

投稿類別：自然科學

篇名：

太陽能發電之效能最佳化分析

作者：

壽豐國中。張皓旻。國三仁班。

壽豐國中。范姜俞。國三仁班。

壽豐國中。鄔瑞璿。國二仁班。

壽豐國中。范容瑄。國二義班。

指導老師：

陳錦松 老師

蘇子傑 老師

## 壹●前言

### 一、研究動機

現在政府正在推廣綠色能源，而太陽能板的應用是最普遍的，而且實用性很高，太陽能板可以用好幾十年，但是太陽能板價格驚人，電能轉換率不高，在花蓮縣願意使用的人不多。而且花東縱谷位於的板塊交合的地帶，東邊有海岸山脈，西邊有中央山脈。在高山的阻擋之下，太陽能的日照取得上相對的比台灣其他縣市還要不足。因此，為了彌補這先天的地理缺陷，我們想設計一個能夠隨著太陽旋轉的太陽能板，增加太陽光的吸收與轉換。提升花蓮鄉親採用太陽能板的意願，讓綠色能源能夠普及在台灣各地。



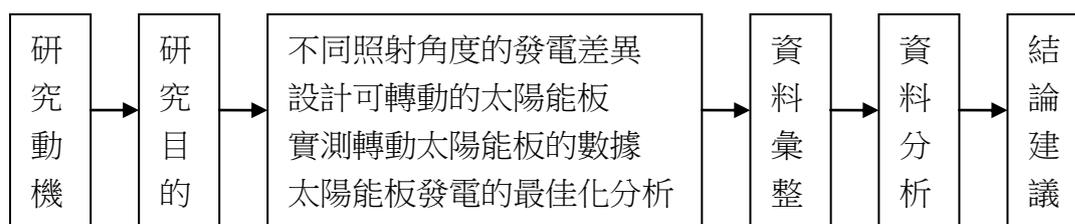
(圖一) 花東縱谷地形圖

### 二、研究目的

台灣是製造太陽能板的主要出口國，但是花蓮位於中央山脈與海岸山脈之間，相較於台灣其他地方，太陽升起的時間比較晚，但日落的時間卻比較早，所以太陽能板效率不好，故很少人使用，因此，我們想設計一個能隨著太陽轉動的太陽能板，讓太陽能板面與太陽的角度控制在 90 度的垂直位置，以便能在太陽能板獲得最佳的電能儲存。

### 三、研究方法與架構

- (一) 實際測量不同照射角度對太陽能板的發電效能差異。
- (二) 設計一組能隨著太陽轉動的太陽能板。
- (三) 提供轉動太陽能板儲能最佳化分析之實測數據。
- (四) 分析太陽能板的轉動儲電效果及其實用性。



(圖二) 研究架構圖 (資料來源：本小組自行繪製)

貳●正文

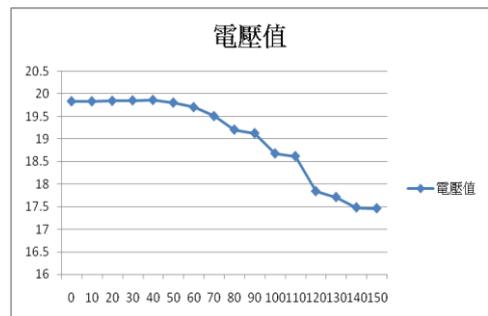
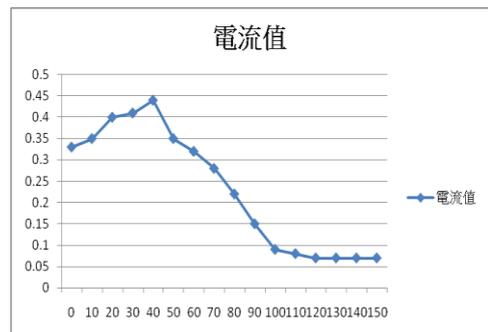
一、不同照射角度對太陽能板的發電效能之影響

