

# 中華民國第 63 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(一)

第三名

032816

一兼二顧~摸蛤蜊兼洗褲之太陽能強效裝置

學校名稱：高雄市立正興國民中學

作者：  國一 吳承鴻  國一 高紹凱  國一 蕭旖瑄	指導老師：  蔡仲凱  鍾志俊
---	-----------------------------

關鍵詞：太陽能發電、熱能回收、發電效能

## 摘要

太陽能是永續乾淨的能源，但由於太陽能光電板的溫度每上升  $1^{\circ}\text{C}$  會使發電功率下降約  $0.35\sim 0.5\%$ 。在台灣夏天高溫炎熱，導致發電功率下降許多。我們開發了一組太陽能板散熱系統，透過適當的管路設計導引冷水，不僅有效地降低太陽能板的溫度，避免其光電轉換效率下降，更同時得到溫熱的用水。

經由本研究使用小型的太陽能板搭配金屬管製作散熱模組來評估，若以  $0.1\text{L}/\text{min}$  的流速，可將流過的水至少升溫  $10^{\circ}\text{C}$ ，若能放大到 20 坪屋頂所能安裝的太陽能板面積，可產生約 3528 公升、 $40^{\circ}\text{C}$  的溫熱水，足以提供標準家庭一日之用水，並且由實驗證明本研究設計的散熱模組，可實際將太陽能板進行降溫，改善輸出發電功率的下降百分比達 20%。

## 壹、研究動機

隨著全球暖化日益嚴重與傳統能源快速耗竭，世界各主要國家莫不將節能減碳列為施政重點方向，進行能源戰略布局，以綠色能源作為驅動經濟發展的新引擎。為提升我國能源自主，以及達成非核家園願景，政府正全力發展低碳的再生能源，期望於 114 年達成綠能占總發電量 20% 的政策目標，其中太陽光電累積裝置容量目標為 20 GW (GW 為電量單位)。太陽能是可再生、永續、乾淨的能源，不僅可應用在電廠，亦適合用在住宅發電。經濟部於 106 年 10 月啟動「綠能屋頂全民參與」推動方案，期打造綠能屋頂，美化市容景觀，建立分散式自發自用乾淨能源，改善空氣空污與降低 PM 2.5，全民一起逐步達成非核家園目標。今年暑假看到媒體引述外媒報導指出，歐洲連日高溫與熱浪，可能會阻礙太陽能板發電。新聞中說明了太陽能板是在理想溫度 (25°C) 的氣溫下測試效能，而這也是最佳發電條件。若高於這個溫度，太陽能板的發電效率會開始下降。原來是因為廠商為了統一評估太陽能板的發電效果，規範標準的測試條件為 25 °C、照度 1000 W/m<sup>2</sup>，AM 1.5 標準光譜之情境[1]。所以太陽能板的溫度每上升 1 °C 會導致輸出功率下降 0.35~0.5% [2]。台灣夏天溫度高，太陽能板的表面溫度甚至超過 65 °C，換算下來，發電功率可能會降低 13~18%。因此，我們開始思考，面對太陽能如此強大的輻射熱，有沒有什麼措施或是技術，可以用來改善避免降低太陽能板的轉換效率呢？

我們想到在夏天的生活經驗，沒錯!! 就是晚上洗澡的時候好像可以不需要開到熱水開關，就會有溫熱的洗澡水。家中的蓄水塔在經過一天的太陽曝曬之後，水溫都被提高了。如果我們可以利用適當的管路設計，將冷水導引在太陽能光電板的位置進行降溫，有沒有可能不僅降低了太陽能板的溫度，又同時獲取到溫熱的水提供家庭使用呢？因此，經過我們數次的小組討論之後，決定要來好好的研究這個方案。

我們從先前研究中搜尋到，已經很多關於針對太陽能板散熱與發電效率提升的研究[3-6]，其中也有針對太陽能光散熱的方式進行比較[7]，其獲得之熱電總功率由高到低依序為：背面強制水冷>背面水熱對流>正面強制水冷>背面散熱鰭片空氣冷卻>無冷卻狀態。根據上述的研究結論，從背面進行水冷確實為增加光電板效率極佳的做法，不過因為我們的想法並不想增加額外的耗能，所以我們不考慮用強制水冷的方式，於是背面水熱對流的光電板散熱方式將成為本次的研究方向。

## 貳、研究目的

- 一、探討太陽能板的原理。
- 二、探討太陽能板的效率與相關影響。
- 三、探討熱交換器之熱流、熱量與設計結構。
- 四、探討開發合適的管路結構。
- 五、探討合適的控制變因。
- 六、綜合分析比較生活應用之可能性。

## 參、研究設備及器材

### 一、設備與材料:

設備名稱	材料名稱
太陽能光電板(30 W)	PVC 水管
鋁擠型支架	銅管
雷切機	密集板(纖維板)
節流閥	3D 列印配件
數位式溫度計	散熱膏
太陽光照度計	矽利康填縫劑
太陽能板 MPPT 功率計	

## 肆、研究過程及方法

### 一、 文獻探討與原理

#### (一) 太陽能板發電原理

人類轉換太陽能的方法有兩種，一種是轉換光能，一種是收集熱能。收集熱能最常見的就是居家屋頂的太陽能熱水器，在國外地區則有將太陽熱能透過大區域面鏡集中後加熱產生蒸氣驅動渦輪發電機的作法。而轉換光能的做法，生活中小到如計算機、電子錶，大到像是居家發電用甚至是大型電廠使用的太陽能光電板，就是直接將光能直接轉換為電能。

一般人對太陽能光電板比較耳熟能詳，其發電原理是將太陽光照射在太陽能電池上，使太陽能電池吸收太陽光能透過半導體使其產生電，同時分離電子與電洞而形成電壓降，再經由導線傳輸至負載。簡單的說，太陽光電的發電原理，是利用太陽能電池吸收的太陽光(主要波長範圍為  $0.3\mu\text{m}\sim 0.7\mu\text{m}$ )，將光能直接轉變成電能輸出的一種發電方式。由於太陽能電池產生的電是直流電，因此若需提供電力給家電用品或售電給電力公司，需加裝直/交流轉換器，將直流電轉換成交流電，才能供電至家庭用電或併聯至市電網路。

矽是太陽能電池之主要材料，在市場上又區分為單晶矽、多晶矽以及非晶矽等種類，其中單晶的效率最高，非晶價格最便宜。在價格與效能的考量下，廠商模組封裝的光電應用板材多以多晶矽為主。關於太陽能光電板的材料發展、發電原理..等內容實在太多，而由於本研究並非探討如何改善及精進光電板的方法，因此在此就不多做贅述。

#### (二) 影響太陽能光電系統發電量的因素

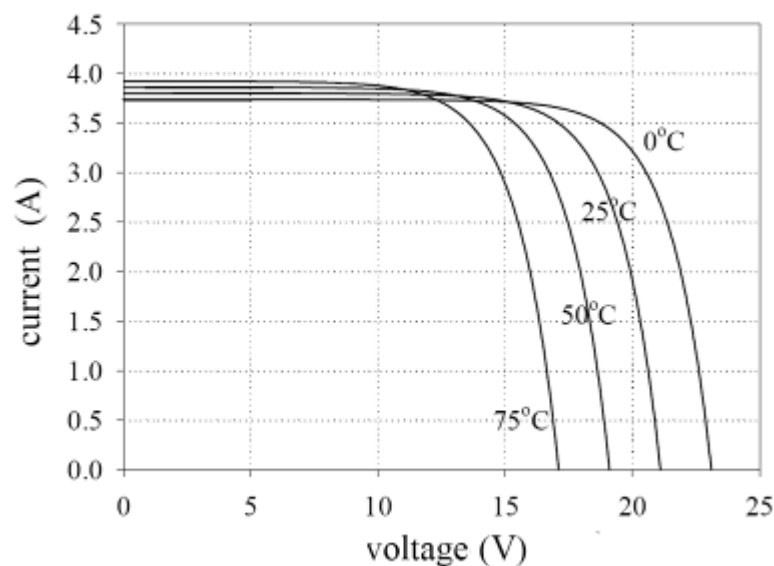
- (1) 日照量：系統的年發電量 = 年平均太陽輻射總量 $\times$ 電池總面積 $\times$ 光電轉換效率。因此太陽能發電量與日照強度、日照時間成正比，因此發電量在陽光充足的夏日、日照時間長的低緯度地區成效較佳。
- (2) 太陽能板功率與品質：太陽能的發電過程中，電板的運作功率會直接影響發電成效。其中半導體材料的用料品質最為重要，選擇廉價或小廠產品，經常在安裝後幾個月後就發生功率異常下降，無法達到預期發電量。
- (3) 設備狀況：光伏逆變器的效能、輸電系統的電阻，會影響電板所生產的電量，並造成輸送時能量的耗損。
- (4) 遮陰：如果太陽光電板照不到太陽就無法發電，此在選址與布置規劃時即應加以排除。此外，陰影遮擋會造成「熱斑效應」，被遮擋部分組件將不提供功率貢獻並在組件內部成為耗能負載，同時造成組件局部溫度升高，過熱區域可引起 EVA 老化變黃，使該區域透光率下降，從而使熱斑進一步惡化，影響整體發電。
- (5) 太陽光電板安裝排熱性不佳：模板溫度每增加一度，太陽光電板之效率將

降低 0.35%~0.5%，系統應有良好的散熱設計。

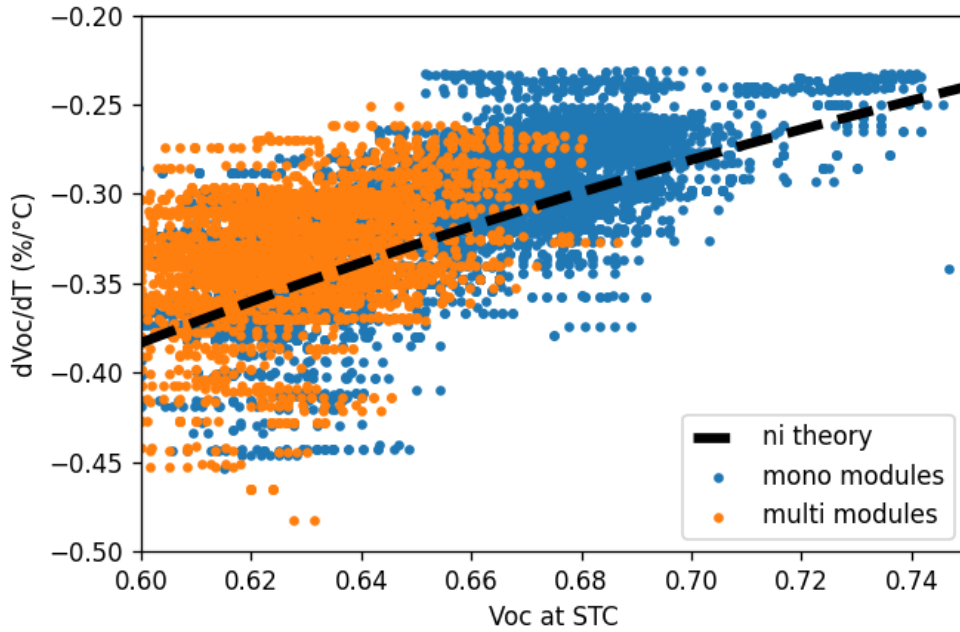
- (6) 施工品質不良：接點與接頭接觸不良，甚至有電線外露等狀況，也會增加系統故障機率，進而降低發電效能。
- (7) 管線配置與匹配不佳：每個場所之線路長度不同，配線過長，或是使用線徑不足的電線，將會因阻抗而導致壓降，使得傳遞的電力下降。
- (8) 灰塵或髒汙影響：根據統計，灰塵造成的陰影可能造成高達 30% 的功率損失。一般家用除應定期清洗表面之外，若有發電量異常減損也應前往檢查是否有灰塵蒙蓋或鳥類排泄物造成髒汙；大型太陽能電場若設於落塵量高的區域(場址考量)，更應裝設清洗裝置定期清洗灰塵，不可因小失大。

