

熱泵熱水系統 Q&A 節能技術手冊

經濟部能源局指導
財團法人台灣綠色生產力基金會 節約能源中心 編印

目 錄

目 錄.....	I
圖 目 錄.....	III
表 目 錄.....	V
壹、前言.....	1
貳、熱泵原理與構造.....	2
2.1 熱泵運轉原理與構造.....	2
1.大氣層是巨大無比的蓄能庫.....	2
2.地球上到處充斥廢能.....	2
3.熱泵原理.....	2
4.熱泵主要構造及使用要點.....	3
5.熱泵驚人省能效果.....	5
6.利用熱泵原理可以擷取各種熱能.....	6
2.2 熱泵熱水器熱源與種類.....	7
1.熱泵熱水器熱源種類.....	7
2.熱泵熱水器依熱源種類分如何運轉.....	7
2.3 熱泵熱水器性能係數與優點.....	10
1.熱泵熱水器之性能係數 COP.....	10
2.熱泵系統之優點.....	10
參、熱泵系統設計.....	13
3.1 熱泵系統設計原則與要領.....	13
1.熱泵系統設計原則.....	13
2.熱泵系統設計重點要領.....	13
3.2 各行業熱水負荷估算.....	14
1.宿舍類型.....	14
2.醫院類型.....	17
3.飯店類型.....	18
3.3 儲水槽設計.....	19
3.4 熱源設計.....	20
3.5 輔助加熱器設計.....	21
肆、熱泵系統之應用實例.....	22
4.1 醫院案例.....	22
4.2 飯店案例.....	26
4.3 宿舍案例.....	31
4.4 泳池案例.....	34

4.5 營業用泳池.....	39
4.6 休閒渡假民宿案例.....	44
4.7 學校宿舍案例.....	47
4.8 安養中心.....	53
4.9 住家案例.....	57
伍、熱泵應用常見問題.....	63
1.熱泵工作原理及性能係數 COP 為何?	63
2.熱泵性能係數 COP 可達多少?	65
3.熱泵為什麼可以製熱水?	65
4.熱泵為什麼可以節能?	66
5.冬天時熱泵可以供應足夠熱水嗎?	66
6.熱泵節能效益如何計算?	66
7.國內熱泵系統主要供應商有那些?	70
8.熱泵省能效果如何驗證?	70
9.熱泵現場測試方法與分析	71
10.醫院採用熱泵取代蒸氣加熱熱水效益如何?	77
11.熱泵系統儲水槽應開放式或密閉式差別?	78
12.水垢問題如何處理?	78
13.熱泵採何種冷媒較好?	79
14.熱泵如何保養及維修?	79
15.如何降低熱泵維修費用?	80
16.熱泵的噪音問題如何處理?	80
17.熱泵系統別與應用分類?	80
18.行業別熱泵安裝實績案例統計?	81
19.商業部門熱能耗用概況?	81
20.商業部門熱泵市場大小?	82
21.商業部門熱泵節能潛力多少?	83
22.熱泵系統相關獎勵為何?	84
23.國內熱泵系統諮詢顧問有那些?	84
陸、結語.....	86
參考文獻.....	87
編後語.....	88

圖目錄

圖 2.1-1 冷氣機是一部「移熱裝置」，把熱能從一個地方(冷氣房)移到另一個地方(大氣).....	3
圖 2.1-2 空氣對水熱泵熱水器流程圖 (例).....	4
圖 2.1-3 熱泵主機解剖圖(例).....	4
圖 2.1-4 熱泵主機機型外觀 (例).....	5
圖 2.1-5 大氣取熱式熱泵熱水器	6
圖 2.2-1 空氣對水及水對水熱泵比較	9
圖 2.2-2 太陽能熱泵原理(雙熱源:太陽輻射與大氣)	10
圖 2.3-1 熱泵相對耗能	11
圖 2.3-2 熱泵與各式熱水器性能係數 COP(Coefficient of Performance)	12
圖 4.1-1 花蓮基督教門諾醫院之熱泵系統	23
圖 4.1-2 花蓮基督教門諾醫院之熱泵系統	23
圖 4.1-3 花蓮基督教門諾醫院熱泵系統之掛錶量測	24
圖 4.2-1 鎮寶大飯店建築外觀	27
圖 4.2-2 鎮寶大飯店熱泵系統流程監控畫面	28
圖 4.2-3 鎮寶大飯店熱泵系統主機	28
圖 4.2-4 鎮寶大飯店熱泵系統主機	29
圖 4.2-5 熱泵主機與熱水儲槽	29
圖 4.3-1 台北實踐大學舊有熱水系統配置(改裝前)	32
圖 4.3-2 台北實踐大學宿舍熱泵系統配置(安裝後)	32
圖 4.3-3 台北實踐大學宿舍熱泵系統之未來十年節能效益預估	34
圖 4.4-1 集中式泳池熱泵系統	36
圖 4.4-2 熱泵主機外觀	37
圖 4.4-3 板式換熱器及水泵機組	37
圖 4.4-4 設備平面配置	38
圖 4.5-1 南投大西洋營業用泳池、SPA 健身中心	41
圖 4.5-2 南投大西洋販賣部	41

圖 4.5-3 成功案例運轉 10 年南投大西洋之熱泵安裝實景	42
圖 4.5-4 南投大西洋熱泵系統預估未來 10 年節能效益	42
圖 4.6-1 后里長青休閒渡假山莊	45
圖 4.6-2 成功案例運轉 9 年后里長青休閒渡假山莊熱泵系統主機	46
圖 4.6-3 成功案例運轉 9 年后里長青休閒渡假山莊熱泵系統主機	46
圖 4.7-1 文藻外語學院之千禧大樓	49
圖 4.7-3 千禧大樓之電梯機房	49
圖 4.7-2 成功案例運轉 8 年文藻語文學院安裝熱泵系統設計流程示意圖	50
圖 4.7-4 保溫儲水槽 40,000 公升(20 噸二座)	51
圖 4.7-5 文藻外語學院「空氣對水式」熱泵 2 台安裝實景	51
圖 4.8-1 基督教雙連教會附設安養中心	54
圖 4.8-2 雙連安養中心熱泵系統主機	55
圖 4.8-3 基督教雙連教會熱泵系統實景	55
圖 4.8-4 熱泵節能長條分析圖(年).....	56
圖 4.9-1 可擴充式家用熱泵熱水器 NC120(兩台 120L 主機加兩台 120L 儲水槽).....	59
圖 4.9-2 NC120 熱泵熱水器性能測試結果.....	59
圖 4.9-3 熱泵熱水器與電熱水器之耗電比較	60
圖 4.9-4 太陽能輔助熱泵熱水器(ISAHP).....	60
圖 4.9-5 太陽能輔助熱泵熱水器(ISAHP)耗電量	61
圖 4.9-6 ISAHP 與傳統太陽能熱水器耗電比較.....	61
圖 4.9-7 ISAHP-2 的耗電量長期測試結果	62
圖 5.1 冷媒循環系統圖.....	63
圖 5.2 反向卡諾循環圖.....	64
圖 5-3 水對水熱泵系統與檢測位置圖	76
圖 5-4 空氣對水熱泵系統與檢測位置圖	76

表 目 錄

表 2.3-1 不同熱源產生熱水之熱值比較.....	11
表 2.3-2 熱泵熱水器之優點.....	12
表 3.2-1 各鍋爐熱水器單位能源熱值及燃燒效率.....	16
表 3.2-2 泳池所需熱能計算.....	19
表 4.1-1 花蓮基督教門諾醫院熱泵耗電量及費用計算.....	24
表 4.1-2 花蓮基督教門諾醫院鍋爐與熱泵能源耗用記錄比較表.....	25
表 4.1-3 花蓮基督教門諾醫院熱泵系統之節能效益.....	26
表 4.3-1 台北實踐大學宿舍熱泵系統之節能效益.....	33
表 4.4-1 遠來飯店 SPA 會館俱樂部用電量記錄.....	38
表 4.5-1 南投大西門營業用室內泳池熱泵節能計算.....	43
表 4.6-1 休閒渡假民宿熱泵節能效益計算.....	47
表 4.7-1 文藻外語學院熱泵節能計算.....	52
表 4.8-1 熱泵節能效益計算.....	56
表 5-1 各種熱水加熱設備加熱 1000L. °C 熱水能源使用成本比較.....	67
表 5-2 空氣對水型熱泵取代低溫 60°C 水溫以下電能鍋爐/柴油鍋爐(例).....	68
表 5-3 空氣對水型熱泵熱水系統取代柴油鍋爐(例).....	69
表 5-4 二氧化碳排放指數(能源耗用量與 CO2 換算表).....	69
表 5-5 國內熱泵系統主要供應廠商名單.....	70
表 5-6 各類型設備製熱的效率值換算為每產生單位熱能所需消耗的能源成本.....	71
表 5-7 某高雄復健大樓熱泵取代蒸汽加熱熱水系統效益分析表(例).....	77
表 5-9 社會服務及個人服務業能源年使用統計.....	81
表 5-10 能源用戶(飯店, 醫院, 學校)家數統計.....	82
表 5-11 全國游泳池與泳會統計.....	82
表 5-12 熱泵系統諮詢顧問名單.....	85

壹、前言

台灣能源目前 97% 必須仰賴進口，為因應國際能源價格上漲及配合降低全球溫室效應氣體排放量之環境壓力下，如何推動能源用戶選用高能源效率又環保的設備，為政府節能政策重點項目之一。

地球外表的大氣層會吸收太陽能，加上溫室效應，使得大氣層形同一個巨大的「大氣熱能庫」，而我國位處亞熱帶地區，終年暖和，大氣熱能資源極為豐富，是間接擷取太陽能之最佳地點。熱泵是一種可以吸收大自然中之熱能或廢熱加以利用，產生熱水的高效能科技產品。由於熱泵主要有水對水及空氣對水等二種系統，可直接從空氣或水源吸收熱能，因此應用上可說是不受日夜與天候影響的高效率熱水供應設備。熱泵近年在國內學術及廠商單位積極推動下，在不同行業醫院、旅館、學校、溫水游泳池、安養院及住家等用戶已有超過百件應用成功案例。由熱泵實際應用案例之測試證實，熱泵若在合理規劃運作下，熱泵加熱性能係數 COP 都可大於 3 以上，若能積極取代傳統電力、瓦斯、柴油熱水鍋爐加熱系統，可節省用戶可觀的能源及運轉費用達 1/2 以上。

經濟部能源局節約能源服務團，在節能現場輔導時，了解各行業能源管理者均急需瞭解有關「熱泵熱水系統」原理構造、加熱性能係數、節能效益計算、實施案例之測試與節能分析、國內熱泵市場概況、商業部門熱能耗用概況、商業部門熱泵市場與節能潛力、推動現況與建議等，並需廣泛吸取實際節能改善經驗、技術及未來方向的參考資料，乃委請國內熱泵設備推廣上有專精的專家學者，台灣大學機械系黃秉鈞教授，協助執筆及蒐集實際相關多方面的經驗及技術資料，並配合台灣綠色生產力基金會節約能源中心（簡稱綠基會節能中心）歷年的推廣省能技術服務資料，彙編成此技術手冊，提供各能源用戶推動熱泵熱水系統之參考，而遺誤掛漏，必所難免，尚請學者先進，賜予指正為禱。

貳、熱泵原理與構造

2.1 熱泵運轉原理與構造

1.大氣層是巨大無比的蓄能庫

地球外表的大氣層會吸收太陽能，加上溫室效應，使得大氣層形同一個巨大的太陽能儲存庫(可稱之為「大氣熱能庫」)，其溫度變化緩慢，不太受日夜與天候的影響。我國位處亞熱帶地區，終年溫暖，大氣熱能資源極為豐富，也是間接擷取太陽能之最佳地點。

2.地球上到處充斥廢能

除了大氣層可以吸收並儲存太陽能可供擷取利用外，地球上也到處充滿廢能可供充分利用。例如，建築物殼體外表會吸收太陽能輻射或大氣熱能，然後儲存在殼體內，再逐漸釋放出來，這些熱能便可以收集來利用；一個設置有機械或電子設備的機房，設備運作時會排放出熱能，這些熱能可以收集來利用；一個許多人聚集一起的密閉房間裡，人體或燈具都會排放出相當可觀的熱能，這些熱能可以收集來利用；一個工廠在製造產品過程中會排放出許多熱能，這些熱能也可以收集來利用。諸如此類的廢能到處充斥，都可以加以妥善收集與運用。

3.熱泵原理

大家都知道，用冷氣機可以製造冷氣，也會往外面排出熱氣，由能量不減原理，排出熱氣的能量(QH)會等於輸入冷氣機的電能(We)加上從冷氣房所吸取的熱量(QL)，即 $QH=QL+We$ 。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)，這個移動熱能的作用需要借助電能才會發生(見圖 2.1-1)。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(底樓自來水池)送到另一個地方(頂樓水塔)一樣。只是冷氣機所搬動的是看不見的熱能而已，所以

冷氣機的學名又稱為「熱泵」——利用壓縮機的热力循環原理(朗肯循環)來產生移動熱能的作用。

朗肯循環主要由四個組件構成：壓縮機、冷凝器、蒸發器與膨脹閥，內容充滿冷媒，冷媒蒸氣受壓縮機壓縮產生高溫高壓蒸氣，流入冷凝器因排熱而凝結成冷凝液，經一膨脹閥流入蒸發器內蒸發成蒸氣而產生吸熱效應(冷氣效果)，蒸氣再被壓縮機吸入繼續進行壓縮，構成一個循環迴路。整個現象便是，熱能在蒸發器處被吸收，然後在冷凝器處被排出並進行收集與利用，構成一個熱的移動過程。

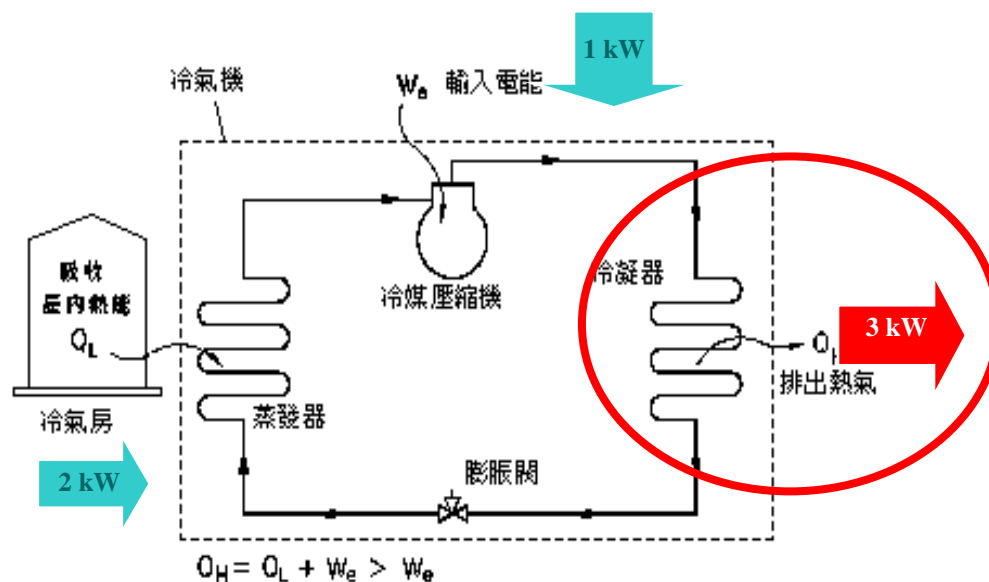


圖 2.1-1 冷氣機是一部「移熱裝置」，把熱能從一個地方(冷氣房)移到另一個地方(大氣)

4.熱泵主要構造及使用要點

熱泵熱水器之構造及條件與機型外觀，如下圖 2-1-2，圖 2-1-3 與圖 2-1-4 (例)

(1).主要零件：壓縮機、冷凝器、受液器、乾燥過濾器、膨脹閥、

蒸發器、積液器、儲熱水槽

(2).使用要點：操作條件(氣溫、濕度)、性能系數(COP)、可靠度。

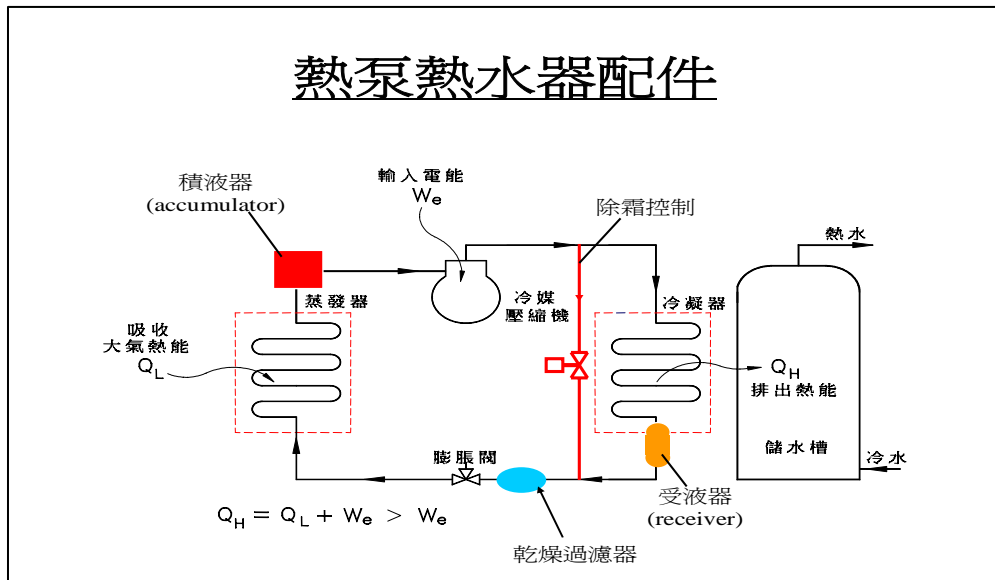


圖 2.1-2 空氣對水熱泵熱水器流程圖 (例)



參考資料：“熱泵系統簡介”，承研科技，民國 92 年 6 月

圖 2.1-3 熱泵主機解剖圖(例)



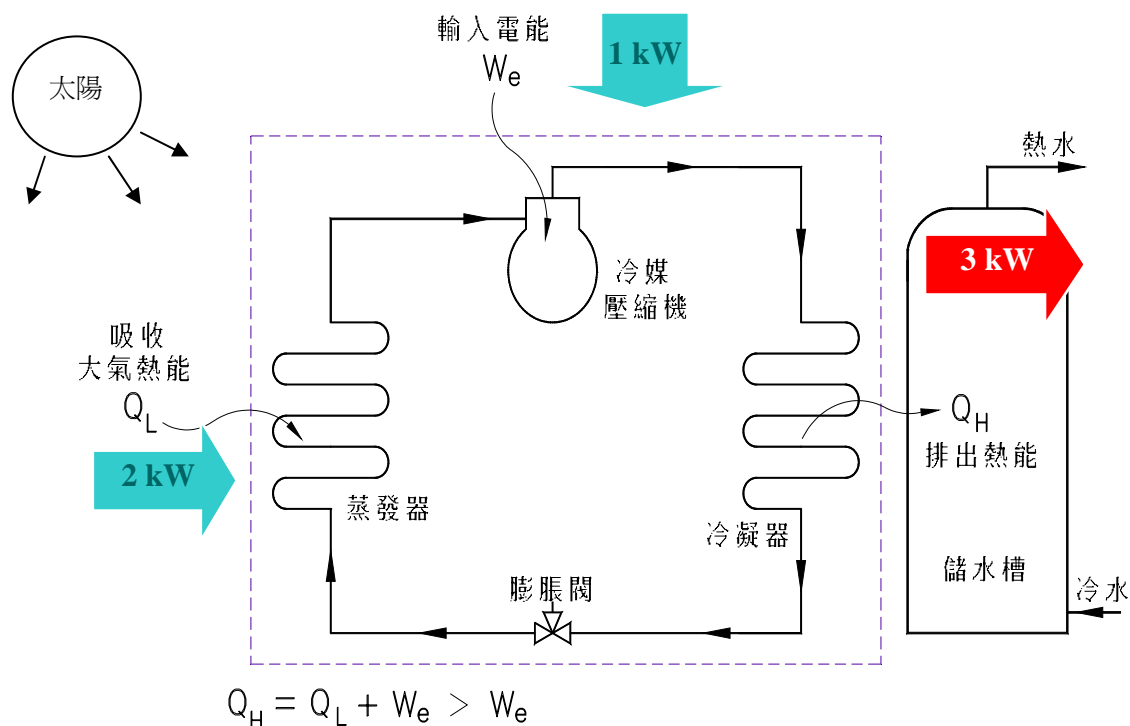
參考資料：廠商提供之熱泵技術資料型錄

圖 2.1-4 熱泵主機機型外觀 (例)

5. 熱泵驚人省能效果

由能量不減原理，熱泵在移出熱能(QL)的過程中，最後被排出並收集應用的熱能(QH)會高於輸入電能(We)的好幾倍(約三到六倍)，就好像是一部「能量放大機」，因此可以達到節約能源的目的。

有些人可能用過冷暖氣機(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(QH)，約為輸入電能(We)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。



太陽能→大氣層→熱泵→熱水槽

太陽能被大氣層吸收，熱泵再吸收大氣熱能，將它搬移到熱水槽中，也是「太陽能利用」的一種。

圖 2.1-5 大氣取熱式熱泵熱水器

6. 利用熱泵原理可以擷取各種熱能

冷氣機(熱泵)如放置在室外，從大氣中吸取熱能，排出的熱量則導入水槽中製成熱水供使用，這就是「大氣取熱式熱泵熱水器」(圖 2.1-5)。而大氣熱能來自地球上的大氣層，時時在吸收太陽能，取之不盡用之不竭，所以「大氣取熱式熱泵熱水器」也是太陽能應用的一種。這種熱泵係從空氣取熱，也被稱為「空氣對水熱泵」。空氣對水熱泵也可裝設在有廢熱的地方，如機房、停車場等，吸取廢熱能來製成熱水，用途廣泛。

2.2 熱泵熱水器熱源與種類

1. 熱泵熱水器熱源種類

依熱源之型態，可分成空氣源、水源、地熱源及太陽輻射源等四種。

(1). 空氣對空氣取熱型 (air-to-water)：大氣、冷房

(2). 水對水取熱型 (water-to-water)

- 空調系統冷卻水(冰水機廢熱)
- 製程廢熱水(無塵室, 殺菌爐....)
- 空調冰水(冷房)

