相同的高度。



圖(3) 功率量測儀器之性能實驗

步驟三：我們將光源接受器放置於平台上持續照射 10 分鐘，發現儀器上顯示的數據約在 6.43 到 6.48 毫瓦(mW)間跳動，並沒有明顯地變化，表示此一功率計所量測的數據，並不會因照射時間的增加或週邊環境溫度的增加而改變，代表其所測得的數據是真正接受器所在位置的光源強度。

步驟四：分別將光源接受器接近或遠離發射光源處(鹵素燈)，我們發現愈接近鹵素燈數據愈大，當太接近鹵素燈時顯示器上變成顯示「1.」，如圖(4b)所示，表示已經超出功率計所能量測的範圍了，因爲每一台功率計是有其有效量測範圍的，我們借來的功率計其有效量測範圍在「0 ~ 20 mW」，如圖(4)所示。



(a)在量測範圍內以數據表示



(b)表示超出量測範圍時

圖(4) 功率計之有效量測範圍 (0 ~ 20 mW)

研究三、光能實驗(2)---用功率量測儀器來測量放大鏡聚焦效果的實驗

說明：(1)當沒有加彩色玻璃紙時，我們以功率計來量測「放大鏡聚焦的效果」，但是因放大鏡聚焦後的能量都已經超出這台功率計的有效量測範圍「0 ~ 20 mW」，所以無法進一步比較。(2)因此，為了能進一步比較數據，我們在放大鏡上方或功率計的光源接收器上方放置彩色玻璃紙以遮蔽部分光能，希望可以展現出我們想看到的數據。(3)我們也可以由加了彩色玻璃紙後的數據進一步比對彩色玻璃紙的透光性實驗。Go！

步驟一：實驗器具：如鹵素燈、功率量測計、放大鏡、彩色玻璃紙、數位相機等。

步驟二：慢慢墊高光源接受器的平台，使光源接受器的位置剛好位於放大鏡焦距的位置上，並分別將彩色玻璃紙放於光源接受器上方，紀錄、觀察顯示器的數據，如圖(5)所示，並將實驗數據紀錄，如表(1)所示。



(a)黃色玻璃紙



(b)紅色玻璃紙



(c)綠色玻璃紙



(d)藍色玻璃紙



(e)無玻璃紙

圖(5) 用功率量測儀器來測量放大鏡聚焦效果的實驗 1 (彩色玻璃紙放置於光源接受器上方)

步驟三：重複步驟二，但分別改將彩色玻璃紙放於放大鏡上方，紀錄、觀察顯示器的數據，如圖(6)所示，亦將實驗數據紀錄於表(1)。



(a)無放大鏡



(b)黃色玻璃紙



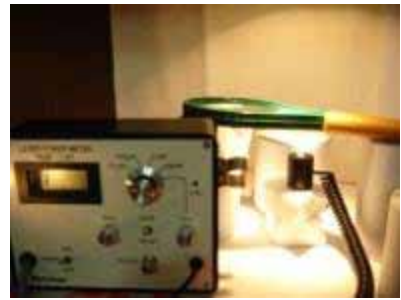
(c)紅色玻璃紙



(d)綠色玻璃紙



(e)藍色玻璃紙



(f)無玻璃紙

圖(6) 用功率量測儀器來測量放大鏡聚焦效果的實驗 1 (彩色玻璃紙放置於放大鏡上方)

表(1) 使用功率量測儀器來做彩色玻璃紙的透光性實驗之實驗數據彙整表

	無放大鏡	彩色玻璃紙放置於光源接受器上方					彩色玻璃紙放置於放大鏡上方				
		黃色	紅色	綠色	藍色	無	黃色	紅色	綠色	藍色	無
功率	6.45	over	over	17.43	16.65	over	over	19.94	17.10	16.45	over
名次		1	2	3	4		1	2	3	4	

註：(1)功率單位：毫瓦(mW) (2) over 表示超出量測範圍 (0~20 mW)

研究三初步發現：(1)使用放大鏡聚焦確實可提高光源照射的強度。

(2)以最大量測範圍 20mW 來算，使用放大鏡聚焦至少可提高 3.1 倍光源照射的強度。

(3)將彩色玻璃紙放置於放大鏡上方之遮光效果大於將彩色玻璃紙放置於光源接受器上方。

主題三、提高太陽能電池效率可能的方法

研究四、利用聚焦方法增強照度以提高太陽能電池效率

步驟一：實驗器具：如鹵素燈、三用電錶、LED 燈、萬用電路板、數位相機等。

步驟二：找出太陽能板照度適當的位置：因為每一塊太陽能板均有其接受最大之照度容量，為了判別反射等所增加的輔助照明，是否影響太陽能板的效率，因此太陽能板的初始位置不宜在照度最大處，如圖(7)所示。



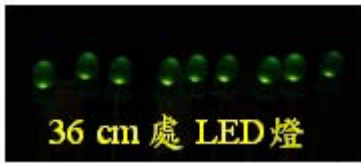
(a) 36 cm 處



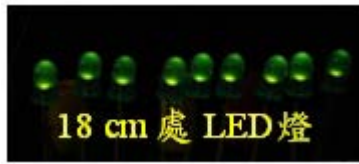
(b) 18 cm 處



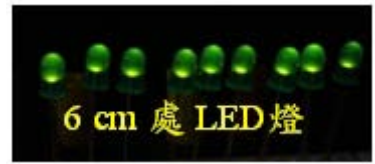
(c) 6 cm 處



(d) LED 燈微亮



(e) LED 燈中亮



(f) LED 燈最亮

圖(7) LED 燈與太陽能板的距離

步驟三：使用放大鏡聚焦的方法確認太陽能板效率，如圖(8)所示，實驗數據如表(2)所示。



(a)無放大鏡



(b)放大鏡在近處



(c)放大鏡在中處



(d)放大鏡在遠處

圖(8) 三用電錶測量放大鏡聚焦前後太陽能板的直流電流 DcmA

表(2) 使用放大鏡聚焦與太陽能板效率的關係

	(a)無放大鏡	(b)放大鏡在近處	(c)放大鏡在中處	(d)放大鏡在遠處
直流電流(DCmA)	15	8.5	15	12

研究發現：(1)因聚焦後照度只集中於太陽能板之部分面積，無法使整塊太陽能板之照度同時提高，甚至於因放大鏡遮住部分光源，反而使整塊太陽能板之總照度減少，因此太陽能板輸出電流反而變小。

