

熱泵技術的應用

黃秉鈞 主持人
台灣大學 新能源中心

壹、熱泵原理

相信每一個人在夏天都吹過冷氣,那冷氣又是怎麼產生的呢? 冷氣機主要是由壓縮機及一些熱交換器組成,其內充灌冷媒,如圖 1 所示。冷氣機通電後會從空氣吸取熱量(在蒸發器中利用冷媒蒸發吸熱的原理),使空氣降溫,這便產生了冷氣。冷氣機也會往外面排出熱氣(在冷凝器中利用冷媒冷凝釋熱原理),由能量不滅原理,這些熱氣的能量(Q_H)會等於輸入冷媒蒸氣壓縮機的電能(W_e)加上從冷氣房所吸取的熱量(Q_L),即 $Q_H=Q_L+W_e$ 。

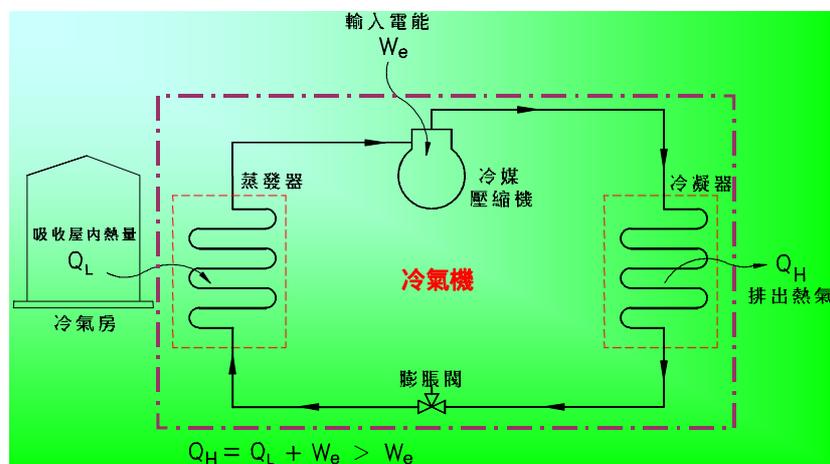


圖 1 冷氣機可以說是一部「移熱裝置」,把熱能從一個地方(冷氣房)移到另一個地方(大氣)

從另一個角度來看,冷氣機也可以說是一部移熱裝置,把熱能從一個地方(冷氣房)移到另一個地方(大氣),當然這個移動熱能的作用需要借助電能才會發生(見圖 1 說明)。就好像是我們家裡所用的水泵,一通電後,會將水從一個地方(一樓自來水池)送到另一個地方(樓頂水塔)一樣。只是冷氣機所搬動的是熱能而已,所以冷氣機的學名又稱為「熱泵」- 利用壓縮機的熱力循環原理來產生移動熱能的作





用。

冷氣機在製造冷氣的過程中，往外面排出的熱氣能量(Q_H)會高於輸入電力(W_e)的好幾倍(約三到六倍)，因此也就造成環境污染，這就好像「把自己的舒適建立在路人的痛苦上」一樣。

貳、熱泵熱水器

如果將冷氣機製造冷氣過程中，往外面排出的熱能(Q_H)，排入一個水槽中，製成熱水供使用，這樣就可回收原本要排放到屋外的熱氣，變成有用的資源。可節省另外製造熱水的設備投資與能源費用。因此，冷氣機除產生冷氣外，從製造熱水的功能來看，它也可變成一部「熱泵熱水器」(圖 2)，冷氣與熱水通通有用。而在製造冷氣過程中，也會產生除溼作用，因此「熱泵熱水器」兼具熱水、冷氣、除濕的多重功能，是典型的綠色環保器具。

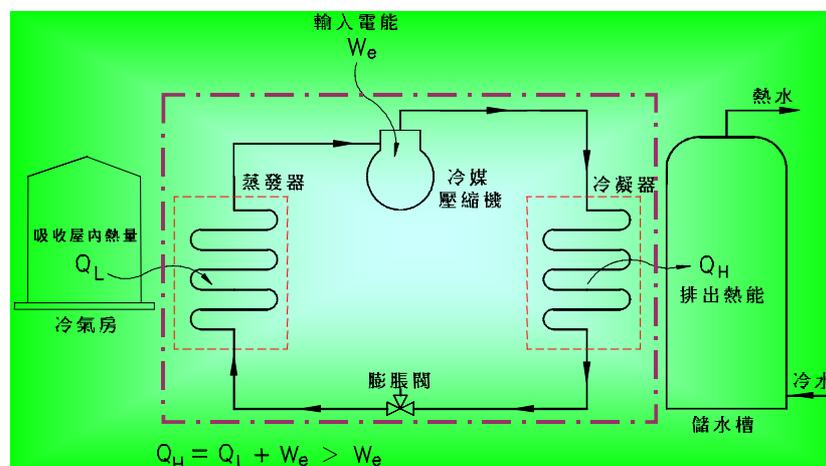


圖 2 「熱泵熱水器」兼具熱水、冷氣、除濕的多重功能，是典型的綠色器具

參、大氣取熱式熱泵熱水器(太陽能熱泵)

