

Resource Cool

適用於資源匱乏地區之光電儲能空調及暖氣系統設置 手冊 (離網型光電、可搭配儲能電池系統)

Monty J. Hatfield 著

目次

1.前言：	2
2.初始概念：	4
3.熱泵系統-獅子山共和國：	7
4. 熱泵系統-澳洲：	11
5. 注意事項	14
6. 補充資訊	18
7. 結論	20

名詞釋義

主機	空調/ 熱泵壁掛式室內機
熱泵	空調的學名，利用帶電壓縮機轉換兩空間的熱能
節流計量裝置	恆溫膨脹閥 (TXV:Thermostatic Expansion Valve)。膨脹閥與固定節流孔板及毛細管都屬同類型節流計量裝置
熱能	此術語在本文件中被廣泛使用，遂指被儲存或使用的熱力學量高或低於周圍環境
曲軸	此為穿越內燃機中部的主軸，帶動機器運轉

1.前言：

季節及區域性氣候間的差異，使得空調及暖氣設備的能耗量有時可消耗約整棟建物 70%的能源，如此高耗能設備的電力供應如果單只來自於離網型光電系統 (off-grid system)，則需要大容量儲能電池亦或高效能發電機在光電能源不足的情況下接續輔助運轉，以確保設備一切運作正常。如此一來，與併網型太陽能發電系統 (on-grid system) 相比，離網型的產電成本已遠超過總需求能源費用。為解決此衍生問題，我利用水的熱特性，提出了一項全新、且可用於加熱及冷卻過程的能源儲存系統。

2021 年，當我在非營利組織 (NGO) 的非洲西海岸、獅子山共和國駐紮任職時，我的首要任務之一就是優化工作場所的空調系統，然而，以傳統的柴油發電機輔助空調運轉卻呈現出許多缺失，於是我遂決定改變作法，並為這全新的嘗試設定了下列執行方向：

執行準則

1. 太陽能供電
2. 即使沒有配備大容量儲能電池，空調在太陽下山後仍能正常運轉
3. 儘可能運用當地資源
4. 考量當地經濟及生活條件，儘可能不使用高端科技設備

5. 使用手邊現有零、物件組成，讓多數當地技術工作人員操作及維護起來簡單好上手

6. 減少冷媒使用量

我最終開發了一套價格親民、完全符合上述準則、且運轉一切順暢的空調系統，且隨後也在澳洲複製了另一套相仿系統，不同的是，澳洲的系統還多了冬季供暖功能。我相信這兩套系統，對於住在資源落後地區、依靠離網型光電、亦或是想要單純節省電費的人來說，具有相當高的實用性。

這套系統將會改變世上多處地區的能源消耗方式，而它簡便的裝置，也讓即使只具有技術知識的人都能輕易架設。能夠利用手邊老舊設備改裝成一套新系統，不僅有趣又益處多多。但需注意的是，此套系統同時有直流電和交流電相互運作，過程可能會充滿挑戰，在正式作業前，工作人員須自行確保已具備相關背景知識，且也採取適當的預防措施。

為拓展讀者群，此手冊編寫的言簡意賅、淺顯易懂；但這並不是一份組裝指導手冊，這是一份協助讀者能夠建立自己一套系統的指引，而我也希望，此手冊能夠激發大眾創造力，在眼下傳統的空調及供暖系統中，能夠有更簡易、永續及環保的運作模式，甚而，鼓勵大眾能善加利用手邊老舊廢材將『廢鐵變黃金』。