研究五、利用反射方法增強照度以提高太陽能電池效率

步驟一：使用反射鏡聚焦的方法確認太陽能板效率，如圖(9)所示，實驗數據如表(3)所示。



表(3) 使用反射鏡聚焦與太陽能板效率的關係

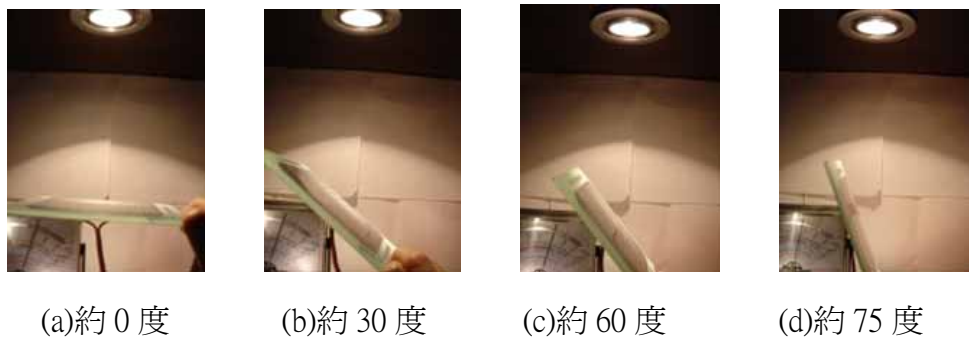
	無反射鏡	有反射鏡
直流電流(DCmA)	15	15.25

圖(9) 反射鏡聚焦

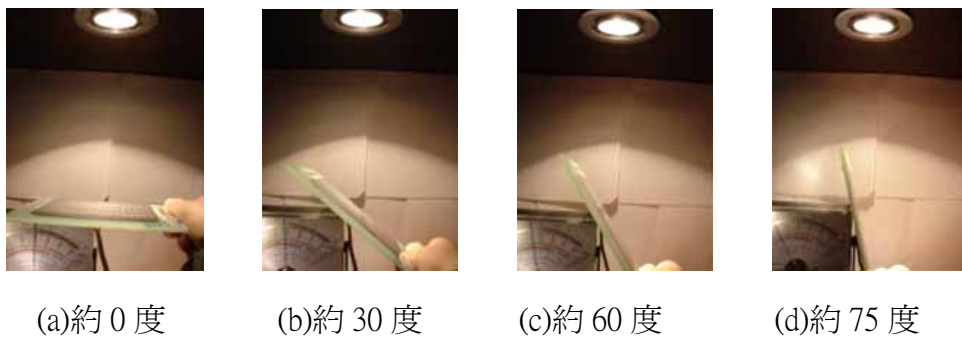
研究發現：(1)反射鏡增加的照度只微幅增加輸出電流之數值，所增加之微小電流尚不足以增加 LED 燈之亮度，因此 LED 燈並沒有因此而變得更亮。

研究六、調整太陽能板角度以提高太陽能電池效率(1)---觀察 LED 燈亮度變化

步驟一：調整太陽能板角度，使太陽能板隨時保持與光源方向垂直，如圖(10-12)所示，所得的實驗數據，彙整如表(4)所示。



圖(10)太陽能板旋轉角度與輸出之直流電壓關係 DCV



圖(11)太陽能板旋轉角度與輸出之直流電流關係 DCmA



圖(12)太陽能板旋轉角度與 LED 燈之亮度關係

表(4) 太陽能板旋轉角度與輸出之直流電壓、電流關係

	旋轉 0 度	旋轉 30 度	旋轉 60 度	旋轉 75 度
直流電壓 DCV	8.1	8.1	8.1	7.8
直流電流 DCmA	15	14	11.5	4.5

研究發現：

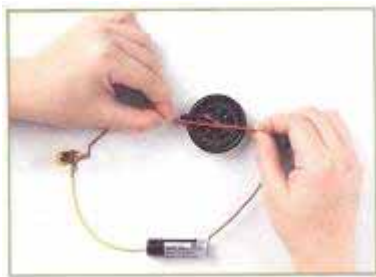
- (1)太陽能板輸出之直流電壓起初與角度旋轉變化不大，直到旋轉至 75 度後才有明顯的變化。
- (2)太陽能板輸出之直流「電流」與角度旋轉有明顯關係，角度稍微增加輸出電流即明顯的減少，而且變化之數值，遠比用放大鏡聚焦或用反射鏡聚焦的效果為大，尤其角度旋轉到 60

度後，變化更明顯。

(3)由本實驗得知，與其使用放大鏡聚焦或用反射鏡聚焦來提高太陽能板的效率，效果不但不佳，且對於實際 LED 燈之亮度並沒有太大的幫助外，又要增加零件採購成本，其效果不如使用本研究方法「使太陽能板之角度隨時與光源方向垂直之效果為佳」。

研究七、調整太陽能板角度以提高太陽能電池效率(2)---觀察指針偏轉角度變化

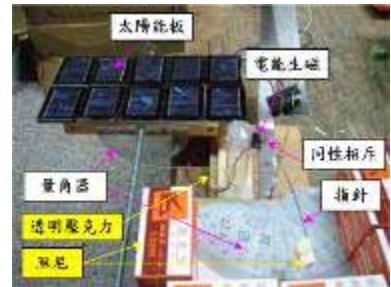
步驟一：仿效生活科技課程實驗，如圖(13a)所示，並將電源由乾電池改為太陽能板，但因太陽能板電力不夠指北針偏轉太小，角度變化不大，因此修改實驗設計。



(a)使用指北針



(b)未通電時(無阻尼)



(c)未通電時(有阻尼)



(d) 約 0 度



(e) 約 30 度

圖(13)太陽能板旋轉角度與指針偏轉之關係

步驟二：使用「電能生磁」的原理，設計一渦電流，當通電後產生磁力，以同性相斥的原理推動指針旋轉，如圖(13b)所示，但因指針周圍無阻尼設計，指針來回擺盪時間太長，且容易受到風吹的影響，因此再修改實驗。

步驟三：增加阻尼設計，於指針前頭貼上小紙片，以增加風阻，減少擺盪時間；在指針的上方罩上透明的壓克力，周圍並用物體來擋風，如圖(13c-13e)所示，所得的實驗數據，彙整如表(5)所示。

表(5) 太陽能板旋轉角度與指針偏轉角度之關係

	旋轉 0 度	旋轉 30 度	旋轉 45 度	旋轉 60 度	旋轉 75 度	旋轉 90 度
指針偏轉角度	12 度	9 度	8 度	6 度	4 度	0 度

附註：(1)無阻尼時，指針約來回擺盪約 80~90 秒後靜止
(2)有阻尼時，指針約來回擺盪約 30 秒後靜止

研究發現：

- (1)因指北針內阻太大，使用太陽能板所生的磁力太小，因此指北針偏轉的角度變化不明顯。
- (2)此一實驗再度驗證，太陽能板角度變化所產生的「磁力」大小有明顯變化，尤其角度旋轉到 60 度後，變化更明顯。

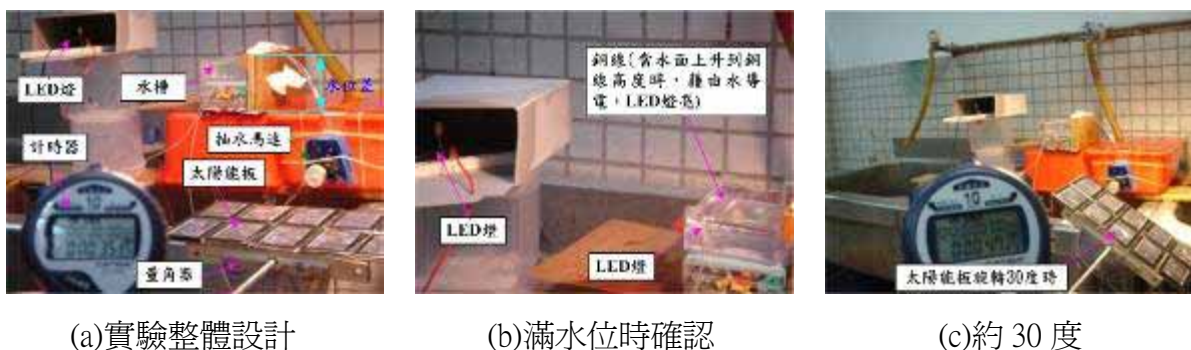
研究八、調整太陽能板角度以提高太陽能電池效率(3)---觀察抽水馬達抽水時間變化

步驟一：太陽能電池無法使一般玩具型馬達運轉，因此將馬達改成太陽能板專用馬達才能運轉，如圖(14a)所示。

步驟二：為提高太陽能板電壓與電流，將十塊太陽能板，兩兩串聯後，再將五個並聯，如此不但可達太陽能馬達運轉所需電壓，又可提高電流量，使馬達能順利抽水，如圖(14a)所示。