### (三) 散熱增能之太陽能光電板概念

如圖一所示為太陽能電池的電壓電流特性曲線與不同環境溫度之關係，可以看出在太陽能電池中，受溫度升高影響最大的參數是開路電壓。圖二則是美國加州電力委員會(CEC)之數據報告，可以看出太陽能電池開路電壓( $V_{OC}$ )隨溫度的變化與理論所計算的本質載子濃度( $n_i$ )是一致的。換句話說，太陽能電池的性能隨著溫度的升高而降低，原因是由於載子濃度增加而導致內部載子復合率增加，而改變了電池的開路電壓[8]。然而雖然太陽能板受溫升影響而降低效率，但也因為台灣的夏季日照時間最長，所以即便扣除因為高溫所導致約 13~18% 的發電功率下降影響，台灣夏季平均每日發電量仍高於冬季 40-60%[9]。但對於高溫所降低的太陽能轉換效率，有沒有什麼措施或是技術可以來因應呢？常見的做法有在太陽能板架設時，預留下方的空間給空氣流通；也就是在屋頂施作時，應避免貼平烤漆板，盡量以自然風散熱，降低太陽能板溫度。此外，廠商也持續地研發更不易受溫升影響發電效率的太陽能電池[10]。

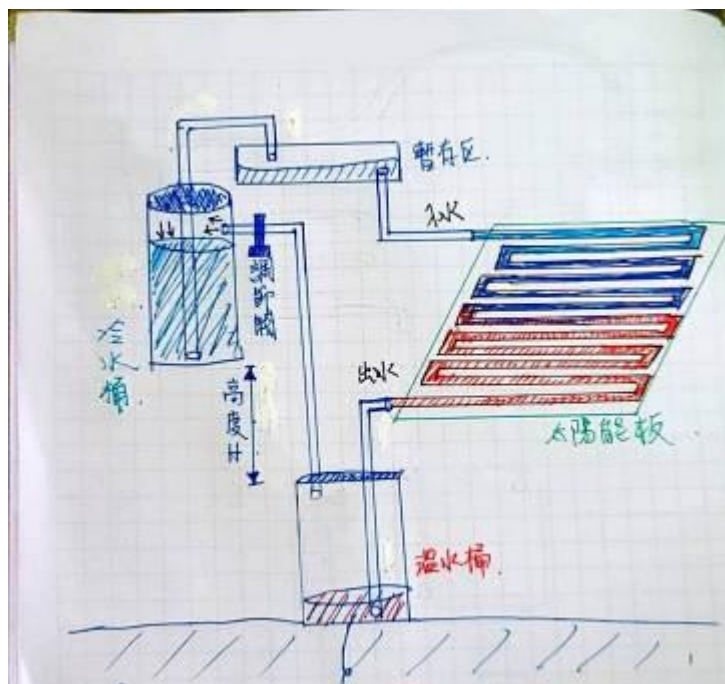


圖一、太陽能電池特性曲線與溫度的關係



圖二、開路電壓( $V_{oc}$ )與本質載子濃度( $n_i$ )隨溫度變化的比較

除此之外，還能夠再有其他解決的方法嗎?!我們就想到在夏天的時候，因為家裡在頂樓的水塔經過一天的太陽曝曬之後而提高了水溫[11]。如果我們可以利用適當的管路設計，將冷水導引在太陽能光電板的位置進行降溫，有沒有可能不僅降低了太陽能板的溫度，又同時獲取到溫熱的水提供家庭使用呢?因此，經過我們數次的小組討論之後，決定要來好好的研究這個能夠「散熱增能」之太陽能光電板，構想圖如圖一所示。



圖三、「散熱增能」之太陽能光電板系統示意圖

#### (四) 太陽能熱水系統

太陽能熱水系統很安全，不易損壞，而且相對一般熱水器(用瓦斯或電能)，較沒有使用安全的問題。太陽能熱水器裝在屋頂上不會佔用任何室內空間，壽命至少在十年以上，而且因為熱源是免費的太陽能，所以十分符合經濟成本效益。太陽能熱水系統的構造主要是由集熱器、儲水槽(桶)、管路和控制系統等四部份構成。而太陽能熱水系統以及加熱循環方式，可區分為自然循環式、強制循環式以及儲置式等三種系統。以下做簡單的介紹：

##### (1) 自然循環式：

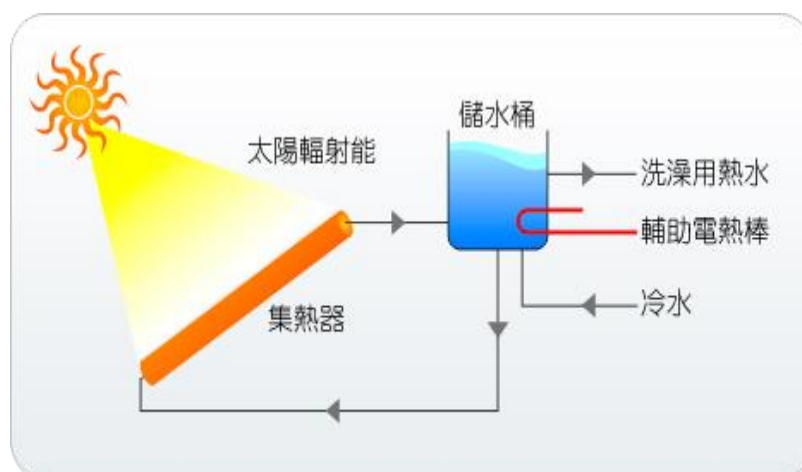
集熱器內的工作流體，吸收太陽輻射熱，流體溫度升高，密度變小會往上升至儲水桶，儲水桶內較冷的水往下流至集熱器，產生自然對流循環而將儲水桶內的水加熱的裝置，最終使保溫桶內的熱水溫度達到洗澡所需的溫度，若有不足再輔以電熱升溫，此種型式絕大部份用在小型家用熱水系統。

##### (2) 強制循環式：

當集熱器因太陽照射使水溫上升到比儲熱桶內水溫高出所的設定條件後，藉溫差控制器啟動循環馬達，使熱水迴路強制循環，將集熱器裡的熱水帶回儲熱桶內，而將儲熱桶裡的冷水帶到集熱器裡加熱，如此不斷的循環，不斷的加熱儲熱桶裡的水，強制式主要被用於大型太陽能熱水系統。

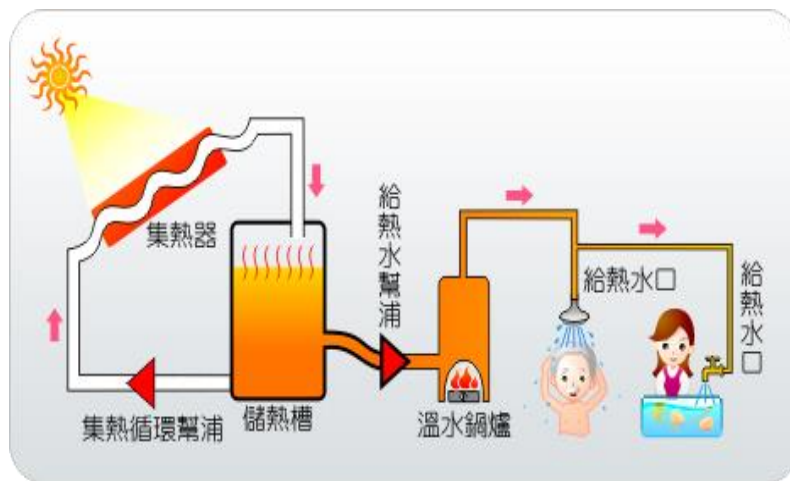
##### (3) 儲置式：

把集熱器和儲水桶合而為一的太陽能熱水器，儲水桶本身不只有儲水功能，同時又具有收集太陽熱能功用之裝置。此種裝置構造簡單，價格低廉但集熱效率較低，適用於日射量充足的地方。

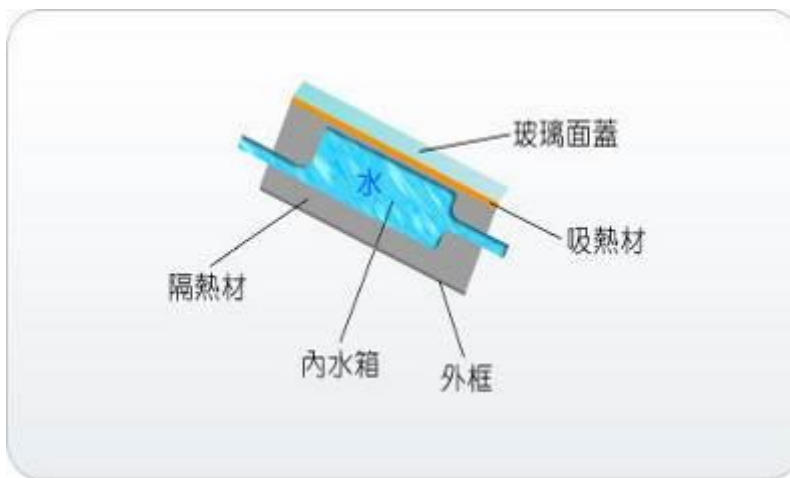


(a)





(b)



(c)

圖四、(a)自然循環式 (b)強制循環式 (c)儲置式太陽能熱水系統示意圖

## 二、 研究流程

- (一) 結構製作與組裝
- (二) 降溫效果測試
- (三) 模型放大效果推估
- (四) 應用面不同考量之討論

### 三、 研究過程

#### 研究一：冷卻管路連結之結構製作

一、 實驗器材：銅管、防水膠布、矽利康填縫劑、3D印表機。

二、 實驗步驟：

(一)3D印表機製作連接結構件。

(二)鋪設冷卻用銅管。

(三)將冷卻用銅管塞入轉接結構。

(四)將冷卻用銅管以防水膠布纏繞後塞入轉接結構。

(五)將冷卻用銅管以防水膠布纏繞塞入轉接結構後再以防水膠加強防漏。

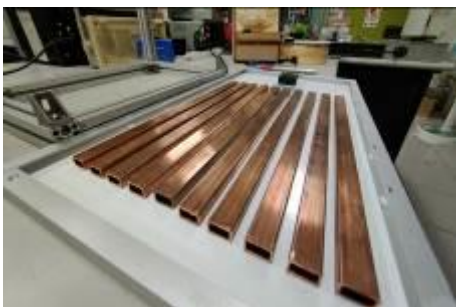
實驗步驟與裝置圖示如下：



圖五、3D 印表機製作結構支撐



圖六、3D 印表機製作結構膨脹



圖七、鋪設冷卻用銅管



圖八、銅管塞入轉接結構(未密封阻水)



