

中華民國第 61 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

光下弄冰—利用廢棄壓縮機自製「光」驅動
「冰」儲能系統

學校名稱：國立苗栗高級農工職業學校

作者： 職三 連奕群 職三 劉桂祥 職三 廖軍豪	指導老師： 李國禎 鄧旭揚
---	-----------------------------

關鍵詞：冰儲能、綠能系統、太陽能光電

摘要

在全球氣候變遷及經過日本 311 海嘯對核能電廠破壞所造成的核污染，我國立志推動無核家園及綠色能源，而儲能的方法也將成為研究的方向。本研究利用太陽能光電板透過冰電池系統將電力儲到蓄電池以外，也透過相變儲能的方式將水結成冰，在實驗中測試了 4 種不同的冰電池管道，結果發現增加銅管對水的接觸面積，一來可快速使冰電池內的水快速結成冰，二來可不必將滷水溫度打到太低的溫度，以減少壓縮機耗能。

我們直接把太陽能光電板所產生的電力，可將水儲存為冰的型態，將冰電池融冰後的冰滷水送至風機是可以維持出風溫度為 12°C 左右，可有效提供負載空間做空調使用。這個系統所消耗的電是由太陽能板所產生的電能，創造不同以往的太陽能儲能模式。

壹、研究動機

18 世紀科學的爆發造成人類不停的發明，或許前人們為了我們的文明推了一把，可到了 21 世紀，隔三岔五就能看見有關環保的議題出現在頭條新聞，平時只知道回收環保意識的我們難像世界的偉人一般發明各個環保科技，但如今被廣為人知的太陽能或許不是最好的辦法卻也可能是世界拯救環保的一條通道。

冷氣的發明利益於人們，用電的我們感覺自己機台上的環保標章就已經拯救地球了，但並非如此它們所供給的電力卻來自於核能、火力、水力等各個方向，我們將利用冷媒與滷水(乙二醇)在熱交換器當中交換冷熱，在進入到設計的銅管當中讓水降溫至設定溫度來結冰，將冷儲存在冰當中，把冷利用風扇吹出，而這一切的起電我們採用太陽能的形式，達成取之於「世界」；用之於「世界」。

貳、研究目的

利用太陽能發電系統，搭配廢棄除濕機的壓縮機，組裝一台直接利用太陽能製冷的冷凍循環系統，並且使用二次冷媒與管道設計，自行設計一套利用白天的陽光，進行製冷並且將冷的能量製作成冰進行保留，到了晚上或者需要冷能時可直接使用，而管道設計在此研究中我們稱為冰電池，希望可以設計出最佳冰電池的儲能模式，此系統可將太陽能板的太陽能轉

換成冰能，在利用冷氣運作方式與熱傳導原理結合，所製造出來的小型冷氣，此系統有三種不同的運作方式，結冰模式、融冰模式、結冰與融冰模式，當早上不在家出去上課或是上班時，可將此系統調整結冰模式，這樣早上就可利用太陽能轉換成冰冷能來儲存，晚上回家時就可以切換成融冰模式，來做冷氣使用，當假日的早上想吹冷氣時，可切換成結冰與融冰模式，可以一邊製冰一邊吹冷氣達到一個省電的效果。

參、研究設備及器材

一、設備

編號	名稱	單位	數量
1	壓縮機	台	1
2	冷凝器	個	1
3	膨脹閥	個	1
4	自製殼管式熱交換器	個	1
5	逆變器	台	1
6	電源供應器	台	1
7	12V 循環水泵	台	1
8	太陽能光電板	片	2
9	溫度記錄器	台	1
10	高低壓表	組	1
11	直流電壓表	個	2
12	直流電流表	個	2
13	乾燥過濾器	個	1
14	真空泵	台	1

二、材料

編號	名稱	單位	數量
1	木板	片	1
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	2.5mm ² 黃色導線	個	1
6	R-134a 冷媒	桶	1
7	500c.c 燒杯	個	2
8	保溫棉條	個	多數
9	金屬膠帶	捆	1
10	鋁膠帶	捆	1
11	束帶	包	1
12	銅螺帽	個	多數
13	銅由令	個	多數
14	保溫棉	段	多數
15	銅管固定夾	個	多數
16	銀焊條	條	多數
17	螺絲	個	多數
18	水管	捆	1
19	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	氮氣	瓶	1
9	12V 電鑽	台	1
10	線鋸機	台	1
11	六角板手	組	1

肆、研究過程或方法

一、研究流程

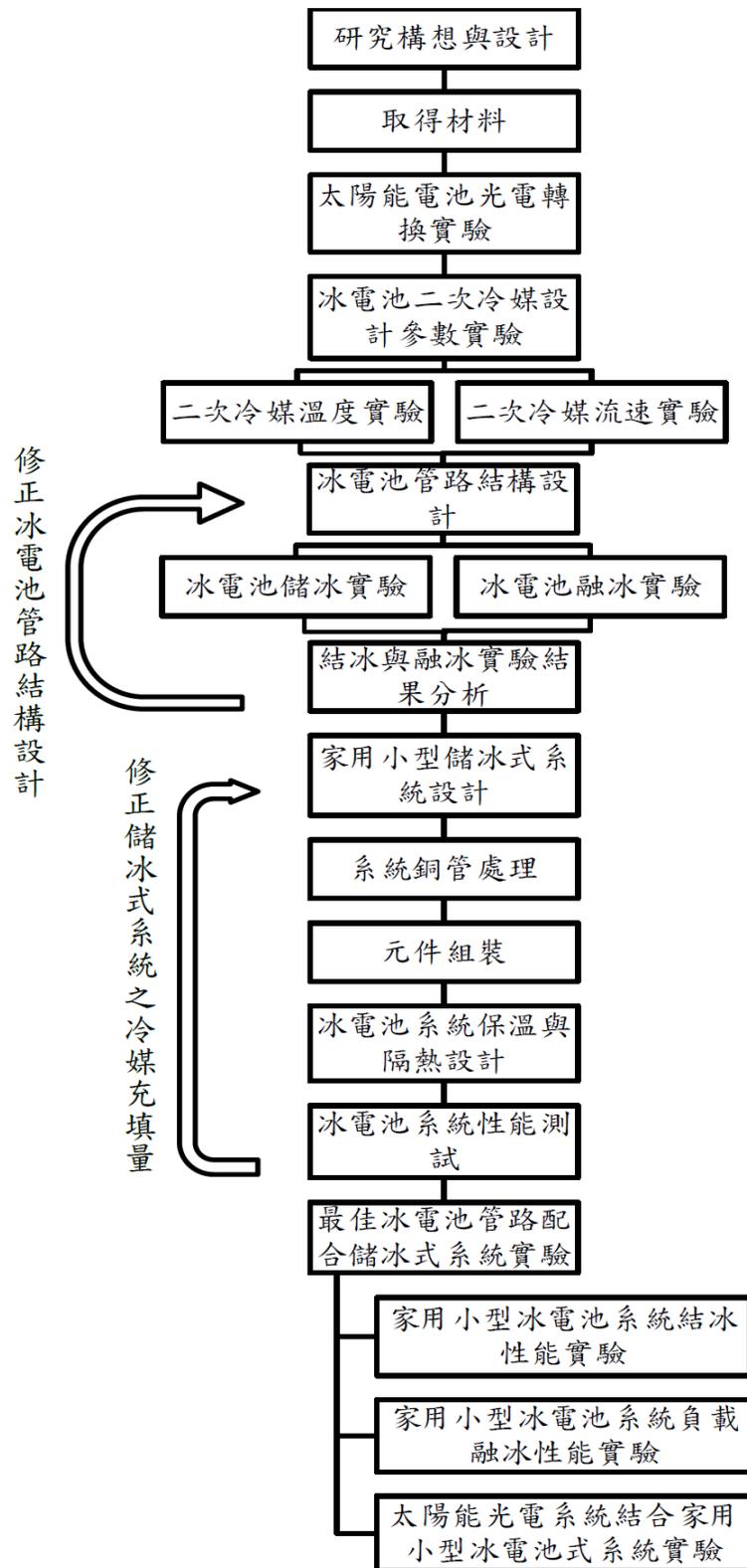


圖 1 研究流程圖

二、文獻回顧

(一) 二次冷媒

二次冷媒就是我們常說的滷水，它會先經過冷凍循環系統降溫，在由水泵將滷水送到需要的地方和被冷卻物質做熱交換，最常見的被冷卻物質是空氣，滷水升溫在回到冷凍循環系統降溫，重複這個循環。與一般百貨商場大型冷凍系統使用冰水不同，滷水可以在 0°C 以下工作，使用滷水有以下特點：

- 防凍特點凝固點通常在 -25 到 -60°C 。
- 防止沸騰一大氣壓下沸點在 106°C 以上。
- 防腐蝕。
- 潤滑能夠防止非金屬材料橡膠和塑膠的溶解、膨脹、老化。
- 防止水垢生成。

(二) 熱傳導係數

我們常使用的熱傳導係數定義是熱導率為在固定時間內，單位截面積所流過的熱量除以單位距離溫度變化量，是一個物質的導熱性能係數，在同一物質內從高溫處傳到低溫，也稱為導熱性或導熱度，常見的熱傳導係數，如表 1 所示。

表 1 不同物質熱傳導係數

物質	熱傳導係數	物質	熱傳導係數
空氣	$0.024(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$	鋼	$60(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$
銅	$401(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$	鐵	$80(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$
水	$0.6(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$	鋁	$237(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$

(三) 冷凍循環四大元件

- 壓縮機

和人類的心臟一樣，心臟是從靜脈吸入血液加壓後吐出到動脈，而壓縮機是從低壓端（蒸發器）吸入然後壓縮，使其成為高壓的氣態冷媒，吐出到冷凝器，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。這次專題使用的是廢棄除濕機迴轉式壓縮機，其和另外四種相比重量較輕、體積較小、需要的零件也比較少，符合我們這次專題的需要。

