

# 中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 環境學科

第二名

052603

「熱」「電」共生-小型熱泵系統應用於太陽能  
板熱回收

學校名稱：國立苗栗高級農工職業學校

作者：  職三 陳彥志  職三 顏翊宸  職三 胡文嘉	指導老師：  鄧旭揚  李國禎
---	-----------------------------

關鍵詞：小型熱泵系統、太陽能板發電效率、熱回收

## 摘要

發展再生能源是現在重要的課題，太陽能就是一個很好的再生能源，根據實驗得知太陽能的輻射熱會導致太陽能板上的二極體發電效率下降，我們設計了一個熱泵系統加上在太陽能板背面加裝散熱管路，利用熱交換把熱能帶走做熱回收的產品，實際運作內容就是藉由熱泵系統產生冰水再由沉水幫浦將冰水打到太陽能板背面的散熱管路，降低太陽能板溫度提升發電效率，並且利用熱泵系統將熱能轉移至熱水槽內，並設計自動化系統當吸熱量達到飽和，再自動切換氣冷散熱，以達到持續提升太陽能板效率之功效，利用熱能回收再利用，未來可應用於家用太陽能板搭配政府種電政策達到好的生活品質和能源永續發展。

## 壹、研究動機

專題製作課程有討論到太陽能板，以及冷凍原理課程有教冷凍循環讓我們對熱泵系統(逆冷凍循環)有開始感興趣，和實習課接觸焊接，讓我們有將太陽能板與熱泵結合的構想，促成我們開始研究太陽能板的發電效率，研究發現溫度影響太陽能板轉換電的能力，溫度愈高轉換能力愈差，因此我們設計將太陽能板熱能做轉換給熱泵進行廢熱回收，一方面可以提升太陽能板發電效率，一方面又使其廢熱有效利用，可說是一舉兩得，而一般常見的太陽能熱水器，只是利用太陽能對水預熱之後利用電熱絲加熱非常消耗電能，並且用途僅有產生熱水，與現有產品不同我們設計的系統，不僅能提高太陽能板發電效率還利用熱泵系統帶走太陽能板的廢熱，來作廢熱回收產生熱水或暖氣以節省能源，並且達到空氣調節的目的，配合政府的『種電』政策可以提高發電效率並且有效利用廢熱。

## 貳、研究目的

本研究透過實驗測試太陽能板發電效率，並且探討太陽能板溫度對應發電電壓之效果，發現太陽能板發電只需要光能，但太陽的輻射熱會降低太陽能板的發電效率，最後研究利用直流壓縮機，搭配自製冷凝器與蒸發器自製組合一台小型熱泵系統，使用熱泵系統作為熱回收的媒介，利用水作為熱傳導之物質，將太陽能板經由自製太陽能板散熱流道，利用水進行

冷卻，再利用熱泵系統的逆冷凍循環原理，把廢熱集中於冷凝器之熱水槽，將聚集於太陽能板表面的熱源移除至熱水槽內，幫助太陽能板有效降溫提升發電效率，並且有效收集多餘的熱能來作利用。

## 參、研究設備及器材

### 一、設備

編號	名稱	單位	數量
1	高壓錶	個	1
2	低壓錶	個	1
3	關斷閥	個	2
4	24V 壓縮機	台	1
5	自製蒸發器	個	1
6	冷凝器	個	1
7	風扇	台	1
8	逆止閥	個	2
9	壓縮機驅動器	個	1
10	太陽能板	個	1
11	驅動電路板	個	1
12	維修針閥	個	2
13	乾燥過濾器	個	1
14	沉水泵浦	個	1
15	三用電表	個	1
16	真空泵	個	1
17	溫度紀錄器	個	1
18	110V 插座	個	1

19	3000ml 保鮮盒	個	1
20	5500ml 保鮮盒	個	1
21	電磁閥	個	1
22	鋁擠型	個	多數
23	150w 鹵素燈	個	1

## 二、材料

編號	名稱	單位	數量
1	木板	片	2
2	2 分銅管	捆	1
3	毛細管(內徑 1.2mm)	段	多數
4	儀表轉接頭	個	2
5	手控閥	個	2
6	2.5mm <sup>2</sup> 黃色導線	個	1
7	2.5mm <sup>2</sup> 黑色導線	捆	1
8	2.5mm <sup>2</sup> 紅色導線	捆	1
9	R-134a 冷媒	桶	1
10	500c.c 燒杯	個	2
11	保溫棉條	個	多數
12	金屬膠帶	捆	1
13	鋁膠帶	捆	1
14	束帶	包	1
15	銅螺帽	個	多數
16	銅由令	個	多數
17	保溫棉	段	多數

18	銅管固定夾	個	多數
19	銀焊條	條	多數
20	螺絲	個	多數
21	水管	網	1
22	2分三通	個	多數

### 三、工具

編號	名稱	單位	數量
1	彎管器	支	1
2	喇叭口製作工具	台	1
3	鐵鎚	支	1
4	銅管處理工具	套	1
5	鋸子	組	1
6	銲槍	支	1
7	氧氣+乙炔	組	1
8	氬氣	瓶	1
9	12V 電鑽	台	1
10	線鋸機	台	1

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究流程

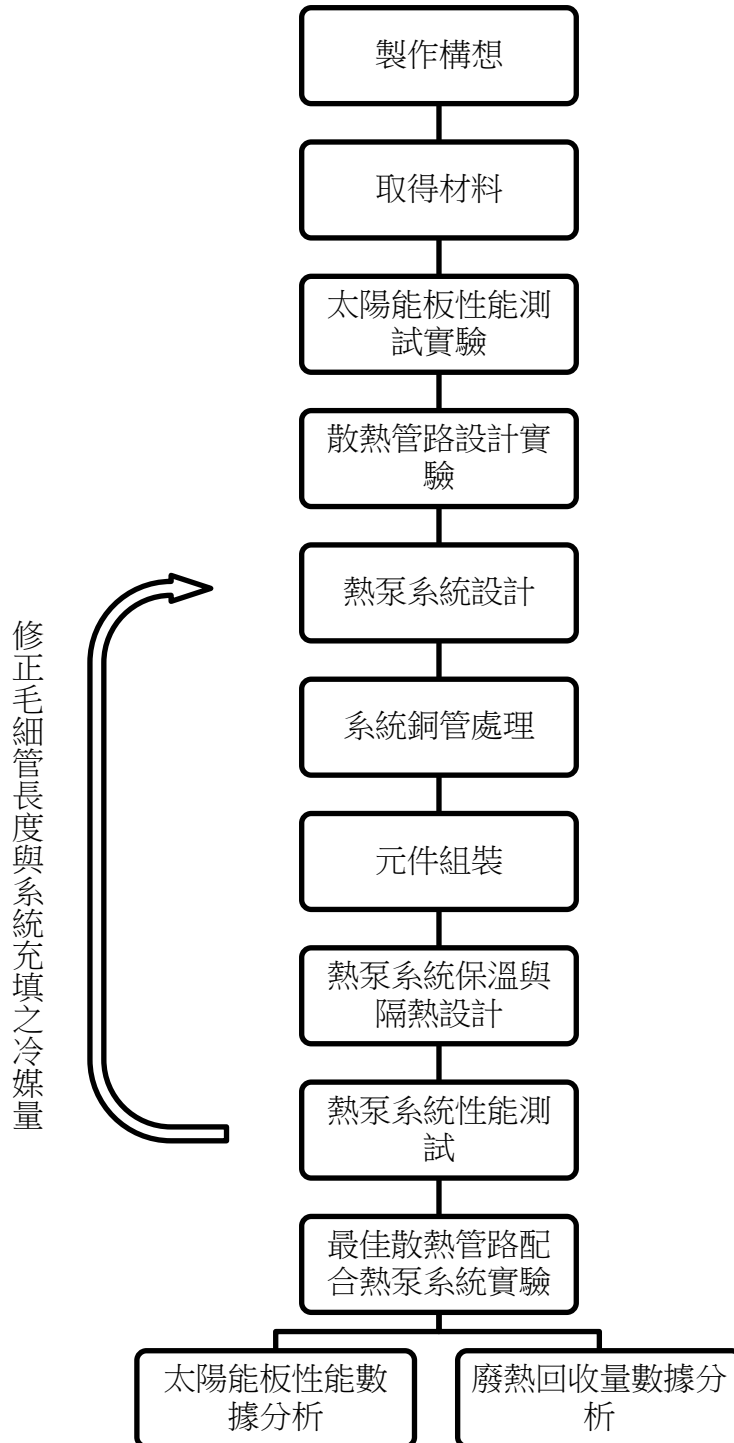


圖 1 研究流程圖

## 二、文獻回顧

### (一) 冷凍循環原理

冷凍循環中主要有四大元件，(1)壓縮機(2)冷凝器(3)冷媒流量控制器(4)蒸發器，機械式冷凍循環四大元件所構成基本的冷凍循環原理如下：

壓縮機是將低壓低溫之氣態冷媒壓縮成高壓高溫氣態冷媒，壓縮機為冷媒在系統循環中主要的動力來源，冷凝器是將高壓高溫氣態冷媒經由冷卻介質冷卻成高壓高溫液態冷媒，在此端為進行放熱作用，冷媒流量控制器主要功能為將冷凝器之高壓高溫液態冷媒將降壓為低壓常溫的液態冷媒，冷媒流量控制器在小型的冷凍系統中大多採用毛細管，在大型冷凍系統中則採用膨脹閥或是浮球閥，最後蒸發器是將來自冷媒流量控制器之低壓常溫液態冷媒蒸發吸收冷房或是冷凍庫內之熱量達到冷房或冷凍庫的降溫效果，達成冷凍之目的，如圖 2 所示，此為常見的的冷凍循環系統。

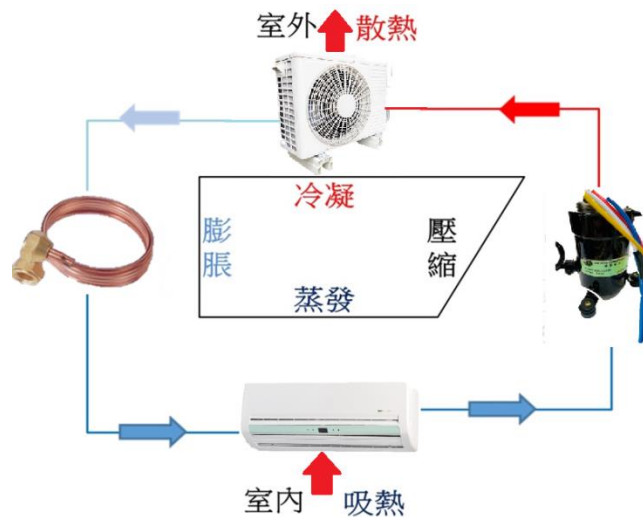


圖 2 分離式系統冷凍循環流程圖

### (二) 冷凍循環四大元件

#### 1. 壓縮機

壓縮機是冷凍循環中最重要，就像是人的心臟一樣，壓縮機以內部結構分成五種，分別是往復式壓縮機，迴轉式壓縮機，離心式壓縮機，螺旋式壓縮機，渦捲式壓縮機。這次專題使用的是迴轉式壓縮機因為迴轉式壓縮機比其他因為迴轉式壓縮機比其他四種相比重量較輕、體積較小、需要的零件也比較少，符合我們這次專

題的需要。迴轉壓縮機利用一個偏心的轉輪在汽缸裡高速旋轉，把低壓低溫氣體冷媒變成高壓高溫氣體，再用葉片把高低壓分開來。

## 2. 冷凝器

冷凝器在冷凍循環裡是冷卻的功用，常見的冷凝器分成兩種，分別是水冷式冷凝器、氣冷式冷凝器，這次專題是使用這兩種冷凝器的並聯管路，利用水冷式冷凝器作為熱水儲水槽之廢熱儲存，當水溫到達溫度時改使用氣冷式冷凝器，而當低壓氣態冷媒經過壓縮機壓縮成高溫高壓後，如果沒有冷凝器來冷卻會讓冷媒變成液態，這樣冷媒就沒辦法再蒸發器裡產生蒸發吸熱，發揮冷凍的效果。

## 3. 控制閥

控制閥是冷凍循環裡用來降壓的設備，我們使用毛細管來達到需要的降壓功能，也較常使用較小型的冷凍系統，其優點構造簡單、保養容易，在壓縮機停止運轉時，能使高低壓力平衡。控制閥之所以為冷凍循環的四大元件，它將決定冷凍系統能不能快速達到要求溫度。

## 4. 蒸發器

蒸發器是冷凍循環裡製冷的設備，是將低壓中溫液態冷媒蒸發後吸熱變成低溫低壓之氣態冷媒，室內空氣進入蒸發器，這時冷媒會吸收室內空氣的熱量然後蒸發，造成進入蒸發器的室內空氣下降，達成冷氣目的。

### （三）製熱和製冷

製熱和製冷皆為空調系統的功能之一，逆冷凍循環又稱為是製熱將冷凝器變為主要的作用元件，兩者都是利用熱量的轉移達成目的，首先是由壓縮機將低壓低溫氣態冷媒壓縮為高壓高溫氣態冷媒，至冷凝器做放熱將高壓高溫氣態冷媒變為高壓高溫液態，之後將來自冷凝器之高壓高溫液態冷媒經由冷媒流量控制器降壓為低壓低溫液態冷媒，最後再經由蒸發器做蒸發吸熱效果，此時可將熱量吸入系統之內，將低壓低溫液態冷媒蒸發為低壓低溫氣態冷媒再回到壓縮機重複循環，因此本次實驗是利用此製冷與製熱兩者循環概念去設計，其設計概念如圖 3 所示。