2. 初始概念：

『熱泵』和『空調』運作的原理皆是利用壓縮機產生的高低溫間能量移動方式，達到『加熱』和『降溫』的功用。在此份文件中，為免混淆，我皆會使用『熱泵』一詞泛指此類系統。

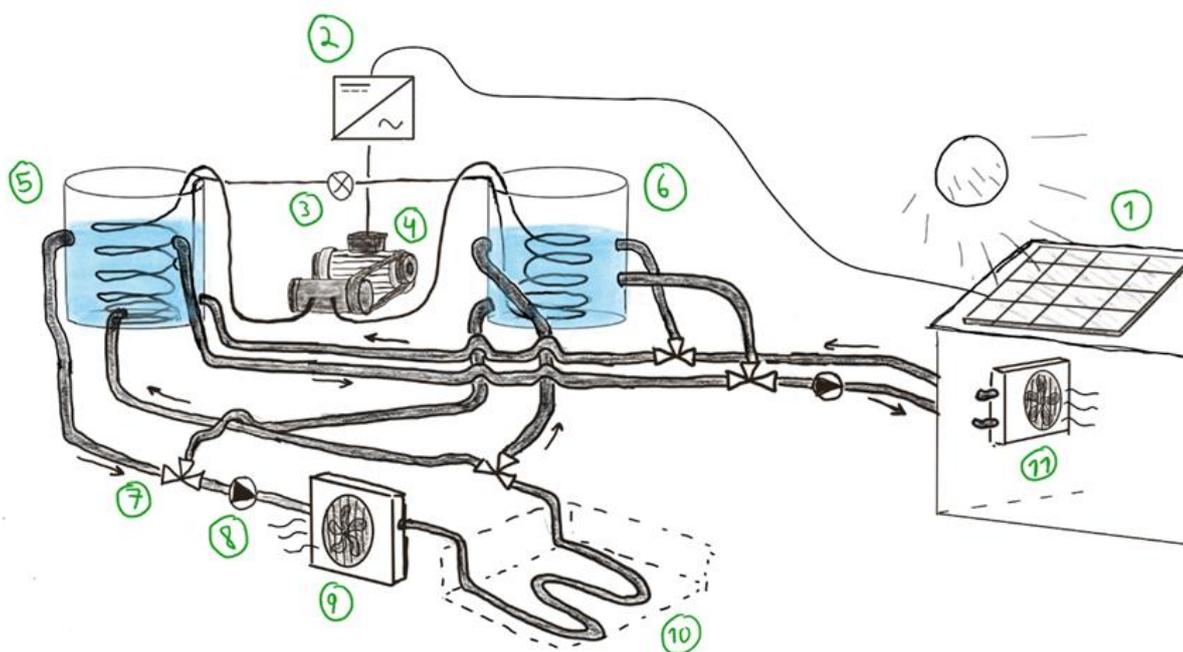
熱泵運作時會一面吸熱、一面排熱，這使得架設處兩邊的溫度冷熱不一，且在『加熱』和『降溫』的過程中產生的能源『廢熱氣』或『廢冷氣』也會被散熱器和風扇排到外邊；亦或通過管路架設，排入水槽或地底下。

我開發的第一套系統中的廢熱是被排到外部空間；然而，在第二套系統，我就同時利用了冷、熱能來達到室內加熱或降溫的目的。因為這兩套系統都是使用光電，因此架設地點的日照時數，不管在我需要加熱或降溫時都相對充足。

設置這熱泵裝置的主要關鍵有二：

第一、利用光電逆變器將直流電轉換成交流電來運轉壓縮機馬達；

第二、以蓄水槽儲能替代蓄能電池



圖示一：系統組成員件圖例

1. 太陽能板
2. DC→AC 逆變器
3. 節流劑量裝置 (膨脹閥)
4. 壓縮機和馬達
5. 熱水池
6. 冷水池
7. 三向閥
8. 循環幫浦
9. 外部熱交換器
10. 地下熱能轉儲管道
11. 內部熱交換器

圖例一顯示了系統主元件。我們可以看出製冷用蒸散銅管和供暖用冷凝銅管都在蓄水槽裡，這樣的系統配置有其優缺點，以澳洲的熱泵系統而言，我將外部熱能交換器安裝在較高溫的一方，因為該系統在澳洲夏天須提供降溫功能。

熱泵在日照時間內加熱或冷卻蓄水池的儲水，水的比熱較大，吸和散熱能力也強，適合用於建物內熱能傳導用途，同時水也環保、便宜，操作上也易上手，此外，也因為水被當作導熱媒介，所需冷媒用量相比起變頻多聯式空調系統 (VRF)，也大大減少了 75% 以上。

在如此獨立的系統中，如果要避免使用蓄能電池，直流、交流光電逆變器經常被安裝在太陽能板和電動馬達之間，轉化吸收到的光能調節馬達轉速 (RPM)，以控制電動馬達去驅動水泵。如此設置不僅能讓馬達在陽光充足時全力運轉；天空雲層較厚、陽光不足時，馬達也能適時節能降速，拉長系統運行時間。