在天氣涼爽，屋內不用冷氣時，冷氣機也可以設計成從大氣吸取熱能，排出的熱氣能量(Q_H)，仍然導入水槽中，製成熱水，這就是「大氣取熱式熱泵熱水器」

(圖 3)。那大氣的熱能又從哪兒來呢？這很簡單，地球上的大氣層時時在吸收太陽能，取之不盡用之不竭。所以這種「大氣取熱式熱泵熱水器」是太陽能應用的一種，稱為「太陽能熱泵」也可以。

有些人可能使用過冷暖氣機(附暖氣功能的冷氣機)，它是從大氣吸取熱能，然後排入屋內取暖，這是大氣取熱式熱泵的一種。排入室內的暖氣能量(Q_H)，約為輸入電能(W_e)的二到三倍左右，也就是說輸入 1kW 電能，可以獲得 2kW 到 3kW 的暖房能力！而市面上暢銷的電暖爐，輸入 1kW 電能，頂多也只能獲得 1kW 的暖房能力。因此，採用熱泵來取暖，可以節省電力約五到七成，是值得大力推廣的綠色環保器具。一樣的道理，熱泵熱水器也可以節省電力約五到七成，如表 1 所列。

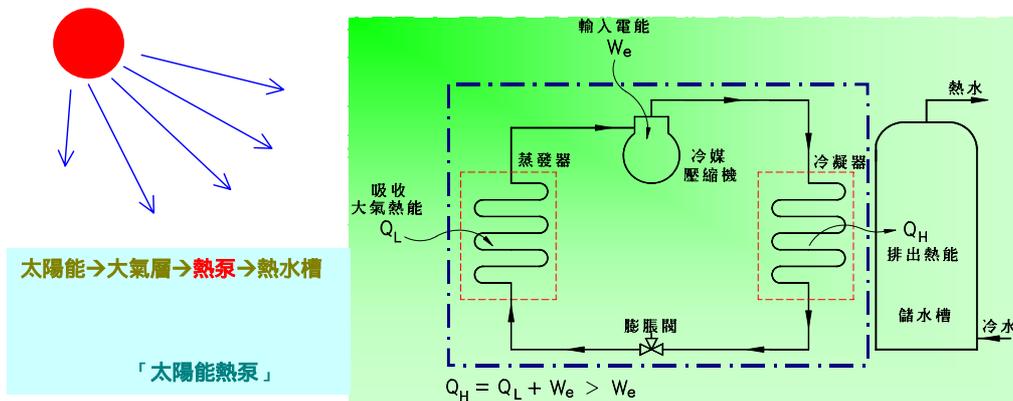


圖 3 「大氣取熱式熱泵熱水器」 (「太陽能熱泵」)

表 1、各種能源設備燃料費用

(以 1,000 公升冷水由 21°C 加熱至 58°C 需熱量 37,000 仟卡為例)

能源設備種類 (效率)	熱量需求	單位能源之加熱量	耗能	能源單價	費用
電熱水器(0.9)	37,000 仟卡 ÷	731 仟卡/度	= 50.6 度	× 2.6 元/度	= 132 元
液化瓦斯熱水器 (0.75)	37,000 仟卡 ÷	9,000 仟卡/公斤	= 4.11 公斤	× 25 元/公斤	= 103 元
柴油鍋爐(0.75)	37,000 仟卡 ÷	6,612 仟卡/公升	= 5.60 公升	× 11 元/公升	= 61.6 元
天然瓦斯熱水器 (0.75)	37,000 仟卡 ÷	6,707 仟卡/度	= 5.52 度	× 12.8 元/度	= 70.7 元
熱泵熱水器(COP 2.6)	37,000 仟卡 ÷	2,236 仟卡/度	= 16.55 度	× 2.6 元/度	= 43 元
熱泵熱水器(COP 3.0)	37,000 仟卡 ÷	2,580 仟卡/度	= 14.34 度	× 2.6 元/度	= 37 元
熱泵熱水器(COP3.6)	37,000 仟卡 ÷	3,096 仟卡/度	= 11.95 度	× 2.6 元/度	= 31 元





