

中華民國第四十七屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 理化科

031617

熱電發電的探討及熱電元件之新應用

學校名稱：澎湖縣立望安國民中學

作者： 國二 許凱傑 國二 許正輝 國二 莊尚濬 國二 吳秉翰	指導老師： 吳子偉 王薇甄
---	---------------------

關鍵詞：太陽能 熱電充電模組 熱電發電機

摘要

本研究是利用 Seebeck 效應使熱電元件經由兩端的溫差產生電能，以太陽能為元件之天然熱源，發現除與紫外線的強弱有關外，也與地面氣溫有密切關係，實驗中以改善實驗裝置來配合不同的環境。本組發展出新穎的充電方式，以 0.50V 的初始電壓對充電電池蓄電，在三小時後可得 0.30V 的電壓。焊槍雖產生了較高的電壓，但為小面積的熱源；而放置於冰箱壓縮機大面積受熱，雖僅有 10.8°C 的溫差，竟產生了 28.3mV 的電壓；熱端加裝銅片後，提高了熱端的溫度，熱不易往冷端傳導，增加了兩端的溫差；元件的電壓值與溫差約略成正比，斜率為 2.6744，如果兩端的溫差提高至 673°C，則可驅動充電電池裝置。另外，實驗中模擬了利用廢熱發電，如能有效的加以利用，相信可以達到綠色環保家園。

壹、簡介

熱電物理現象早在西元 1821 年就被發現，熱電元件可藉由溫差而產生直流電源來發電，即所謂的 Seebeck 效應；若利用通以直流電而產生溫差來製作冷卻器或熱抽機，即所謂的 Peltier 效應。圖一為 P、N 型熱電材料連接構造及 Seebeck 效應示意圖，當上下兩端有溫差時，外接線路將會有電流產生，這時每個熱電材料就像一顆顆小電池一樣，所有的 P、N 型材料均以電路串聯、熱路並聯的方式連接，就形成了一組熱電元件(如圖二)，此時就可產生較大的電流量。

假使將熱電元件其中一端加熱到 T_h 度，把另一結冷卻到 T_c 度，這種安排的最高效率可由下式來表示[1]：

$$\eta_{\max} = \left(\frac{T_h - T_c}{T_h} \right) \left(\frac{M - 1}{M + \left(\frac{T_c}{T_h} \right)} \right) \quad (1)$$

上式中第一括弧內所表示的就是柯諾特熱機效率，第二括弧內所代表的叫做熱電元件效率 (device efficiency)，它不但與兩端溫度有關，且與所用材料的性質有關，所以可以利用冷熱兩端溫差的改變來提高發電效果。

本研究是以太陽能驅動熱電發電機之熱力學理論分析為基礎，探討太陽能聚熱設計及熱電元件的兩個接合面分別與聚熱器及散熱器之間的導熱度、熱電元件熱端與冷端的溫差、熱電元件冷端的溫度對輸出功率的影響。該雛型太陽能熱電發電機完成後，未來可朝向設計更大功率之商用太陽能熱電發電機發展。

石油、煤、瓦斯等能源終有耗盡的一天，而且低汙染環保的訴求因應而生；熱電材料就具備了環保、能源科技的優點，由熱電的工作原理知可將低

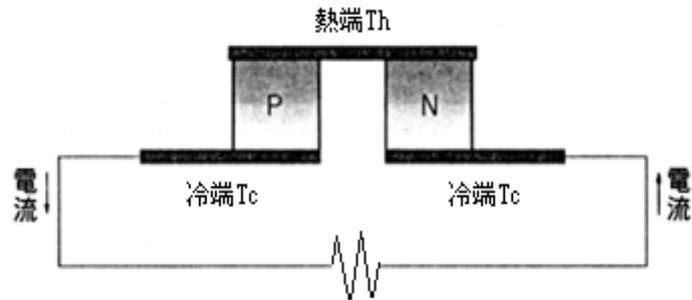
等的廢熱轉換成較高等的電能，若結合太陽光能提供熱電發電機所需的熱能更可應用於日常的電力供應上。常見的用途則是用於提供電力給微晶片、心律調節器、衛星以及太空站的電力，在高山等高地的區域，熱電發電裝置特別有用。除此之外，熱電材料可藉由 Peltier 效應做為冷卻器，因為不需要移動性的機械零件，可靠性極高，不需定期的維修，而且無需使用冷媒，相當環保，可應用於電子元件的冷卻及民生用冷卻器。值得注意的是，以熱電方式發電，長期而言，其發電成本比純以太陽能發電的方式還要便宜，這是因為熱電元件的設計可以有二十年以上的壽命。

貳、 研究動機

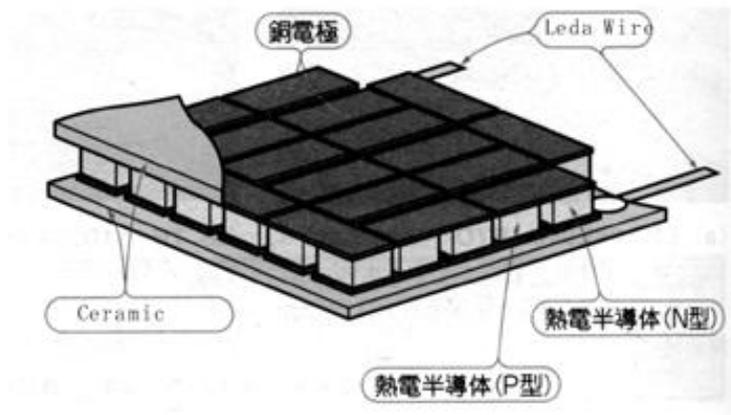
能源與環保的議題在本世紀持續受到關注，其重要性不言可喻。在國中理化課本中「珍惜常用的資源」一章提到許多可利用及常用的資源，包括了風力、太陽能、火力、水力…等；在之前電視節目更特別報導澎湖中屯地區的風力發電裝置，澎湖地區位於台灣海峽之中，陽光照射充足，風力資源豐沛，甚具發展潛力；水力資源則因降雨量有限，較不具發展空間。四周的海洋雖然擁有龐大之能量來源，但因海洋能之利用技術尚未達到成熟階段，所以無法提供電力[2]；值得一提的是，澎湖的風力發電 2.4MW[3]，約占澎湖用電量的 1.6%，但澎湖的風力發電主要來自冬季的東北季風，而夏日發電卻只能仰賴火力發電支持；有鑑於能源的問題，本組將進行研究另一種發電方式—熱電元件發電，期許能為現在的能源危機盡一份心力。

參、 研究目的

- 一、了解熱電元件的發電方式
- 二、探討在不同氣候及不同裝置對熱電元件之影響
- 三、利用熱電元件對充電電池進行充電過程的效能探討
- 四、探究熱電元件冷熱端溫度與產生電壓值的關係
- 五、利用裝置的改善提升熱電效能
- 六、模擬熱電元件利用低等廢熱發電之效能



圖一 P、N 型熱電材料連接構造及 Seebeck 效應的示意圖(修改自 <http://www.eedesign.com.tw/article/forum/fo671.htm> 網站[4])



圖二 熱電元件內部結構圖 (摘自 <http://www.eedesign.com.tw/article/forum/fo671.htm> 網站[4])

