

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫一：太陽能儲冰式冷氣機之整體系統之研發()

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC93-2212-E-002-034-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人：陳希立

計畫參與人員：謝振傑 江沅晉 劉啟熾

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

太陽能儲冰式冷氣機之開發

子計畫一：太陽能儲冰式冷氣機之整體系統之研發(III)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC-93-2212-E-002-034

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

計畫主持人：陳希立 教授

共同主持人：

計畫參與人員：謝振傑、江沅晉、劉啟熾

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立台灣大學機械工程學系

中華民國九十四年十月三十日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

太陽能儲冰式冷氣機之開發

子計畫一：太陽能儲冰式冷氣機之整體系統之研發(III)

計畫編號：NSC-93-2212-E-002-034

執行期限：93年08月01日至94年07月31日

主持人：陳希立 國立台灣大學機械工程學系暨研究所 教授

計畫參與人員：謝振傑、江沅晉、劉啟熾

摘要

本研究旨在開發可利用太陽能電力作為驅動管理控制之儲冰式空調冷氣系統，其利用內部設置有高傳熱能力之多迴路熱管系統之儲冰槽進行冷能的儲存，並搭配利用太陽能作為能源管理控制系統與釋能風扇之驅動電力，不需外部電能來源即可自動操作。本研究並完成了太陽能光電系統以及智慧能量管理系統之開發與性能測試。測試結果儲冰槽內的工作流體狀況隨著充填量高度的不同除了有明顯的現象差異外，系統的性能亦會隨之改變，本研究所開發之簡化電阻電容模式(RC Model)可以準確預測熱管內部工作流體之狀態變化，有柱於儲冰槽之設計與開發；性能實驗結果亦顯示，在不同的能量負載之下，本研究之系統均可透過釋冷風扇的控制，滿足冷房空調負荷要求，使系統在不需外電電力消耗之下即可以自動達到尖峰釋冷與離峰儲冷，達到預期之能量管理功能。

Abstract

This investigation provides a solar cold-storage air conditioner. The cold storage system utilizes the superior heat transfer characteristics of heat pipe and eliminates drawbacks found in the conventional thermal storage tank. This article studies the thermal performance of the cold storage system experimentally and theoretically. Different heat transfer mechanisms including nucleate boiling, geyser boiling and natural convection are identified in different experimental systems with various liquid fills. A RC circuit

model, which investigates the thermal performance of a cold storage system with multi-loop wickless heat pipes, has been developed. Comparisons of this theory with experimental data show good agreements in the nucleate boiling stage of cold storage process. Besides, this study develops the databases of the thermal comfortable, energy management and system operation strategies. The database establishes the dynamic simulation actual load of energy management and control strategy and system of experimental transform. The experimental result shows that the solar cold-storage air conditioner needs no external power input for achieving the functions no matter the charge mode or discharge mode. The optimal operating state is achieved automatically by the using of the intelligent thermal comfortable database. The proposed system can provide comfort environment under dynamic heat load that is form 400W to 1200W in our experimental conditions.

一、前言

台灣夏季空調負載佔全部用電比例佔40%，尤其夏季尖峰時刻，為了維持溫溼度要求，需更多的空調機組提供空調負荷，再加上照明、電腦、電梯等電化設備使得尖離峰電力需求差距加大。儲冰式空調系統是轉移尖離峰用電負荷的一種方法，冰水主機在夜間離峰時以便宜的電價製冰儲存，以供次日空調負荷使用，不但節省系統操作空調機

組的電費，同時亦能抑制尖峰電力需求，因此廣泛使用於商業大樓與工業廠房。而傳統儲冰式空調系統缺點為儲冰槽所佔體積過大且昂貴，主動式融冰增加所需的動件過多及儲冰效率低[1]，儲冰與融冰不能同時進行，造成不易推廣。本研究為解決傳統儲冰系統之問題，提出一可利用太陽能發電作為驅動動力的儲冰式冷氣機。

本研究將太陽能儲冰式冷氣系統分成自然空調子系統、太陽能光電子系統與智慧型能量管理系統三個層面進行研究。於自然空調子系統方面，採用市面傳統的空調系統搭配設計的多迴路熱管儲能系統[2]，不用外在動力之下即可進行傳熱的功能[3,4]，透過實驗分析建立了熱管儲冰的兩相流機制，其依儲冰過程而依序發生核沸騰(Nucleate Boiling)、間歇性沸騰(Geyser Boiling)與自然對流(Natural Convection)，並提出 RC 熱迴路理論[5]以分析動態儲能結果，進而輔助智慧型能量管理子系統達到冷熱能的管理。在太陽能光電子系統方面，首先分析太陽能電池的特性與完成 MPPT(Maximum Power Point Trace)系統，以使太陽能電池有最大電能輸出。而智慧型能量管理系統則建構於專家系統，溫度感測分別量取冷房模型內外溫度與儲冰槽內溫度，一顆電壓感測蓄電池電壓及與太陽能光電子系統溝通太陽能功率輸出，透過 PID 控制達到嚴格管理電能、冷能與熱能暨各模式目的、與保護電池功能，系統並採黑板模式建立電能知識庫、停車溫室效應之冷熱能知識庫、舒適之冷熱能知識庫與行車舒適度之冷熱能知識庫，排序者依不同使用時機而啟動不同知識庫。透過專家系統的設計與系統整合，提供冷房溫度環境控制的功能，進而提供冷房使用者於任何情況下皆有最佳的舒適感。