肆、小型熱泵熱水器應用範例

台大新能源中心與國內一家業者合作開發了一台家用型的熱泵熱水器(如圖 4)，可以置於室外，自大氣中吸收熱能。此台熱泵熱水器儲水量為 120 公升，使用電力 260W (AC110V)，其性能測試結果如圖 5，COP 可達 2.6 以上(氣溫 25°C)，每公升熱水耗電量為 0.015 kWh/L，比起電熱水器(> 0.05 kWh/L)省電約六成。此台熱泵熱水器(NC120)可外加一至二個 120 公升擴充水槽，使總容量達 360 公升，每天可供應約八人的洗澡用水，每月耗電約 200 度(約 500 元電費)，是極為省能、環保、又安全的產品。此台熱泵熱水器如採用多台併聯方式，供應宿舍用水，還可節省鍋爐操作人員的費用(約 30 萬元/年)，經濟效益很高，如表 2。



圖 4 小型熱泵熱水器(NC120)

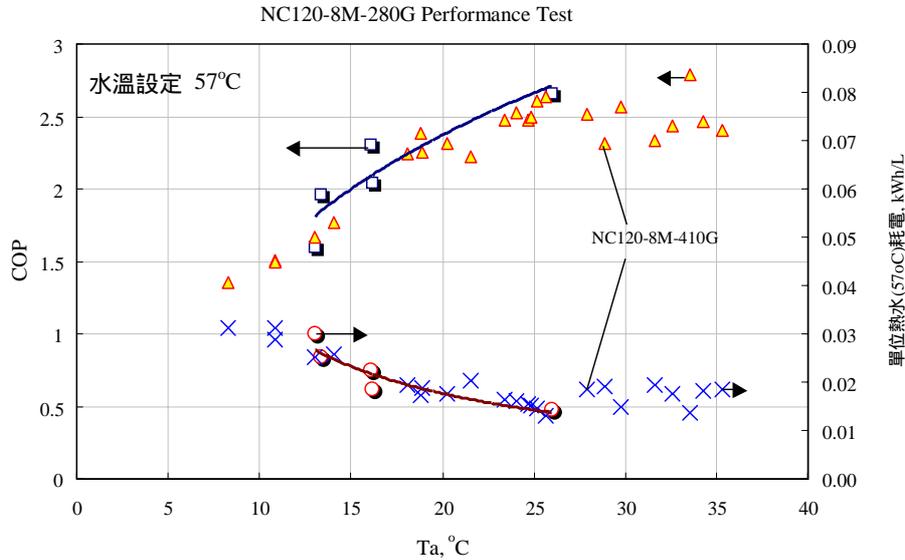


圖 5 NC120 熱泵熱水器性能測試結果

表 2 NC120 熱泵熱水器之效益

100 人用水量	5,000 L/day (55°C)
NC120 熱泵	14 台
電費	43 元/噸35 噸/天330 天/月= 6,450 元/月 (表一)
省能	
相較於電熱水器:	(132-43)元/噸35 噸/天330 天/月= 13,350 元/月(160,200 元/年)
相較於液化瓦斯熱水器:	(103-43)元/噸35 噸/天330 天/月= 9,000 元/月(108,000 元/年)
相較於柴油鍋爐熱水器:	(62-43)元/噸35 噸/天330 天/月= 2,850 元/月(34,200 元/年)
相較於天然瓦斯熱水器:	(71-43)元/噸35 噸/天330 天/月= 4,200 元/月(50,400 元/年)
熱泵系統裝置成本50 萬元 (含擴充槽)	