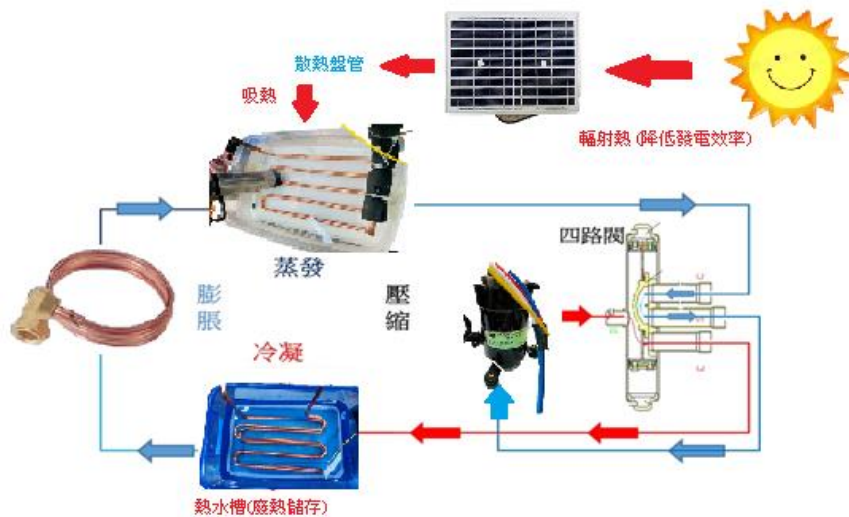


圖 3 本實驗設計熱泵循環系統示意圖

#### (四) 廢熱回收

因為太陽能板多餘的熱會使發電效率降低，所以使用這些多餘的廢熱來做逆冷凍循環，藉此來降低太陽能板多餘的溫度提高發電效率，多餘的廢熱也可以利用熱泵來進行熱回收系統將壓縮機到冷凝器的高溫高壓氣體，利用熱泵系統帶走部分的熱量，用於需要加熱之用途。

廢熱有很多來源像是製造半導體、當鍋爐在燃燒時、空調製冷時排出來的熱量。一般的空調是將熱量排到室外，如果將這些熱量回收再利用就一定能省下很多能源。

#### (五) 太陽能板發電原理與應用

太陽能電池，是以半導體材料製作而成，將太陽光照射在太陽能板上，太陽電池吸收太陽光後，能通過 p 型半導體以及 n 型半導體使其產生電子以及電洞同時分離電子以及電洞會形成電壓降，在經由導線傳輸到負載，太陽能是目前所有的再生能源中最成熟也最乾淨的一種，但相對的它也有缺點像是：能量密度較低和會有夜晚，所以太陽能是屬於間歇性的能源，也非常容易受到雲層的干擾。要利用太陽能收集太陽的熱能或光能，目前比較常見的像是：太陽能熱水器和太陽電池等，前者主要是利用熱能來產生能量，後者主要是利用光能來產生能量。

## （六）熱傳遞方法—傳導、對流和輻射

熱的傳播方式分為三種，分別是傳導、對流和輻射，首先傳導是固體最主要的傳播方式，讓熱從高溫的物體傳導到較低溫的物體，對於不同的物體有不同的傳導效果，通常金屬的傳導效果會大於非金屬，傳導係數的比較大小:銀>銅>鋁>鐵>鉛>水銀>冰>玻璃>水>軟木>空氣，因為金屬容易傳導熱，所以煮東西用的鍋子或燙衣服用的電熨斗都是用金屬做成的，而木材和塑膠不容易傳導熱所以鍋柄和電熨斗的把手都是用木材或塑膠做成，本次實驗利用銅片與太陽能板接觸進行熱傳導，提升其散熱能力。

對流是液體和氣體的主要傳播方式，當液體或氣體受到熱時，體積膨脹、密度變小、逐漸上升，其周圍位置溫度較低、讓密度較大的物質補上，然後物體在受熱上升後，周圍物質又會補上，然後不斷循環，將熱量流動到物體各處，在這次實驗中水與銅管之間就是利用對流達到熱交換。

輻射是一種不需要經過物體來傳導，可以直接由熱源傳導出去的就稱為輻射，輻射的傳播數目取決熱源的絕對溫度，當熱源溫度越高輻射就越強，本次實驗中太陽的熱就是藉由輻射的方式直接傳遞，所以不需要經過任何介質來傳播。

## （七）熱傳導係數

熱傳導率為單位時間內，每一單位的截面積流過的熱量再除以單位距離溫度，熱經高溫處到低溫傳遞，熱通量和溫度溫梯度形成正比，會影響熱傳導率的因子有:

- 溫度:熱傳導率會跟著溫度上升，而且可以在一個特定溫度範圍內維持在最大值，可是一旦溫度超出範圍內熱傳導率會快速降到最小值。
- 晶體大小: 熱傳導率會隨著晶粒變大而增加。
- 化學組成: 熱傳導率會受雜質影響。

常見的物質熱傳導係數如表 1 所示，本次實驗使用銅片提升熱傳導能力，並且將太陽能板與銅板間利用散熱膏提升熱傳導能力，而被銅板吸收之廢熱藉由水利用對流回水槽，最後在利用熱泵系統進行廢熱回收至熱水槽內。

表 1 不同物質熱傳導係數

物質名稱	熱傳導係數 (W/m · K)	物質名稱	熱傳導係數 (W/m · K)
銀	420	鋼	60
銅	401	鉛	35
鋁	237	水	0.6
鐵	80	尼龍	0.2
空氣	0.024	散熱膏	1

### 三、實驗設計

#### (一) 太陽能板實驗設計

實際量測太陽能板架設於戶外的表面溫度後，發現冬天的中午時間太陽能板表面溫度高達攝氏 50 度左右，因此更何況夏天中午時間太陽能板之表面溫度，因此將此攝氏 50 度參數作為實驗設計之標準，使用 150W 的鹵素燈模擬太陽能，以便將不同天氣因素取消，考量展示成品與實際數值之參數，參考過去實驗文獻發現，太陽能板與光源呈現垂直角度整體太陽能板升溫效果最為明顯，並且由於鹵素燈照射面積有限，過進或過遠的距離都不好，過進會使的照光面積縮小，導致輸出電壓降低，過遠導致太陽能板溫度上升不符合實際之溫度取線，因此在多方試驗後決定照光距離為 20 公分，作為本次太陽能板性能實驗之設計，可由圖 4 所示，其中太陽能板的規格比在材料單中有提到，輸出最高電壓為 12V。

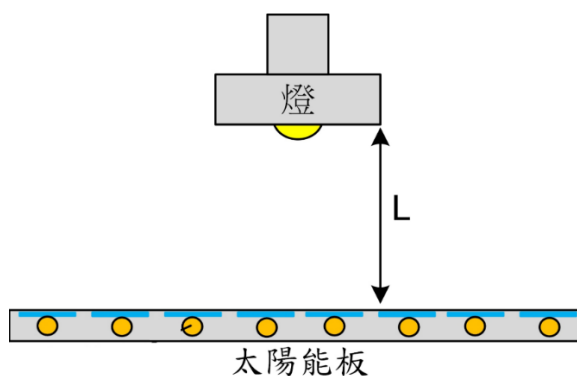
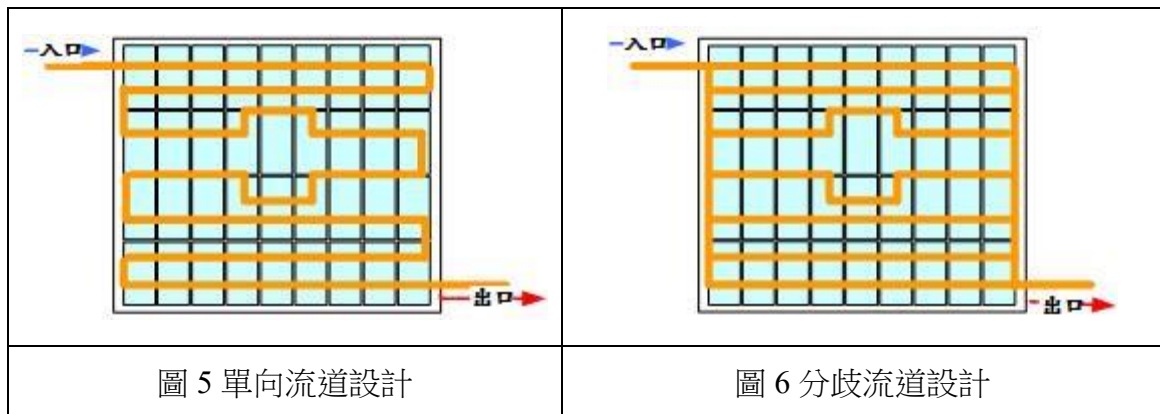


圖 4 太陽能板與光源距離

性能測試實驗可分為以下步驟，第一部份為幫助太陽能板降溫，其溫度與輸出電壓之比較，第二部份增加散熱面積與提升熱傳導能力，比較其溫度與輸出電壓之關係，藉此判斷溫度對於太陽能板輸出電壓之影響，其中固定的條件為太陽能板表面維持乾淨，並且照光距離與角度均維持固定，並且每次實驗均進行三次，以降低實驗誤差。

## (二) 散熱流道設計實驗

在太陽能板背面架設流道進行廢熱回收，並且幫助太陽能板降溫，使其運作溫度可以有效降低，流道設計分為單向流道與分歧流道兩種設計，比較兩種流道的熱回收能力與水泵浦的壓力損失，實驗設計環境中使用的循環水均為 20°C，設計在不同流量下，比較照光 30 分鐘後，兩種流道的熱回收量，藉此找出最高熱回收量之流道設計，和在水泵壓力損失較少下之較佳流量，整體實驗設計如圖 5，圖 6 所示。



實驗環境太陽能板之設定均與性能實驗設計相同，僅在背面將設散熱流道，流道焊接於銅板之上，銅板與太陽能板之間塗上散熱膏以提升熱傳導係數，藉由此實驗去評估熱回收量，並且觀測太陽能板輸出電壓數值變化。

## (三) 熱泵系統進行廢熱回收實驗

設計完成的熱泵系統，搭配散熱管路設計實驗中所測試出的最佳管路與流量，進行廢熱回收實驗，實驗設計一樣與最初的太陽能板性能測試參數設定相同，實驗時間為 30 分鐘，太陽能板背面配合最佳之散熱管路設計進行廢熱回收，測試在此條件下，熱泵系統運轉的效果，並且將原來於太陽能板上的廢熱帶回儲熱槽保留，如圖 7 所示。

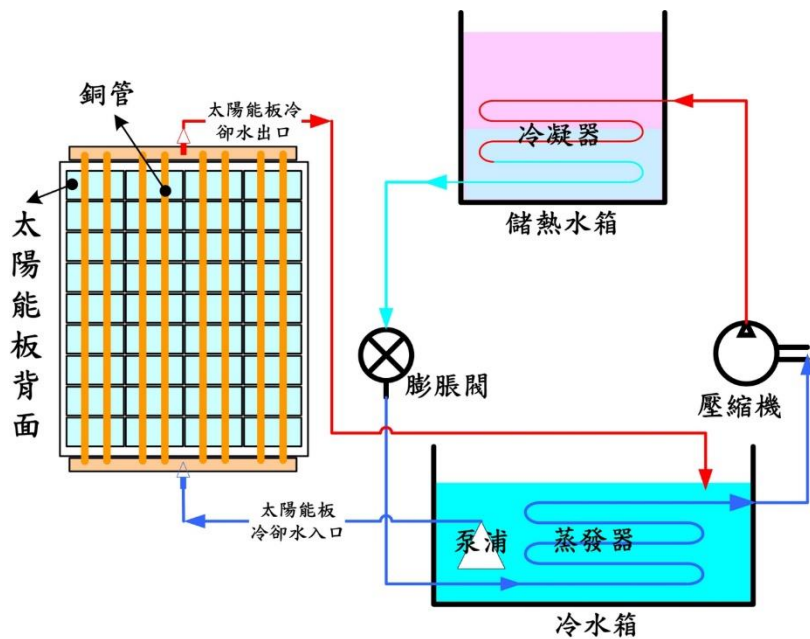


圖 7 熱泵系統結合太陽能板示意圖

實驗中會量測太陽能板的輸出電壓，在進行廢熱回收的狀態下，太陽能板的表面溫度可否減緩，並且使輸出電壓下降程度降低，達到廢熱回收並且提高發電效率之功效，測試環境溫度一樣控制在室溫環境下，太陽能板與鹵素燈的距離控制 20 公分，水泵輸出流量固定，觀測熱泵系統儲熱水槽之溫度變化和太陽能板輸出電壓之變化。