我們先實際測量不同照射角度對太陽能板的發電效能差異。利用數學老師所提供的量角器教具，轉動太陽能板，量測所產生的電壓與電流。如下圖所示：



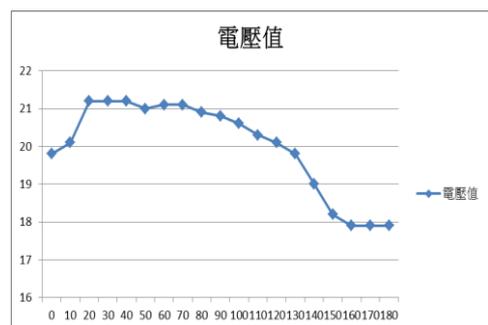
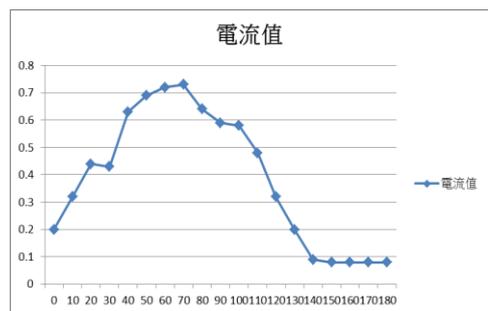
(一) 早上 9：20 的太陽，仰角 40 度

太陽能板的角度	電流值	電壓值
0	0.33 A	19.84
10	0.35 A	19.84
20	0.40 A	19.85
30	0.41 A	19.86
<b>40</b>	<b>0.44 A</b>	<b>19.87</b>
50	0.35 A	19.81
60	0.32 A	19.71
70	0.28 A	19.51
80	0.22 A	19.21
90	0.15 A	19.13
100	0.09 A	18.68
110	0.08 A	18.62
120	0.07 A	17.84
130	0.07 A	17.71
140	0.07 A	17.48
150	0.07 A	17.46
160	0.07 A	17.46
170	0.07 A	17.46
180	0.07 A	17.46



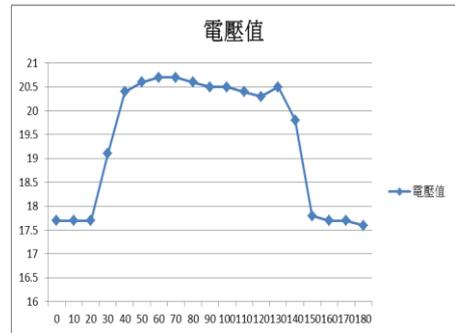
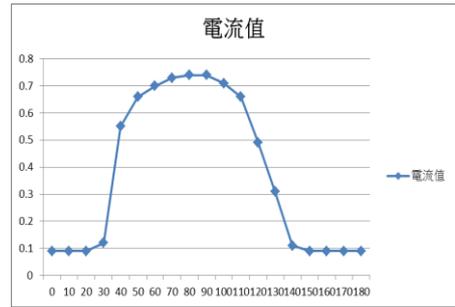
(二) 早上 10：45 的太陽，仰角 60 度

太陽能板的角度	電流值	電壓值
0	0.20A	19.8
10	0.32A	20.1
20	0.44A	21.2
30	0.43A	21.2
40	0.63A	21.2
50	0.69A	21.0
<b>60</b>	<b>0.72A</b>	<b>21.1</b>
<b>70</b>	<b>0.73A</b>	<b>21.2</b>
80	0.64A	20.9
90	0.59A	20.8
100	0.58A	20.6
110	0.48A	20.3
120	0.32A	20.1
130	0.20A	19.8
140	0.09A	19.0
150	0.08A	18.2
160	0.08A	17.9
170	0.08A	17.9
180	0.08A	17.9