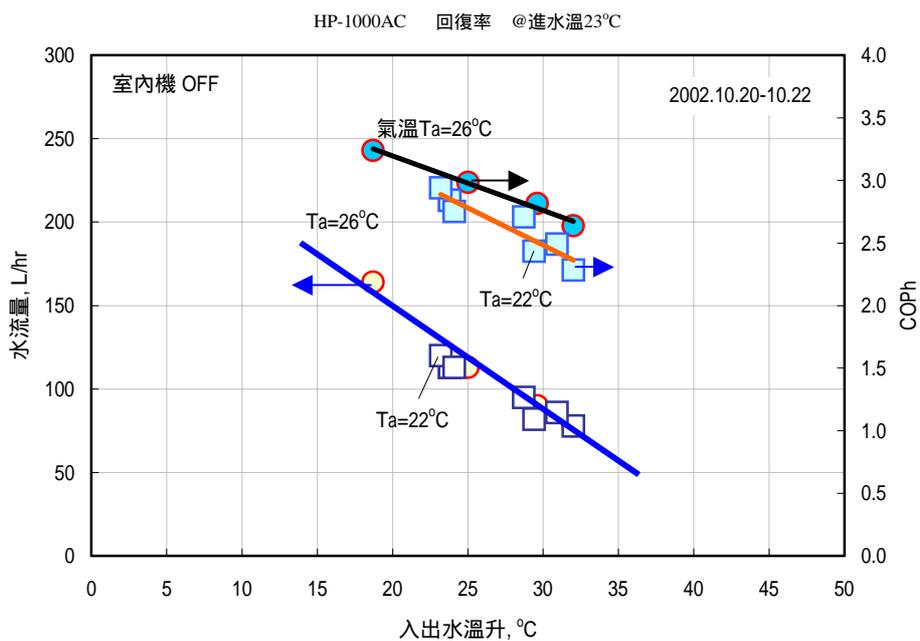
伍、冷熱雙功能熱泵熱水器應用範例

台大新能源中心協助國內一家業者開發了一台小型冷熱雙功能熱泵熱水器(如圖 6)，主機置於室外，可以自大氣或冷房中吸收熱能產生熱水，其附有自動切換裝置，不受冷氣負載變化之影響。此台熱泵熱水器(HP-1000AC)儲水量為 100 公升，使用電力 1000W (AC220V)，其穩態性能測試結果如圖 7，COP 可達 3.0 以上(氣溫 25°C)，每小時可以供應溫升 30°C 的熱水 90 公升，每公升熱水耗電量為 0.012kWh/L，冷氣量為 3kW。





圖 6 冷熱雙功能熱泵熱水



圖七 HP-1000AC 熱泵熱水器性能

此台熱泵熱水器(HP-1000AC)可外加一個 1,500 公升擴充槽，每天運轉 15 小時，可供應約 30 人的洗澡用水，每月耗電 540 度(約 1,400 元電費)，是極為省能、環保、又安全的產品。此台熱泵熱水器供應宿舍用水，還可節省鍋爐操作人員的費用(約 30 萬元/年)，又可使用冷氣，經濟效益很高，如表 2。

表 2 HP-1000AC 冷熱雙功能熱泵熱水器之效益

100 人用水量	5,000 L/day (55°C)
HP-1000AC 熱泵	3 台
電費	37 元/噸35 噸/天330 天/月= 5,500 元/月 (表一)
省能	
相較於電熱水器:	(132-37)元/噸35 噸/天330 天/月= 14,250 元/月(171,000 元/年)
相較於液化瓦斯熱水器:	(103-37)元/噸35 噸/天330 天/月= 9,900 元/月(118,800 元/年)
相較於柴油鍋爐熱水器:	(62-37)元/噸35 噸/天330 天/月= 3,750 元/月(45,000 元/年)
相較於天然瓦斯熱水器:	(71-37)元/噸35 噸/天330 天/月= 5,100 元/月(61,200 元/年)
冷氣機 3 台操作電費 :	1.2kW/台33 台315 小時/天330 天/月= 4,200 元/月
熱泵系統裝置成本	30 萬元 (含擴充槽)
節省 3 台冷氣機裝設成本	6 萬元

陸、大型空氣對水熱泵熱水器應用範例

台大新能源中心也協助國內另一家業者開發了一台空氣對水熱泵熱水器(如圖 8)。此台熱泵熱水器(AW-90V)，使用電力 8kW (AC380V)，製熱能力 30kW，其性能測試結果如圖 9，COP 可達 3.87(氣溫 25°C)，每小時可以供應溫升 40°C 的熱水約 600 公升，每公升熱水耗電量為 0.01kWh/L。即使在寒流天氣(氣溫 10°C)，COP 也可達 2.69，每小時可以供應溫升 40°C 的熱水約 380 公升。



圖 8、空氣對水熱泵熱水器(AW-90V)



