

太陽熱能與制冷除濕技術

詹邦鎮¹、王柏仁²

1 國立台北科技大學建築與都市研究所研究生 2 毓璟科技公司

摘要

太陽熱能在台灣的應用一直以來集中太陽能熱水器，然而台灣位處亞熱帶，四周環海，高溫潮濕，熱能需求不大。一般而言，台灣獨特的地理氣候特性，除濕冷卻的需求大過於熱能需求，以飯店為例夏季空調耗電量比例時常超過一半。太陽熱能使用在制冷及除濕的應用以溴化鋇/水的吸收式冰水主機較常見，歐美及日本有許多運轉中的系統。然而，吸收式冰水主機有其操作維護的困難度，且成本較高。吸附式制冷除濕以及聲波制冷技術日益成熟，本文針對新的制冷除濕技術與太陽熱能的應用將逐一介紹比較。期能更普及應用太陽熱能，降低能源的使用，減少 CO₂ 的排放，緩和地球暖化的現象。

關鍵詞：太陽熱能，吸附式制冷，吸收式制冷

一、前言

地球暖化日益嚴重，新能源的研究與技術開發如雨後春筍般一直有更新的科技與更高效率的技術發表。太陽能是其中一種受到重視的能源之一，效率一直維持在20%以下低檔的太陽光電發電系統，設置成本高居不下，到現在為止還只能依賴政府補助才得以推廣。

太陽能熱水器與太陽能集熱板由於集熱效率高達50%以上，構造簡單，製造容易，截至90年12月底止，台灣地區安裝太陽能熱水器的用戶約有23餘萬戶，安裝面積達106萬平方公尺，相當於每年可節約6萬餘噸之家用瓦斯〔1〕。然而，台灣位處亞熱帶又四面環海，每年用在制冷與除濕的用電比例極高，如果可以將部分制冷除濕的能源需求轉移到太陽熱能的應用將可減少能源的耗費。

熱能制冷技術最早為人所知的是吸收式冰水主機，歐美與日本的應用不少，目前市面上可見的太陽能空調制冷以日本YAZAKI溴化鋰/水的吸收式冰水機(Lithium/bromide Absorption chillers)為主，不過仍然以小冷凍噸為主。雖然吸收式冰水機對於結晶的避免已經趨於成熟，然而因結晶及腐蝕的問題操作保養上較為複雜，目前在台灣仍然以醫院、飯店和工廠的使用為主，而且以使用柴油及重油為主，在台灣尚無使用的案例。

吸附式制冷技術(Adsorption chillers)近年來逐漸受到重視，應用在太陽能仍然以矽膠/水(SILICA GEL/WATER)配對為主，利用矽膠的高吸濕能力及真空環境下水蒸發為矽膠吸收而或得低溫。吸附式制冷系統內只存在水及矽膠，無吸收式冰水機結晶及腐蝕的顧慮，將是取代吸收式冰水機在太陽能應用的重要技術，目前工研院已經研發成功固體吸附式制冷設備，昱毓科技公司將與工研院合作太陽能固體吸附式制冷技術的研發。

除濕轉輪除濕與制冷(Desiccant Cooling and Dehumidification)同樣是利用多微孔吸附材料，熱能再生吸附材料，但是目前較少和太陽熱能結合使用案例。

其他利用多微孔吸附材料與太陽熱能結合的太陽能除溼輻射式冷卻系統(The Solar Desiccant Enhanced Radiative Cooling System，簡稱SDERC System)，SDERC理論最初是由美國佛羅里達太陽能中心(Florida Solar Energy Center)於1985年所提出來的一種太陽能省能設計構想，其同時將建築結構納入檢討的範疇。1988年呂賜民等發表複合式太陽能熱水/除濕裝置之研發，更結合太陽能熱水器及多微孔吸附材料除濕特性之複合性系統。〔2〕

近幾年來投入熱驅動聲波冷卻器研發的學者愈來愈多，2000年美國海軍研究學校(NPS)使用太陽熱能驅動的太陽能熱聲驅動聲波制冷機，台北科技大學黃博全博士2001年發表熱聲致冷離形機設計與其熱聲效應性能分析。聲驅動聲波制冷技術的逐漸成熟引領太陽熱能更廣泛的應用〔3〕。

二、太陽熱能制冷除濕技術探討

1. 吸收式冰水機(Absorption Chillers)

太陽熱能利用的吸收式冰水機屬於低溫熱源的單效吸收系統，90~85〔4〕，冰水出水一般可達8~10，YAZAKI產AROACE型可達7，其熱源溫度與冷凍能力的曲線圖如圖1所示。

