

# 輔助電熱器位於集熱器下方的太陽能熱水器之實現

## Implementation of a solar water heating system with electric heater below the solar collectors

吳春吉  
Chuen-Chi Wu

卓胡誼  
Yi Jwo-Hwu

崑山科技大學電機系研究所

Department and Graduate School of Electrical Engineering Kun Shan  
University of Technology

### 摘要

本文提出一種太陽能熱水器，其特徵係將輔助電熱器裝設於集熱器下方。在有陽光時，以太陽光電板所產生的電力，來做為輔助電熱器的電源，致使耗電量減少。

關鍵字: 太陽能熱水器，太陽光電板

### Abstract

A solar water heating system, characterized in that electric heater below the solar collectors is proposed in this paper. The electric heater is supplied from a photovoltaic solar energy system in sunny day. By doing so, the electricity consume will be decreased.

Key words: A solar water heating system, a photovoltaic solar energy system

### 一、簡介

一經使用，其可使用的量便減少的稱為消耗性能源。例如石油、煤、天然氣、鈾等。依據能源織的調查，以目前已知的蘊藏量與消耗量估算，石油再過32年就會用完，天然氣再過55年也會用完，若不回收再提煉，核能發電所用的鈾再過63年就會用完，而煤再過172年也會用完[1-2]，因此，開發再生能源顯得非常重要。在所有再生能源的應用中，太陽能熱水器是最普及的一種，所以，如何提高太陽能熱水器的效能，成為熱門的研究主題之一。目前的發展如下：

1.1 中華民國專利公告00479799號[3]

一種子母式太陽能熱水器，尤指太陽能熱水器是由各自獨立設置集熱板的子、母桶所組成，令冷水係先經由母桶的集熱板加熱後而再導入子桶中再度集熱，並由子桶供應出，且在子桶中設置有一加熱器，俾而可由子、母桶之熱水量供應使用，且在熱水量不足時藉由加熱器快速對子桶進行加熱者。

1.2 中華民國專利公告00329921號[4]

一種太陽能新型裝置集熱系統，是運用目前已有之太陽能真空管集熱器，進行面積使用上的改良，其主要係由真空管交插裝置而成。真空管兩端插入熱導管，且可重覆其裝置使之成為一大系統集熱裝置者。其特性在於每一上下之真空管互相靠攏連接，故由上下及左右延伸後並能以矽膠或其他膠合劑膠合後可成一大面積覆蓋或太陽能屋頂者，其儲水桶並可做為太陽能真空管之支架以節省材料者。

1.3 中華民國專利公告00319380[5]

一種太陽能熱水器之改良構造，其主要係於熱水儲存桶之桶內設有一導流管，該導流管以一種導熱性極佳之材質所製成，而藉由導流管可將電熱器與熱水儲存桶之儲水空間相互隔開，且將循環於熱交換管之水液與熱水儲存桶內之水液相互隔開，令進、出熱水儲存桶之使用水與循環於熱交換管之水液各自形成一迴路，而不致相互混合，以達到避免水垢之快速集結於其管壁或表面，進而有助於達到保持其加熱效率及益增其使用壽命者。

#### 1.4 中華民國專利公告00335887號[6]

將第八六二〇〇九四四號「太陽能熱水器之改良構造」再改良其特徵乃在於：該導流管係為一出截面呈正立三角形之管體所構成，嗣而藉由該截面呈正立三角形之導流管設計，可達到提高導流管管壁與水之接觸面積，及達到降低導流管最頂端因高溫效應所產生之水垢集結速度，進而達到提高熱交換效率與使用壽命者，同時並可達到緩和冷水之進水流速，而達到有助於避免冷水與熱水之混合，進而可提高熱水之使用效率者。

#### 1.5 中華民國專利公告00375269號[7]

一種貫流式太陽能熱水器，該太陽能熱水器包含有儲水筒及數支真空管，真空管並與位於高處的儲水筒組接連通，而水源之冷水可導入該熱水器中經由真空管吸取太陽熱能加熱管的水，並藉由冷熱水之對流作用，使熱水上升流至儲水筒中，供使用者取用者，其特徵在於：真空管為兩端貫通狀之設計，而數真空管一端組設連通於一位於低處之連通管，另於儲水筒底端與連通管間接設一導管，藉以將儲水筒底部的冷水，經由導管、連通管導入於真空管中，並藉由真空管吸取太陽能使熱水上升流至儲水筒者。