二、研究方法

1. 自然空調子系統設計與開發

A. 自然空調子系統開發

本研究所開發之太陽能儲冰式冷氣系統系統示意如圖 1 所示，系統設計是在壓縮機與蒸發器間串聯一個能量儲存槽、釋能盤管組與釋能風扇，風扇作為釋放儲冰槽冷能之用。太陽能儲冰式冷氣系統之儲冰槽共有兩套，如圖 2 所示，包括有儲冰槽（長 110 公分、寬 16 公分、高 130 公分、熱管間距與管徑比 (W/D) 為 6 以及長 30 公分、寬 12 公分、高 65 公分、熱管間距與管徑比 (W/D) 為 2 兩組，槽厚度為 3 公厘之不鏽鋼材質所組成)、多迴路熱管(由 ASTM B88 L-TYPE 銅管所製成，主體的部份為外徑二分之一英吋之銅管共 10 支)、殼管式熱交換器（熱交換容量為 10RT，最高工作溫度為 185°C，最大工作壓力為 3MPa）以及其他相關管路系統。

B. 熱管迴路理論模式之建立

迴路熱管操作時的物理模型如圖 3 所示，經由動量與質量守恆等方程式的分析，於儲冷及釋冷模式下，可將系統模型簡化成電阻電容電路如圖 4 所示，在實際應用上，只要能夠量得系統各部分的溫度，大配可以迅速處理性能參數的微處理工程計算系統，即可利用本研究之理論模式進行系統的儲熱與釋熱功能之控制，對於在能源設計以及能量管理上實為助益甚佳之工具。

C. 系統性能測試與理論驗證

實驗性能測試設備示意，如圖 5 所示，包含空調組件、迴路式並聯熱管、儲能槽及相關管路系統（壓縮機、冷凝器與儲液筒、可調整式內均壓膨脹閥、減壓閥、蒸發器、暖氣散熱器及膨脹閥以及絕熱材料等），量測儀器包括有熱電偶、壓力計、液面指示器（Liquid level indicator）、電子式磅秤、個人電腦、多功能資料擷取器與監控人機界面等。本研究利用實驗系統之建立除了測試系統功能性上的性能之外，亦將實驗數據與理論模式所預測者進行比較與驗證。

2. 太陽能光電子系統

A. 太陽能電池陣列之開發

一般而言太陽能電池陣列為避免遭受外破壞，均會安裝電池保護裝置，由於本研究所使用之陣列殼體不易受損，而太陽能陣列的溫度也受到一段時期監控發現不可能太陽能電池模組發生異常高溫，因此本實驗的太陽能陣列並未額外裝設上述之保護措施。太陽能陣列的擺設傾斜角，以陣列所處緯度再加上 15 度，以利日照與雨淋清洗太陽能陣列，如圖 6 所示。若太陽能陣列位於北半球則建議將太陽能陣列面向南方，若太陽能陣列位於南半球則建議將太陽能陣列面向北方，除此之外，太陽能陣列裝置需盡量於日光不受遮蔽處。量測系統為使用 Textronic 示波器量取太陽能電池之電壓與電流訊號，HR1300 量取太陽能陣列的溫度。而監控系統為 Labview 人機畫面如 Fig.3-1-7 所示。其中特別要注意的是功率模組的切換速度，必須儘快完成所有電阻切換動作以達到固定日照條件下之負載影響，但切換速度過快很可能會激發太陽能電池其他動態特性切換速度，且本量測系統的取樣頻率 (Sample Rate) 為 1/sec，故本量測實驗採切換速度為 1.5sec，其完成所有 TTL 訊號的一週期小於 1min。

B. 太陽能光電系統之開發與識別

太陽能電池的輸出功率受照度、溫度、負載的影響，因此研究首先建立太陽能陣列之實體，並將陣列架設於戶外，在以實驗方式，分析所使用的太陽能電池之特性方程式，以作為下一階段智慧型控制系統的設計參考，其中並針對太陽能電池的操作點進行調整，以尋找最佳之操作點，提升系統性能，並以系統識別法建立太陽能電池與昇壓型太陽能充電器之轉移函數，透過 PID 控制與功率迴授法以達到最大功率追蹤，以期系統能在最有效率的操作條件下運作。太陽能光電子系統之控制線路架構與實體如圖 7 所示。

3. 智慧型能量管理系統之開發

A. 智慧型能量管理系統之建立

太陽能光電之智慧型能量管理系統應用於自然空調系統上時，必須面臨太陽能光電子系統的電能問題與汽車自然空調子系統的冷熱能問題，因此需要一智慧型能量管理系統以管理太陽能光電子系統與自然空調子系統，使兩子系統協調達到適當的電能與冷熱能充放。本研究所建立專家系統，係根據 ASHRAE[6,7]定義熱舒適度，作為知識庫的建構資料依據。其中影響熱舒適度最重要的參數有空氣溫度、平均輻射溫度、濕度、風速、衣物的隔離與人員身體的熱產生率。而於冷房的熱舒適控制中，熱感覺指數常被作為判斷人員感覺與需求[8]。而一些定義熱感覺的指標如舒適區 (comfort zone)、不舒適人員百分比 (percentage of dissatisfied people, PD)、預估平均投票權 (predicted mean vote, PMV) 等，本研究之智慧型能量管理系統建構於專家系統，採黑板模式建立電能知識庫、停車溫室效應之冷熱能知識庫、停車舒適之冷熱能知識庫與行車舒適度之冷熱能知識庫，架構如圖 8 所示，排序者依不同使用時機而啟動不同知識庫。本研究首先針對汽車於行車與停車時建立幾個主要狀況，爾後將適當的能量管理決策建立成以知識庫為基的智慧型能量管理系統，必透過冷房實體的建立如圖 9 所示，模擬的冷房實測冷熱能與電能的反應，討論本智慧型能量管理系統的實用性。