在熱泵系統中，驅動壓縮機馬達約占總耗電能 95%，也因此，馬達驅動模式被設計成只有在光電充足時才運轉。長久以來，壓縮機馬達的市場大多都是異步馬達 (asynchronous motor) 獨占鰲頭，而這也是全球最常被運用的馬達種類。異步馬達除了在空氣調節系統 (HVAC systems) 中被廣泛使用外，在其餘設備組中也能經常看到它的身影。近年來，越來越多高效能馬達在市場發跡，但異步馬達仍是最受大眾青睞、能效最好、也最耐用的機組，而這也是為甚麼我在非洲和澳洲開發的兩項系統中全都選用異步馬達。在之後的第六章節會有異步馬達的詳細介紹。

3.熱泵系統-獅子山共和國：

我當初在設置這套系統時並沒有使用真空幫浦或儀表組，而熱交換器也是在水槽裡用豐田 Land Cruiser 的車用空調（亦即冷凝器）改造的；甚至連最基本的節流計量裝置，我也親手組裝（圖三），此裝置雖然運作正常，但我還是比較建議大家使用市售類型。一剛開始在建構這個熱泵系統時，我就已經開始著手書寫這份手冊，希望能將我的經驗分享出去，但在我完成之前，我就被轉調到其它基地，雖然如此，此計畫仍持續進行，也因如此，我才能有機會以實例證明我開發的系統理念確實可行。詳細描述如下：

我設計的系統不但模組化、且不含高科技技術元件的條件也是在眾多優異之處最為顯著的一點。我之所以選用由皮帶驅動的車用空調壓縮機，是因為相對於一般冷氣壓縮機，它在高、低速間的轉速變化中能仍維持車內空間恆溫，此功能性強大，我相信大家一定都能在網路上找到相關資訊。