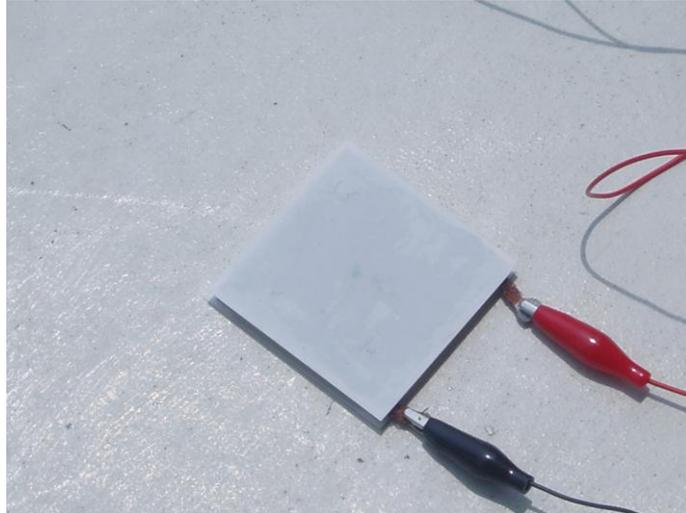
肆、研究設備及器材

1. 玻璃製放大鏡(直徑 5 公分、9 公分)各 1 支
2. 三用電錶 1 台
3. 連接電線數條
4. 鐵架 1 個
5. 焊槍(110V/30W) 1 支
6. 熱電元件(HZ-14，其冷熱兩端為氧化鋁板)各 1 個
7. CPU 散熱片 1 片
8. 不同大小歐姆值的電阻各 1 個
9. 整流二極體 1 個
10. 3 號充電電池 1 個
11. 散熱膏 1 瓶
12. 熱電偶式溫度計(K-Type) 1 支
13. 銅片(3cm×5cm) 2 片
14. 休閒瓦斯爐 1 組
15. 瓦斯罐 1 罐
16. 小型馬達 1 個
17. 電線數條
18. 角架 1 個

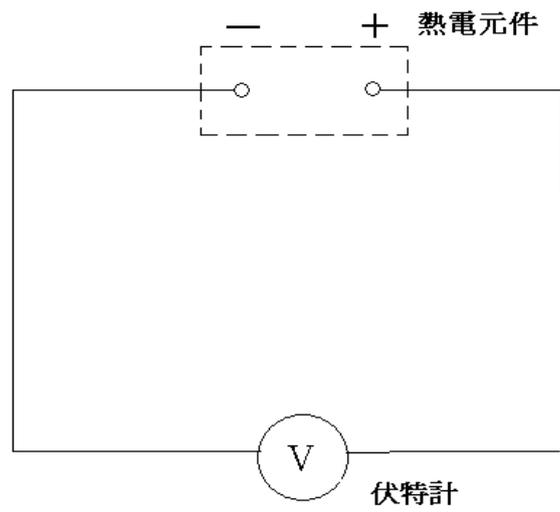
伍、實驗裝置與過程

一、量測熱電元件發電效率與氣候之關係：

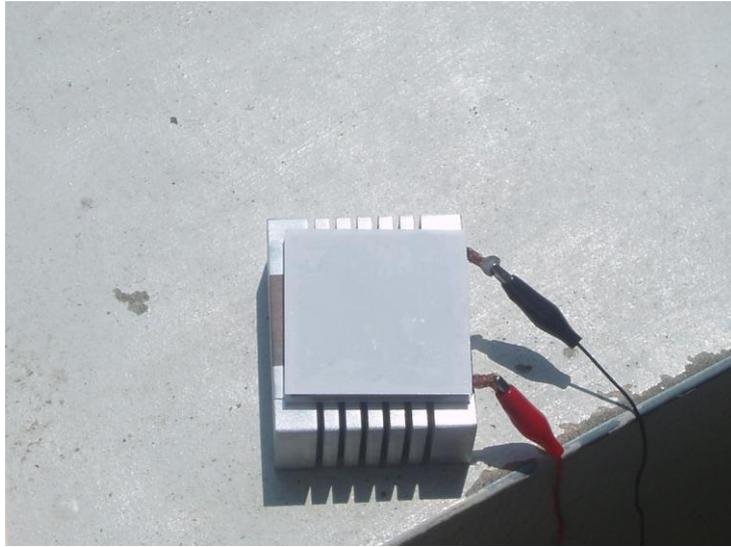
- (一) 將線路連接如圖三，其示意圖如圖四，測量熱電元件在陽光下所產生的電壓值。
- (二) 將熱電元件下方(冷端)放置散熱片(見圖五)，量測其產生之電壓值。
- (三) 將熱電元件下方之散熱片取出，熱端由直徑 5cm 的放大鏡聚焦(見圖六)，並量測其產生之電壓值。
- (四) 裝置及測量如步驟 3，將冷端加裝散熱片。
- (五) 在熱端加一銅片(見圖八)，並測量其電壓值。
- (六) 將直徑 5cm 的放大鏡改成 9cm 的放大鏡，然後重複 3、4 及 5 步驟。
- (七) 至網站記錄當時的天氣狀況。