#### 四、測試實驗與系統製作

##### (一) 太陽能板性能測試實驗

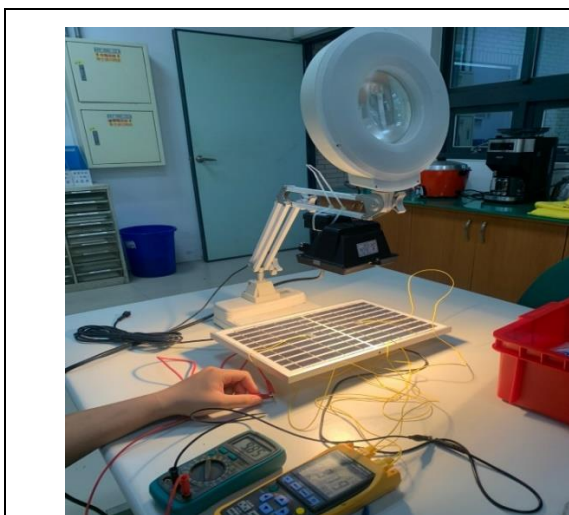


圖 8 模擬光照溫度變化



圖 9 紀錄光照溫度數據

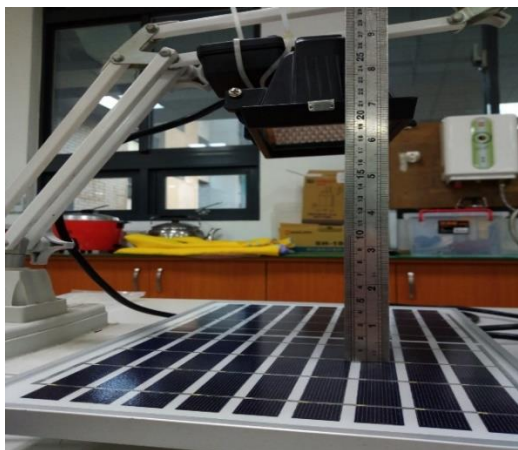


圖 10 模擬光照距離變化



圖 11 紀錄光照輸出電壓數據

(二) 散熱流道設計實驗

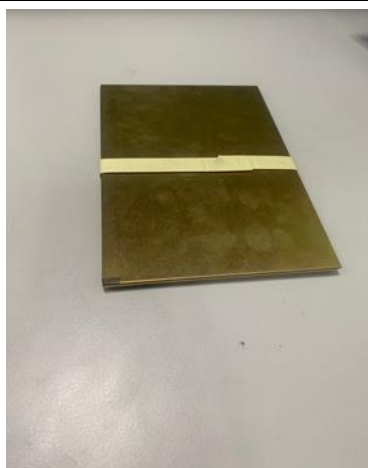


圖 12 散熱銅板

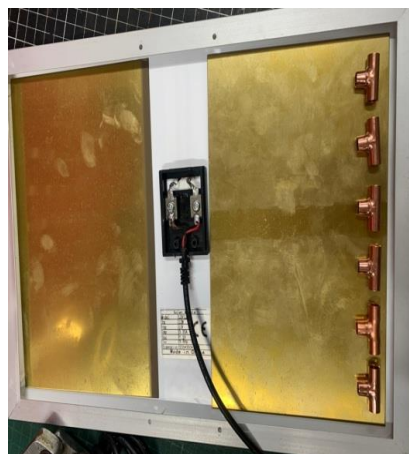


圖 13 散熱銅板模擬



圖 14 製作散熱盤管

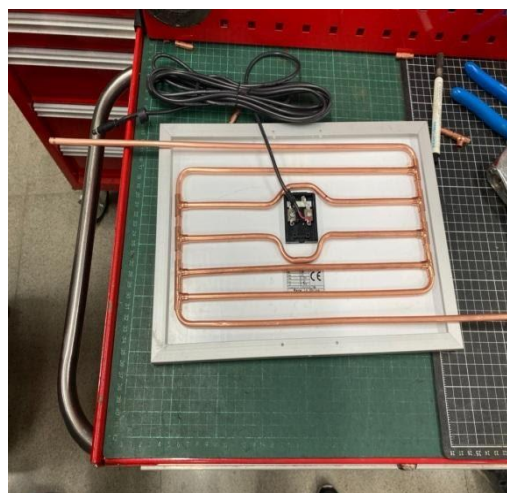


圖 15 散熱盤管構造完成



圖 16 散熱盤管焊接



圖 17 散熱盤管接上散熱銅板

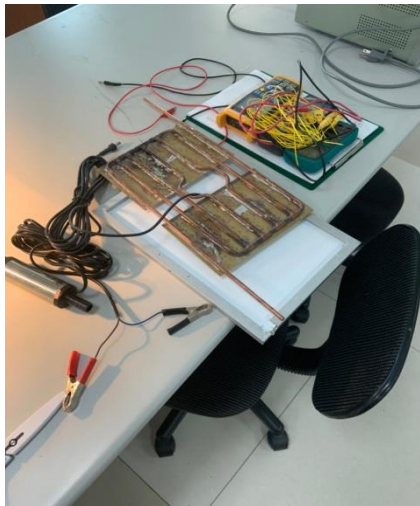


圖 18 焊接散熱盤管成品完成

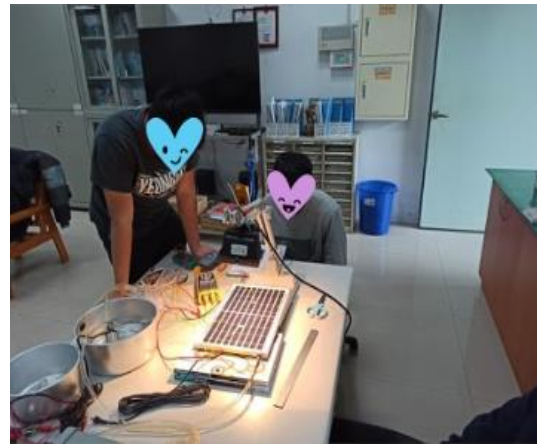


圖 19 散熱盤管性能測試

(三) 熱泵系統設計組裝與性能測試

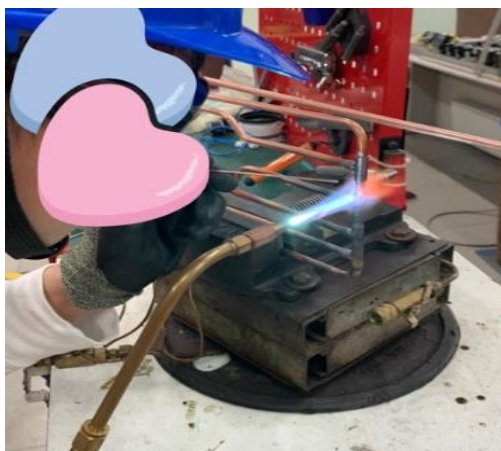


圖 20 製作熱盤管

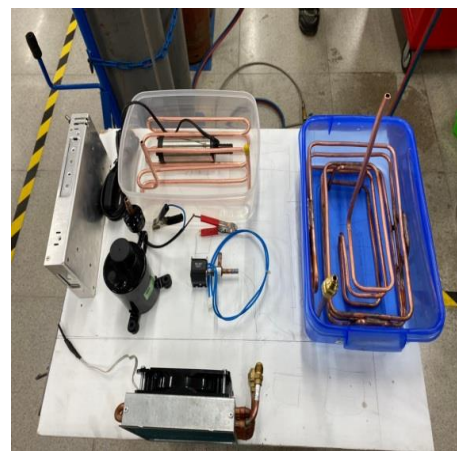


圖 21 設置熱泵系統

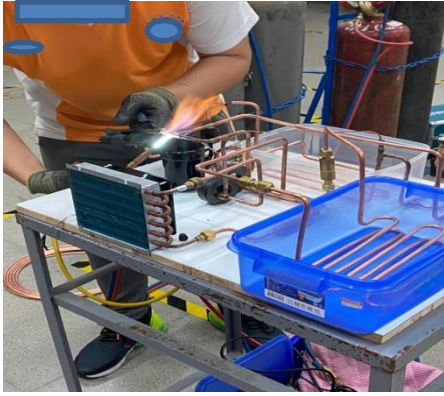


圖 22 進行熱泵系統配管



圖 23 探漏站壓

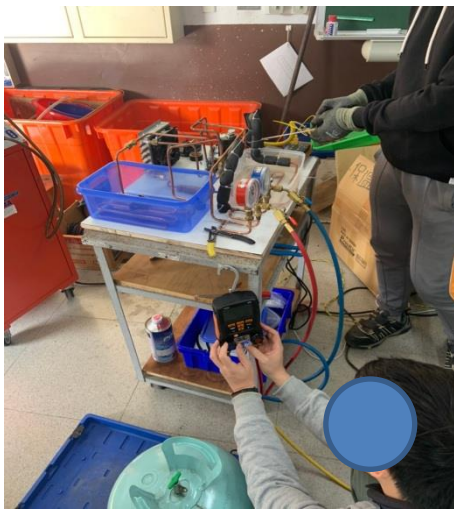


圖 24 灌冷媒



圖 25 塗上散熱膏



圖 26 結合太陽能板



圖 27 裝上測量儀器



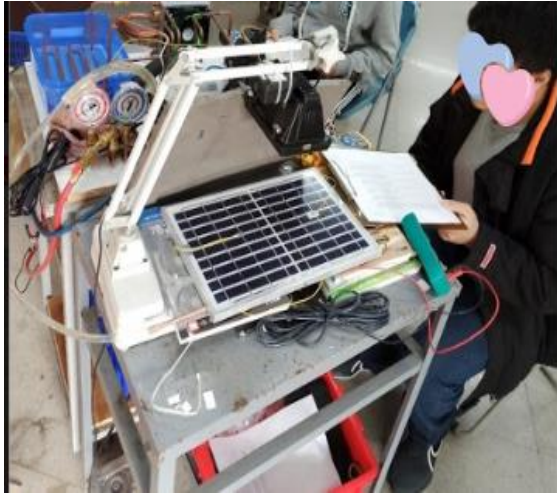


圖 28 紀錄測量數據



圖 29 裁切鐵架距離



圖 30 架設鐵架

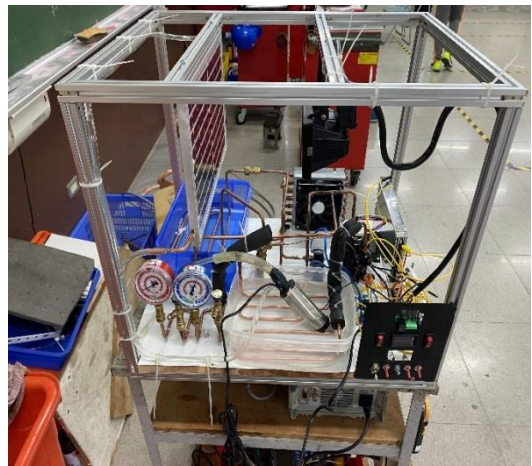


圖 31 製作完成

## 伍、研究結果

### 一、太陽能板性能測試實驗

太陽能板也就是所謂的太陽能電池，是由許多半導體材料所組成，因此由過去的研究資料顯示，溫度上升會使轉換效率下降，而性能測試也就是幫助我們了解這一片太陽能板，當溫度升高時，其光電轉換效率下降多少，結果發現在初始狀態，環境溫度控制在  $30^{\circ}\text{C}$  時，太陽能板輸出開路電壓約為  $10.2\text{V}$ ，隨著照光時間增加，太陽能板表面溫度也大幅上升，由圖 22 所示，發現當照光 30 分鐘後太陽能板表面溫度高達  $55^{\circ}\text{C}$  左右，並且溫度上升幅度已趨近平穩，接近實際至現場量測冬天中午太陽能板的表面溫度，這也是實驗設計量測 30 分鐘的原因。

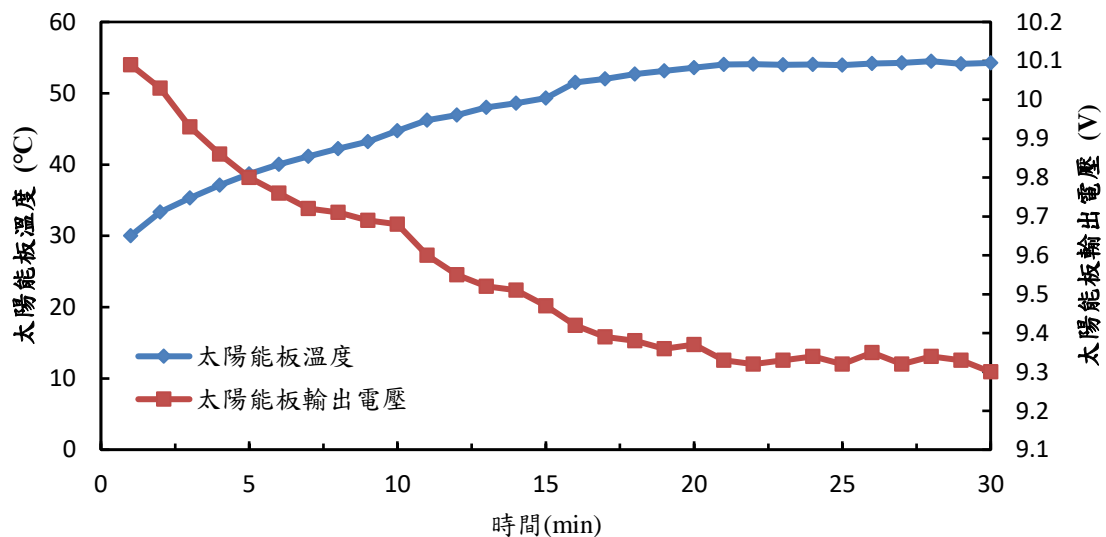


圖 32 太陽能板性能曲線

經過 30 分鐘後太陽能板輸出開路電壓下降至 9.3V，相較於原本實驗前的開路電壓 10.2V，下降了 8.7%，而這就是溫度造成的光電轉換下降，因此若能有效控制太陽能板的溫度，將可提升太陽能板的發電效率，故將進行以下散熱管路設計實驗，而本次性能實驗進行 3 次，圖 32 為多次實驗後的平均值。

## 二、廢熱回收管路設計實驗

散熱管路的設計，第一個要考量的是安裝於太陽能板的方式，我們這次實驗室利用銅板作為散熱座，將利用銅管製作而成的散熱管路焊接於銅板上面，而銅板與太陽能板之間，就像是電腦的 CPU 與風扇一樣，是利用扣環固定，但銅板焊接面與太陽能板表面溫差會是多少，就用以下實驗進行量測，而在此進行熱傳導物質的比較，第一組是銅板與太陽能板間無塗散熱膏，僅使用空氣作為熱傳導之介質，第二組是利用散熱膏作為傳導介質，其量測數據如圖 33 所示。