步驟三：為了能正確評估滿水位之位置，在水槽上方滿水位處，綁上一條銅線，當水面上升到銅線高度時，藉由水導電，使LED燈亮，以正確紀錄馬達抽滿水位所需之時間，如圖(14b)所示。

步驟四：在太陽能板旁邊固定一量角器，並懸吊一條線，以作為太陽能板旋轉角度時，度數計量之方便，如圖(14c)所示。所得的實驗數據，彙整如表(6)所示。



圖(14)太陽能板旋轉角度與馬達抽水時間之關係

表(6) 太陽能板旋轉角度與馬達抽水時間之關係 (取三次實驗之平均值)

	旋轉 0 度	旋轉 30 度	旋轉 45 度	旋轉 60 度	旋轉 75 度	旋轉 90 度
抽滿水時間	35.84 秒	39.34 秒	47.08 秒	55.14 秒	64.09 秒	水抽不上
附註：(1)無阻尼時，指針約來回擺盪約 80~90 秒後靜止 (2)有阻尼時，指針約來回擺盪約 30 秒後靜止						

研究發現：

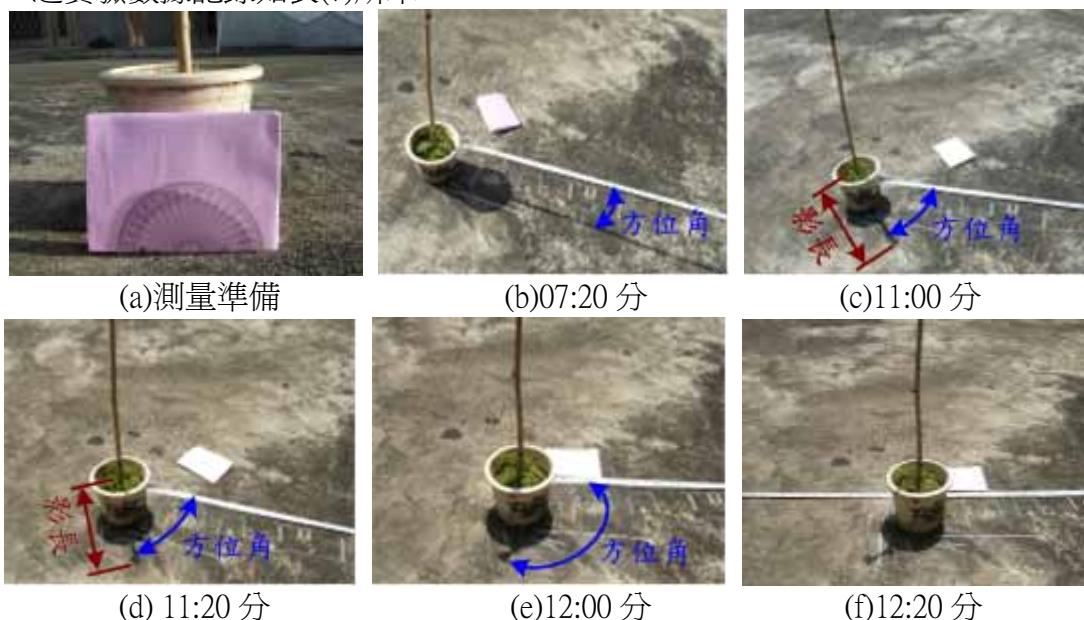
- (1)此一實驗再度驗證，太陽能板角度變化所做的「功」亦有明顯變化，尤其角度旋轉到 60 度後，變化更明顯。

主題四、專題實作：太陽能板角度隨太陽光照射角度不同而調整

研究九、找出太陽光每天從 07:00~19:00 時照射角度變化關係

步驟一：實驗器具：如垂直桿、量角器、方位儀(羅盤)、粉筆、捲尺、數位相機等。

步驟二：將量測用之垂直桿豎立於花盆上，放置於空曠處，如圖(15a)所示，之後每隔一小時，測量垂直桿之影長，並以羅盤量測當時太陽之方位角，如圖(15)所示，其各時段量測之實驗數據記錄如表(7)所示。



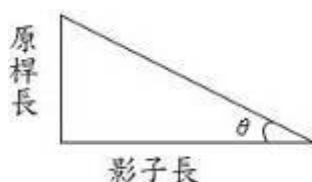
圖(15)垂直桿在不同時段之影長與方位角能板旋轉角度與 LED 燈之亮度關係

表(7) 太陽光每天從 07:00~19:00 時照射角度變化關係

時間	07:20	08:20	09:20	10:20	11:20	12:00	備註
影子長	142.4	81.8	47.9	28.9	7.0	近重合	
太陽仰角位置	26.5°	40.9°	56.0°	67.9°	84.3°	90.0°	以影長換算
太陽能板角度	63.5°	49.1°	34°	22.1°	15.7°	0°	使太陽能板與太陽光之方向成 90 度
方位角	100°	110°	125°	134°	168°	180°	以羅盤測量

說明：1.量測所用桿長為 71 cm。

2.仰角換算：



角度量測：

方法1. 以比例尺縮小後直接用

量角器測量

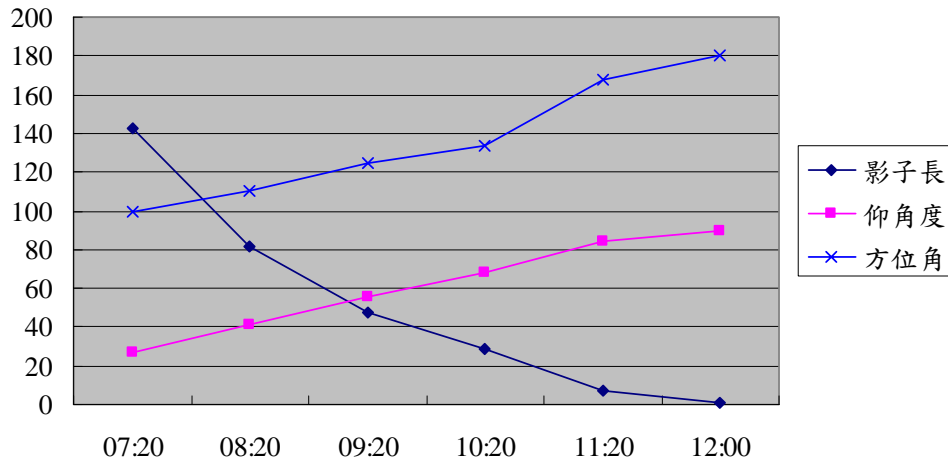
方法2. 用三角量測法 $\tan \theta = \frac{\text{原桿長}}{\text{影長}}$

3.12:00 中午過後假設太陽光以相對之角度下降。

4.從圖 13 中，除了觀察影長的變化外，亦可明顯看出地球因公轉與自轉所引起方位角的改變，本研究在此忽略方位角的變化，只考慮仰角關係。

研究十、可調式太陽能面板支架設計

步驟一：將表(7)之實驗數據以折線圖表示，如圖(16)所示；因圖(16)中之「仰角」曲線，近似於一直線，斜率近似於 14° /小時，因此在設計太陽能面板支架之旋轉角度時，也以相同之數據(14° /小時)來設計旋轉速度，此一數據與平均旋轉角度 $63.5^{\circ} / 4.67 = 13.6^{\circ}$ 很接近。