三、結果與討論

1. 自然空調子系統

不同的儲能系統其單體測試結果包括工作流體充填高度 (30 cm, 40 cm 與 50 cm) 以及幾何形狀 (W/D=6 或 2) 對迴路式熱管儲冰性能的影響。圖 10 為不同幾何參數下之熱管工作流體蒸汽溫度隨時間的變化圖，圖中顯示於大的熱管間距與管徑比

(W/D) 時，隨著儲冷過程依序改變其熱傳機制由核沸騰、間歇性沸騰至自然對流。然而小的熱管間距與管徑比 (W/D) 時，於高充填液面下其蒸汽溫度會一開始急速下降而後保持穩定，於低充填液面下其蒸汽溫度會一開始急速下降而後保持穩定一段時間，最後週期性振盪上升。故以上述的說法，於高充填液面下全程儲冷過程的熱傳機制只是核沸騰，然而低充填液面下全程儲冷過程的熱傳機制可分成兩個時期，初期的核沸騰與之後的間歇性沸騰。圖 11 則為充填液面高度對儲冷率的影響，由圖中明顯發現隨著儲冷過程進行，無論儲充填液面高度如何下儲冷率的實驗數據與模擬結果皆一開始迅速下降然後逐漸緩和。但接下來實驗數據與模擬結果的趨勢則不同，隨著冰層厚度達某一厚度 (實驗量測約 2.0 cm) 後儲冷率開始變動穩定，而此轉折時間 (turning time) 於充填高度為 30、40 與 50 cm 時分別為 800, 1,300 與 1,700 秒。同時由圖中可以發現充填高度越高儲冷率越緩達平緩，且於低充填液面高度時最後階段之實驗數據會越易降低至近零，但模擬結果卻始終保持穩定，此乃因為上一節提出的迴路式熱管之理論模式僅考量核沸騰熱傳機制的儲冷過程，然而在實驗開始後的 3000 秒以內，實驗數據與理論預測值相當吻合，因此可以認為本研究提出之簡化電容電阻分析模式適合應用於儲冰式空調系統之理論分析與性能預測之中。圖 12 為熱管迴路與儲能系統熱交換的效率，由圖可以瞭解於任何充填液面時，儲冷效率皆一開始急速下降然後逐漸平坦，其變化與轉折點皆與儲冷率相同。充填液面高度越低，儲冷效率越低，這主要的熱損失是來自儲冰槽上的透明玻璃，這不可避免的熱損失反比於儲冰槽中整個相變材料的平均溫度，其定義為儲冰槽中所有量測溫度的平均值。而實驗觀察得知於轉折點前因儲冷率大而使得此平均溫度急速下降，而轉折點後因儲冷率小而使得此平均溫度逐漸

平坦。這導致於儲冷效率與此平均溫度有相同趨勢。另外此平均溫度隨充填液面高度改變外，故熱損失亦是，因此儲冷效率亦隨著充填液面越高而增加。本文所提出之電阻電容熱迴路理論已完成實驗驗證，應用儲冷為例本文定義所有元件中最高溫度者為接地溫度 (Ground Temperature) 而溫度越低則溫度勢越高。然而熱阻的計算需考量相變材料隨累積儲能量而厚度變化，而根據前述的儲能系統單體測試現象觀察，假設冰層厚度由熱管鰭片組內管壁處均勻形成，可分成已形成之冰層、將形成冰層與未形成冰層三區，藉此假設推導一能量守恆式子計算冰層厚度。最後如同電路般可透過 RC 熱迴路求出迴路上所有節點的溫度、儲冷率、累積儲冷量。

2. 太陽能光電子系統

太陽能陣列包括日照量以及溫度對性能之影響之測試結果如圖 13 所示，由圖 13a 中顯示，當日照量越大，其曲線之開路電壓與短路電流越大，因此圖中日照量越大時最大功率點往右上方移動，結論為當日照量越大則太陽能電池的輸出電壓、電流與功率皆會明顯增大。由圖 13b 中顯示顯示當太陽能陣列的溫度越高雖短路電流小幅增加，且文獻指出約 +0.1 至 0.2%/1°C，但是開路電壓卻大幅減少，變化約 -5% (近 2mV) /1°C，以致溫度高的最大功率點往左下移動，結論為當溫度越大則太陽能電池的輸出功率皆會減少。在最佳功率的追蹤部分，本研究太陽能電池暨昇壓型太陽能充電器之整體轉移函數和太陽能電池的電壓與電流轉換式，利用 Matlab 軟體建立整體太陽能光電子系統的閉迴路，以太陽能功率之 $dP/dV=0$ 為 PID 控制器輸入參數，利用量得的太陽能特徵曲線方程式，透過改變 PID 的各項參數以觀察太陽能電池由某一初始狀態 (V=4.8V, I=7.17A) 調變到最大功率點，亦即太陽能功率之 $dP/dV=0$ ，以獲得最佳的參數使太陽能最大功率追蹤，實驗中