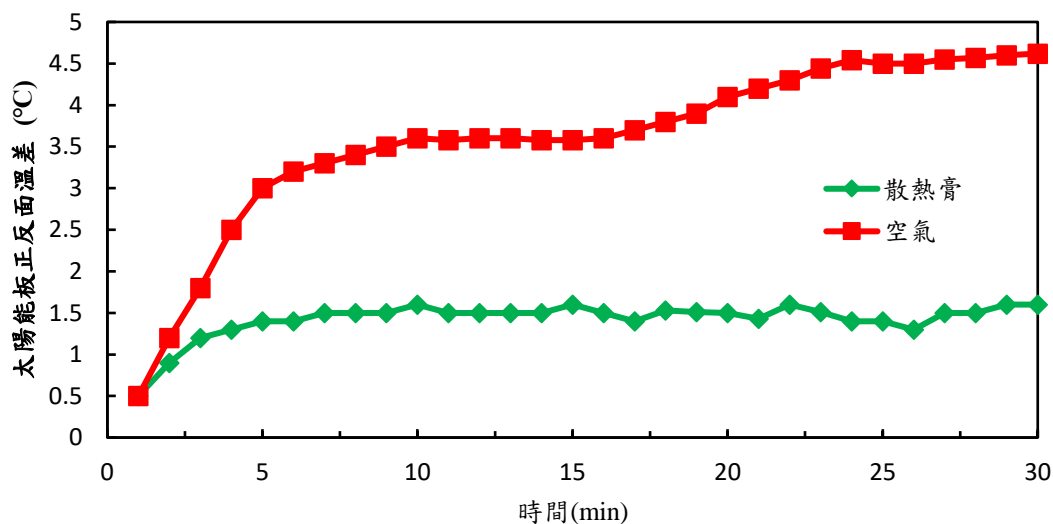


圖 33 不同介質熱傳導能力比較

結果可以發現，空氣的熱傳導能力非常不好，在實驗 30 分鐘後，太陽能板表面溫度與同板背面溫度的溫差達到 4.5°C，而利用散熱膏作為熱傳導介質的太陽能板表面與銅板背面，僅相差約攝氏 1 度左右，因此接下來的實驗中，都會使用散熱膏作為熱傳導的介質，以利於散熱管路的廢熱回收，以免只有銅板與散熱管路溫度維持於低溫，太陽能板表面溫度都無法下降，造成廢熱回收失敗，因此傳導介質的安排上會使用散熱膏作為接觸的傳導物質。

散熱管路的設計，本次實驗分為單向流和分歧流兩種設計進行分析，結果可以發現，從圖 34 可以看到，分歧流的設計造成水泵壓力損失較小，將水泵輸入相同工作的電壓，在未裝設流道時，可以發現隨輸入電壓升高，流量都有不斷變大，因此可以知道流量與輸入電壓成正比關係，在分別接上兩種流道設計後發現，單向流對於水泵的負荷較大，會導致水泵的推動效果下降許多，因此針對減少水泵耗能，分歧流的效果較好，可以在使用相同工作電壓下，有較高的流量。

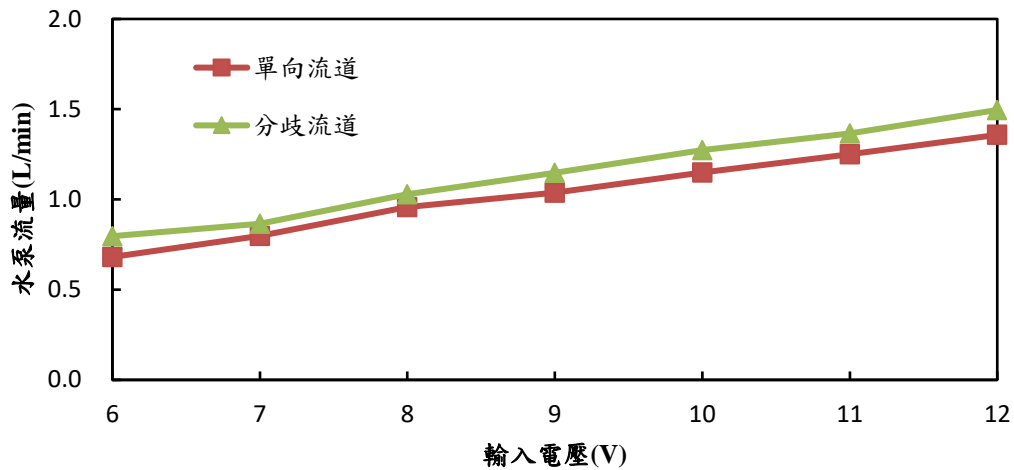


圖 34 流道設計與流量關係

除了針對流道的壓力損失進行比較外，也要進行兩種流道的儲能量比較，將流道焊接完成後，將兩種流道分別裝設於太陽能板後面，在相同的實驗設計下，太陽能板距離鹵素燈一樣為 20 公分，測試運轉 30 分鐘後，可以將 2 公升的水，分別利用兩種流道設計，測試流道的熱回收能力，單向流道設計經 30 分鐘後，結果如圖 35 所示，水溫差為 3.2°C，而分歧流的设计，最終水溫相差 4.1°C，經計算後可以發現，單向流的熱回收量為 14W，分歧流為 19.1W，因此可以發現分歧流道設計有較高的廢熱回收能力，所以最後的產品設計為搭配分歧流道之設計。

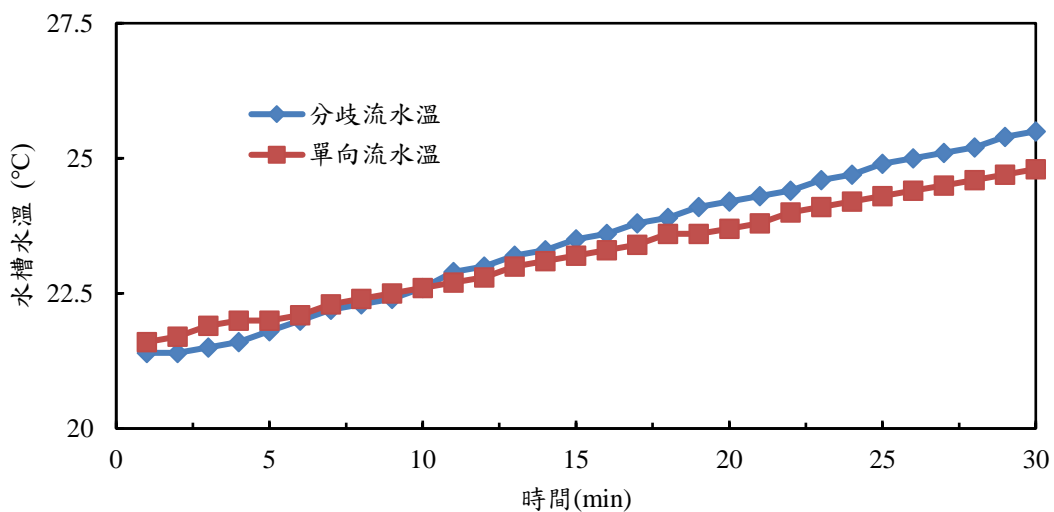


圖 35 不同流道設計水槽溫度變化

### 三、熱泵系統廢熱回收性能測試

熱泵性能測試首先在未裝設太陽能板下，進行無外加負載測試，冷熱水箱都裝 2 公升的水，水溫為室溫 18°C 左右，將熱泵系統運轉測試 30 分鐘，從圖 36 可發現，在前 5 分鐘運轉時，冷水槽溫度下降很快，可有效使水溫維持再 10°C 左右，隨運轉時間拉長，當熱水槽水溫到達 40°C 時，冷水槽水溫反而有緩慢上升之趨勢，藉此了解到此時熱水槽的儲熱能力已飽和，因為當高壓端無法散熱時，熱泵整體效能會大幅下降，導致蒸發器溫度上升，因此在產品設計上多增設溫控功能，當熱水槽水溫達飽和時，可切換至氣冷式散熱器，使熱泵可以繼續幫助太陽能板散熱，達到良好的發電效率。

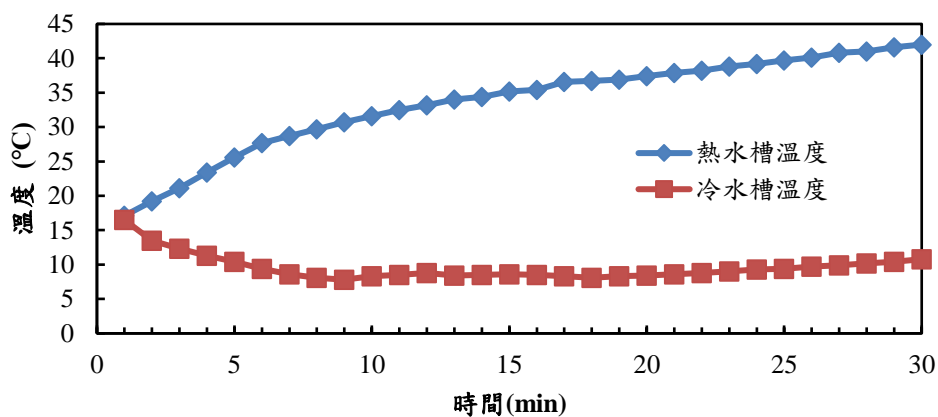


圖 36 熱泵性能測試冷熱水槽溫度曲線

圖 37 為太陽能板溫度對發電量之曲線，其實驗條件為前 30 分鐘不進行任何散熱設計下，量測太陽能板之輸出電壓，並且監測太陽能板之溫度，當時實驗達 31 分鐘時，啟動熱泵系統量測其數據之變化，可以發現當太陽能板之溫度降低時，輸出電壓從 9.3V 變化至 9.7V 上升 4.3%，溫度從 45°C 冷卻至 35°C 下降 22%，當系統持續運轉後，可以發現輸出電壓可維持再 10.2V 以上，太陽能板表面溫度可維持 22°C 左右，可發現將此太陽能板表面廢熱回收可大幅提高太陽能板之發電效率。

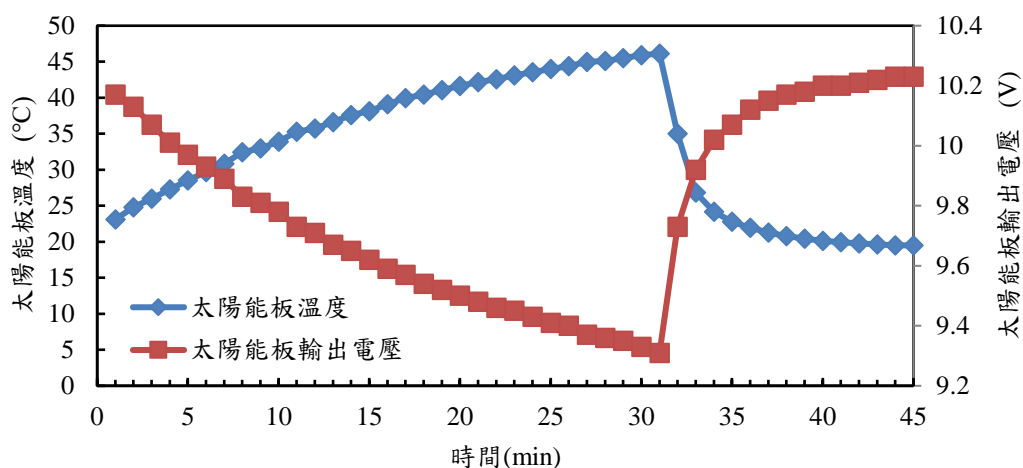


圖 37 使用熱泵前後比較圖

## 陸、討論

### 一、太陽能板量測輸出電壓誤差？

實驗後發現，太陽能板的放置角度與鹵素燈的距離兩者為原本設計的實驗變因，但前兩次實驗中，發現輸出電壓與太陽能板表面溫度變化，無法再自還原前一次實驗之效果，開始探討無法重製實驗參數之原因，將實驗的場地、氣溫、環境和紀錄者觀測位置，此幾項影響太陽能板發電效率之因素移除後，我們發現鹵素燈的開啟時間是影響實驗再製的原因，從資料中可以發現鹵素燈的亮度會隨開啟時間而受影響，利用照度計 APP 進行量測，可以發現當鹵素燈開啟後約 25 分鐘光的亮度穩定，因此後續的實驗都將鹵素燈的預先開啟時間訂為 30 分鐘，將實驗的變因減少，利於實驗的再製確認減少誤差。

### 二、毛細管長度對於熱泵系統的影響？

系統設計時發現，毛細管長度會影響整體壓縮機的運轉效能，以前在課本中所學的毛細管長度計算，往往不太會去考量壓縮機的壓縮量，主要是因為課本所寫的都是常見的交流壓縮機，一般的壓縮能力不太會受管路的壓力損失影響，而本次實驗使用的直流小型壓縮機，目標將系統微型化，方便於展示與實驗進行，但也影響到整體的運轉效能，因此在毛細管的計算上，原本所預想的長度配合壓降，受壓縮機能力之限制，導致冷媒流量不足，而使壓縮機有過熱的情形出現，在不斷地修改與蒐集資料後，發現小型系統的管路長度設計上須更謹

慎，並且不可僅用常見的通式去做推算，須回歸系統本身，利用冷媒特性圖配合高低壓力數值去做調整，才可將系統設置為最佳狀態。

### 三、管路設計對於水泵壓損和熱回收量影響?

管路設計會影響廢熱回收量，實驗中發現單向流的管路設計，最終溫度變化量較小，其熱回收量約為 14W，而分歧流的管路設計，最後的熱回收量約為 19W，可以發現分歧流的設計有較高的熱回收量，並且在水泵壓損實驗中發現，單向流由於流道設計較長，因此壓力損失較大，若使用於大型的太陽能板時，單向流的設計會增加循環水泵的耗能，因此最終的流道配置選擇分歧流道設計作為熱泵應用於太陽能板廢熱回收之流道設計。

### 四、銅板與散熱膏熱傳導係數的影響?

銅與散熱膏相較於其他介質，有較好的熱傳導能力，實驗中發現溫度量測點中，有正反兩點之溫差特別大，從此數據判斷其散熱效果不佳，再將銅片移除後發現，此區域因焊接時的溫度較高，造成銅板表面略微不平整，因此在加厚此區域之散熱膏後，此正反兩面之溫度趨於一致，發現熱傳導係數會大幅影響實驗結果，當介質中有空氣存在時，熱傳效果會很差，所以整體散熱能力大幅下降，要特別注意其熱傳材料之分布。

## 柒、結論

實驗結果可發現利用廢熱回收可以大幅提升太陽能板之發電效率，其端電壓輸出提升 9.67%，從 9.3V 上升至 10.2V，而廢熱回收量以面積 0.08m<sup>2</sup> 之太陽能板，其廢熱回收可由其熱水槽的溫度變化計算可得，為進行廢熱回收時，運轉 15 分鐘後其熱水槽溫度為 34°C，當進行廢熱回收時，其運轉 15 分鐘後熱水槽溫度為 42°C，以上數據為 3 次實驗下之平均值，可發現平均的熱回收量約為 74W，而目前政府能源政策興起，原本 3 坪的土地發電量約為 1kW，若將此熱泵系統與家用太陽能板發電結合，將 3 坪的土地換算約為 10 平方公尺，因此廢熱回收量約為 9.2kW，用於一般家用之熱水或暖氣使用，並且可將發電功率提升 100W 左右，若它配政府之種電政策，用於綠建築設計和閒置土地，將可達成綠能環保永續經營之成效。