圖二：因為測試儀器有限，所以相關測試是在車用壓縮機被移除前利用馬達執行的。在此項測試中，馬達是用光電驅動的、而風扇則幫助空調系統（冷凝器）散熱。



圖三：(左) - 焊接骨架, 3 相馬達, 壓縮機, 從報廢 Land Crusier 拔除的冷凝器。(右) - 自製電流勾表。

此熱泵系統為冷卻用，因此熱水是系統運作時產生的廢棄物，但此熱水仍可拿來淋浴以及洗滌儀器等用途。

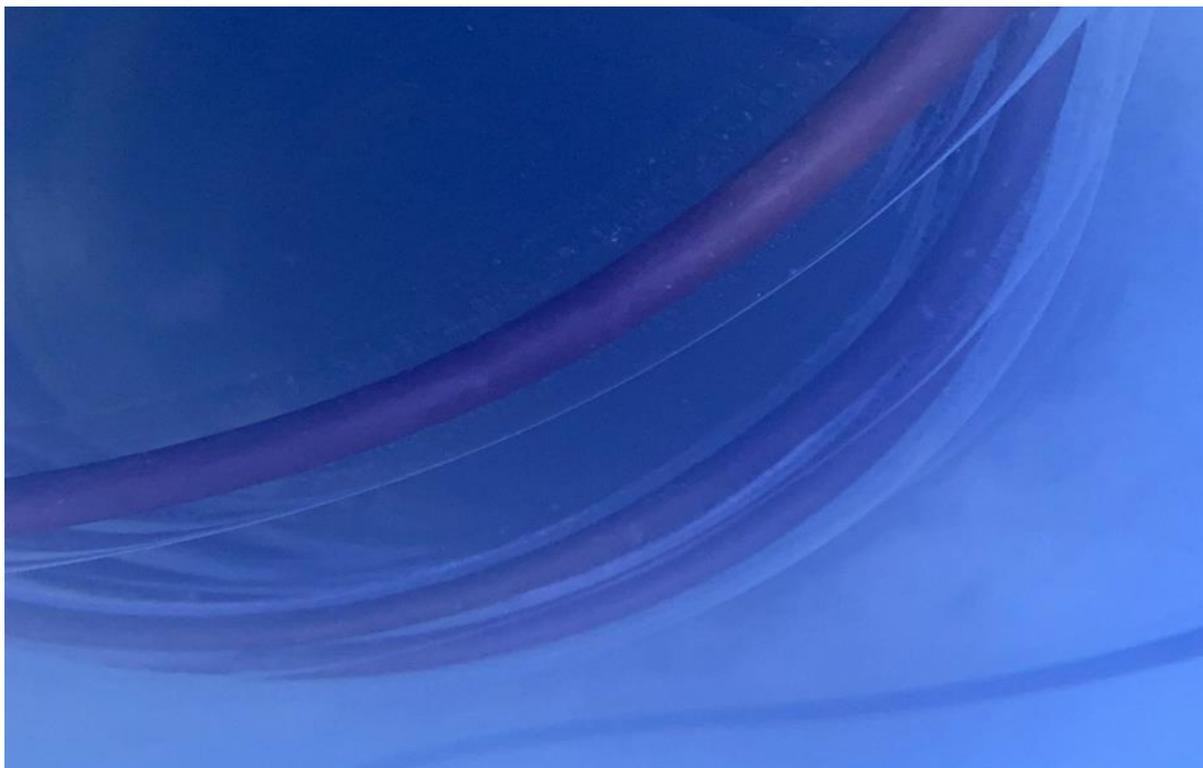


圖四: 4000 公升水槽, 安置在黃色變電箱裡的逆變器, 四台二手且已移除壓縮機的室外機

1. 4000 公升水槽上蓋二手醫療箱的絕緣層
2. 馬達和壓縮機
3. 內裝 Land Cruiser 空調系統(冷凝器)元件的水箱

4. 四台二手且已移除壓縮機的室外機
5. DC→AC 逆變器及主電源開關和避雷器

標示三的淺藍水箱內部裝滿水、加上放在內部的冷凝器，整個組件的設計及功用就如同熱交換器般將熱能從冷媒傳遞到水中，而隨後熱水會被抽送過四台戶外機，這四台戶外機內部的散熱元件已被重新改裝、並聯並移除節流計量裝置，以允許更多水流通過。被當成蒸散器的銅管捲被安置在 4000 公升的水槽內以冷卻熱水，而後冷水會通過絕緣軟管/ 管線被抽送到老舊的室內機進行室內降溫。



圖五: 4000 公升水槽內的銅管內部已經開始結冰



圖六：室內機正式運作前的前測：進水溫 1.5°C、入口空氣 35°C、出口空氣 24°C；室內機正式安裝在室內使用後，因為入口空氣比當初測試時的溫度還低，所以出風口的溫度實際上可降約 15°C

此次設置中所使用到的所有物件，以下。

Qty	物件
1	4.5kW 三向馬達
1	5.5kW 太陽能水泵逆變器
13	410W 太陽能板（共 13 片，總發電量 5330W）
4	二手室外空調組件
1	4000 公升水槽
1	10 毫米和 15 毫米紅銅捲管
4	二手室內空調主機
6	小型水泵
1	絕緣料
1	管線，軟管，配線和電纜
1	手工膨脹閥（節流劑量裝置）