- 冷凝器

將壓縮機排出的高溫氣態高壓冷媒，進入冷凝器內和室外空氣進行熱交換，使氣態冷媒凝結成為高壓液態常溫的冷媒。

- 冷媒控制器

將高壓液態冷媒根據需要降壓流過冷媒成為低壓液態冷媒，到蒸發器使液體冷媒膨脹後經吸收熱量而變成氣體冷媒，因為相態的變化，冷媒的潛熱值相當大，因此可吸收許多熱量，使蒸發器溫度可以下降許多。本實驗系統以定壓式膨脹閥作為冷媒控制器，以調整我們所以的冷媒膨脹溫度。

- 蒸發器

使低壓液態冷媒蒸發，藉由冷媒在液態轉換至氣態時所吸收熱量最多，與外界物質做熱交換，本系統自製滷水熱交換器，透過冷媒的相變化後將滷水熱量帶走，使滷水溫度降至-12°C再進入冰電池內的銅管排內讓水能從液態凝結成固態。

(四) 太陽能板發電原理

太陽能發電原理主要是仿生植物界綠葉植物，他們可使用陽光照射而讓自己長大，而現今科技的我們則試著使用兩個半導體結合，一邊為 P 型半導體，而另一端使用 N 型半導體併合在一起產生電場，在光的照射下 N 型半導體會產生電子，P 型半導體則會產生電洞，從而產生電流，再將光能轉變成電能輸出。

(五) 冷媒

冷媒是冷凍空調設備中最重要的一環，用以傳遞熱，而冷媒是一種易吸熱相變化成為氣體，放熱則又相變化成液體的物質。而它的蒸發溫度會隨應用溫度而變化，例如冰水機之蒸發溫度約為 0~5°C，家用空調機之蒸發溫度約為 5~10°C，當蒸發溫度愈低，其運作的蒸發壓力也愈低，若冷媒之蒸發壓力低於大氣壓力時，則空氣易侵入系統，系統處理上較為困難，因此希望冷媒在低溫蒸發時，其蒸發壓力可高於大氣壓力。

(六) 熱交換器

機器運轉中的流體溫度有的必須加熱或冷卻，但凡是將一個流體的熱轉換至另一個流體，這就稱為熱交換。像是日常中我們了解的液體、氣體、或間接式的方式。利用物質接的轉換從而達到熱的交換已做降溫冷卻，本實驗使用的熱交換器為『殼管式熱交換器』，其結構簡圖，可如圖 2 所示，實際製作圖可如圖 3 和圖 4 所示，特色是由許多管子組成管束，管束構成熱交換器的傳熱面，此類熱交換器又稱為列管式熱交換器。



圖 2 殼管式熱交換器示意圖



圖 3 殼管式熱交換器(外殼)



圖 4 殼管式熱交換器(內管)

(七) 熱的傳遞方式

熱的傳遞分為三種，對流、輻射、傳導，而傳導跟對流則與我們息息相關，像是我

們用冰冷的手去觸碰溫暖的東西而使手升溫就是一種傳導。像是冷氣機為何裝在高處也是因為冷空氣較重會向下流，則熱空氣較輕就會像上飄。這稱為對流。而輻射不需任何物質當媒介，而直接由熱源傳播出去。如同太陽的紫外線、超聲波、放射性物質放出的粒子，如：微波爐，是一種電磁波把熱能向外散發的熱傳導。

三、實驗設計

(一) 太陽能板儲能實驗

圖 5 為太陽能板儲電實驗，太陽能板經過電壓電流表後，接入太陽能充電控制器再接至電壓電流表最後接至鉛酸電池，充電至飽和電壓約 12.8V~13V 左右，每分鐘記錄其電壓電流及充飽所需時間，並觀察天氣陰暗度對於太陽能充電過程的影響。



圖 5 儲電實驗圖

(二) 二次冷媒流速實驗

在閱讀文獻中，我們發現滷水(乙二醇)會隨著溫度而改變黏稠度。於是我們試著做有關不同溫度和電壓會對於滷水的影響，使用 8V、10V、12V 在-8°C、-12°C、-16°C所帶來不同的影響。每一溫度和電壓皆實驗 3 遍，分別記錄 500ml、1000ml 填滿所需的時間以此分辨差距和優劣。

(三) 冰電池管路實驗

如圖 6 為本實驗全系統圖。圖中的壓縮機□冷凝器□膨脹閥□熱交換器為冷凍循環系統四大元件，其中的熱交換器是用來冷卻乙二醇溶液(滷水)，使其溫度降至-12°C左右。

當滷水溫度達到 -12°C 以下時候，利用滷水泵使冰滷水進入冰電池模組內的銅管模組進行熱交換，達到水能夠結冰之效果。本系統將進行製冰、融冰及同時製冰+融冰之實驗。

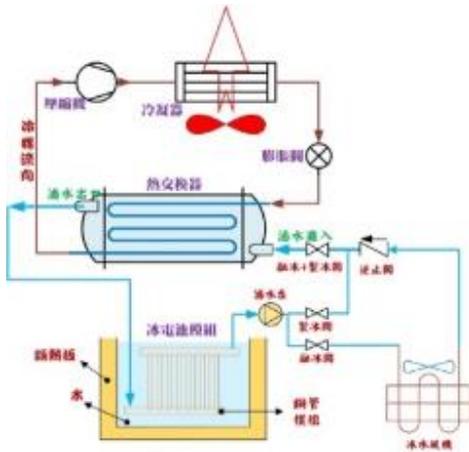


圖 6 全系統圖

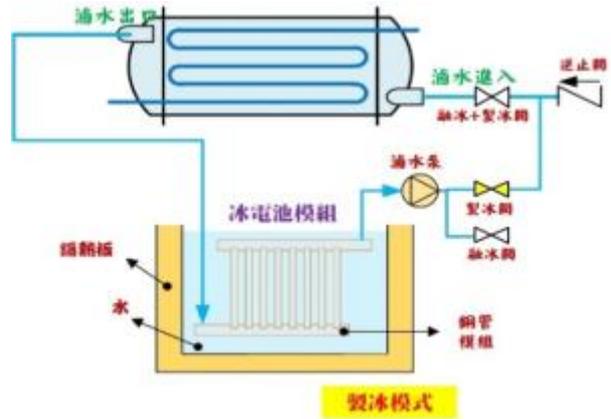


圖 7 製冰模式圖

1. 製冰實驗

如圖 7，為本系統製冰模式圖。滷水經過製冰閥、融冰+製冰閥，進入熱交換器使滷水溫度下降 -12°C 後再進入冰電池模組中的銅管模組對水做製冰模式。過程中每分鐘進行量測滷水進出口溫度、銅管模組進出口溫度、水槽內水溫並且每 5 分鐘對結冰狀況進行拍照。實驗全程以 60 分鐘為一循環。

在銅管模組中，如圖 8、圖 9、圖 10、圖 11。我們分別比較環型管流道、低直管流道、高直管流道及橫管流道，等模組進行製冰觀察其溫度及結冰狀況，確定那一模組成為冰電池模組中的結冰最為理想。



圖 8 環型銅管模組圖



圖 9 低直銅管模組圖



圖 10 高直型銅管模組圖



圖 11 橫型銅管模組圖

2. 融冰實驗

如下圖 12，為融冰實驗模式，全程實驗為 60 分鐘。當在冰電池模組中的冰凝結完成後，利用鹵水泵將鹵水經融冰閥、冰水風機、逆止閥、融冰+製冰閥進入熱交換器(此時冷凍循環中的壓縮機不運轉。)回到冰電池將冰水風機高溫的鹵水進行降溫後，再次循環融冰路徑，使冰水風機有源源不絕的冰鹵水來產生冷風出來。實驗過程中，每分鐘量測銅管模組進出水溫及冰水風機出風溫度並且每 5 分鐘拍照融冰狀況。