## 捌、參考資料及其他

### 一、教科書

許祺清、陳聰明(2013)編著，弘揚圖書，冷凍空調原理 I

許祺清、陳聰明(2012)編著，弘揚圖書，冷凍空調原理 II

李居芳(2005)編著，全華科技圖書，冷凍空調概論

### 二、網路文章

#### (一) 資訊網站

1. 教育部國民中學學習資訊網，(查閱日期 2020/2/13)，熱的傳播方式；網址：  
<http://siro.moe.edu.tw/teach/index.php?n=0&m=0&cmd=content&sb=4&v=3&p=833>
2. BBC 英倫網，人類面臨最大能源挑戰是什麼?，(查閱日期 2020/1/13)，網址：  
<https://www.bbc.com/ukchina/trad/39494661>
3. 能源教育資源總中心，淺談工業廢熱回收，(查閱日期 2020/2/12)，網址：  
<https://learnenergy.tw/index.php?inter=knowledge&caid=4&id=435>
4. 能源知識庫，低溫熱電費回收應用，(查閱日期 2020/2/12)，網址：  
[https://km.twenergy.org.tw/KnowledgeFree/knowledge\\_more?id=1307](https://km.twenergy.org.tw/KnowledgeFree/knowledge_more?id=1307)
5. EnergyTrend，太陽能如何轉化(一)、太陽能轉換熱能與電能，(查閱日期 2020/1/13)，網址：  
<https://www.energytrend.com.tw/knowledge/20131029-7085.html>
6. 科技大觀園，人類未來的能源問題，(查閱日期 2020/1/13)，網址：  
<https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s9n7.htm>

#### (二) 網路新聞

1. 太陽能發電原理圖，(查閱日期 2020/2/12)，網址：<https://kknews.cc/zh-tw/science/alakaq6.html>



2. 甚麼因數決定太陽能電板的效率，(查閱日期 2020/1/13)，網址：

<https://kknews.cc/zh-tw/tech/l6kvy8e.html>

(三) 維基百科文章

1. 太陽能熱水器，(查閱日期 2020/2/12)，網址：

<https://reurl.cc/K6ZZYM>

2. 太陽能電池，(查閱日期 2020/2/12)，網址：

<https://reurl.cc/YILLNl>

3. 可再生能源，(查閱日期 2020/1/13)，網址：

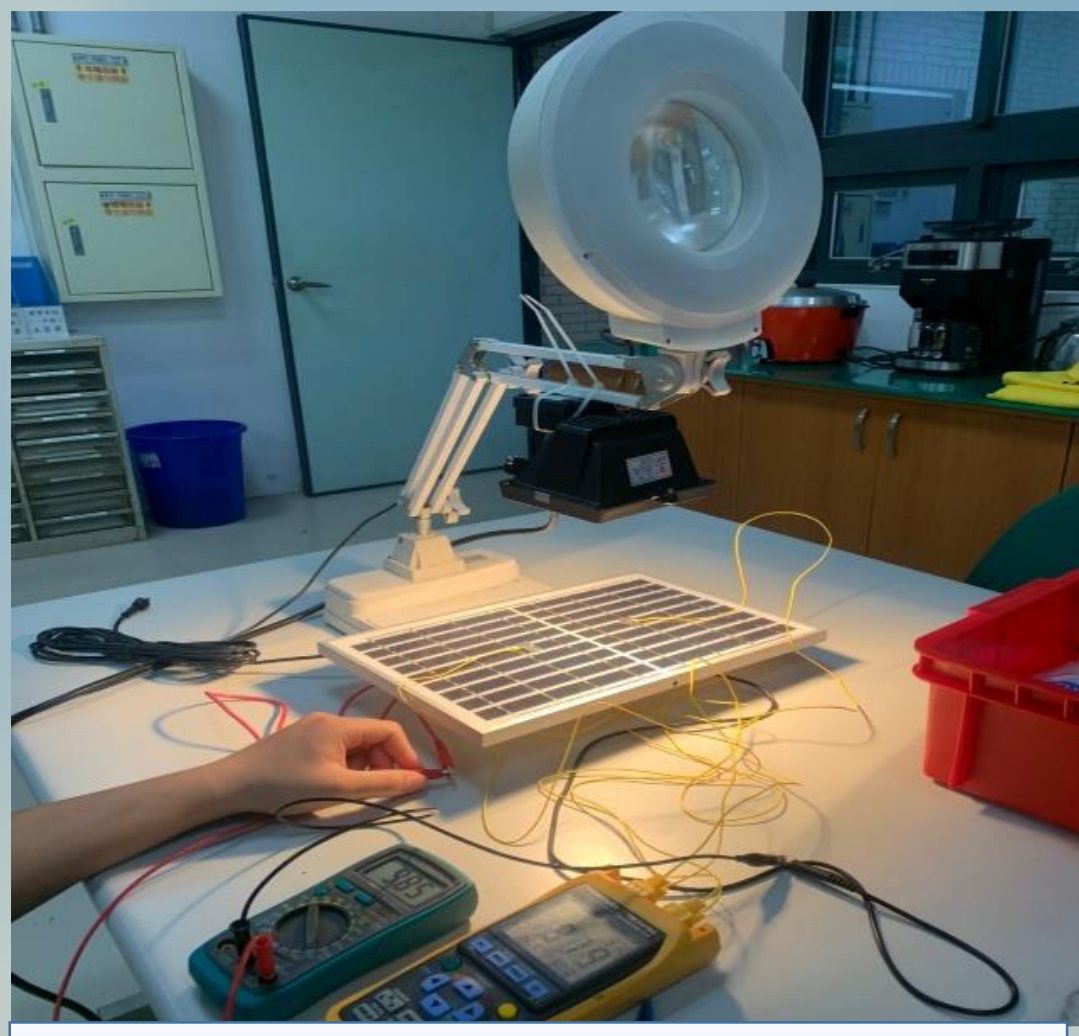
<https://reurl.cc/XXooYe>

## 【評語】 052603

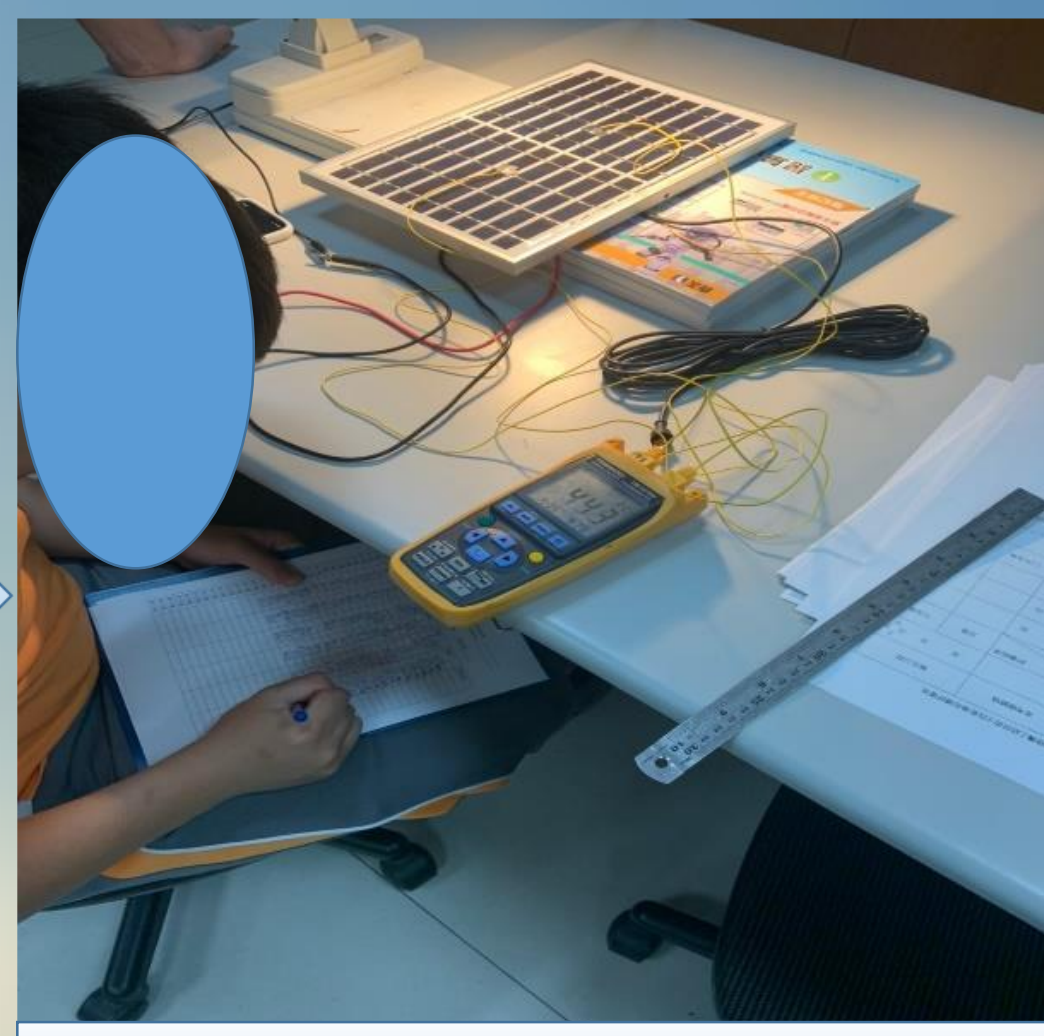
1. 本作品藉由熱泵系統產生冰水，再由沉水幫浦將冰水打到太陽能板背面的散熱管路，降低太陽能板溫度提升發電效率，並且利用熱泵系統將熱能轉移至熱水槽內，再以自動化系統自動切換氣冷散熱，以達到持續提升太陽能板效率之功效。較有趣的實驗設計有散熱流道設計實驗、熱泵系統廢熱回收實驗。
2. 整體研究品質佳，具有創新性與能源循環概念，有助於提升再生能源效益與生態保護的目的，報告書內容架構完整，研究設計明確，工作內容清晰。
3. 本次研究發現主要的研究設計符合研究假設，實驗設計因子相對單純可再加強不同條件對提升太陽能板效率的影響，但實驗室內的控制因子，未來放大模型設計使用的可能影響因子，可以更具體的做說明，研究並未使用統計方法針對實驗結果進行分析討論，建議可以再加強研究結果與文獻之討論比較。
4. 小型熱泵系統使用 30 分鐘後開始發揮廢熱回收提升太陽能板電壓的成效，其中各項條件例如管路、流量等設計應該是重要的參數，建議提出具體的比較，應加強了解現行技術及相關研究方向，藉以改進與提升現行技術。
5. 同學並從實驗中發現四項有趣或與課本不太一樣的問題。本作品研究雖為初期探討，但未來有實用的發展潛能。