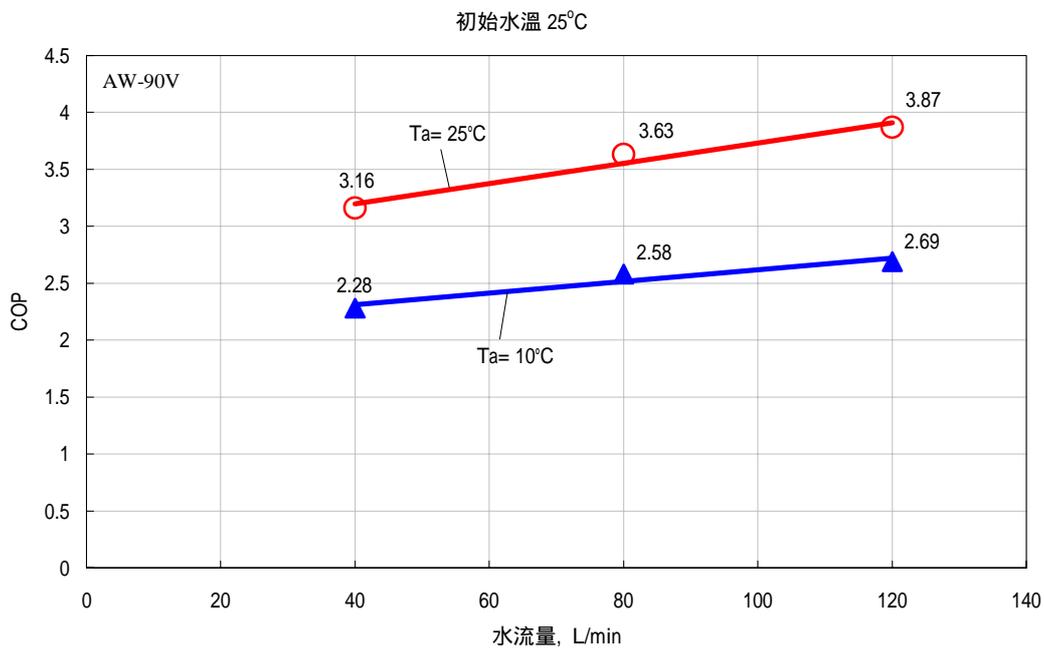


圖 9、空氣對水熱泵熱水器(AW-90V)測試結果

此台熱泵熱水器(AW-90V)可外加一個 9,000 公升擴充槽，每天運轉 15 小時，可供應約 300 人的洗澡用水，每月耗電約 2,700 度(約 7,000 元電費)，是極為省能、環保、又安全的產品。此台熱泵熱水器供應宿舍用水，還可節省鍋爐操作人員的費用(約 30 萬元/年)，經濟效益很高，如表 3。

表 3 AW-90V 熱泵之效益

300 人用水量	9,000 L/day (60°C)
AW-90V 熱泵	1 台
電費	31 元/噸39 噸/天330 天/月= 8,370 元/月 (表一)
省能	
相較於電熱水器:	(132-31)元/噸39 噸/天330 天/月= 27,270 元/月(327,240 元/年)
相較於液化瓦斯熱水器:	(103-31)元/噸39 噸/天330 天/月= 19,440 元/月(233,280 元/年)
相較於柴油鍋爐熱水器:	(62-31)元/噸39 噸/天330 天/月= 8,370 元/月(100,440 元/年)
相較於天然瓦斯熱水器:	(71-31)元/噸39 噸/天330 天/月= 10,800 元/月(129,600 元/年)
熱泵系統裝置成本	60-80 萬元 (含擴充槽)

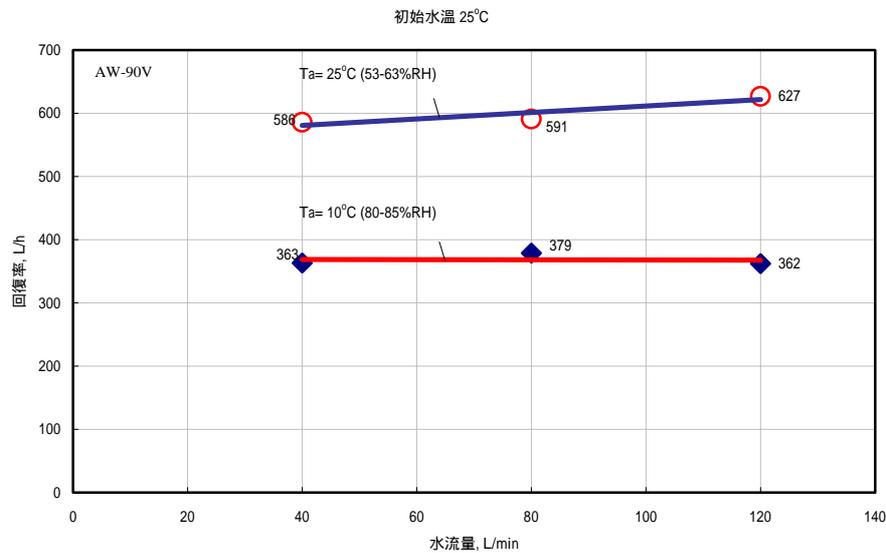


圖 10、空氣對水熱泵熱水器(AW-90V)測試結果

柒、熱泵現場應用成功範例

一、家用型熱泵(NC120)