圖九、以防水膠布纏繞銅管

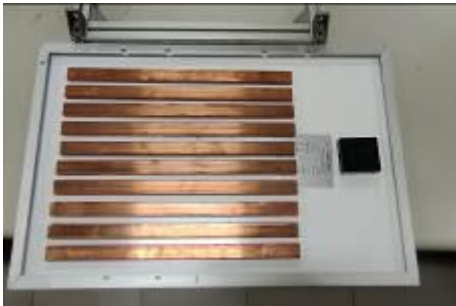


圖十、銅管塞入轉接結構(膠布密封阻水)



圖十一、銅管塞入轉接結構(膠布+填縫劑密封阻水)

### 實驗結果：



圖十二、冷卻管路擺放位置



圖十三、完成連接之冷卻管路擺放位置

### 【結論】

1. 散熱、導熱第一名的金屬材料依序是銀，再來是銅和金。上述三者，日常生活較容易取得的散熱材料為銅管，但若考慮到材料成本，廠商可能會再退而求其次以鋁材替代。(金屬按導熱性大小排列：銀 (Ag)、銅(Cu)、金(Au)、鋁(Al)、...)，考量效率並不計成本的話，冷卻用管件便挑選銅材質為優選。
2. 利用 3D 印表機所製作的連接結構件，必須控制列印的速度以及溫度，否則會有翹曲、破裂的問題。
3. 僅使用防水膠布進行防水仍會有漏水問題，必須再加矽利康防水膠。

## 研究二：冷卻管路結構與光電板結合

一、實驗器材：密集板、雷切機、角鋼。

二、實驗步驟：

(一)冷卻管路與光電板之縫隙。

(二)塗抹導熱膏。

(三)冷卻管路放置擺放光電板。

(四)固鎖密集板支架。

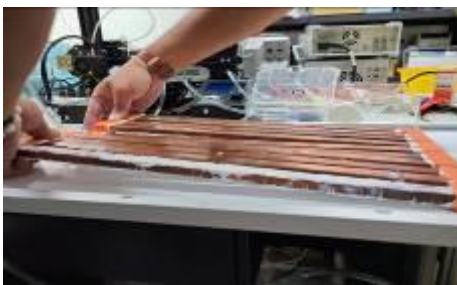
實驗步驟與裝置圖示如下：



圖十四、管路與光電板之縫隙



圖十五、導熱膏塗抹狀況



圖十六、冷卻管路擺放



圖十七、固鎖密集板支架



圖十八、固鎖密集板支架狀態



圖十九、初版裝置擺放狀況

### 【結論】

1. 由於冷卻管路與光電板之間會有縫隙，為**加強散熱效果**，在冷卻管路與光電板之間需**塗抹散熱膏**。散熱膏主要有兩個作用，一是導熱、二是填補空隙，因此散熱膏呈油脂膏狀。大多數散熱膏是由液體基質和導熱填料組成，組成材料不同的散熱膏種類不同，性質也不同，粘稠度、導熱係數及其它性質也會依此改變。最常用的散熱膏以有機矽作為液體基質，以金屬氧化物作為導熱填料，比較粘稠，可以輕鬆且均勻地塗抹。
2. 光電板以正面向光，由於**整個冷卻管路結構重量不輕**，必須想方法固定。
3. 以**雷雕機切割密集板作為支架**，但是**強度不足**，會導致與光電板之間的縫隙。

### 研究三：結構組裝

- 一、 實驗器材：鋁擠型支架、角鋼。
- 二、 實驗步驟：
  - (一) 鋁擠型支架組合安裝。
  - (二) 固鎖角鋼支架。
  - (三) 擺放光電板。
  - (四) 架設熱源(鹵素燈)。
  - (五) 固定熱電偶測量溫度。
  - (六) 架設水線並進行測試。

實驗步驟與裝置圖示如下：



圖二十、鋁擠型支架組合安裝



圖二十一、支架與光電板架設



圖二十二、光電板擺放



圖二十三、固鎖角鋼支架



圖二十四、擺放光電板與鹵素燈熱源



圖二十五、光電板溫度測量



圖二十六、出水口溫度測量



圖二十七、數字型溫度計

實驗結果：

由於成品製作期間偶遇下雨，讓我們擔心進行實驗的日照條件，經過幾番思考，我們想到可以利用冬天在用的暖爐(鹵素燈)來做為熱源。經過光電板的烘烤溫度測量，也能夠達到溫度 70 °C 的條件，符合我們這個研究動機的需求：「需要降溫的太陽光電板」。

#### 【結論】

1. 以鋁擠型支架作為支撐穩固性佳。
2. 改以角鋼作為支架固鎖，強度夠。
3. 架設暖爐(鹵素燈)來做為熱源，光電板的溫度可以超過 70 °C。
4. 使用水桶架設於上方處，利用高度差進行無動力供水，順利完成水路測試。
5. 光電板、入水口以及出水口共三處所架設的數字型溫度計均能正常讀取。

## 研究四：流速測試

一、實驗器材：水桶、調節閥、吊秤。

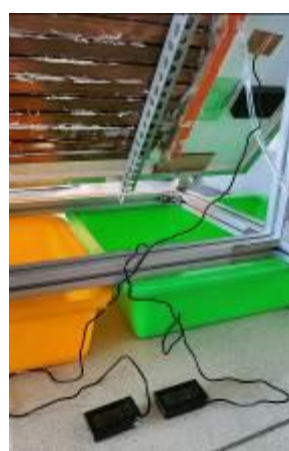
二、實驗步驟：

- (一) 將冷卻管路結構與光電板組合安裝。
- (二) 固鎖角鋼支架。
- (三) 擺放水桶與光電板並固定高度及位置。
- (四) 架設連接水管。
- (五) 透過調節閥控制，並同步計時。
- (六) 計時且記錄流出水量，每次結束以吊秤估算水量。

實驗裝置圖示如下：



圖二十八、架設水線並進行測試

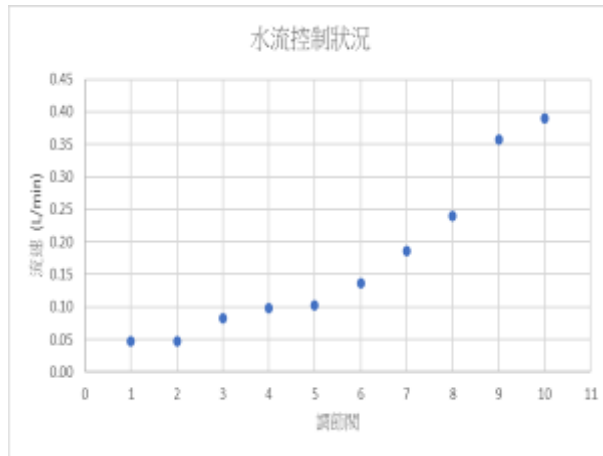


圖二十九、裝置架設圖

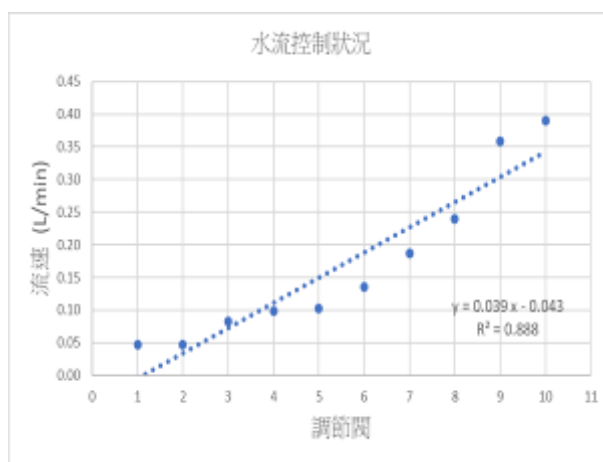
實驗結果：

進行數據分析時需要作圖或是進一步求出線性回歸直線的斜率，以取得數據之間的相互關係。因此我們使用了 Excel 程式，並進一步利用「加上趨勢線」的功能製作線性回歸直線及求出線性回歸直線的斜率。本研究以調節閥控制水流量所得到的不同流速如下圖三十所示，進一步以線性回歸取得的直線即為圖三十一的虛線，其線性方程式為  $y = 0.039x - 0.043$ ，從直線方程式可得知此趨勢線的斜率為 0.039，R2 值為 0.888。經詢問得知 R2 值越接近 1 表示此數據群的直線性越好。由於我們有發現實驗的時候記錄到前兩點的流速控制值是相同的，可能會影響線性度。因此我們將數據 1 捨去後重新再做一次計算，得到圖三十二，其線性方程式為  $y = 0.043x - 0.075$ ，果然 R2 值也提升為 0.906。

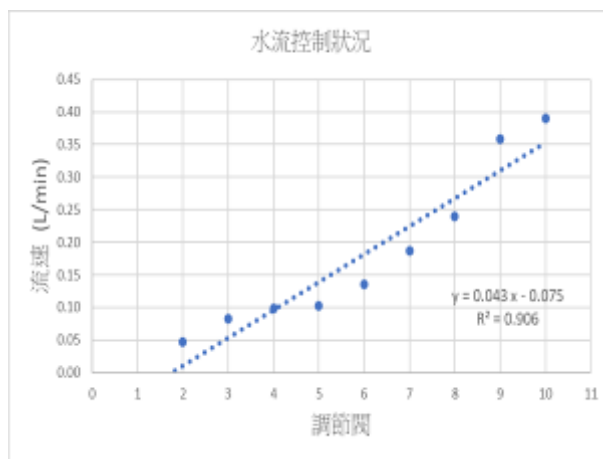




圖三十、流速對調節閥之關係圖



圖三十一、流速對調節閥之線性回歸關係圖



圖三十二、流速對調節閥之線性回歸關係圖(移除偏差點)

【結論】

1. 實驗發現流速會有差異，後來發現是因為高處水桶的水位降低，會導致水壓不同進而影響流速。因此後續我們安排一位專門負責隨時補水的人員，維持高處水桶的水位。
2. 從流速對調節閥之關係圖看來，兩者呈線性關係，不同的調節閥可穩定控制不同的流速，表示流速屬於可預測的參數。

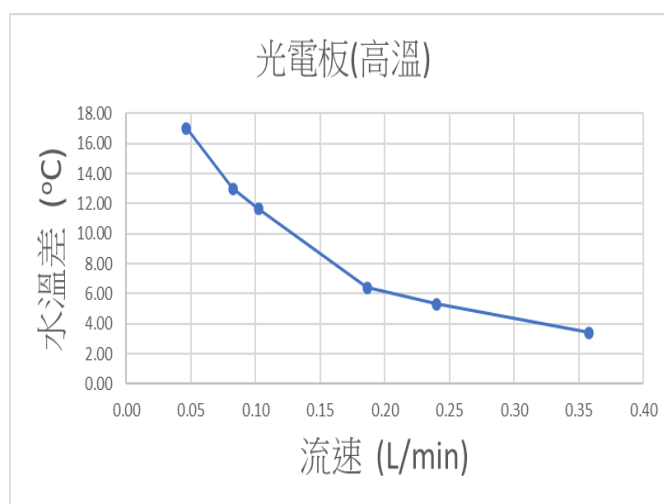
## 研究五：入、出水口水溫差之變化(區別熱源條件)