# 實驗過程與成果

## 太陽能板性能測試實驗



模擬光照溫度變化



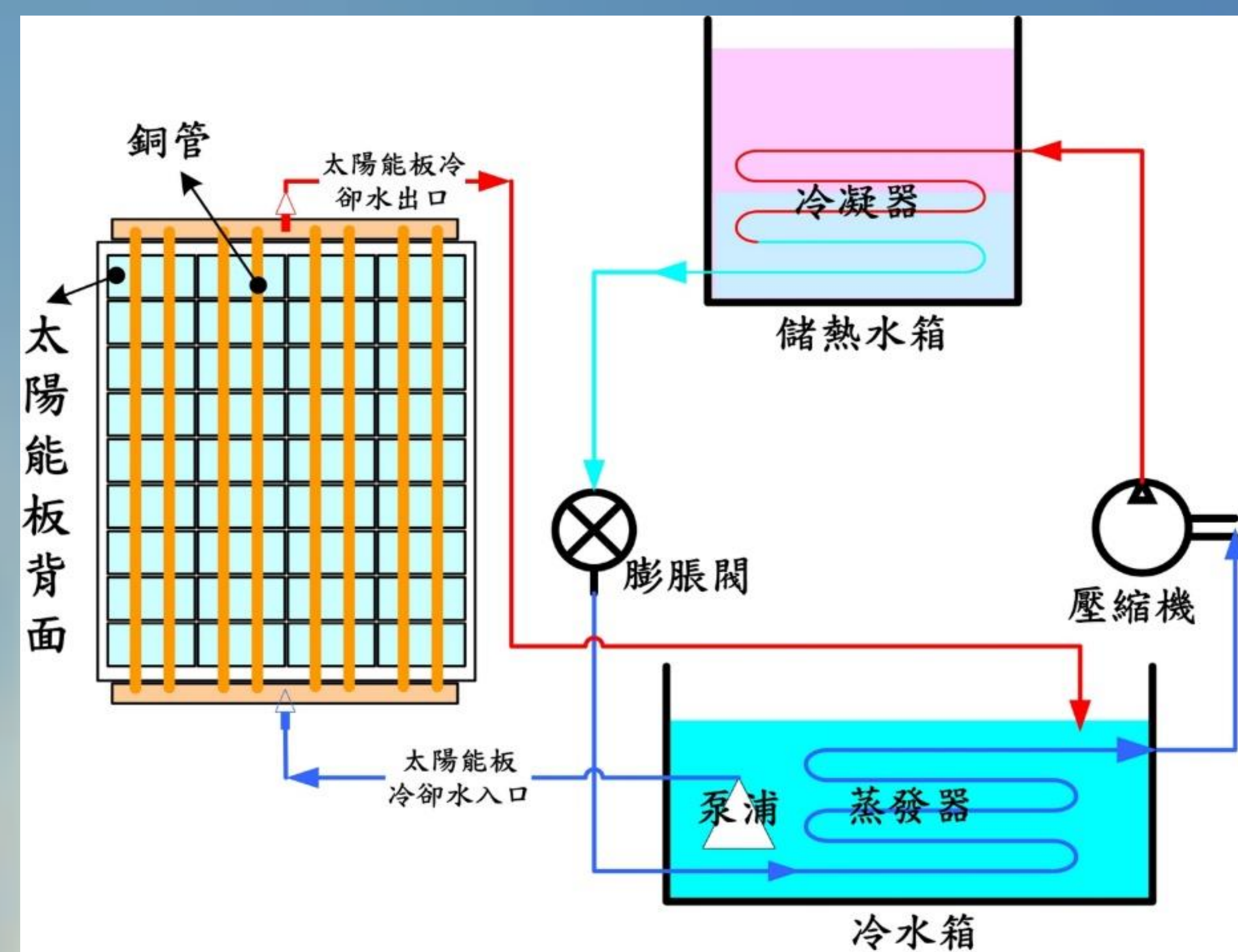
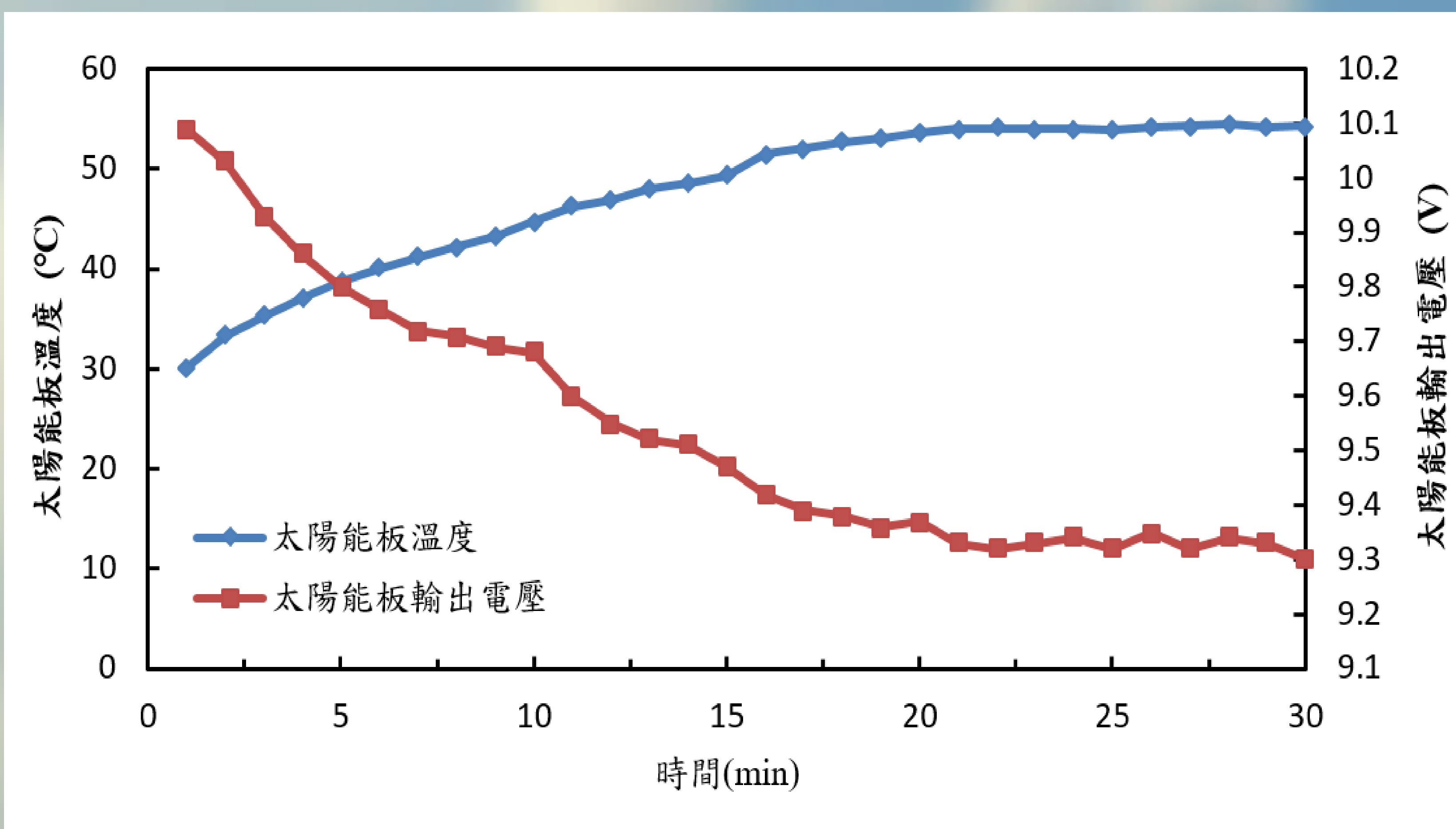
紀錄光照溫度數據