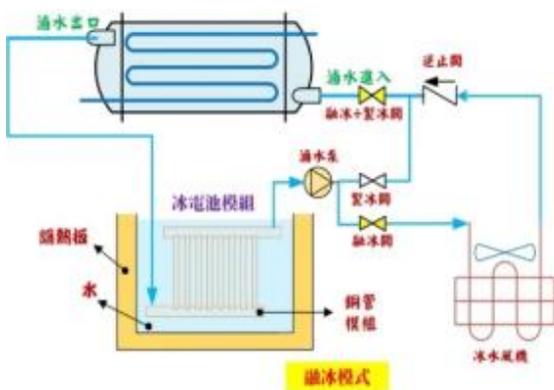


圖 12 融冰模式圖

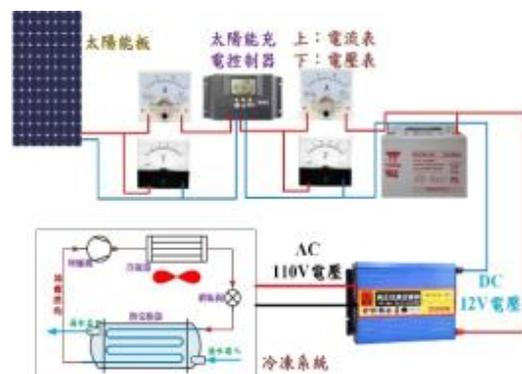


圖 13 太陽能板儲能對冰電池系統實驗圖

四、測試實驗與系統製作

(一) 太陽能電池光電轉換實驗

	
<p>圖 14 太陽能的電儲存至蓄電池</p>	<p>圖 15 太陽能板儲電配線</p>
	
<p>圖 16 使用除濕機當負載</p>	<p>圖 17 紀錄數值</p>

(二) 冰電池管道設計

	
<p>圖 18 設計冰電池管路</p>	<p>圖 19 量測冰電池大小</p>
	
<p>圖 20 冰電池管路焊接</p>	<p>圖 21 冰電池組合</p>

(三) 冰電池二次冷媒設計參數實驗



圖 22 架設實驗設備



圖 23 調整恆溫水槽

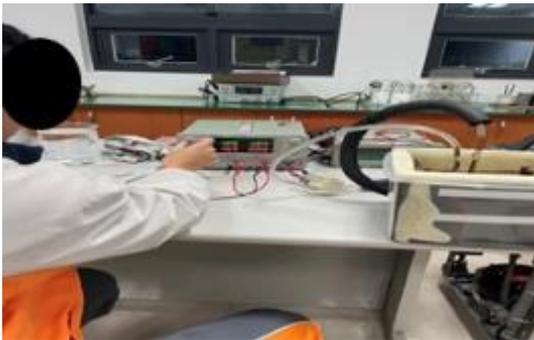


圖 24 調整電源供應器



圖 25 紀錄數值

(四) 冰電池管路結構實驗



圖 26 設計不同冰電池管路結構



圖 27 組合焊接

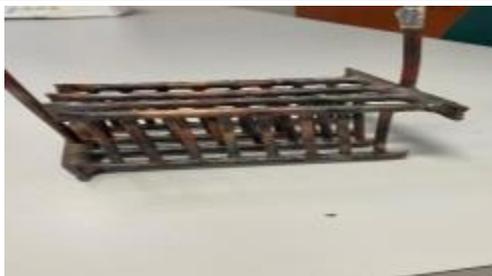


圖 28 冰電池-低直流道



圖 29 冰電池-環形流道



圖 38 冰電池-高直流道



圖 39 冰電池合-橫流道

(五) 冰電池性能實驗



圖 30 塑膠槽保溫

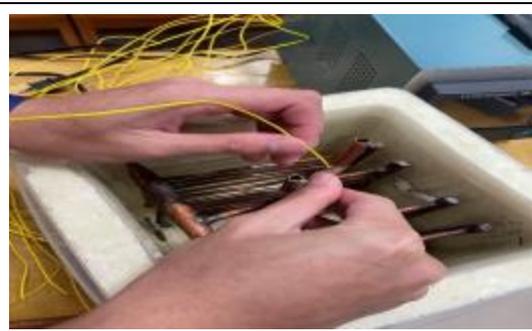


圖 31 裝置溫度計錄器

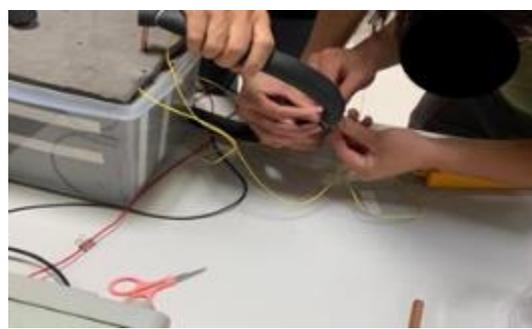


圖 32 冰電池管路保溫

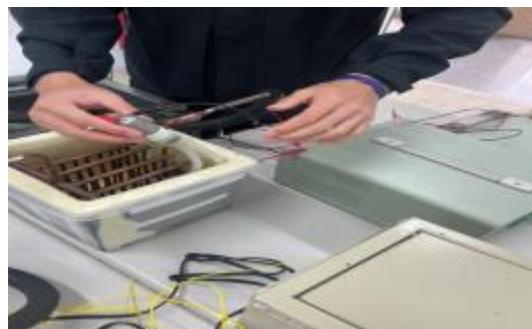


圖 33 安裝水循環泵



圖 34 紀錄溫度數值



圖 35 拍下冰的變化



圖 36 接上蒸發器進行融冰實驗



圖 37 紀錄實驗數據

(六) 冰電池系統組裝與性能測試



圖 38 裁切木板製作底座



圖 39 設計與裁切鋁矩形腳架



圖 40 組裝鋁矩形

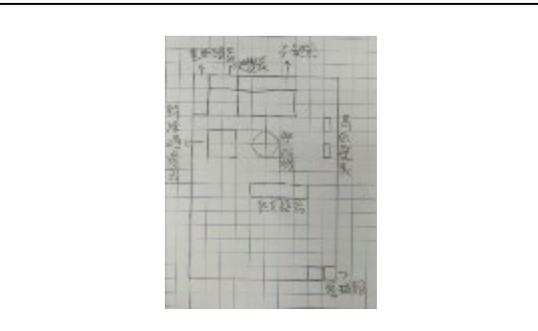


圖 41 構想冷凍元件位置



圖 42 擺放冷凍元件位置



圖 43 焊接冷媒管路



圖 44 製作殼管式熱交換器(外部)



圖 45 製作殼管式熱交換器(內部)



圖 46 焊接殼管式熱交換器



圖 47 系統站壓



圖 48 冷媒填充



圖 49 安裝壓縮機



圖 50 製作滷水管路

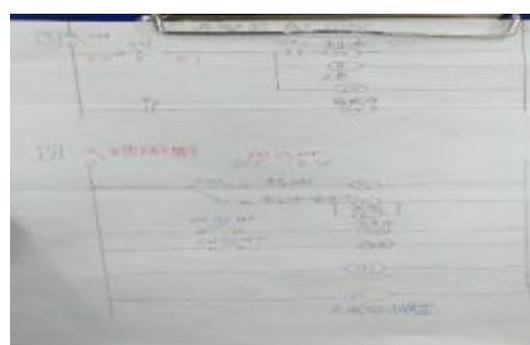
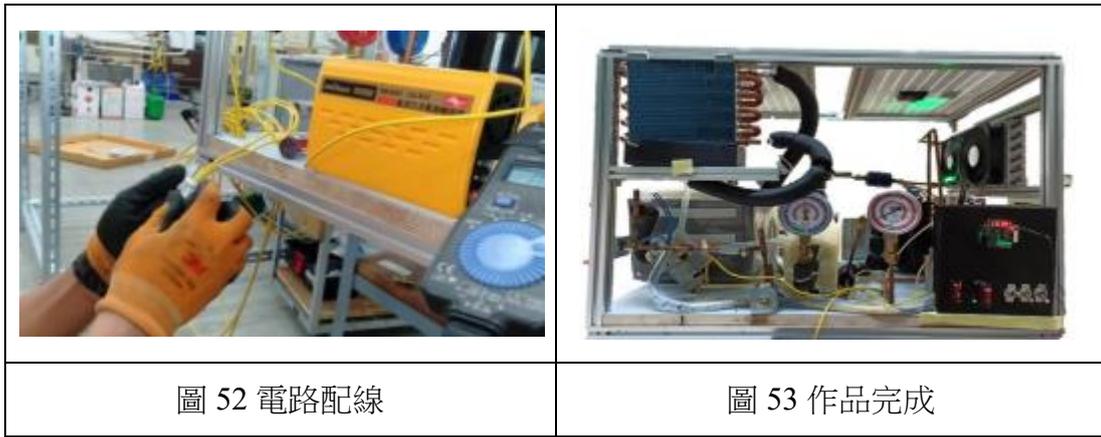


圖 51 設計電路



伍、研究結果

一、太陽能板儲能實驗

(一) 充電實驗

充電實驗是利用兩片 100cmX160cm 大小的太陽能板進行蓄電池充電，充電時太陽能板表面溫度約為 50°C，室外溫度為 20°C，在實驗進行前先將蓄電池內電量放光，確保實驗進行時電量填充的準確性。

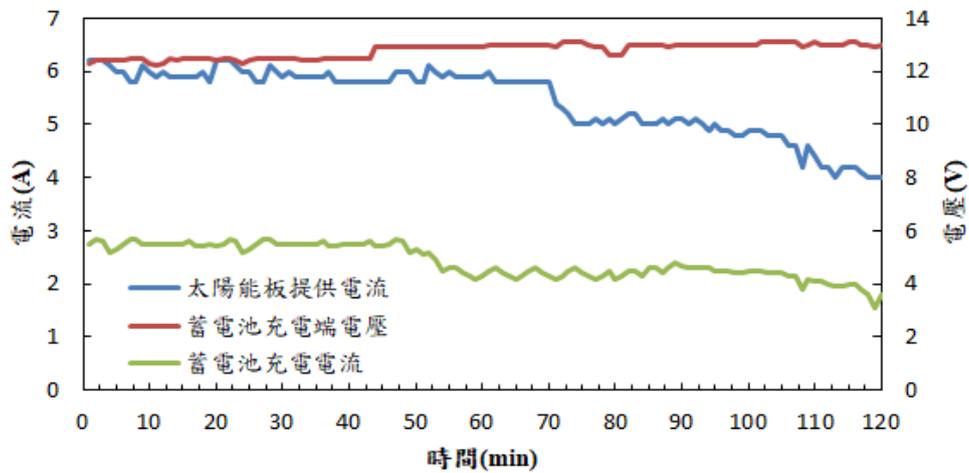


圖 54 太陽能充電曲線圖

從圖 54 中可以發現，當蓄電池電量低落時，充電電流會很高約為 5A 左右，當蓄電池充電電量接近飽和時，電流會下降，防止過量充電，並且約使用 150 分鐘左右即可完成充電。