(3). 地熱源型 (Ground-coupled)：地下水、地底

(4). 太陽輻射源與大氣熱源型：雙熱源型

2. 熱泵熱水器依熱源種類分如何運轉

依熱源之型態，熱泵可分成空氣源、水源、地熱源三種。

(1). 空氣源熱泵：

上一節圖 2.1-2 所述「大氣取熱式熱泵熱水器」或「空氣對水熱泵」是一種空氣源熱泵，主要用來製造熱水。另外，在天氣涼爽，屋內不用冷氣時，一般冷氣機也可以切換成從大氣吸取熱能，排出的熱能(Q_H)則導入屋內製成暖氣，就是市面上銷售的冷暖氣機(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。如圖 2.2-1 空氣對水熱泵系統(air to water)例。

(2).水源熱泵：

熱泵也可以從河川、泉水、地下水、工業廢熱水或空調系統的回水或冷卻廢水取得熱能，這種熱泵稱為「水源熱泵」，如果產生的熱能用來製造熱水，也稱為「水對水熱泵」，如圖 2.2-1 水對水熱泵系統(water to water)例。

(3).地熱源熱泵：

地球蘊藏無限的地熱能源，除一般人所熟知的深層地熱(如溫泉區)外，在離地表 20 公尺以下的地底層，終年溫度變化很小，約維持在 20°C 左右，也是一座巨大無比的蓄能庫，在冬季時利用熱泵可以取得熱源製成熱能以供應用，稱為「地熱源熱泵」。夏季時，熱泵用於冷氣空調時，可以將室內排熱儲存回地底層，形成一個四季循環，節約鉅大能源。

(4).太陽輻射源與大氣熱源型：雙熱源型

見圖 2.2-2 利用太陽能集熱板/蒸發器收集太陽能至熱泵壓縮機冷凝/熱虹吸交換器，將熱能儲存至熱水儲槽。如果太陽能集熱板/蒸發器的操作溫度低於大氣溫度，除太陽輻射能外，也會同時吸收大氣熱能，因此就形成「雙熱源型」的熱泵。

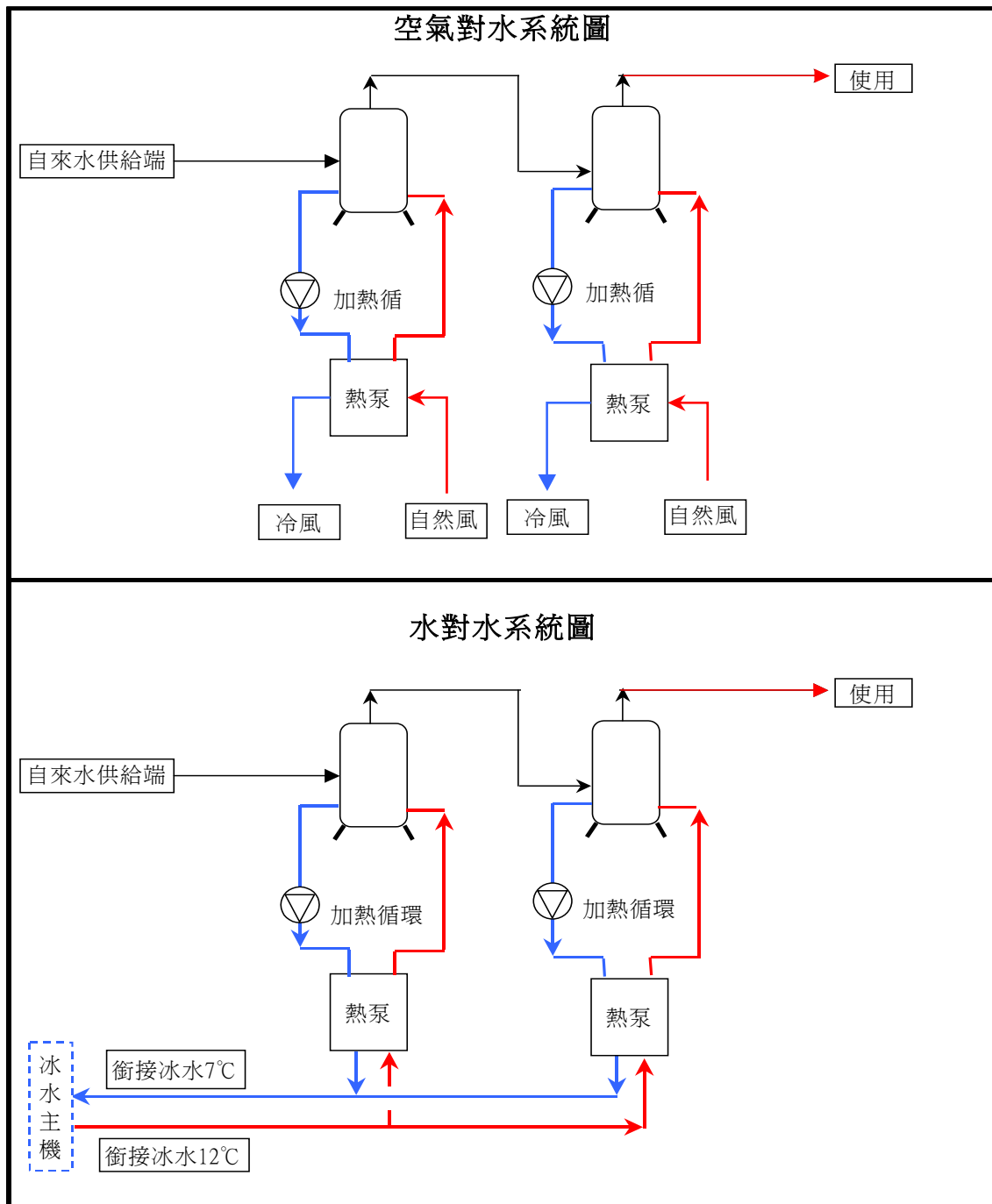


圖 2.2-1 空氣對水及水對水熱泵比較

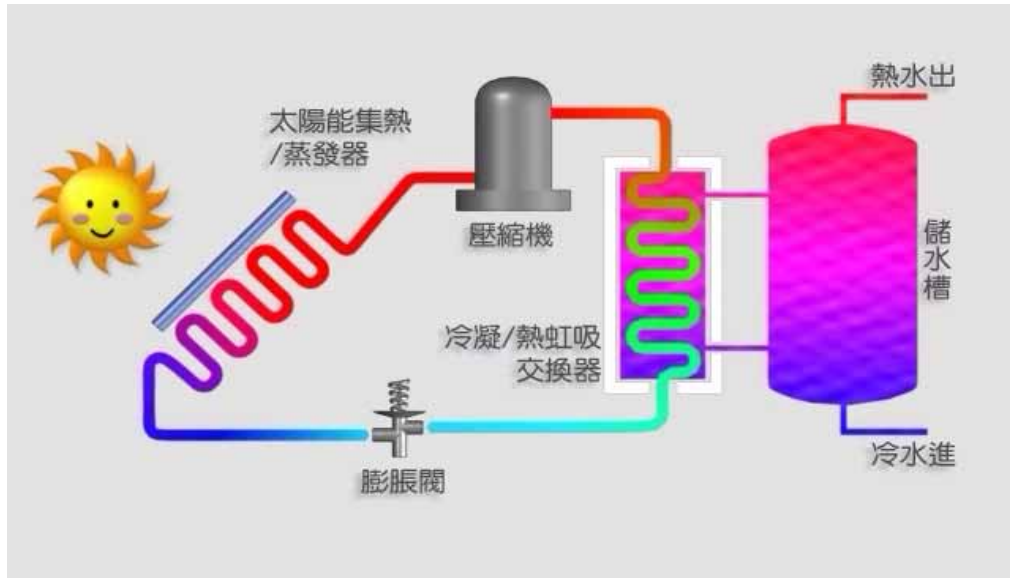


圖 2.2-2 太陽能熱泵原理(雙熱源:太陽輻射與大氣)

2.3 熱泵熱水器性能係數與優點

1. 熱泵熱水器之性能係數 COP

見前圖 2.1-2 空氣對水熱泵熱水器流程所示。

$$\text{製冷 COP}_c = Q_c / W_e$$

Q_c ：製冷量 W_e ：壓縮機耗能

$$\text{製熱 COP}_h = Q_h / W_e (= 1 + \text{COP}_c)$$

Q_h ：製熱量 W_e ：壓縮機耗能

依各廠商型錄可知，一般熱泵製熱效率 COP 高低，視機型、大小別有差異如下：

空氣對水熱泵製熱效率 COP 3.5-6.3，易受外在空氣溫度影響變化。

水對水熱泵製熱效率 COP 3.8-6.0，受熱水槽及冰水溫度設定變化。

2. 熱泵系統之優點

見前圖 2.2-6 空氣對水及水對水二種，熱泵熱水系統一種是吸取大氣熱能或回收系統廢熱加以利用，產生熱水的高效能科技產品，而不是傳統使用電或瓦斯、柴油燃料加熱。熱泵熱水器具，而熱泵與不同

熱源產生熱水之成本比較及熱泵與各式熱水器相對能源熱值比較，如表 2.3-1 及圖 2.3-1、圖 2.3-2 所示。可了解熱泵熱水器之優點有如表 2.3-2 它有超高效率、多功能、非常省錢、安全性高、安裝操作方便、地球環保及適用廣的特點。目前國內醫院、旅館飯店、學校宿舍、游泳池、SPA、家庭等場所較廣泛使用熱泵，未來製造業需用熱水之場所也應具有推廣空間。可見裝設熱泵熱水器其耗電量小、可節省 3/4 的電熱費、節省 2/3 的瓦斯費、節省 1/2 鍋爐燃料費，節能效益顯著。

表 2.3-1 不同熱源產生熱水之熱值比較

加熱設備	熱值	平均熱效率COP	產出熱值
電熱水器	860 仟卡/度	90%	774 仟卡/度
液化瓦斯熱水器	12,000 仟卡/公斤	75%	9,000 仟卡/公斤
柴油鍋爐熱水器	8,816 仟卡/公升	75%	6,612 仟卡/公升
天然瓦斯熱水器	8,942 仟卡/度	75%	6,707 仟卡/度
小型熱泵熱水器	860 仟卡/度	260%	2,236 仟卡/度
大型熱泵熱水器	860 仟卡/度	360%	3,096 仟卡/度

註：熱值依中油公告值。

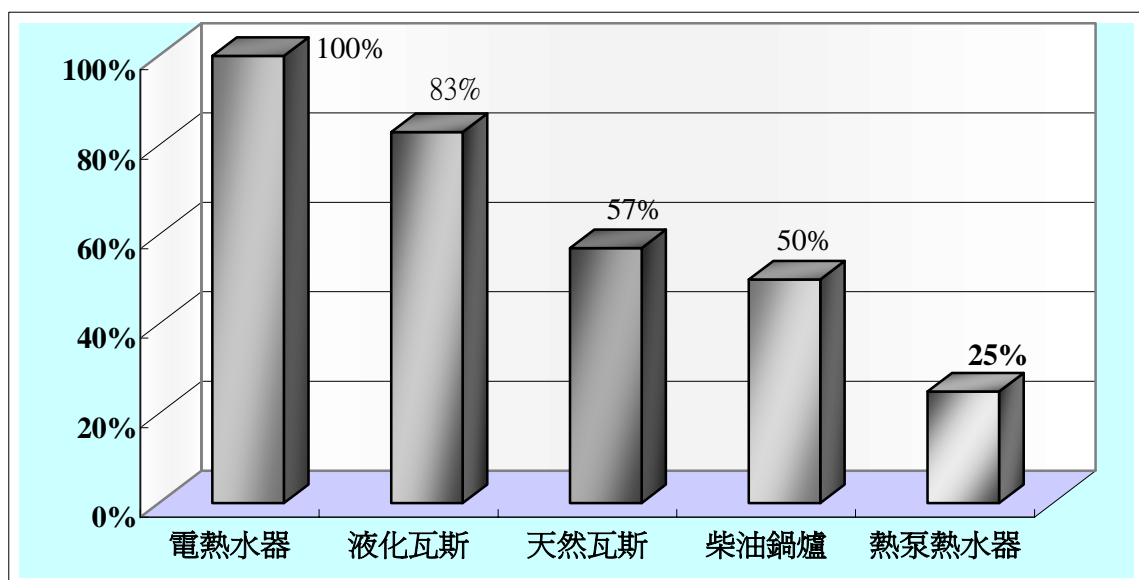







圖 2.3-1 熱泵相對耗能

				
電能鍋爐 COP 約 0.9	瓦斯鍋爐 COP 約 0.75	柴油鍋爐 COP 約 0.75	重油鍋爐 COP 約 0.75	熱泵熱水器 COP>3.0~6.0

註：能源價格依台電及中油公告值計。

圖 2.3-2 熱泵與各式熱水器性能係數 COP(Coefficient of Performance)

表 2.3-2 熱泵熱水器之優點

優點	說明
超高效率	<p>一般加熱設備，柴油鍋爐、瓦斯鍋爐或電熱鍋爐，其加熱系統的性能係數 COP(Coefficient of Performance)一般約在 0.80 ~ 0.95。</p> <p>熱泵熱水器效率值 COP 高達 2.0~5.0，可大幅降低加熱設備能源使用量及費用。一般估計節約率在 50~75% 左右。</p> <p>能源之轉換氣溫只要 5°C 就能製造熱水，製造熱水效率比柴油燃燒系統高 2 倍以上，比瓦斯加熱系統高 3 倍，比電熱高 4 倍。</p>
多功能	製熱水之同時能提供冷氣、除濕、空氣之濾清。
省錢	耗電量小、節省 3/4 的電熱費、節省 2/3 的瓦斯費、節省 1/2 鍋爐費(省錢部份不含例如鍋爐設備之保養費、鍋爐技士人事費、危險性等)
安全性高	無燃燒，無廢氣造成二次污染、免除其他鍋爐熱水器爆炸之危險性、無瓦斯中毒、無觸電。
安裝操作方便	可利用原有系統節省經費、全自動控制，只操作本系統之開或關即可，非常省時方便。
地球環保	鍋爐燃燒會排放二氧化碳，而熱泵加熱系統是吸取大氣熱能或回收系統廢熱，可減少二氧化碳排放，並降低地球溫暖化的情形。
適用廣	醫院、旅館飯店、學校宿舍、游泳池、SPA、家庭或工廠需要熱水之場所等

參、熱泵系統設計

3.1 熱泵系統設計原則與要領

1. 熱泵系統設計原則

熱泵主機只是一部提供吸熱與製熱的裝置，實際在使用熱能時，還得搭配一些附屬設備，如熱水儲槽、輔助加熱器等，熱泵才能正常提供服務，這就牽涉到熱泵系統設計問題。

熱泵系統設計就是依據熱水負載量大小與時段變化、熱源的穩定性(如氣候條件)，來選取適當的熱泵主機，以及設計一最適合的熱水儲槽，必要時還得配備一輔助加熱器，以備不時之需，目的就是要使熱泵系統終年提供穩定可靠的熱能。

2. 熱泵系統設計重點要領

由安裝案例現場測試分析了解，系統設計是熱泵熱水器之架構命脈；系統之安裝必須要擁有優良品質的熱泵機組、豐富施工經驗及正確優秀的設計技術水準才能將熱泵之優點效能發揮至盡善盡美，否則其效果能力多少會受到打折。因此系統之設計首先必須詳細考量使用者如下幾項重點之需求，才能做完善之設計：

- (1). 整套設備：採熱泵或和原系統如何做結合。
- (2). 取熱來源：水或是空氣、是否有擷取現有之廢氣熱及水熱、來改善現有之周遭環境。
- (3). 熱水需求量：以冬季需求量較多為基準，選用適當機型及數量。
- (4). 設置場所、地點：取熱及排冷是否容易、是否平衡、保溫桶之噸數、數量是否影響建築結構、地下室或頂樓或一樓地面、壓差如何、施工有否障礙、施工安全性等。
- (5). 水質：不同地區會產生不同之水質，而不良的水質容易產生水垢，

會影響系統製熱效能，水分之石灰質超過限度時需考慮加裝水質處理裝置。

(6).運轉時段之設定：熱泵機可依對象之需要時段而設定運轉時間，因此必需瞭解其使用時段，而系統運轉儘量設定在離峰時段，如高壓用電其夏月非假日二段式離峰流動電費為 0.91 元/度，比正常尖峰時段 2.32 元/度，節省約 60%。

(7).排冷利用：可利用於機房、冷凍空調之吸風端或其他需要改善溫度之處，徹底使用廢冷，以達雙方節約能源及環境保護。

3.2 各行業熱水負荷估算

熱泵系統應用大致可分為三種類型，分別為空調(暖房)、淋浴或洗滌用水(熱水)以及泳池加溫，各類型建物因其用途不同可能涉及的熱泵應用方式也不同，如宿舍用熱泵系統提供住宿人員洗浴用熱水，醫院類包含暖房空調、洗滌，飯店類型則可能包含三者。熱水負荷量估算是一項複雜的工作，不同的場合有不同的熱水負荷需求，以下依宿舍、醫院、飯店類型來作說明。

1.宿舍類型

宿舍一般僅供應淋浴用熱水(不考慮盆浴的狀況)，熱水提供溫度約 50~55°C，採用空氣對水熱泵，原因為宿舍類型建物空調系統大多不是中央式系統，再者即便為中央式系統，冬季也多停轉，若規劃為水對水系統則回收熱源受到限制。規劃前應先就使用單位進行如下調查項目(淋浴、洗滌)：

(1).目前使用鍋爐類型：調查原使用設備類型及設備容量，依原設備容量推算設計使用量。鍋爐採燃燒方式產生熱水，與熱泵主機比較其特性是單一設備可製大量熱水，且出入水溫差高，需設置儲水容積相對較小。

- (2).燃料費用：調查原設備能耗，從燃料使用量及燃料熱值計算出消耗熱值，再依使用水溫及補給水溫換算為用水量。
- (3).燃料或電費單價：視原設備使用能源種類調查能源單價，作為改善前製造熱水供人員使用的成本評估及改善後回收效益評估。
- (4).房間數量及熱水使用人數：調查住宿容量及使用人次，作為熱泵系統設備容量計算之基礎，依熱水使用人數及性別，男生用水量每人每天 60 公升、女生用水量 70 公升(依據個案需求，盆浴不適用此建議用量)，計算出單日用水量。
- (5).淋浴間數：宿舍採用集中式浴室或獨立衛浴，熱水供應有無時間限制等因素，會影響人員使用模式，關係儲水槽容量的規劃及設備容量調整。
- (6).可利用空間：熱泵系統加溫製造熱水的速度受到設備容量的限制，多利用大儲水量作為短時間大量用水時的緩衝，克服加熱來不及的問題。
- (7).現有熱水儲水槽設置位置及容量：於改建案考慮整併原有系統降低系統初置成本。
- (8).熱水供應樓層：儲水位置與供水方式有關，宿舍類型建物採行的方式多將熱水系統設備(鍋爐及儲水槽)設置於頂樓，利用重力經由下水管供應至各樓區。設置空間若能鄰近原有系統可減少銜接原有供水管線之施工成本，若空間上不允許則另尋合適空間設置。
- (9).系統設置所需的電力供應：熱泵系統由電力驅動，若原系統採用電熱其電力供應無虞，若為燃油或燃氣鍋爐者，應調查是否有足夠動力供應。
- (10).當調查完成後首先決定熱水負荷，決定熱水負荷關係主機的製熱能力及熱水儲槽的容積其計算方式有三種。

方式一

(1).依前調查項目 (1)目前使用鍋爐類型、(2)燃料費用及(3)燃料或電費單價各鍋爐熱水器單位能源產熱效率(如下表 3.2-1)，推算出單日用水量(假設自來水溫度 15°C~20°C、熱水供水溫度依現場使用溫度為準)，在空間充裕及設置地點的條件下，增設儲水槽容積等於日用水量。

表 3.2-1 各鍋爐熱水器單位能源熱值及燃燒效率

鍋爐種類	熱值	產熱效率
電熱	860 仟卡/度	90 %
柴油	8,816 仟卡/公升	75 %
天然瓦斯	8,942 仟卡/度	75 %
重油	8,800 仟卡/公升	75 %

(2).一般熱水使用時間約在傍晚 PM 07：00~12：00，其它時間(約 19 小時)可用熱泵進行儲水加熱，考慮原有熱水供水管線的熱損失，建議設備容量在 15 小時內，可將儲水加熱至使用溫度即可。

方式二

(1).依據前調查項目(4)房間數量及熱水使用人數，計算出單日用水量，在空間充裕的條件下，儲水槽容積等於日用水量。

(2).同方式一。

方式三

(1).依據調查項目 (5) 淋浴間數或蓮蓬頭數，計算出尖峰用水量，假設每間淋浴間或每支蓮蓬頭熱水使用情形為 4 人/hr、每次淋浴間或蓮蓬頭熱水使用量為 50 公升(依個案調整假設值)，同一時間使用的比率 30%~50%，預估單位時間內熱水使用量。

(2).依自來水溫及供水溫度及單位時間內熱水使用量計算熱泵主機容

量，熱泵主機單位時間可提供熱值 \geq 單位時用水量由溫度 15°C 加熱至 55°C 之熱值)。

設計時，熱泵主機機型及熱水儲槽可因應業主要求及空間大小等因素作適當調整，規劃方式可依據方式一至三相互比對正確性，採用較符合實際需求方式規劃。

2. 醫院類型

依照供應洗浴用熱水及暖房的條件、醫院類型、建物規模及空調使用模式來設計，如係 24 小時營運且空調亦整年供應的條件下，可考慮規劃採用水對水熱泵系統，其原因為：(1)設備利用率最高，產制熱水的熱源來自冰水回水廢熱(空調系統的排熱)，因此在熱泵機運轉時，回水溫度會降低，冰水機負荷亦減輕；(2)熱水的使用隨季節有用量變化，冬季熱水用量較大，水對水系統應考慮冬季空調系統排熱量是否足夠產製所需熱水。規劃前應先就使用單位進行如下調查：

- (1).目前使用鍋爐類型
- (2).燃料費用
- (3).燃料或電費單價
- (4).病床數量或及熱水使用人數：調查病床數量及使用人次，作為熱泵系統設備容量計算之基礎，用水量每人每天 60 公升(依據個案需求，盆浴不適用此建議用量)，考慮陪床人員可以 1.5 倍計算，即每 2 張病床會有 1 人陪床，計算出單日用水量。
- (5).空調暖房負荷：熱水管排設計容量，進水溫度及水量等條件
- (6).可利用空間
- (7).現有熱水儲水槽設置位置及容量
- (8).熱水供應樓層
- (9).系統設置所需的電力供應