#### 1.6 中華民國專利公告00317935號[8]

一種太陽能集熱器結構改良，主要係使透明面蓋及吸熱片直接呈一傾斜角度之鋸齒狀結構者(在臺灣以水平傾斜約30度左右)。使陽光能有一良好之入射穿透角度，以提高其利用效能。

#### 1.7 中華民國專利公告00496509號[9]

一種太陽能熱水器構造是由儲液桶內以分隔板區分成上空間、下空間，上空間在較高位置，設進水管，出水管，下空間位於較低位置，被熱吸收管結合，熱吸收管及下空間內係置入熱媒。則位於下空間的熱媒與位於上空間被加熱的水可以分開。

#### 1.8 中華民國專利公告00319381號[10]

一種真空管式太陽能熱水器改良裝置係包含：一固定架體、一保溫桶、一集光板、一集熱器，二導水管；其特徵在於：集熱器上之數真空管與保溫桶連通之一端，係設置有一供各真空管插通之導管座，該導管座係

為一延伸型的長形管座，其內部形成中空，且從該導管座末端往前端逐漸延伸向上擴張，使其前端比末端為高；另有二導水管，其一導水管係連通於前述保溫桶前端及導管座前端之近上緣處，另一導水管則係連通於保溫桶後端下緣及導管座之末端上；經由上述之構造改良，形成一種可提高熱流效率，更可使其方便安裝之真空管式太陽能熱水器。

#### 1.9 中華民國專利公告00282834號[11]

一種太陽能加熱儲水塔，主要包括：一蓄水塔、一反光弧面板、一組水塔之進水管系統，及填充於塔壁間的熱媒油所構成，藉由蓄水塔周圍熱媒油迴路的形成，及蓄水塔周圍反光弧面板的裝設，使蓄水塔環外的熱媒油，充份地吸收到太陽光直射或折射的太陽能溫度，以對蓄水塔內的儲水加熱，形成供應使用的熱水者。

#### 1.10 中華民國專利公告00271235號[12]

一種太陽能熱水器循環系統之改良，該熱水器之集熱板與儲水桶間之迴流熱水管係以垂直端與集熱板銜接，而以傾斜四十五度之狀態與儲水桶銜接，另集熱板與集熱板周緣之管路均由銅材質製成，藉此經由冷、熱水之對流提供一熱水傳導更加迅速，且使熱效率增加之改良結構。

#### 1.11 中華民國專利公告00347861[13]

一種複合式太陽能熱水/除濕裝置，在其太陽能熱水單元中的板狀集熱元件下緣設置一吸附床，用以白日使集熱元件集熱與吸附床再生蓄熱，晚上吸附床中之吸附熱及水份凝結熱對集熱元件散熱，可使與集熱元件接觸的水通道內水溫減緩降溫，因此可減緩儲水槽內熱水之熱量快速散失，及具有除濕作用。

## 二、研究構想

太陽能可分為太陽光電能與太陽熱能兩部分，一般的太陽能熱水器只利用太陽熱能，而沒有利用到太陽光電能，本研究設計使太陽能熱水器可以同時利用太陽光電能與太陽熱能，進而研發出高效能的太陽能熱水器。

本研究的太陽能熱水器具有太陽能集熱器，可吸收太陽熱能，同時又以太陽能光電板產生電能，做為輔助電熱器的電源，使太陽能熱水器可以同時利用太陽光電

能與太陽熱能。

不過，目前市面上販售的太陽能熱水器大都將輔助電熱器裝設在熱水儲存槽內，這種方式，在以太陽能光電板產生電能，做為輔助電熱器的電源時，將造成不良影響，妨礙太陽熱能的吸收，使效能減退。本研究設計將輔助電熱器裝設在太陽能集熱器下方，可以使太陽光電能與太陽熱能達到相輔相成的效果，使效率提升。