1	氣體種類：四氟乙烷 (R134a)
---	-------------------

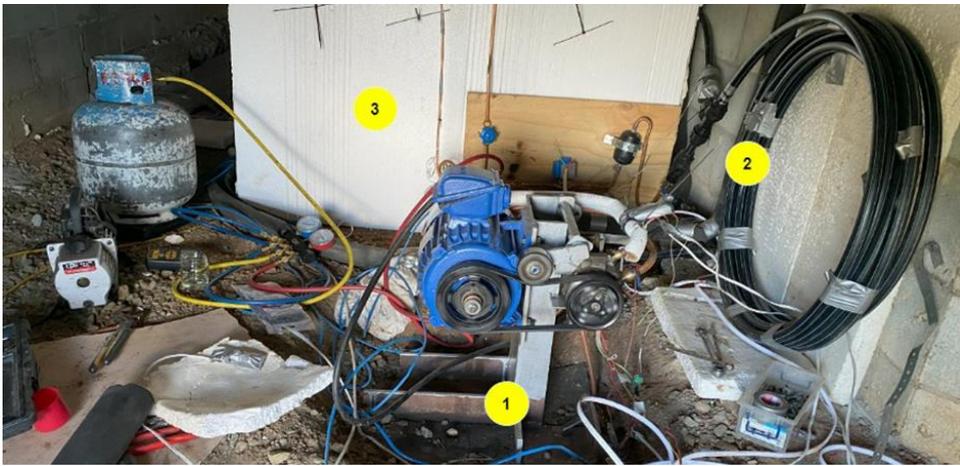
4. 熱泵系統-澳洲：

我開發的第二套系統在澳洲。比起第一套系統，第二套系統因為已有先前在非洲的設置經驗、以及，手邊資源及元件取得上相比起非洲更來得充足，所以在組裝元件上稍有提升；即便如此，運用常見素材、不過份著重高科技元件的裝設宗旨仍維持不變。也因如此，我仍然使用車用空調系統改裝，而這壓縮機是從一台已行駛 400,000 里程數 (250,000 英哩)的 Toyota Prado 中拔除的。

開發第二套系統的動機除了供暖外、還有室內降溫的需求；因此，如同在第一套系統裡，被當作蒸散器的銅管捲是用來降溫水槽裡的水，第二套系統的水槽裡還設有一個外部熱交換器以注入熱水。



圖七: 馬達、壓縮機和皮帶張力器。以萬能鉗夾住的地方原本裝設一個彈簧，但之後因為機器運行中衍生的振動，我遂替換成液壓支撐桿以消弭震動力度。



圖八: 第一次測試，馬達和壓縮機之後都覆蓋上一層隔音箱

1. 放置馬達和壓縮機的金屬架之後被替換成橡膠墊，並在上鋪蓋上一層砂石
2. 熱交換器靠在一些絕緣材料旁，而這部分也在之後被蓋上一層絕緣料
3. 作為冷水槽的1噸方桶(IBC)，其外也覆蓋了一層絕緣料



圖九: 水對空氣散熱器(空氣調節箱)。為了讓足夠的水流能通過散熱器，原本的供冷媒通過節流計量裝置管線被替換成更大的管道。

在裝設第二套熱泵系統時，我以圖九的二手空氣調節箱元件來替代第一套系統的室內機部分，此元件裝設在房子底下、而管道部分則通過地上的通風口向上延伸，透過開關四道系統用閥，可以控制進入空氣調節箱的冷、熱水源頭，也因此控制著冷風或熱風出口。此裝置可讓總面積超過 500 立方公尺（17,600 平方英尺）的空間變暖。



圖十: 使用半年後冷水槽內部狀況

封閉式水循環系統總是有藻類堆積的問題，然而，圖十可以看出，即便使用了半年且也沒另外添加任何清潔化學藥劑，水槽裡的水還是一樣乾淨。此外，一噸方桶（IBC）的上蓋並沒完全旋緊以便讓桶內氣壓可以改變；在銅管穿過的水槽壁周圍還鋪上白色泡棉，如此做的用意是防止水結凍而使槽壁破裂。

Qty	物件
1	4.5kW 三向馬達
1	5.5kW 太陽能水泵逆變器
13	410W 太陽能板（共 13 片，總發電量 5330W）
4	二手室外空調組件
1	4000 公升水槽
1	10 毫米和 15 毫米紅銅捲管
4	小型循環水泵（10W）
6	無孔和多孔絕緣板
1	管線，軟管，配線和電纜
1	#1 熱力膨脹閥（未來會被替換成#2）

1	氣體種類：四氟乙烷 (R134a)
1	乾燥過濾機
1	試鏡
1	電磁閥防止冷媒遷移
1	Arduino Mega (微控制器開發板)、繼電器、以及稍後會安裝的溫度感測器

5. 注意事項

根據我的經驗，我將提出些許想法及可供改進的部分與讀者分享。由於我開發的兩套系統都是使用車用空調壓縮機改裝而成，因此接下來提出的所有看法都會以此為基準，然而若你選擇使用全封閉

壓縮機，這裡提出的要點仍可供你參考。

壓縮機和水槽地點選擇：

為了降低冷媒使用量，壓縮機與水槽需盡可能放置地靠近彼此；但如果這兩儀器離建物有段距離並不會增加冷媒使用量，因為將水抽送到它地是相對的容易，只是記得管道絕緣部分應該會需要增加。此外，針對太陽能板和逆變器的安裝位置以及水槽的總重，這些都是在裝設系統前需要規劃及思考清楚的。