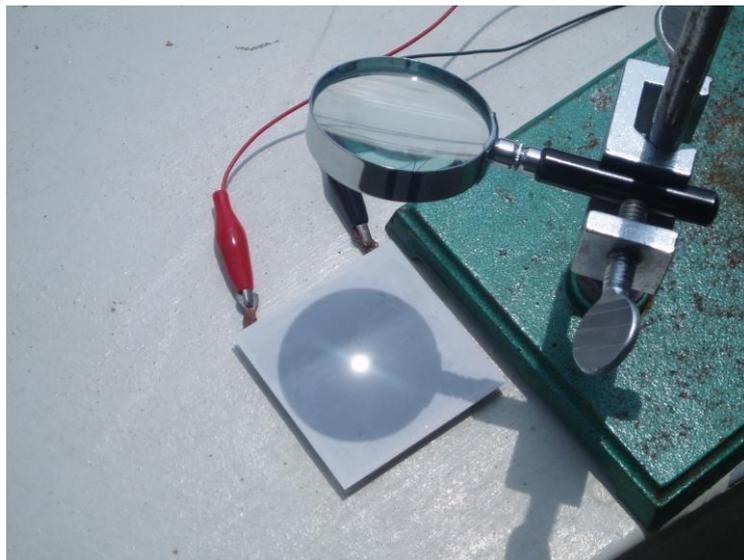
圖三 熱電元件直接放置於太陽光日照下進行電壓值量測



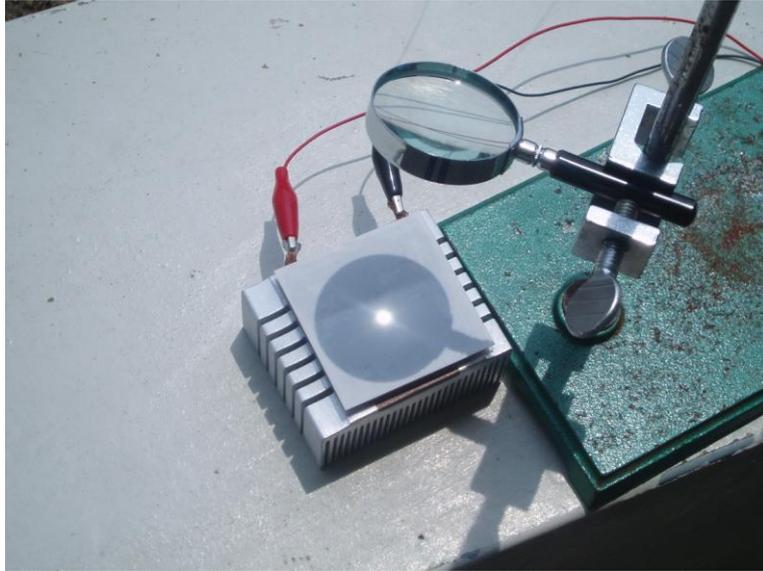
圖四 熱電元件電壓量測示意圖



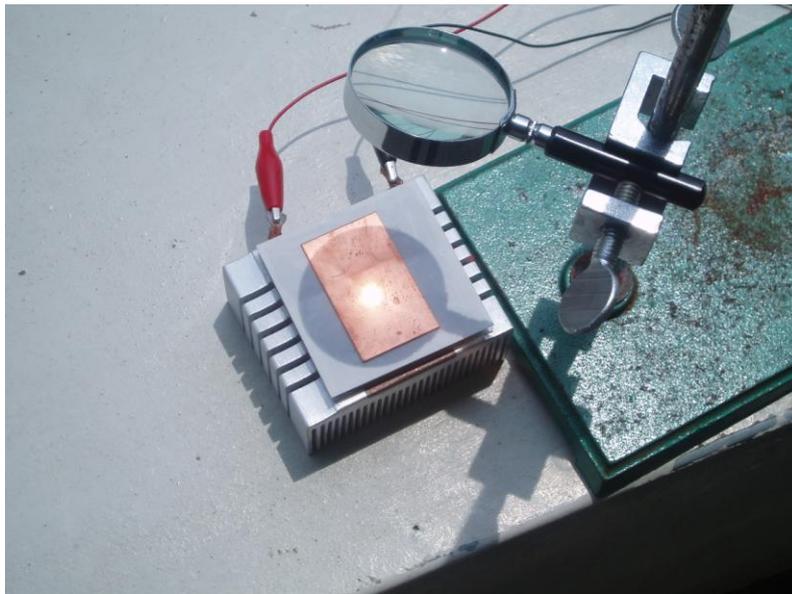
圖五 熱電元件冷端放置散熱片上方於太陽光日照下進行電壓值量測



圖六 利用放大鏡加熱熱電元件熱端，冷端直接放置於地面進行電壓值量測



圖七 利用放大鏡加熱熱電元件熱端，冷端放置於散熱片上方進行電壓值量測



圖八 利用放大鏡加熱熱電元件熱端，並在熱端加一銅片，進行電壓值量測

二、測量熱電元件對於充電電池之充電效果

- (一) 以瓦斯爐加熱鍋子煮水，將熱電元件熱端放置於鍋蓋上，伏特計量測產生之電壓值(見圖九)。
- (二) 線路連接如圖十，其線路示意如圖十一，其中電阻為 1.0Ω ，充電電池為 $1.2V/2500mA$ 的電池。
- (三) 分別充電後一小時、二小時及三小時，測量充電電池之電壓值。

三、探討熱電元件產生的電壓與冷熱端溫度之關係

- (一) 焊槍放置於熱電元件熱端(見圖十二)，利用伏特計量測產生之電壓值，以熱電偶式溫度計量測熱端(氧化鋁板)中心點溫度與最邊緣溫度，量測冷端溫度，記錄電壓值。
- (二) 利用熱電偶式溫度計量測以冰箱後方壓縮機為熱源(見圖十三)之熱端溫度，量測冷端溫度，記錄電壓值。
- (三) 將熱端改為放大鏡廣焦加熱(見圖十四)，測量如步驟 2。
- (四) 將熱端改為陽光聚焦，測量如步驟 2。
- (五) 將冷端放置於角架上，焊槍立於熱電元件熱端(見圖十五)，量測距元件中心每 $1cm$ 處之熱端溫度(見圖十六)，量測冷端溫度，記錄電壓值。
- (六) 裝置及測量如步驟 5，將熱端改為陽光聚焦。

四、探討加裝銅片是否能增加發電效率

- (一) 將銅片加裝於熱電元件的熱端(如圖十七)，以熱電偶式溫度計量測用焊槍為熱源之熱端中心點溫度、銅片邊緣溫度及氧化鋁板最邊緣溫度，量測冷端溫度，記錄電壓值。
- (二) 利用熱電偶式溫度計量測以冰箱後方壓縮機為熱源之熱端溫度，量測冷端溫度，記錄電壓值。
- (三) 利用熱電偶式溫度計量測以放大鏡為熱源(將放大鏡設置為廣焦)之熱端中心點溫度、銅片邊緣溫度及氧化鋁板最邊緣溫度，量測冷端溫度，記錄電壓值。
- (四) 裝置及測量如步驟 3，將熱源改為放大鏡聚焦。

五、利用廢熱發電的有效利用

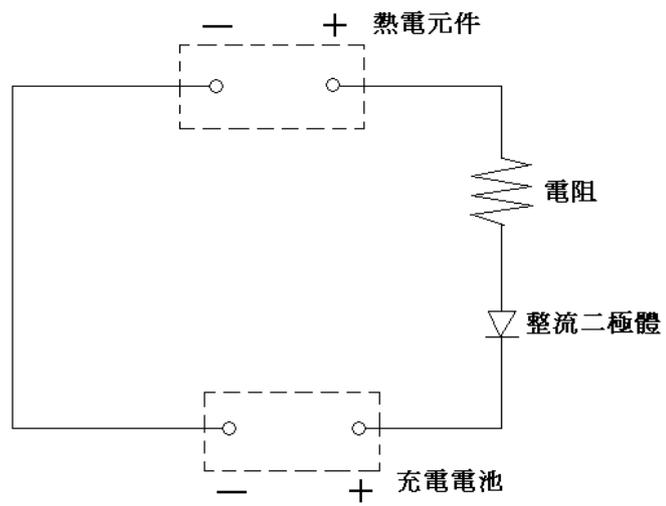
裝置如圖十八，利用休閒瓦斯爐加熱鍋子煮水，將熱電元件熱端放置於鍋蓋上，然後驅動小型馬達(改裝成電風扇)轉動。