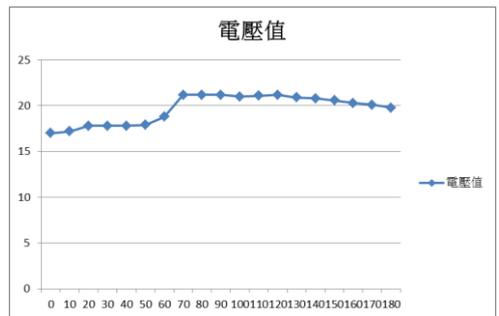
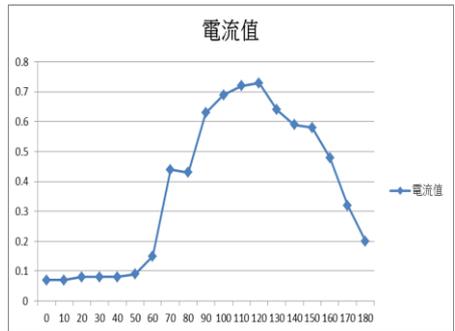
(三) 早上 12:00 的太陽，太陽仰角 80 度

太陽能板的角度	電流值	電壓值
0	0.09A	17.7
10	0.09A	17.7
20	0.09A	17.7
30	0.12A	19.1
40	0.55A	20.4
50	0.66A	20.6
60	0.70A	20.7
70	0.73A	20.7
<b>80</b>	<b>0.74A</b>	<b>20.6</b>
<b>90</b>	<b>0.74A</b>	<b>20.5</b>
100	0.71A	20.5
110	0.66A	20.4
120	0.49A	20.3
130	0.31A	20.5
140	0.11A	19.8
150	0.09A	17.8
160	0.09A	17.7
170	0.09A	17.7
180	0.09A	17.6



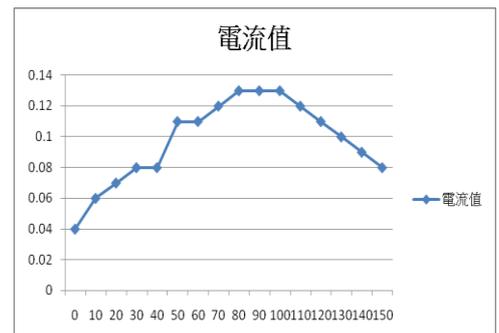
(四) 下午 14:20 的太陽，仰角 60 度

太陽能板的角度	電流值	電壓值
0	0.07A	17.0
10	0.07A	17.2
20	0.08A	17.8
30	0.08A	17.8
40	0.08A	17.8
50	0.09A	17.8
60	0.15A	18.7
70	0.44A	21.0
80	0.43A	21.1
90	0.62A	21.1
100	0.68A	21.0
<b>110</b>	<b>0.71A</b>	<b>21.0</b>
<b>120</b>	<b>0.72A</b>	<b>21.1</b>
130	0.62A	20.8
140	0.57A	20.6
150	0.53A	20.4
160	0.48A	20.3
170	0.32A	20.1
180	0.20A	19.8

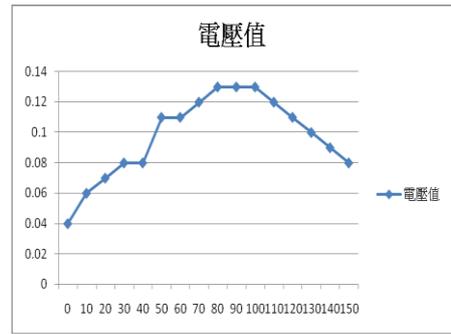


(五) 下午 15:00 陰天，仰角 50 度

太陽能板的角度	電流值	電壓值
0	0.04A	17.8
10	0.06A	18.1
20	0.07A	18.4
30	0.08A	18.6
40	0.08A	18.7
50	0.10A	18.8
60	0.11A	18.9
70	0.12A	18.9
80	0.13A	19.0