圖(16) 太陽光每天從 07:00~19:00 時照射角度變化關係

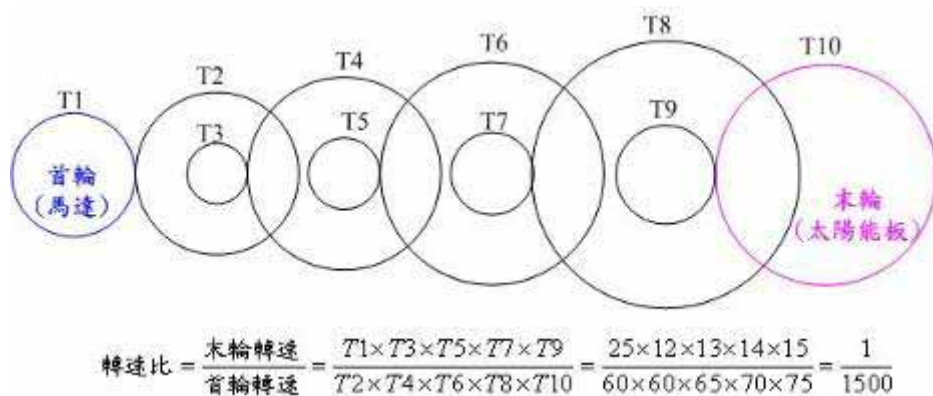
步驟二：旋轉機構設計示意圖，如圖(17)所示。

圖(17) 旋轉機構示意圖

減速比計算：

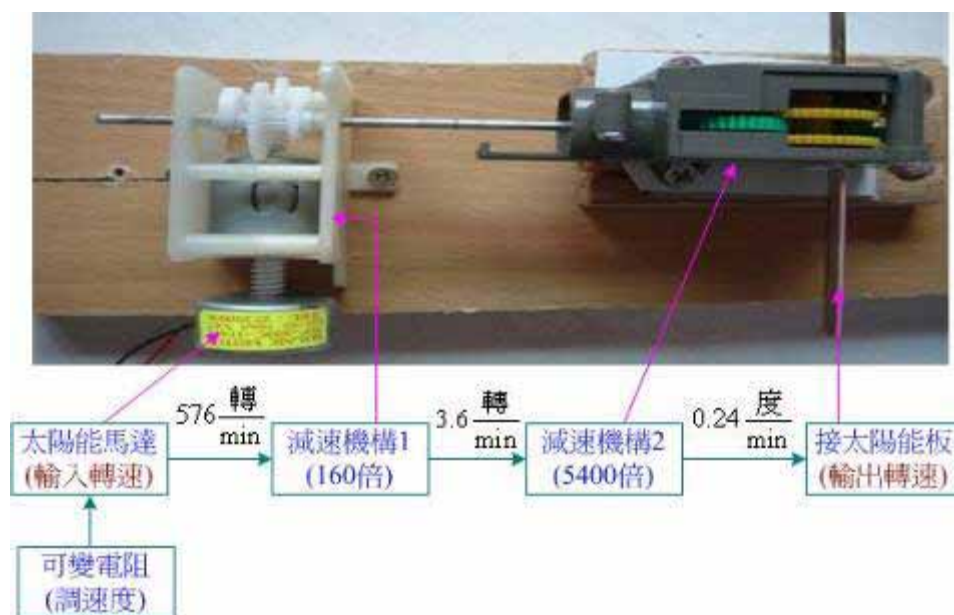
1. 太陽能板轉速： $\frac{14^{\circ}}{hr} = \frac{14^{\circ}}{60min} = 0.24 \frac{\text{度}}{\text{min}}$
2. 馬達轉速每分鐘 1 轉，一圈=360 度，當轉速 x 時轉速比， $\therefore e = \frac{\text{末速}}{\text{初速}} = \frac{0.24}{360 \cdot x} = \frac{1}{1500x}$ (減速比)
3. 假設馬達每分轉 20 轉，則減速比需達 $\frac{1}{1500 \cdot 20} = \frac{1}{30000}$ ，才可達到使太陽能板每分鐘轉 0.24 度。

步驟三：減速比設計示意圖，如圖(18)所示。



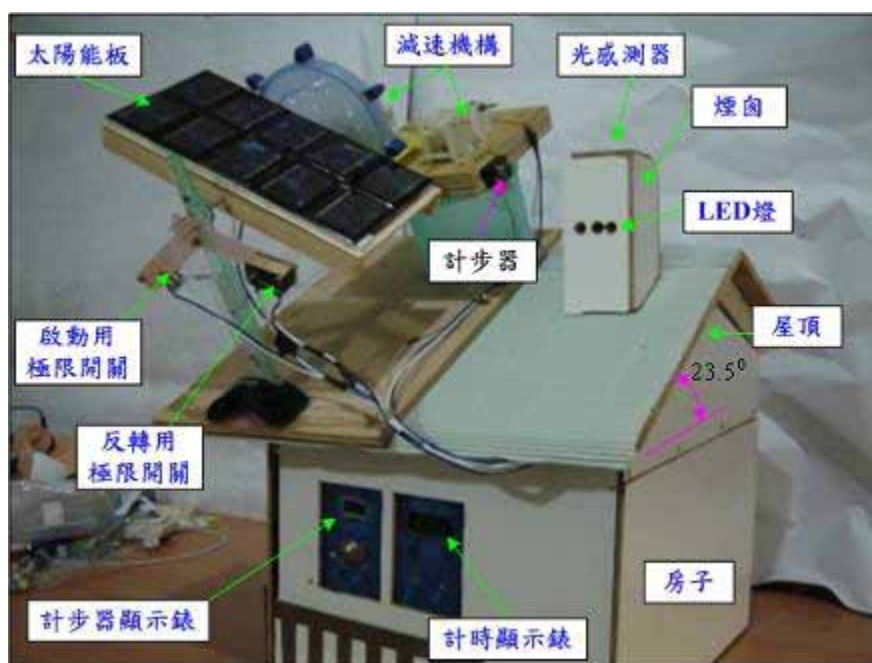
圖(18) 減速機構示意圖

步驟四：整體減速關係示意圖，如圖(19)所示。



圖(19) 整體減速關係示意圖

步驟五：整體造型與房子組合圖，如圖(20)所示。



圖(20) 整組機構組合圖與房子

研究十一、太陽能板整組架構戶外實驗---太陽能板直接接受太陽光照射

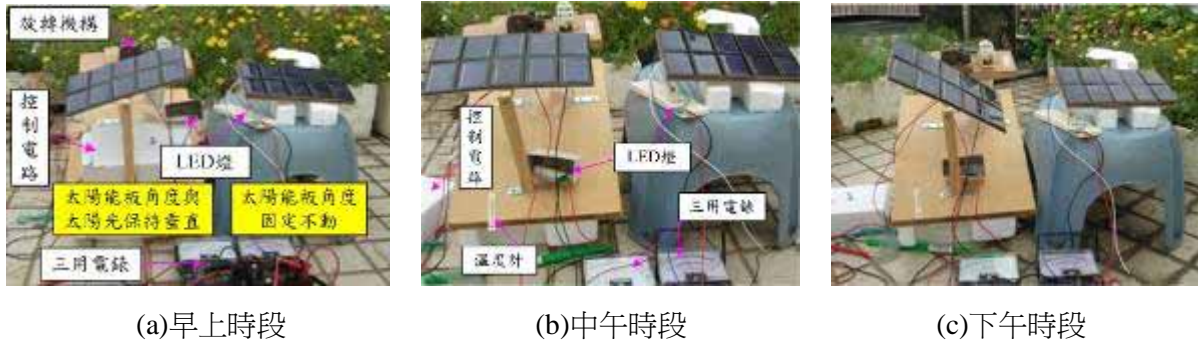
步驟一：設定太陽能板安裝時之斜度。因地球本身有自轉與公轉之問題，因此應當有「仰角與方位角」二個不同之旋轉角，且本實驗當初太陽能板旋轉設計時只考慮到「仰角」的變化關係，因方位角的變化不大，直接以固定之斜度來代替。此一斜度通常為太陽能板安裝位置當地之緯度，台灣平均緯度約 23 度。