一、實驗器材：完整裝置。

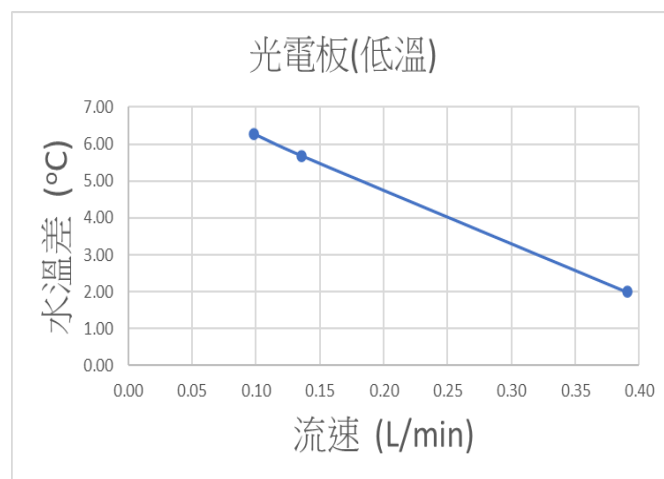
二、實驗步驟：

- (一) 調整調節閥控制不同流速。
- (二) 調整暖爐(鹵素燈)之功率強弱。
- (三) 區分低溫與高溫的熱源條件。

實驗結果：



圖三十三、高溫熱源條件下之流速對入、出水口之水溫差關係圖



圖三十四、低溫熱源條件下之流速對入、出水口之水溫差關係圖

### 【結論】

1. 原本考量到自然太陽光源隨時間會有溫度變化或是陰雨天，而改採鹵素燈作為熱源，但因為鹵素燈功率強度仍會隨著啟動時間而有變化，導致光電板被照射後溫度也會不同，因此我們以溫度變化量作為降溫效果優劣的判斷。
2. 由於原始光電板被照射後溫度約略區分低溫(45~48 °C)與高溫(55~64 °C)，由於降溫會與起始溫度有關聯，為避免造成混淆，便將低溫與高溫的條件分開繪圖。

3. 高溫熱源條件下，最慢的流速 0.05 (L/min)下可得入、出水口熱水升溫達 17 °C；最快的流速 0.36 (L/min)下可得入、出水口水溫差為 3.4 °C。
4. 低溫熱源條件下，流速 0.1 (L/min)可得水溫差為 6.3 °C；流速 0.39 (L/min)可得水溫差為 2 °C。
5. 流速在可控制最慢的條件下，可以得到最佳熱水升溫效果達 17 °C。

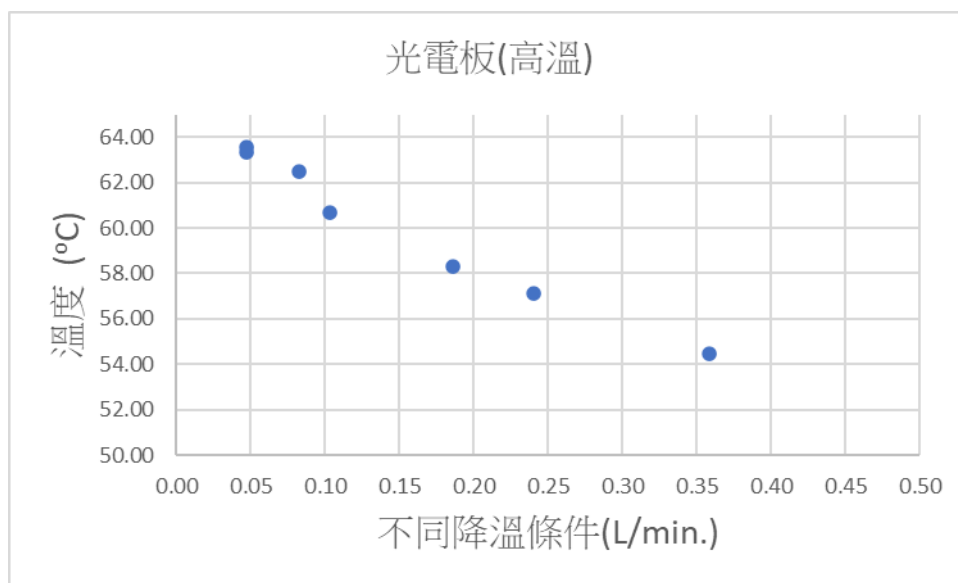
## 研究六：光電板降溫考量(區別熱源條件)

一、實驗器材：完整裝置

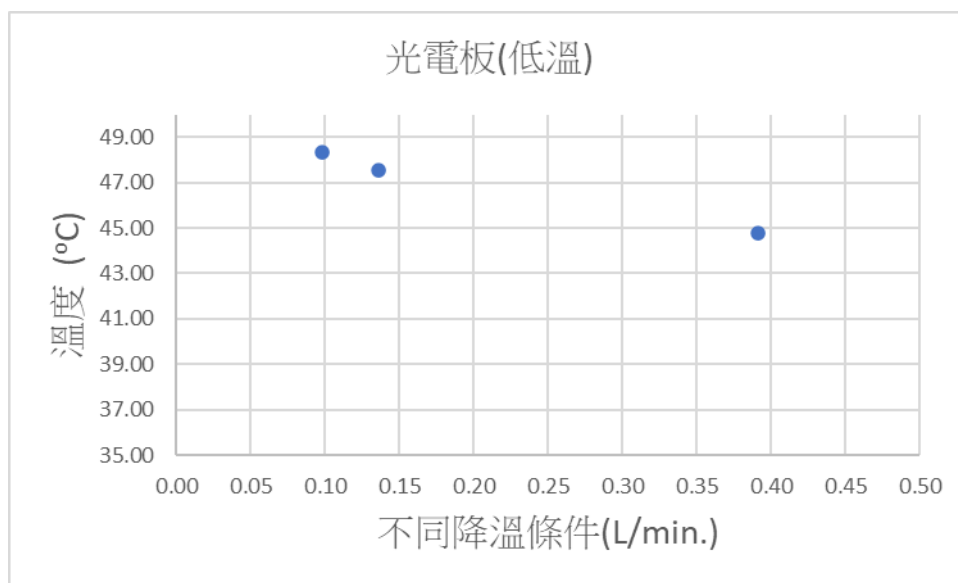
二、實驗步驟：

- (一) 調整調節閥控制不同流速
- (二) 調整暖爐(鹵素燈)之功率強弱
- (三) 區分低溫與高溫的熱源條件

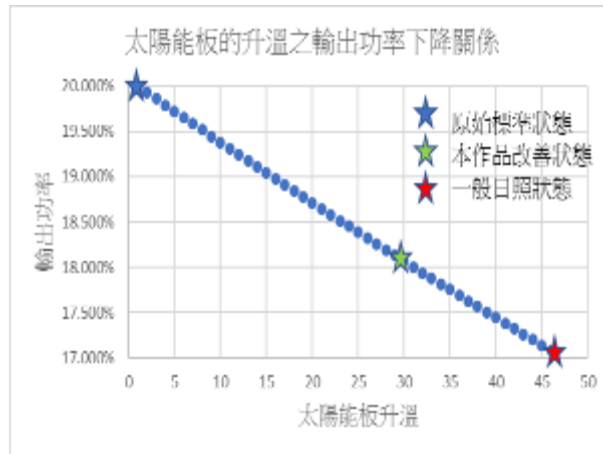
實驗結果：



圖三十五、高溫熱源條件光電板溫度與不同降溫條件（流速）之關係圖



圖三十六、低溫熱源條件光電板溫度與不同降溫條件（流速）之關係圖



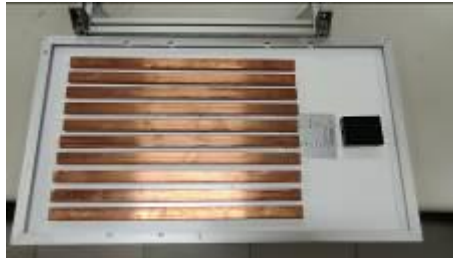
圖三十七、輸出功率對太陽能板的升溫關係圖

### 【結論】

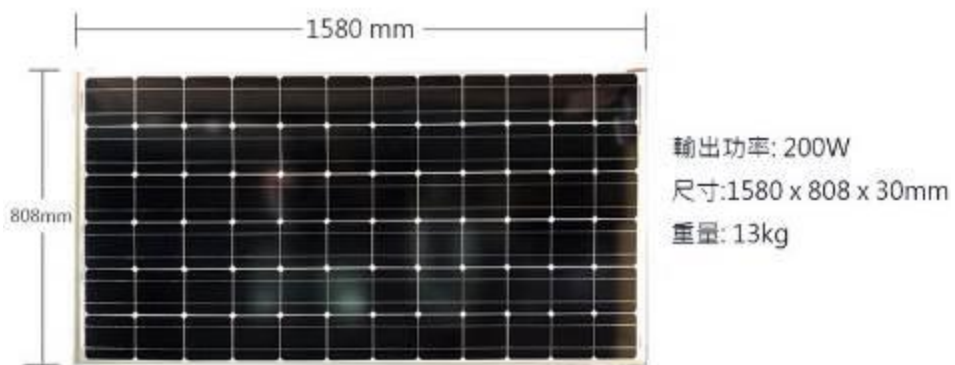
1. 高溫熱源條件下，在不同流速條件下光電板測得溫度最高為 63.6 °C，最低溫為 54.5 °C。
2. 低溫熱源條件下，在不同流速條件下光電板測得溫度最高為 48.3 °C，最低溫為 44.8 °C。
3. 太陽能板的溫度每上升 1 °C 會導致輸出功率下降 0.35~0.5% [2]，因此在假設初始溫度太陽能發電率 20.0% 下，繪製圖三十七、輸出功率對太陽能板的升溫關係圖。
4. 以光電板降溫需求面來看，在高溫熱源且可控制的最低流速的條件下，**可降低太陽能溫度到 54.5 °C**。
5. 若以光電板的原始溫度狀態(25 °C)比對達到日照**高溫狀態(70 °C)**，輸出功率對太陽能板升溫關係圖，顯示輸出功率從 **20.0%** 下降到 **17.0%**，大約**降低 3.0%**。
6. 若以光電板的原始溫度狀態(25 °C)與**降溫狀態(54.5 °C)**來看，依太陽能板的升溫與輸出功率下降關係圖，顯示輸出功率從 **20.0%** 下降到 **18.0%**，大約**降低 2.0%**，**改善功率下降 1.0%**，對於**改善太陽能板輸出功率下降百分比達 1.0%/3.0%=33%**。

## 研究七：熱水升溫需求考量暨放大因數估算

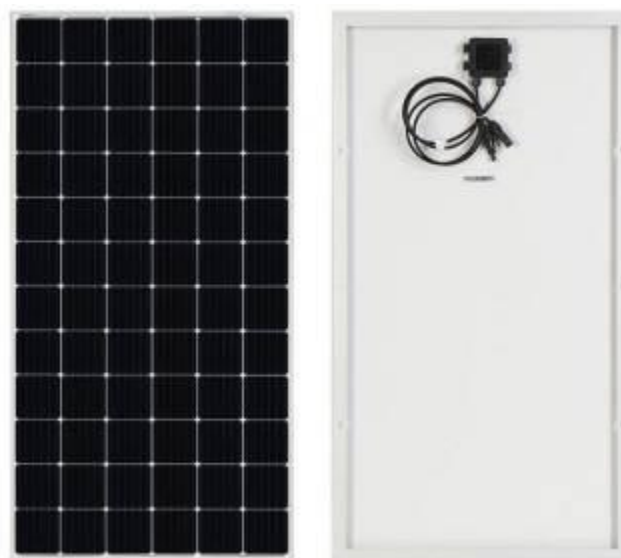
- 一、實驗器材：無。
- 二、實驗步驟：
  - (一)測量所製作之散熱結構尺寸。
  - (二)測量標準太陽能板之空白區域。