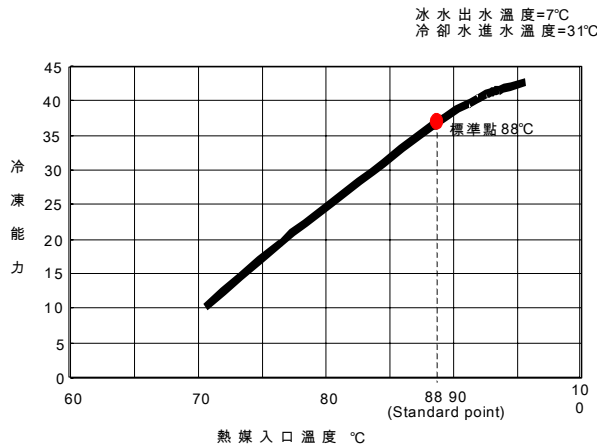


圖 1 吸收式制冷熱媒溫度變化的影響〔5〕

冷媒蒸氣壓縮循環分別由蒸發器，壓縮機，冷凝器，膨脹閥來完成蒸發、壓縮、冷凝、膨脹等四個行程，壓縮的過程中，需要機械功的壓縮機對冷媒蒸氣做功，因而消耗大量的能量。

此一過程可以利用熱操作循環來取代，一種高吸濕能力的溶液在密閉空間吸收冷媒蒸氣，形成經冷卻吸引熱後形成低壓中溫的稀溶液，用泵將低壓低溫的稀溶液加壓到再生器內加熱，釋出高壓高溫的冷媒蒸氣，冷卻後形成高壓中溫的液體冷媒，再經過降壓膨脹後形成低壓低溫的氣體冷媒用來制冷，因此可明顯看出壓縮、冷凝、膨脹、蒸發。圖 2 表示傳統壓縮式的循環與吸收式冷凍循環的對照，圖 3 表示吸收式空調系統的冷凍循環。〔6〕

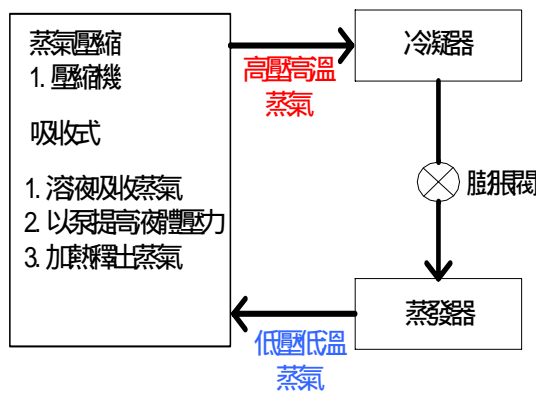


圖 2 傳統壓縮式與吸收式冷凍循環的對照〔6〕

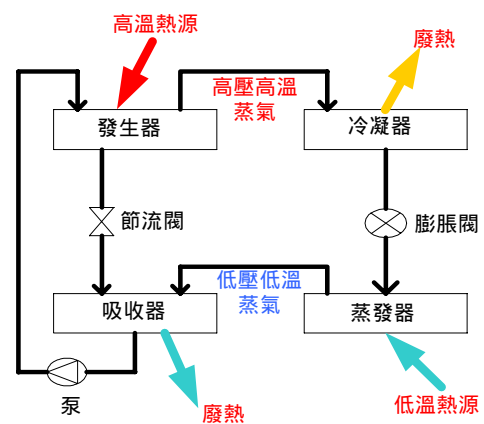


圖 3 吸收式空調系統的冷凍循環〔6〕

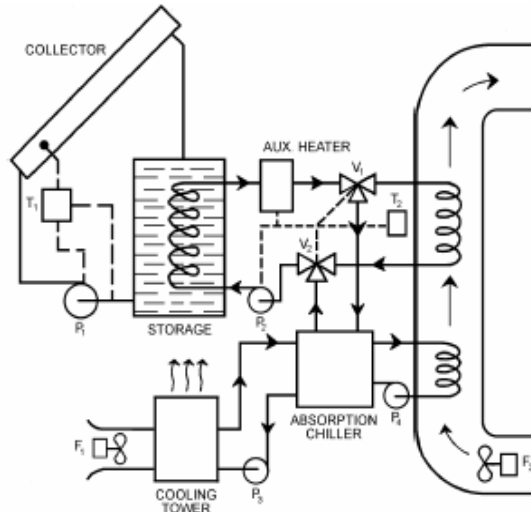
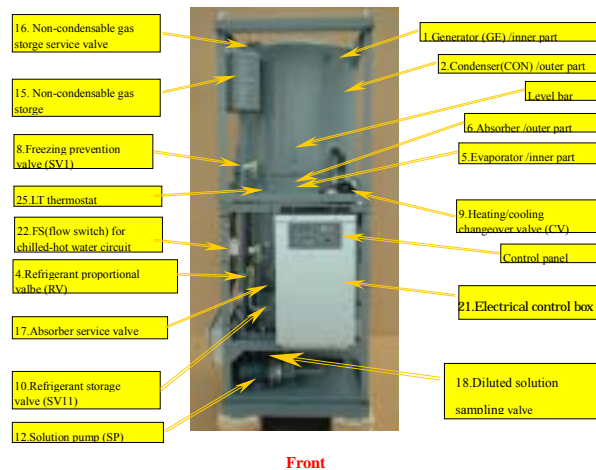