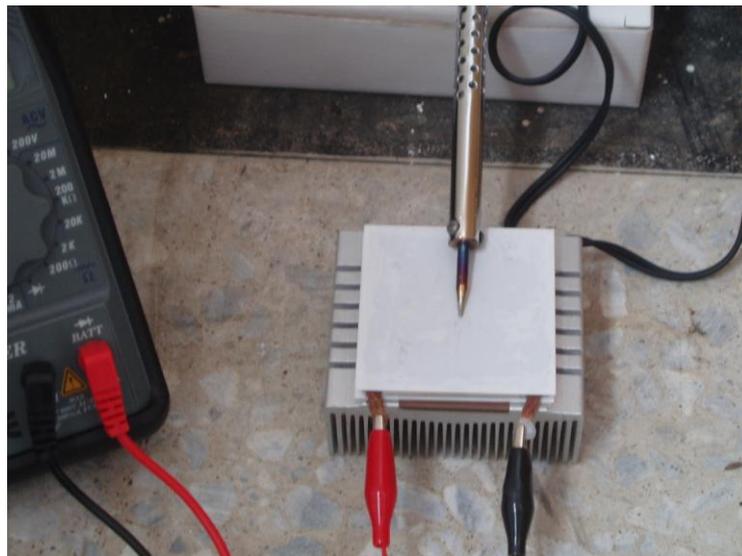
圖九 熱端利用廢熱加熱量測熱電元件產生之電壓值



圖十 新熱電式充電器線路連接圖



圖十一 新熱電式充電器線路示意圖



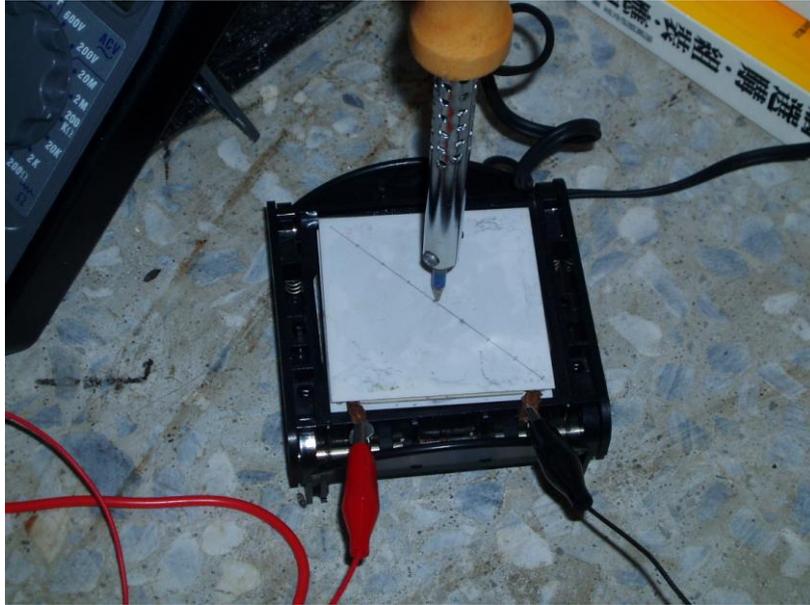
圖十二 將焊槍放置於熱電元件熱端上



圖十三 熱電元件熱端放置於冰箱後方的壓縮機上



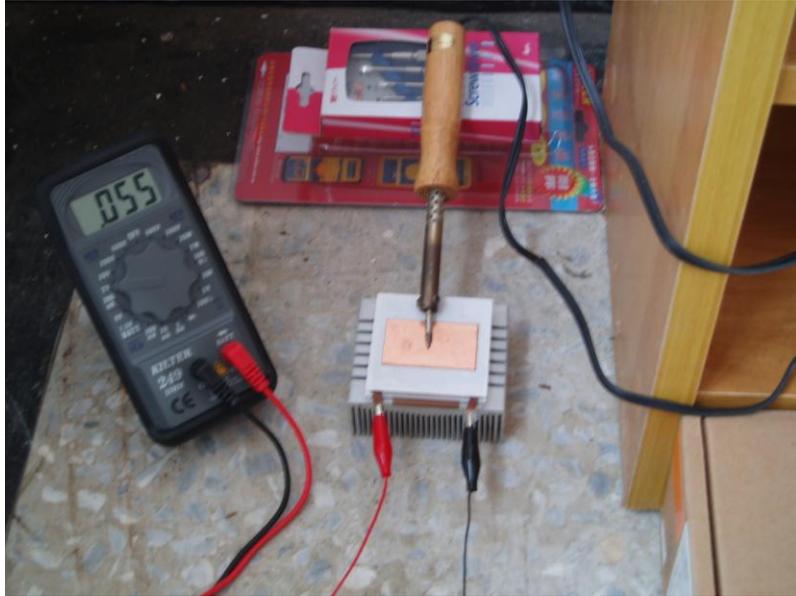
圖十四 熱電元件熱端利用放大鏡(廣焦)均勻加熱



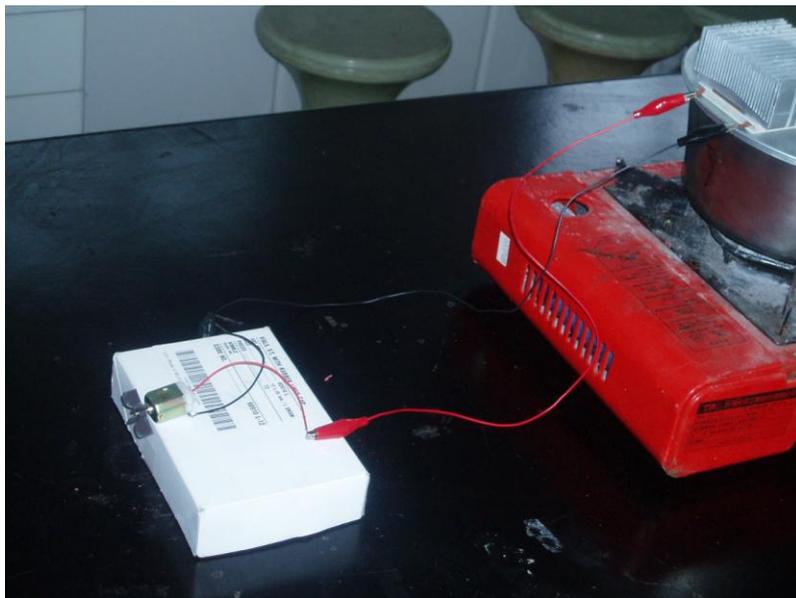
圖十五 焊槍尖端放置於熱電元件中心



圖十六 陽光下聚焦於熱電元件中心



圖十七 熱電元件熱端加銅片



圖十八 利用廢熱轉動電扇

陸、實驗結果與討論

一、量測熱電元件發電效率與氣候之關係

表一為 3 月 23 日各種裝置在室外太陽光下量測熱電元件的電壓值，而表二為當天立即下載中央氣象局所發佈的整點天氣資料，由表一及表二可得知電壓值隨著紫外線的指數下降而降低，紫外線指數較大時，熱電元件具有較佳的發電效果；13 時與 14 時雖然紫外線指數同樣為 7，但可能因為 14 時的地面氣溫較 13 時高，導致冷端具有較高的溫度，元件兩端的溫差下降而降低發電效果。圖十九至圖二十二為 3 月 23 日當天各時段的紅外線衛星雲圖，發現澎湖上空有許多雲層，這些雲層的移動會造成接受太陽光的穩定程度，使得熱電發電的效果會有所變動。從表一中發現，利用放大鏡聚光具有較大的電壓值，顯示放大鏡的聚光效果造成熱端的溫度上升，而所有將冷端放置散熱片之電壓值均較未放置散熱片大，但所提升的電壓值不大，這可能是因為散熱片為熱導度較佳的材質，所以容易放熱，但相對也同樣有易吸收熱的特點，故當放置散熱片時，散熱片會吸收太陽光日照的溫度，導致冷端的溫度也同時上升，兩端的溫差逐漸變小而使發電效果逐漸低；散熱片的主要功能是為了移除冷端的熱，冷端若能放置在較陰涼(低溫)的地方，應該能使發電效更加提升。

表三為 4 月 11 日各裝置在室外太陽光下所得的電流值，其中將熱源分別由不同直徑的放大鏡加熱，並在熱端加裝銅片；發電效率同樣隨著紫外線的指數上升而變大，值得注意的事，當利用大直徑的放大鏡聚光作為熱端的熱源，其電壓值較小直徑的放大鏡高，顯示大直徑放大鏡的聚光效果較佳，導致熱端溫度較高，發電效果較佳；當熱端加裝銅片後，雖然銅的導熱效果較好，反而卻降低發電效果，此結果有待進一步釐清。圖二十三至圖二十六為 4 月 11 日當天各時段的紅外線衛星雲圖，若比較圖十九至圖二十三可發現，4 月 11 日的各時澎湖上空雲量較少，太陽光的穩定程度較高，實驗上的困難度較低，未來如能利用太陽集光器強化的太陽光加熱太陽能接受器裡的熱傳流體，這由太陽能轉換而成的熱能則用於提供熱電模組熱源，可增加其元件效率及穩定度，若要充份利用一日的日照量在未來的規畫裡可裝置太陽軌跡尋蹤器。