熱泵應用於住家除可省能外，並可提供安全舒適的居家環境，不必擔心瓦斯的危險，因此將逐漸被民眾所接受。為證明家用型熱泵的性能，台大新能源中心特在台北市安裝一台，進行實地使用測試。此台熱泵熱水器儲水量為 240 公升(120 公升主機另加一 120 公升擴充槽)，供應一家四口之沐浴熱水，使用電力 260W (AC110V)，裝設在台北市區，經三年實際使用，並未發生任何故障，經記錄用水用電量，整理後得圖 11 與圖 12 之結果，顯示耗電量平均值為每公升熱水 0.032 kWh。每天平均用水量只 124 公升，因此每月平均耗電 120 度，約 312 元。其實，因熱水負載只及設計值(240 公升)之一半，以致其最佳運轉效率(0.015kWh/L)無法完全發揮。然而即使如此，另一台太陽能熱水器(採 150 公升太陽能熱水器另串聯一台 150 公升電熱水器)的實際使用記錄(在台北市區)為每公升熱水耗電 0.046 kWh，證明熱泵省能效果仍然顯著(達 30%)。如與電熱水器相比，省電達一半左右，圖 13 為不同熱水器之耗能比較測試，可以發現熱泵的驚人省能效果。除此之外，熱泵提供一個安全的居家環境，完全避免瓦斯中毒與火災之威脅。