(二) 放電實驗

放電實驗中，使用相同型號規格未報廢之除濕機作為負載，測試在此壓縮機運轉狀態，蓄電池充電完成後，可以供應多久的電能提供此壓縮機進行使用。

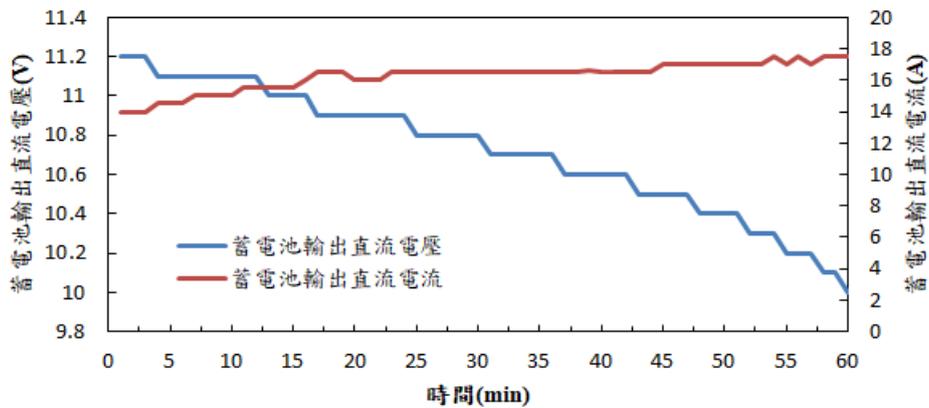


圖 55 太陽能電池放電曲線圖

結果發現，從圖 55 中可以看到，蓄電池的端電壓不斷下降，為了提供逆變器相同的轉換瓦數，因此蓄電池的輸出電流不斷增加，但也提供穩定約 160W 左右的輸出，並且在交流轉換端之逆變器的輸出穩定為 110V，除濕機可穩定運轉 1 小時以上，而也因為蓄電池端電壓大幅下降，所以蓄電池直流輸出電流已經逼近 19A，也利用逆變器安全裝置設定於 20A 自動切換停止輸出，因此可發現當系統只依賴蓄電池提供能量，可使用約 1 小時，當提升電池容量可降低直流輸出電流，但也會增加整體系統體積。

二、二次冷媒流速實驗

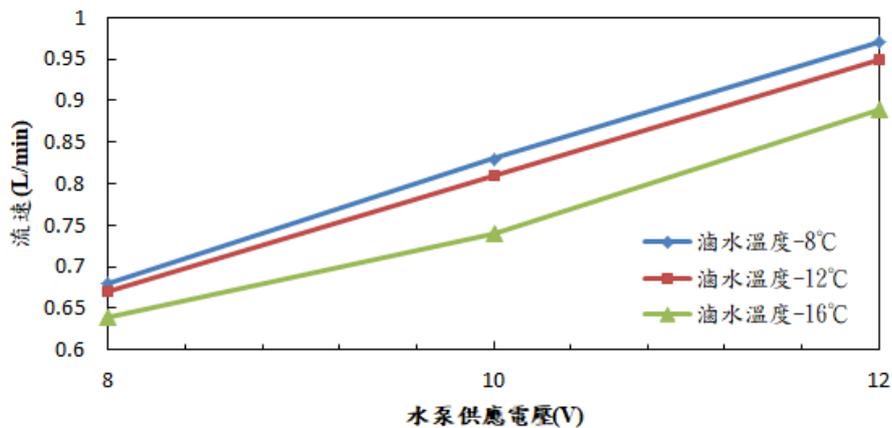


圖 56 水泵供應電壓對應不同滷水溫度之流速比較

由圖 56 得知，三種的差異性只在 0.3~3 秒之中，並非想像中巨大，上文所述，溫度會對黏稠度影響。實驗得知-8°C雖然流速快卻並不會比-12°C的結冰能力，而-16°C影響結冰時間與-12°C不相上下，過低的溫度控制也會造成壓縮機負荷變大造成更多耗能，這不是我們所追求的節約和環保，所以-12°C就成為了我們所選取的方向，結冰實體狀況可於圖 57、58 和圖 59，可以觀察到成果。



圖 57 滷水溫度為-8°C 圖 58 滷水溫度為-12°C 圖 59 滷水溫度為-16°C

在三種電壓當中也發現 8V 在水泵需花近 35 秒把一公升的滷水運送完成，而 10V 與 12V 的耗電量差距也並不大，為了更優秀的性能表現我們選擇了 12V 作為我們設定電壓，其結冰狀況可於圖 60、圖 61 和圖 62 所示。



圖 60 水泵供應電壓 8V 圖 61 水泵供應電壓 10V 圖 62 水泵供應電壓 12V

三、冰電池管路實驗

(一) 環型流道與低直管流道之比較

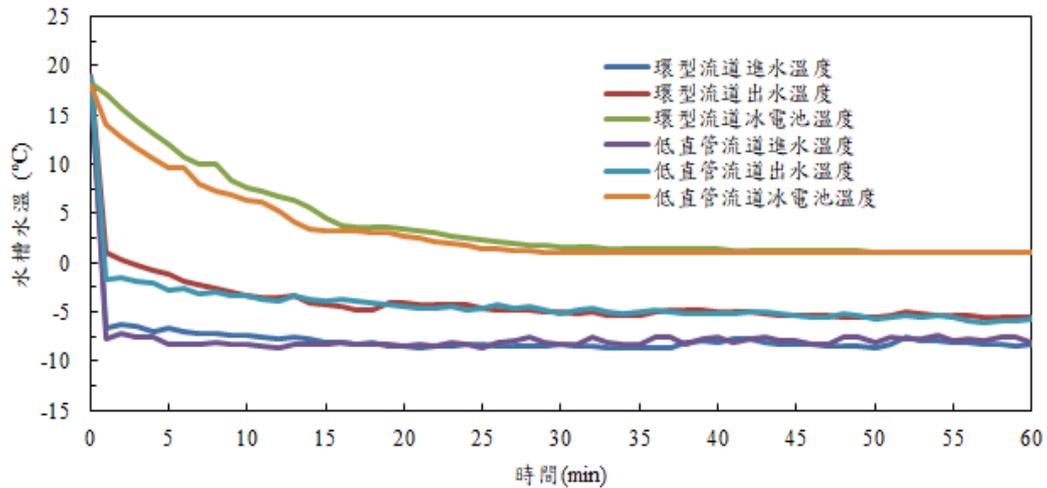


圖 63 結冰模式環型流道與低直管流道進出水溫度變化圖

從圖 63 中可發現，在初始狀態溫度約為室溫 20°C 下，冰電池水溫與二次冷媒滷水溫度，在水泵未開啟狀態均維持室溫，當水泵運轉後，可以發現冰電池管路入口溫度快速下降，均溫維持在 -8°C 左右，而此時可以觀察設置兩種不同流道狀態下，冰電池的平均溫度，發現直管流道下降的幅度降環狀流道快一些，並且從圖 64 和圖 65 中可以發現，當進行製冰實驗 1 小時之後，在相同使用銅管距離下，直管間距較密，結冰成果較佳。融冰實驗中，直管流道由於較密集，因此熱交換效果較好，所以在出風溫度可有較低的溫度，而環狀流道冰電池的入出口溫差較小，可發現熱交換效果較差，因此出風溫度略高於直管流道，所以選用直管流道作為冰電池管路設計的基礎。



圖 64 環狀流道結冰情形



圖 65 直管流道結冰情形

(二) 低直管流道與高直管流道之比較

從第一階段的實驗發現，密集的管路設計可以使儲冰效果較佳，並且於融冰時可達到較低的出風溫度，但因為第一次設計時受限於總管路等長之設定，低直管流道的高度僅為冰電池的一半，造成上半部冰電池無法結冰，因此決定增加總管路長度，在水泵提供流量無巨大衰減下，將直管流道高度增加，成為高直管流道，此部分比較兩者的儲冰與結冰效果。

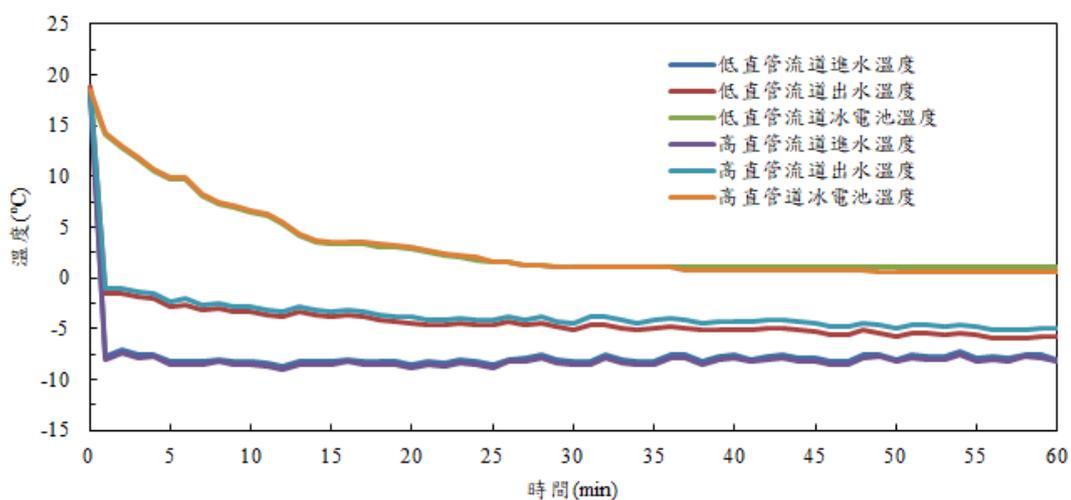


圖 66 低直管流道與高直管流道對比

從圖 66 中可發現，兩種流道冰電池的設計，在增高冰電池設計後，整體冰電池的溫度有下降一些，並且兩者結冰的厚度從圖 67 圖 68 中可發現冰層厚度影響不大，主要原因為冰層自己本身有熱阻，當管內的二次冷媒(滷水)溫度僅為設定值約-10°C，冰無法再給予熱能，導致運作 60 分鐘後，原先直管流道的冰層厚度，並沒有比增高的低直管流道厚許多。在融冰實驗時，直管流道與高直管流道相比，兩者的出風溫度相近，取 60 分鐘的溫度變化也相近，但長時間運轉下來，當使用超過 1 小時之後，由於高直管流道的結冰情形較為均勻，並且整體冰電池的儲冰量較直管流道多，因此可以有較長的運轉時間。