### 三、輔助電熱器位於集熱器下方的原因

輔助電熱器必須安裝於集熱器下方的原因已在作者先前的研究[14]討論過，現再簡述如下：

目前最常被採用的家用型太陽能熱水系統請參考圖一，假設剛開始系統內全部都是冷水，故 A,B,C,D,E,F,G 各點的溫度均相同，意即  $T_A=T_B=T_C=T_D=T_E=T_F=T_G$ 。當日出後，在 B 點的水因為吸收太陽熱能，溫度升高，使  $T_B>T_C$ 。在 B 點的水因為受熱膨脹，所以密度變小而經由熱水上升管路(86)往上升到 C 點，再繼續上升到 D 點，而原本在 D 點的水則因溫度較低，密度較大而下降到 E 點，原本在 E 點的水則被排擠到 F 點，同理，原本在 F 點的水則經由冷水下降管路(85)被排擠到 G 點，原本在 G 點的水則被排擠到 A 點，最後，原本在 A 點的水則被排擠到 B 點，繼續吸收太陽熱能。此即所謂之加熱循環。由於熱水都優先聚集在 D 點，故 D 點的溫度上升最快。當  $T_D>T_B>T_C$ ，將使 D 點的水具有最小的密度，則加熱循環變成  $B \rightarrow C \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow A \rightarrow B$ 。當  $T_D>T_E>T_B>T_C$ ，則加熱循環變成  $B \rightarrow C \rightarrow F \rightarrow G \rightarrow A \rightarrow B$ 。當  $T_D>T_E>T_C>T_B$ ，則加熱循環中斷，因為  $T_C>T_B$ ，在 C 點的水其密度比在 B 點的水的密度還小，使在 B 點的水因密度較大而不再上升。所以，一旦  $T_C>T_B$ ，則加熱循環中斷，系統所吸收的太陽能無法再進入具有極佳保溫效果的熱水儲存槽，只能聚集在保溫效果很差的太陽能集熱器(81)內，最後將在日落後隨氣溫下降而散失。因為目前太陽能熱水器的輔助電熱器(84)大都裝在熱水儲存槽(83)內，所以 C 點的溫度會因為輔助電熱器的加熱而快速上升，一旦  $T_C>T_B$ ，則加熱循環中斷，系統將不再吸收太陽熱能。

本文提出一種如圖二所示的自然循環型太陽能熱水器，係由位於下方的輔助電熱器，經由熱水上升管路與位於其上方的太陽能集熱器相接，太陽能集熱器再經由熱水上升管路與位於其上方的熱水儲存槽相接，熱水

儲存槽再經由冷水下降管路與輔助電熱器相接，以構成一個循環路徑，另有架設於熱水儲存槽上方的太陽能光電板(82)，以及相關支架、配線、開關、管路、閥門與控制機構等所組成，其特徵在於：輔助電熱器係裝設於太陽能集熱器的下方，在有陽光時，以太陽光電板所產生的電力，來做為輔助電熱器的電源，致使所需消耗的市電用量可以減少。

參考圖二，假設剛開始系統內全部都是冷水滿故 A,B,C,D,E,F,G 各點的溫度均相同，意即  $T_A=T_B=T_C=T_D=T_E=T_F=T_G$ 。當日出後，太陽能光電板將陽光轉換成電能，供電給輔助電熱器，使在 A 點的水被輔助電熱器加熱，溫度升高，受熱膨脹，所以密度變小而經由熱水上升管路往上升到 B 點，然後在 B 點又因為吸收太陽熱能，使溫度再升高，使  $T_B>T_C$ 。使在 B 點的水經由熱水上升管路往上升到 C 點，再繼續上升到 D 點，而原本在 D 點的水則因溫度較低，密度較大而下降到 E 點，原本在 E 點的水則被排擠到 F 點，同理，原本在 F 點的水則經由冷水下降管路被排擠到 G 點，原本在 G 點的水則被排擠到 A 點，繼續吸收太陽能，形成所謂之加熱循環。

與圖一的系統比較，圖一的系統其 C 點的溫度會因為輔助電熱器的加熱而快速上升，使  $T_C>T_B$  的情況迅速發生，造成加熱循環中斷，使系統不能再吸收太陽能。而圖二的系統其 C 點的溫度並不會因為輔助電熱器的加熱而快速上升，相反的，B 點的溫度會因為輔助電熱器的加熱而快速上升，使  $T_C>T_B$  的情況延後發生，使系統可以吸收更多太陽熱能。