圖三十八、散熱結構



圖三十九、200W 太陽能板



圖四十、200W 太陽能板之正、背面

實驗結果：

本實驗所製作的散熱結構裝置與標準太陽能板分別如圖三十八、圖三十九及圖四十所示，由於我們的散熱裝置面積僅為 30 cm×50 cm，而一般常見的 200W 太陽能板，其外觀尺寸是 158 cm × 80 cm。若扣除掉邊框以及接線盒，有效能夠給予散熱用的尺寸估計為 120 cm × 70 cm，所以散熱裝置可以放大 $(120\text{ cm} \times 70\text{ cm}) / (30\text{ cm} \times 50\text{ cm}) = 5.6$  倍。若以 20 坪屋頂所能安裝的太陽能板面積來計算(安裝約 30 片 200W 太陽能板)，放大因數則為 5.6 倍×30 片=168 倍。若以維持水溫至少被升溫 10°C 的洗澡用水溫考量，依圖三十三流速須設定為 0.1 L/min，僅以台灣平均有效日照接近 3.5 小時的時間來計算，可產生 0.1 公升×60(分)×3.5(時)=21 公升水溫 40°C 的水，再以放大因數估算為 21 公升×168 倍=3528 公升。

#### 【結論】

1. 以結構放大估算，本實驗裝置若於具有 20 坪屋頂的家庭(採用 30 片 200W 光電板)，放大因數為 168 倍。
2. 以至少升溫 10°C 的洗澡用水溫考量(流速設定為 0.1 L/min)，以台灣平均有效日照接近 3.5 小時的時間來計算，可產生 21 公升水溫 40°C 的水，以放大因數推算則為 3528 公升，足以供應家庭所需。

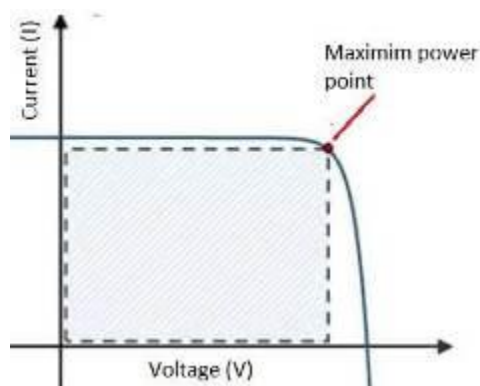
## 研究八：實測太陽能板發電模組降溫對輸出功率的影響

一、實驗器材：太陽能板MPPT功率計、太陽光照度計。

二、實驗步驟：

- (一) 架設兩組太陽能板發電模組作為對照。
- (二) 測量太陽光強度、環境溫度。
- (三) 測量未降溫太陽能板發電模組的輸出功率。
- (四) 測量有降溫太陽能板發電模組的輸出功率。

太陽能板發電的電壓和電流之間有類似函數的關係，其輸出效率為非線性的關係，由於太陽能板發電的輸出功率和環境條件(日照、溫度..等)間有極為複雜的變化關係，在特定的操作條件下，將會有一個工作點的電流(Current, I)及電壓(Voltage, V)的乘積(Power, P)會是最大值，標準的電流-電壓特性曲線如圖四十二所示。



圖四十一一、太陽能電池之電流-電壓特性曲線

依照電路理論及微積分觀念，當  $dP/dV=0$  時所輸出的功率為最大值，稱為最大功率點 (Maximum Power Point, MPP)。太陽能板發電系統會連接逆變器、外部電網、電池模組或是其他負載。而當環境變化時，其能夠提供最大功率傳輸效率的負載曲線也隨之變化，因此若負載可以配合功率傳輸效率最高的負載曲線進行調整，才能有最佳的效率。在實務應用上，透過最大功率點追蹤，整合太陽能逆變器(將直流電轉換為交流電併聯市電)，而逆變器便能依據太陽能板發電模組的 I-V 曲線計算輸出功率，再調整負載使輸出功率最大[12-16]。為了完成實體驗證所需的條件控制，我們分別使用了太陽光照度計以及太陽能板 MPPT(Maximum Power Point Tracking, MPPT)功率計，來監測外在環境的條件，如圖四十三、四十四所示。



圖四十二二、太陽能板 MPPT 功率計



圖四十三三、太陽光照度計



為了驗證所製作的降溫機構，在生成溫熱水的同時對於太陽能板發電功率所能造成的影響，我們則實際地進行了對照的測量記錄，也同時控制其他變量，如光照強度、傾角和陰影等，降低其他因素的影響，希望可以得到單獨由降溫機構所造成對太陽能板發電功率的影響，實驗裝設如圖四十四所示。



圖四十四、有無降溫之太陽能板發電功率比較之實驗架設圖

我們找尋了合適的設備實際來測量太陽能板發電模組在不同溫度下的輸出功率。實際測量所得的功率(電流、電壓)數據如下表所示。一開始量測時，太陽能電池模組表面溫度的紀錄值是 32 °C，此時所測到的輸出功率為 23.3 W，隨著曝曬時間增加，表面溫度持續增加到 42°C 及 64°C，電池的輸出功率則隨之降低，本日所測得的表面溫度最高為 64 °C，輸出的功率為 19.3 W，因此換算得到因為日曬高溫所造成的功率下降 4.0W。但若是透過本次研究所開發的降溫機構，將溫度降至 53 °C 的時，此時的太陽能板發電模組的輸出功率為 20.1 W，對照於初始條件的下降僅為 3.2W，比起原本 64 °C 下的輸出功率減少 0.8W 的損失，改善輸出功率達到  $0.8/4.0 = 20.0\%$ ，對於太陽能板因高溫而降低的輸出功率確實有明顯的改善，達到本降溫機構能夠「一兼二顧」的實驗目的。

表 I 不同溫度下太陽能板發電模組的輸出功率

太陽光照度 (W/m <sup>2</sup> )	模組溫度 (°C)	電壓 (V)	電流 (A)	輸出功率 (W)	功率下降 (W)	改善功率下降百分比(%)	備註
976	32	15.9	1.47	23.3	基準值	—	
956	42	15.3	1.36	20.8	-2.5	—	
958	64	14.6	1.32	19.3	-4.0	基準值	
962	53	15.1	1.33	20.1	-3.2	20.0%	經本研究機構降溫

## 伍、討論

經歷過一連串的實驗，我們整理出一些觀察到的問題，透過討論後並整理出一些看法：

### 一、探討 3D 印表機的影響

1. 列印的**速度**會影響**結構強度**，不可貪快去設定。
2. 列印的**溫度**會影響結構外觀，甚至會有**翹曲**的狀況。

### 二、管路結構連結組件漏水問題

1. 僅使用防水膠布進行防水仍會**漏水**。
2. 使用防水膠布加上**矽利康膠**，可以解決漏水，但仍微有滲漏。
3. 本實驗無法完全解決滲漏，但因為不影響實驗結果，故將其視為系統的整體固定變因。未來量產應以**一體成形(模鑄)**之方式製作本散熱增能結構。

### 三、散熱結構與光電板間之縫隙

1. 本實驗以**角鋼**作為支架固鎖，強度夠，可將散熱管路壓緊於與光電板背面。
2. 考量散熱結構與光電板之間仍會有縫隙，本實驗在散熱管路與光電板之間塗抹**散熱膏**，目的為加強散熱效果(降低接觸熱阻)。
3. 若未來量產的散熱結構以**一體成形(模鑄)**之方式製作，整體的公差應可降至最低，或甚至可將光電模組晶片直接貼附於散熱結構的正面。

### 四、流速差異

1. 因為高處水桶的水位降低，會導致水壓不同進而影響流速。
2. 本實驗安排一位專門負責隨時補水的人員，維持高處水桶的水位。
3. 從流速對調節閥之關係圖看來，兩者**呈線性關係**，不同的調節閥可穩定控制不同的流速，表示**流速屬於可預測的參數**。
4. 一般住宅用水塔會有補水的抽水馬達。

### 五、供水儲水及保溫熱水

1. 一般住宅直式或臥式水塔，大小不同，從 0.5~5 噸都有，可依家庭需求使用大小不同的儲水塔。
2. 儲水可以搭配保溫桶，一般水塔製作完成之後，在外包覆一層保溫泡棉，泡棉厚度有 0.75~2 吋，俗稱 PE 保溫水塔。保溫效果更佳還有內夾式保溫桶，不過價位較高。

### 六、自然太陽光源結果模擬光源的結論

1. 成品製作期間偶遇下雨，由於擔心實驗日照條件無法掌握，才想到利用暖爐(鹵素燈)做為熱源。
2. 架設暖爐(鹵素燈)來做為熱源，以暖爐的開關跟放置的位置來做為控制，光電板的溫度可以超過 70 °C。
3. 為了解決模擬與實際的差別，因此在新增研究八實測太陽能板發電模組降溫對輸出功率的影響

## 七、光電板散熱增能考量

1. 以光電板降溫需求面來看，在高溫熱源且可控制的最高流速的條件下，可控制光電板溫度為 54.5 °C。
2. 若以光電板的原始溫度狀態(25 °C)比對達到日照高溫狀態(70 °C)，輸出效率約降低 3%。
3. 若以光電板的原始溫度狀態(25 °C)與降溫狀態(54.5 °C)來看，輸出效率約僅降低 2%，改善功率下降 1.0%，對於改善太陽能板輸出功率下降百分比達  $1.0\%/3.0\%=33\%$ 。

## 八、放大因數調整

1. 若能改善結構與光電板的接觸面積，將能夠改善散熱效果。
2. 散熱裝置面積僅為 30 cm×50 cm，而一般常見的 200W 太陽能板，其外觀尺寸是 158 cm × 80 cm。有效能夠給予散熱用的尺寸估計為 120 cm × 70 cm，所以散熱裝置可以放大 5.6 倍。若以 20 坪屋頂所能安裝的太陽能板面積來計算(安裝約 30 片 200W 太陽能板)，放大因數則為 168 倍。

## 九、家庭溫熱水使用考量

1. 流速在可控制最慢的條件下，可以得到最佳的水溫差效果為 17 °C。
2. 若以維持水溫至少被升溫 10°C 的洗澡用水溫考量，流速須設定為 0.1 L/min，僅以台灣平均有效日照接近 3.5 小時的時間來計算，可產生 21 公升水溫 40°C 的水，再以放大因數估算為 3528 公升的溫熱水，足以供應家庭所需。

## 十、實測太陽能板發電模組降溫對輸出功率的影響

1. 太陽能板透過本研究所開發的降溫機構，可從 64 °C 降溫到 53°C，發電功率由原先降低 4.0W 改善為僅降低 3.2W。
2. 透過本實驗的太陽能板發電模組降溫進行實測，輸出發電功率的下降百分比改善達 20.0%。