圖 67 高直管流道結冰情形

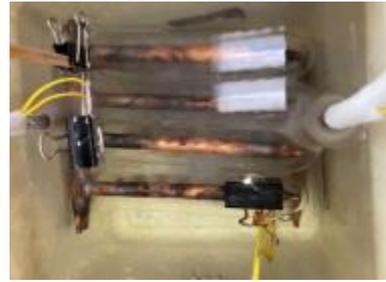


圖 68 直管流道結冰情形

(三) 高直管流道與橫管流道之比較

當增加流道路徑長度，可有效提升冰電池的續航力，增加融冰的時間，但冰層最靠近銅管的部分會先融化完成，因此最靠近銅管部分的溫度無法最低，所以在取用與高直管流道相同長度的銅管下，設計橫管流道，設計橫管流道主要想利用冰的浮力作用，讓最靠近管路的冰電池溶解後，冰層可以利用本身的浮力，自行靠近冰電池管路，提升熱交換效果。

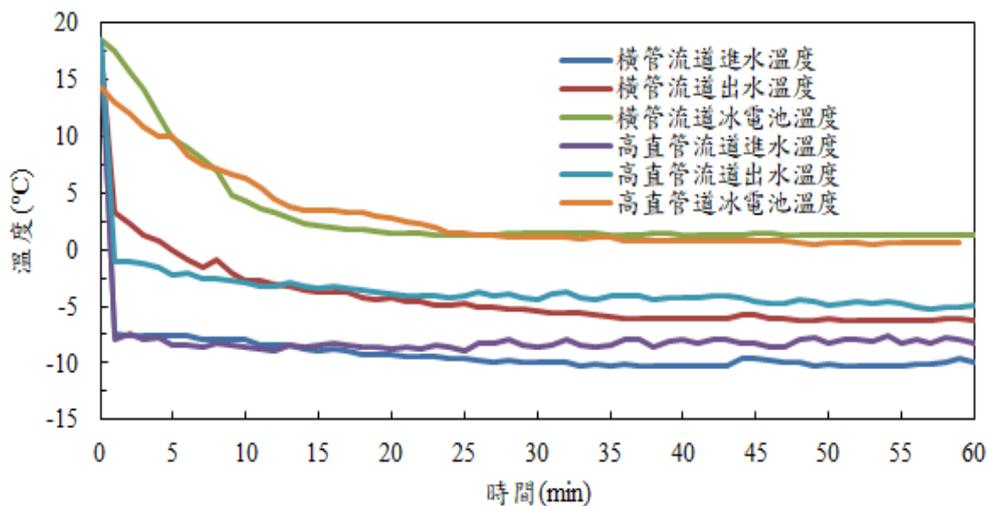


圖 69 高直管流道與橫管流道之比較

從圖 69 中可觀察到，無論是高直管流道和橫管流道，兩者的進出水溫度和冰電池溫度變化都不大，因此要觀察原本所設計的浮力效應是否有效，但結果發現由於儲冰槽的體積限制，冰層都會結冰至底部，因此溶化後底層冰尚未融化，所以無法浮出來，設定的效應並不明顯，並且水泵浦在相同供應電壓下，可從圖 70 和圖 71 中看出來，高直管流道表現較佳。融冰實驗中，可以發現兩種的管路出風溫度是相近，考量結冰狀況和泵

浦的壓力損失，最後選擇高直管流道，可產生較佳的儲冰效果，並且管路配置上對於水泵的功耗較小。



圖 70 高直管流道結冰情形



圖 71 橫管流道結冰情形

(四) 自製太陽能冰電池系統測試實驗

本實驗將最佳化冰電池管路—高直管流道，配合自製的殼管式熱交換器，利用廢棄除濕機的壓縮機做為系統的核心，自製太陽能供電的冰電池系統，本系統設計冷媒低壓壓力對應飽和溫度為 -12°C ，冷媒使用 R-134a，其對應飽和壓力為 12psig，冰電池水箱設定水量為 3 公升，儲冰實驗運轉 2 小時，實驗時可一邊進行太陽能電池充放電，並且壓縮機運轉，融冰實驗時，壓縮機停止運作，太陽能電池可進行充電。

1. 結冰實驗

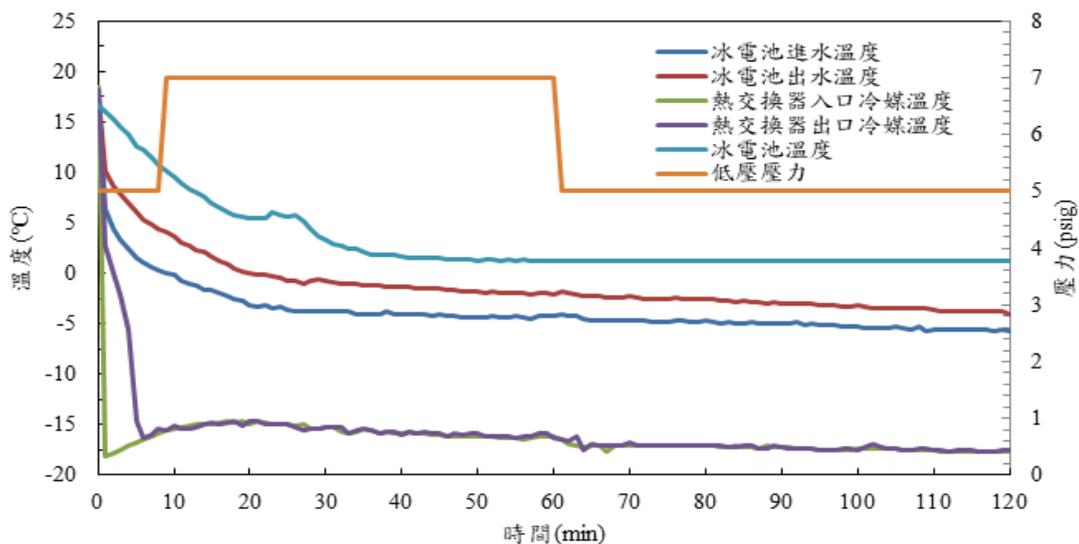


圖 72 冰電池溫度變化

在此模式中可以發現，系統的低壓壓力非常穩定，隨負載狀態有些許變化，從

圖 72 中可發現，而殼管式熱交換器二次冷媒入出口溫度變化至 15 分鐘後趨近於穩定，有效降低冰電池溫度，並且於 60 分鐘後冰電池結冰狀態漸趨完整，當運轉達 120 分鐘時，太陽能蓄電池利用控制機板模組可持續提供電能，讓系統可以穩定運作，冰電池溫度也接近 0°C，儲能狀態穩定。

2. 融冰實驗

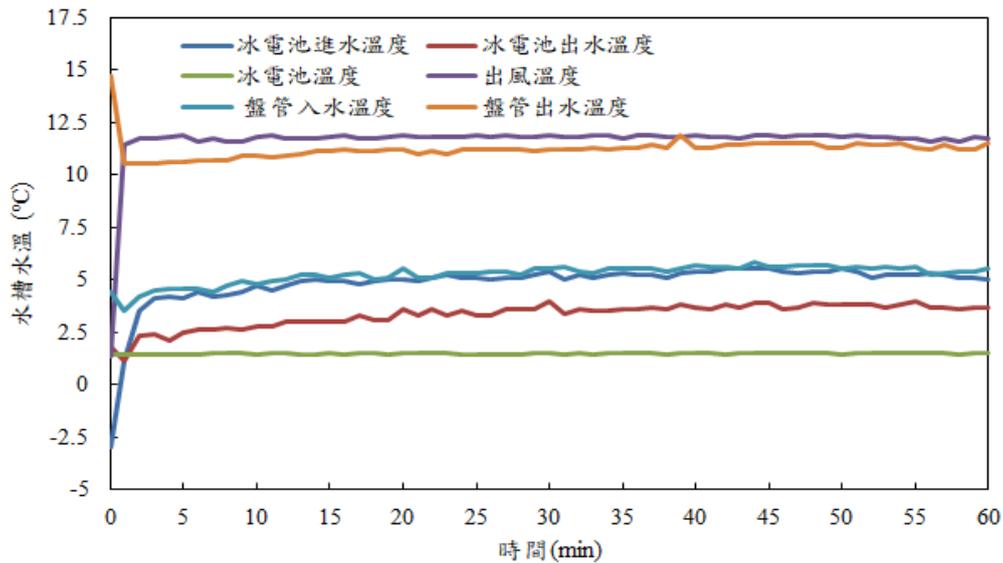


圖 73 冰電池溫度變化

進行結冰完成後，融冰測試系統狀態可由圖 73 中發現，出風溫度維持在 12°C 符合一般家用空調系統的標準，一般家用空調出風溫度約為 15°C，並且可以有效供應於小空間內使用，達到節能與儲能的雙重功效。

陸、討論

- 冰電池管路設計直管設計與橫管設計的影響？

橫管式冰電池的想法，一開始是想利用『冰』有浮力特性，可以利用此物理現象讓冰塊自然的集中，避免融冰時只有只有接觸冰電池管路的冰層迅速溶解，而較外層的冰層只能依靠熱傳導的方式將熱量移除，但針對本次研究的系統設計，冰電池的外觀大小受限，冰層的結冰成果會到達冰電池的底部，導致冰電池的最底層和塑膠外殼黏在一起，因此無法使用浮力現象提升效果，未來若設計應用於大型冰電池時實驗比較。

- 壓縮機實際使用太陽能供電時運轉能力與額定效果不同？

壓縮機選用廢棄除濕機的壓縮機，依據除濕機的名牌可發現系統的消耗功率約為 150W，因此設計初期實驗直接使用台電交流電 110V 供應進行系統調整，當冷媒量與系統壓力調整適當後，再利用直流電源供應器模擬太陽能板儲存之電能，此時發現系統的運轉電流和系統壓力與原本設計之效果相差許多，並且系統穩定性變差，後來發現是交直流電轉換的逆變器所影響，實驗一開始使用的逆變器是簡易型的系統，無法轉換出純正弦波，因此在推動旋轉類的電機設備，會導致運轉不良，後續選用可產生純正弦波之逆變器後，壓縮機運轉能力與原本相同。