表一 3月23日各裝置在室外太陽光下所得的電壓值(實驗地點：學校走廊)：

裝置	時間	13：00	14：00	15：00	16：00
直接放置		3.8	3.4	1.7	1.5
熱端用放大鏡(5cm)		5.7	5.6	2.7	2.1
冷端放散熱片		4.6	3.9	2.2	1.8
冷端放散熱片+熱端用放大鏡(5cm)		7.8	6.9	3.0	2.6

以上單位均為 mV

表二 3月23日中央氣象局最新天氣資料[5]

地點	澎湖	澎湖	澎湖	澎湖
觀測時間	13:00	14:00	15:00	16:00
風向	東北	北北東	北北東	北北東
風力(級)	3	3	3	3
溫度(°C)	22.9	24.1	23.5	23.4
天氣現象	晴有霾	晴有霾	晴有霾	晴有霾
紫外線	7	7	4	3

表三 4月11日各裝置在室外太陽光下所得的電壓值(實驗地點：學校走廊)

裝置	時間	13：00	14：00	15：00	16：00
直接放置		4.3	3.6	2.1	1.4
熱端用放大鏡(5cm)		5.4	4.9	3.3	1.8
熱端用放大鏡(9cm)		8.1	6.6	5.0	2.5
冷端放散熱片		4.7	4.4	2.6	1.9
冷端放散熱片+熱端用放大鏡(5cm)		7.6	5.4	3.5	2.1
冷端放散熱片+熱端用放大鏡(9cm)		9.1	7.2	5.5	2.9
冷端放散熱片+熱端用放大鏡(5cm)+ 熱端用銅片		6.0	4.9	3.2	1.7
冷端放散熱片+熱端用放大鏡(9cm)+ 熱端用銅片		6.9	5.9	4.7	2.1

以上單位均為 mV

表四 4月11日中央氣象局最新天氣資料[5]

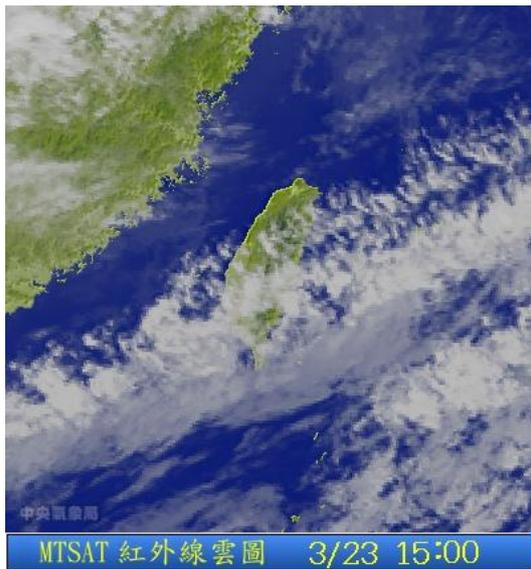
地點	澎湖	澎湖	澎湖	澎湖
觀測時間	13:00	14:00	15:00	16:00
風向	北北東	北北東	北北東	北北東
風力(級)	4	4	4	4
溫度(°C)	23.3	23.4	23.0	22.4
天氣現象	晴有靄	晴有靄	晴有靄	晴有靄
紫外線	8	7	5	3



圖十九、3月23日13時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



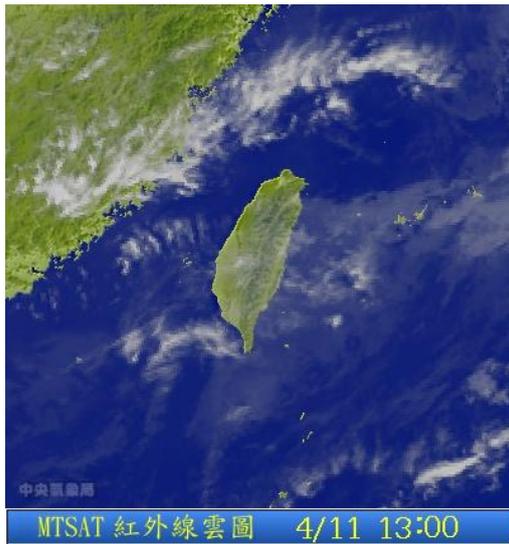
圖二十、3月23日14時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



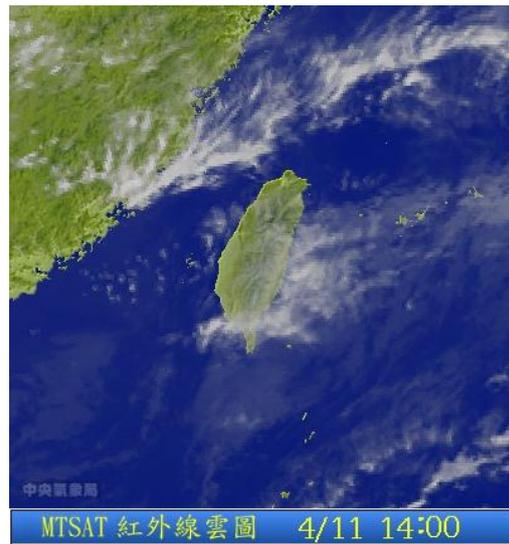
圖二十一、3月23日15時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



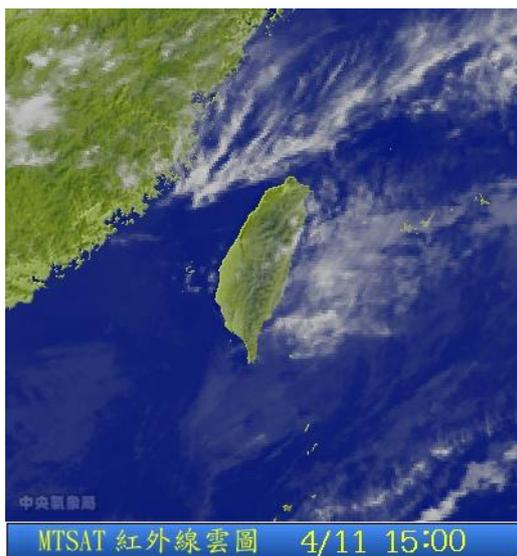
圖二十二、3月23日16時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



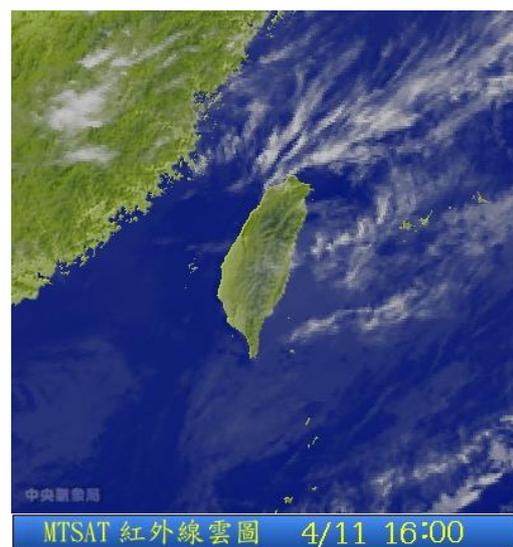
圖二十三、4月11日13時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



圖二十四、4月11日14時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



圖二十五、4月11日15時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



圖二十六、4月11日16時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])