步驟二：設定太陽能板安裝時之方位。太陽能板正面方向，若所在位置在**北半球應面向正南**(台

灣)以接受最大的陽光照射，在南半球則需面對正北。

步驟三：找到一處安全、空曠，四周無遮蔽物之地方，尤其在 07:00~17:00 之間。

步驟四：同時使用兩組太陽能板，一組為太陽能板角度可調整並隨時與太陽光保持垂直；另一組為太陽能板角度固定不動，如圖(21)所示，其各時段量測之實驗數據記錄如表(8)所示。



圖(21) 兩組太陽能板戶外實驗之比較

表(8) 太陽能板整組架構戶外實驗(太陽光從 06:20~18:20 時關係)

第一次實驗 (天氣：陰天)

	06:20	07:20	08:20	09:20	10:20	11:20	12:20	13:20	14:20	15:20	16:20	17:20	18:20	平均
固定 DCV	1.2	1.5	2.0	2.25	2.6	2.75	2.55	2.6	2.45	2.4	2.25	1.9	1.4	2.142
固定 DCA	0.005	0.015	0.06	0.075	0.14	0.15	0.13	0.12	0.11	0.105	0.075	0.02	0.01	0.078
功率 W	0.01	0.02	0.11	0.17	0.36	0.41	0.33	0.31	0.27	0.25	0.17	0.04	0.01	0.191
旋轉 DCV	1.7	1.9	2.1	2.5	2.8	2.95	2.75	2.65	2.45	2.4	2.4	2.1	1.9	2.354
旋轉 DCA	0.038	0.05	0.106	0.125	0.16	0.17	0.13	0.13	0.115	0.11	0.095	0.065	0.045	0.103
功率 W	0.06	0.10	0.22	0.31	0.45	0.50	0.36	0.34	0.28	0.26	0.23	0.14	0.09	0.257
溫度°C	24	24	28	30	32	34	34	34	32	30	28	26	25	34.78% 效率提升
說明：溫度量測是以太陽能板放置處之溫度														

第二次實驗 (天氣：大晴天)

	06:20	07:20	08:20	09:20	10:20	11:20	12:20	13:20	14:20	15:20	16:20	17:20	18:20	平均
固定 DCV	2.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1	3.1	3.0	3.0	2.2	1.9	2.754
固定 DCA	0.041	0.115	0.14	0.145	0.17	0.15	0.15	0.17	0.165	0.145	0.125	0.05	0.015	0.122
功率 W	0.08	0.29	0.42	0.44	0.51	0.45	0.45	0.53	0.51	0.44	0.38	0.11	0.03	0.356
旋轉 DCV	2.4	2.7	3.1	3.1	3.0	3.0	3.0	3.1	3.2	3.1	3.1	2.5	2.2	2.885
旋轉 DCA	0.085	0.15	0.168	0.16	0.175	0.15	0.15	0.17	0.17	0.155	0.15	0.09	0.05	0.140
功率 W	0.20	0.41	0.52	0.50	0.53	0.45	0.45	0.53	0.54	0.48	0.47	0.23	0.11	0.416
溫度°C	28	34	38	38	40	40	40	40	38	38	38	32	28	16.89% 效率提升
說明：溫度量測是以太陽能板放置處之溫度														

第三次實驗(天氣：陰雨天)

	06:20	07:20	08:20	09:20	10:20	11:20	12:20	13:20	14:20	15:20	16:20	17:20	18:20	平均
固定 DCV	1.6	2.2	2.2	2.3	2.6	2.9	2.75	2.6	2.4	2.4	2.25	2	1.8	2.308
固定 DCA	0.01	0.028	0.06	0.075	0.12	0.15	0.14	0.135	0.11	0.095	0.07	0.03	0.015	0.080
功率 W	0.02	0.06	0.13	0.17	0.31	0.44	0.39	0.35	0.26	0.23	0.16	0.06	0.03	0.200
旋轉 DCV	1.5	2.1	2.3	2.4	2.65	2.9	2.8	2.7	2.5	2.4	2.4	2.1	1.9	2.358
旋轉 DCA	0.006	0.022	0.106	0.125	0.15	0.15	0.145	0.14	0.13	0.12	0.11	0.08	0.055	0.103
功率 W	0.01	0.05	0.24	0.30	0.40	0.44	0.41	0.38	0.33	0.29	0.26	0.17	0.10	0.259
溫度°C	24	27	28	28	30	30	30	30	29	28	26	26	26	29.34% 效率提升
說明：溫度量測是以太陽能板放置處之溫度														

第四次實驗 (天氣：大晴天)

	05:20	06:20	07:20	08:20	09:20	10:20	11:20	12:20	13:20	14:20	15:20	16:20	17:20	18:20	平均
固定 DCV	1.8	1.9	2.2	2.5	2.8	3.0	3.0	3.0	3.1	3.0	3.0	2.9	2.2	1.9	2.654
固定 DCA	0.025	0.031	0.085	0.11	0.13	0.16	0.17	0.165	0.17	0.165	0.145	0.13	0.05	0.015	0.117
功率 W	0.06	0.06	0.19	0.28	0.36	0.48	0.51	0.50	0.53	0.50	0.44	0.38	0.11	0.03	0.334
旋轉 DCV	1.7	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.0	3.0	3.1	3.0	3.1	3.0	2.5	2.2	2.785
旋轉 DCA	0.020	0.075	0.135	0.15	0.155	0.16	0.17	0.165	0.17	0.17	0.155	0.145	0.09	0.05	0.138
功率 W	0.03	0.17	0.34	0.41	0.45	0.48	0.51	0.50	0.53	0.51	0.48	0.44	0.23	0.11	0.395
溫度°C	25	26	32	36	37	38	40	40	40	38	38	36	32	28	18.13% 效率提升
說明：溫度量測是以太陽能板放置處之溫度															

研究發現：

- (1)所測得的實驗數據，大致上與室內實驗所推演的結果吻合，當在早、晚時分，因太陽光傾斜角度較大，所以太陽能板角度可調式輸出的電壓與電流均明顯的比固定式所輸出之效果為佳，接近中午時分兩者所測得的數據很接近。
- (2)當天氣愈晴朗，太陽光照度愈強，太陽能板照度較容易達到飽合的程度，因此會縮小可調式與固定式兩者之落差值(如表 8 中第二與第四次實驗)，但其效率乃提高 16% 以上。反之，陰天或陽光照度不足時，可調式與固定式兩者的落差值將變大，因此效率提高達 29% 以上，可調式太陽能板之效果更為明顯。
- (3)在第三次實驗，陰雨天的清晨發現，可調式太陽能板所測得的數據竟然比固定式太陽能板所測得的數據小，但差值不大。會產生此一現象的原因，可能因為天氣不好陽光照度不夠，而此時可調式太陽能板角度約設定在 64 度，只能接受斜斜的光線，無法接受經雲層反射後來自天空正上方的光線，而固定式太陽能板角度均固定在約 23.5 度，他可以接受天空正上方的光線，因此實驗數據反而較佳。為了確認此一現象，再找一個晴天的早上特別早起，