發現當參數組， $K_p = 100$ ， $K_i = 20$ ， $K_d = 0.000001$ ，可使功率迴授法之目標參數 dP/dV 達到 0 僅花 0.5 秒，遠較其他參數組來的快，如圖 14a 所示，並可發現太陽能電池的輸出功率由初始狀態 (34.7W) 沿著當時照度下的 P-V 特性曲線迅速追蹤到最大功率點 (39.9W)，如圖 14b 所示，此即為系統的瞬時最佳操作點。當日照量改變時，太陽能光電子系統對於不同溫度下的最大功率點追蹤情況，於 Matlab 軟體模擬此情境，其假設條件為當溫度於 1 秒時突然由 25 度升高至 35 度，而照度維持不變時，太陽能電池的初始狀態維持於 $V = 3.25V$ ， $I = 3.55A$ 。得知於低溫 25 度時的前期，工作狀態由初始狀態 ($V = 3.25V$ ， $I = 3.55A$) 調變至當時溫度下的最大功率點 ($V = 7.01V$ ， $I = 3.41A$)，而當溫度突然升高時太陽能電池由低溫 25 度的最大功率點突變至新的工作狀態 ($V = 7.1V$ ， $I = 3.23A$)，之後又調變到高溫 35 度的最大功率點 ($V = 6.6V$ ， $I = 3.49A$)。於低溫 25 度的前期時 dP/dV 於 1 秒前即調到 0 達到當時溫度的最大功率點狀態，而在 1 秒時發生溫度升高使得 dP/dV 於上下界限 ± 0.5 間大幅振盪，然而亦在 1 秒內將其調至 0 達到新的日照量下之最大功率點。而 PID 控制器將昇壓型太陽能充電器的開極工作週期於低溫的前期由 0.44 調降到 0.405，而當溫度升高時則突降至 0.39，之後驟升至 0.41 以調變太陽能電池的工作狀態，於太陽能電池最大功率追蹤法方面，由模擬分析獲得最佳的 PID 參數組為， $K_p = 100$ ， $K_i = 20$ ， $K_d = 0.000001$ ，可使功率迴授法之目標參數 dP/dV 達到 0 僅花 0.5 秒，且當太陽能電池的日照量或溫度於瞬間變化，皆可於 1 秒內調變太陽能電池的工作狀態至最大功率點。由以上討論可知，當外界狀況改變時，系統的最佳操作點亦會隨之改變，本研究之系統即可以根據所量測到的外在環境參數，以微處理器運算最佳的操作點，供智慧型系統管理策略的參考。

3. 智慧型能量管理系統

本研究之智慧型能量管理系統為解決空調空間中尖離峰能量轉移之問題，因此本文建立實際冷房 (2615×1510×1415mm)，如圖 9b 所示，作為實驗測試的模擬空間。在舒適度知識庫測試部分，本研究分別以開啟 4、8 與 12 顆 100W 燈泡作為小、中與大的冷房負載，並關閉冷房設施的外氣口通以冷氣，並將設定溫度設為 17 度，且返回時間設定為 300 秒，實驗終止於 530 秒，於實驗程序上則於開啟燈泡瞬間同時啟動本知識庫以作為與停車溫室效應知識庫比較。實驗結果如圖 15 所示，冷房溫度隨時間的變化如圖 15a 所示，無論冷房負載大小如何，引冷氣下的各組冷房溫度初期會隨時間爬升而後迅速下降且於設定返回時間企圖達到設定溫度，並隨後於 PID 恆溫控制使溫度穩定。但就釋放的冷能觀點來看，如圖 15b，引外氣冷卻的方式遠較採汽車自然空調釋冷方式來得小，故可說明引外氣冷卻實是一項不經濟的方式。其中只有最小的冷房負載 400W 時，於設定時間時可以達到設定溫度並由 PID 控制穩定於設定溫度，其他較大的冷房負載時不僅於設定時間無法達設定溫度，這是因為本實驗設備的冷氣系統冷房能力無法克服此時的冷房負載，只有當小冷房負載 400W 時，於設定返回時間後才有正週期振盪與電壓振盪，而於其他冷房負載下，風扇則維持於高速且全速運轉。由上述結果得知僅於冷房負載小(日照量小)時，太陽能電池的最大功率無法提供 25W，可將較小的正週期以小風速代替，故較啟動停車溫室效應知識庫而言仍有太陽能電池可負荷的時期，對蓄電池的耗電量可以疏減。而在實驗方面因本實驗設備的冷氣機盤管組無法同時扮演傳統空調的盤管與儲能系統的釋冷盤管，故僅就傳統空調的恆溫控制討論。同樣實驗設定上分別以開啟 4、8 與 12 顆 100W 燈泡作為小、中與大的冷房負載，並關閉冷房設施的外氣口通以冷氣，並

將設定溫度設為 15°C ，於實驗程序上則開啟燈泡使冷房溫度達高溫穩定後再啟動本知識庫，冷房溫度如圖 16a 所示，冷房溫度隨時間下降並逐漸達穩定，然而僅冷房負載小(400W)時可達設定溫度並達穩定，無論冷房負載多大風扇初期維持高速且全速進行，而後僅有冷房負載小(400W)時因溫度達設定溫度而使風扇開始於高低風速振盪，其他冷房負載較大使風扇仍維持高速且全速運轉。圖 16b 中顯示，傳統空調隨著冷房溫度降低使得釋放的釋冷率逐漸減少，而假設其製冷能力可一直維持 2500W，故多餘的冷能即可儲存於汽車自然空調的儲冰槽中，使得儲冷率隨著釋冷率遞減而漸增，導致儲冰槽中的儲冷量漸增，此可由圖 16b 的儲冰量持續上昇的趨勢中得到證實，隨著冷房耗冷率逐漸下降而多餘的製冷率儲存於儲冰槽中，結果顯示儲冰槽中的冷能百分比逐漸上升，於 12 分鐘後由 0 增加至 0.22，而此種行車條件增加即可使儲冷量百分比累積至全量儲冰，由此可知本研究之智慧型系統可以確實達到尖峰釋冷與離峰儲冷之能量管理功能，即使在負載改變的情況之下，亦可滿足冷房空調要求。