模擬光照距離變化



紀錄光照輸出電壓數據



系統示意圖

## 散熱流道設計實驗



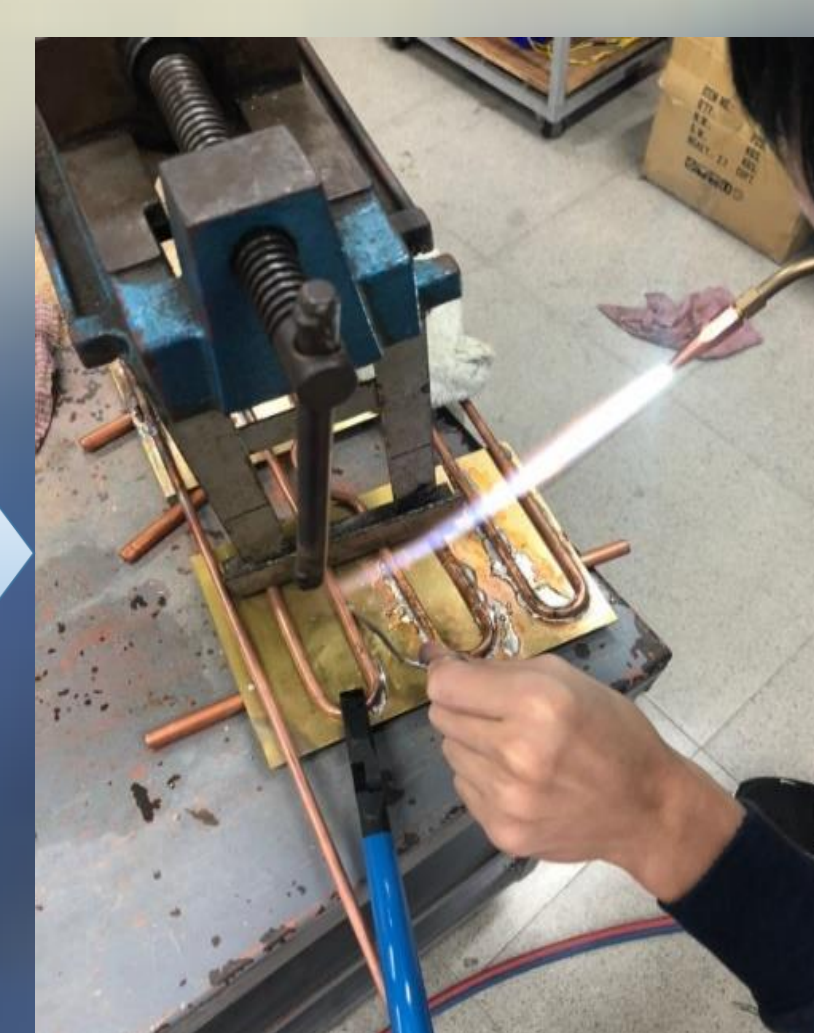
散熱銅板



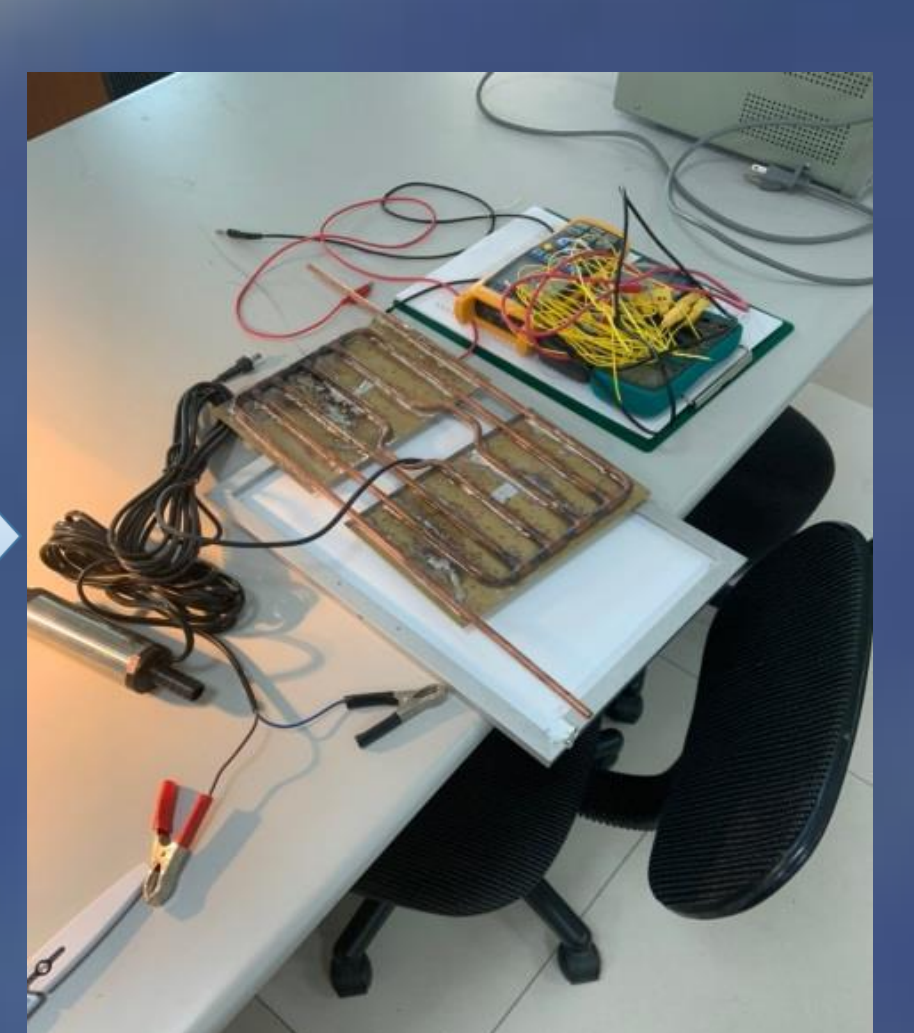
設計散熱盤管



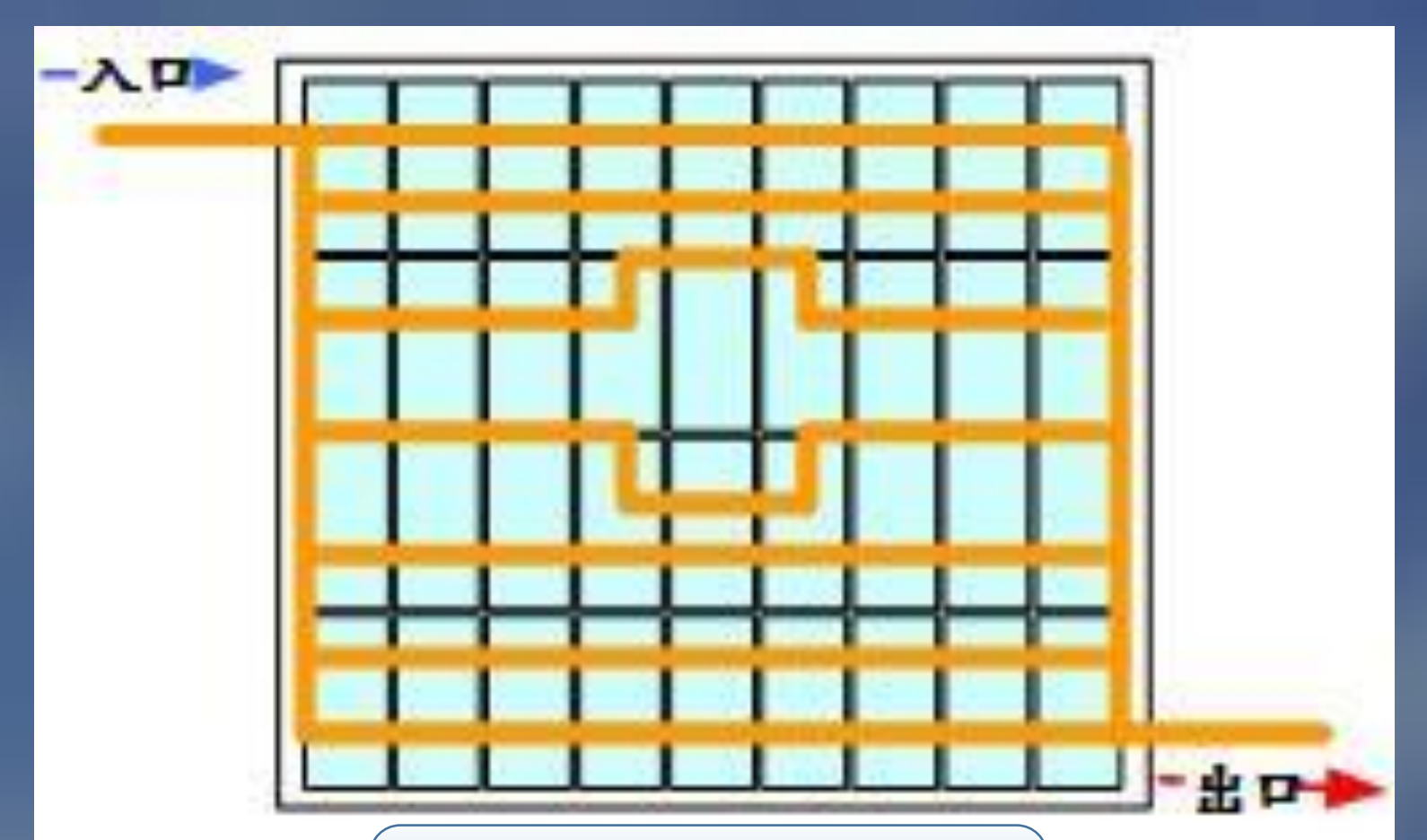
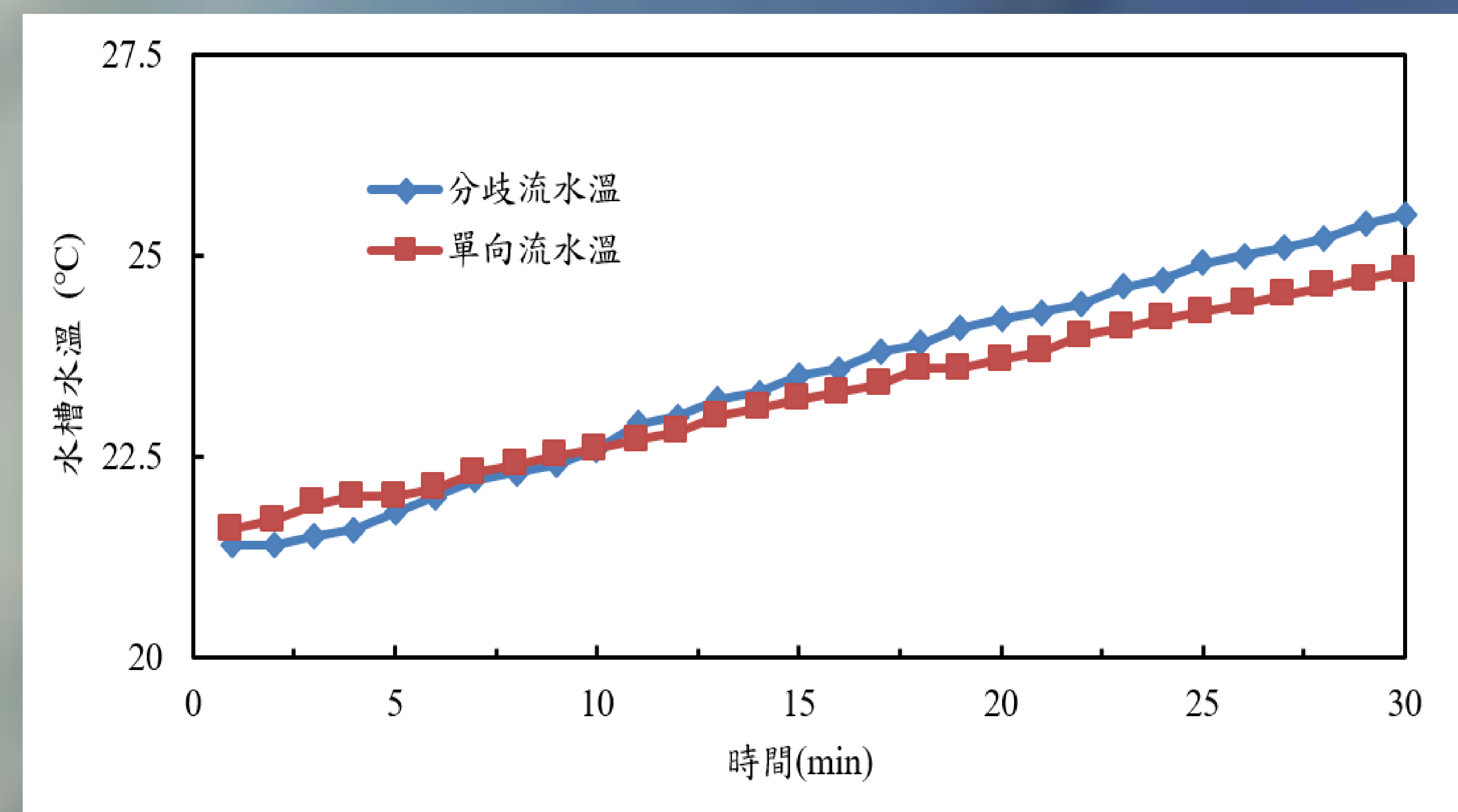
散熱盤管焊接



散熱盤管接上散熱銅板



焊接散熱盤管成品



# 研究動機

近年地球能源消耗愈來愈多，但可用的能源逐漸減少，發展再生能源就成為現在重要的議題，促成我們開始研究太陽能板的發電效率，研究發現溫度影響太陽能板轉換電的能力，溫度愈高轉換能力愈差，因此我們設計將太陽能板熱能做轉換給熱泵進行廢熱回收，一方面可以提升太陽能板發電效率，一方面又使其廢熱有效利用，可說是一舉兩得。

# 研究目的

降低太陽能板溫度提升發電效率，並且將廢熱回收製冷水槽中，利用熱泵系統將廢熱移至熱水槽內，並設計自動化系統熱量達到飽和，再自動切換氣冷散熱，以達到持續提升太陽能板效率之功效，又可以利用廢熱回收再利用，未來可應用於家用太陽能板搭配政府種電政策達到好的生活品質和能源永續發展。

# 研究流程

製作構想

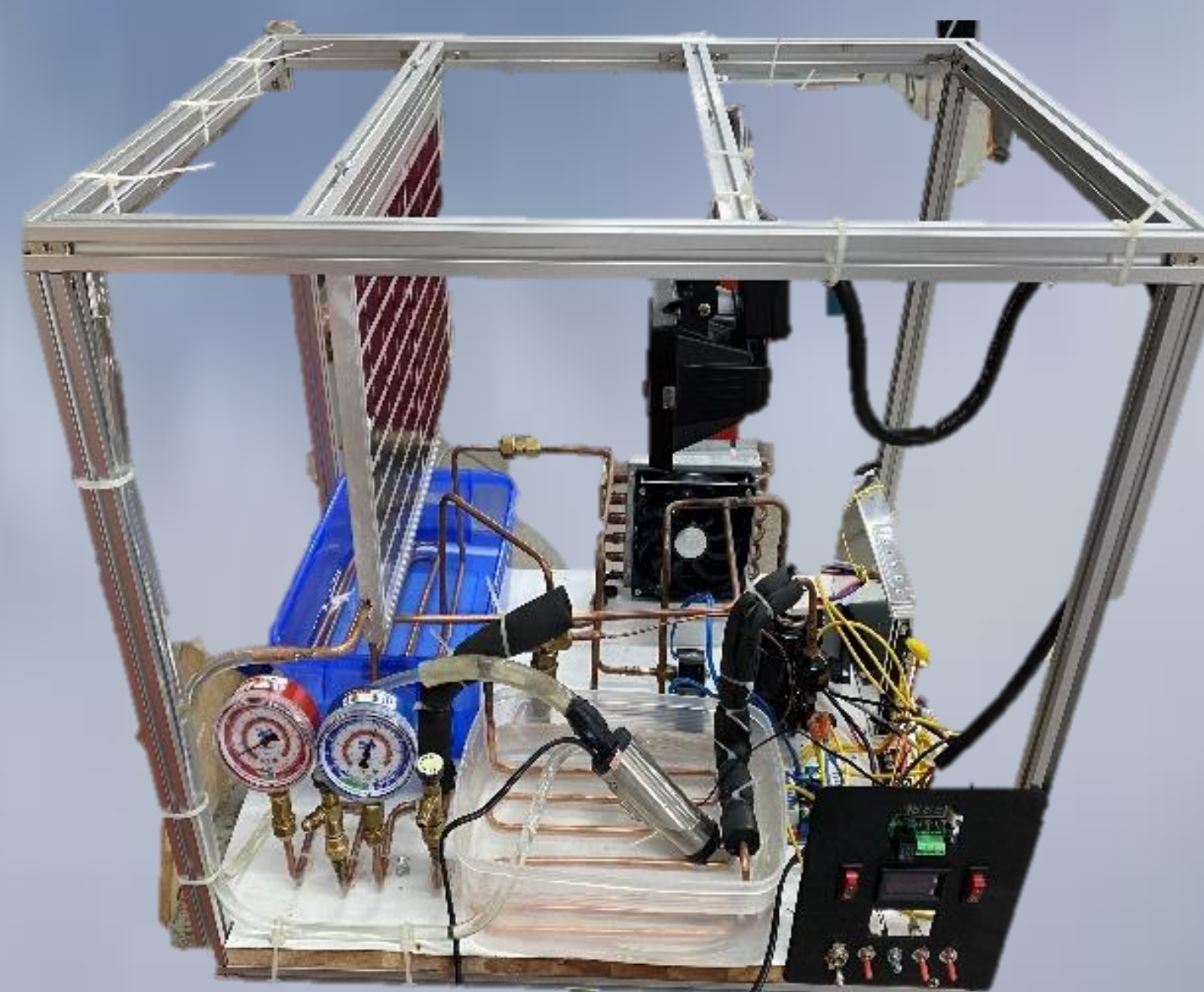
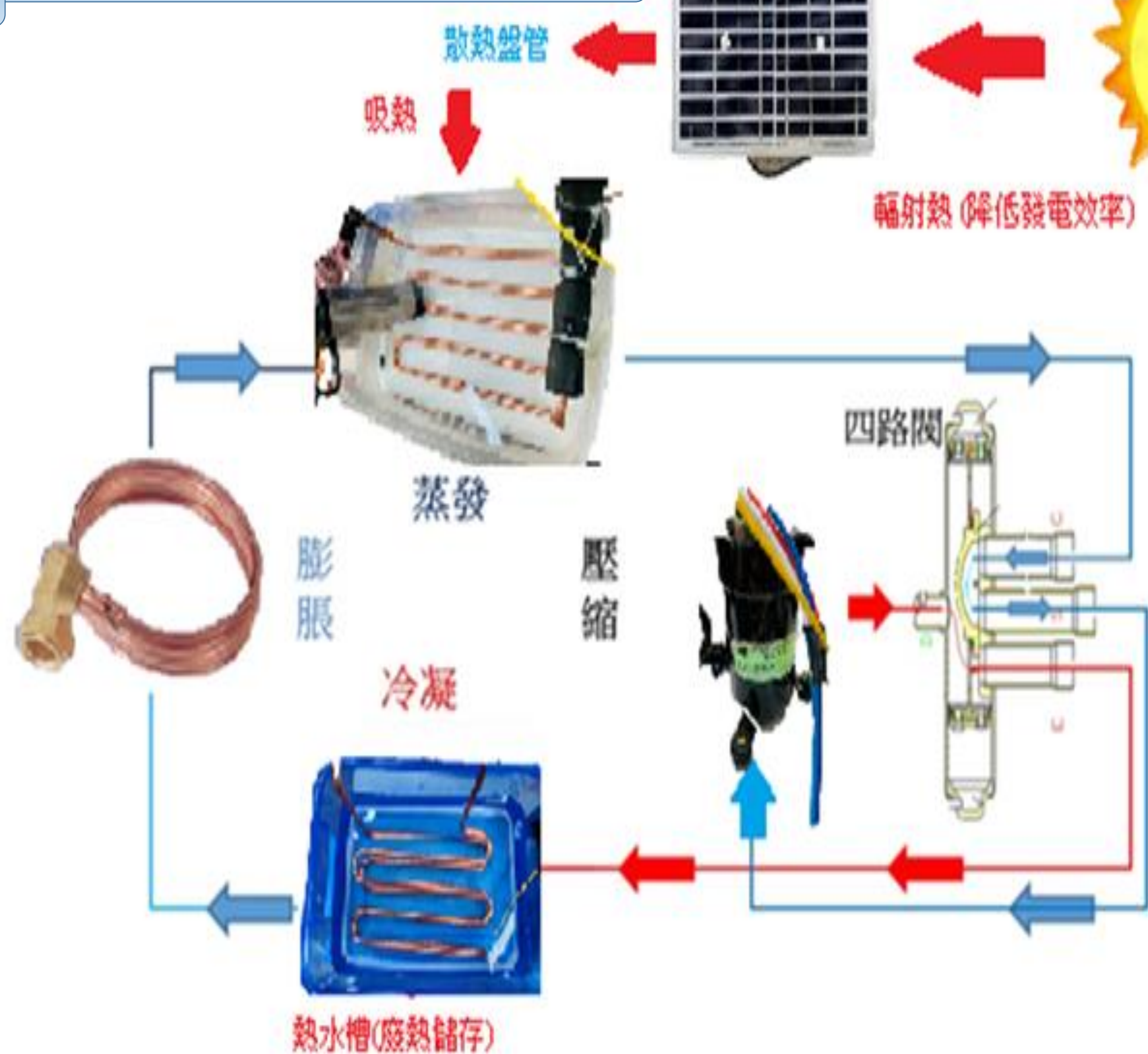
取得材料