系統規模：

壓縮機大小的選擇取決於室內空間大小；但此部分及節流計量裝置的尺寸則會影響到三向馬達的規格。強烈建議替壓縮機和節流計量焊接一個附有皮帶調節功用的實心鋼鐵底座，這可幫助吸收皮帶系統的後座力以減少震動，就如我前述提及，在我於澳洲開發的第二套系統中，我做了一個有安裝液體支撐桿的皮帶張力器來替代彈簧以消弭儀器震動力度。

光電和逆變器：

逆變器的規格取決於馬達尺寸，且可左右太陽能板的數量。逆變器製造商多會建議，逆變器規格 1.5 倍為光電裝置總發電容量（峰瓦），以此來換算出所需購買板數（詳細資訊請參考第六章節-馬達轉速和瓦數）

日照不足狀況：

如果熱泵系統只提供室內降溫，那即便在陰雨天，因缺乏日照而導致產能不足，也因為天候本就涼爽，對於使用空調系統的需求變低，產能低的結果也不太會對使用者造成任何顯著影響。然而，如果熱泵系統是供暖用，那日照不足的天氣狀況造成的低產能就會是一個問題。要解決此問題可以放置一個較大容量的熱水槽，但想當然爾，水槽容量的大小同時也影響壓縮機和逆變器的規格、以及太陽能板的數量，這些因素都是必須隨之考量進去的，但理論上，如果水槽容量夠大，即使日照條件長時間不佳，仍不會影響到系統運行。

熱水槽夏日夜間降溫：

假設日間溫度攝氏 38 度（華氏 100 度），則在前一晚預先利用夜間溫度冷卻熱水槽，是可以在隔天系統運行時增加效率。如果熱水槽溫度在當天日落時分仍有約攝氏 50 度（華氏 122 度），而當晚室

外氣溫為攝氏 22 度（華氏 71 度），則風扇或循環泵系統也許可以替熱水降溫至約攝氏 25 度（華氏 77 度）。以上方法如果施行正確，你隔一天用來冷卻冷凝器的熱水槽水溫理應會比室溫還低。當然，要達到如此效果，還有很多因素須同時考量進去，我將會在稍後分享更多資訊。

噪音值：

我原本擔心壓縮機和馬達噪音會比室外熱泵機組還大，但事實上，這些多為高頻噪音，因此是可以被隔音材料阻絕掉，須注意的是，在安裝隔音材料時，須確保預留足夠通風孔讓馬達降溫。

彭巴效應：

當系統運作進行冷卻時，可以顯著增加冷水槽的熱容量，這是源自於從液體到固體（水到冰）的三態變化原理，這一變化可以減少冷卻所需的水量，並在水中保留冰的同時穩定水溫，但並非水槽中的所有水都可以轉化為冰，因為冷卻過程中液體作為運輸介質的必要性還是存在著的。

蒸發器配置：

在這兩個系統中，我都使用了一卷銅管捲來冷卻水槽中的水，然而這卻產生了一個問題，當銅管表面開始結冰，附在銅管表面的薄冰層便會隔絕與水的接觸，為了解決這問題，可以試著使用 3 到 4 個小型但長度稍長的銅管捲來替代；此外，在夏季的時候，也可選擇在水槽底部放置一個製冰版，此系統裝設方法較複雜，而且也需要安裝額外的熱氣旁通閥以傳輸熱氣，但即便如此，此種裝設方式還是有其優點存在。詳細資訊將在稍後描述澳洲熱泵系統時詳加敘述。

嚴寒地區：

如果你身處於一年當中多數時間都是低於冰點氣溫狀態的地區，那麼讓水流過室外散熱器就是個不可行的作法。要解決此問題，可額外放置一台熱交換器並混和乙二醇作為水泵運作介質，此方法雖然有效，但乙二醇的成本高且機器運作中若有任何洩漏，也會汙染環境；因此，另一個方法是增加地下管道鋪設數量、或將散熱器移到小型建築物內並確認管道通風順暢，但此種方法只限於白天室溫為零度以上的環境。