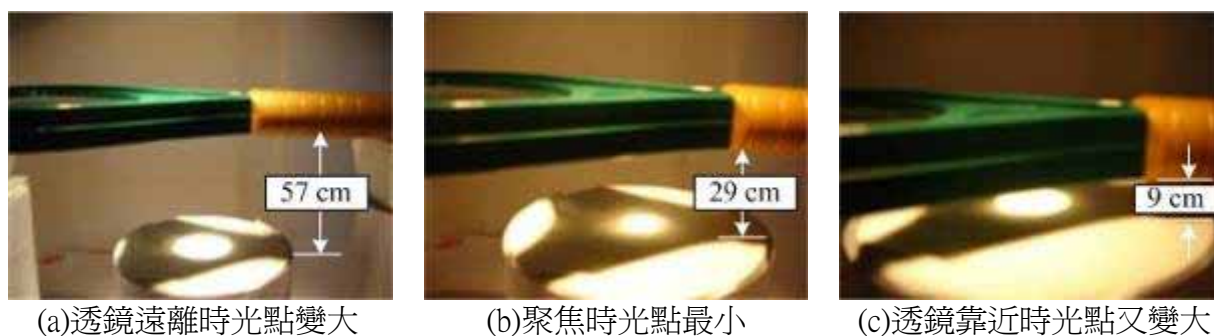
測量日出瞬間的現象(第四次實驗)，也發現，**當太陽剛昇起的霎那**，只感受到有微弱的光線，但光還不強時，**可調式太陽能板所測得的數據也比固定式太陽能板所測得的數據小**，等到陽光一露臉，瞬間差異馬上 180 度改變，會產生此一現象的原因，可能因為太陽剛升起瞬間陽光照度不夠，而此時可調式太陽能板角度約設定在 75 度，只能接受斜斜的光線，無法接受經雲層反射後來自天空正上方的光線，而固定式太陽能板角度均固定在約 23.5 度，他可以接受天空正上方的光線，因此實驗數據較佳，此一結果也吻合我們實驗六~八所得之結果，當「**太陽能板角度超過 60 度後變化更為明顯**」。

陸、研究結果與討論

主題一、基礎實驗--放大鏡聚焦實驗

研究一：找出放大鏡焦距的位置

- 1.由研究一知，當鹵素燈光源經由放大鏡投射在實驗平台的光點為最小時，此一位置即為放大鏡焦距的位置，若從此一位置將放大鏡再次遠離或靠近實驗平台，將會看到光點影像變大，如圖(22)所示。



圖(22) 放大鏡聚焦實驗

- 2.由研究一的過程中發現，當凸透鏡曲率愈大則放大倍率也愈大，放大鏡的倍率會影響聚焦光點的大小，倍率越大，聚焦光點也愈小，反之，倍率越小，聚焦光點會變大，因此，為了提高實驗的準確度，我們使用放大鏡下緣之高倍率放大鏡來作實驗，如圖(23)所示。



圖(23) 不同鏡面大小的放大鏡

主題二、提升光源能量的方法

研究二、三：用功率量測儀器來測量放大鏡聚焦效果的實驗

1.將表(1)內「彩色玻璃紙放置於光源接受器上方之數據」另外整理如表(9)所示，由表(9)中藍色與綠色玻璃紙的數據可知，因為使用放大鏡聚焦後，使光源強度提高約 4.4 倍，而黃色與紅色玻璃紙，因已超出量測範圍，無法正確評估提高倍率，若用最大容許量測值 20 mW 來預估，至少也提高 3.1 倍以上的效率，如表(9)所示。

表(9) 用功率量測儀器來測量放大鏡聚焦效果之實驗數據彙整表

	沒有使用放大鏡	有使用放大鏡	效率提高
無玻璃紙	6.45	Over	大於 3.1 倍
黃色玻璃紙	5.59	Over	大於 3.57 倍
紅色玻璃紙	4.59	Over	大於 4.35 倍
綠色玻璃紙	3.92	17.43	4.44 倍
藍色玻璃紙	3.8	16.65	4.38 倍

註：(1)表中之數據是取彩色玻璃紙放置於光源接受器上方之數據
(2)Over 表示超出量測範圍(0-20mW)，功率單位：毫瓦(mW)

2.由表(1)可以明顯的看出，將「彩色玻璃紙放置於光源接受器上方」所得到的數據都比將「彩色玻璃紙放置於放大鏡上方」所得到的數據為大，其主要的因為，將「彩色玻璃紙放置於放大鏡上方」會使光線還未到達聚焦前(放大鏡上方)，就被彩色玻璃紙遮蔽了部份的能量，因此聚焦後所得到的能量會較小。因此，在實用上要視使用目的而異，若其目的是要提高光源強度，則應將彩色玻璃紙放置於放大鏡後方(即先聚焦再遮蔽)；反之，若其目的是要提高遮光效果，則應將彩色玻璃紙放置於放大鏡前方(即先遮蔽再聚焦)，或乾脆不要使用聚焦作用。

主題三、提高太陽能電池效率可能的方法

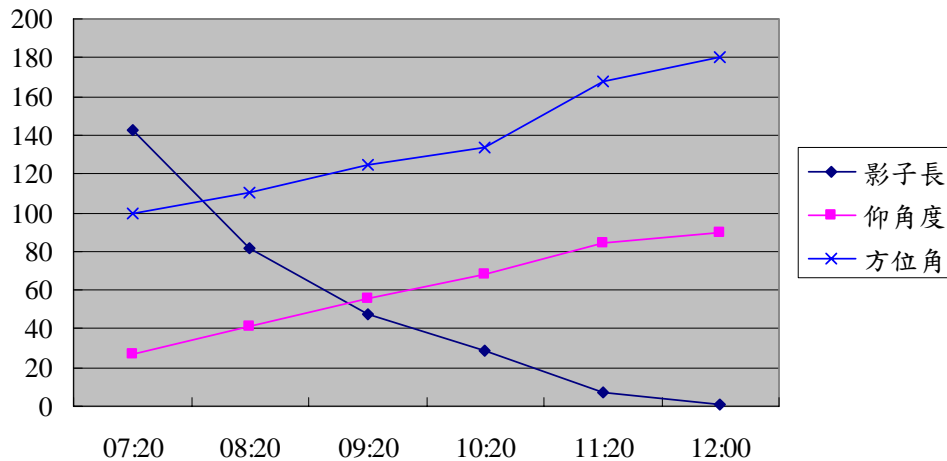
由研究四、五、六、七、八之結果得知

- 1.因聚焦後照度只集中於太陽能板之部分面積，無法使整塊太陽能板之照度同時提高，甚至於因放大鏡遮住部分光源，反而使整塊太陽能板之總照度減少，因此太陽能板輸出電流反而變小。
- 2.反射鏡增加的照度只微幅增加輸出電流之數值，所增加之微小電流尚不足以增加 LED 燈之亮度，因此 LED 燈並沒有因此而變得更亮。

3. 太陽能板輸出之直流電流與角度旋轉有明顯關係，角度稍微增加輸出電流即明顯的減少，而且變化之數值，遠比用放大鏡聚焦或用反射鏡聚焦的效果為大，尤其角度旋轉達 60 度後，變化更明顯。
4. 由本實驗得知，與其使用放大鏡聚焦或用反射鏡聚焦來提高太陽能板的效率，效果不但不佳，且對於實際 LED 燈之亮度並沒有太大的幫助外，又要增加零件採購成本，其效果不如使用本研究方法「使太陽能板之角度隨時與光源方向垂直之效果為佳」。
5. 因太陽能板角度變化所產生的「磁力」大小有明顯變化，尤其角度旋轉達 60 度後，變化更明顯。
6. 因太陽能板角度變化所做的「功」亦有明顯變化，尤其角度旋轉達 60 度後，變化更明顯。