- 自製冰電池系統保溫設計的影響？

保溫設計會影響系統的冷媒低壓壓力設計，因為保溫設計不當會使熱負荷增加許多，從一開始只使用保溫棉將冰電池系統包覆，但利用恆溫水槽進行管路實驗時，發現冰電池外殼結露的情形非常嚴重，藉此可判斷內部的冰有與外部的空氣進行熱交換，所以後續使用較大的塑膠盒當為基底，先將保溫棉塞滿之後再使用泡棉進行填充，後來發現結冰的時間大幅縮短，並且在進行融冰實驗時，冰電池的保存效果提升許多，因此在自製殼管式熱交換器的保溫設計時，也使用相同的方式，當保溫設計適當時，可減少壓縮機的耗能，並且將冰電池有較長的保存時間，讓能量適當進行轉移。

- 殼管式熱交換器設計對於二次冷媒溫度的影響？

本次系統設計使用殼管式熱交換器，將冷媒與滷水(二次冷媒)進行熱交換，因此冷媒的低壓蒸發壓力設計會影響滷水的溫度，而熱交換路徑受限整體系統的大小，因此我們自製的殼管式熱交換器的大小也受限，所以當整體系統進行太陽能冰電池儲存時，發現進入殼管式熱交換器之滷水，溫度沒有大幅起快速的下降，而系統低壓也穩定運作，因此在調整參數後可發現為熱交換路徑太短，而實驗中也有去調整水泵的供應電壓，但此二次冷媒流速的影響不明顯，改善熱交換距離後效果更加顯著。

- 天氣對於系統影響，如何調整？

準備 2 倍的鉛酸電池儲電能源，於天氣晴朗時利用大面積太陽能光電板多餘的電力儲存起來。當天氣不好時我們就得藉由鉛酸電池所儲力拿來使用。若電池電力不足再切換市電模式使用台電的電力來供給冰電池使用。

柒、結論

在實驗的結果中看出，影響水大面積結冰的速度除了滷水溫度要在 -8°C 下外，更重要的是與水接觸銅管流道的面積。由實驗所知，在低直流道與高直流道的實驗中看出低直流道雖然滷水溫度給予 -12°C 、 -16°C ，然而無法使冰結至其上方的水，原因是結在銅管周圍的冰其熱傳係數並不好，造成銅管內滷水與冰層外未結冰的水無法短時間內透過冰層熱交換使水結冰。

因此，增加其銅管對水的接觸面積，一來可快速使冰電池內的水快速結成冰，二來可不必將滷水溫度打到太低的溫度，以減少壓縮機耗能。另外，發現 DC 12V 轉 AC 110V 的逆變器會造成所供應的直流電流增加到 19A。所以建議未來應使用 DC 24V 以上的逆變器以減少蓄電流輸出電流較為安全，而且逆變器應該要用能輸出純正弦波，才能正常使電感類負載運轉。由實驗可知，冰電池溫度皆可在 30 分鐘後接近 0°C ，銅管表面已經會開始結冰，能直接把太陽能光電板所產生的電力將本實驗 2 公升的水儲存為冰的型態。將冰電池融冰後的冰滷水送至風機是可以維持出風溫度為 12°C 左右，可有效提供負載空間做空調使用。

本實驗以太陽能光電系統模擬在冰電池儲能上是可以達成的，未來冷凍空調所用電量在

未來必定是有增無減，面對氣候變遷的議題上，未來推動太陽能光電板儲能可以是另一種選擇。

捌、參考資料及其他

一、中文部分

【教科書】

許祺清、陳聰明（2013）· 冷凍空調原理（I、II）· 新北市：弘揚。

許祺清、陳聰明（2015）· 冷凍空調工程（I、II）· 新北市：弘揚。

張建一、李莉（2011）· 制冷空調節能技術· 北京市：機械工業。

蘇金佳（譯）（1995）· 冷凍與空調· 台北市：美商麥格羅·希爾。

【期刊文章】

科諾爾（2020）· 低溫保溫及其應用之環境影響· 冷凍空調技師 58 期· 台北市：冷凍空調技師公會。

二、網路資源

【Youtube 影音平台】

偕統科技有限公司（2019 年 10 月 2 日）· 國際趨勢/新知-二次冷媒· 取自

<https://youtu.be/FcefC9492Zc>

【單篇文章】

Smile (2004 年 12 月 25 日) · 分享冷凍循環系統的四大主件功能 · 滄者極限 · 取自
<https://www.coolaler.com/threads/72927/>

華仔 (2020 年 1 月 14 日) · 熱傳遞的三種方式 · 華強電子網 · 取自
https://tech.hqew.com/news_2061512

Edis Osmanbasic (2020) · 太陽能發電理 · engineering.com · 取自
<https://reurl.cc/9ZRpbn>

【摘要及資料庫資料】

熱導率 (2020 年 11 月 10 日) · 熱導率 · 維基百科 · 取自
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%86%B1%E5%B0%8E%E7%8E%87>

【期刊文章】

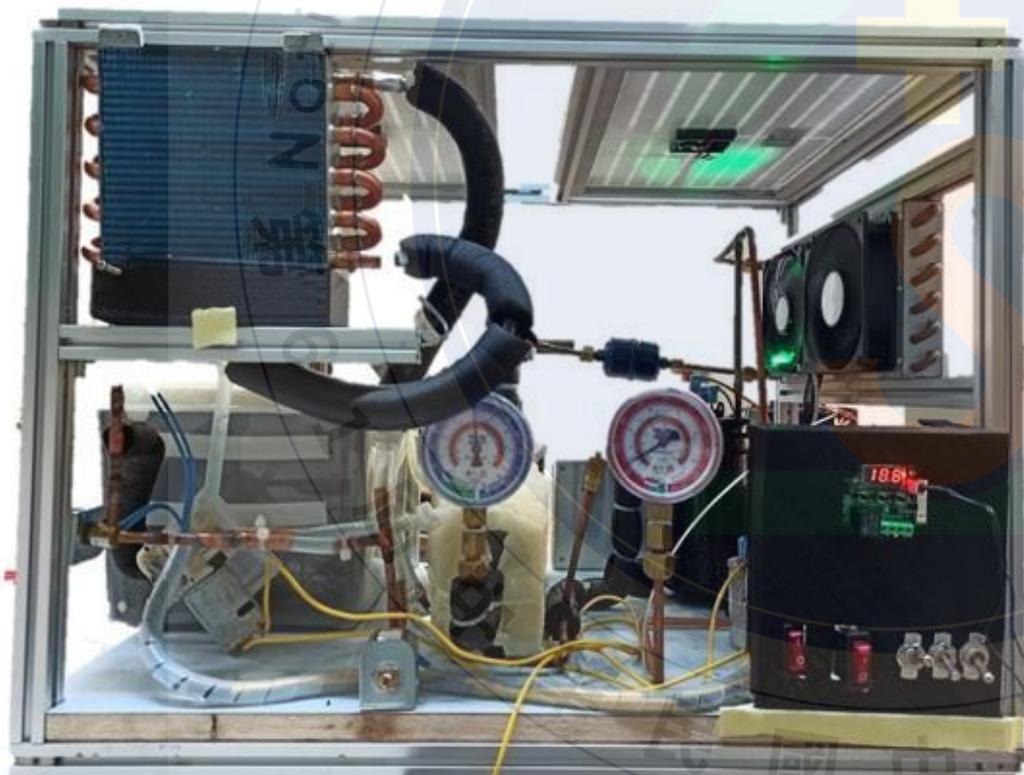
王啟川 · 熱交換器熱流設計 · 取自
<https://reurl.cc/AgMZrp>

【評語】 052603

1. 本研究利用太陽能光電板，透過冰電池系統將電力儲到蓄電池以外，也透過相變儲能方式將水結成冰，在實驗中測試不同的冰電池管道，研究主題明確，具有應用科學方法進行實作研究之精神。
2. 結果發現增加銅管對水的接觸面積，可快速使冰電池內的水快速結成冰，亦不必將滷水溫度打到太低的溫度，可減少壓縮機耗能。
3. 文獻回顧研究規劃與實驗設計方法明確詳實，根據實驗紀錄及結果，能確實達到系統性的研究的目。建議應說明研究不確定性與限制性，將更能提升實驗之精確性。
4. 未來若進一步以科學方法，測試並提高冰電池儲能之穩定度，並精密估算碳足跡之節能數值，將更具實用價值。

作品簡報

光下弄冰—利用廢棄壓縮機自製 「光」驅動「冰」儲能系統



編號：052603

前言：研究動機與文獻回顧

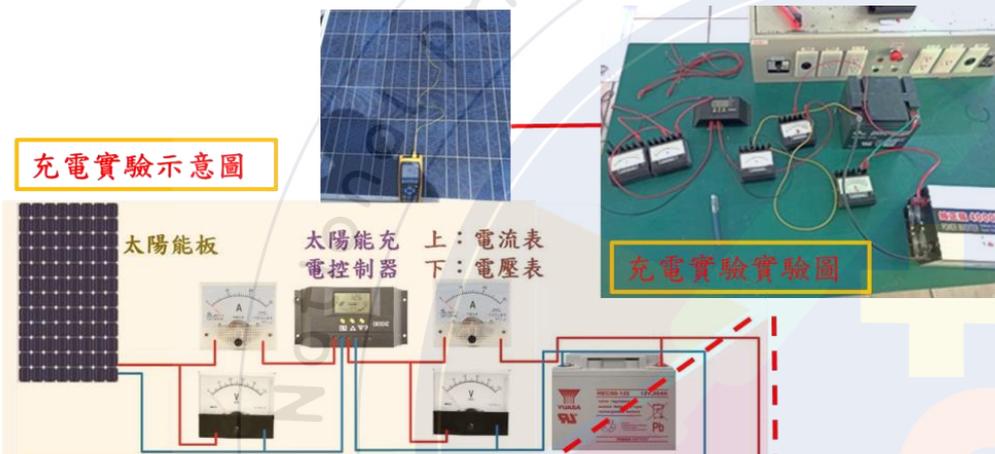


- Edis Osmanbasic (2020) 文中說明太陽能可能未來新興能源之一，加上政府目前極力推動**綠能政策**。
- 課本中『冷凍空調原理』許祺清、陳聰明 (2013)、蘇金佳 (譯) (1995) 內有提到**儲冰系統**。
- 創新的**儲能模式**，利用所學專業『冷凍空調』發想**太陽能**與冷凍空調系統有結合的地方，開發太陽能**新儲能裝置**，結合使用於冷凍設備，改變傳統儲能鋰電池缺點。
- 將**太陽能轉換成冰電池儲存下來**，也不會有廢棄電池對地球環境的傷害，利用課堂所學冷凍四大循環觀念，設計冰電池系統。
- 太陽能冰電池系統可獨立完成儲能動作，用於在**夜間提供至冷凍系統**如:電冰箱、空調使用。