(10).供應洗浴用的熱水負荷計算方式同宿舍類型

3.飯店類型

除供應洗浴、暖房的可能外，泳池或 SPA 池加溫及恆溫亦可應用熱泵系統。飯店類型的使用場合，多有中央空調冰水系統，負載亦為 24 小時有載，可採用水對水熱泵系統，考慮其供應洗浴用水時之熱水負荷，有盆浴狀況時，每人日使用水量較淋浴狀況為多。若以盆浴條件計算單日使用水量可達淋浴條件的 2~3 倍，對於熱泵主機容量及儲水槽容積設計而言，過大的設備容量表示投資成本高昂，另外，空間問題也難以克服，因此在飯店類型的熱泵系統改建規劃，應由可利用的空間出發，不必依日用水量設置儲水槽。

熱泵主機容量不應以最大熱水使用量設計，而是以熱水負荷平均值或基礎負荷來規劃，搭配既設的鍋爐設備使用，目的為負擔平均值或基礎負荷以下的熱水供應，在用水高於此值狀況下再由鍋爐系統補足。規劃前應先就改建標的進行如下調查：

- (1).目前使用鍋爐類型
- (2).燃料費用
- (3).燃料或電費單價
- (4).住宿容量或及住店比率：調查住宿容量及住店比率，作為熱泵系統設備容量計算之基礎，用水量每人每天 160 公升~200 公升(以盆浴狀況假設)，計算出單日用水量平均值或基礎值。
- (5).空調暖房負荷：熱水管排設計容量，進水溫度及水量等條件。
- (6).泳池幾何尺寸，壁面材質，使用溫度，環境溫度
- (7).可利用空間
- (8).現有熱水儲水槽設置位置及容量
- (9).熱水供應樓層

(10).系統設置所需的電力供應

供應洗浴用的熱水負荷計算方式同宿舍類型，泳池類型熱水負荷計算如下：

依據調查項目(6)，依據其泳池類別、泳池幾何尺寸、及設定使用溫度計算出恆溫熱損失(計算公式如下表 3.2-2)，及建溫所需熱能(自初溫加熱至使用溫度所需的熱能。

表 3.2-2 泳池所需熱能計算

建溫熱能(kcal) = 容積(m ³) × (設定溫度(°C) - 初溫(°C)) × 建溫熱損失(20%)
散失熱量(^{kcal} /HR) = 面積(m ²) × 熱散失(^{kcal} /Hr-m ²)
換溢水熱能(^{kcal} /Hr) = 容積(m ³) × 換溢水百分比(%) × (設定溫度(°C) - 初溫(°C)) ÷ 24(^{HR} / _天)
池壁散熱量(^{kcal} /Hr) = 池壁面積(m ²) × 熱傳系數(^{kcal} /Hr-m ² -°C) × (設定溫度(°C) - 初溫(°C))

3.3 儲水槽設計

水槽材質可分為碳鋼、不銹鋼、及 F.R.P 等材質，碳鋼材質應於與水接觸面進行防銹處理，F.R.P.材料則需考量其耐壓能力，多用於開放式系統。金屬材質水槽，外層應予隔熱處理，於室外設置時，應於隔熱層外覆鋁皮或不銹鋼薄板，避免日照劣化隔熱層。

改建案件中配合既設供水管線增設儲水槽，多半鄰近既設系統，在空間受到限制或有承重問題的場合時，則另尋地點設置。依供水方式不同，儲槽設置的位置不同及承受壓力不同，以宿舍為例，水源多自頂樓水塔供給，採用密閉式水槽，其設置高度多低於水塔水面以下，

儲槽容積可 100% 利用。水塔與水槽間設置有逆止閥門，避免水槽內熱水經由補給水管逆流至水塔，產生熱損失。另設置垂直透氣管，由水槽延伸至水塔水面以上，水槽內水壓由水塔水面至水槽間高度差計算，在屋頂設置的場合，承壓多在 $1.5\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下。在此條件下，水槽製造成本較低。相反若既設系統設於較低的樓層則水槽耐壓應依補給水壓為工作壓力設計，另需考量加熱時水膨脹會導致壓力上升，應於水槽裝設釋壓閥並設定於工作壓力設計值進行釋壓，甚至於再設置一安全閥，於槽體最大耐壓值釋壓，保護系統及相關管線設施。

熱水系統亦可用開放式水槽設計，其槽體容積保留一部分不充滿水，液面設有液面控制器，藉由液面控制器進行補給水供給，水槽特色為槽體材料較薄，材料的支撐能力較差，單一個水槽容積較小，但成本較低。開放式水槽設置的高度與水塔的高度若有落差，容易有供水壓力不平衡的現象發生，可以用穩壓水泵加壓送水。倘若設置於低樓層，則需考慮揚水量及揚水高度。

3.4 熱源設計

空氣對水熱泵系統，熱源來自常溫空氣，氣溫影響機組製熱效率，進氣溫愈高熱泵製熱效能亦高，但過高的進氣溫度亦可能造成冷媒熱泵系統高壓過高，造成跳機，故針對台灣氣候設計之熱泵設備進溫設計溫度約 25°C 。

空氣對水熱泵系統多應用於宿舍類型，熱泵主機可置於頂樓梯間，由於建築物空氣熱對流造成的熱空氣上浮，集結於頂樓梯間，有利於提高熱泵機進氣溫度，維持設備的運轉效率。但亦有建物設計較為開放，比如說走道或梯間直接開放到外氣的建築形式，就不適用於上述設置方式。空氣對水熱泵主機也可設置於有固定熱負荷的區域，如電梯機房、變電室或地下停車場等，若無含有豐富廢熱的可裝設空

間，就應考慮到主機受到進氣溫度高低造成的效能變化，尤其以冬季寒流低溫可能造成熱泵製熱能力低落，造成供水不足等影響。再者過低進氣溫度易使蒸發器結霜甚至結凍，進行除霜又造成系統停擺等因素。因此，必須規劃設置輔助加熱器以因應製熱能力不足時，作為替代熱源。

水對水熱泵系統熱源來自常溫水源，在水源溫度較恆定的條件下運轉，設備運轉效能較穩定。常溫水來源可自空調冰水系統回水側引水經主機取熱後送回(應用上亦有自冷卻水側引水取熱的使用方式)。優點是冰水回水溫度約 12°C，經主機汲取熱能後降低至近 7°C 回注至冰水系統，可降低冰水回水溫度，也就是說熱泵機除製造熱水外，冷能亦 100% 利用於冰水系統，利用率最高。

但規劃時亦需考量常溫水來源，若來自冰水系統回水，就應考慮季節性負載變化有無低於製造熱水所需的負載。比方說冬季空調負載低，但熱水使用量較大，若空調負荷可能低於提供熱水所需負載，應規劃設置輔助加熱器因應製熱能力不足時作為替代熱源。

3.5 輔助加熱器設計

熱泵系統設計時，必須考量設備可能經歷保養維修，或故障停機，甚至因氣候因素造成設備製熱能力不足，這時就藉由替代熱源補足熱水供應。於改建案例中，留用既有設備是常見的作法，既有設備是否堪用，保養維修延生的費用影響投資回收年限亦應加以考量。若既有設備已達汰換年限或已不堪用，可考慮換裝小容量設備，或直接於既設或增設儲槽，安裝浸入式電熱器，初置安裝方面方便且成本較低。

肆、熱泵系統之應用實例

4.1 醫院案例

醫院安裝熱泵系統以節約能源的案例非常多，特舉花蓮基督教門諾醫院為範例，該醫院之病床設置與改裝前熱水系統如下：

- 仁愛樓：病床數 144 床，原有熱水儲槽二座共 6,000 公升。
- 恩慈樓：病床數 238 床，原有熱水儲槽二座共 9,500 公升。
- 平安樓：病床數 443 床，原有熱水儲槽三座共 9,000 公升。
- 原系統：柴油蒸氣鍋爐 2 台，交替運轉。
- 柴油費用：平均每月約 420,000 元。

新增熱泵系統如下：見圖 4.1-1 及圖 4.1-2。

- 仁愛樓：空氣對水 SAHP-010 一台
- 恩慈樓：空氣對水 SAHP-020 一台
- 平安樓：水對水 SWHP-020 二台
- 空氣對水熱泵附加產生空調導入配電室、機房使用，節省空調費用。水對水熱泵與原有冰水主機結合降低冰水主機負荷。

門諾醫院熱泵系統案例係採最先進的能源服務方法(ESCO)經營，設備及系統工程由能源服務公司提供。院方依熱泵運轉所耗之電費與原鍋爐用柴油費用比較，以能源服務公司保證之「節能效益值」為依據，院方依每季實際所節省之費用支付給能源服務公司，按期支付。若低於「節能效益值」時，院方則依節省費用，按比例支付，驗證方式係採掛錶量測方式，如圖 4.1-3，表 4.1-1 為熱泵耗電量及費用計算；表 4.1-2 為鍋爐與熱泵能源耗用記錄比較表，表 4.1-3 為花蓮基督教門諾醫院熱泵系統之能源費用節約率達 85.74%，此範例也證明能源服務方法(ESCO)經營，確實可以做到雙贏。



圖 4.1-1 花蓮基督教門諾醫院之熱泵系統



圖 4.1-2 花蓮基督教門諾醫院之熱泵系統



掛錶記錄熱泵在各用電時段之耗電量

圖 4.1-3 花蓮基督教門諾醫院熱泵系統之掛錶量測

表 4.1-1 花蓮基督教門諾醫院熱泵耗電量及費用計算

門諾醫院熱泵用電量及費用計算表

		94年熱泵運轉用電量										備註	
		電費單價(元/KWH)		平安樓記錄(KWH)		仁愛樓記錄(KWH)		原慈樓記錄(KWH)		總用電(KWH)			總運轉電費(元/月)
		尖峰時間	離峰時間	尖峰累計	離峰累計	尖峰累計	離峰累計	尖峰累計	離峰累計	尖峰累計	離峰累計		
九十四年度	1月	1.89	0.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	熱泵試車
	2月	1.89	0.71	12,458	4,674	3,428	2,076	8,504	5,025	24,390	11,775	54,457	第1期
	3月	1.89	0.71	25,572	10,312	6,856	4,152	8,994	8,641	17,032	11,330	40,235	
	4月	1.89	0.71	39,065	16,444	10,284	6,228	10,847	11,898	18,774	15,617	46,571	
				仁愛樓記錄KW表值於紀錄後歸零重新記錄									
	5月	1.89	0.71	46,378	21,954	3,693	2,209	12,987	13,754	13,146	9,575	31,644	第2期
	6月	1.96	0.77	53,730	27,736	7,133	4,336	15,261	15,813	13,066	9,968	33,285	
	7月	1.96	0.77	59,494	31,289	10,385	6,382	17,148	17,207	10,903	6,993	26,754	第3期
	8月	1.96	0.77	68,001	36,267	14,547	8,966	20,168	18,590	15,689	8,945	37,638	
	9月	1.96	0.77	76,305	41,485	18,246	11,282	23,267	20,025	15,102	8,969	36,506	
	10月	1.96	0.77	84,163	48,071	21,663	13,487	26,245	22,404	14,253	11,170	36,537	第4期
	11月	1.96	0.77	92,625	55,112	24,716	15,399	29,916	25,061	15,186	11,610	38,704	
12月	1.96	0.77	102,778	63,417	28,581	17,547	34,460	29,121	18,562	14,513	47,557		
1月	1.96	0.77	114,412	69,806	32,478	19,719	38,553	32,990	19,624	12,430	48,034		
2月													
3月													
4月													

表 4.1-2 花蓮基督教門諾醫院鍋爐與熱泵能源耗用記錄比較表

		門諾醫院柴油蒸汽鍋爐用量及費用表					備註
		每月歷史柴油用量					
		使用度數(10L)	單價(元/L)	費用(元)	節省油量(10L)	節省費用(元)	
九十三年度	1月	2,754	14.9	410,346	基準	基準	
	2月	2,698	14.9	402,002			
	3月	2,837	14.9	422,713			
	4月	2,623	15.5	406,565			
	5月	2,695	15.5	417,725			
	6月	2,555	15.5	396,025			
	7月	2,576	16.0	412,160			
	8月	2,426	16.0	388,160			
	9月	2,376	16.0	380,160			
	10月	2,582	17.0	438,940			
	11月	2,700	17.0	459,000			
	12月	2,805	17.0	476,850			
九十四年度	1月	1,978	17.0	336,260	776	131,920	熱泵試車
	2月	1,203	17.0	204,510	1,495	254,150	
	3月	1,481	18.0	266,580	1,356	244,080	第1期
	4月	1,392	18.0	250,560	1,231	221,580	
	5月	1,411	18.0	253,980	1,284	231,120	
	6月	1,058	18.0	190,440	1,497	269,460	第2期
	7月	921	18.0	165,780	1,655	297,900	
	8月	962	19.5	187,590	1,464	285,480	
	9月	867	19.5	169,065	1,509	294,255	第3期
	10月	956	19.5	186,420	1,626	317,070	
	11月	1,051	19.5	204,945	1,649	321,555	
	12月	1,149	19.5	224,055	1,656	322,920	第4期
	1月	1,258	19.5	245,310	1,496	291,720	
	2月						
	3月						第5期
	4月						

1.柴油單價計算為中油現值價減除一元為醫院柴油單價。

2.資料來源：門諾醫院，中國石油公司。

表 4.1-3 花蓮基督教門諾醫院熱泵系統之節能效益

期數	日期	柴油運轉費用 A(元)	熱泵運轉電費 B(元)	總節省費用 C=A-B(元)
第 1 期	94/02~94/04	719,810	141,263	578,547
第 2 期	94/05~94/07	798,480	91,683	706,797
第 3 期	94/08~94/10	896,805	110,681	786,124
第 4 期	94/11~95/01	936,195	134,295	801,900
全年節省能源費用(元)		3,351,290	477,922	2,873,368
能源費用節約率(%)				85.74%

4.2 飯店案例

飯店安裝熱泵系統以節約能源的案例非常多，特舉位於南投縣埔里鎮的鎮寶大飯店(圖 4.2-1)成功案例供參考。其系統屬於熱泵熱水及冷氣供應系統(即水對水熱泵)，飯店的房間數 330 間，最大使用人數 1,200 人，供應熱水區分為：

- 浴盆泡澡用熱水
- 淋浴用熱水
- 游泳池加熱(含 SPA 池、按摩池)
- 廚房洗滌及煮飯菜用熱水

安裝前加熱系統原採用辛巴達柴油鍋爐，因老舊不堪使用後，更換為蒸氣系統，供應廚房蒸煮用蒸汽及飯店房間洗澡用水。

熱泵系統設計重點如下：

(1).採用水對水熱泵系統

- 熱泵主機造熱能力 479,000 仟卡/hr

- 製冷能力 360,000 仟卡/hr
- 全載耗電 155 k W

(2).儲熱水槽：採密閉式壓力桶 10,000 公升*2 個串聯使用，供淋浴用水、廚房及游泳池用水。

(3).自動監控系統，含電腦遠端監控

(4).游泳池及 SPA 池採熱交換恆溫控制

熱泵系統流程與監控畫面如圖 4.2-2，圖 4.2-3、圖 4.2-4 為熱泵系統主機，圖 4.2-5 為熱泵主機與熱水儲槽。

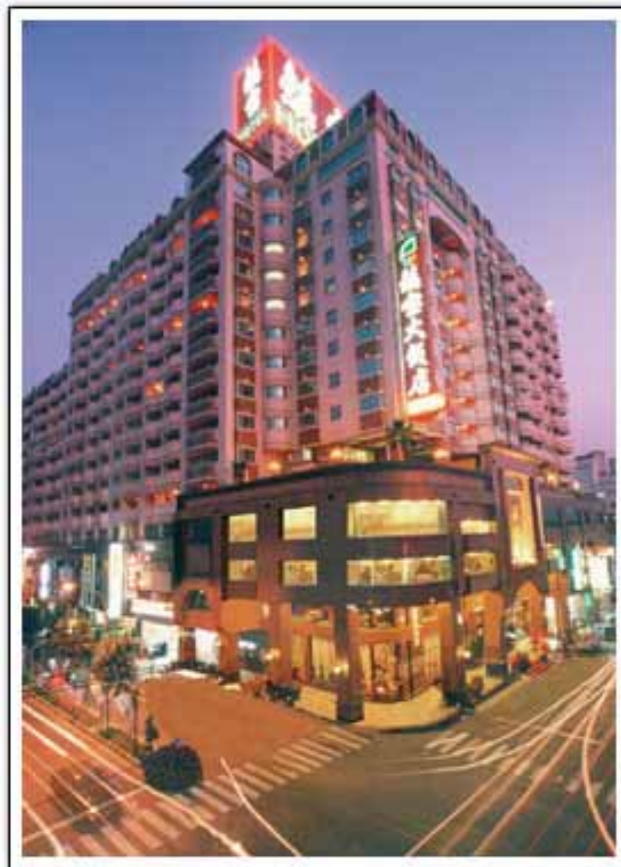


圖 4.2-1 鎮寶大飯店建築外觀

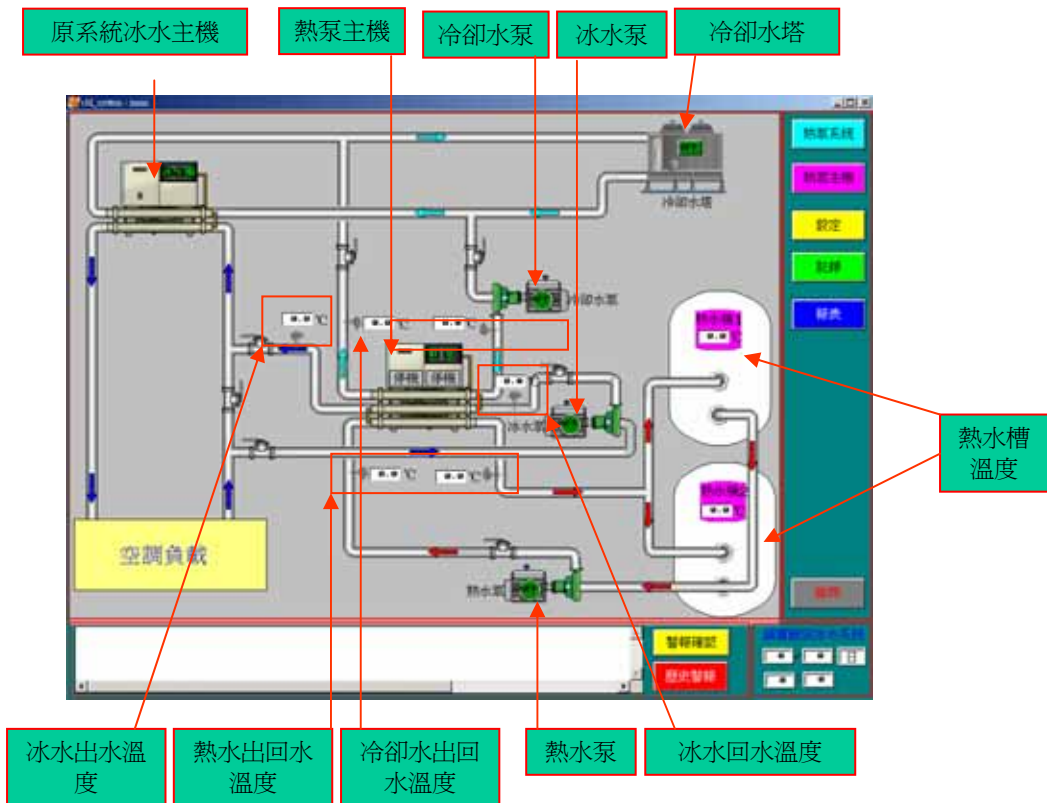


圖 4.2-2 鎮寶大飯店熱泵系統流程監控畫面



圖 4.2-3 鎮寶大飯店熱泵系統主機



圖 4.2-4 鎮寶大飯店熱泵系統主機



圖 4.2-5 熱泵主機與熱水儲槽

安裝前，冰水主機系統採日立 180RT 冰水主機 2 台，合計 360RT，每個月柴油蒸汽系統油費約 24 萬元，冷氣電費約 30 萬元。安裝熱泵後，每個月柴油蒸汽系統油費約 6.4 萬元，冷氣電費約 25 萬元。

採用水對水熱泵後，對業主實際的貢獻說明(經濟效率分析說明)：

- (1).節省熱水供應系統的油費，每個月約 \$ 17.6 萬元。
- (2).水對水熱泵可產生 120RT 的冰水效益，解決其冰水主機老舊效率降低，冰水不足的問題，補強其冷房效果。(取代冰水主機設備及工程配管價值約 150 萬)
- (3).改善室外游泳池無法加熱至所設定需求溫度，原室外游泳池加熱是採電熱系統，每個月須耗費電費約 9 萬元(且無法將池水加熱至所需溫度，故游泳池、SPA 是處於停用狀態)。熱泵安裝後採熱交換加熱，解決溫度不足等問題。
- (4).節省游泳池的加熱費用，每年春冬季電費約 54 萬元，秋夏季約 24 萬元，合計 78 萬元。
- (5).熱泵、冰水、熱水供應由中央電腦監控自動化(可遠端監控及詳實記錄各種數據，追蹤、列印，亦有微電腦故障顯示、簡易查修等功能)。減少人力管理費用，3 萬元*12 個月=36 萬/年。
- (6).安全、環保的實質貢獻。
- (7).申請政府獎勵節能設備投資抵減稅額 \$ 658,595 元。
(認定節能設備金額 \$ 5,987,220 元 × 投資抵減 11%)
- (8).綜合(1)~(7)項說明及統計設備對飯店的財務貢獻，第 1 年(含投資設備抵減 \$ 658,595 元，總計 \$ 5,410,595 元)。第 2 年起每年節省 \$ 3,252,000 元。(不含安裝完成後油費調漲的差額。)使用 10 年可節省 \$ 32,520,000 元、15 年節省 \$ 48,750,000 元。

(9).回收年限：1.8 年。

- 增加支出：總投資 \$ 8,000,00 元－投資抵減 \$ 658,590 元－120RT 冰水系統 \$ 1,500,000 元 = 5,841,405 元
- 回收年限：增加支出 \$ 5,841,405 元 ÷ 節省支出 \$ 3,252,000 元 = 1.8 年

這是一項非常成功的熱泵應用實例。

4.3 宿舍案例

宿舍安裝熱泵系統以節約能源的案例非常多，特舉台北實踐大學為範例，改裝前熱水系統(圖 4.3-1)如下：

- 學生宿舍：910 人
- 原使用系統：柴油鍋爐系統
- 原有熱水儲槽：50,000 公升一座
- 柴油費用：平均每年約 1,065,326 元/年，扣除寒暑假以 9 個月平均，平均每月約 118,360 元/月。

新增熱泵系統如下：

- 空氣對水熱泵 SAHP-030 × 2 台
- 為滿足集中大量用水，以全量儲水方式設計，新增設 10 噸熱水儲槽 2 座，與原有系統串接使用，供應宿舍淋浴用熱水。
- 系統配置：如圖 4.3-2。