廢冷、熱氣排放：

如果你將廢冷、熱氣導入地下，應盡量避免沙地地質、應該選擇土壤溼度含量高的地點。最佳的排放地可以靠近水槽溢水口或是中水排出口、抑或是排放到溪流或其它天然水源中，需要注意的是，排出的廢氣應儘量避免偏離室溫太多，以免影響自然環境。

絕緣材料種類：

如果該熱泵系統主提供降溫功能，那使用不吸水的絕緣材料非常重要，如此一來，則可避免水氣凝結浸透絕緣材料進而影響到絕緣品質；但如果絕緣材料只用於熱水或熱氣管道及水槽外圍，則不需擔心此問題。

管道選擇：

當水為熱量傳導媒介，挑選可以耐高溫且耐寒的軟管或管道則非常的重要。系統運作時的高溫度數取決於其使用的氣體種類而會有差異，然而，低溫常接近於冰點狀態，或在有使用乙二醇的狀況下低於冰點以下。此外，冷、熱管之間也因保持適當距離，尤其是在靠近三向閥附近的區域，如果管道之間距離不夠寬，則你很有可能會在系統運作期間意外地加熱冷水或降溫熱水。另外，為了避免氣蝕造成水泵零件損傷，泵浦應該放置在系統低處。

儲存效能：

選擇水槽作為儲能裝置的原因有二：其一、取決於居住地區的氣候型態，通常在夏季時節、陽光普照且炙熱的天氣，熱能可能會在產出的同時也被消耗掉；然而，在冬季時，熱能被以熱水的型態在白天儲存起來，而在晚上或天氣涼爽時才開始消耗，這也就是為甚麼熱水的儲存效能優於冷水，相對起來是較有益處的；其二、此點則體現在前述資訊中所提到水的三態變化所帶來的比熱差異。相較於水槽的使用，有些公司會選擇沙子來作為儲能載體，然而此作法在室溫長期處在水的沸點以下的狀態就不如使用水槽來的有效。

控制及監控系統：

如果你所裝設的系統只維持基本運作或功能，則監控系統就無需特別裝設；就像我在非洲裝置的熱泵系統就沒有特別再安裝監控系統，但我在澳洲裝設的系統因為組成元件升級，所以就有安裝如感應器、繼電器、計時器等監控設備。此外，我還安裝了檢查控制迴路系統以自動啟動或關閉馬達的裝置，此裝置的控制系統我是採用 **Arduino** 單晶片微控制器，它價錢不高、效率高、性能又好。雖然這需要連結裝置及做相關設定動作，但這些並不是太複雜的步驟，即便你從未做過這些設定、對

這一竅不通，網路上總是有專業人士可以提供相關協助。我計畫今年持續在澳洲的系統安裝其他溫度感應器讓系統運作更順暢、更有效率，同時也能在運行過程中提供產出瓦數等相關數據。

6. 補充資訊

替代系統：

如果你需要在一個溼度比較低的地區建置系統提供降溫作用，且你每天也都能在日常用水量之外另外再省幾千升的水，蒸發式冷卻空調可以是此系統的替代方案；而如果你居住的地區每天都有不算太差的光照，集熱式太陽能板再搭配上絕緣水槽儲存熱能也是選項之一，但通常，我會建議其它更便宜且裝設更簡單的設備，並不建議這兩個替代方案。

直流電動馬達：

大型直流電動馬達比較不常見，所以我從沒考慮過用直流電動馬達取代逆變器來驅動壓縮機，當然每個人的狀況不一樣，若要採取我的作法，你必須考量自身的綜合因素。

馬達轉速和功率：

也許是老生常談，但馬達規格和轉數取決於汽車空調壓縮機耗電量，可是壓縮機耗電量難以評估，多數狀況下都是以"經驗"下去判斷，不然就是在壓縮機還沒從車子裡除役的時候，可以利用一些基本的測試下去推算。

基本上，這些壓縮機是由安裝在柴油引擎上的曲軸驅動的，此類型曲軸皮帶盤基本轉速 (rpm) 約 700 - 3000，但數值在短時間也許還能升更高。我一開始就想找高於一般平均值轉速的皮帶盤，因此我在這兩個系統同時使用有 1440 轉速的皮帶盤。