二、測量熱電元件對於充電電池之充電效果

由於本組充電電池有最大電流限制為 2500mA，所以先觀察熱電元件利用廢熱加熱後所產生的最大電壓值為 0.50V(見圖九)，以歐姆定律計算最小的容許電阻值為 $R=V/I=0.50/2.5=0.20\Omega$ ，所以要選擇稍微較 0.20Ω 大的電阻以免燒毀電池，由於電阻會造成電壓消耗，導致充電效率降低，所以事先的計算過程是必要的；表五為利用廢熱當作熱電元件熱端之熱源對充電電池充電的結果，連接線路可見圖十及圖十一，圖十一中有一整流二極體，在本實驗過程中並沒有使用，如果利用太陽光來使熱電元件發電，其產生的電能是一種不穩定的結果，易受到雲層、風向、時間等因素的影響，而且由於熱端處於較高溫的環境，熱會經由元件本身傳至冷端，長時間下來，可能會降低兩端的溫差，使得電壓值降低，一旦充電電池電壓高於熱電元件的電壓，將會使元件轉變成 Peltier 效應而消耗充電電池電能，所以如果以熱電元件長時間對充電電池進行充電，必需在線路上加裝一個整流二極體，以防止電流的回流，而產生 Peltier 效應；另一方面，整流二極體會消耗約 0.6V 左右的電位差，但廢熱屬於較為穩定的熱源，所以本組在此實驗中並未將整流二極體加入於線路中。從表五數據中可發現，這種新穎的充電方式確實可以對充電電池進行蓄電的工作，充電至第三小時，充電電池的電壓增加至 0.30V，但三小時之後，在線路中裝置一個安培計，發現電流有反向的現象(會導致 Peltier 效應的產生)，推論可能是因為熱電元件熱端長期處於高溫，而熱流逐漸流入冷端，導致所產生的電壓值降低而造成的。充電電池完全蓄滿電的電壓約為 1.2V，而整流二極體消耗的電位差為 0.6V，故熱電元件至少要產生 1.8V 的電壓值才能將充電電池蓄電完成，所以如果串聯四個相同的熱電元件($0.50V \times 4 = 2.0V$)在此工作環境下將可達到此預期的結果。

三、探討熱電元件產生的電壓與冷熱端溫度之關係

根據公式(1)發現，熱電元件所產生的電能除了與材料本身的性質有關外，也與其冷、熱兩端的溫度有關聯，表六為 4 月 16 日 14 時各地點裝置所產生之電壓值，本組在不同地點與裝置對其冷、熱端溫度與元件產生的電壓值進行量測，焊槍與陽光下(聚焦)的情形均是熱源集中於中心，但所產生的電壓值卻差異頗大，如果考慮熱電元件是由一顆顆小電池所組成的，就必需從每個小電池兩端的溫差來比較，假如熱由氧化鋁板中心擴散至最邊緣，焊槍裝置最邊緣與冷端溫差為 0.6℃，而放大鏡聚焦下裝置最邊緣溫差為 0.3℃，所以導致焊槍裝置具有較高的電壓值；我們進一步探討熱源集中的情形，實驗裝置如圖十五及十六，將冷端放於角架上可避免冷端受地面溫度的影響，焊槍直立使受熱面積變小，量測距熱端中心每隔 1cm 的溫度，實驗數據如表七，發現雖然陽光下聚焦的面積相對較大，但距中心 2cm 處溫度有明顯的衰減，推論應是聚焦的能量較小而導致的結果，如果比較每點的溫差，焊槍在 2cm 處後的溫差較聚焦結果大，所以焊槍溫差較大的面積比聚

表五 利用廢熱當作熱電元件熱端之熱源對充電電池進行充電結果

充電時間	一小時	二小時	三小時
電壓值(V)	0.20	0.26	0.30

熱電元件產生之初始電壓為 0.50V

表六 4 月 16 日 14 時各地點裝置所產生之電壓值

地點	室內		室內	室外	室外	
熱端	焊槍		冰箱馬達	陽光下(廣焦)	陽光下(聚焦)	
冷端(散熱片)	地面		空氣	地面	地面	
熱端溫度 $T_h(^{\circ}\text{C})$	>200 ^a	31.7 ^b	41.5	32.6	>200 ^a	28.9 ^b
冷端溫度 $T_c(^{\circ}\text{C})$	31.1		30.7	29.6	28.6	
電壓值(mV)	50.5		28.3	7.3	10.3	

放大鏡為直徑 9cm 玻璃製，室內溫度 28.0^oC

^a為中心位置之溫度(受限於溫度計測量限制)

^b為熱端氧化鋁板邊緣的溫度

表七 4 月 16 日 14 時各地點裝置的溫度值與電壓值

地點	室內				室外			
熱端	焊槍				陽光下(聚焦)			
冷端	空氣中				空氣中			
熱端溫度 $T_h(^{\circ}\text{C})$	38.2 ^a	37.0 ^b	35.8 ^c	35.0 ^d	40.3 ^a	36.4 ^b	34.9 ^c	34.2 ^d
冷端溫度 $T_c(^{\circ}\text{C})$	34.0				33.5			
溫差 $T_h - T_c(^{\circ}\text{C})$	4.2	3.0	1.8	1.0	6.8	2.9	1.4	0.7
電壓值(mV)	12.5				8.8			

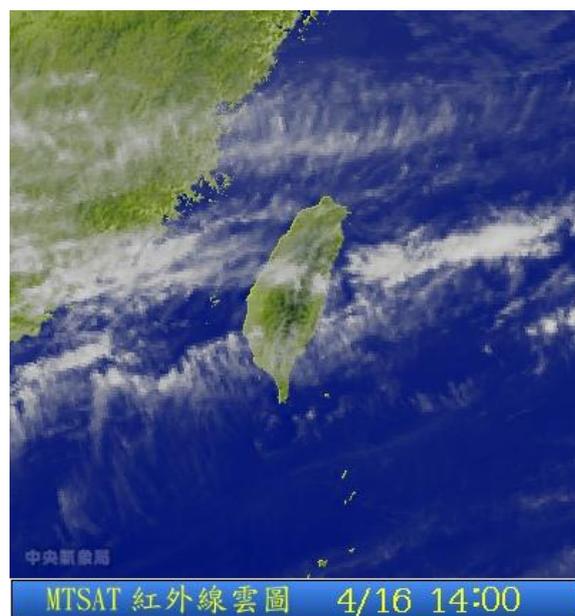
1. 冷端放置於角架上

2. a、b、c、d 分別為距中心 1cm、2cm、3cm、4cm 處之溫度

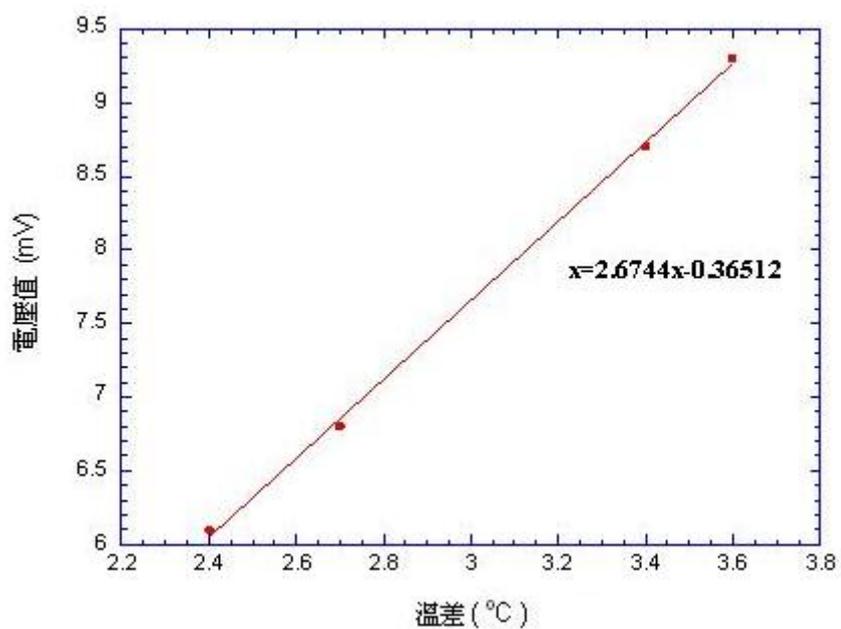
3. 各裝置中心溫度均大於 200^oC

表八 4 月 16 日 14 時中央氣象局最新天氣資料[5]