四、結論

本研究已完成太陽能儲冰式冷氣系統之建立與性能測試，其中包括儲冰槽支開發、太陽能光電系統之組立與智慧型能量管理系統之性能測試等項目。在儲冰槽的性能測試中，冷媒充填高度為 30cm、40cm 及 50cm 時，槽體儲冷量為 4102.34kJ、4935.47kJ 與 6409.31kJ，此數據與本研究所提出之簡化電容電阻模式可應用於儲冰槽之儲冷率以及工作流體蒸汽溫度之預測相當吻合，由此可知本研究提出之理論模型適合使用於儲冰系統之性能預測之中。於太陽能陣列包括日照量以及溫度對性能之影響之測試結果中可知，在不同的外界環境

之下，太陽能電池陣列的最佳操作點亦會隨之改變，改變幅度可達 10% 以上，本研究所開發之太陽能光電系統可以根據所量測到的外在環境參數，以微處理器運算最佳的操作點，可在 0.5 秒以內追蹤到最佳操作點，供智慧型系統管理策略選用參考。本研究亦完成智慧型能量管理系統的建立與測試，在不同的能量負載 (400w 至 1200W 之下)，管理系統均可透過釋冷風扇的控制來滿足冷房空調負荷要求，使系統在不需外電力消耗之下即可以自動達到尖峰釋冷與離峰儲冷之能量管理功能。

參考文獻

1. S. L. Chen, P. P. Wang and T. S. Lee, "An Experimental Investigation of Nucleation Probability of Supercooled Water inside Cylindrical Capsules", *Experimental Thermal and Fluid Science*, Vol.18, pp.299-306, 1999.
2. Jen-Jie Hsieh, Shu-Ju Lin and Sih-Li Chen, 2004, "Thermal Performance of Cold Storage in Thermal Battery for Air Conditioning", *International Journal of Refrigeration*, Vol.27, No.2, pp.120-128, 2004.
3. Mao-Ching Lin, Lin-Jye Chun, Wen-Shing Lee and Sih-Li Chen, "Thermal Performance of a Thermosyphon Heat-Pipe Energy Storage System", *Solar Energy*, Vol.75, No.4, pp.295-306, 2003.
4. Wen-Shing Lee, Bo-Ren Chen and Sih-Li Chen, "Latent Heat Storage in a Two-Phase Thermosyphon Solar Water Heater", *Int. J. Solar Energy Engineering*, ASME, accepted, 2005.
5. Chiang, Y. C., Chen, H. J., Hsieh J. J. and Chen, S. L., "Modified RC Thermal Circuit Model Applied to Cold Storage

System with Multi-loop Heat Pipes”, *ASHRAE Transactions*, accepted.

6. ASHRAE, *ASHRAE Handbook – Fundamentals*, Atlanta, ASHRAE Inc, 2005.
7. ASHRAE, *ASHRAE Handbook – HVAC Systems and Equipment*, Atlanta, ASHRAE Inc, 2004.
8. ASHRAE, *ASHRAE Handbook – HVAC Applications*, Atlanta, ASHRAE Inc, 2003.

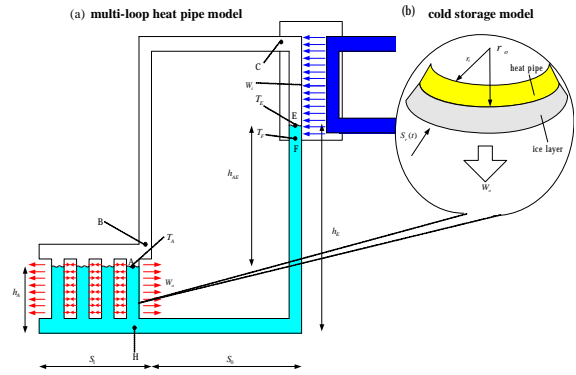


圖 3、熱管迴路物理模型示意

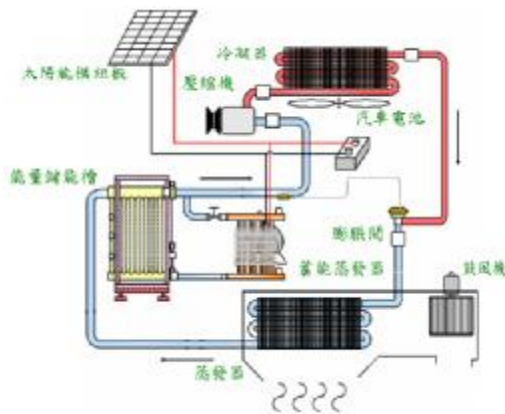
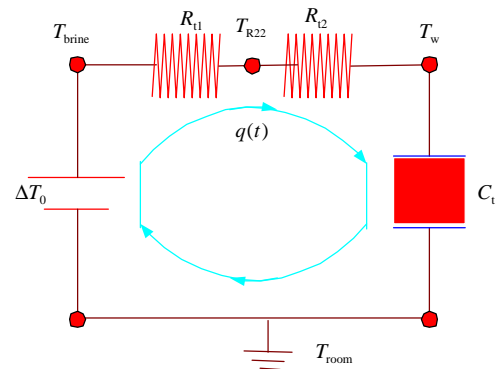
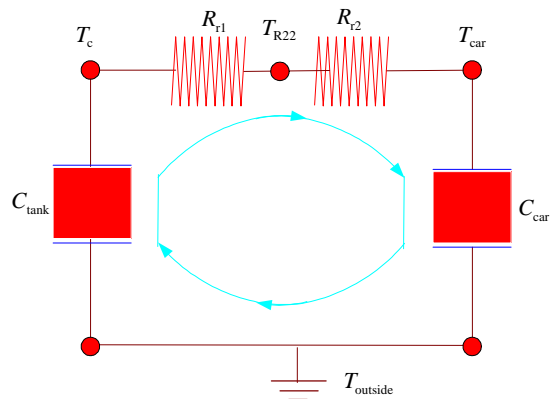