我挑選的馬達功率是 4.5 瓩，這也代表我的逆變器至少要有 4.5 瓩。根據前述逆變器 1.5 倍法則，我至少要有產量 6.75 瓩的太陽能板模組；但因為我裝設的系統並不包含儲能電池、而且馬達功率也只有 4.5 瓩，由此可推算出，6.75 瓩的太陽能板模組所產出的能源並不會全然都被使用到。我在系統中挑選的壓縮機功率大於 4.5 瓩，為了能完全將太陽能板模組產出的能源使用完善，我所採取的解套方法是加速馬達運轉；然而，馬達功率與其轉速相關、而轉速又受它的額定頻率 50/ 60Hz 左右，在此狀況下，如果提高馬達轉速、機械能也會隨之提高。事實上，我將逆變器所能接收的 Hz 上限設定為 90Hz 以讓光電系統的最大輸出恆定馬達的最終轉速（約 2600）。雖然這是我的作法，但為了安全起見，我實則上並不建議你們如此做。

併聯系統穩定度：

隨著光電併聯系統越來越普及，也直接影響到電力公司調解電力供需平衡間的方式。舉例來說，如果一社區中的 100 戶人家中的 70 戶都裝設有光電併聯型系統，則在陽光普照的大晴天，此社區的總光電產量就會很驚人，形成供過於求的狀況；反之，晚上因為沒有日照、而居民又都在家裡開始消耗電力，則就會形成電力求過於供的狀況，此時，如果這社區居民電量消耗多以製冷或供暖為主，則我開發的系統就能幫助此用電型態達到供需平衡的最佳狀況。

壓縮機類型：

這兩套系統使用的都是由皮帶驅動的汽車空調壓縮機。之所以選擇此類型壓縮機，除了便宜(或甚至可免費取得?!) 外，它的 O 型環套口也使得操作上更容易。但這並不表示，封閉型三相旋轉螺桿壓縮機不在使用選項內，此外，電動車的空調壓縮機也可以是另一個選項，這些壓縮機的共通點都是由無刷式直流馬達驅動，也因此都必須搭配光電水泵逆變器。由皮帶從中帶動壓縮機和馬達運行可以防止熱能從馬達線圈轉移到壓縮機，因此有益於製冷功效、但對於供暖效用來說則是個缺點。

擴充系統：

如果需要供暖和降溫的空間比較大，則壓縮機規格可能也得跟著加大，因此，小巴、卡車、公車、或甚至是冷藏櫃的壓縮機都可考慮使用；或者，也可以考慮以兩台壓縮機搭配一台大的馬達，當然，其後的逆變器、太陽能板模組、熱交換器和管道也都得跟著加大規格，雖然看似複雜，但實則在機器儀器運行上卻提供了更多彈性，例如：在烏雲密布的天氣狀態下，就可關閉一台壓縮機，以確保另一台的轉速功率維持在一定水平。

其它綠電供電模式：

此兩套系統都可使用其他綠電模式供電，只要其綠電來源為間歇性、或電力系統比較小、抑或水槽也被當成緩衝裝置，改用其他非光電模式的綠電才能助益。

7. 結論

如我前述，澳洲的熱泵系統會在日後加裝溫度感應器以便擷取生成瓦數資料用以分析、評估，增加儀器運行效率，除此之外，我也會在今年年底前換置平版型蒸發器。

此手冊編寫企劃當初在發想時就打算以言簡意賅的方式分享計畫實施重點，因此，並無法涵蓋所有設置細節，如果你在閱讀了此份守則後對此計畫的發想及後續發展產生任何興趣，將這網站、FB 和 IG 加到你的最愛以便做後續追蹤，謝謝！

www.hatfieldinnovations.com

<https://www.facebook.com/profile.php?id=61552029121584>

<https://www.instagram.com/hatfieldinnovations>

特別致謝

特別感謝下列人士在我執行此專案期間所給予最大程度幫助和支持

- Pete Brindle
 - Gunnar Harry
 - John Lane Refrigeration
 - Douglas Industries
 - Chill-Rite Refrigeration and Air Conditioning
 - Lysaghts Refrigeration and Air Conditioning
 - NordDisk AS
- 以及協助我此份手冊內部繪圖、審稿、還有翻譯的所有人員