## 陸、結論

太陽能是永續且乾淨的能源，由於太陽能板因運作溫度上升而會導致輸出功率下降，而台灣夏天溫度將使得太陽能板的表面溫度約在 45~65 °C，若以太陽能板的溫度每上升 1 °C 會導致輸出功率下降 0.4% 來計算，以此工作溫度換算下來，發電功率將會降低約 7~10%。因此我們便開發了一組散熱系統，除了可以避免太陽能板的轉換效率降低之外，在不額外耗能的前提下，同時也能獲得所需的生活所需之溫熱水。

本研究使用小型太陽能光電板來進行實驗，透過適當的管路設計導引冷水通過太陽能光電板背面，探討分析不同高溫條件狀況以及水流速度與降溫的關係，並用以評估此結構散熱增能的優劣。控制在流速最慢的條件下(0.05 L/min)，我們可以得到出口的水溫升高了 17 °C。若以維持水溫至少被升溫 10°C 的洗澡用水溫考量，經過放大因數的推算，以 20 坪屋頂所能安裝的太陽能板面積，可產生約 3528 公升、水溫 40°C 的溫熱水，足以提供標準家庭一日之用水。

為了驗證本研究設計的太陽能板發電模組降溫對提升輸出發電功率的實際影響，我們則實際地進行了對照的測量記錄，也同時控制其他變量，如光照強度、傾角和陰影等，降低其他因素的影響，結果發現太陽能電池透過本研究所開發的降溫機構，可從 64 °C 降溫到 53°C，發電功率由原先降低 4.0W 改善為僅降低 3.2W，輸出發電功率的下降百分比改善達 20%。

本研究所製作的散熱增能結構，從所設定的目標來看，不僅確實能達到太陽能板散熱的目的，也阻止了太陽能光電板效率的下降，於此同時，更提供了生活所需之溫熱水，又可降低家庭用水升溫所需的耗能。

## 柒、未來發展與應用

太陽能廣泛的是指利用來自太陽輻射出的光和熱，能被人為技術不斷發展利用的一種能量。在化石燃料減少下的議題下，人類無所不用其極的想要利用太陽能，其中光熱轉換為太陽能熱水器及光電轉換為太陽能電池，而透過人類的工程能力也持續都有各自的技術發展。

能同時利用光和熱的想法在相關設施的發展上應該也不是首次被提出，但卻不被常見，推測其原因應該還是廠商成本考量的問題。本研究所製作的散熱增能結構雖然仍屬於模型階段，製作方式也不夠細緻，但也是提出一個一石二鳥的方案，未來製造商若能以一體成型的方式製造類似的結構，不僅確實能達到太陽能板散熱阻止了太陽能光電板效率的下降；經過本研究推算之放大因數能提供標準家庭一日之用水，降低家庭用水升溫所需的耗能。

## 捌、參考資料

- [1.] 國際規範(IEC 891、IEC 904-1)。
- [2.] 台廠產品模組規格書：<http://www.tsecpv.com/zh-tw/home>。
- [3.] 蕭德仁，提升太陽能電池發電效率參數與機構之研究，正修科技大學碩士論文，2005。
- [4.] 蕭宏搖，熱傳影響太陽能模組發電效率之研究，崑山科技大學碩士論文，2013。
- [5.] 程達隆、許玉晶，太陽能及溫差發電示範實驗裝置，物理教育月刊，9(2)，27-34，2008。
- [6.] 提升太陽能電池效率的方法，中華民國第 48 屆中小學科學展覽會。
- [7.] 「增」光「擠」熱拚綠能—探討太陽能板發電效能提升及應用，中華民國第 55 屆中小學科學展覽會。
- [8.] <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature>.
- [9.] 台電自有太陽光電發電運轉實績：  
<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=204&cid=1582&cchk=5b8ce619-7ff5-40e9-9032-bdfd93d197d9>
- [10.] Daisy Chuang，氣溫愈高太陽能效率越低-科學家為此研製新模組設計，科技新報，2020。
- [11.] 蔡豐欽、吳正鵬、許柏偉、許翔，太陽能光電/熱水混合系統對於傾斜角度之影響及整體效益分析，中華科技大學學報，55，11-24，2013。
- [12.] Seyedmahmoudian, M., Rahmani, R., Mekhilef, S., Maung Than Oo, A., Stojcevski, A., Soon, Tey Kok, and Ghandhari, A.S. (2015). "Simulation and Hardware Implementation of New Maximum Power Point Tracking Technique for Partially Shaded PV System Using Hybrid DEPSO Method". IEEE Transactions on Sustainable Energy, 6 (3), 850–862. DOI:10.1109/TSTE.2015.2413359
- [13.] Seyedmahmoudian, M., Mohamadi A., Kumary S., Maung Than Oo A. and Stojcevski A. (2016). "A Comparative Study on Procedure and State of the Art of Conventional Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic System". International Journal of Computer and Electrical Engineering, 6(5), 402-414. DOI: 10.17706/IJCEE.2014.V6.859
- [14.] Seyedmahmoudian, M., Mekhilef, S., Rahmani, R., Yusof, R., Renani and Ehsan Taslimi R., (2013) "Analytical Modeling of Partially Shaded Photovoltaic Systems". Energies, 6(1), 128-144. DOI:10.3390/en6010128.
- [15.] Seyedmahmoudian, M., Mekhilef, S., Rahmani, R., Yusof, R. and Ali Asghar. S, (2014) "Maximum power point tracking of partial shaded photovoltaic array using an evolutionary algorithm: A particle swarm optimization technique". Journal of Renewable and Sustainable Energy. 6(2).DOI:10.1063/1.4868025.
- [16.] Sze, Simon M. Physics of Semiconductor Devices 2nd. 1981.

## 【評語】 032816

本作品研究一套「太陽能板」的冷卻系統，藉此進而提升其發電效率，也可將變溫的冷卻水儲存利用。議題由國際主流的能源問題出發，值得肯定。

對此研究，我們有以下之建議：

- (1) 可強化內文中實驗步驟和裝置圖示的連結。
- (2) 系統建置需要成本，若能源對應到的是費用成本，建置系統也需要將成本納入考量。
- (3) 可考慮幾種不同應用場景，找出能源利用率最大化的參數組合。
- (4) 建議將系統所需額外的耗電納入考量，計算能夠儲存（或省下）的能量，藉此判斷是否節能會更客觀。

## 作品海報



一兼二顧~摸蛤蜊兼洗褲之  
太陽能強效裝置

# 摘要

太陽能是永續乾淨的能源，但由於太陽能光電板的溫度每上升 1°C 會使發電功率下降約 0.35~0.5%。在台灣夏天高溫炎熱，導致發電功率下降許多。我們開發了一組太陽能板散熱系統，透過適當的管路設計導引冷水，不僅有效地降低太陽能板的溫度，避免其光電轉換效率下降，更同時得到溫熱的用水。

經由本研究使用小型的太陽能板搭配金屬管製作散熱模組來評估，若以 0.1L/min 的流速，可將流過的水至少升溫 10°C，若能放大到 20 坪屋頂所能安裝的太陽能板面積，可產生約 3528 公升、40°C 的溫熱水，足以提供標準家庭一日之用水，並且由實驗證明本研究設計的散熱模組，可實際將太陽能板進行降溫，改善輸出發電功率的下降百分比達 20%。

## 壹、研究動機

- 新聞中看到報導指出，歐洲連日高溫與熱浪，可能會阻礙太陽能板發電。太陽能板是在理想溫度 (25°C) 的氣溫下測試效能，而這也是最佳發電條件。若高於這個溫度，太陽能板的發電效率會開始下降。
- 台灣夏天溫度高，太陽能板表面溫度約在 45~65 °C，發電功率可能會降低 7~10%。我們開始思考，面對太陽能如此強大的輻射熱，有沒有什麼措施或技術，可以用來改善避免降低太陽能板的轉換效率呢？
- 我們想要利用適當的管路設計，將冷水導引在太陽能光電板的位置進行降溫，如此不僅降低了太陽能板的溫度，又同時獲取到溫熱的水提供家庭使用。因此，經過我們數次的小組討論之後，期望能夠建置這樣的結構並探討可行性，如此一來便發揮了綠能科技結合節能的功能。

## 貳、研究目的

- 一、探討太陽能板的原理
- 二、探討太陽能板的效率與相關影響
- 三、探討熱交換器之熱流、熱量與設計結構
- 四、探討開發合適的管路結構
- 五、探討合適的控制變因
- 六、綜合分析比較生活應用之可能性

## 參、研究設備及器材

### 一、設備：

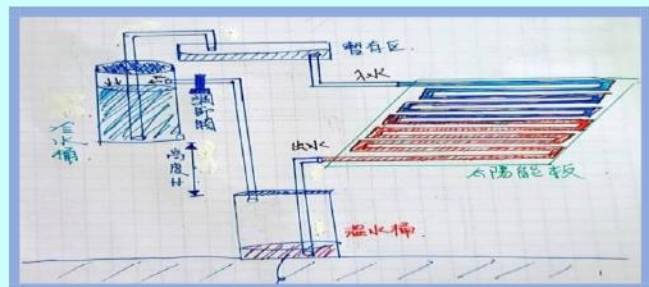
設備名稱	
太陽能光電板(30 W)	節流閥
鋁擠型支架	數位式溫度計&太陽光照度計
雷切機	太陽能板 MPPT 功率計

### 二、材料

材料名稱	
太陽能光電板	紅外線熱顯像儀
鋁擠型支架	節流閥
雷切機	數位式溫度計

## 肆、研究過程

### 「散熱增能」之太陽能光電板系統概念圖

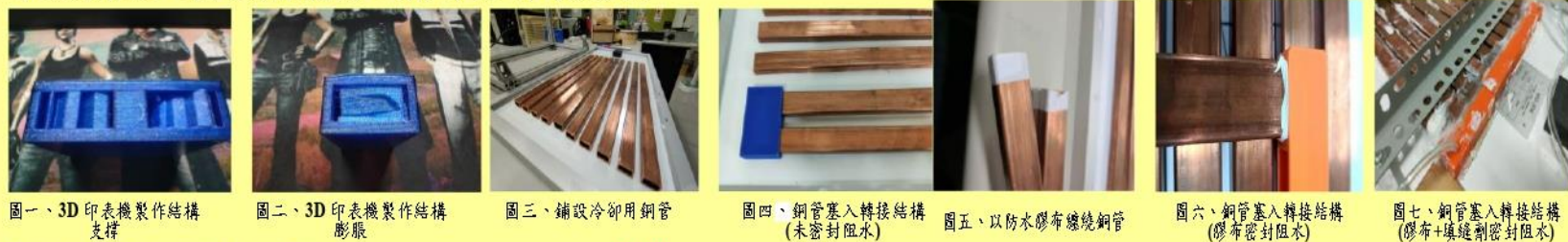


### 研究流程

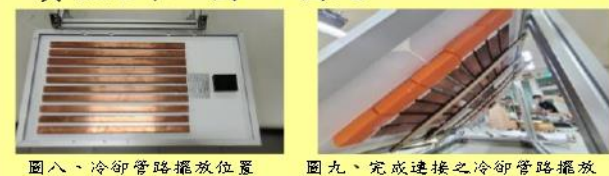
- (一) 結構製作與組裝
- (二) 降溫效果測試
- (三) 模型放大效果推估
- (四) 應用面不同考量之討論