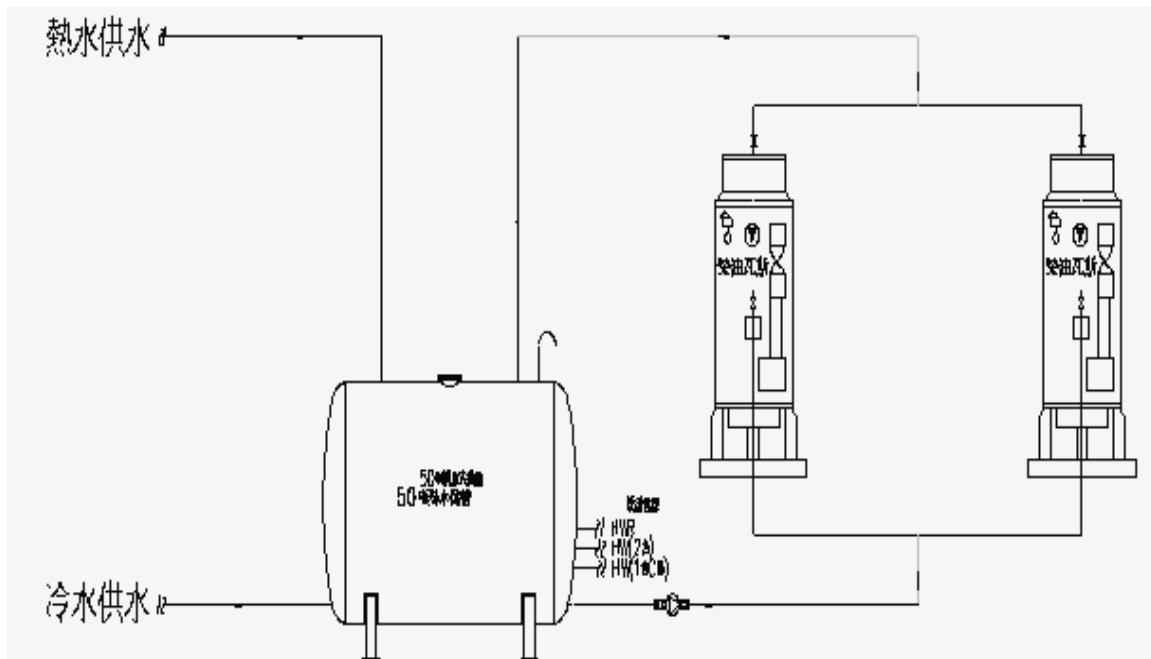


圖 4.3-1 台北實踐大學舊有熱水系統配置(改裝前)

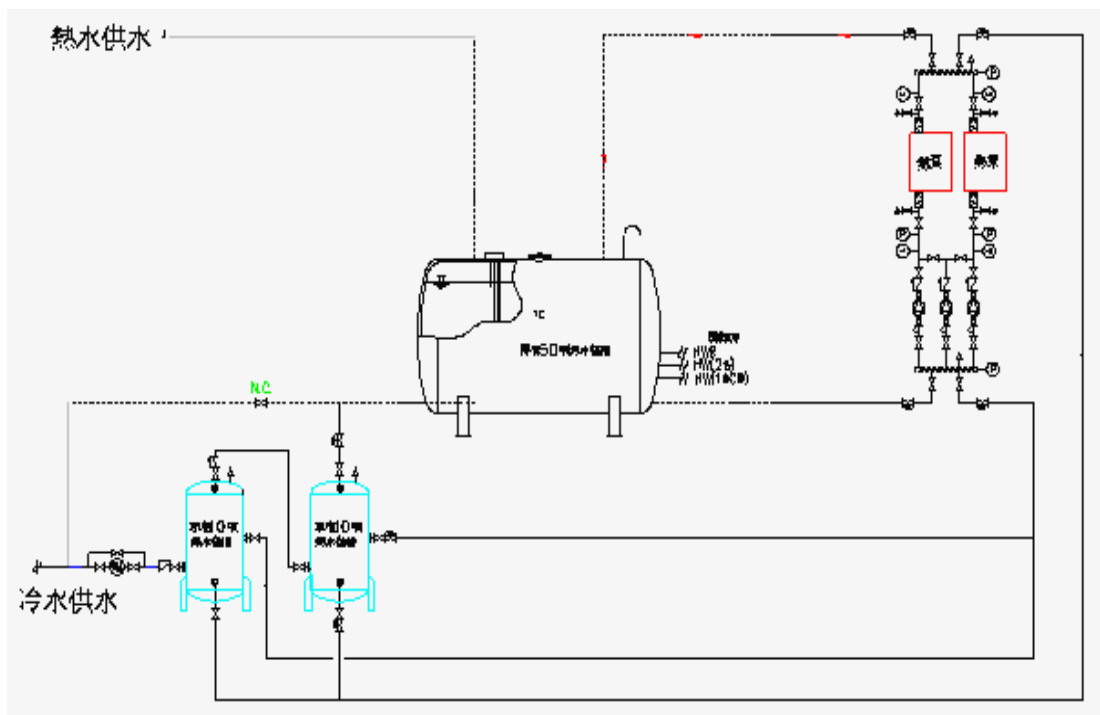


圖 4.3-2 台北實踐大學宿舍熱泵系統配置(安裝後)

台北實踐大學宿舍熱泵系統案例係採最先進的能源服務方法(ESCO)經營,能源服務公司提供的設備必須保證滿足校方住宿學生 910 人,每人每日 50°C、70 公升之熱水使用量(PM16:00~AM12:00)。校方依熱泵運轉所耗之電費與原鍋爐用柴油費用比較,依每月實際所節省之費用支付給能源服務公司,分 10 年支付,驗證方式係採掛錶量測方式,服期間共計 10 年,廠商需負全責保固之責。

表 4.3-1 為台北實踐大學宿舍熱泵系統之全年節省能源費用達 80.16%,安裝熱泵機後,預估十年可節燃料費用約 1,450 萬元(圖 4.3-3),成效顯著。此範例也證明能源服務方法(ESCO)經營,確實可以做到雙贏。

表 4.3-1 台北實踐大學宿舍熱泵系統之節能效益

使用日期 (94 年)	平均柴油蒸汽鍋爐費用 (元/月)	熱泵主機耗電費用 (元/月)	運轉費用差額 (元/月)
1 月	118,360	23,736	94,624
2 月	寒假	-	-
3 月	118,360	30,670	87,690
4 月	118,360	21,495	96,865
5 月	118,360	17,148	101,212
6 月	118,360	14,073	104,287
7 月	暑假	-	-
8 月	暑假	-	-
9 月	118,360	18,892	99,468
10 月	118,360	17,114	101,246
11 月	118,360	27,277	91,083
12 月	118,360	40,935	77,425
合計	1,065,240	211,340	853,900
改善後每月平均節能源費用(元)		94,878	
全年節省能源費用(元)		853,900	
全年節省能源費用(%)		80.16%	

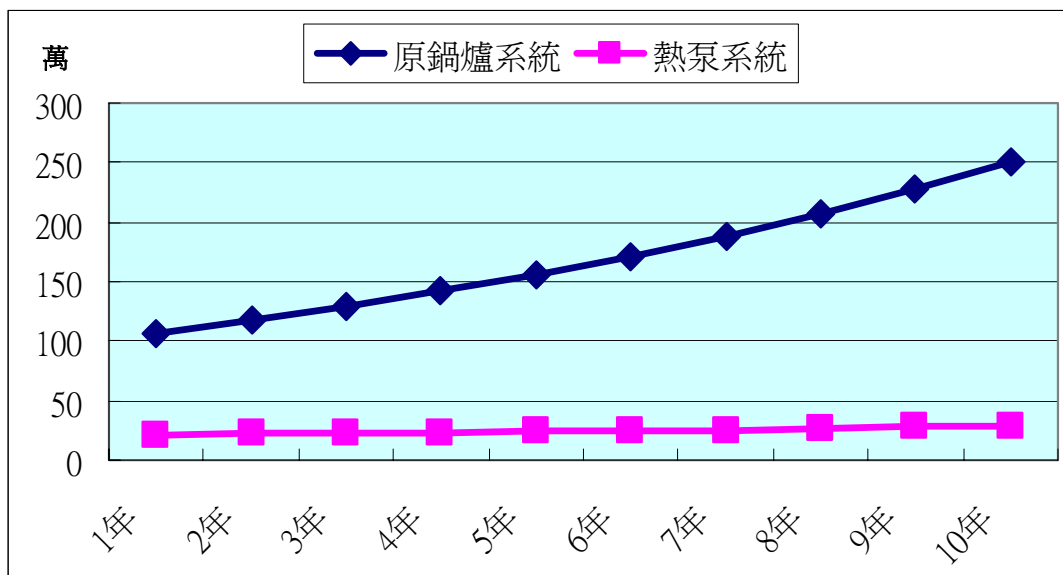


圖 4.3-3 台北實踐大學宿舍熱泵系統之未來十年節能效益預估

4.4 泳池案例

許多對外經營的泳池設施不只一個池區，某些 SPA 會館中甚至包含多種溫度的泳池、水療池等，設置熱泵系統集中供應熱能如圖 4.4-1。經由板式與水泵間接加熱集中供應熱能，有幾個好處，其一由於泳池的經營必須符合法規對水質的要求，可能會以加藥的方式維持有效餘氯濃度，因此在氯含量上較自來水為高，甚至利用臭氧殺菌(臭氧具腐蝕性)。在使用溫泉水的場合，其高硬度的水質易產生結垢的現象，容易劣化熱交換的效能，故採間接加熱，避免水質直接劣化主機性能。集中設置熱泵主機在管理或後續的維修上也較為簡易，在溫度的控制上，由於熱能由儲熱水槽經由水管路分配，主機的啟停由桶溫控制，而各池的溫度則由獨立循環泵依池溫控制給水，甚至以變頻方式控制流量，可避免熱泵主機追逐水溫，而產生連續起停的現象。

遠來飯店 SPA 會館，原採用電熱鍋爐進行泳池的加熱及恆溫，現採用水對水熱泵主機如圖 4.4-2，圖 4.4-3 為板式換熱器及水泵機組，圖

4.4-4 為設備平面配置。進行日常恆溫時，熱泵系統與會館空調系統連結，藉熱泵機回收冰水系統中空調廢熱供應泳池加熱以及部分洗浴用熱水，達到節約俱樂部能源使用之目的。

該泳池熱泵系統於 94 年 4 月 14 日開始運轉，同時利用數位式瓦時計進行消耗電力的累計記錄，至 5 月 12 日熱泵系統運轉消耗的電力為 12,986kWh，期間會館的用電量總和為 67,968kWh，詳如表 4.4-1 遠來飯店 SPA 會館俱樂部用電量記錄，以俱樂部用電量總和扣除熱泵系統用電，得俱樂部其它項目用電量：

$$\text{用電總合(kWh)} - \text{熱泵系統用電(kWh)} = \text{其它項目用電(kWh)}$$

$$67,968 \text{ kWh} - 12,986 \text{ kWh} = 54,982 \text{ kWh} \quad \dots\dots\dots (1)$$

假設 93 年其它項目用電量(總用電量扣除泳池用電熱鍋爐用電量)與 94 年同時期相等(54,982kWh)，由表 4.4-1 中 93/4/14~93/5/12 間統計用電總合 96,576kWh 扣除其它用電量可得：

$$\text{用電總合(kWh)} - \text{其它項目用電(kWh)} = \text{電熱鍋爐用電(kWh)}$$

$$96,576 \text{ kWh} - 54,982 \text{ kWh} = 41,594 \text{ kWh} \quad \dots\dots\dots (2)$$

比較 93 年電熱鍋爐用電量及 94 年熱泵系統用電量，兩者相差：

$$\text{93 年電熱鍋爐用電(kWh)} - \text{94 年熱泵系統用電(kWh)} = \text{用電量差(kWh)}$$

$$41,594 \text{ kWh} - 12,986 \text{ kWh} = 28,608 \text{ kWh} \quad \dots\dots\dots (3)$$

每 kWh 以 2 元計算，則費用差為：

$$\text{用電量差(kWh)} \times \text{電價(2NT/kWh)} = \text{費用差(NT)}$$

$$28,608 \text{ kWh} \times 2 \text{ NT/kWh} = 57,216 \text{ NT} \quad \dots\dots\dots (4)$$

記錄期間共歷 29 日，故每日平均節費：

$$57,216 \text{ NT} \div 29 \text{ Days} = 1,972 \text{ NT/Day} \quad \dots\dots\dots (5)$$

每年節電費約 72 萬元。

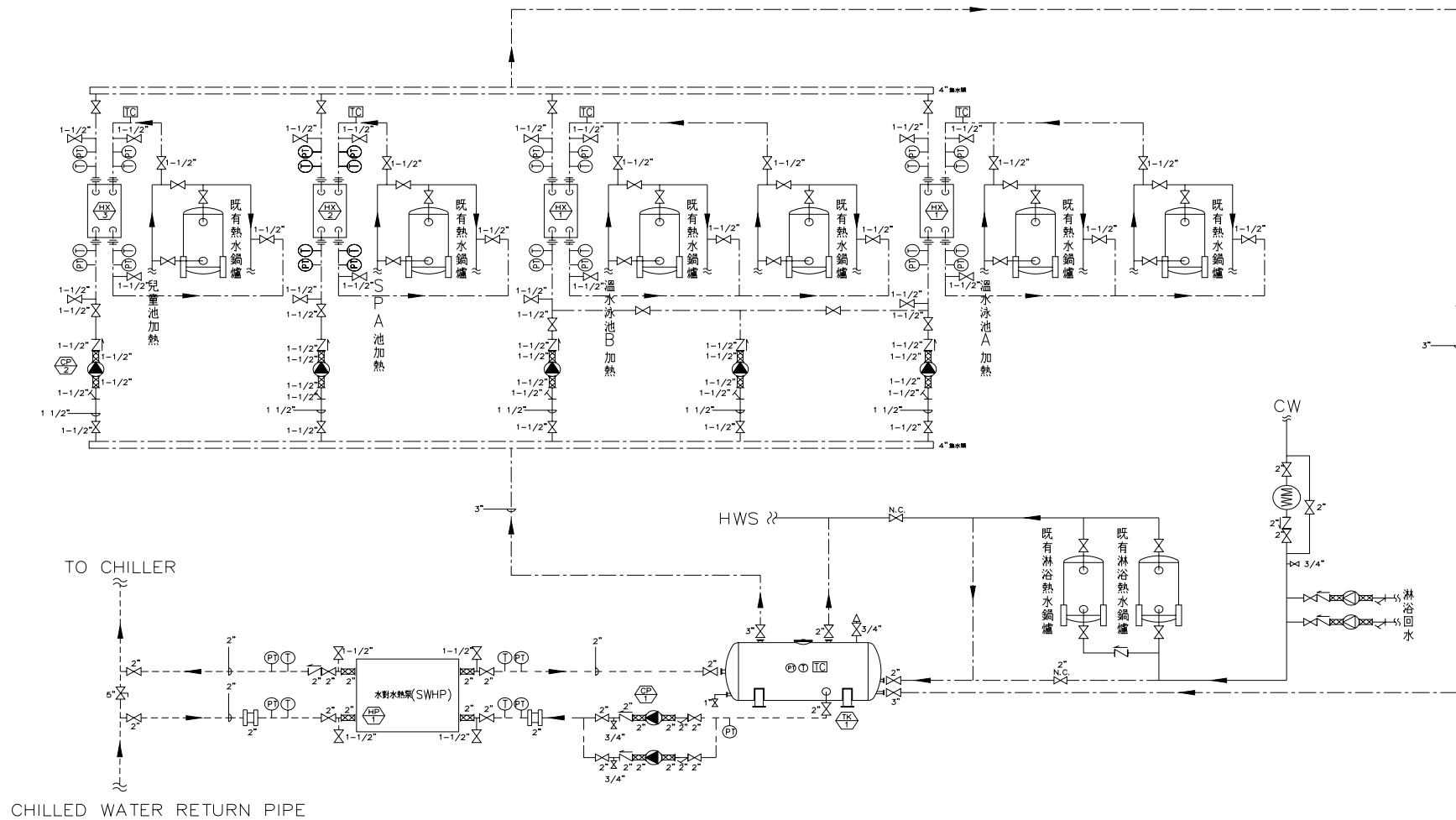


圖 4.4-1 集中式泳池熱泵系統



圖 4.4-2 熱泵主機外觀



圖 4.4-3 板式換熱器及水泵機組

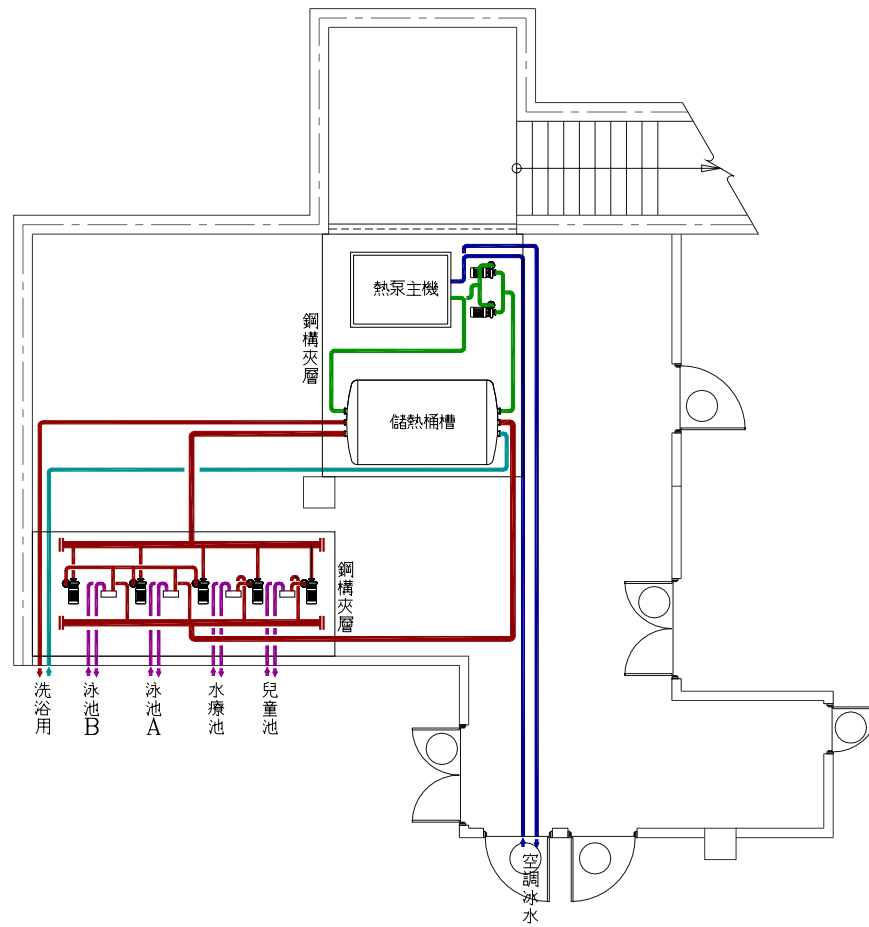


圖 4.4-4 設備平面配置

表 4.4-1 遠來飯店 SPA 會館俱樂部用電量記錄

日期	俱樂部 瓦時計讀值	讀值差	俱樂部 用電量 (度)	日期	俱樂部 瓦時計讀值	讀值差	俱樂部 用電量 (度)
94/4/13	5185.4			93/4/13	2677.0		
94/4/14	5191.0	5.6	2688	93/4/14	2684.4	7.4	3552
94/4/15	5196.3	5.3	2544	93/4/15	2692.0	7.6	3648
94/4/16	5200.2	3.9	1872	93/4/16	2699.5	7.5	3600
94/4/17	5204.4	4.2	2016	93/4/17	2707.3	7.8	3744
94/4/18	5210.0	5.6	2688	93/4/18	2714.2	6.9	3312
94/4/19	5215.8	5.8	2784	93/4/19	2721.6	7.4	3552
94/4/20	5219.8	4.0	1920	93/4/20	2729.2	7.6	3648

94/4/21	5224.0	4.2	2016	93/4/21	2736.7	7.5	3600
94/4/22	5228.8	4.8	2304	93/4/22	2744.2	7.5	3600
94/4/23	5234.0	5.2	2496	93/4/23	2752.0	7.8	3744
94/4/24	5239.0	5.0	2400	93/4/24	2759.7	7.7	3696
94/4/25	5243.6	4.6	2208	93/4/25	2767.2	7.5	3600
94/4/26	5248.0	4.4	2112	93/4/26	2774.6	7.4	3552
94/4/27	5252.0	4.0	1920	93/4/27	2782.1	7.5	3600
94/4/28	5256.6	4.6	2208	93/4/28	2788.8	6.7	3216
94/4/29	5261.6	5.0	2400	93/4/29	2795.4	6.6	3168
94/4/30	5267.1	5.5	2640	93/4/30	2802.1	6.7	3216
94/5/1	5273.4	6.3	3024	93/5/1	2808.8	6.7	3216
94/5/2	5279.9	6.5	3120	93/5/2	2815.4	6.6	3168
94/5/3	5284.3	4.4	2112	93/5/3	2823.0	7.6	3648
94/5/4	5288.9	4.6	2208	93/5/4	2829.4	6.4	3072
94/5/5	5295.0	6.1	2928	93/5/5	2835.5	6.1	2928
94/5/6	5299.0	4.0	1920	93/5/6	2841.7	6.2	2976
94/5/7	5303.7	4.7	2256	93/5/7	2847.7	6.0	2880
94/5/8	5308.2	4.5	2160	93/5/8	2853.4	5.7	2736
94/5/9	5313.7	5.5	2640	93/5/9	2860.1	6.7	3216
94/5/10	5317.9	4.2	2016	93/5/10	2866.8	6.7	3216
94/5/11	5323.0	5.1	2448	93/5/11	2871.9	5.1	2448
94/5/12	5327.0	4.0	1920	93/5/12	2878.2	6.3	3024
總用電度數		141.6	67968	總用電度數		201.2	96576
平均值		4.88	2343.72	平均值		6.94	3330.21