主題四、專題實作：太陽能板角度隨太陽光照射角度不同而調整法

1. 將表(5)之實驗數據以折線圖表示，如圖(24)所示；因圖(24)中之「仰角」曲線，近似於一直線，斜率近似於 14° /小時，因此在設計太陽能面板支架之旋轉角度時，也以相同之數據(14° /小時)來設計旋轉速度，此一數據與平均旋轉角度 $63.5^{\circ} / 4.67 = 13.6^{\circ}$ 很接近。



圖(24) 太陽光每天從 07:00~19:00 時照射角度變化關係

2. 為了能同時滿足，太陽能板每分鐘轉 0.24 度的要求且輸出軸又必須能帶動太陽能板旋轉，因此建議使用「低轉速高扭力之馬達」，如圖(25)所示。



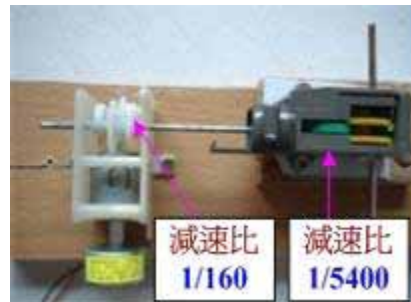
(a)減速比 5420(第一代)



(b)減速比 5420(第二代)



(c)減速比 25600(第三代)



(d)減速比 864000(第四代)

圖(25) 實驗過程減速比與馬達使用之發展過程

3.利用**室內燈泡實驗**，整體追蹤太陽光之組合圖，如圖(26)所示，由圖(26a)太陽能板與燈泡保持垂直時**LED 燈三顆全亮**，圖(26b)當太陽能板與燈泡的角度愈來愈大時，**LED 燈只亮一顆**，當太陽能板繼續旋轉，產生背光時，如圖(26c)所示，**LED 燈全部熄掉**。



(a)太陽能板與太陽光成 90 度



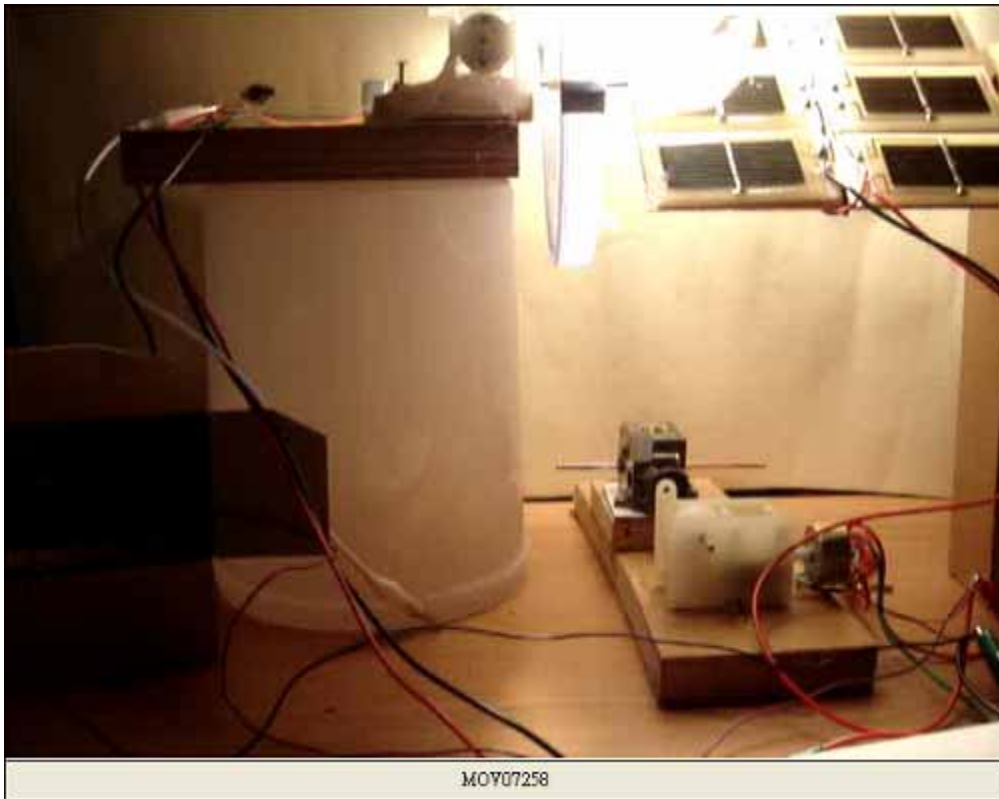
(b)太陽能板與太陽光成 135 度



(c)太陽能板與太陽光成 170 度

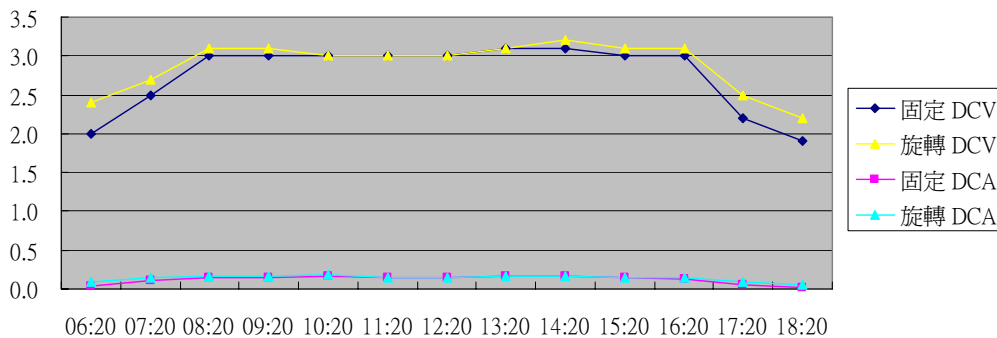
圖(26) 整體追蹤太陽光之機構設計圖 (說明：因照片太小 LED 燈看不太清楚)

3.動態影片欣賞，請在圖(27)上點按滑鼠左鍵 2 次，當聽到「咯」一聲時表示馬達反轉，為了能在較短時間下，看到太陽能板旋轉時 LED 燈之變化關係，因此使用較小的減速比。



圖(27) 動態影片欣賞 (播放影片請在圖片上點按滑鼠左鍵 2 次)

4.由表(8)的戶外實驗所得的實驗數據，在早、晚時分，因太陽光傾斜角度較大，所以可調式太陽能板輸出的電壓與電流均明顯的比固定式所輸出之效果為佳，接近中午時分兩者所測得的數據很接近，如圖(28)所示。

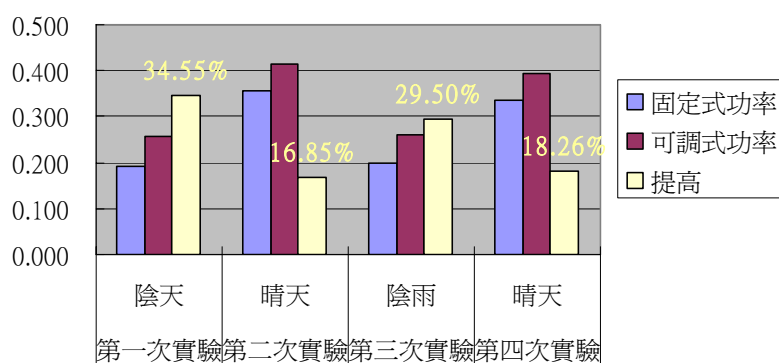


圖(28). 表 8 第二次實驗數據比較圖(大晴天)