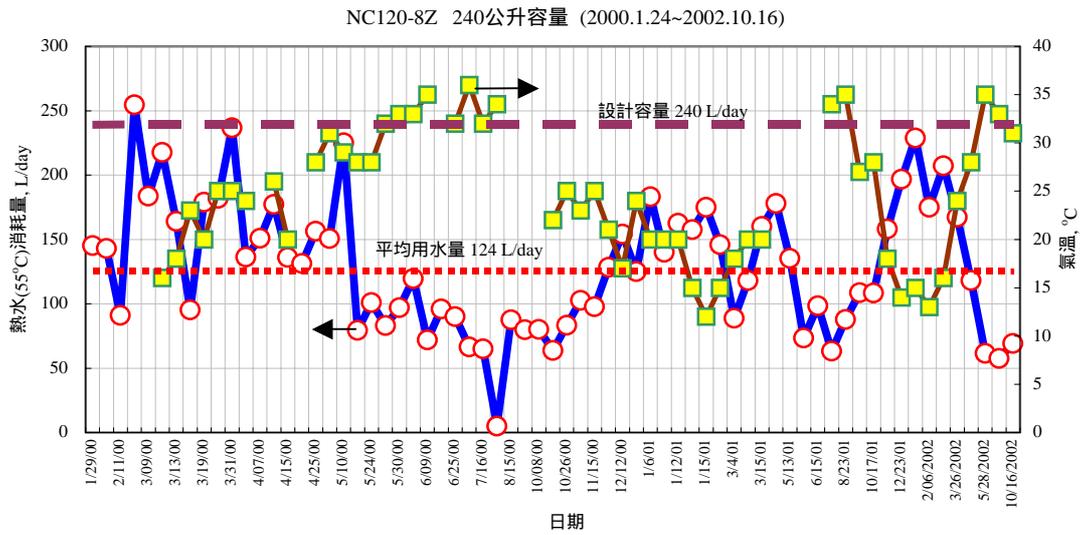


圖 11、家用型熱泵(NC120)現場實測數據

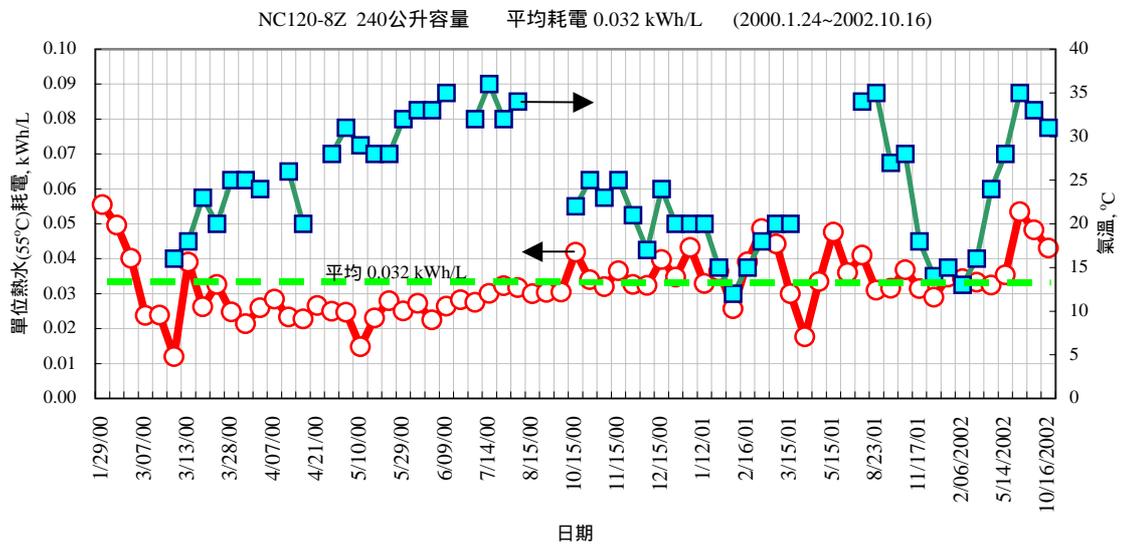


圖 12、家用型熱泵(NC120)現場實測數據

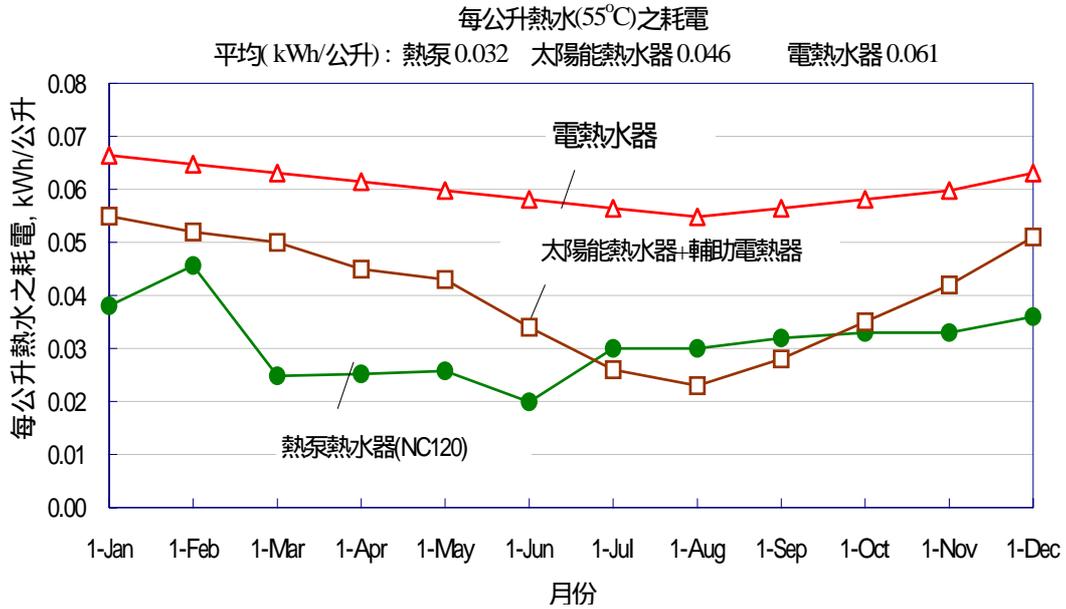


圖 13、各種熱水器之耗電比較

二、慈濟醫院護士宿舍熱泵

慈濟醫院護士宿舍原採用鍋爐供應 280 位住宿者的熱水，每年油費約 50 萬元，每人月油費分擔 149 元，另外需操作員一位，每年薪資約 40 萬元。自從改用熱泵後(圖 14)，每人月電費付擔降為 58 元，節省 61% 費用(圖 15)，如加上節省的人工成本，每年可省約 70 萬元。



圖 14、慈濟醫院護士宿舍熱泵熱水器





年 / 月	89年	90年	90~91/7
費用項目			
鍋爐油費	375,844	499,268	
平均一人費用(鍋爐)	112.0	149.0	
熱泵電費	0	0	86,616
平均一人費用(熱泵)	0	0	58