圖 4 太陽熱能驅動吸收式制冷系統〔7〕

太陽熱能驅動吸收式冰水機有下列幾類：〔4〕

- (1) 溶液自然循環式(小型吸收式)
- (2) 溶液強制循環式
- (3) 輔助熱源內藏型
- (4) 單效用二重效用複合型
- (5) 輔助熱源內藏型
- (6) 大型吸收冷凍機

上述幾項以輔助熱源內藏型較適合搭配太陽熱能使用，因為內藏輔助熱源系統較簡單，可以維持較高的性能系數，目前只是 YAZAKI 公司有此類產品〔5〕。



Front

圖 5 YAZAKI 輔助熱源內藏型的吸收冰水機。〔5〕

2. 吸附式冰水機(Adsorption Chillers)

密閉式固體吸附式製冷系統，採用矽膠、沸石、活性炭等多種多孔性高吸濕固體物質，在比較低的溫度時會大量吸附水、甲醇、氨等冷媒氣體此即吸附作用。當利用熱源加熱多孔性物質，飽和狀態的多孔性物質會釋放出冷媒氣體此即脫附作用。因此，以適當溫度之熱源，利用多孔性物質的吸附及脫附作用，再加上所需的蒸發器及冷凝器裝置，便可以實現吸附式製冷循環。〔8〕

原理說明：

再生行程：即脫附再生，利用熱水加熱多孔性高吸濕固體物質的原理，加熱後高溫高壓的冷媒氣體釋出後，進入凝凝器內冷凝液化，冷媒液降壓從凝縮器進入蒸發器。

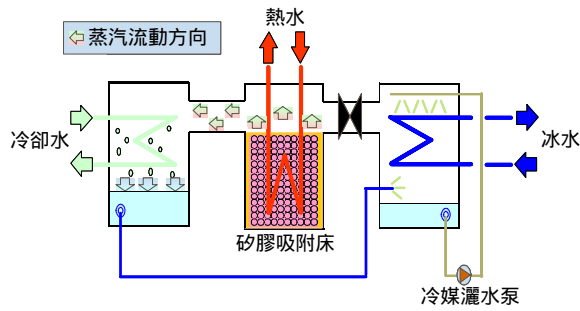


圖 6 再生行程〔9〕

吸附行程：冷媒於蒸發器內進行蒸發，通過蒸發器的冰水藉由冷媒的蒸發潛熱而被冷卻。蒸發後的冷媒蒸氣會被吸着劑吸附，但是這時為了吸着劑的發熱抑制及促進吸着效果，並以冷卻水加以冷卻。

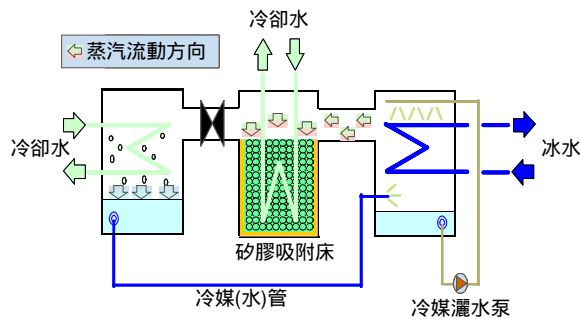


圖 7 吸附行程〔9〕

其熱力循環過程如圖8所示〔10〕

再生行程：當系統於吸附完成後處於狀態a，需加熱吸附劑進行脫附，方能使冷媒再生利用，其中包含預熱、脫附過程。a-b 預熱過程：由狀態a 加熱至狀態b，使吸附床溫度由 T_{a2} 升高至 T_{g1} ，同時壓力由 P_e 提升到 P_c ，此過程假設為等吸附過程($X_{conc} = \text{const}$)和等容過程，且無脫附現象發生，僅於預熱提高溫度、壓力至脫附起始條件，利於循環進行。b-c 加熱脫附過程：吸附劑繼續加熱至最大脫附溫度 T_{g2} ，於狀態c 脫附過程結束，同時冷媒於此過程中沿等壓線脫附出冷媒蒸汽，隨即進入凝凝器冷卻為冷媒液。

吸附行程：

當系統於脫附完成後，冷媒液於蒸發器開始蒸發為汽態，汽態冷媒進入吸附床由吸附劑吸收，冷媒附著於吸附劑表面，此吸附冷卻包含預冷、吸附冷卻過程。c-d 預冷過程：加熱脫附完後之吸附劑溫度由 T_{g2} 降至吸附起始溫度 T_{a1} ，同時壓力由 P_c 降壓到 P_e ，此過程假設為等吸附過程($X_{dil} = \text{const}$)和等容過程，且無吸附現象發生，僅於預冷降低溫度、壓力至吸附起始條件，利於吸附循環的進行。d-a 吸附冷卻過程：吸附劑繼續被冷卻，直至最小吸附溫度 T_{a2} ，於狀態a 吸附過程結束，同時來自蒸發器汽態冷媒於此過程中沿等壓線由吸附劑吸附製冷。