※動力線分為4股，瓦時計比流器線圈匝線比(5A：600A)，實際用電度數等於讀表差值 $\times(600/5)\times 4$ 。

4.5 營業用泳池

本文特舉出於1996年完成的台灣第一套熱泵熱水節能系統成功案例，安裝商轉至今已10年，使用單位是位於南崗工業區的南投大西洋溫水泳池(營業用)如圖4.5-1。

南投大西洋原預計安裝柴油熱水鍋爐，1996年首聞「熱泵」一機多功能節能設備產品，隨即安裝3台「空氣對水式」熱泵，本系統屬

於熱泵熱水及冷氣供應系統，主要功效：

- 游泳池池水加溫。
- SPA 池池水加溫。
- 淋浴用熱水。

熱泵附加空調供應至：

- 販賣部空調(如圖 4.5-2)。
- 池區除濕使用。

新裝熱泵系統規格：

- 熱泵型式：「空氣對水」熱泵
- 裝置數量：3 台
- 電力供應：14.1 kW/台
- 熱水輸出能力：190,000 Btu/hr
- 冷氣輸出能力：131,000 Btu/hr
- 熱水儲存槽：10,000 公升一座
- 使用時間：上午 6:00~晚上 10:00 (16 小時)
- 年運轉天數：365 天

南投大西洋成功案例係在 ESCO 產業尚未建立之前設計安裝的，是以一般買賣交易方式完成，施作運轉至今已 10 年，熱泵安裝實景如圖 4.5-3。10 年來至今實際的節能貢獻量，如以 ESCO 能源技術服務之熱泵節能量測與驗證 IPMVP 之 M&V 選項 A (以設備性能效率做節能工程計算)來計算，表 4.5-1 為熱泵系統節能效果。熱泵設備一年能源費用支出約 59 萬元，熱水如以柴油熱水鍋爐來供應，一年需要約 167 萬元的燃油費；在空調方面以熱泵設備所提供之冷氣量來計算，運轉一年即有約 72 萬元的價值。如此相較之下，裝置了熱泵一年節省約 179 萬元，對南投大西洋使用單位而言，安裝運轉至今 10 年的總效益約 1,790

萬元。如能源年漲幅 2%，未來 10 年節能效益約 1,970 萬元，如圖 4.5-4。安裝熱泵預估未來持續商轉 10 年總省能效益，以過去 10 年已節能約 1,700 萬元，未來持續商轉 10 年再節能約 1,970 萬元，以產品壽命週期 20 年，節能費用共計約 3,670 萬元，這套熱泵系統投資於 1.5 年內即回收。這是台灣首例成功運轉至今達 10 年的熱泵節能系統實例。



圖 4.5-1 南投大西洋營業用泳池、SPA 健身中心



圖 4.5-2 南投大西洋販賣部

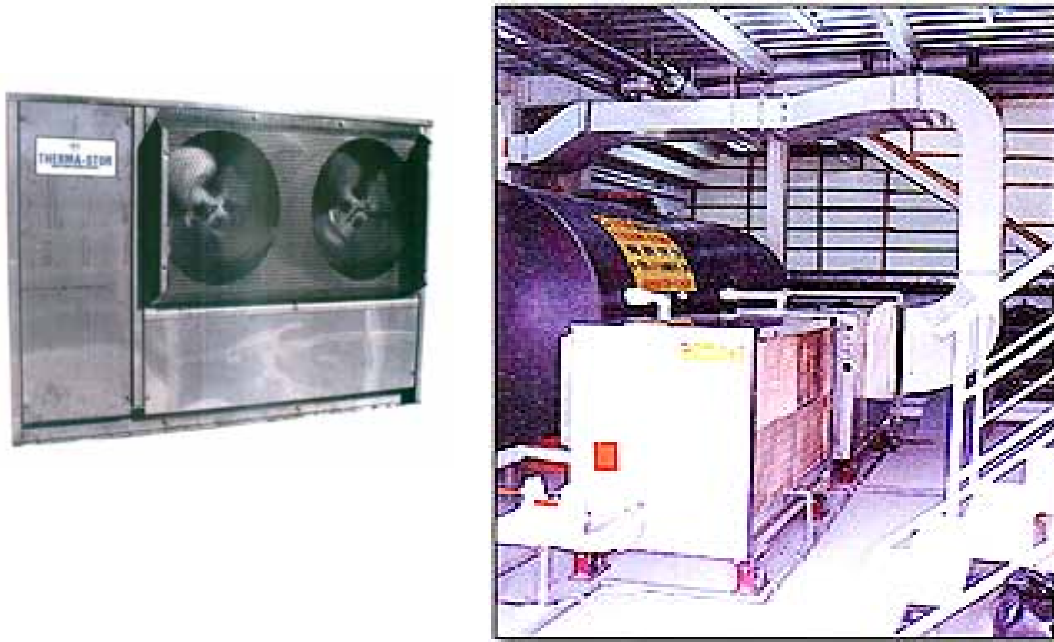


圖 4.5-3 成功案例運轉 10 年南投大西洋之熱泵安裝實景

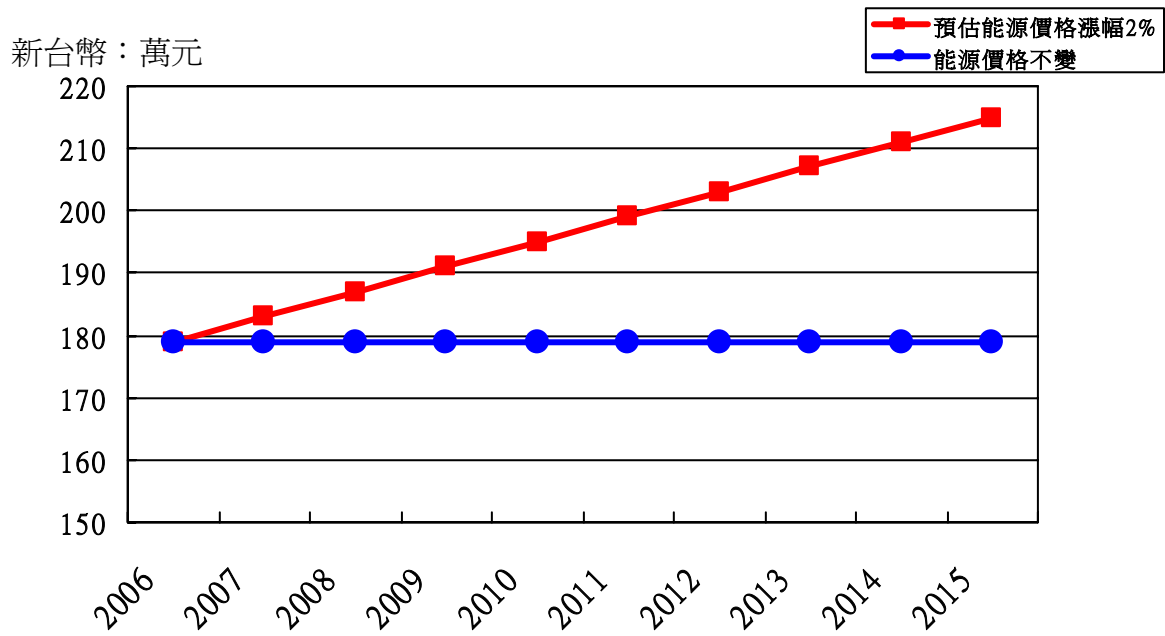


圖 4.5-4 南投大西洋熱泵系統預估未來 10 年節能效益

表 4.5-1 南投大西洋營業用室內泳池熱泵節能計算

項目 ／ 設備	熱泵熱水附加冷氣系統		柴油鍋爐	空調系統
設備 性能 數據	熱水輸出能力：190,000Btu/hr。 冷氣輸出能力：131,000Btu/hr。 輸入電力：14.1 kW/hr 數量：3 台		熱水輸出能力： 190,000Btu/hr。 數量：3 台	冷氣輸出能力： 131,000Btu/hr。 數量：3 台
能源 費用 支出	一 機 二 用	14.1kW/h × 3 台 = 42.3 kW/hr 42.3kW/hr × 16 小時 × 365 天 × 1.9 元/度 = 469,360 元/年	570,000Btu ÷ 3.968 = 143,649 仟卡/hr 143,649 仟卡 ÷	393,000BUT ÷ 3.968 = 99,042 仟卡/hr [99,042 仟卡 ÷ (860kcal × 0.9) ÷ EER 2.5] × 16 小 時 × 365 天 × 1.9 元/度 = 567,945 元/年
	動 力 基 本 費	42.3kW/hr ÷ 0.75kW/hp × 基 本費 177 元/hp × 12 個月 = 119,794 元/年	(8,800kcal × 0.8) × 16 小時 × 365 天 × 14 元/公升 = 1,668,287 元/年	[99,042 仟卡 ÷ (860kcal × 0.9) ÷ EER 2.5] ÷ 0.75kW/HP = 68hp × 基本費 177 元/hp × 12 個月 = 144,432 元/ 年
	\$ 589,154 元/年		\$ 1,668,287 元/年	\$ 712,377 元/年
			\$ 2,380,664 元/年	
省 能 效 益	裝置熱泵設備一年節省約 \$ 179 萬元/年			
運轉至今 10 年總省能效益			約 \$ 1,792 萬元	

4.6 休閒渡假民宿案例

本文另舉位於台中后里的長青渡假休閒民宿(圖 4.6-1)，使用熱泵熱水供應系統運轉迄今 9 年的成功案例。

安裝前該山莊因位於山區，安裝柴油、瓦斯等熱水鍋爐皆非常的不便，而且因公共集合場所，儲油槽與高壓瓦斯管線均不便設置，該山莊亦考慮裝置電能熱水鍋爐，惟需要申請大電力契約容量，故改採用熱泵設備，每區設置一台，共安裝三台「空氣對水式」熱泵熱水系統。

新設三套熱泵系統規格及設備如下：

第一套熱泵

- 型式：「空氣對水」熱泵。
- 裝置數量：1 台。
- 電力供應：10 kW/台
- 熱水輸出能力：30,000 kcal/hr。
- 熱水儲存槽：8,000 公升共一座

第二套熱泵

- 型式：「空氣對水」熱泵
- 裝置數量：1 台
- 電力供應：5.7 kW/台
- 熱水輸出能力：14,000 kcal/hr
- 熱水儲存槽：5,000 公升一座

第三套熱泵

- 型式：「空氣對水」熱泵
- 裝置數量：1 台
- 電力供應：0.9 kW/台

- 熱水輸出能力：10,800 kcal/hr
- 熱水儲存槽：1,000 公升一座

該熱泵系統於 1997 年 12 月至 93 年 5 月間陸續裝設完成，業主對熱泵節能系統讚譽有加，主要係因熱泵系統只需要小電源、設置空間小、安全、省能、全自動操作。平常較少遊客時，幾乎可以不用啟動熱泵，當有遊客訂房時，再啟動熱泵運轉，只要幾小時就能加熱完成，省了不少電費，亦不必繳交大動力電源契約容量基本費，長期經營省下了一筆可觀的支出。該熱泵系統安裝實景如圖 4.6-2、4.6-3；若以 ESCO 能源技術服務之熱泵節能量測與驗證 IPMVP 之 M&V 選項 A (以設備性能效率做節能工程計算) 來計算節能效果，表 4.6-1 為熱泵系統節能績效，該熱泵設備與電能熱水鍋爐比較一年可節能約 34 萬元，節能比率達 70% 以上。這是安裝於休閒渡假民宿山莊中非常成功的熱泵節能系統實例。

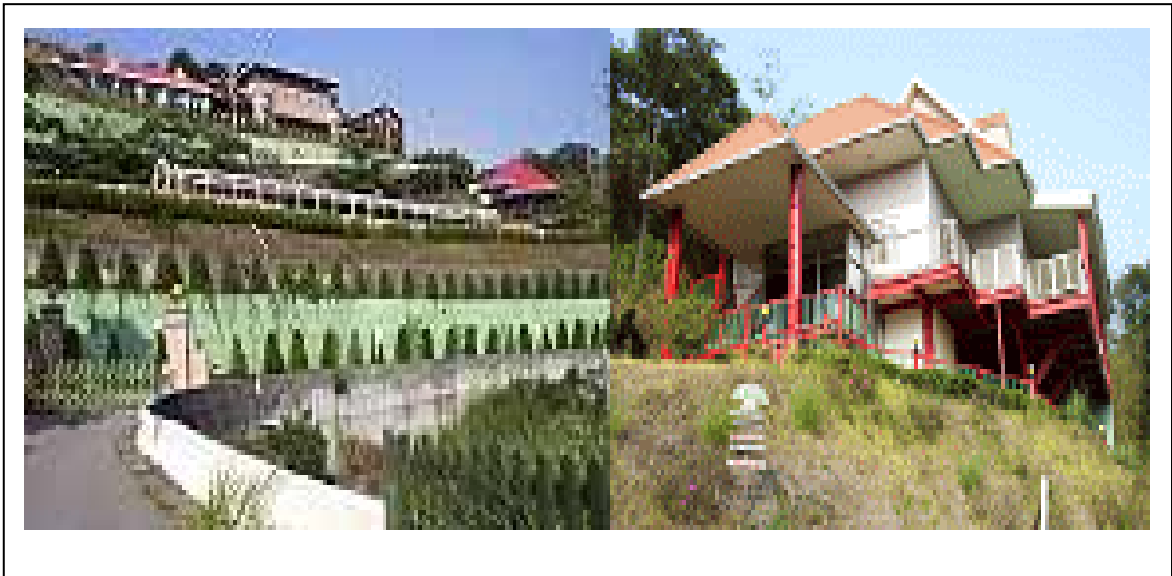


圖 4.6-1 后里長青休閒渡假山莊



圖 4.6-2 成功案例運轉 9 年后里長青休閒度假山莊熱泵系統主機



圖 4.6-3 成功案例運轉 9 年后里長青休閒度假山莊熱泵系統主機

表 4.6-1 休閒渡假民宿熱泵節能效益計算

(假設該山莊全年運轉使用的條件下計算)

	熱泵設備	電能熱水鍋爐	節能費用
一區	10kW×8hr×2.5 元=200 元/天 200 元×365 天=73,000 元/年	8000 公升×(50°C - 21°C)÷774× 2.5 元=749 元/天 749 元/天×365 天=273,385 元	200,385 元/年
二區	5.7kW×11hr×2.5 元=157 元/天 157 元×365 天=57,305 元/年	5000 公升×(50°C - 21°C)÷774× 2.5 元=468 元/天 468 元/天×365 天=170,946 元	113,641 元/年
三區	0.9kW×3hr×2.5 元×365 天= 2,464 元/年	1000 公升×(50°C - 21°C)÷774× 2.5 元=94 元/天 94 元/天×365 天=34,189 元	31,725 元/年
全年節省能源費用			345,751 元
節省比率			72.25%

4.7 學校宿舍案例

本文另舉出於 1999 年安裝位於高雄的文藻外語學院(圖 4.7-1)的熱泵熱水及冷氣供應系統，運轉迄今已 8 年的成功案例。該系統負責供應該校千禧大樓女生宿舍 1000 人的淋浴熱水，熱泵所產生的冷氣則供應至電梯機房降溫使用，亦即熱泵熱源取自電梯機房的廢熱，系統流程如圖 4.7-2。

安裝前該校原計劃設置安裝電能熱水鍋爐，因電力契約容量需求過大因素，故改採安裝 2 台「空氣對水式」熱泵，本系統屬於熱泵熱水及冷氣供應系統，熱水使用需求如下：

- 使用人數：1,000 人(女生)。
- 出水水溫：50°C~55°C。
- 使用水量：每人 50~60 公升。

熱泵附加空調供應至電梯機房室內降溫(如圖 4.7-3)。

新裝熱泵系統規格：

- 熱泵型式：「空氣對水」熱泵
- 裝置數量：2 台
- 電力供應：14.1 kW/台
- 熱水輸出能力：190,000 Btu/hr
- 冷氣輸出能力：131,000 Btu/hr
- 熱水儲存槽：20,000 公升二座，共計 40,000 公升(40 噸)如圖 4.7-4。
- 使用時間：12 小時
- 年運轉天數：270 天

高雄文藻外語學院這成功案例係 ESCO 產業尚未成立之前設計施作安裝，故以一般買賣交易方式完成，施作運轉至今已 8 年，圖 4.7-5 為熱泵主機安裝實景。8 年來實際節能貢獻量，以 ESCO 能源技術服務之熱泵節能量測與驗證 IPMVP 之 M&V 選項 A (以設備性能效率做節能工程計算)來計算的話，節能效果如表 4.7-1，採用熱泵設備一年能源費用支出約 24 萬元，如以電能熱水鍋爐來供應熱水，一年需要約 102 萬元的電費；在空調方面以熱泵設備附加提供之冷氣量來計算，運轉一年即有約 28 萬元的價值。如此相較之下，裝置了熱泵一年節省約 107 萬元，8 年的實際節省約 856 萬元，降低高容量的契約容量，節能成效貢獻相當大。在對學校而言確實做到節能兼顧環保的最佳教育典範。這是一套在台灣運轉至今已 8 年的熱泵節能系統實例。



圖 4.7-1 文藻外語學院之千禧大樓



圖 4.7-3 千禧大樓之電梯機房

熱泵系統流程示意圖

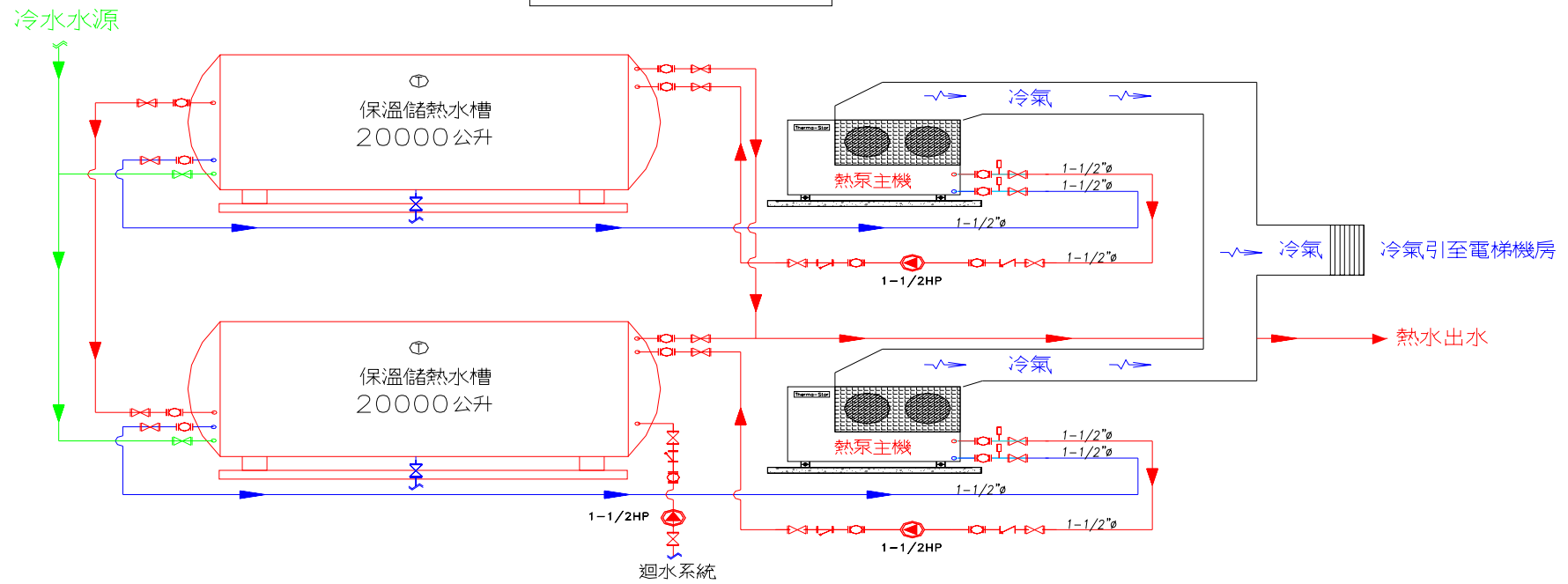


圖 4.7-2 成功案例運轉 8 年文藻語文學院安裝熱泵系統設計流程示意圖



圖 4.7-4 保溫儲水槽 40,000 公升(20 噸二座)



圖 4.7-5 文藻外語學院「空氣對水式」熱泵 2 台安裝實景

表 4.7-1 文藻外語學院熱泵節能計算

項目 \\ 設備	熱泵熱水附加冷氣系統		電能鍋爐		空調系統	
設備 性能 數據	熱水輸出能力：190,000Btu/hr。 冷氣輸出能力：131,000Btu/hr。 輸入電力：14.1 kW/h 數量：2 台		熱水輸出能力： 190,000Btu/hr。 數量：2 台		冷氣輸出能力： 131,000Btu/hr。 數量：2 台	
能源 費用 支出	一 機 二 用	14.1kW/hr × 2 台 = 28.2 kW/hr 28.2kW/hr × 12 小時 × 270 天 × 1.9 元/度 = 173,599 元/年	380,000Btu÷3.968 = 95,766 仟卡/hr [95,766 仟卡÷ (860kcal × 0.9)] × 12 小時 × 270 天 × 1.9 元/度 = 761,675 元/年		262,000Btu÷3.968 = 66,028 仟卡/hr [66,028 仟卡÷ (860kcal × 0.9) ÷ EER 2.5] × 12 小時 × 270 天 × 1.9 元 /度 = 210,062 元/年	
	動 力 基 本 費	28.2kW/hr÷0.75kW/hp×基 本費 177 元/hp×9 個月 = 59,897 元/年	動 力 基 本 費	[95,766 仟卡÷ (860kcal × 0.9)]÷ 0.75kW/hp = 165HP×基本費 177 元/hp×9 個月 = 262,845 元/ 年	動 力 基 本 費	[95,766 仟卡÷ (860kcal × 0.9)]÷0.75kW/hp = 165HP×基本費 177 元/hp×9 個月 = 262,845 元/年
	\$ 233,496 元/年		\$ 1,024,520 元/年		\$ 282,539 元/年	
			\$ 1,307,059 元/年			
省能 效益	約 \$ 107萬元/年					
8 年總省能效益			約 \$ 856萬元			

4.8 安養中心

本文舉出位於台北三芝的基督教雙連教會附設安養中心(圖 4.8-1)的熱泵熱水供應系統成功案例。

安裝前該中心已設置柴油熱水鍋爐，因油價上漲，該安養中心深覺每月購油負擔頗重，故改以安裝 1 台「空氣對水式」熱泵供應熱水，既設柴油熱水鍋爐加熱為輔。

改善前

- 每月使用柴油熱水鍋爐耗油量：5,000 公升／月。
- 每月購油單價：23 元～24 元／公升。
- 每月購油費用約：117,500 元

改善後新設熱泵系統規格及設備：

- 熱泵型式：「空氣對水」熱泵。
- 裝置數量：1 台。
- 電力供應：14.1 kW/台
- 熱水輸出能力：190,000 Btu/hr。
- 冷氣輸出能力：131,000 Btu/hr。
- 熱水儲存槽：8,000 公升二座，共計 16,000 公升(16 噸)。