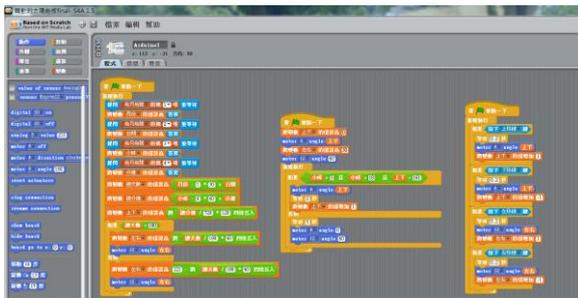
90	0.13A	18.9
100	0.13A	18.8
110	0.12A	18.8
120	0.11A	18.6
130	0.10A	18.5
140	0.09A	18.3
150	0.08A	18.1
160	0.08A	18.0
170	0.08A	18.0
180	0.08A	18.0



## 二、編寫 Arduino 程式控制太陽能板的轉動

我們在學校社團有學到利用 Arduino 的控制板，寫入簡單的控制程式，來控制太陽能板的轉動角度。我們想用手動與自動兩種方法來控制太陽能板的旋轉。

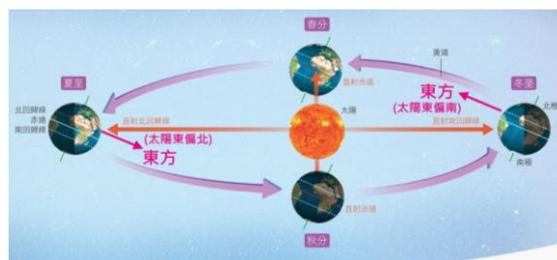
- (一) 手動控制：利用鍵盤的上下左右鍵，來控制太陽能板旋轉的角度。手動完成之後，Arduino 的控制板開始計時，進入自動旋轉與太陽同步的模式。
- (二) 自動控制：任何時刻，只要輸入一次所在位置的時間。太陽能板就會一直與太陽同步旋轉。



(圖三) S4A 程式控制太陽能板的轉動 (圖四) 轉動的太陽能板組裝及實際測試

## 三、實測春夏秋冬四季太陽不同升起方位之儲電效果

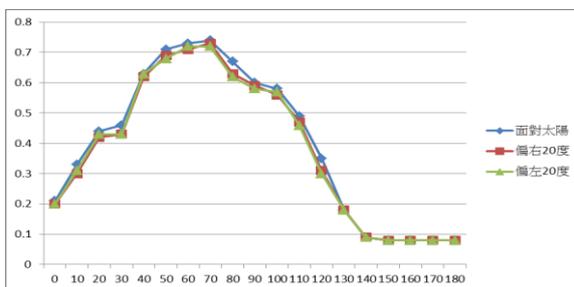
因為地球的自轉軸與黃道面的傾斜角度為 23.5 度，造成了四季春夏秋冬的變化。使得不同的季節，太陽升起的方位不同，春秋兩季太陽升起的方位是東方，夏天是偏東北方，冬天則是偏東南方。四季不同的方位如下圖所示：