如圖二所示，將太陽能光電板架設於熱水儲存槽上方，將可以在不增加佔地面積的情況下，吸收更多太陽能。與圖一的系統比較，圖二的系統除了太陽能集熱器之外，太陽能光電板也在同一時間吸收太陽能，但是圖一與圖二的系統所佔用的土地面積卻是相同的。值得注意的是：圖一的系統也可以在熱水儲存槽上方架設太陽能光電板，不過，如前所述，圖一的系統因為其輔助電熱器裝在熱水儲存槽內，所以 C 點的溫度會因為輔助電熱器的加熱而快速上升，故太陽能光電板的加入，將使  $T_C>T_B$  的情況提早發生，造成加熱循環中斷，使系統不能再吸收太陽熱能。而在圖二的系統中，太陽能光電板的加入，將使  $T_C>T_B$  的情況延後發生，使系統可以吸收更多太陽能。

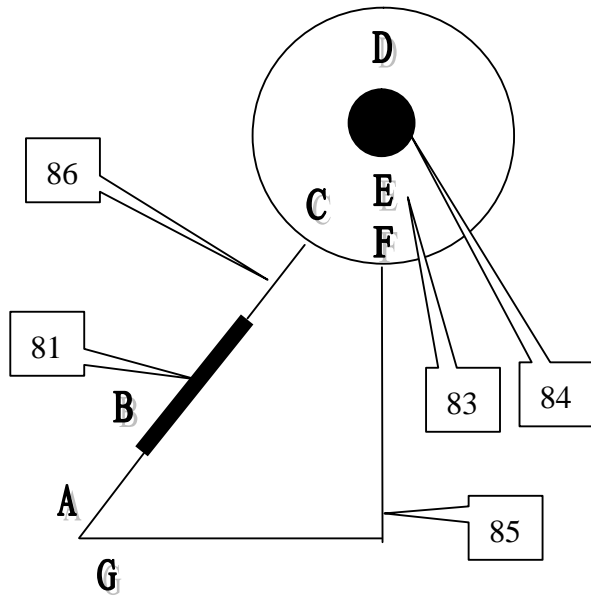


圖 1、輔助電熱器位於熱水儲存槽內的太陽能熱水器示意圖

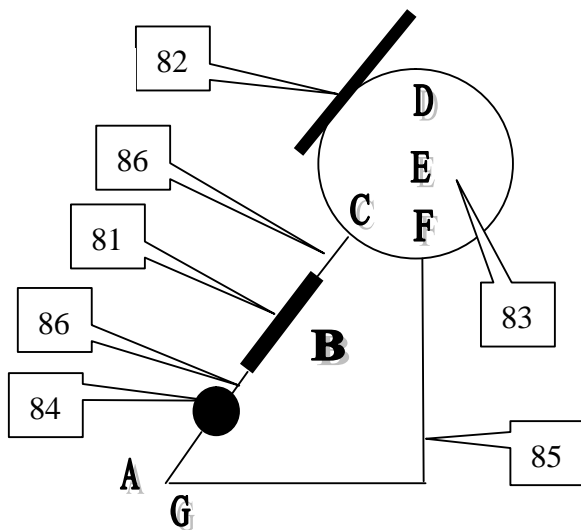


圖 2、輔助電熱器位於太陽能集熱器下方的太陽能熱水器示意圖

符號說明:(81)太陽能集熱器

(82)太陽能光電板

(83)熱水儲存槽

(84)輔助電熱器

(85)冷水下降管路

(86)熱水上升管路。

#### 四、研究方法

安裝三套裝有輔助電熱器(500W)與溫度計的自然循環型太陽能熱水器如圖三所示。



圖 3、實驗系統照片

三套太陽能熱水器分別代表三種不同模式:

第一、參考模式，完全不使用輔助電熱器，純粹以太陽熱能加熱，紀錄水溫，代表目前自然循環型太陽能熱水系統，在沒有使用輔助電熱器時的效能。

第二、比對模式，使用裝設在熱水儲存槽內的輔助電熱器，由太陽光電板供電，紀錄水溫，與參考模式比較，將可得知裝設在熱水儲存槽內的輔助電熱器，是否妨礙太陽熱能的吸收，使效能減退。