圖 1、太陽能儲冰式冷氣系統示意圖



(a) 儲冷模式

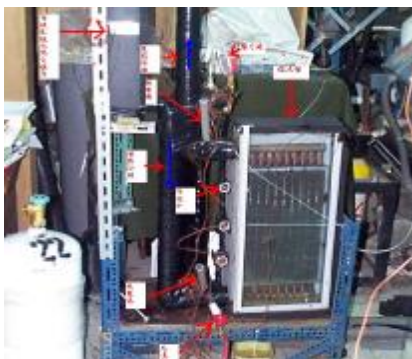


(b) 釋冷模式

圖 4、熱管迴路電容電路模型圖



(a) 熱管間距與管徑比 (W/D) 為 6



(b) 熱管間距與管徑比 (W/D) 為 2

圖 2、儲冰式冷氣系統之儲冰槽實體

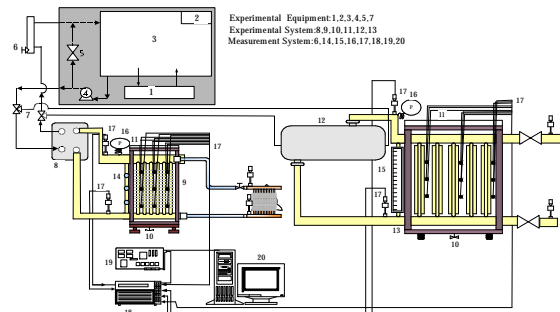


圖 5、實驗設備架設示意圖



圖 6、太陽能電池陣列戶外擺設實體圖

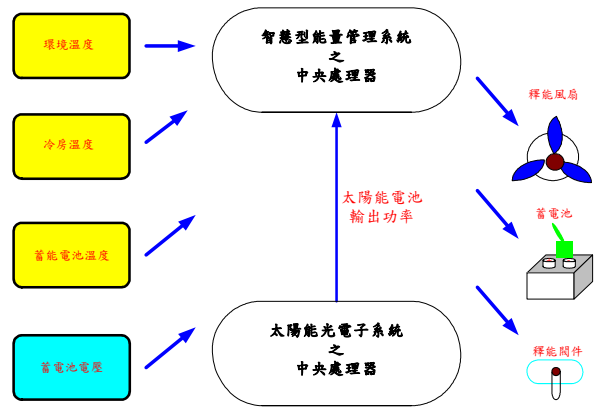
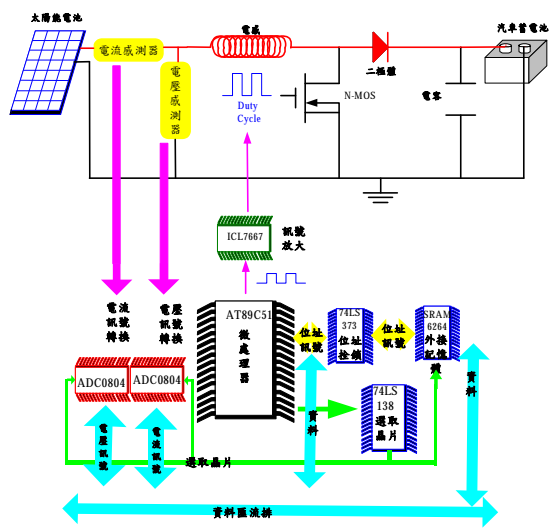
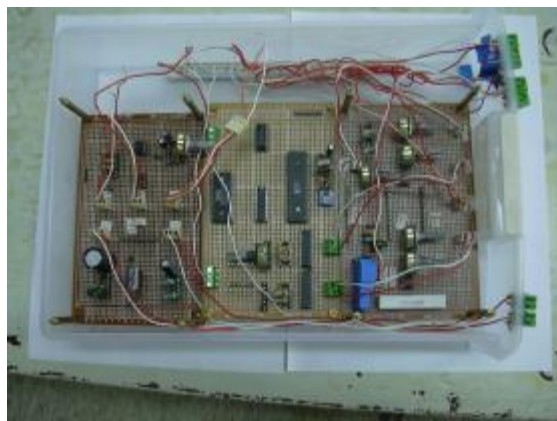