雙連安養中心位屬於海邊，鹽份高，故該熱泵熱水系統的熱泵機組(圖 4.8-2)外殼採高抗腐不鏽鋼 316，採用銅鰭片完全抗腐蝕，非常適用於海邊鹽份高的環境氣候，系統配管及零配件亦使用不鏽鋼，不論是耐候性、耐用性、品質要求皆非常高。

該系統於 94 年 12 月完工開始運轉。熱泵系統安裝實景如圖 4.8-3；若以 ESCO 能源技術服務之熱泵節能量測與驗證 IPMVP 之 M&V 選項 A (以設備性能效率做節能工程計算)來計算節能績效，結果如表 4.8-1，該熱泵設備一年能源費用支出約 32 萬元，若仍使用柴油熱水鍋爐來計

算一年需要約 138 萬元的燃油費用。相較之下，裝置了熱泵一年節省約 105 萬元，節能比率達 70% 以上，如圖 4.8-4。依目前油價趨勢購油單價只漲少跌的情況下，安裝熱泵節能成效貢獻相當大，而且對能源貢獻一年即能減少約 4 萬公升以上的使用柴油量，環保貢獻值一年可減量 CO₂ 排放量約 120 噸。這是安裝於安養中心的熱泵節能系統成功實例。



圖 4.8-1 基督教雙連教會附設安養中心



圖 4.8-2 雙連安養中心熱泵系統主機



圖 4.8-3 基督教雙連教會熱泵系統實景

表 4.8-1 熱泵節能效益計算

<p>★ 系統所需熱值： $(4900 \text{ 公升/月} \div 30 \text{ 天}) \times (\text{柴油鍋爐熱值 } 8,800\text{kcal} \times 75\%)$ $= 1,075,800 \text{ kcal/天}$</p>					
採用 熱泵設備	制熱能力 kcal/hr、台	運轉電力 (含馬達)	運轉時間	能源單價 (元/度)	能源費用支出 (元/年)
	47,880	16 kW	22hr/D	2.5	\$ 321,200
	16kW×22hr/D×2.5 元/度×365D/yr				
	熱泵系統用電價以 2.5 元/度單價計算				
使用 柴油熱水 鍋爐	若該中心持續使用柴油熱水鍋爐 柴油燃料費用支出：1,381,800 元/年				能源費用支出 (元/年)
					\$ 1,381,000

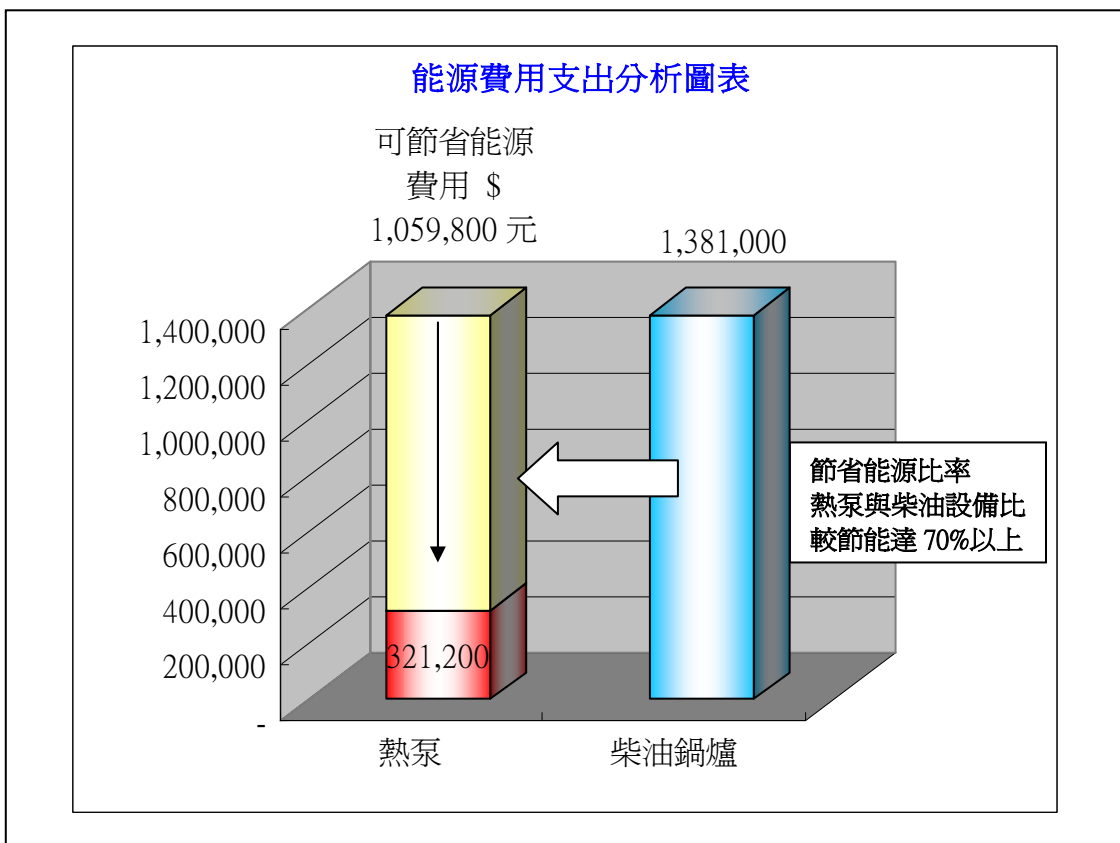


圖 4.8-4 熱泵節能長條分析圖(年)

4.9 住家案例

台大新能源中心與業者合作開發了一台家用型熱泵熱水器(NC120)，可以置於室外，自大氣擷取熱能。此台熱泵熱水器儲水量為120公升，可以擴充，如圖4.9-1。每台主機消耗電力260W(AC110V)，每台可以擴充三至四個擴充槽，合計總儲水量最高可達480公升(圖4.9-1所示)。壓縮機係採一般除濕機用之機型(R134a)，耗電量低(平均耗電258W)。另外，熱泵運轉時間與氣溫有關，在25°C時需6小時(一台主機120公升)。如外加兩台擴充槽時(合計360公升)需18小時，然因運轉時間拉長，使得除濕能力可以達到每天6-8公升左右，相當於一台除濕機，而這是附帶效益。

此台熱泵熱水器的性能測試結果如圖4.9-2所示，在氣溫25°C時，COP(熱水吸熱量/耗電量)可達2.6，與電熱水器比較相當於可以減少約65%耗電(假設電熱水器效率90%)。與瓦斯熱水器比較時，將耗能全轉換成初級能源，較易得知能源節約效果。COP為2.6，表示每輸入1kW電能，熱水可以獲得2.6kW之加熱量。以瓦斯熱水器而言，熱水欲獲得2.6kW之加熱量，瓦斯之燃燒熱為3.25kW(假設能源效率80%)，而發電1kW時發電廠必須燃燒能源2.8kW(台電電網發電效率0.36)，因此，熱泵熱水器比瓦斯或燃油式熱水器可以節省16%的初級能源。也就是說，使用熱泵熱水器確實可以節約能源，尤其是與電熱器相較(省65%)。如果熱泵熱水器的COP可以提高至3.0以上(較大型機組)，則可以比瓦斯熱水器節省25%以上的能源。

為實地瞭解熱泵熱水器的長期運轉性能，筆者在自家安裝一套進行實際試用。此台熱泵熱水器儲水量為240公升，使用電力260W(AC110V)，裝設在台北市區，主要為一家四口之沐浴與洗滌用水。此熱水器已連續使用超過五年，經記錄用水用電量，整理後得圖4.9-3之

結果，顯示每公升熱水(55°C)之耗電量平均為 0.032 kWh/公升。而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，證明熱泵熱水器更為省能(達 30%)。如與一般電熱水器相比(0.061kWh/公升)，省電更達一半左右。

台大新能源中心在經濟部能源局的支持下，開發不同機型的太陽能輔助熱泵熱水器(ISAHP)，這是結合熱泵熱水器與太陽能集熱器的新產品(圖 4.9-4)，同時吸收大氣熱能與太陽能。由下方吸入 ISAHP 之空氣先流經外殼內側之溝槽，利用外殼所吸收的太陽能來加以預熱，熱空氣再流入熱泵主機，陰雨天或夜晚無太陽時，ISAHP 就回到只從空氣取熱，其單位熱水耗電量遠低於傳統太陽能熱水器(含輔助電熱器)。圖 4.9-5 為 ISAHP 的性能測試，每公升熱水(54°C)的耗電量只有 0.01-0.02 kWh/L。圖 4.9-6 為不同 ISAHP 自 2003 年 7 月至 2004 年 5 月的每月平均每公升熱水(55°C)耗電量的測試結果比較。圖 4.9-7 為 ISAHP-2 自 2001 年 5 月 19 日至 2003 年 11 月 18 日的每公升熱水(55°C)耗電量的測試結果，平均每公升熱水(55°C)耗電量只有 0.014 kWh/L。因此，以一個四口之家為例，如果每天熱水用量為 200 公升，每月耗電只 84 kWh，電費約 200 元，比瓦斯熱水器或電熱水器都低。



圖 4.9-1 可擴充式家用熱泵熱水器 NC120(兩台 120L 主機加兩台 120L 儲水槽)

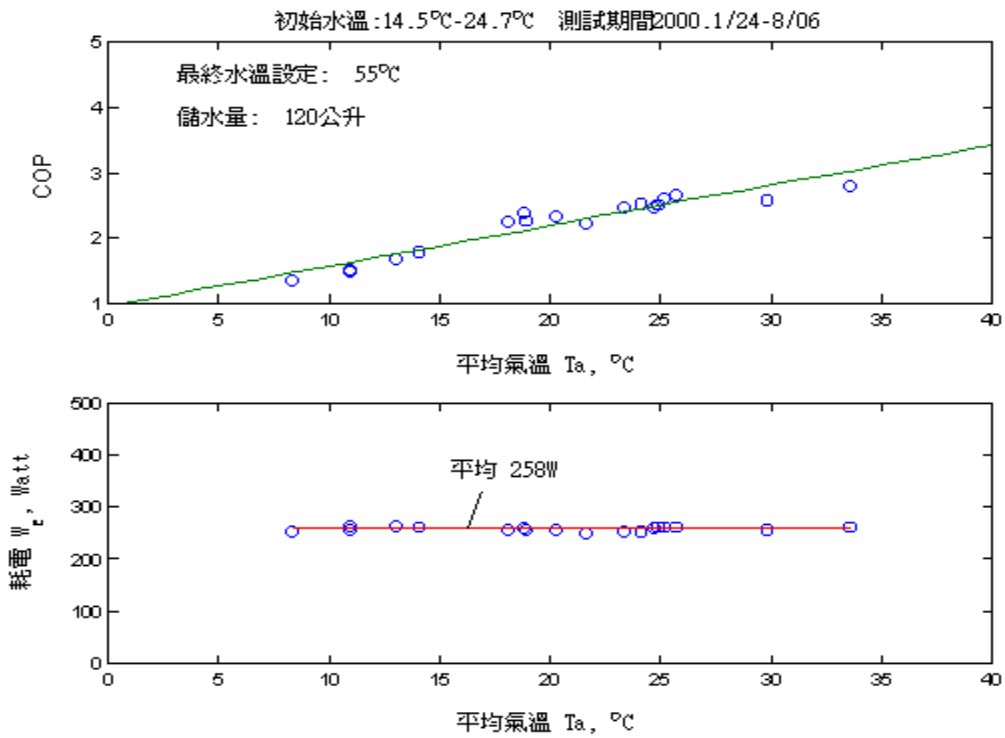


圖 4.9-2 NC120 熱泵熱水器性能測試結果

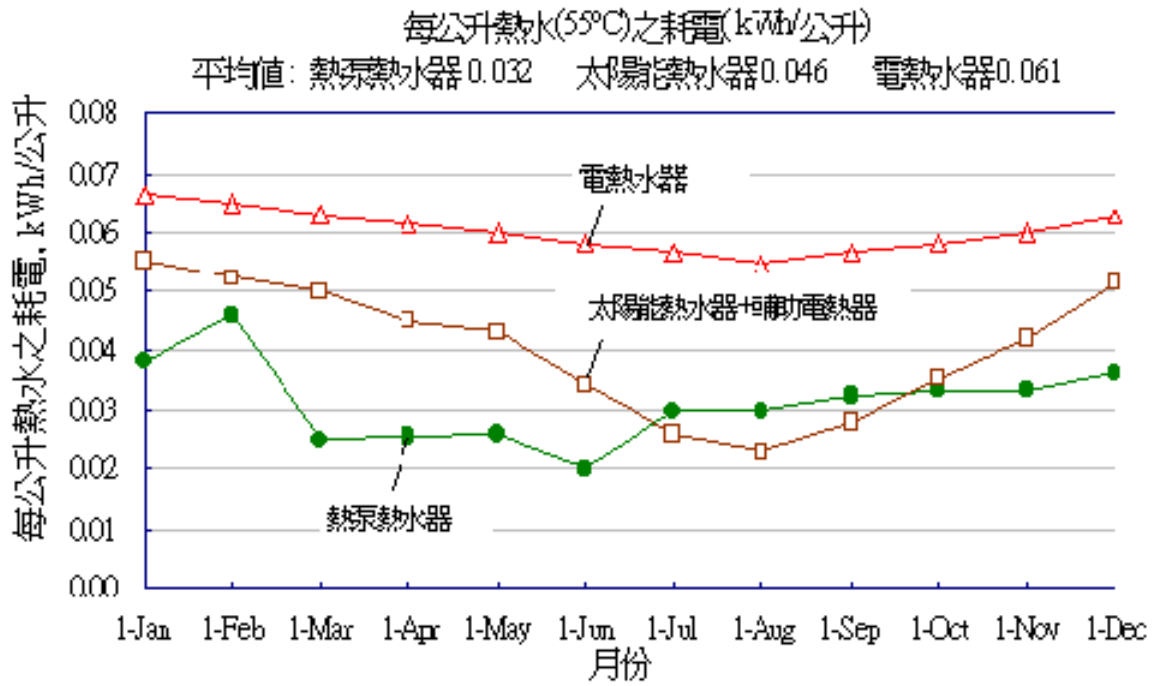


圖 4.9-3 熱泵熱水器與電熱水器之耗電比較



圖 4.9-4 太陽能輔助熱泵熱水器(ISAHP)

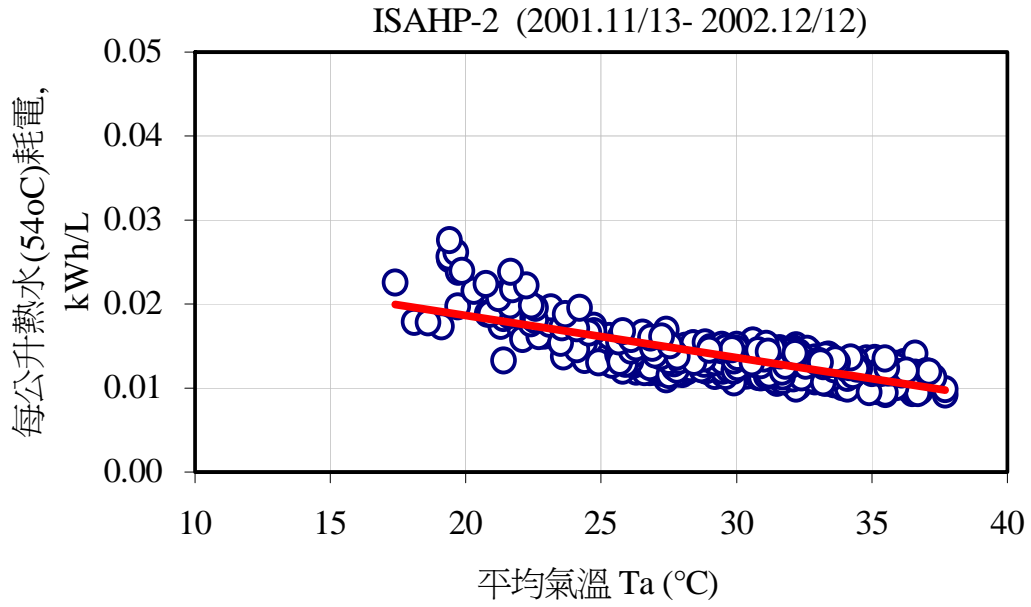


圖 4.9-5 太陽能輔助熱泵熱水器(ISAHP)耗電量

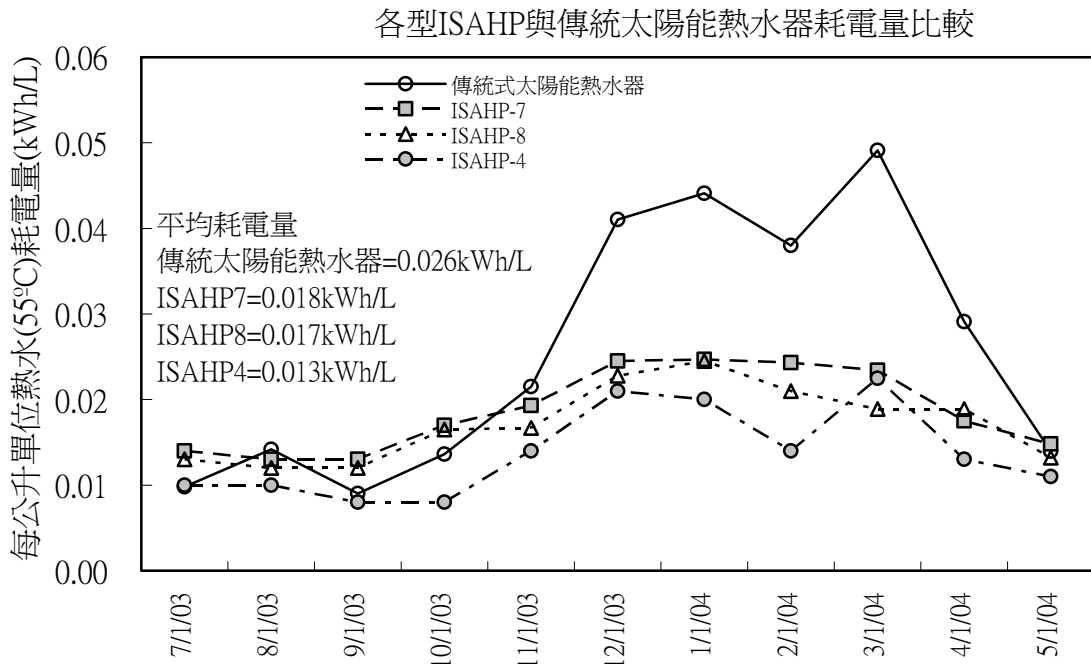
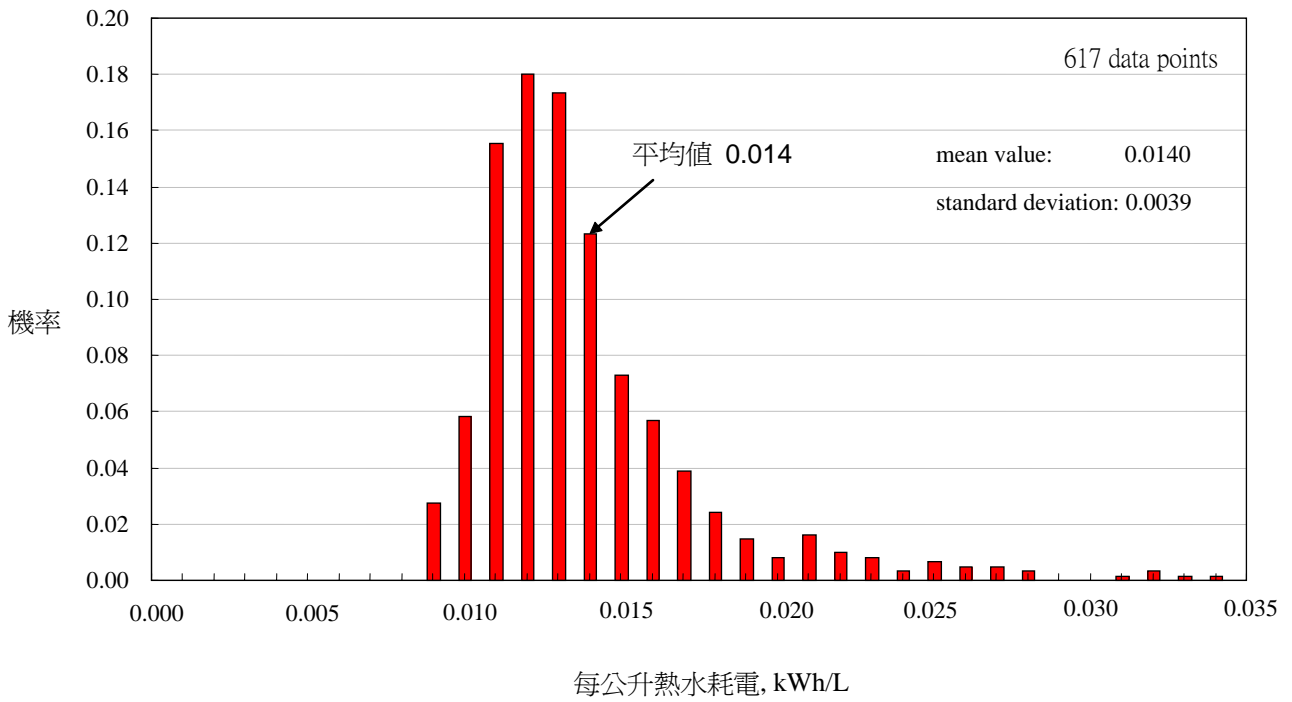


圖 4.9-6 ISAHP 與傳統太陽能熱水器耗電比較

ISAHP-2 機率圖 2001.5.19-2003.11.18



- 耗電超過 0.03 kWh/L 的機率小於 1.3%，平均值為 0.14kWh/L
5 口之家：240L/天×30 天/月×0.014 度/L= 101 度/月(260 元/月)

圖 4.9-7 ISAHP-2 的耗電量長期測試結果

伍、熱泵應用常見問題

1. 熱泵工作原理及性能係數 COP 為何？

A：(1). 熱泵工作原理如冷媒循環系統如圖 5-1 所示，有四大原件：

- A. 壓縮機：壓縮氣態冷媒，促使冷媒在系統內部循環，使低壓低溫氣態冷媒經壓縮後變為高壓高溫氣態冷媒。
- B. 冷凝器：將壓縮後之高壓高溫氣態冷媒，利用水或空氣之熱冷卻為高壓常溫之液態冷媒。
- C. 冷媒控制器：其作用是將高壓常溫液態冷媒經冷媒控制器之降壓節流後，成為低壓低溫之液態冷媒。
- D. 蒸發器：作用是讓經過膨脹後之低壓低溫液態冷媒在蒸發器內蒸發吸收大量蒸發潛熱，產生冷凍效果，而後成為低壓低溫之氣態冷媒。