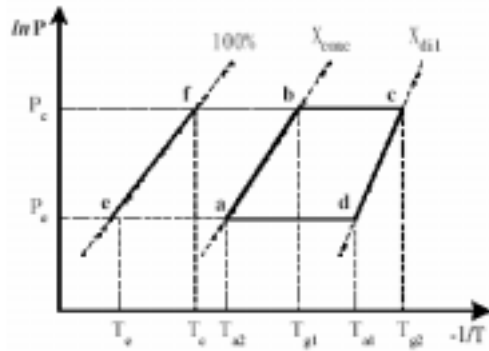


圖8 吸附式製冷循環圖〔10〕

實際案例：希臘，The Sarantis Cosmetics Factory At Inofita Viotas

2700 m² 的平板式集熱器供應350KW 兩台吸附式冰水機熱能，包括輔助熱源設備的初設成本140萬歐元。〔11〕



圖9 吸附式冰水機 350 KW 兩台〔11〕

密閉式固體吸附式冰水機市場上有 NISHIYODO 及 MYCOM 有類似的產品，最高制冷能力已經達到 2100KW〔12〕，而且也可以應用在-5 的低溫機型，驅動熱媒為 85~90 以上的熱水。國內則有工研院 2000 年開始進行這方面的研究，相繼建造了 2.3 及 6.7 kW 試驗用吸附式冰水主機，2003 年則發展一台 29KW，COP0.39 的矽膠/水配對的制冷系統。〔13〕

3. 除濕轉輪除濕冷卻空調系統(Desiccant Cooling and Dehumidification)

除濕轉輪是開放式固體吸附除濕冷卻的應用，也就是一大氣壓的空氣冷除濕冷卻系統；而吸附冰水機則是密閉式固體吸附制冷方法，以矽膠/水配對為例，是以真空容器內進行吸附及脫附的物理作用，同樣是多孔隙高吸濕材料的應用。

通常除濕轉輪是以陶瓷、鋁板或玻璃纖維做為蜂巢多孔輪狀基材，為了使空調阻力降低，增加質熱傳效果，會使轉輪蜂巢多孔通道形成層流及紊流狀況，基材表面緊緊附著多孔隙高吸濕材料，較常見的多孔隙高吸濕材料為有良好吸附及脫附特性的物質，如矽膠、分子篩及離子交換樹脂。輪狀的固體吸附材可以達到連續的固體吸附再生循環行程。

一般而言矽膠、分子篩及離子交換樹脂等都具有高體表面積的特性，可達到 2000~3000M²/M³，代表著高的質熱交換面積，有良好的顯熱(Sensible Heat)及潛熱(Latent Heat)的熱交換。一般空調所處理的相對濕度 50%RH 以上，矽膠、分子篩及離子交換樹脂之類的

吸濕能力極好的表現，極適合用於一般空調使用，通處理更低相對濕度的工業應用也會選擇吸附方式處理。

圖 10 是太陽熱能驅動開放式固體吸附除濕冷卻系統，以太陽熱能加熱空氣，做為除濕轉輪的熱源。圖 11 為本系統的空气線圖，室外新鮮空氣 A-B 為除濕過程，絕對濕度從 14.2 kg/kg da 減低到 5 kg/kg da，在搭配蒸發冷卻的方式完成吸附除濕冷卻系統。

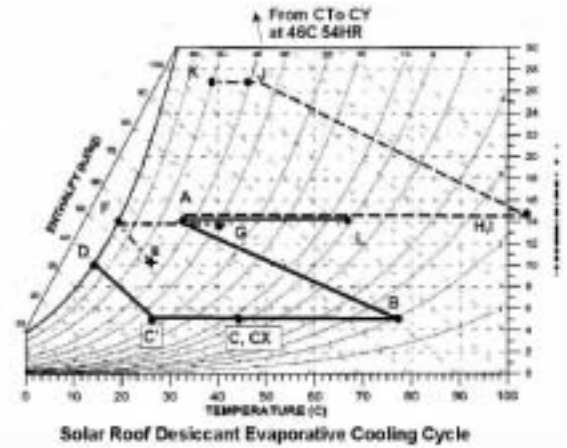
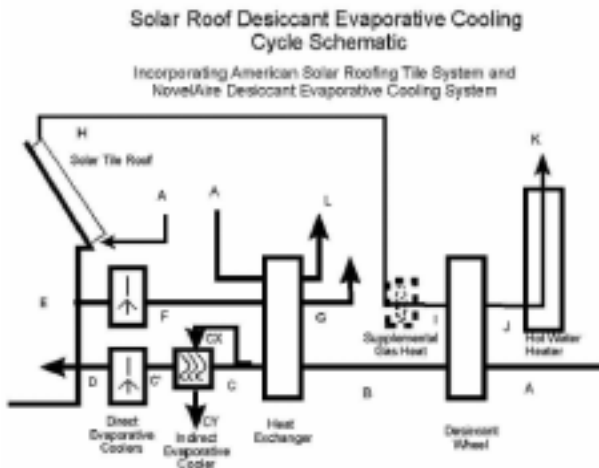