圖 8、智慧型能量管理系統之架構

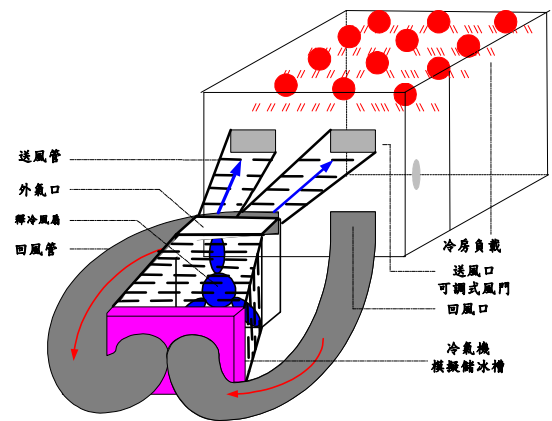


(a) 架構圖



(b) 實體圖

圖 7 太陽能光電子系統



(a) 示意圖



(b) 實體圖

圖 9、智慧型能量管理系統之分析冷房

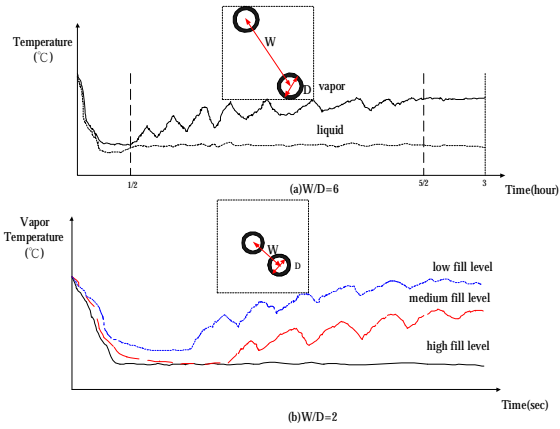


圖 10、不同幾何參數下之熱管工作流體蒸汽溫度變化

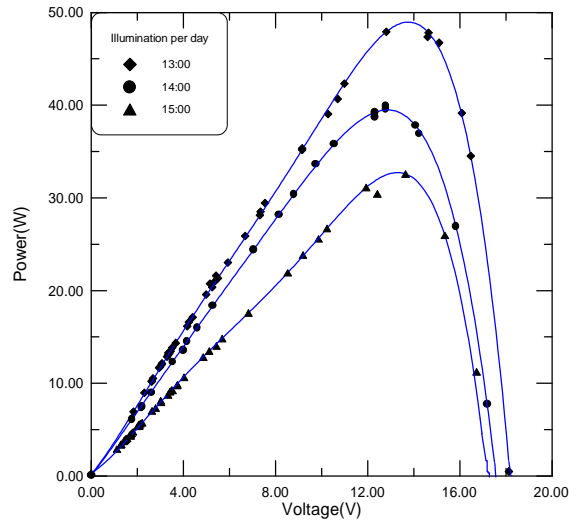


圖 11、冷媒充填高度對儲冷率的影響

(a) 日照量的影響

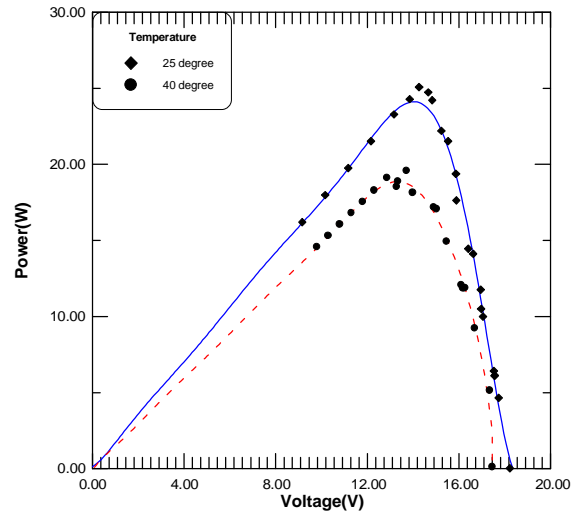
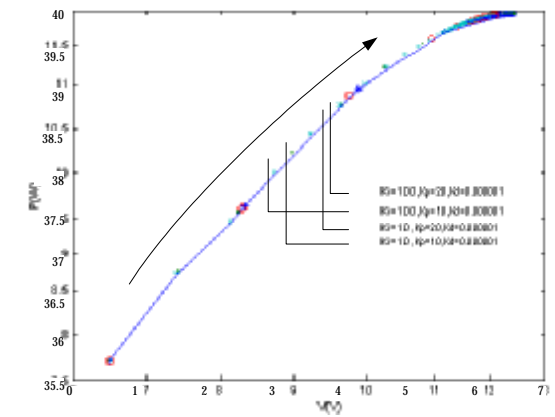