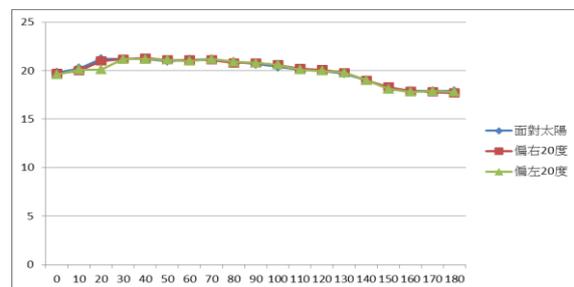
(圖五) 春夏秋冬四季太陽升起的角度不同

我們模擬測試太陽升起的角度不同時，以早上 10：00 的太陽，仰角 60 度為例，太陽能板發電數據記錄如下：

方位	面對太陽		偏右 20 度		偏左 20 度	
	電流值	電壓值	電流值	電壓值	電流值	電壓值
太陽能板的角度						
0	0.21A	19.8	0.20A	19.7	0.20A	19.6
10	0.33A	20.2	0.30A	20.0	0.31A	20.1
20	0.44A	21.2	0.42A	21.0	0.43A	21.1
30	0.46A	21.2	0.43A	21.2	0.43A	21.2
40	0.63A	21.2	0.62A	21.3	0.63A	21.2
50	0.71A	21.0	0.69A	21.1	0.68A	21.1
<b>60</b>	<b>0.73A</b>	<b>21.1</b>	<b>0.71A</b>	<b>21.1</b>	<b>0.72A</b>	<b>21.0</b>
<b>70</b>	<b>0.74A</b>	<b>21.2</b>	<b>0.73A</b>	<b>21.1</b>	<b>0.72A</b>	<b>21.2</b>
80	0.67A	20.9	0.63A	20.8	0.62A	20.9
90	0.60A	20.7	0.59A	20.8	0.58A	20.8
100	0.58A	20.4	0.56A	20.6	0.57A	20.6
110	0.49A	20.1	0.47A	20.2	0.46A	20.1
120	0.35A	20.0	0.31A	20.1	0.30A	20.0
130	0.18A	19.7	0.18A	19.8	0.18A	19.8
140	0.09A	19.0	0.09A	19.0	0.09A	19.0
150	0.08A	18.2	0.08A	18.3	0.08A	18.1
160	0.08A	17.9	0.08A	17.9	0.08A	17.8
170	0.08A	17.9	0.08A	17.8	0.08A	17.9
180	0.08A	17.9	0.08A	17.7	0.08A	17.9



(圖六) 不同方位及不同角度的電流值



(圖七) 不同方位及不同角度的電壓值

根據以上的數據，太陽升起的方位不同，並不會影響太陽能板儲電的效能，電流與電壓值，幾乎不變。

#### 四、實測轉動式太陽能板與固定式太陽能板的儲電效果

我們實測轉動太陽能板的充電效果，分為 4 個時段，第 1 個時段為 7：30~10：00，第 2 個時段 10：00~12：00，第 3 個時段 12：00~14：00，第 4 個時段 14：00~17：00。太陽能板進行充電時，變壓器上的充電燈會閃爍，充電完畢時，充電燈會持續亮著，我們用的鉛蓄電池的規格是 12V，1.2Ah。充飽電的鉛蓄電池，我們用 50W 的鹵素燈放電，約 15 分鐘放電完畢。

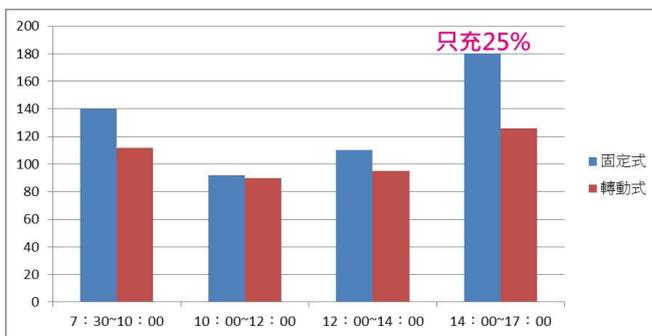
固定式的太陽能板與地面有 10 度的傾斜，下雨時有利排水，接線方式如下圖所示：



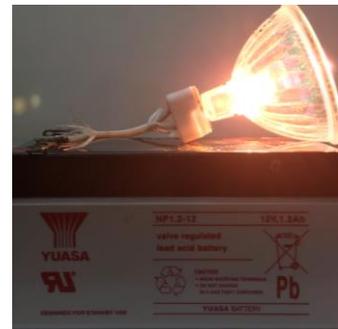
(圖八) 轉動的太陽能板實測裝置圖

測試的結果及充電時間如下：

時 段	7 : 30~10 : 00	10 : 00~12 : 00	12 : 00~14 : 00	14 : 00~17 : 00
固定式太陽能板充飽電時間	140 分鐘	92 分鐘	110 分鐘	3 小時只充 25% 的電量
轉動式太陽能板充飽電時間	112 分鐘	90 分鐘	95 分鐘	126 分鐘



(圖九) 鉛蓄電池充飽電的時間比較圖



(圖十) 鉛電池放電

用程式控制太陽能板的轉動，已有很多的研究。但我們用最簡單便宜的 Arduino Uno 板搭配 S4A 的免費程式，就可控制太陽能板的轉動，而能持續進行相關的研究。根據我們的實驗，結果整理如下：