圖 11 除濕冷卻系統空氣線圖〔14〕

圖 10 太陽能驅動除濕冷卻系統〔14〕

4. 太陽能建築整合冷卻系統

太陽能除溼加強式輻射冷卻系統(The Solar Desiccant Enhanced Radiative Cooling, SDERC SYSTEM) 由屋頂結構裝置類似固體除溼劑的除溼床，太陽熱能在白天做為吸附床再生的熱能，使吸附床中的水蒸氣脫附再生。到了夜晚，利用風扇及管路將室內的空氣抽至屋頂上，使氣體流過斜放的除溼床，藉著它的吸附能力達到除去空氣中水分的要求。而吸附過程中吸附材料所釋放的吸附熱則利用輻射冷卻原理，由於夜間外界氣溫遠小於屋頂上除溼床的溫度，並利用夜間對空輻射的方式將吸附熱排放於大氣中，被除溼後的乾空氣再導入一直接蒸發冷卻器中降低溫度至室內所要求的舒適程度後，再源源不斷地藉由風管吹入室內，以維持建築物內的舒適空調環境條件。〔1〕

Rudd 依照 SDERC SYSTEM 發展測試熱焓儲存的蒸氣儲存塗佈系統〔15〕，他發展矽膠與乳膠漆塗佈石膏牆板成為相變材料(Phase-Change Material, PCM)，日間儲存濕熱蒸氣，夜間則將室內空氣抽至屋頂風箱內的吸附床，吸附床可吸收空氣中的水蒸氣，被吸附的空氣吸收吸附熱後進入蒸發冷卻器內冷卻，形成低溫低濕的乾空氣以維持室內合適的溫濕度。同時石膏牆面不斷釋出濕蒸汽，因此經過此一行程 PCM 石膏板有恢復熱焓儲存的功能如圖 12。

日間時利用太陽熱能將吸附床在夜間吸附行程所吸附的水蒸氣進行脫附，此時也將屋頂的輻射熱能吸收、消耗或阻隔，同時達到隔熱的效果，如圖 13。

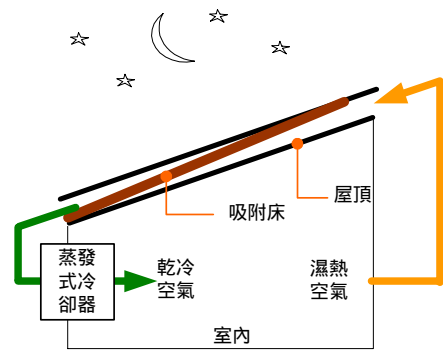


圖 12 夜間吸濕冷卻行程〔15〕

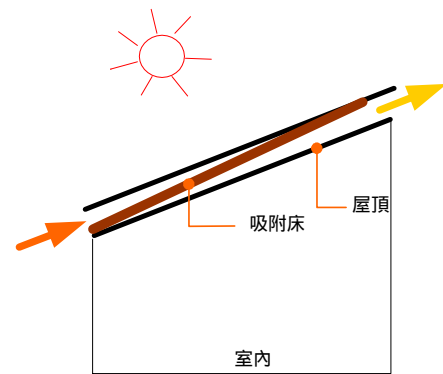


圖 13 日間再生行程〔15〕

5. 熱波制冷機(Thermo-acoustic Refrigerator)

熱波制冷機是一個正在萌芽的制冷技術，由於先進聲波制冷系統之構造簡單、操作容易且只需傳統低加工技術，加上不使用 CFC 化合物冷媒，利用聲波驅動，不含轉動件，已被視為極有潛力成為下一代冷凍空調產品的主流。聲波冷凍機係利用熱聲效應將聲能轉換成熱能的原理來達成制冷的效果。〔16〕

相同的可以利用熱能產生聲波推動聲波冷凍機，NPS(Naval Postgraduate School)成功的組裝並測試一套以太陽熱能推動的冷凍機(Solar Powered, Thermo-acoustically Driven, Thermoacoustic Refrigerator) 使用 0.457m 透鏡將日光聚焦在 0.0254m 網狀堆疊材料的原動機(reticulated vitreous carbon prime mover stack)上，日照強度在 600W/M² 時可產生 100W 的熱量加熱熱端，使熱交換器升溫到 475^oC，產生高密度聲波用以驅動聲波冷凍機，產生 2.5W (@5^oC) 的冷凍能力，如圖 15〔17〕。