### 研究一：冷卻管路連結之結構製作

1. 實驗步驟：圖一~圖七，(1)3D印表機製作連接結構件 (2)鋪設冷卻用銅管 (3)將冷卻用銅管以止洩膠帶纏繞塞入轉接結構再以防水膠加強防漏



2. 實驗結果：圖八~圖九

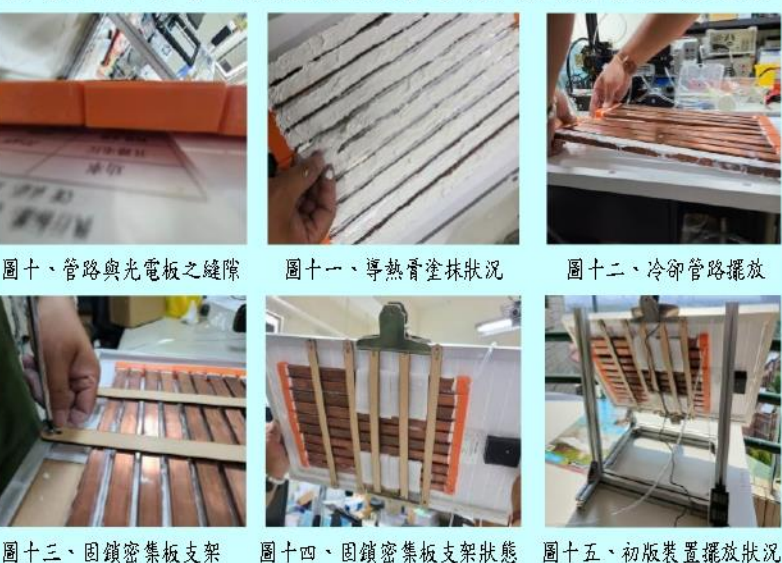


### 結論

1. 冷卻用管件挑選銅材質為優選。
2. 利用 3D 印表機所製作的連接結構件，必須控制列印的速度以及溫度，否則會有翹曲、破裂的問題。
3. 僅用防水膠布防水仍會有漏水問題，須再加矽利康防水膠。

### 研究二：冷卻管路結構與光電板結合

1. 實驗步驟：(1)冷卻管路與光電板之縫隙 (2)塗抹導熱膏 (3)冷卻管路放置擺放光電板 (4)固鎖密集板支架



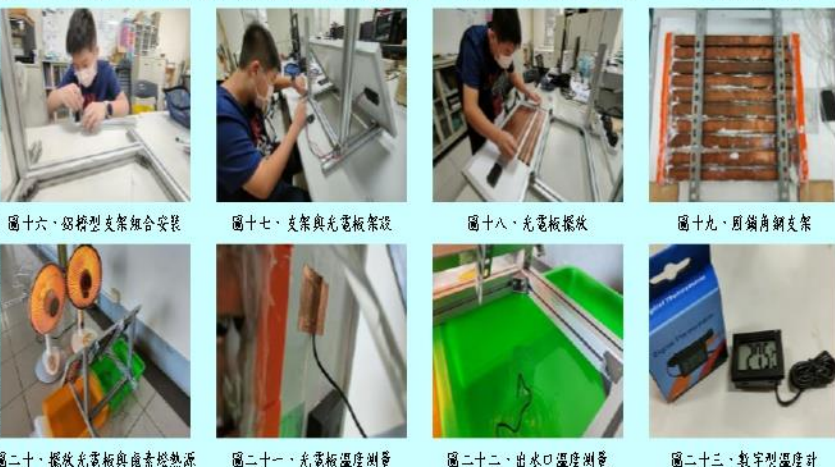
### 結論

1. 由於與光電板之間會有縫隙，為加強散熱效果，在散熱管路與光電板之間需塗抹散熱膏。
2. 光電板以正面向光，由於整個冷卻管路結構重量不輕，必須想方法固定。
3. 以雷雕機切割密集板作為支架，但是強度不足，會導致與光電板之間的縫隙。

### 研究三：結構組裝

1. 實驗步驟：(1)鋁擠型支架組合安裝 (2)固鎖角鋼支架 (3)擺放光電板 (4)架設熱源(鹵素燈) (5)固定熱電偶測量溫度 (6)架設水線並進行測試

2. 實驗結果：我們利用冬天用的暖爐(鹵素燈)做為熱源。經過光電板的烘烤溫度測量也能達到溫度 70 °C 的條件。



### 結論

1. 以鋁擠型支架作為支撐穩固性佳。
2. 改以角鋼作為支架固鎖，強度夠。
3. 架設暖爐來做為熱源，光電板溫度可超過 70 °C。
4. 將水桶架設於上方，利用高度差進行無動力供水。
5. 光電板、入水口及出水口共三處所架設的數字型溫度計均能正常讀取。

## 研究四：流速測試

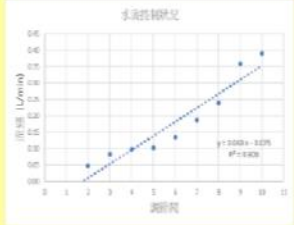
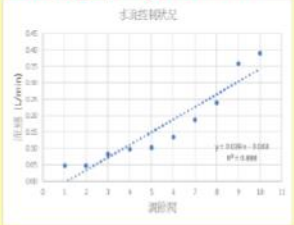
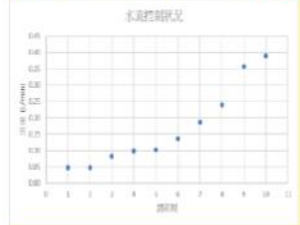
1. 實驗步驟：(1)將冷卻管路結構與光電板組合安裝(2)固鎖角鋼支架(3)擺放水桶與光電板並固定高度及位置(4)架設連接水管(5)透過調節閥控制，並同步計時 (6)計時且記錄流出水量，每次結束以吊秤估算水量



圖二十四、架設水線並進行測試

圖二十五、裝置架設圖

2. 實驗結果：利用 Excel 程式「加上趨勢線」製作線性回歸直線及求出線性回歸直線的斜率。本研究以調節閥控制水流量所得到的不同流速如下圖二十六所示，再以線性回歸取得的直線為圖二十七的虛線，其線性方程式為  $y=0.039x-0.043$ ，從直線方程式可得知此趨勢線的斜率為 0.039，R2 值為 0.888 (R2 值越接近 1 表示此數據群的直線性越好)。由於我們發現實驗時，記錄到前兩點的流速控制值是相同的，可能會影響線性度。因此將數據 1 捨去後重新再做一次計算，得到圖二十八，其線性方程式為  $y=0.043x-0.075$ ，R2 值也提升為 0.906。



圖二十六、以調節閥控制流速之關係圖

圖二十七、流速控制之線性回歸關係圖

圖二十八、流速控制之線性回歸關係圖 (移除偏差點)

### 結論

1. 高處水桶的水位降低，導致水壓不同進而影響流速。因此我們安排專門負責隨時補水的人員，維持高處水桶的水位。  
2. 從流速被調節閥控制之關係圖，兩者呈線性關係，不同的調節閥可穩定控制不同流速，表示流速屬於可預測的參數。

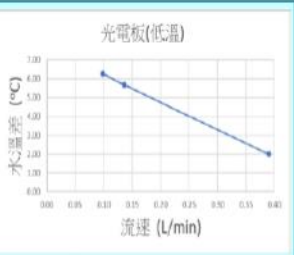
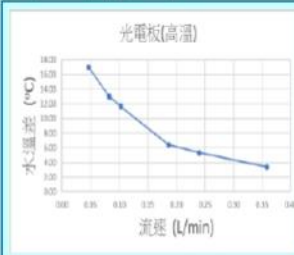
## 研究五：入、出水口水溫差之變化(區別熱源條件)

1. 實驗步驟：(1)調整調節閥控制不同流速 (2)調整暖爐(鹵素燈)之功率強弱 (3) 區分低溫與高溫的熱源條件。

2. 實驗結果：如圖三十~圖三十一

### 結論

1. 鹵素燈功率強度仍會隨著啟動時間而變化，導致光電板被照射溫度也會不同，因此我們以溫度變化量作為降溫效果優劣的判斷。  
2. 由於原始光電板被照射後溫度約略區分低溫(45~48 °C)與高溫(55~64 °C)，由於降溫會與起始溫度有關聯，為避免造成混淆，便將低溫與高溫的條件分開繪圖。  
3. 高溫熱源條件下，最慢的流速 0.05 (L/min) 下可得入、出水口熱水升溫達 17 °C；最快的流速 0.36 (L/min) 下可得入、出水口水溫差為 3.4 °C。  
4. 低溫熱源條件下，流速 0.1 (L/min) 可得水溫差為 6.3 °C；流速 0.39 (L/min) 可得水溫差為 2 °C。  
5. 流速在可控最慢條件下可得到最佳水溫差效果為 17 °C。



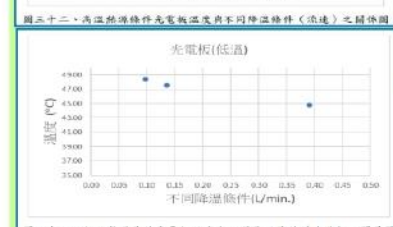
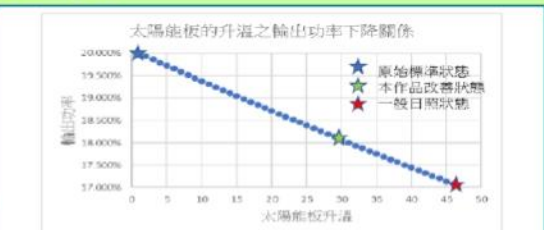
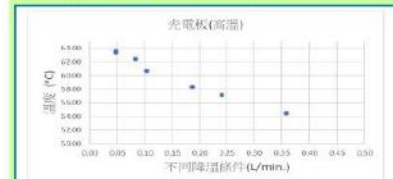
圖三十、高溫熱源條件下之不同流速與入、出水口水溫差關係圖

圖三十一、低溫熱源條件下之不同流速與入、出水口水溫差關係圖

## 研究六：光電板降溫考量(區別熱源條件)

1. 實驗步驟：(1)調整調節閥控制不同流速 (2)調整暖爐(鹵素燈)之功率強弱(3)區分低溫與高溫的熱源條件

2. 實驗結果：圖三十二~圖三十四

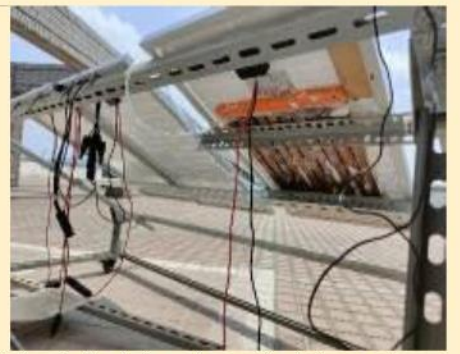


### 結論

1. 高溫熱源條件下，不同流速條件下光電板測得溫度最高為 63.6 °C，最低溫為 54.5 °C。  
2. 低溫熱源條件下，在不同流速條件下光電板測得溫度最高為 48.3 °C，最低溫為 44.8 °C。  
3. 以光電板降溫需求面來看，在高溫熱源且可控制最低流速的條件下，可降低太陽能溫度到 54.5 °C。  
4. 若以光電板的原始溫度狀態(25 °C)比對達到日照高溫狀態(70 °C)，輸出功率對太陽能板升溫關係圖，顯示輸出功率從 20.0% 下降到 17.0%，大約降低 3.0%。  
5. 若以光電板的原始溫度狀態(25 °C)與降溫狀態(54.5 °C)來看，依太陽能板的升溫與輸出功率下降關係圖，顯示輸出功率從 20.0% 下降到 18.0%，大約降低 2.0%，改善功率下降 1.0%，對於改善太陽能板輸出功率下降百分比達 33%(1.0%/3.0%)。