#### 一、不同照射角度對太陽能板的發電效能之影響

我們發現，只要有太陽的話，無論什麼時刻，太陽能板的最大發電量都發生在 90 度的垂直位置上。而且最大電流與最小電流相差了 10 倍以上。

太陽的強度愈強，發電的功率也愈大，最大的功率  $P=V \cdot I$ ，約為  $0.73*21=15W$ 。但是在陰天的時候，無論在那個角度幾乎都無法發電，最小功率約為  $0.07*18=1.26W$ ，只能讓 LED 發亮。

## 二、編寫 Arduino 程式控制太陽能板的轉動

我們研究了一年的時間，利用 Arduino 的控制板，寫入簡單的 S4A 控制程式，依據網路上所提供的日照變化，計算好太陽一天日升日落的時間，來控制太陽能板的轉動角度。我們完成了手動與自動的兩種模式，且測試成功。

## 三、實測春夏秋冬四季太陽不同升起方位之儲電效果

因為地球的自轉軸與黃道面的傾斜角度為  $23.5$  度，造成了四季春夏秋冬的變化，而太陽升起的方位也不同。經由實測數據發現，太陽升起的方位不同，**不會影響**太陽能板儲電的效能。

## 四、實測轉動太陽能板與固定式太陽能板的儲電效果

我們學校所用的鉛蓄電池是小容量  $12V, 1.2Ah$  的電瓶，用  $10W$  的太陽能板充電，大約  $90$  分鐘就可充飽。因此，我們的實驗設計是切割成四個充電時段。我們發現，無論是那個充電時段，轉動式的太陽能板的充電效能都比固定式佳。四個時段的比較說明如下：

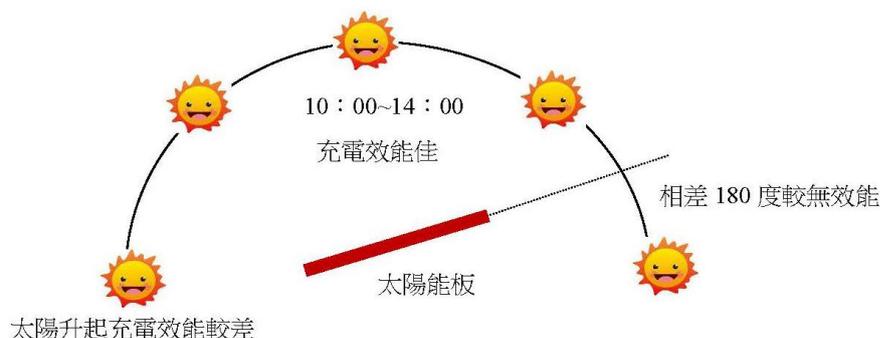
第一個時段：早上  $07:30\sim10:00$ ，因太陽剛升起，所以充電時間較長。固定式的太陽能板，因太陽與板子的角度差異大，約需要  $140$  分鐘才能充飽電。兩者相差  $28$  分鐘。

第二個時段：早上  $10:00\sim12:00$ ，兩者充飽電的時間差異不大，相差  $2$  分鐘。因太陽的角度與固定式太陽能板的板面趨近垂直的位置。

第三個時段：下午  $12:00\sim14:00$ ，兩者充飽電的時間差異不大，相差  $15$  分鐘。因太陽的角度與固定式太陽能板的板面仍在趨近垂直的位置上。

第四個時段：下午  $14:00\sim17:00$ ，兩者充飽電的時間有顯著的差異，固定式的太陽能板，**3 小時只充了 25% 的電**。而轉動式的太陽能板則需  $126$  分鐘即可將電瓶充滿。