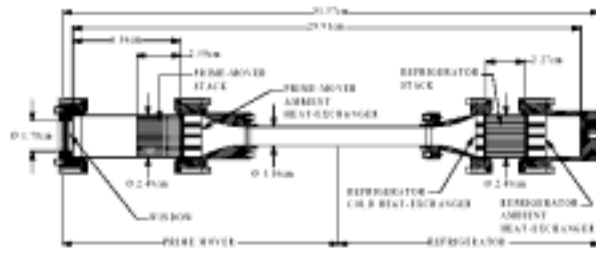


圖 15 太陽能驅動聲波冰箱〔17〕

三、比較與探討

上述太陽熱能制冷除濕技術都分別有不同的運用方式，吸收式制冷機、吸附式制冷機以及除濕轉輪固體吸附除濕冷卻是已經商品化的技術。

1. 商品化冰水機比較

吸收式冷凍機自從 1810 年開始發展已近 200 年，算是成熟的技術，不過溶液管理、腐蝕及結晶的風險 COP 低(用於太陽能時 COP 為 0.7 以下)都影響使用的意願，如果使用在太陽能熱能上，則因 COP 低須要非常大的集熱面積。就單效吸收式冰水機而言 85^oC 以上的熱水始能維持高的 COP，目前國產平板式集熱器無法達到 85^oC，須仰賴進口的平板式集熱器或真空管集熱器，譬如 Yazaki Super Blue Panel 系列可達到 85^oC 以上的高溫。普遍來說吸收式制冷機太陽熱能的應用均侷限在小冷凍噸的機型，導致設置成本更高。

(1) 成本比較

設備成本比較如下表 1，可看出小冷凍噸的機型單價高，若單就經濟角度來看似乎是無法令人接受。

表 1 制冷冰水主機價格比較

Capacity at ARI conditions (44 ° F chilled water, 85 ° F cooling water) and using 194 ° F hot water.

種類	每 KW 冷凍能力單價(NTD/KW)		
	35KW	77KW	573KW
吸收式	48500	25000	10000
吸附式	-	25000	15000
螺旋式	4500	4000	3500

(2) 熱源溫度變化比較

吸收式隨熱源溫度變化冷凍能力急速降低的趨勢，由圖 1 可以明顯看出熱源從 85 降低到 70，冷凍能力從 32KW 降低到 10KW，而且也會對設備本身產生致命的損害。不過由圖 14 所顯示的吸附式受熱源影響較小，熱源從 85 降低到 70，COP 從 0.7 降低到 0.65，顯見影響較小。

因為太陽能源變動大，要維持高而穩定的熱源溫度供給吸收式冰水機是一個重要的課題，因此輔助熱源是確保 COP 的必要措施，YAZAKI 公司生產的內建小型輔助鍋爐的吸收式冰水機是專為太陽能及排熱回收所設計。然而就太陽能及排熱回收利用為出發點的節能系統而言，在太陽能及排熱熱量不足的狀況下，勉強使用輔助熱源驅動 COP 相對低的冰水機是不合適的。

吸附式冰水機較不受熱源影響的特性可以省略輔助熱源，太陽能及排熱熱量不足的狀況下，利用 COP 較高的蒸氣壓縮機式冰水機為主要制冷設備，吸附式冰水機純粹只當做節能設備，如此除了回收廢熱和利用新能源外，可真正提高總能源使用效率。

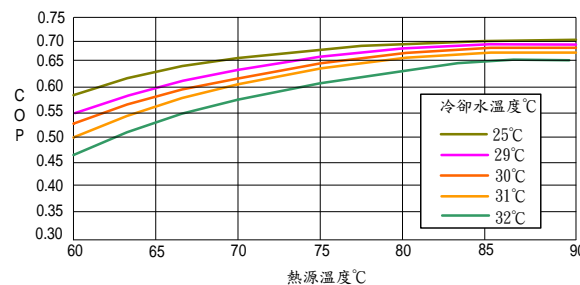


圖 14 吸附式制冷熱媒溫度變化的影響 [12]

(3) 其他整體比較

其他吸收式與吸附式的性能比較詳表 2。 [12]

2. 熱能驅動設備的發展障礙

(1) 制冷效率

本文所探討的制冷技術，普遍偏低的 COP 比起蒸氣壓縮機式冰水機，似乎還有很長一段路要走，表 3 為各種制冷設備的 COP 比較，熱能驅動的制冷設備 COP 均較低。

表 2 吸附式及吸收式冰水主機比較表 [12]

比較項目	吸附式冰水主機	吸收式冰水主機(單效)
熱源溫度 (熱水)	50~90 (或更高)，在 70 仍有 70% 的冷凍能力。	80~100 (或更高)。80 有 50% 的冷凍能力，一般運轉條件都高於 85。