地點	澎湖
風向	西南西
風力(級)	2
溫度(^o C)	28.6
相對溼度(%)	71.3
海平面氣壓(百帕)	1007.6
天氣現象	晴有靄
紫外線	8



圖二十七、4月16日14時的衛星雲圖(摘自中央氣象局網站[5])



圖二十八 冷熱端溫差 ΔT 對元件產生的電壓值之關係圖

焦多，導致熱電元件產生較大的電壓值；至於 1cm 處聚焦下溫度較高，可能是因為聚焦下的受熱面積較大；冷端的溫度易受熱端能量的影響，如果能量愈大，則冷端溫度容易因熱端影響而上升，所以放大鏡聚焦下裝置的冷端溫度相對較低；從利用冰箱馬達為熱源的裝置(較大範圍受熱)可以看出，兩端只差了 10.8°C 的溫差，竟產生了 28.3mV 的電壓，這顯示若使熱端均勻的受熱，可使熱流不易傳至冷端，必定會使元件產生較大的電能。

四、探討加裝銅片是否能增加發電效率

表九為在各地點不同熱源所產生之電壓值，在實驗過程中，發現達到熱平衡後，維持此狀態的時間較長，顯示熱源的熱經由銅片傳導，使得熱更均勻的擴散於熱端，值得注意的是，除了利用太陽光聚焦的裝置外，所有裝置的電壓值均大於熱端未加銅片的裝置，而且此電壓值較為穩定。在焊槍的裝置中發現，熱端邊緣與冷端的溫差較未裝銅片時大(0.9°C > 0.6°C)，表示加裝銅片可使熱源的熱流大多在熱端均勻的擴散，而不易滲透進入冷端，所以導致兩端具有較大的溫度差，提升了熱電發電的效能；而利用太陽光聚焦的裝置加裝銅片後，可發現加裝銅片後的溫差由 0.3°C 降低為 0.1°C(比較表六與表九)，推測可能是因為太陽光聚焦後的能量較小，而無法使熱傳導至氧化鋁板，所以導致發電值降低。

表十為 4 月 16 日各時在陽光下(廣焦)所產生之電壓值，表十二為當日的氣象資訊，圖二十九至圖三十二為 4 月 16 日各時的紅外線衛星雲圖，元件所產生的電壓值隨著紫外線強度降低而降低，圖二十八為冷熱端溫差 ΔT 對元件產生的電壓值之關係圖，圖中顯示此元件的電壓值與溫度差約略成正比，而數據上指出斜率為 2.6744(代表溫度差 1°C，會造成約 2.7mV 電壓值)，亦謂如果兩端的溫度差提高至 673°C，則可以驅動本實驗的充電電池裝置。

表十一為 4 月 16 日各時在陽光下(聚焦)所產生之電壓值，其電壓值隨著銅片邊緣與冷端的溫度差增加而增加，亦謂冷熱兩端的溫差增加而導致元件具有更高的電壓值。比較 4 月 16 日 14 至 17 時，未裝銅片元件熱端邊緣與冷端的溫差為 3.0°C(表六一廣焦)，而加裝銅片後的溫差增加至 3.6°C(表九一廣焦)，電壓值由 7.3mV 提升至 9.3mV，顯示加裝銅片後可以使兩端的溫差增加，而導致電壓值上升；但如果所給予熱端的熱能太弱，反而銅片會致使熱散失掉而降低發電效果。

表九 4月16日14時各地點不同熱源所產生之電壓值(加裝銅片)

地點	室內			室內	室外			室外		
熱源	焊槍			冰箱馬達	陽光下(廣焦)			陽光下(聚焦)		
冷端(散熱片)	地面			空氣	地面			地面		
熱端溫度 T_h ($^{\circ}\text{C}$)	>200 ^a	43.4 ^c	34.4 ^b	42.8	32.6 ^a	32.6 ^c	31.5 ^b	>200 ^a	29.8 ^c	28.7 ^b
冷端溫度 T_c ($^{\circ}\text{C}$)	33.5			30.3	29.0			28.6		
電壓值(mV)	69.6			33.5	9.3			8.5		

放大鏡為直徑9cm玻璃製，室內溫度28.0 $^{\circ}\text{C}$

^a為中心位置之溫度(受限於溫度計的範圍) ^b為熱端氧化鋁板邊緣的溫度

^c為熱端銅片邊緣的溫度

表十 4月16日各時在陽光下(廣焦)熱端加銅片所產生之電壓值

編號	A	B	C	D
時間	14:00	15:00	16:00	17:00
熱端溫度 T_h ($^{\circ}\text{C}$)	32.6	32.2	29.8	29.3
冷端溫度 T_c ($^{\circ}\text{C}$)	29.0	28.8	27.1	26.9
冷熱端溫差 ΔT ($^{\circ}\text{C}$)	3.6	3.4	2.7	2.4
電壓值(mV)	9.3	8.7	6.8	6.1

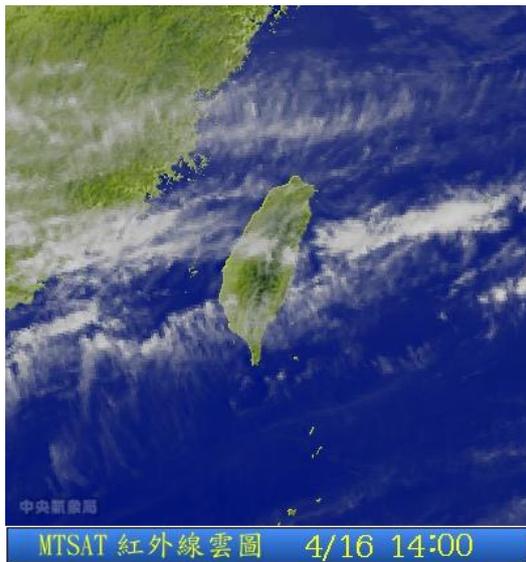
表十一 4月16日各時在陽光下(聚焦)所產生之電壓值

時間	14:00		15:00		16:00		17:00	
熱端溫度 T_h ($^{\circ}\text{C}$)	>200 ^a	29.8 ^b	>200 ^a	29.1 ^b	>200 ^a	27.8 ^b	>200 ^a	27.4 ^b
冷端溫度 T_c ($^{\circ}\text{C}$)	28.6		28.1		26.9		26.6	
電壓值(mV)	8.5		8.0		6.9		6.3	

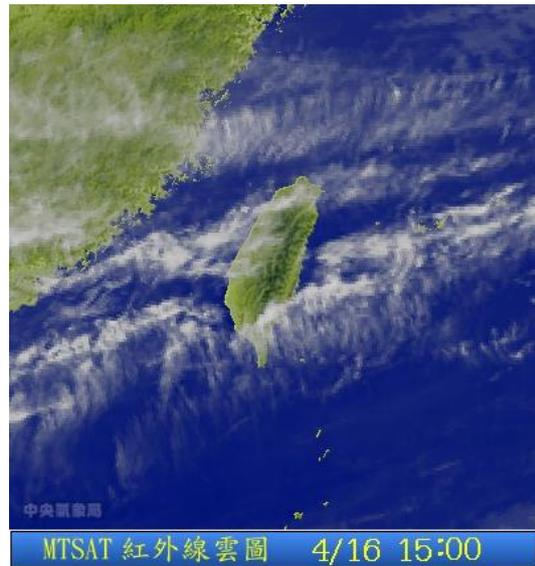
^a為中心位置之溫度(受限於溫度計的範圍)，^b為熱端銅片邊緣的溫度

表十二 4月16日中央氣象局最新天氣資料[5]