第三、本研究開發的模式，使用裝設於太陽能集熱器下方的輔助電熱器，由太陽光電板供電，紀錄水溫，與參考模式以及比對模式比較，將可得知裝設在太陽能集熱器下方的輔助電熱器，是否達到使太陽光電能與太陽熱能相輔相成的效果，使效率提升。

#### 五、實測結果

以 92 年 11 月 23 日的實測結果為例來說明，表一、表二及表三分別代表三種模式在 B 點與 C 點於不同時間的溫度變化。

#### 六、分析與討論

分析以上實測結果可得以下結論:

1.參考模式由 8:00 開始加熱循環，如表一中標示# 處，B 點溫度高於 C 點溫度，到 16:30 以後，加熱循環停止。比對模式(表二)加熱循環的時段為 7:30~16:00，與參考模式差異不大。本研究開發的模式(表三)，加熱循環由 7:00 開始到 17:30 仍在持續直到太陽下山為止，由此驗證本研究開發的模式可大幅延長吸收太陽能的時間，使效能提升。

2.吸收太陽能之後可達到的最高水溫在參考模式為39.7°C(如表一中標示△處)在比對模式為40.9°C在本研究所開發的模式則為45.3°C,此點亦為效能提升的證明。

綜上所述,由實測結果証實本研究確實達成使太陽能光電板與太陽能集熱器相輔相成,提升效能的目標。本文相關內容已獲准中華民國新型第二二一九八九號專利,歡迎相關產業洽談授權相關事宜。

### 七、參考文獻

[1]「核能發電天龍八部」、台灣電力公司,中華民國86年3月。  
 [2]「太陽能應用推廣說明巡迴列車講義」、經濟部能源委員會,中華民國90年。

[3] 中華民國專利公告 00479799 號  
 [4] 中華民國專利公告 00329921 號  
 [5] 中華民國專利公告 00319380 號  
 [6] 中華民國專利公告 00335887 號  
 [7] 中華民國專利公告 00375269 號  
 [8] 中華民國專利公告 00317935 號  
 [9] 中華民國專利公告 00496509 號  
 [10] 中華民國專利公告 00319381 號  
 [11] 中華民國專利公告 00282834 號  
 [12] 中華民國專利公告 00271235 號  
 [13] 中華民國專利公告 00347861 號  
 [14]卓胡誼「輔助電熱器位於集熱器下方的太陽能熱水器」第23屆電力工程研討會,595-599頁、2002

表 1、參考模式 B 點與 C 點於不同時間的溫度變化

時間	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
測試點 B	21.3	21.6	23	28.3 #	32.5	33	34.4	34.7	34.4	35.5	36.9	37.1
測試點 C	24.5	24.3	24.3	24.3 #	24.9	25.7	26.4	27.8	28	28.4	29.6	30.2
時間	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	
測試點 B	38.5	39.7	39.3	38.6	39.7 Δ	37.8	37.1	36.3	34.5 #	32.7	31.2	
測試點 C	31	31.8	32.8	33.2	33.6	33.9	33.9	33.9	33.9 #	33.8	33.7	

表 2、比對模式 B 點與 C 點於不同時間的溫度變化

時間	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
測試點 B	21.8	21.6	23.5 #	28.7	33	33.7	34.6	34.8	34.9	35.5	37.8	37.5
測試點 C	22.3	22	22 #	21.9	22.8	23.8	24.6	26.9	27.1	27.8	29.6	30.5
時間	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	
測試點 B	39.2	40.5	40.7	39.6	40.9 Δ	39.3	38.6	37.5 #	35.1	33.3	33.3	
測試點 C	31.6	32.8	34	34.7	35.5	35.5	35.6	35.8 #	35.7	35.8	36	

表 3、本研究開發的模式 B 點與 C 點於不同時間的溫度變化

時間	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00
測試點 B	24.1	24.5 #	25.8	30.8	36.4	37.8	38.8	39.3	39.3	39.5	42.2	42.2
測試點 C	24.1	24.1 #	24.1	23.9	23.9	23.9	24.2	26.5	26.7	27.1	28.6	29.4
時間	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	
測試點 B	43.9	45.7	45.3 Δ	38.2	45	42.8	41.7	40	38.4	37.5	37.1 #	
測試點 C	30.3	31.6	32.7	33.4	33.8	34.1	34.3	34.3	34.3	34.3	34.3 #	