24 小時連續運轉	可以	不可以 溴化鋰溶劑在運轉期間會濃縮在冷媒中，每天有自動稀釋循環的操作，在此時間無制冷功能。
每年運轉時數 超過 8000 小時	可以	不可以 因為每 2-3000 小時，需進行溴化鋰及抗化劑濃度維修。冰水機運轉時溶液需稀釋。 因此需添加溴化鋰，同時抗腐蝕劑，保護金屬及控制氧化的鉻及鉬氧化劑可能不平衡，更可能變成很強的氧化劑而腐蝕系統，抗化劑也有添加的必要及濃度檢修也必需在 2-3000 小時進行，以維持適當的平衡。假如不如此做，吸收式冰水主機在 4 年內可能已故障。
維修成本	低	高 濃度分析：吸收式冰水主機需 4 種化學物質，每種化學物質 1500USD，因此每 2000~3000 小時的運轉需 6000USD 的費用。
冷卻水溫度	溫度越低，冷凍能力越高。	最低 22.2°C 需有溫控措施。
最低負載	標準	需要複雜的控制，以控制 25%~100% 的負載變化。可能需要緩衝槽在熱水及冰水管路中。冷熱冷卻水系統須需要 PID 控制，若溫度無法維持將造成停機。
冷媒	自來水	蒸餾水
吸收劑	矽膠	溴化鋰，1200USD/30Gal。
真空泵	必要，每 40 小時抽 1 小時。	必要
冷媒泵	只在卸載時運轉	連續運轉
吸收劑泵	無	連續運轉
自動控制閥	蝶閥(氣動式)	三通閥
COP 效率	0.7 以下，隨熱源溫度改變。	
結晶	不會	會 以下都是造成結晶的可能原因： 冷卻水溫度太低。 空氣進入機器。 不正常關電。 不成功之稀釋。 控制失敗。 調壓閥故障。 熱源損失。
冷卻水塔規格	等於冷凍能力+熱源之總熱	
腐蝕	不會	腐蝕性強，既使在良好的維修狀況之下仍可能在每年 8000 小時運轉的 2-3 年內，必需更換熱交換器銅管。
熱機(啟動)	長時間停機時需進行 7 分鐘。	30 分鐘
稀釋過程 (停機時間)	不需要	15 分鐘
比較項目	吸附式冰水主機	吸收式冰水主機(單效)
抗氧化劑	不需要	混合重金屬的抗化劑
壽命	至少 20 年	7~9 年

吸收劑更換周期	不需要	4~5 年不易丟棄溴化鋰，因為抗腐蝕劑是重金屬。每 30 加侖 1200USD，溶劑儲桶費用另計。
熱交換器更換	不需要	因有腐蝕問題，必需考慮可能性。
備用鍋爐或加熱器	不需要	因需在 80°C 運轉，因此一般都需要加裝。
各種熱源溫度下的冷凍能力	90%@80°C 70%@71°C 45%@50°C 最低可以低至 50°C	80°C 時只剩 50% 能力。 71°C 時無法運轉。
冷卻水狀況	可允許變動溫度越低冷凍能力越高	必需穩定，需有溫控制機制，控制再在 24~30°C 間。
容量控制	內建 7 段卸載	需額外增加三通閥旁通。
冰水出水溫度	3°C 出水是標準品	9°C 一般規格，5°C 試驗用途。
維修	真空泵油位、蝶閥閥座每 3 年更換。	溶液分析 泵 控制 輔助鍋爐 溴化鋰更換 熱交換器更換 洩漏(氣密)檢查
故障狀況	機械性	化學性
可靠度	佳	差
投資報酬	1 年到 3 年	不確定

表 3 制冷設備 COP 比較表

設備種類	COP	熱源或能源種類
離心機〔18〕	5~6.1	電能或引擎帶動
螺旋式〔18〕	4.45~4.9	電能或引擎帶動
氣冷式〔18〕	2.79	電能
單效吸收式	0.7 以下	85 以上熱水
單效吸收式	0.7 以下	蒸汽 0.5~1.5KG/CM ²
雙效吸收式	1.2	蒸汽 5~8KG/CM ²
吸附式〔12〕	0.7 以下	50 以上熱水
除濕轉輪	0.9 以下	80 熱能
聲波冷凍〔19〕	0.48	475 熱能

(2) COP 的迷思

蒸氣壓縮機式的擁護者總是批評熱源驅動設備效率低成本高，這是仍然不易解決的缺陷，然而蒸氣壓縮機式冰水機提高 COP 也不易突破，從整體能源效率來思考制冷技術，才能正確的運用。

吾人認為此類設備做為熱回收或輔助制冷的用途，有如撲滿一樣地，一點一滴降低地球暖化的因子，熱源驅動設備仍然可以在效率低成本高的批評浪潮裡，繼續扮演維護地球的角色，而不是高 COP 的能源消費行為。