註一：共280人住宿

註二：電費參照台灣電力公司電價表，綜合用電，其基本電費4kw 636元+流動電費尖峰時間非夏月每度1.89元計算

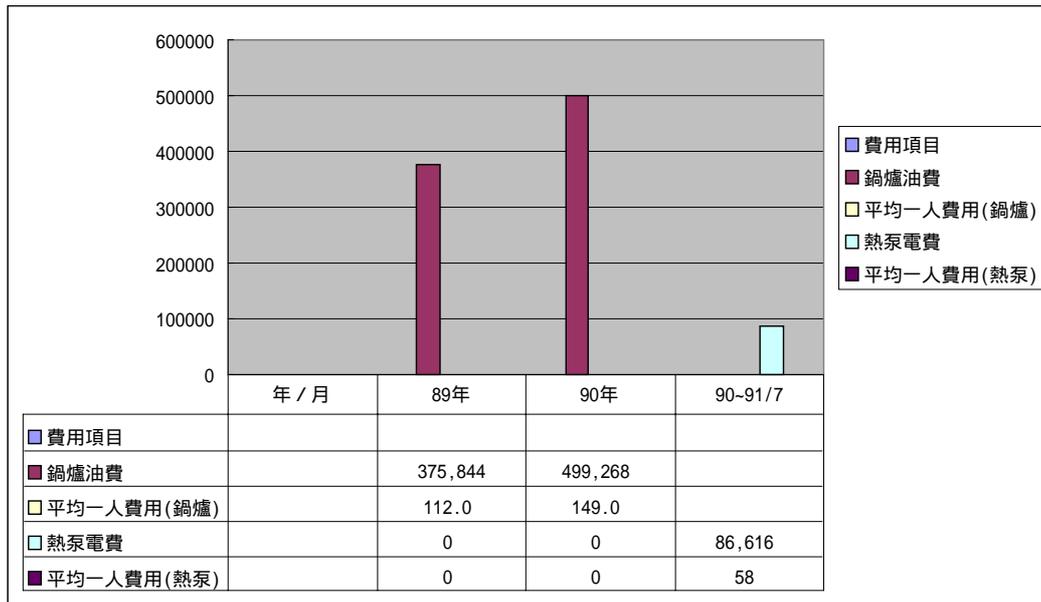


圖 15、慈濟醫院護士宿舍熱泵熱水器使用效益

捌、廢熱之回收應用範例

熱泵之熱源除大氣外，也可取自許多廢熱。慈濟醫院便裝設一套空調廢熱回收熱泵系統(圖 16)，由中央空調系統的冷卻水取得廢熱，將原本要排放的廢熱加以回收利用，其效益顯著。

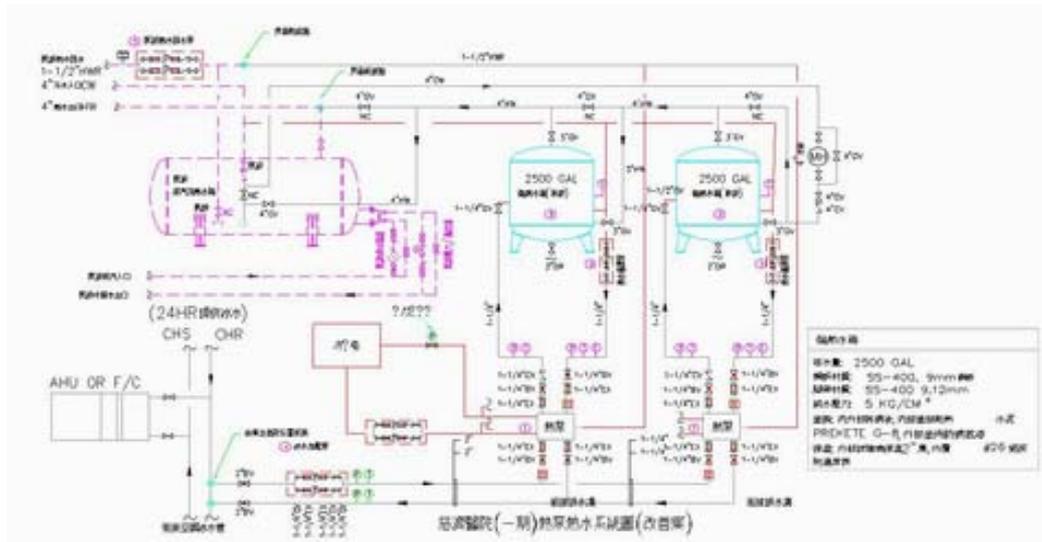


圖 16、慈濟醫院空調廢熱回收熱泵

玖、結語

熱泵的應用尤其大氣或廢能熱源的熱泵可以節省鉅量能源，如採多功能設計(熱水、冷氣、除濕)，節省的能源更為可觀，是值得大力推廣的綠色用品。然而國內一般社會大眾並不瞭解熱泵的觀念，因此許多人會花數千元去購買電暖器，在冬天用昂貴的電能來取暖，浪費能源。卻不知道，只要購買冷氣機時，多花約一千元選購附暖氣功能之冷氣機，冬天也可以用來取暖，而且可以比電暖器省電 50% 以上。因此，本文特別以深入淺出的方法介紹熱泵的原理以及其應用，事實上「大氣取熱式熱泵」就是太陽能應用的一種，稱之為「太陽能熱泵」也非常貼切。