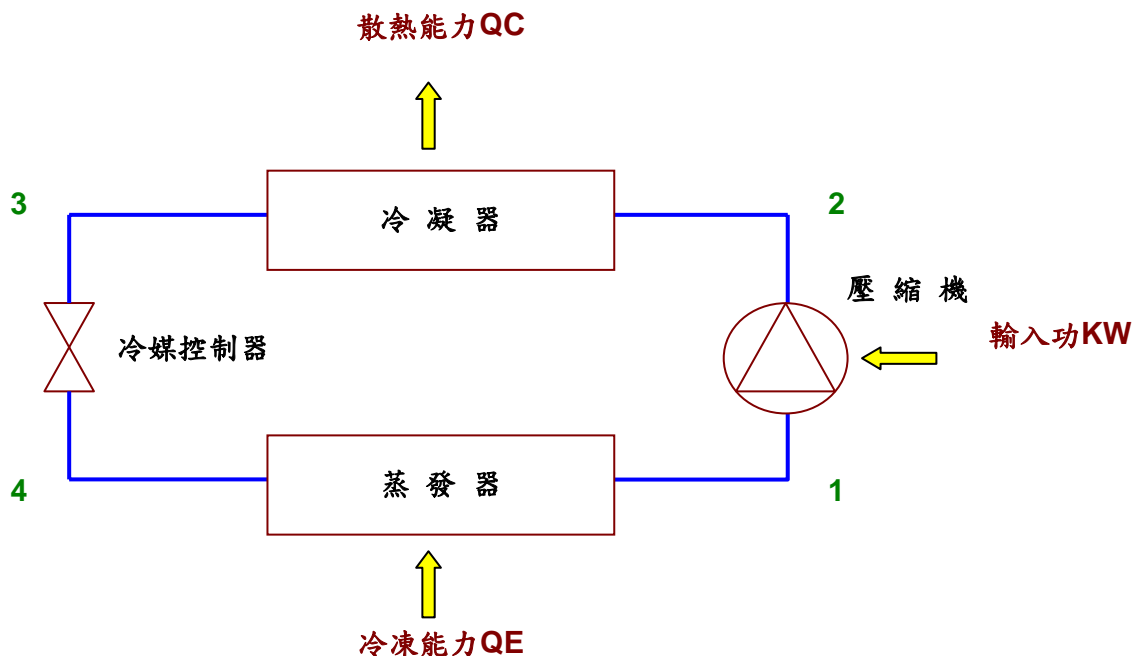


圖 5.1 冷媒循環系統圖

(2).逆卡諾循環：這是一個結構最簡單的熱泵至少有一個高溫熱源和一個低溫熱源，因此這個熱機必然是由兩個等溫過程（當工作物質與兩個熱源分別接觸時）和兩個絕熱過程（當工作物質與熱源脫離時），所組成的一個循環稱為卡諾循環，冷凍循環以逆序進行稱為逆卡諾循環。見圖 5.2 所示。

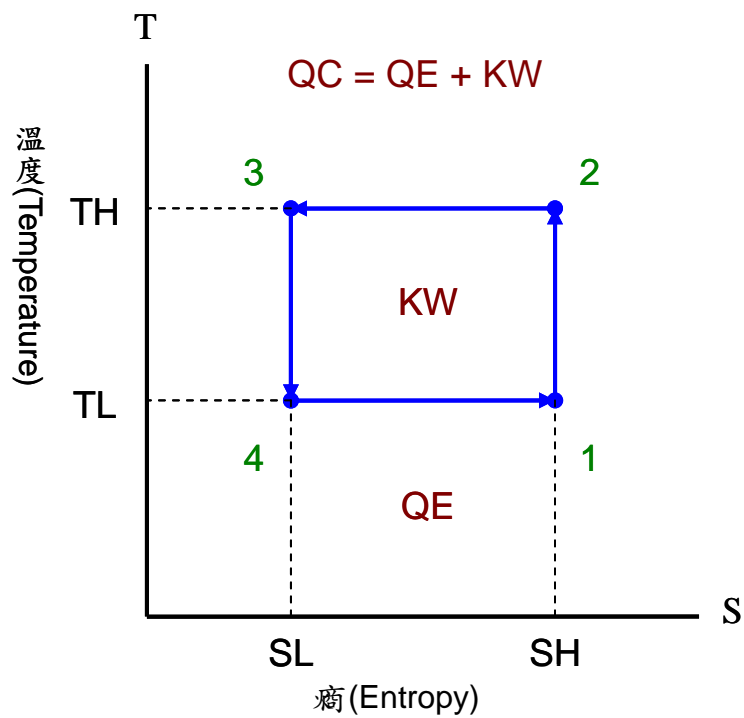


圖 5.2 反向卡諾循環圖

(3).熱泵性能係數計算：

冷凍能力為蒸發器散熱量由狀態點 SH-2-3-SL 連結成之面積冷凍機製冷能力。

$$QE=(SH-SL)\times TL$$

冷凝器散熱量由狀態點 SH-2-3-SL 連結成之面積熱泵製熱能力。

$$QC=(SH-SL)\times TH$$

壓縮機作功由狀態點 1-2-3-4 連結成之面積壓縮機耗功。

$$KW=QC-QE$$

性能係數 COP(coefficiency of performance) = OUTPUT / INPUT

冷凍機 COPr = 冷凍能力 QE / 壓縮功 KW

熱泵 COPh = 製熱能力 QC / 壓縮功 KW

故 COPh = COPr + 1

2. 熱泵性能係數 COP 可達多少？

A: (1). 熱泵系統的設計概念是利用冷媒於蒸發器吸收大氣中或水中（低溫熱源）的熱能並將之轉換於冷凝器加熱水溫（高溫熱源）使水溫升高，並同時供應低溫空氣冷卻、除溼，達到以低能源輸入（kW）便能同時供應冰水、冷氣（QE）及熱水（QC）。

(2). 冷凍機性能係數 COPr = 冷凍能力 QE / 壓縮功 KW，一般空調 1kW 的電大約可產生 2kW 的冷氣，故一般冷氣的性係數 COPr 為 2.0，而熱泵熱水系統性能係數 COPh = 冷凍機 COPr + 1 可達到 3.0 或更高（COP 值越高表示效能越好）。

(3). 如果在分析熱泵熱水系統的效能時，同時也考慮它的所提供額外的冰水或冷氣的話，熱泵熱水系統的總性能係數 COPt（熱泵 COPh + 冷凍機 COPr）更可達到 4.6。

(4). 電熱水器的效能為 1.0，而熱泵熱水系統之性能係數可達 3.0，因此可節省相當多的費用，並且在選購熱泵熱水系統上亦可達到快速短期內回收的效益。

3. 熱泵為什麼可以製熱水？

A：熱泵是利用冷氣機的原理所製成的機器，從空氣或水中吸取熱能（ Q_L ），排出的熱量（ Q_H ），則導入水槽中製成熱水供使用，這個移動熱能的作用需要借助電能才會發生（見前第貳章節圖 2.1-1 所示）。因

此，由能量不減原理，所收集的熱量(Q_H)會等於輸入熱泵的電能(W_e)加上所吸取的熱量(Q_L)，即 $Q_H=Q_L+W_e$ ，而且， $Q_H > W_e$ ，即收集之熱能永遠會大於輸入的電能。「空氣對水熱泵」也可裝設在大氣中，或有廢熱的地方，如機房、停車場等，吸取廢熱來製成熱水，用途廣泛。

4.熱泵為什麼可以節能？

A：由現今冷媒壓縮機的技術，熱泵在移出熱能(Q_L)的過程中，最後被排出並收集應用的熱能(Q_H)會高於輸入電能(W_e)的好幾倍(約二到六倍)，因此，熱泵就好像是一部「能量放大機」一樣，可以達到節約能源的目的。

5.冬天時熱泵可以供應足夠熱水嗎？

A：無論是空氣對水或水對水熱泵系統，熱源的穩定是維持設備效能的重要關鍵，因此在規劃時就應該考慮何處有較豐富的熱源，且該熱源不因季節有大幅度變動。倘若無合適熱源亦應考量替代方案，以空氣對水熱泵而言，在設計時加熱的時間與機組容量應考量台灣地區特殊氣候，僅在冬季偶而才有氣溫低於 10°C 的情況發生，故可加大設備容量來縮短加熱時間，或另搭配鍋爐或增設其它輔助加熱設備來彌補偶而之不足，這樣全年便可供應足夠熱水。

6.熱泵節能效益如何計算？

A：各種熱水加熱設備加熱 $1,000\text{L}\cdot^{\circ}\text{C}$ 熱水能源使用成本比較，見表 5-1 熱泵加熱熱水成本約 0.77 元/ $1,000\text{L}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，較柴油鍋爐 2.17 元/ $1,000\text{L}\cdot^{\circ}\text{C}$ ，低約 65%，且操作安全。此改善儲熱水槽容量需匹配用水量及利用離峰用電加熱。熱泵熱水系統取代電能及柴油鍋爐案例見表 5-2 及表 5-3 所示。熱泵節能量相對可抑低二氧化碳排放量，見表

5-4 二氧化碳排放指數(能源耗用量與 CO₂ 換算表)。

表 5-1 各種熱水加熱設備加熱 1000L.°C 熱水能源使用成本比較

熱水加熱設備	能源種類	平均熱效率 COP 值	設備熱能值		節省 %	能源產出物
			kcal/元	元/1,000L.°C		
小型熱水爐	柴油	0.80	302	3.31	76	熱水+廢氣
電熱水鍋爐	高壓用電	0.95	409	2.44	68	熱水
小型熱水爐	天然氣	0.80	511	1.95	61	熱水+廢氣
小型熱水爐	鍋爐油	0.80	570	1.75	56	熱水+廢氣
熱泵	高壓用電	3.0	1290	0.77	0	熱水+乾爽冷氣

註：

1. 計算例 $Q = m \times C_p \times (T_1 - T_2)$ 則加熱 1,000L 水升高 1.°C 所需熱量為 $Q(\text{kcal}) = 1,000\text{L} \times 1\text{kcal/kg} \cdot \text{°C} \times 1\text{°C} = 1,000\text{kcal}$ 。

電熱水鍋爐設備熱能值 $\text{kcal/元} = (860\text{kcal/kWh} \times \text{COP } 0.95) \div 2 \text{元/kWh} = 409\text{kcal/元}$

$\text{元/kL} \cdot \text{°C} = 1,000\text{kcal} \div \text{設備熱能值 } 409\text{kcal/元} = 2.44 \text{元/kL} \cdot \text{°C}$

2. 各類能源熱值參照經濟部節約能源技術手冊，如下表 5-4 所示。

3. 以上油氣價格參照 95 年 9 月 29 日，中油公佈價格自行調整。

4. 柴油以 23.3 元/l，熱值 8,800kcal/l 計。

5. 高壓電價以 2 元/kWh，熱值 860kcal/kwh 計。(飯店，醫院)

6. 天然氣以 14.1 元/l，熱值 9,000kcal/l 計。

7. 鍋爐油(S=5%)以 12,9 元/l，熱值 9,200kcal/l 計。

8. 熱泵以平均 COP=3.0 計算。

9. 加熱溫度可達 60°C，不足部份，可採熱水鍋爐加熱。

10. 空氣對水型熱泵加熱系統規格如下表 5-2 所示。

11. 能源單價，近年能源價格變動大，可參考中油及台電電價表計算。

表 5-2 空氣對水型熱泵取代低溫 60°C 水溫以下電能鍋爐/柴油鍋爐(例)

熱泵型號	THERMA-STOR-HP-10																					
型式	空氣對水型																					
耗電量	14.1kW																					
造熱能力	47,880 kcal/hr (21°C ~55°C) (水溫 55°C COP 值 4.3)																					
製冷能力	33,014 kcal/hr																					
冷媒	R134a																					
壓縮機	高效率、低噪音密閉式螺旋壓縮機、高溫電源切斷控制																					
風扇	1140rpm、20 吋直徑、低噪音																					
蒸發盤管	抗腐、抗酸蝕處理																					
冷凝器	白銅制作、溫水游泳池專用																					
尺寸(長×寬×高)	182cm*82cm*112cm																					
重量(kg)	500																					
經濟效益評估(例)	每日製造熱水：30,000 公升、50°C、50 公升/人(約 600 人使用) 所需熱量：1,020,000kcal/天(常溫 21°C ~55°C) 電價：2.6 元/度，熱泵運轉電費：262,070 元/年																					
	熱泵與電能鍋爐比較	電力單價：2.6 元/度 電能鍋爐運轉電費：1,250,855 元/年 每年節省電費：988,785 元/年 (79.04%)																				
	熱泵與柴油鍋爐比較	柴油單價：24 元/公升 柴油鍋爐運轉燃油費：1,353,785 元/年 每年節省燃油費：1,091,715 元/年 (80.64%)																				
確保熱泵節能效率 產品使用壽命 20 年 關鍵因素	1. 安裝置於空氣對流處，不宜置於通風不良處空間。 2. 熱泵機組主機外殼宜採用不鏽鋼，蒸發器宜採用銅制品。 3. 落實長期定時維護保養。																					
熱泵不同 COP 值之耗能比較		熱泵不同 COP 值之節能費用比較																				
<p>百分比</p> <table border="1"> <caption>熱泵不同 COP 值之耗能比較</caption> <thead> <tr> <th>設備</th> <th>耗能百分比</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>柴油鍋爐</td> <td>100%</td> </tr> <tr> <td>電能熱水器</td> <td>92.4%</td> </tr> <tr> <td>熱泵 COP值3.3</td> <td>25.15%</td> </tr> <tr> <td>熱泵 COP值4.3</td> <td>19.35%</td> </tr> </tbody> </table> <p>熱泵COP值 3.3 與柴油鍋爐比較，約節省 3 / 4 熱泵COP值 4.3 與柴油鍋爐比較，約節省 4 / 5</p>		設備	耗能百分比	柴油鍋爐	100%	電能熱水器	92.4%	熱泵 COP值3.3	25.15%	熱泵 COP值4.3	19.35%	<p>新台幣：元</p> <table border="1"> <caption>熱泵不同 COP 值之節能費用比較</caption> <thead> <tr> <th>設備</th> <th>年節省費用 (元)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>柴油鍋爐</td> <td>0元</td> </tr> <tr> <td>電能熱水器</td> <td>102,930元</td> </tr> <tr> <td>熱泵 COP值3.3</td> <td>1,013,240元</td> </tr> <tr> <td>熱泵 COP值4.3</td> <td>1,091,715元</td> </tr> </tbody> </table> <p>COP值3.3與COP值4.3熱泵 兩者一年節能相差約 8 萬元 10 年相差約 80 萬元 可見熱泵COP值的高低與節能績效是具相當的直接關係。</p>	設備	年節省費用 (元)	柴油鍋爐	0元	電能熱水器	102,930元	熱泵 COP值3.3	1,013,240元	熱泵 COP值4.3	1,091,715元
設備	耗能百分比																					
柴油鍋爐	100%																					
電能熱水器	92.4%																					
熱泵 COP值3.3	25.15%																					
熱泵 COP值4.3	19.35%																					
設備	年節省費用 (元)																					
柴油鍋爐	0元																					
電能熱水器	102,930元																					
熱泵 COP值3.3	1,013,240元																					
熱泵 COP值4.3	1,091,715元																					

參考資料：廠商(子午線)永續能源公司之熱泵技術資料

表 5-3 空氣對水型熱泵熱水系統取代柴油鍋爐(例)

項次內容	鍋爐熱水器		熱泵熱水器	
使用人數	600	人	600	人
總熱量	181,400	Btu/hr	181,400	Btu/hr
使用年限	10~15	年	15~20	年
設備費用	1,125,000	元	2,250,000	元
每年燃燒費用(電費)	1,369,755	元/年	297,745	元/年
每年定期維護費用	327,000	元/年	40,000	元/年
操作人員管理費用	360,000	元/年	0	元/年
15年總費用	31,976,325	元	7,316,175	元
操作人員	需設置鍋爐士		自動控制	
水垢特性	易生水垢		不易生水垢	
使用能源	柴油		電能	
傳熱率	逐年下降		非常穩定	
操作便利性	危險性高		簡便	
使用年限後	須整套再購置		只要更換主機	
燃料危機	高		無	
投資回收	基準		1.8	年
產熱二次污染	黑煙,二氧化碳		無	
產熱附帶利益	無		冷氣,除濕,空氣濾清	
環保特性	無		優	
停電時熱源	無		發電機	
學校宿舍平均用電費用	無		2.6 元/度電	

參考資料：“熱泵系統簡介”承研能源科技，(鍋爐油(S=5%)以 12,9 元/L 計)

表 5-4 二氧化碳排放指數(能源耗用量與 CO₂ 換算表)

能源別	CO ₂ 排放指數				熱值 kcal/ 原始單位
	熱值單位 IPCC kg-C/GJ	原始單位		油當量單位 Ton-CO ₂ /kLOE	
		單位	kg-CO ₂		
LPG	17.2	l	1.74	2.36	6,635
柴油	20.2	L	2.70	2.76	8,800
燃料油	21.1	L	2.95	2.89	9,200
天然氣	15.3	M ³	2.10	2.10	9,000
電	-	度	0.66	-	860

註：1.1kLOE=9.0 × 10⁶ kcal，10⁷ kcal=41.868GJ，1 度電產生 0.66kg CO₂

7. 國內熱泵系統主要供應商有那些？

A：因為熱泵節能效益高，投資回收快，因此目前國內熱泵市場經調查熱泵主要供應廠商已有 10 家以上，如表 5-5 所示，其中子午線永續先進、台灣統陽、長友城、承研等四家屬系統廠商，主機採進口國外美國產品或國產，其它廠商則屬專業熱泵主機製造廠。

表 5-5 國內熱泵系統主要供應廠商名單

編號	熱泵供應廠商名單	進口/國產	廠牌
1	(子午線) 永續先進能源股份有限公司	美國進口	Thermo-stor
2	台灣太陽能源科技工業股份有限公司	美國進口	E-Tech、TSPE
3	長友城能源科技有限公司	美國進口	FHP
4	承研能源科技有限公司	國產	SWAT
5	千騰龍	美國進口	-
6	瑞盛電機	國產	瑞盛
7	堃霖	國產	堃霖
8	大同	國產	大同
9	江陵機電股份有限公司	國產	江陵

註:依 95 年 9 月統計。

8. 熱泵省能效果如何驗證？

A：單純就設備製熱的效能來看，熱泵設備優於其它經常使用的傳統熱水設備，我們可從製熱 COP 值作省能效果判斷。熱泵機的 COP 值是所得熱能與輸入電能的比值，亦即 $COP = \frac{\text{所得熱能(kW)}}{\text{輸入電能(kW)}}$ ，COP 值愈高表示輸入等量的電所獲得的熱能愈多。但燃油或燃氣鍋爐等不以電能驅動，無法計算 COP 值，故可將各類型設備

製熱的效率值換算為每產生單位熱能所需消耗的能源成本，如下表 5-6 計算例所示，將各類型設備產生每單位熱水所需的能源成本計算出來，就可以了解何者的效益較高。

表 5-6 各類型設備製熱的效率值換算為每產生單位熱能所需消耗的能源成本

各種熱源燃料費(1,000 公升冷水由 21°C 加熱至 58°C 成為熱水,需要 37,000 仟卡)						
設備種類	熱量需求		單位熱產能	耗能		能源費用
柴油鍋爐熱水器	37,000 仟卡	÷	6,612 仟卡/公升	=	5.6 公升	× 20 元/公升 = 112 元
電熱水器	37,000 仟卡	÷	774 仟卡/度	=	47.8 度	× 2.0 元/度 = 95.6 元
液化瓦斯熱水器	37,000 仟卡	÷	9,000 仟卡/公斤	=	4.1 公斤	× 19 元/公斤 = 78 元
天然瓦斯熱水器	37,000 仟卡	÷	6,707 仟卡/度	=	5.5 度	× 13.5 元/度 = 74.9 元
熱泵熱水器	37,000 仟卡	÷	3,096 仟卡/度	=	12 度	× 2.0 元/度 = 24 元

註：能源單價，近年能源價格變動大，可參考中油及台電電價表計算。

9. 熱泵現場測試方法與分析

A：取樣國內品牌熱泵應用於熱泵熱水系統應用案例，如相片 5-1~相片 5-6，測試方法分為水對水及空氣對水熱泵系統其檢測位置，見圖 5-3 與圖 5-4，彙整其測試分析結果，如下：

- (1).熱泵隨各廠牌規格不同，熱泵性能係數 COP 為 3.33~4.93 平均值>3。
- (2).熱泵主機將熱水從常溫水開始加熱，儲熱水槽水溫°C 隨時間上升至 50~55°C，熱泵主機的產熱速率隨儲熱水槽溫度上昇及時間逐步降低，而熱泵加熱性能係數 COP，也隨之降低，可見熱泵加熱性能係數 COP 與儲熱水槽水溫度°C 呈現類似反比關係。
- (3).熱泵消耗功率 kW 幾乎與儲熱水溫度°C 呈現正比關係，而產熱能力則逐步下降並略為趨緩。

- (4).環境溫度對熱泵加熱性能係數的影響，根據測試期環境溫度焓值分類間分析，焓值性能係數 COP 仍隨水溫降低而略為下降。
- (5).宿舍熱水儲槽小，熱水使用量低及游泳池現場人少，負載率低，大部分時間主機啟停頻繁，熱泵加熱性能係數 COP 將降低約 30% 左右。
- (6).熱泵備用機台太多，負載低停機時間長，將造成投資回收年限增加。
- (7).實測各案熱泵應用上需注意準確之系統負載需求調查、系統冷熱應用之合理設計、選用高效率機種及合適容量、性能驗收測試、最佳運轉設定及售後定期保養。
- (8).熱泵系統儲熱水槽容量與機台數搭配調整需求冷熱使用合理化，及充份利用離峰時間加熱儲熱，為最省能源費用方式。
- (9).熱泵系統在游泳池應用上 COP 可達 3~4，宿舍熱水 COP 可達 3 左右。以熱泵冷熱能都能使用之原則，熱泵將比電力、瓦斯、柴油鍋爐節省能源費用達 60% 以上。
- (10).熱泵系統工程應以規畫與施工驗收分開承包方式，降低價格，且非常適合導入 ESPC 節能保證工程案，加速推動改善。



相片 5-1 休閒館游泳池空氣對水熱泵系統



相片 5-2 飯店游泳池熱泵熱水系統



相片 5-3 學校宿舍空氣對水型熱泵熱水系統



相片 5-4 學校宿舍熱泵熱水儲槽(10 噸*2)