太陽能板性能  
測試實驗

散熱管路設計  
實驗

熱泵系統設計

## 系統示意圖



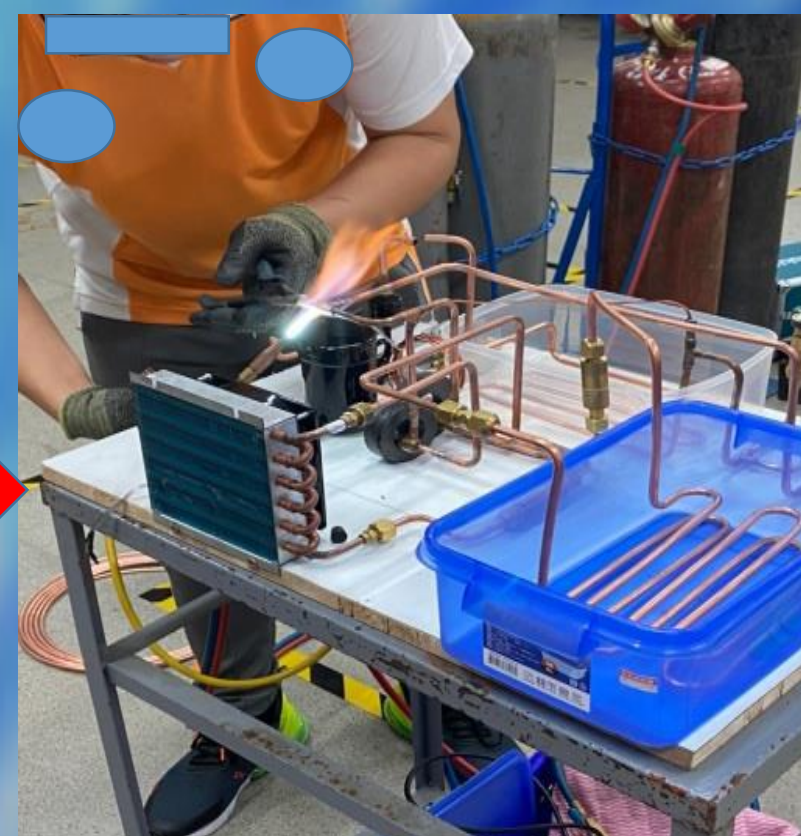
# 熱泵系統設計組裝與性能測試



裁切木板製作底座



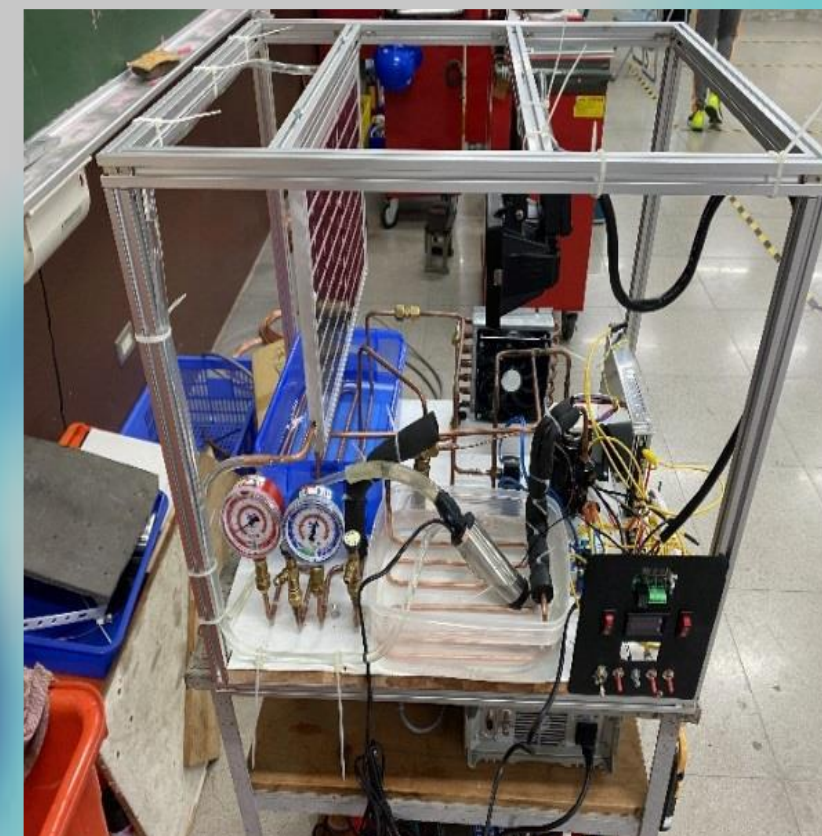
製作熱盤管



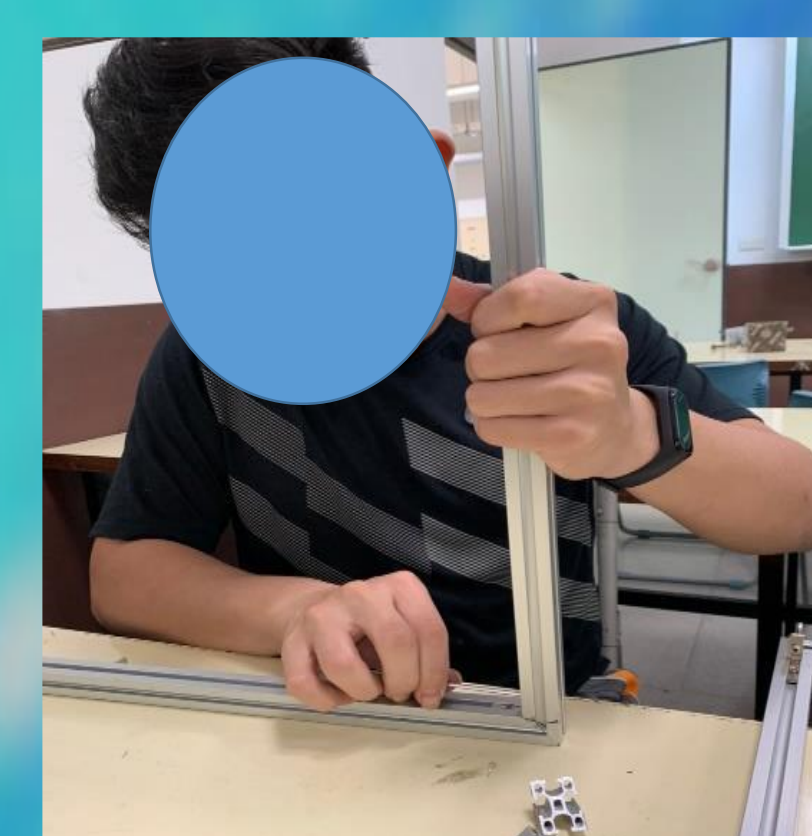
進行熱泵系統配管



灌冷媒



機台組裝完成



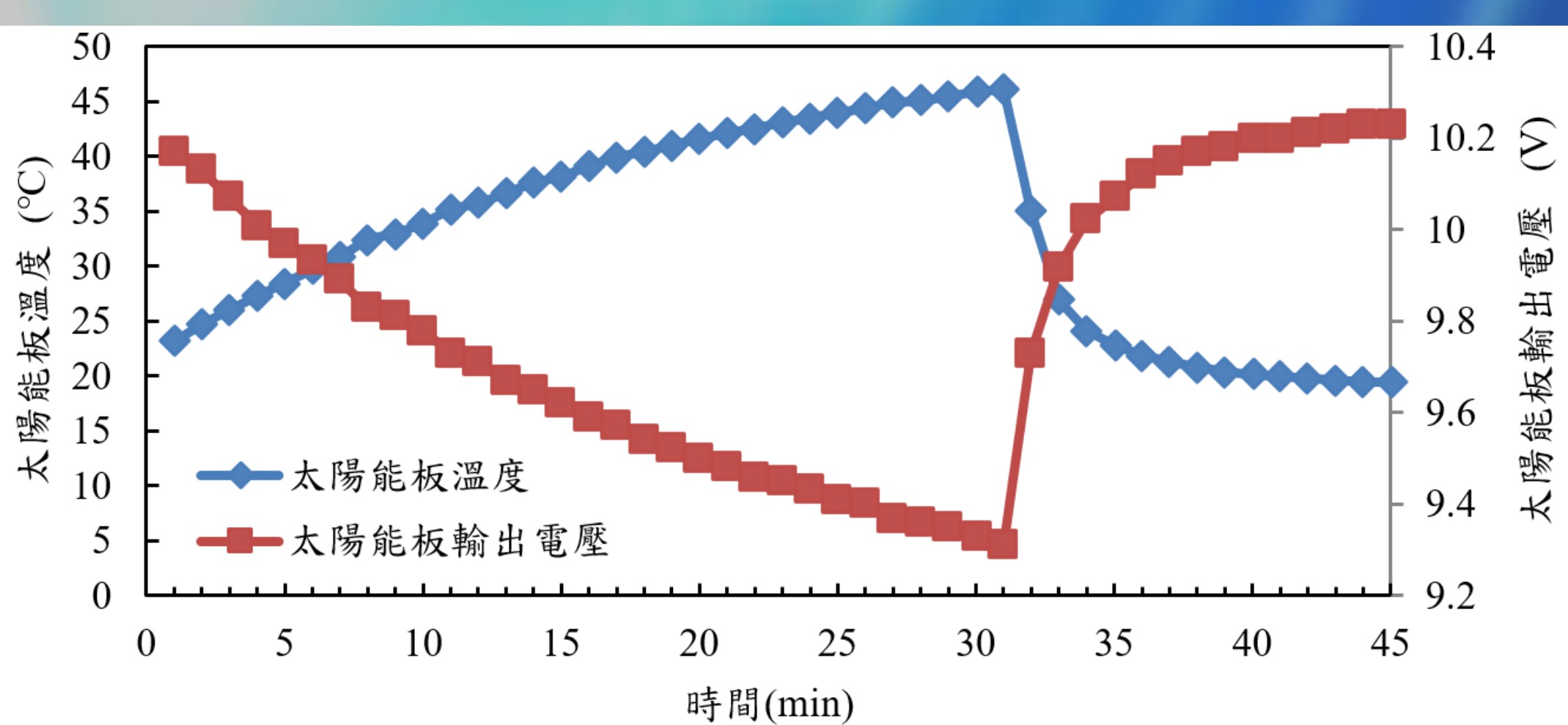
製作外框架



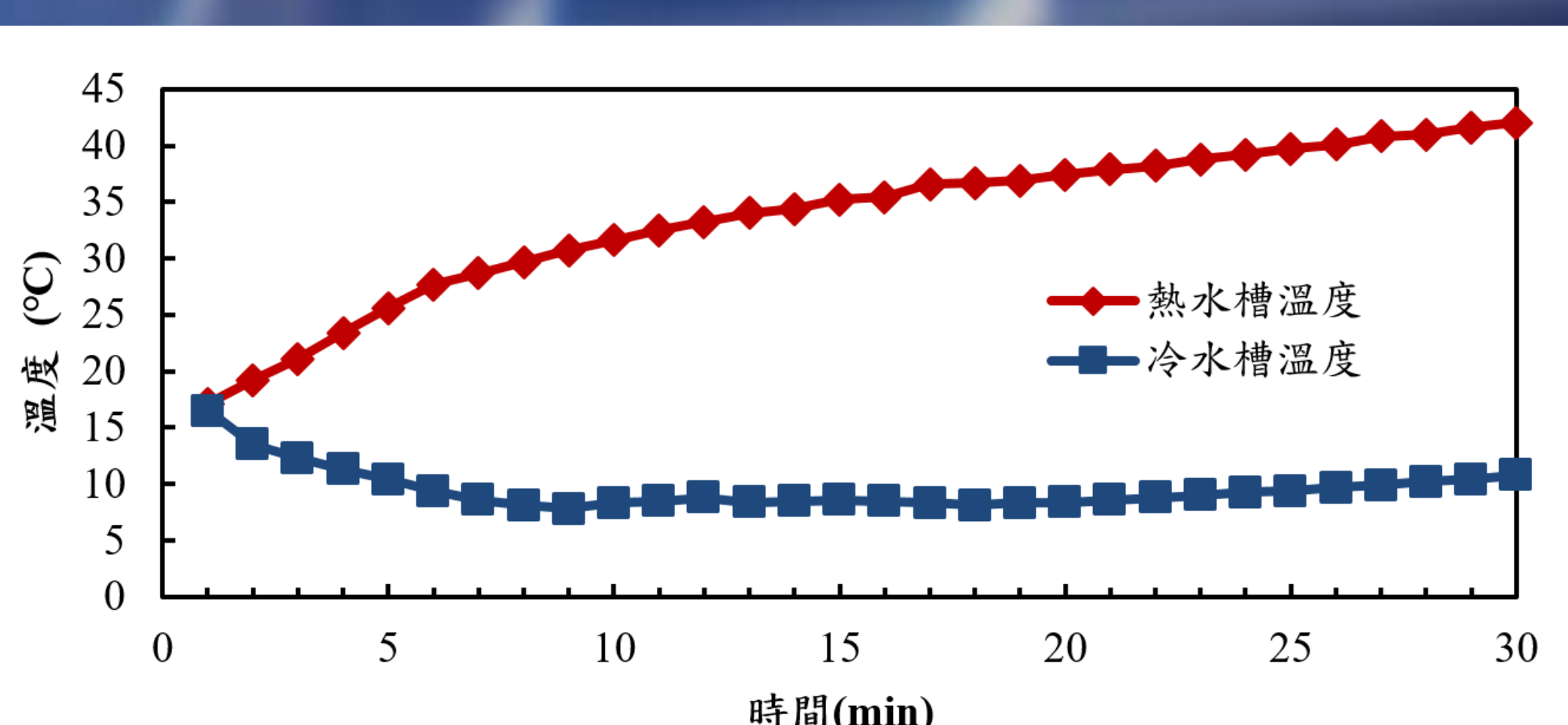
數據量測與實驗



系統運轉



使用熱泵前後比較圖



熱泵性能測試冷熱水槽溫度曲線

## 產品比較

產品名稱	本研究設備 (太陽能模擬熱泵系統) <b>勝</b>	喜特麗熱水器 JT-EH108D 儲熱式電熱水器	SE3002LM 太陽能熱水器	SHPT-50 熱泵熱水器
耗電量	200W	6000W	4000W	4500W
電流(A)	2A	27A	18A	20A
容量	2公升	30公升	300公升	50公升
電壓	110V	220V	220V	220V
優劣比較	1. 提升太陽能板發電效率 2. 太陽能板熱回收至儲水槽 減少消耗功率	1. 熱水槽溫度上升慢 2. 耗電量大	1. 白天儲存太陽能熱能 可供晚上使用 2. 陰天雨天或熱水使用 完畢後 加熱熱水速度慢	1. 加熱速度快 2. 安裝成本較高 (50000元UP)

## 結論

1. 端電壓輸出從 9.3V 上升至 10.2V，有效提升 9.67%

2. 未開啟熱回收系統，運轉 15 分鐘後熱水槽溫度為 34°C，開啟廢熱回收系統時，熱水槽溫度為 42°C，實驗平均值，可發現平均的熱回收量約為 74W。

3. 若將此熱泵系統與家用太陽能板結合，此系統的太陽能板面積為 0.08m<sup>2</sup>，將 3 坪的土地換算約為 10 平方公尺，因此廢熱回收量約為 9.2kW。

4. 可將發電功率提升 100W，若它配政府之種電政策，用於綠建築和閒置土地，將可達成綠能環保永續經營之成效