研究方法：太陽能性能實驗

充電實驗示意圖

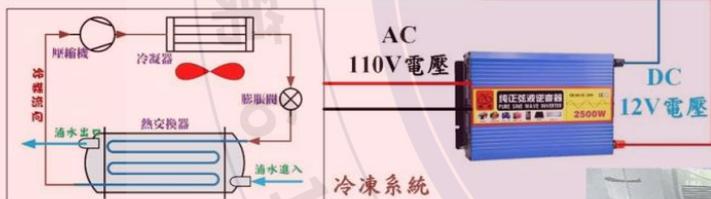


充電實驗實驗圖

充電實驗

- 太陽能板規格**100cmX160cm**
- 蓄電池規格**12V 50Ah**
- 太陽能板照光**2小時**
- 當電流下降至零時，蓄電池充滿

放電實驗示意圖

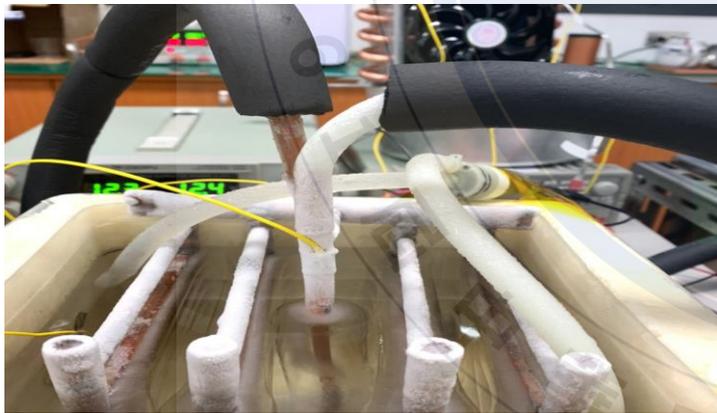
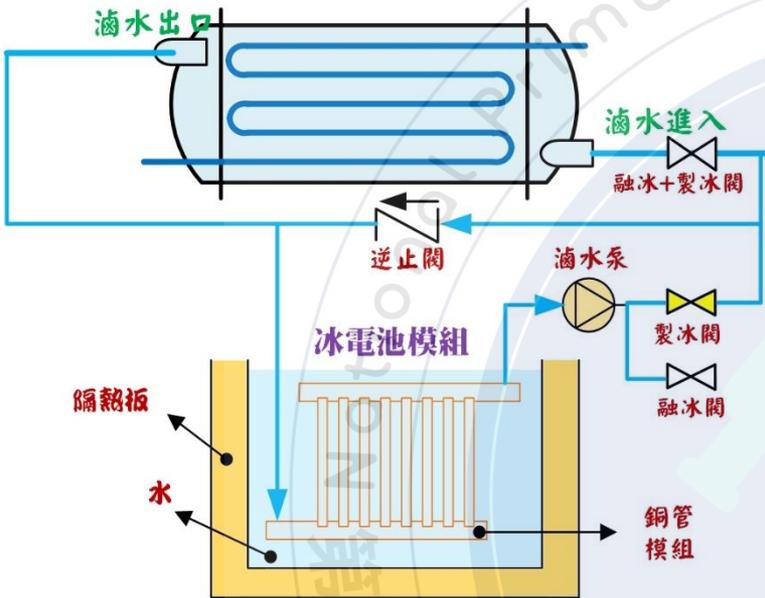


放電實驗實驗圖

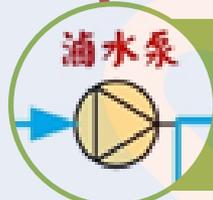
放電實驗

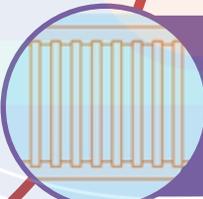
- 使用同規格除濕機
- 充滿電的蓄電池
- 使用除濕機到蓄電池沒電
- 可以使用**1小時**以上

研究方法：冰電池管路設計實驗



 滴水乙二醇溫度對結冰量影響
-8°C, -12°C, -16°C

 滴水泵
滴水流速對結冰量影響
8V, 10V, 12V

 銅管模組對結冰量影響
環形、低直管、高直管、橫管

研究方法：冰電池管路設計實驗

環形管



橫管



- 相同管路長度，不同管路結構。
- 比較**接觸面積相同**時，儲冰量差異性。

- 相同管路長度，不同管路結構。
- 探討**浮力**作用，對於提升融冰能力之影響。

低直管



高直管



- 相同管路結構，不同管路長度。
- 比較設計相同結構時，管路長短對於，儲冰量與**花費時間**的差異性。

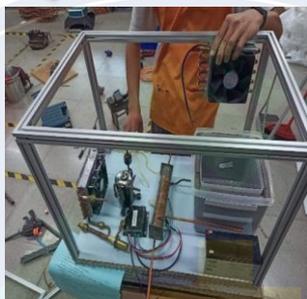
研究方法：自製太陽能冰電池系統



裁切木板



設計鋁矩形



擺放元件位置



管路焊接



系統站壓



成品



電路配線



太陽能板架設



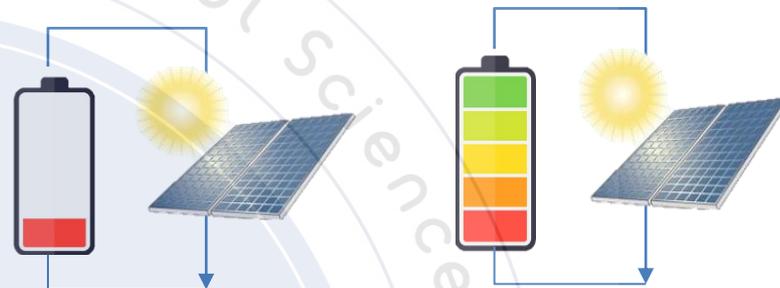
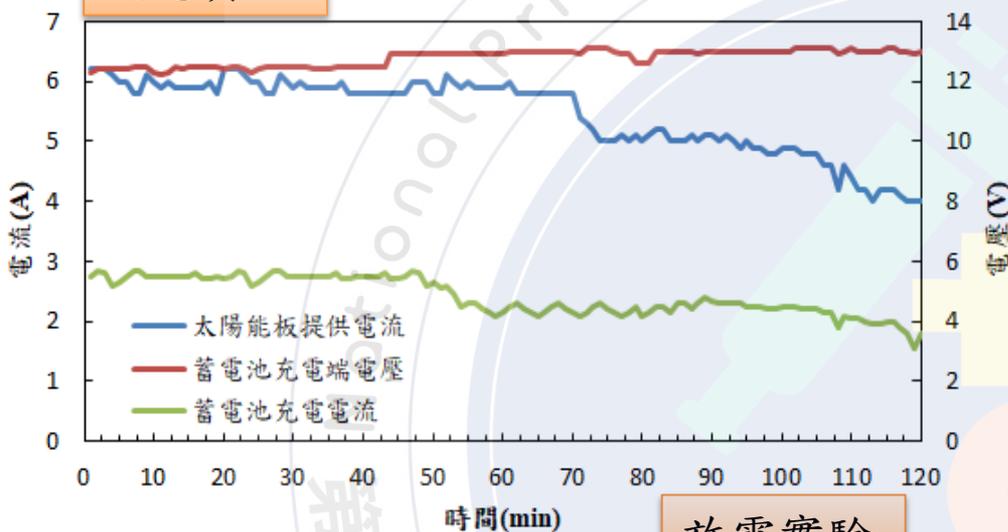
製作滷水管路