5.將表(8)戶外實驗中，各項功率之數據整理如表(10)所示。由表(10)可知天氣愈晴朗時，可調式太陽能板的輸出功率比固定式提高 16% 以上；在陰天或陽光照度不足時，可調式與固定式兩者的落差值將變大，效率提高達 29% 以上，如圖(29)所示，可調式太陽能板之效果更為明顯。

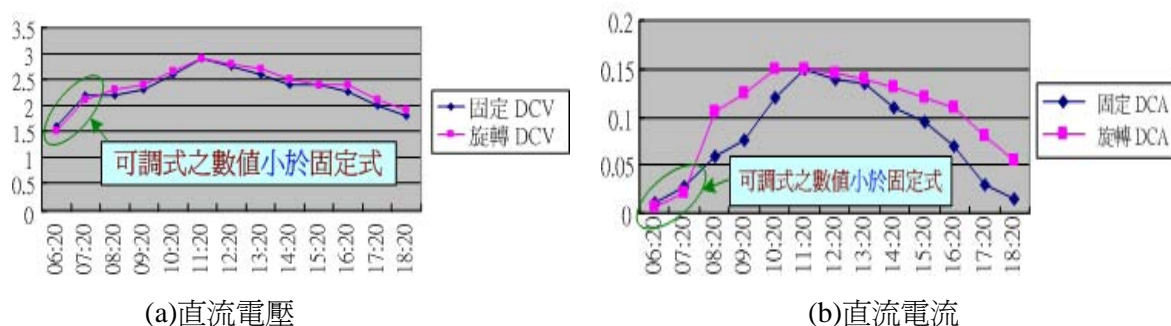
表(10) 四次實驗之功率比較表

	固定式功率	可調式功率	提高
第一次實驗(陰天)	0.191	0.257	34.55%
第二次實驗(晴天)	0.356	0.416	16.85%
第三次實驗(陰雨)	0.2	0.259	29.50%
第四次實驗(晴天)	0.334	0.395	18.26%



圖(29) 四次實驗之功率比較

6.由表(8)的戶外實驗數據中，在陰雨天的清晨或太陽剛昇起的霎那，可調式太陽能板所測得的數據比固定式太陽能板所測得的數據小，但差值不大，如圖 30)所示。會產生此一現象的原因，可能因為清晨或天氣不好陽光照度不夠，而此時可調式太陽能板角度均在 64 度以上，只能接受斜斜的光線，無法接受經雲層反射後來自天空正上方的光線，而固定式太陽能板角度均固定在約 23.5 度，他可以接受天空正上方的光線，因此實驗數據反而較佳。



圖(30) 表 8 第三次實驗數據比較圖(陰雨天)

7.在戶外實驗中亦發現，在晴天時候，若剛好有烏雲遮着太陽光，在遮着的那一瞬間，不管輸出的電壓或電流，都會明顯的驟降，如表(11)所示；相同的道理，若在晴天還有太陽時，但因有大樓遮蔽了陽光，此時太陽能板的輸出電壓或電流，也會明顯的減小，因此太陽能板在安裝時，宜選擇不會有遮蔽物的地方，效率將會更明顯的提高。

表(11) 遮蔽物對太陽能板輸出之影響

	遮蔽前	遮蔽後	減少
固定 DCV	2.9	2.6	10.34%
旋轉 DCV	3.0	2.7	10.00%
固定 DCmA	135	110	18.51%
旋轉 DCmA	145	115	20.69%

柒、結論

本研究之目的在於想了解如何提高光的能量與太陽能板效率可能的方法。我們利用了鹵素燈、放大鏡、溫度計、三用電錶、太陽能板等簡單器材，設計一些簡單的實驗，藉由觀察、紀錄、分析實驗數據等來了解、驗證我們想得到的知識，經由實驗的結果，以驗證我們的構想，找到一些更合理的提高太陽能電池效率的方法，綜合以上討論，本實驗得到以下結論：

- 1.經由放大鏡投射所投射出來的光點，於聚焦位置時，所投射出來的光點為最小，光照射強度也最大。
- 2.利用放大鏡聚焦、半圓弧聚焦或反射鏡的方法，均可以提高光源強度。
- 3.利用放大鏡聚焦的方法，雖可以提高光源強度，但實際應用於太陽能板時，因聚焦後照度只集中於太陽能板之部分面積，無法使整塊太陽能板之照度同時提高，反而使整塊太陽能板之總照度減少，因此太陽能板輸出電流反而變小，實作時並無法增加 LED 燈之亮度，除非使用體積龐大之聚焦鏡，但卻因此增加成本且須有夠大之裝置空間，因此並不實際。
- 4.利用反射鏡或半圓弧聚焦的方法，雖可以提高光源強度，但實際應用於太陽能板時，因反射光只集中於太陽能板之部分面積，無法使整塊太陽能板之照度同時提高，因此只些微提高太陽能板之輸出電流或電壓，在實作時所增加之微小電流並無法增加 LED 燈之亮度，除非使用體積龐大之反射鏡，但卻因此增加成本且須有夠大之裝置空間，因此並不實際。
- 5.調整太陽能板角度的方法，使太陽能板隨時保持與光源方向垂直，其所增加之光源強度是最多也最平均，不但可提高太陽能板之「輸出電流或電壓」，也提高了「磁力」大小，所做的「功」也明顯增加，所以此一方法是最為有效且實際的方法。
- 6.在戶外實驗中，當天氣愈晴朗時，可調式太陽能板的輸出功率比固定式提高 16% 以上；在陰天或陽光照度不足時，可調式與固定式兩者的落差值將變大，效率提高達 29% 以上，可調式太陽能板之效果更為明顯。
- 7.在戶外實驗中發現，烏雲或大樓等遮蔽物，對太陽能板當輸出效率影響甚大，電壓減少約 10%，電流減少約 20%，因此太陽能板在安裝時，宜選擇不會有遮蔽物的地方，效率將會更明顯的提高。

- 8.在本次科展的實驗過程中，額外讓我發現到用一根簡單的棍子，藉由定位並觀察影長及影子的變化可以簡單了解到地球公轉與自轉，角度的變化關係。
- 9.在本次科展的實驗過程中，因計算角度的需要，讓我提早學到數學三角函數的應用，並實際將數學上速比的關係，實際應用於齒輪的減速裝置。
- 10.在本次科展的實驗過程中，讓我學到基本電路的焊接與基本原理。
- 11.在本次科展的實驗過程中，額外讓我學到的是，在完成一件事情的過程中或許會遭遇到許多挫折，但是只要我們不放棄、堅持理想，總會找到替代方法，解決問題而完成目標的。

捌、參考資料及其他

- 1.蕭淑美等編輯，科學真有趣 3 熱，錦繡文化企業公司。
- 2.蕭淑美等編輯，科學真有趣 21 光，錦繡文化企業公司。
- 3.林明獻編譯，太陽電池技術入門，全華圖書公司，民 96 年。
- 4.莊嘉琛編譯，太陽能工程－太陽電池篇，全華圖書公司，民 86 年。
- 5.日本 NHK 理科影集---有趣的光，佰威文化企業社公司。

【評語】 030813

該研究作品在於了解如何提高光的能量與太陽能板效率的方法。設計太陽能板隨太陽光轉動，以提升太陽能利用的效率，頗具創意。未來在克服清晨、雲遮蔽與四季的變化，具體放大實作上，可調式太陽能板應有進一步研究的改進空間。