我們將固定式的太陽能板的充電效能與太陽位置圖示如下：



(圖十一) 充電效能與太陽位置圖

根據充飽電的時間換算，我們計算了兩種型式的太陽能板，一天所能儲電容量，以春天秋天晝夜等長 12 小時，夏天白天 14 小時，冬天白天 10 小時，計算公式如下：

太陽能板型式	前四個時段充電容量時間及公式	春、秋 (720 分鐘)	夏天 (840 分鐘)	冬天 (600 分鐘)
固定式	(白天分鐘數-日落 180 分鐘) ÷342 分鐘*1.2Ah*3+0.3Ah	5.8Ah	7.1Ah	4.7Ah
轉動式	(白天分鐘數÷423 分鐘)*1.2Ah*4	8.2Ah	9.5Ah	6.9Ah

## 參●結論

現在政府正在推廣綠色能源，而太陽能板的應用是最普遍的，而且實用性很高，太陽能板平均使用壽命有 25 年。但是太陽能板價格驚人，電能轉換率不高，有意願使用的人不多。加上壽豐鄉是位於花東縱谷的板塊交合的地帶，地震多，水氣雲霧不容易散開，太陽光的日照應用也相對較少。因此我們希望能增加太陽能板的儲能效果。

我們發現太陽能板的最大發電量都發生在 90 度的垂直位置上。而且最大電流與最小電流相差了 **10 倍** 以上。因此我們以為只要設計一個轉動的太陽能板，就可以儲存比固定式太陽能板多的電能，經過我們的實驗，證明了儲能是有增加，轉動式的儲能大約是固定式的 **1.5 倍**，儲能效果已有顯著差別。我們的結論與建議有下列幾點：

- 一、壽豐鄉的地理位置不佳，所以儲能增加有限，如果在西部空曠的地方，或是在暑假太陽炎熱的夏天測試，相信會有更高的儲能倍率。或許也可以考慮在太陽能板上增加聚光片，加強發電的效能。
- 二、我們發現在 10：00~14：00 期間，兩種太陽能板的儲能效果幾乎沒有差別。因此可設定下午兩點之後再轉動。也可設計手動式太陽能板，在下午兩點後，將太陽能板推轉至屋頂的另一面，這樣就有增加儲能的效果。
- 三、我們的實驗發現，太陽升起的方位並不影響太陽能板的儲能效果。
- 四、台灣是太陽能板製造的最大輸出國，我們建議即將上任的新政府，能與國內太陽能板製造廠商合作，以低價或免費的方式鼓勵家家戶戶應用綠色能源。
- 五、近來空氣污染 PM2.5 嚴重，減少火力發電，增加綠色能源的應用刻不容緩。增加太陽能板儲能的想法真的很好，如果能夠實現，不但造福人群，也讓地球更加美好。
- 六、太陽能板每秒最大儲能為 15W，扣掉 Arduino 板與舵機馬達每秒消耗功率約 1W，因此增加轉動功能，並不會影響儲能效果。

## 肆●引註資料

### 一、圖書資料

- 〔1〕臺北市立東湖國民中學（2006），〈提昇太陽能電池效率的方法〉，第四十八屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 〔2〕臺北市中山區永安國民小學（2006），〈超效！太陽能板！〉。第四十六屆中小學科學展覽會作品說明書。
- 〔3〕土城國中九十五學年度科學展覽會（2006），〈尋求太陽能電池效能提升之道〉。

### 二、網路資料

- 〔4〕太陽能板簡易安裝  
<https://www.youtube.com/watch?v=Vhq2TPFG4O4>
- 〔5〕太陽能電池  
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%AA%E9%98%B3%E8%83%BD%E7%94%B5%E6%B1%A0>
- 〔6〕太陽能電池板方位角和傾角與發電量的關係  
<http://pv.energytrend.com.tw/knowledge/20130318-5872.html>
- 〔7〕Arduino基礎教學  
[http://elesson.tc.edu.tw/md221/pluginfile.php/4151/mod\\_resource/content/1/arduino.pdf](http://elesson.tc.edu.tw/md221/pluginfile.php/4151/mod_resource/content/1/arduino.pdf)
- 〔8〕S4A程式控制編輯  
<http://elesson.tc.edu.tw/md221/course/view.php?id=250>