相片 5-5 宿舍熱泵熱水系統效率測試(明日之星)



相片 5-6 醫院熱泵熱水系統效率測試

水對水熱泵系統與檢測位置

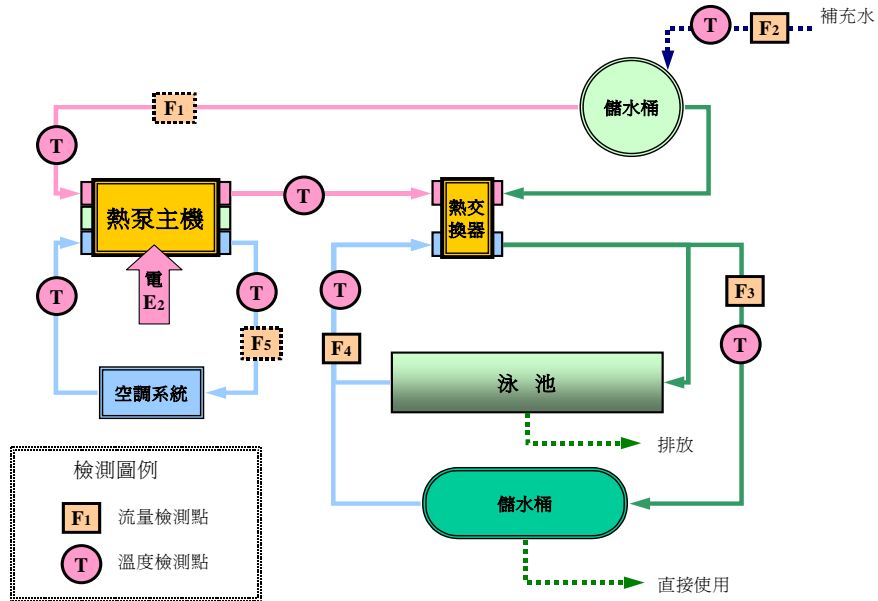


圖 5-3 水對水熱泵系統與檢測位置圖

空氣對水熱泵系統與檢測位置

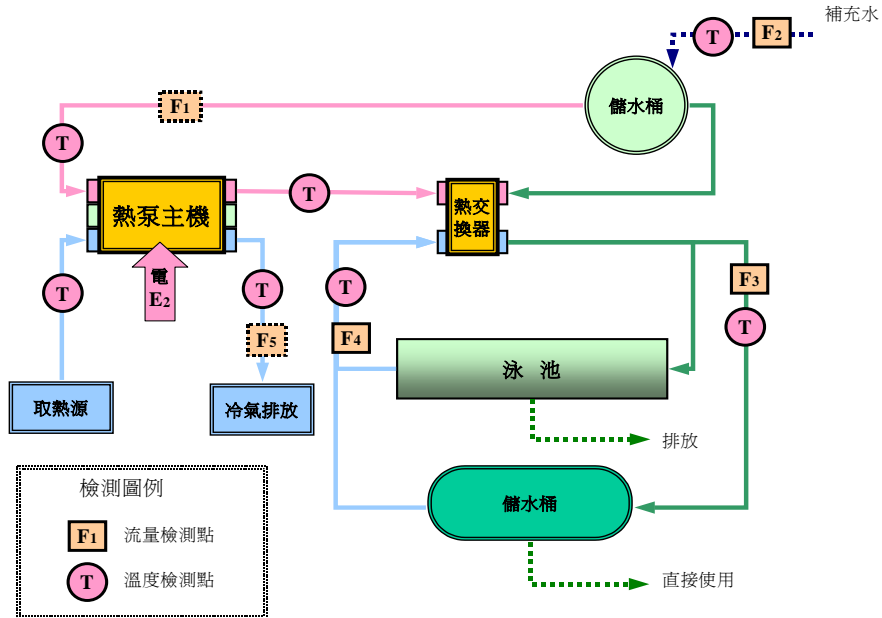


圖 5-4 空氣對水熱泵系統與檢測位置圖

10. 醫院採用熱泵取代蒸氣加熱熱水效益如何？

A：以某高雄復健大樓熱泵取代蒸氣加熱熱水系統如下表 5-7，其熱泵設備與蒸氣系統投資費用差異僅約 280 萬元，回收年限約 2.3 年。

可見醫院非常適合採用熱泵。

表 5-7 某高雄復健大樓熱泵取代蒸氣加熱熱水系統效益分析表(例)

投資效益分析	項目		差異金額	運轉費用差異說明	
			(萬元)	熱泵(萬元)	蒸氣系統(萬元)
能源比較	傳統熱水儲槽蒸氣費用		160	0	160
	熱泵耗用每年電費		-91.9	91.9	0
	熱泵冰水回收		53.2	-53.2	0
	效益合計		121.3	38.7	160
設備投資	設備費用		280	380	100
回收年限	2.3 年				
<p>備註：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 用電電價：1.8 元/kWh、蒸氣價格：680 元/T、蒸氣焓值：620x103kcal/T 2. 每日熱水需求量=75.6T/日 取 100T/日 3. 每日設備運轉時數=100Tx1,000L/T÷11355L/hr =8.8hr 4. 每年熱水需求熱量=100T/日 x(60-20)Kcal/Lx1000L/Tx365 日/年=1.46x109 kcal 5. 蒸氣系統耗用蒸氣費用：1.46x109kcal ÷ 620x103kcal/Tx680 元/T=160 萬/年 6. 熱泵運轉電費；1.46x109kcalx 0.00035kWh/kcal x 1.8 元/kWh =91.9 萬/年 7. 熱泵運轉冰水回收費用： 1.46x109kcal x 70%冰水回收 ÷ 3024kcal/RTx 0.875kW/RT x 1.8 元/kWh =53.2 萬元/年 8. 蒸氣系統設備費用主要為殼管式熱水儲槽 9. 本案熱泵系統以空調冰水系統回水為熱源 					



相片 5-7 某高雄復健大樓熱泵熱水系統

11.熱泵系統儲水槽應開放式或密閉式差別？

A：以改建案的角度而言，儲水槽的型式須應地置宜，盡量配合既設管線以避免大規模更改原來設施，以降低施工複雜性及成本，這是一個很重要。開放式或密閉儲槽各有其優缺點，比方說開放式儲槽若水位與補給水塔有落差時，會造成冷熱水壓力不均的問題，採用加壓方式必然增加能耗。熱泵系統需大量儲水，而開放式儲水槽沒有耐壓問題，甚至可使用組合式水箱進行儲水，儲水槽設計彈性較大。目前較常見的仍為密閉式水槽，節省了液位控制及輸送水的麻煩，但因耐壓考量，儲水槽造型均為圓筒型，且均以鋼鐵製成材料成本也較高。

12.水垢問題如何處理？

A：相較於利用燃燒方式產生熱水的設備，熱泵主機藉由冷凝器進行熱交換，熱交換表面溫度較燃燒爐低，相對結垢也較輕微。但除了表面溫度的因素，水質硬度高也會容易造成結垢，影響設備效能。必

須定期清刷冷凝器熱交換表面，尤其對採用板式熱交換器之機組。另外也可採用物理方式之水質處理設備，亦可有效防止水垢於熱交換面上形成。無論如何，定期清潔維護是最重要的。

13.熱泵採何種冷媒較好？

A：熱泵機目前採用 R-22 為主，若以節能環保為訴求，再加上商業化及售後服務的方便性，採用 R134a、R410A 環保冷媒較為合適。

14.熱泵如何保養及維修？

A：其保養及維修重點如下：

(1).日常保養

A.電路系統保養

- * 電線接點之清潔

- * 電線接線螺絲上緊

- * 檢查電壓、電流是否正常。

- * 每年至少檢查一次，控制保護裝置之設定，修定設定值。

B.清潔：灰塵太多是機械發生動作不正常之原因之一，如經常注意清潔，即可防止故障。

(2).季節性檢查

A.檢查電氣連接螺絲是否鬆脫。

B.接通主電源。

C.檢查水管路並清洗管路。

D.清潔機組之灰塵。

(3).空氣濾網：空氣濾網因灰塵，油污附著，必需定期保養。正確保養方式是以吸塵器加以清除污垢、灰塵。在有油污、蒸氣的地方，特別是像廚房的地方，必需安裝鋁質濾網。因為鋁質濾網才可以用熱水清潔劑或是清洗機加以清除油污和污垢。

- (4).風扇保養：每六個月，在風扇馬達潤滑孔上加幾滴潤滑油加以潤滑。不同粘度之潤滑油可導致軸承問題，並且不要過度潤滑。
- (5).蒸發器鰭片清洗：蒸發器上的灰塵可以吸塵器清除，其他像廚房油污，油漆分子，或輕微的脫落物可以用清潔劑(不含漂白劑)噴灑鰭片加以清洗。在過於髒污的情況下，才用"蒸發器鰭片專用清洗機"清洗。鰭片在清洗後需用清水再加以完全洗刷過。

15.如何降低熱泵維修費用？

A：過高的設定水溫可能引起冷媒系統高壓及壓縮機吐出溫度過高，因此建議水溫調整在適用範圍即可，約 50~55°C，家庭使用的範圍在 45°C 左右即可，此外日常保養及適時的清理蒸發器及冷凝器等，都可以維持設備運轉在良好的情況，自然降低故障維修的費用。

16.熱泵的噪音問題如何處理？

A：熱泵由壓縮機驅動冷媒循環，壓縮機為噪音來源，另空氣對水熱泵機需使用風機強制空氣流動，風機馬達及空氣振動亦為噪音源。在設備設計上，利用箱型外觀設計阻隔噪聲源，並加大進風口降低進風切聲，出風部分則可以於風管內加襯吸音或隔音材料的方式降低運轉時噪聲。噪音防治技術是很成熟的技術，只要設計時加以留意便可適當解決。

17.熱泵系統別與應用分類？

A：熱泵系統案例歸類統計大致可分為空氣對水系統及水對水系統兩類。應用上主要可分：

- (1).沐浴洗滌熱水：太陽能+熱泵熱水系統、熱泵熱水系統、冷暖氣空調+熱泵熱水系統。

(2).游泳池：游泳池加溫熱泵熱水系統、熱泵 SPA+沐浴系統、太陽能+熱泵熱水系統、熱泵恒溫恒濕溫水游泳池。

(3).製程：熱泵熱水系統+除濕加熱系統。

由以上可見熱泵系統應用組合之多樣性及廣泛性。

18.行業別熱泵安裝實績案例統計？

A：依國內子午線、台灣統陽、長友城、承研等廠商，歷年安裝實績案例統計，每家用戶安裝熱泵台數則依個案規模大小不同變化，如有的個案，一家多者可達 9 台。現採用行業場所共分為 13 種，其案例多寡排序為學校、游泳池、醫院、別墅住宅、公司宿舍、旅館飯店、俱樂部、教養院、渡假、教會寺廟、兒童之家、看守所、海水浴場等，其中學校、游泳池、醫院等，經各供應商努力推動熱泵應用已非常廣泛，接受度非常高，其它業則有待加強努力推動普及。

19.商業部門熱能耗用概況？

A：(1).能源查核用戶商業部門總熱能用量：

依據 94 年能源查核用戶商業部門統計(契約容量>1,000kW 者)，如表 5-9 社會服務及個人服務業共 367 家，能源年使用統計而扣除電力部份，燃料油、LPG、天然氣合計約 219,885 公秉油當量。若以能源單價=8,000 元/kLOE 計，約 17 億元。其中醫院 93 家+旅館 38 家+學校 159 家=290 家，家數佔 80%。代表社會服務及個人服務業熱能主要用於醫院、旅館、學校。

表 5-9 社會服務及個人服務業能源年使用統計

行業別	查核 家	電力 度/年	燃料油 公秉/年	LPG 公斤/年	天然氣 m ³ /年	熱能合計 kLOE	熱能費用 億元
社會服務及 個人服務業	367	56,233,188	590	6,978	212,317	219,885	17

註:

1. 依據94年查核用戶(家)統計社會服務及個人服務業(契約容量>1,000kW者), 有367家, 其中醫院93家+旅館38家+學校159家=290家。
2. 能源費用(萬元/年)=熱泵節能潛力(kLOE)*能源單價(8,000元/kLOE)
3. 投資費用(萬元)=能源費用(萬元/年)×預估回收年限(年)
4. 能源熱值=9,000Mcal/kLOE

20.商業部門熱泵市場大小?

A: 以熱泵可產生熱水及附加冰水或冷空氣之特點, 應用在商業部門中需冷熱能同時使用之行業以飯店, 醫院, 學校、游泳池(含SPA)最適合。經能源用戶家數統計, 飯店(2,488家)+醫院(526家)+學校(156家)+全國游泳池(98家)=3,268家, 如下表5-10及表5-11所示。以目前國內熱泵系統主要供應廠商安裝實績約10%左右而言, 尚有很大努力開發空間。

表 5-10 能源用戶(飯店,醫院,學校)家數統計

行業別	說明	全國家數(家)	資料來源
飯店 (2,488家)	合法旅館	2,402	依據交通部觀光局94年統計(見網站)
	國際觀光飯店	61	
	一般觀光旅館	25	
醫院 (526家)	醫學中心	24	依據年行政院衛生署評鑑及教學醫院評鑑合格名單統計(見網站)
	特殊功能教學醫院	35	
	區域醫院	66	
	地區醫院	401	
學校 (156家)	大專院校	140	依據教育部94年統計(見網站)
	軍事院校	19	

表 5-11 全國游泳池與泳會統計

游泳池與泳會	家數
全國游泳池與泳會	98
台灣北部溫水游泳池	59
台北市公立游泳池	20
台北地區游泳場所	32

註:網站www.masterswim.org.tw/7/pool.htm

21.商業部門熱泵節能潛力多少？

A：(1).以前表 5-4 依據 94 年查核用戶(家)統計社會服務及個人服務業(契約容量>1,000kW 者)，經整理統計熱能約 219,885kLOE。以能源單價=8,000 元/kLOE 計，約 17 億元。其中熱能主要用於以醫院 93 家+旅館 38 家+學校 159 家=290 家。若採用熱泵系統節能效益推估如下：

A..節能潛力： $219,885\text{kLOE}/\text{年} \times 80\% \times 50\% \text{計} \times \text{落實家數} \times 50\% \times 8,000 \text{元}/\text{kLOE} = 43,977\text{kLOE}/\text{年}$ 、約 3.5 億元/年。

B.投資費用： $3.5 \text{億元}/\text{年} \times \text{以 3 年回收計} = 10.5 \text{億元}$

註：落實能源大用戶改善家數 290 家之 50%計，一般熱泵保守省能 50%計。

(2).台灣北部溫水游泳池 59 家，節能推估如下：

A.節能潛力： $(200 \text{萬元}/\text{年} \cdot \text{家} \div 8,000 \text{元}/\text{kLOE}) \times 60\% \text{計} \times 59 \text{家} \times \text{落實家數 } 70\% = 6,195\text{kLOE}/\text{年}$ 、約 0.5 億元/年

B.投資費用： $0.5 \text{億元}/\text{年} \times \text{以 3 年回收計} = 1.5 \text{億元}$

註：

A.一般傳統鍋爐加熱標準游泳池能源費用約 200 萬元，(冬天約 30 萬元/月、夏天約 10 萬元/月。)

B.落實台灣北部溫水游泳池 59 家改善家數之 70%計，一般熱泵保守省能 60%計，回收年限約 3 年內。

(3).合計以上(1)+(2)項節能推估如下：

A.節能潛力= $(3.5+0.5)=4 \text{億元}/\text{年}$

B.投資費用= $(10.5+1.5)=12 \text{億元}$

此效益若包括表 5-5 能源用戶(飯店,醫院,學校)統計家數、工廠製程上及住家熱泵應用，可見未來熱泵市場之大，尚待努力推動。

22.熱泵系統相關獎勵為何？

A：因市場的需求，國內外熱泵熱水系統的製造廠發展出更有效率的機型，其 COP 加熱性能係數平均都在 3.0 以上。由於熱泵熱水器有環保又節能優點，故目前為政府積極獎勵推廣的新科技產品。政府對能源用戶裝置「熱泵熱水設備」之適用相關獎勵法條如下：

- (1).行政院(95 年 3 月 27 日)「公司購置節約能源或利用新及淨潔能源設備或技術適用投資抵減辦法」：其在同一課稅年度內購置總金額達新台幣 60 萬元以上者，屬設備部分得就購置成本按百分之七，屬技術部分得就購置成本按百分之五，自當年度起五年內抵減各年度應納營利事業所得稅額。
- (2).行政院「購置節約能源設備優惠貸款」：貸款利率最高不超過郵政儲金二年定期儲金年息機動利率加年息 2.45%機動計息。
- (3).行政院「促進產業升級條例」：適用本條例第五條第一項有關加速折舊之規定。本優惠可以 2 年加速折舊，提早認列費用。

【註】有意申請辦理上述相關優惠措施之廠商請洽：

經濟部能源局網站查詢，網址：www.moeaec.gov.tw

23.國內熱泵系統諮詢顧問有那些？

A：近年國內熱泵市場經熱泵主要推廣研究單位及主要供應廠商努力逐漸推動下，目前能源用戶導入熱泵熱水加熱系統需求也大幅成長。用戶對於系統規劃、設計、安裝、驗收及運轉工作，可依下表 5-12 熱泵系統諮詢顧問名單去電詢問並取得協助。

表 5-12 熱泵系統諮詢顧問名單

推廣研究諮詢顧問

單位名稱	單位	姓名職稱	電話	地址
國立台灣大學	機械系	黃秉鈞教授	02-2363-4790	台北市大安區溫州路 52 巷 7 號
台灣綠色生產力基金會	節約能源中心	-	02-2911-0688	台北縣新店市寶橋路 48 號 10 樓
工業技術研究院	冷凍冷藏系統研究室	-	03-591-4217	新竹縣竹東鎮中興路四段 195 號 64 館 408A 室
台北科技大學	冷凍空調系	蔡尤溪教授	02-2771-2171 分機 2508	台北市大安區忠孝東路三段 1 號

主要供應商

公司名稱	姓名	職稱	電話	地址
(子午線) 永續先進能源(股)份公司	黃紹光	總經理	04-2359-5085	台中市南屯區五權西路三段 1-47 號
長友城能源科技(股)公司	湯顏行	經理	04-2407-3325	台中縣大里市爽文路 873 號
台灣太陽能源科技工業(股)公司	廖清松	總裁	02-8693-3166 02-2765-6718	台北縣汐止市明峰街 297 巷 8 號 5 樓
承研能源科技(股)公司	黃文峰	協理	02-8751-9512 分機 300	台北市內湖區瑞光路 258 巷 2 號 8 樓之 2

陸、結語

由國內熱泵研究及現場測試案例證實，熱泵產出之冷熱能若在合理規劃運作下，熱泵加熱性能係數 COP 都可大於 3 以上時，取代傳統電力、瓦斯、柴油熱水鍋爐，節能效益可達 60% 以上。

國內熱泵熱水系統全面推廣至今，在工廠、學校、游泳池、醫院、別墅住宅、公司宿舍、旅館飯店、俱樂部、教養院、渡假、教會寺廟、兒童之家、看守所、海水浴場等，已有數百個不同的應用成功案例，其中學校、游泳池、醫院等，業界接受度非常高。

預期未來利用此「熱泵熱水系統 Q&A 節能技術手冊」，先針對商業部門能源查核大用戶(>1,000kW 者)醫院 93 家+旅館 38 家+學校 159 家共約 290 家及溫水游泳池 59 家等用戶，加強推動採用熱泵熱水系統，分別以落實率 50%、70% 計，整體節能潛力可達約 4 億元/年，其投資回收年限約 2~3 年內計，投資費用約需 12 億元。而後再擴大至安養院、住家等其它能源用戶，相信在各行業用戶加速落實擴大採用熱泵後，可大幅降低節約能源使用成本，提升經營利潤，加強市場競爭力，對國家整體節約能源目標推動上，也相對提出貢獻。

參考文獻

- 1.黃秉鈞: 「大氣熱能的開發- 熱泵」。太陽能學刊, 第五卷第一期, 10-11(2000)。
- 2.黃秉鈞、李璟柏等八位: 「太陽能輔助熱泵熱水器」。2001 兩岸太陽能科技研討會, 2001 年 5 月 23 日於台中市國立勤益技術學院, 研討會論文集, 59-65(2001)。
- 3.黃秉鈞等: 太陽能應用科技提升(5/5), 經濟部能源委員會九十三年度計畫期末報告, 93-D0121。
- 4.李璟柏: 「太陽能輔助熱泵熱水器性能提升設計與評估方法研究」。台灣大學機械工程研究所博士論文, 2004 年 9 月。
5. 2005 年非製造業能源查核年報, P2, 台灣綠色生產力基金會, 民國 95 年 4 月。

編後語

財團法人台灣綠色生產力基金會節約能源中心(簡稱 綠基會節能中心)，主要任務是配合國家能源政策，執行經濟部能源局委辦之各項節約能源技術服務計畫。藉由檢測、診斷找出產業、住商及政府機關部門能源使用缺失，尋找節能機會(政策、技術、設備、管理)，對能源用戶提供能源效率評估及改善規劃、製程、操作等服務工作外，亦製作節約能源海報、貼紙及出版各種節能成果專刊、節能技術手冊，而推廣節約能源的觀念。

此「熱泵熱水系統 Q&A 節能技術手冊」之編撰，主要是配合高效率熱泵熱水加熱系統取代低加熱效率之電熱水鍋爐及燃料(瓦斯、柴油及鍋爐油)熱水鍋爐之推廣，希望提供給各能源用戶能源管理者，有一參考學習技術觀念與手法之手冊，而自發性推動導入改善工作，並借此加強節約能源教育宣導，落實全民節約能源共識。

此手冊的編撰是在綠基會節能中心王主任文伯的指導下，得以順利完成。其過程感謝台大機械系黃秉鈞教授，撰稿熱泵熱水加熱系統原理特點、設計方式及研究心得，並提供國內熱泵節約能源改善措施案例說明其節能效益。此稿經由節能中心郭華生組長彙整編排和校對後，交付廣宣蘇雪華小姐，進行封面規劃設計及聘請國內主要熱泵供應廠商(子午線)永續先進能源(股)份公司黃紹光總經理、長友城能源科技(股)公司湯顏行經理、台灣太陽能源科技工業(股)公司廖清松總裁、承研能源科技(股)公司黃文峰總經理等四位諮詢委員負責審核後，送經濟部能源局呈核核准，才得以印製完成，倉促間內容不免有所疏漏和缺失，還望產、官、學界的各位先進不吝惠予指正，得以使本手冊更形充實和完備。