## 研究七：實測太陽能板發電模組降溫對輸出功率的影響

1. 實驗步驟：(1)架設兩組太陽能板發電模組作為對照 (2)測量太陽光強度、環境溫度(3)測量未降溫太陽能板發電模組輸出功率(4)測量有降溫太陽能板發電模組的輸出功率



圖三十八、有無降溫之太陽能板發電功率比較之實驗架設圖

表 I 不同溫度下太陽能板發電模組的輸出功率

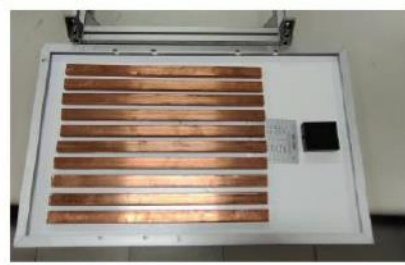
太陽光照度 (W/m <sup>2</sup> )	模組溫度 (°C)	電壓 (V)	電流 (A)	輸出功率 (W)	功率下降 (W)	改善功率下降百分比 (%)	備註
976	32	15.9	1.47	23.3	基準值	—	
956	42	15.3	1.36	20.8	-2.5	—	
958	64	14.6	1.32	19.3	-4.0	基準值	
962	53	15.1	1.33	20.1	-3.2	20.0%	經本研究機構降溫

### 結論

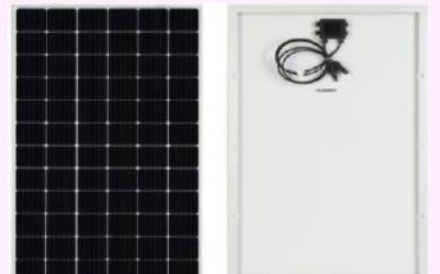
1. 我們利用太陽能板 MPPT 功率計、太陽光照度計來測量太陽能板發電模組在不同溫度下的輸出功率。實際測量所得的功率(電流、電壓)數據如上表所示。  
2. 一開始太陽能電池模組表面溫度的紀錄值是 32 °C，此時所測到的輸出功率為 23.3 W，隨著曝曬時間增加，表面溫度持續增加到 42 °C 及 64 °C，電池的輸出功率則隨之降低。  
3. 量測當天所測得表面溫度最高為 64 °C，輸出的功率為 19.3 W，因此換算得到因為日曬高溫所造成的功率下降 4.0 W。  
4. 若是透過本次研究所開發的降溫機構，將溫度降至 53 °C 的時，此時的太陽能板發電模組的輸出功率為 20.1 W，對照於初始條件的下降僅為 3.2 W，比起原本 64 °C 下的輸出功率減少 0.8 W 的損失，改善輸出功率達到 20.0% (0.8/4.0)，對於太陽能板因高溫而降低的輸出功率確實有明顯的改善，達到本降溫機構能夠「一兼二顧」的實驗目的。

## 研究八：熱水升溫需求考量暨放大因數估算

1. 實驗步驟：(1)測量所製作之散熱結構尺寸 (2)測量標準太陽能板之空白區域



圖三十五、散熱結構



圖三十七、200W 太陽能板之正、背面



圖三十六、200W 太陽能板

### 結論

1. 本作品的裝置面積為 30 cm\*50 cm，而一般常見的太陽能板，其外觀尺寸是 158 cm\*80 cm，估計有效面積為 120 cm\*70 cm，所以散熱裝置可以放大 5.6 倍 [(120 cm × 70 cm) / (30 cm × 50 cm)]。以 20 坪屋頂所安裝的太陽能板面積來計算(安裝約 30 片 200W 太陽能板)，放大因數為 168 倍(5.6 倍 × 30 片)。  
2. 為確認本作品概念之可行性，我們進行實測，若以維持水溫至少被升溫 10 °C 的洗澡用水溫考量，依圖三十流速須設定為 0.1 L/min，台灣平均有效日照接近 3.5 小時的時間來計算，可產生 21 公升 [0.1 公升 × 60 (分) × 3.5 (時)] 水溫 40 °C 的水，再以放大因數估算為 3528 公升 (21 公升 × 168 倍)。時間來計算，足以供應家庭所需。

## 伍、討論

### 一、探討 3D 印表機的影響

- ✓ 列印速度會影響結構強度，列印溫度會影響結構外觀，甚至會有翹曲的狀況。

### 二、管路結構連結組件漏水問題

- ✓ 使用**防水膠布**加上**矽利康膠**，可以**解決漏水**，但仍微有滲漏。但因為不影響實驗結果，故將其視為系統的整體固定變因。**未來量產應以一體成形(模鑄)之方式製作本散熱增能結構。**

### 三、散熱結構與光電板間之縫隙

- ✓ 以**角鋼**作為支架固鎖，強度夠，可將**散熱管路壓緊於與光電板背面**。
- ✓ 考量散熱結構與光電板之間仍會有縫隙，本實驗在散熱管路與光電板之間**塗抹散熱膏**，目的為**加強散熱效果(降低接觸熱阻)**。

### 四、流速差異

- ✓ 因為高處水桶的水位降低，會導致水壓不同進而影響流速。本實驗**安排一位專門負責隨時補水的人員，維持高處水桶的水位**。
- ✓ 本實驗以**調節閥控制流速**，兩者呈現**線性關係**，表示**流速屬於可預測控制的參數**。一般住宅用水塔會有**補水的抽水馬達**。

### 五、供水儲水

- ✓ 儲水可以**搭配保溫桶**，一般水塔可在外包覆一層保溫泡棉，泡棉厚度有 0.75~2 吋，俗稱 PE 保溫水塔。**保溫效果更佳還有內夾式保溫桶**。

### 六、自然太陽光源結果模擬光源的結論

- ✓ 成品製作期間偶遇下雨，由於擔心日照條件無法掌握，利用**暖爐(鹵素燈)**做為熱源。以暖爐的開關跟放置的位置來做為控制，**光電板的溫度可以超過 70 °C**。

### 七、家庭溫熱水使用考量

- ✓ 流速在可控制最慢的條件下，可以得到最佳的水溫差效果為 17 °C。
- ✓ 若以維持水溫至少被升溫 10°C 的洗澡用水溫考量，流速須設定為 0.1 L/min，僅以台灣平均有效日照接近 3.5 小時的時間來計算，可產生 **21 公升水溫 40°C 的水**，再以放大因數估算為 **3528 公升**，**足以供應家庭所需**。

### 八、實測太陽能板發電模組降溫對輸出功率的影響

- ✓ 太陽能板透過本研究所開發的降溫機構，可從 64 °C 降溫到 53°C，發電功率由原先**降低 4.0W**改善為**僅降低 3.2W**。
- ✓ 透過本實驗的太陽能板發電模組降溫進行實測，**輸出發電功率的下降百分比改善達 20.0%**。

## 陸、結論

一、太陽能是永續且乾淨的能源，由於太陽能板因運作溫度上升而會導致輸出功率下降，而台灣夏天溫度將使得太陽能板的表面溫度超過 65 °C，以測試條件溫度換算下來，發電功率會降低 7~10%。因此我們便**開發了一組散熱系統**，除了可以避免太陽能板的轉換效率降低之外，在**不額外耗能**的前提下，**同時也能獲得所需的生活所需之溫熱水**。

二、本研究所製作的**散熱增能結構**，從所設定的目標來看，**不僅確實能達到太陽能板散熱的目的，也阻止了太陽能光電板效率的下降**，於此同時，**更提供了生活所需之溫熱水，又可降低家庭用水升溫所需的耗能**。

## 柒、未來展望

一、能同時利用光和熱的想法在相關設施的發展上應該也不是首次被提出，但**卻不被常見**，推測原因應該還是**廠商成本考量的問題**。

二、本研究製作的**散熱增能結構**雖仍屬模型階段，但也是提出一個**一石二鳥**的方案。未來製造商若能以**一體成形**的方式製造類似的結構，**不僅確實能達到太陽能板散熱阻止了太陽能光電板效率的下降**；經本研究推算之放大因數能提供標準家庭一日之用水，降低家庭用水升溫所需的耗能。

## 捌、參考文獻

- [1.] 國際規範(IEC 891、IEC 904-1)。
- [2.] 台廠產品模組規格書：<http://www.tsecpv.com/zh-tw/home>。
- [3.] 蕭德仁，提升太陽能電池發電效率參數與機構之研究，正修科技大學碩士論文，2005。
- [4.] 蕭宏搖，熱傳影響太陽能模組發電效率之研究，崑山科技大學碩士論文，2013。
- [5.] 程達隆、許玉晶，太陽能及溫差發電示範實驗裝置，物理教育月刊，9(2)，27-34，2008。
- [6.] 提升太陽能電池效率的方法，中華民國第 48 屆中小學科學展覽會。
- [7.] 「增」光「擠」熱併絲能—探討太陽能板發電效能提升及應用，中華民國第 55 屆中小學科學展覽會。
- [8.] <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/effect-of-temperature>。
- [9.] 台電自有太陽光電發電運轉實績：<https://www.taipower.com.tw/tc/page.aspx?mid=204&cid=1582&cchk=5b8ce619-7ff5-40e9-9032-bfd93d197d9>
- [10.] Daisy Chuang，氣溫愈高太陽能效率越低-科學家為此研製新模組設計，科技新報，2020。
- [11.] 蔡豐欽、吳正鵬、許柏偉、許翔，太陽能光電/熱水混合系統對於傾斜角度之影響及整體效益分析，中華科技大學學報，55，11-24，2013。
- [12.] Seyedmahmoudian, M., Rahmani, R., Mekhilef, S., Maung Than Oo, A., Stojcevski, A., Soon, Tey Kok, and Ghandhari, A.S. (2015). "Simulation and Hardware Implementation of New Maximum Power Point Tracking Technique for Partially Shaded PV System Using Hybrid DEPSO Method". IEEE Transactions on Sustainable Energy, 6 (3), 850-862. DOI:10.1109/TSTE.2015.2413359
- [13.] Seyedmahmoudian, M., Mohamadi A., Kumary S., Maung Than Oo A. and Stojcevski A. (2016). "A Comparative Study on Procedure and State of the Art of Conventional Maximum Power Point Tracking Techniques for Photovoltaic System". International Journal of Computer and Electrical Engineering, 6(5), 402-414. DOI: 10.17706/IJCEE.2014.V6.859
- [14.] Seyedmahmoudian, M., Mekhilef, S., Rahmani, R., Yusof, R., Renani and Ehsan Taslimi R., (2013) "Analytical Modeling of Partially Shaded Photovoltaic Systems". Energies, 6(1), 128-144. DOI:10.3390/en6010128.
- [15.] Seyedmahmoudian, M., Mekhilef, S., Rahmani, R., Yusof, R. and Ali Asghar, S. (2014) "Maximum power point tracking of partial shaded photovoltaic array using an evolutionary algorithm: A particle swarm optimization technique". Journal of Renewable and Sustainable Energy. 6(2).DOI:10.1063/1.4868025.
- [16.] Sze, Simon M. Physics of Semiconductor Devices 2nd. 1981.