冷媒填充

研究結果：太陽能性能實驗

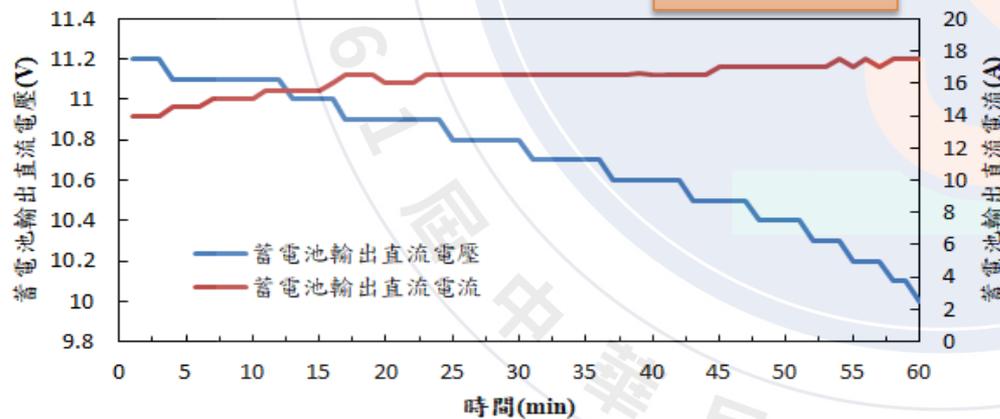
充電實驗



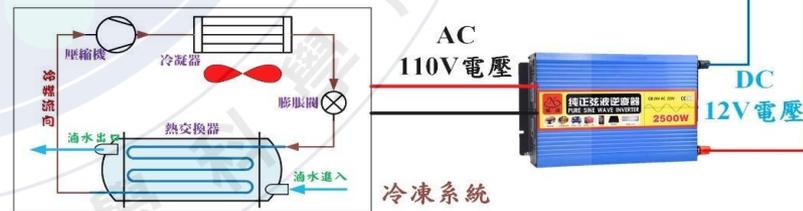
電流約為5A左右

電流會下降，防止過量充電，150min 完成

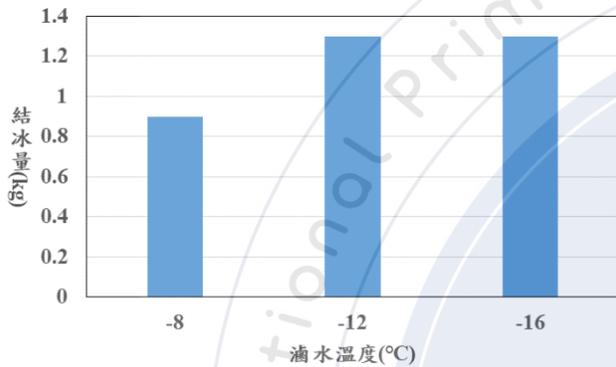
放電實驗



- ◎提供約160W，電流增加。
- ◎逆變器安全20A停止輸出。
- ◎可使用約1小時。
- ◎可擴充，系統體積增加。



研究結果：冰電池管路設計實驗

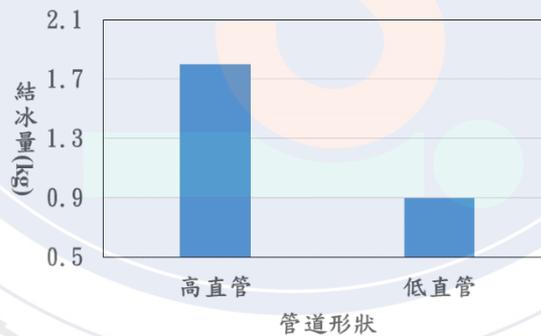
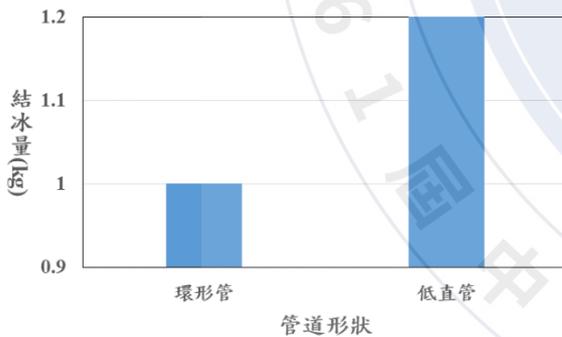


二次冷媒實驗

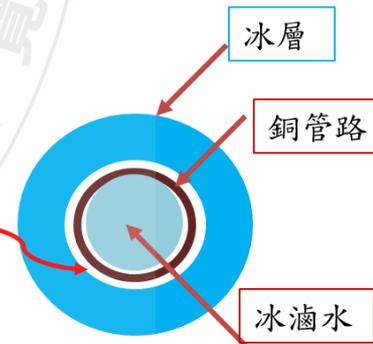
- ◎本實驗二次冷媒使用乙二醇。
- ◎實驗得知-8°C流速快卻不比-12°C的結冰能力好。
- ◎-16°C影響結冰時間與-12°C不相上下。

管路實驗

- ◎直管管路結冰量較多。
- ◎低直管高度不夠。
- ◎冰層有熱阻，導致冰層厚度無法增加。

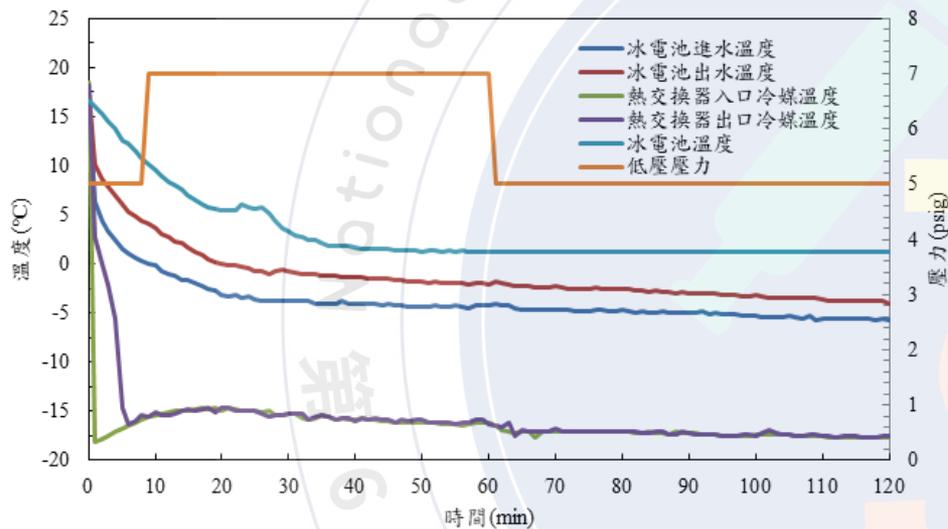


冰層會使冰
滴水對管外
的水吸熱變
慢



研究結果：自製太陽能冰電池系統性能測試實驗

- ◎低壓壓力對應飽和溫度為 -12°C 。
- ◎水箱設定水量為3公升，儲冰實驗運轉2小時。
- ◎融冰實驗時，壓縮機停止運作。
- ◎實驗時可一邊進行太陽能電池充放電。
- ◎融冰實驗時，壓縮機停止運作。

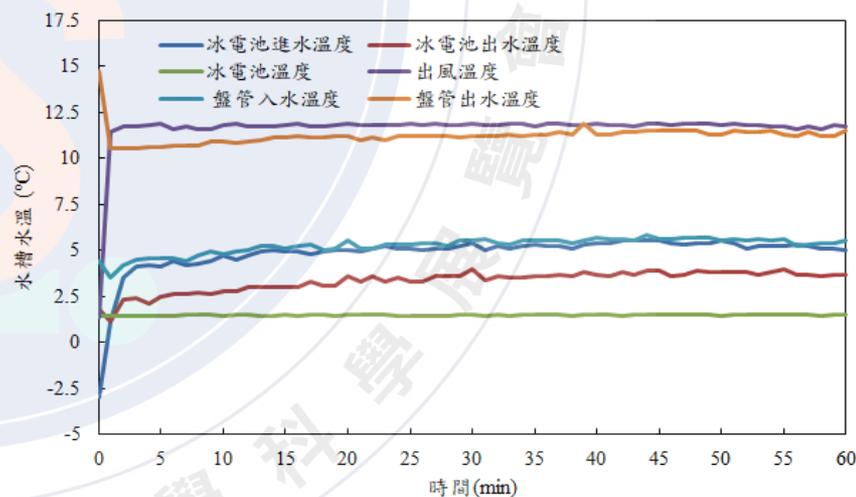


結冰模式

- ◎二次冷媒入出口溫度變化至15分鐘穩定。
- ◎60分鐘後冰電池結冰狀態漸趨完整。
- ◎利用控制機板模組可持續提供電能。

融冰模式

- ◎出風溫度維持在 12°C 符合一般家用空調系統的標準。
- ◎有效供應於小空間內使用，達到節能與儲能的雙重功效。



研究結果討論

1 討論：冰電池管路設計直管設計與橫管設計的影響？
想法：利用『冰』有**浮力特性**提升效果。

2 討論：天氣對於系統影響，如何調整？
想法：切換**市電模式**使用台電的電力來供給冰電池使用。

3 討論：自製冰電池系統保溫設計的影響？
想法：減少壓縮機的耗能，冰電池有**較長的保存時間**。

4 討論：殼管式熱交換器設計對於二次冷媒溫度的影響？
想法：改善熱交換距離後效果更加顯著。

5 討論：壓縮機使用太陽能供電時運轉能力與額定值不同？
想法：選用可產生**純正弦波**之逆變器。

產品比較

產品名稱	本研究設備	AlpicAir 手提冰箱	日立 變頻分離式冷氣	Suniwin 手提式行動冷氣
耗電量	150W	60W	550W	260W
電壓	DC12V/AC110	DC12V	AC220V (負)	AC110V
容量	2 坪/8L	8L (負)	2-4 坪	2 坪
價格	3000	12000	22000	20000
優劣比較	可做分離式設備 可用太陽能供電	儲藏空間小 效率不高	耗電量大 無法使用在局部空間	噪音大 (負) 散熱不易

未來展望

- ◎建議未來應使用 **DC 24V** 以上的逆變器以減少蓄電流輸出電流**較為安全**。
- ◎增加銅管對水的接觸面積。

結論

01 → 依靠太陽能運作儲冰，每年節電可達**1296kw**(216度)，並將剩餘電力回饋電力公司。

02 → 在使用太陽能電池消耗150W時，儲冰實驗中運轉1小時可儲能**269W**(230.5kcal)。

03 → 一**冷凍噸**為2000kcal/hr，本作品使用**8.7顆冰電池**即可有相同製冷效果。

04 → 在8坪空間中需使用2.5冷凍噸，若在夏季時，使用本系統減少碳排放量約**1350kg-CO₂**。

參考資料

- Edis Osmanbasic (2020) · 太陽能發電理 · engineering.com · 取自：<https://reurl.cc/9ZRpbm>
- 許祺清、陳聰明 (2013) · 冷凍空調原理 (I、II) · 新北市：弘揚。
- 許祺清、陳聰明 (2015) · 冷凍空調工程 (I、II) · 新北市：弘揚。
- 蘇金佳 (譯) (1995) · 冷凍與空調 · 台北市：美商麥格囉·希爾。