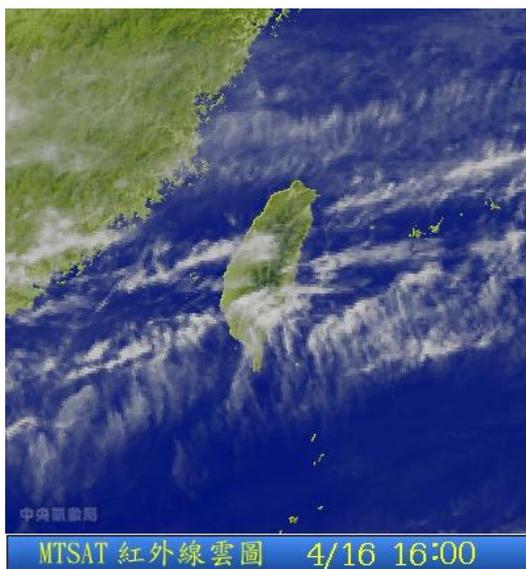
觀測時間	14:00	15:00	16:00	17:00
風向	西南西	西南西	西南西	西南
風力(級)	2	2	1	1
溫度($^{\circ}\text{C}$)	28.6	27.5	26.7	26.0
累積雨量(毫米)	0.0	0.0	0.0	0.0
天氣現象	晴有靄	晴有靄	晴有靄	晴有靄
紫外線	8	7	5	3



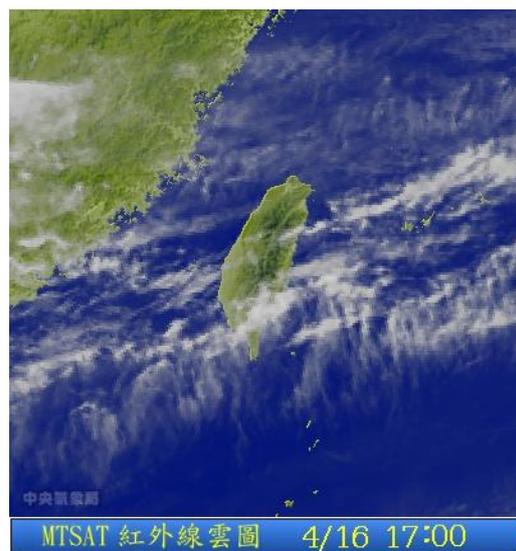
圖二十九、4月16日14時的衛星雲圖
自中央氣象局網站[5]



圖三十、4月16日15時的衛星雲圖(摘
自中央氣象局網站[5])



圖三十一、4月16日16時的衛星雲圖
圖(摘自中央氣象局網站[5])



圖三十二、4月16日17時的衛星雲
圖(摘自中央氣象局網站[5])

五、利用廢熱發電

利用廢熱發電模型裝置如圖十八，將元件放置於鍋蓋的上方，利用廢熱加熱元件熱端，其熱端溫度大於 200°C，冷端溫度為 47.8°C，所產生的電壓值為 0.50V；若將元件擺放至類似鍋爐等廢熱的出口處，便可將低等廢熱產生電能，此方式對於節約能源及有效利用能源方面有很大的貢獻。

柒、 結論

元件發電效果隨著紫外線指數的上升而變大，地面氣溫會影響冷端的溫度，而導致兩端溫差的改變，由於室外太陽光易受到雲層及風的影響，若結合太陽光來加熱元件，則元件的電壓值會隨著時間而變動，如果能搭配穩定的熱源及冷卻系統，便可解決變動性的電壓問題。利用放大鏡聚光具有較大的電壓值，而所有將冷端放置散熱片之電壓值均未有顯著的改善，可能是因為散熱片為熱導度較佳的材質，易吸收太陽光日照的熱，導致冷端的溫度上升，兩端的溫差變小而降低發電效率。

直徑較大的放大鏡產生的電壓值較大，從紅外線衛星雲圖可得知測量地點上空雲量，若雲層量較多，將造成實驗上的困難度較高，未來如能利用太陽集光器強化的太陽光加熱太陽能接受器裡的熱傳流體來提供熱電模組熱源，若要充份利用一日的日照量在未來的規畫裡可裝置太陽軌跡尋蹤器，可增加元件效率及穩定度。

以廢熱做為穩定的熱源對充電電池蓄電，這種新穎的充電方式確實可以對充電電池進行蓄電的工作，充電至第三小時後，充電電池的電壓增加至 0.30V。熱電元件至少要產生 1.8V(充電電池完全蓄滿電的電壓約為 1.2V+整流二極體消耗的電位差 0.6V=1.8V)的電壓值才能將充電電池蓄電完成，所以如果串聯四個相同的熱電元件(0.50V×4=2.0V)在此工作環境下將可達到此預期的結果。

焊槍與陽光下(聚焦)的情形均是熱源集中於中心，如果考慮熱電元件是由一顆顆小電池所組成的，就必需從每個小電池兩端的溫差來比較，假如熱由氧化鋁板中心擴散至最邊緣，比較熱端每 1cm 與冷端的溫差，發現焊槍無論受熱面積的大小，其溫差大的面積均比聚焦的裝置多，導致產生較高的電壓值，推論焊槍應具有較高的能量；冰箱馬達為較大範圍受熱裝置，兩端只差了 10.8°C 的溫差，竟產生了 28.3mV 的電壓，這顯示若使熱端均勻的受熱，必定會使元件產生較大的電能。

在實驗裝置加裝銅片，達到熱平衡後，維持此狀態的時間較長，顯示熱源的熱經由銅片傳導，使得熱更均勻的擴散於熱端，此電壓值較為穩定，而聚焦裝置電壓變小推論是因為熱源的能量較小。熱電元件電壓值與溫度差約略成正比，而數據上指出斜率為 2.6744，亦謂如果兩端的溫度差提高至 673 °C，則可以驅動本實驗的充電電池裝置。

利用廢熱加熱元件熱端，所產生的電壓值為 0.50V；若將元件擺放至類似鍋爐等廢熱的出口處，便可將低等廢熱產生電能，此方式對於節約能源及有效利用能源方面有很大的貢獻。生活中有許多能量最終都以熱能的方式散失至大氣中，若能有效地加以利用，相信對於你我生活的環境必定會大為改善。

捌、 參考資料

- [1] A. G. McNaughton, CRC Handbook of Thermoelectrics, ed. by D. M. Rowe, CRC Press, New York (1995), p459-469.
- [2] 李欣哲，“再生能源在澎湖的展望”，92 年 10 月，親子風車科學行：竹北天隆造紙廠春風風力發電系統之旅。
- [3] 南一出版社 自然與生活科技課本第六冊
- [4] 電子致冷器的應用技巧與驅動電路，
<http://www.eedesign.com.tw/article/forum/fo671.htm>
- [5] 中央氣象局全球資訊網，<http://www.cwb.gov.tw/index.htm>

【評 語】 031617 熱電發電的探討及熱電元件之新應用

優：此作品原意的應用價值非常高。

缺：1.數據處理能力有待加強，原始數據建議放在附錄。

2.學生對作品的了解不夠。