(3) 太陽能的限制

太陽能制冷的主要限制在於無法高效率提供高溫的熱源，以太陽熱水器為例，溫度在 50 時都有超過 50% 的集熱效率，一旦操作在 85 以上時集熱效率偏低，間接增加集熱設備設置

成本，使得回收年限長到無法令人接受。目前設置的案例往往都是小冷凍噸的設置，但也因而衍生周邊設備無法有效降低耗電，對於減少能源需求的優點大打折扣。

(4) 熱能驅動的出路

拓展應用的範圍，以吸附式制冷為例，它較不受熱源穩定與否的影響，因此可以做為傳統工業製程的冷卻與熱回收的良好設備。降低設備成本則是長期需要努力的方向，吸附式制冷均需依賴進口，價格昂貴，期待經工研院努力研發，將來國產化後可以達成合理的回收年限。

四、結論

太陽技術應用已經從太陽能光電發電系統、太陽能熱水系統到太陽能建築等等範疇。IEA(International Energy Agency) TASK 25 (Solar Assisted Air Conditioning Of Buildings)即針對本文所提及的主要制冷設備進行改進，結合太陽熱能發展原型機及模組設備。

國內工研院能資所目前正和昱毓公司合作太陽能固體吸附式製冷系統，做為太陽能應用制冷技術的開端。

五、參考文獻

1. 經濟部能源白皮書, (2003)
2. 呂錫民, 蔡國瑞, 吳威毅, 李天源, 李怡成, “複合式太陽能熱水／除濕裝置開發與實驗驗證”, (1998)
3. 黃博全, “聲波冰箱實驗與數值模擬分析”, (2004)。
4. 高田秋一, “吸收冷凍機 — ”, 日本冷凍協會, (1989)。
5. YAZAKI 公司產品技術資料。
6. Wilbert F. Stoecker, Jerold W. Jones, “Refrigeration and air conditioning”, McGraw-Hillm, (1995)
7. HVAC Applications, ASHRAE, (2003)
8. 謝鎮州, 張文師, 王智正, 唐震宸, “運用工業廢熱之固體吸附式製冷系統, 化工技術共 12 卷第 4 期。
9. 邁崑公司, MYCOM AdRef, 技術資料。
10. 王智正, 謝鎮州, 張文師, 唐震宸, “固體吸附式製冷研究”, 第十二屆機械工程研討會論文集, (2003)
11. Jean Yves Quinette, Daniel Mugnier, Solar Assisted Air Conditioning Of Buildings Selected Results From Pilot Installations, (2004)
12. Nishiyodo 公司產品技術資料。(2003)
13. 謝鎮州, 張文師, 王智正, 唐震宸, “固體吸附式製冷系統應用分析與運轉成本分析”, 第十二屆機械工程研討會論文集, (2003)
14. John Archibald, “A New Desiccant Evaporative Cooling Cycle for Solar Air Conditioning And Hot Water Heating”, (2001)
15. Armin F. Rudd, Development of Moisture Storage Coating for Enthalpy Storage Wallboard, (1994)
16. Steven L. Garrett, Scott Backhaus, “The Power of Sound”
17. Jay A. Adeff, Thomas J. Hofler, Design and construction of a solar powered, thermoacoustically driven, thermoacoustic refrigerator, , J. Acoust. Soc. Am., 107, L37, (2000)
18. 經濟部, “空調系統冰水主機能源效益標準”, (2001)
19. Hofler, Thomas J.; Naval Postgraduate School Monterey Ca Dept Of Physics, Improved Efficiency and Power Density for Thermoacoustic Coolers, Annual summary rept. Jun 94-May 95, (1996)

Solar Energy And Cooling Dehumidification Technology

Pan-Chen, Chan

PE, FuLe M.E.M. Co., Ltd.

Abstract

The application of solar energy in Taiwan has been focused on solar water heater. However, since Taiwan is located in the subtropical region and surrounded by Ocean, there is less solar heat demand for heating water, especially in summer. In Fact, the unique climate and high relative humidity temperature character in Taiwan has resulted in much higher energy demand for cooling and dehumidification rather than heating.

Electricity consumption for cooling demand is almost 50% or more. Absorption cooling is the popular system that applied with solar heat. Several lithium-bromide absorption chillers with solar thermal system are operated now in Europe and Japan. However, difficult operation, maintenance and high cost have moved back the more extensive application of the solar absorption cooling system. Nowadays, the new technologies on desiccant cooling, desiccant dehumidification, adsorption chillers and also thermo-acoustic refrigeration system have been introduced, which will bring better application for solar thermal.

In the following article, each cooling and dehumidification technology will be discussed respectively, we look forward to see the widespread application of the solar thermal in the future, The increase in popularity of the solar thermal as alternative energy will reduce fossil fuel consumption, CO₂ emission, and helps to relieve the increasingly worsen situation of the global warming.

Key word : solar thermal, adsorption chillers, absorption chillers