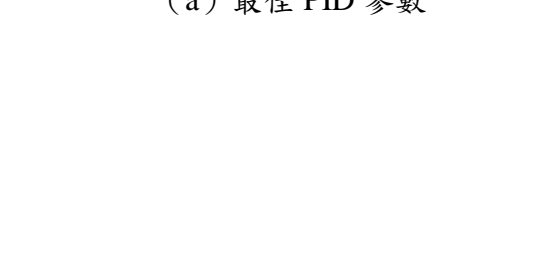
圖 12、冷媒充填高度對儲冷效率影響

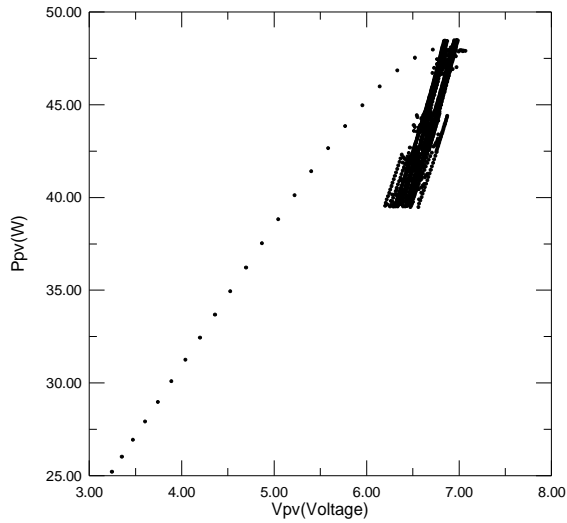
(b) 溫度的影響

圖 13、太陽能陣列之性能測試結果



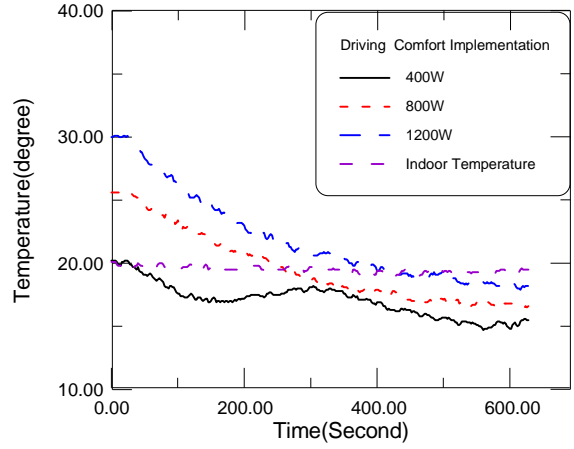
(a) 最佳 PID 參數



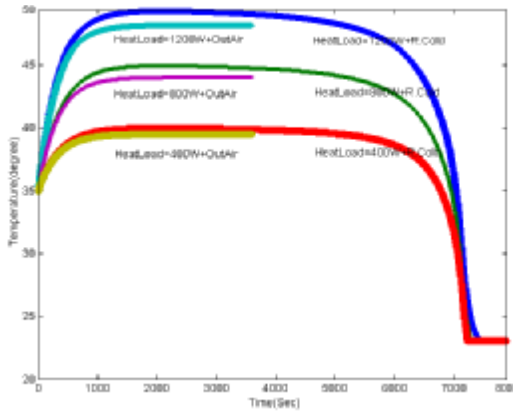


(b) 最佳操作點

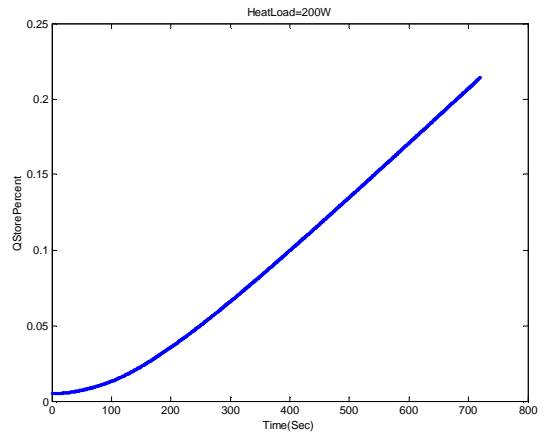
圖 14、太陽能電池操作點追蹤結果



(a) 冷房溫度

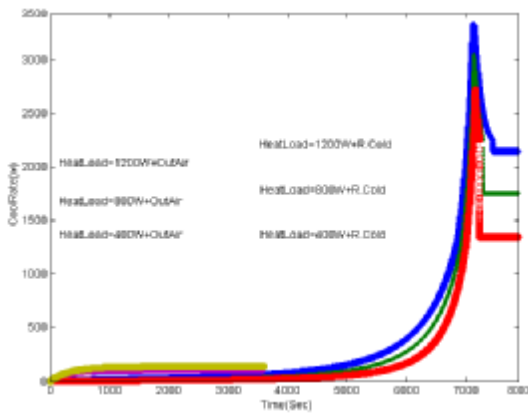


(a) 冷房溫度



(b) 儲冷量

圖 16、不同冷凍能力下冷房舒適度知識庫之測試



(b) 釋冷率

圖 15、冷房舒適度知識庫之測試

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：94年10月30日

國科會補助計畫	計畫名稱：太陽能儲冰式冷氣機之開發 子計畫一：太陽能儲冰式冷氣機之整體系統之研發(III) 計畫主持人：陳希立 教授 計畫編號：NSC-93-2212-E-002-034 學門領域：熱流能源
技術/創作名稱	太陽能儲冰式冷氣機
發明人/創作人	陳希立 教授
技術說明	<p>中文：本技術為可利用太陽能電力作為驅動管理控制之儲冰式空調冷氣系統，其利用內部設置有高傳熱能力之多迴路熱管系統之儲冰槽進行冷能的儲存，並搭配利用太陽能作為能源管理控制系統與釋能風扇之驅動電力，不需外部電能來源即可自動操作，不同的能量負載之下，本研究之系統均可透過釋冷風扇的控制來滿足冷房空調負荷要求，使系統在不需要外在電力消耗之下即可以自動達到尖峰釋冷與離峰儲冷，達到預期之能量管理功能。</p> <p>英文：This technology provides a solar cold-storage air conditioner. The system utilizes the superior heat transfer characteristics of heat pipe and eliminates drawbacks found in the conventional thermal storage tank. The RC circuit model provides good prediction of the thermal performance of the cold storage system. The system can achieves the optimal operating state automatically by the using of the intelligent thermal comfortable database. The proposed system can provide comfort environment under dynamic heat load that is form 400W to 1200W in our experimental conditions.</p>
可利用之產業及可開發之產品	太陽能儲冰式冷氣機、儲冰式空調系統、TFT-LCD 電子廠或半導體廠房空調系統、低溫供風系統、負壓隔離病房空調系統、太陽能儲能系統、汽車自然空調系統等
技術特點	<ol style="list-style-type: none"> 1. 無須動件即可完成儲冰與融冰功能。 2. 簡化電阻電容（RC Model）理論可準確預測儲冰系統性能。 3. 利用太陽能光電系統作為資料庫之驅動電力。 4. 可在負荷變動之下以智慧型資料庫運算，在1秒鐘內自動調整操作策略，滿足室內空調負荷。
推廣及運用的價值	本技術所開發之太陽能儲冰式冷氣機包含其設計概念以及系統性能驗證成果，可做為國內儲冰式空調學術界與產業界等之參考。本研究所提出之儲冰式冷氣機利用太陽能作為智慧型資料庫系統之驅動電力，可在1秒鐘內及運算出最佳之操作策略，可使系統在空調負載變動之下，迅速滿足冷房需求，亦由於動件甚少，大幅提高系統長期使用之可靠度，其具有的儲冰空調功能，使系統在不需要外在電力消耗之下即可以自動達到尖峰釋冷與離峰儲冷，達到預期之能量管理功能。

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。