

家庭用變頻冷氣機概述

經濟部標準檢驗局台南分局第一課郭啓田技士

前言

最近翻開報紙廣告或電視媒體廣告，各類的電器產品都標榜是變頻，可以節省電力有多少等等。當地球溫暖化問題成爲全球熱門話題時，家庭用電氣化製品亦快速邁向省能化，每當一個產品公開性能時，必須附加省能等級，提供消費者參考，可見消費者對省能的要求逐漸嚴格。

當室內空調登上世界舞台時，變頻器（inverter）技術和省能技術亦廣泛被利用，最近電冰箱和洗衣機開始增加變頻器（inverter）產品。

另外，在市場方面價格極爲紛亂，廠商之間的競爭亦很激烈，所以必須利用更便宜的方法和手段來實現高效率和省能的問題，爲了讓快速且持續發展的電子技術有一定的規範，歐洲各國製定如CE規格的法規。

即使如家庭用電氣化產品亦不例外，以因應新時代的來臨，此篇文章就來介紹家庭電器用變頻器空調的省能技術。

冷氣機原理

冷氣機的構造係利用冷凍循環之四個主要配件：壓縮機、冷凝器、冷媒控制器或稱阻流器（毛細管）、蒸發器等組合而成(圖1)。

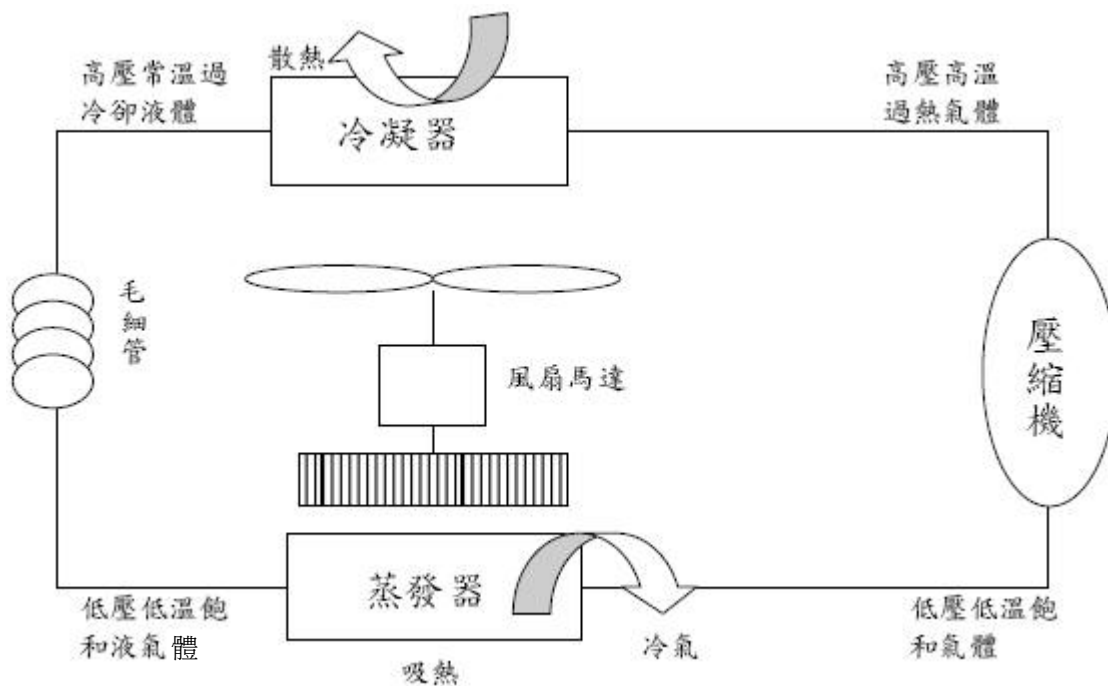


圖1 冷氣構造循環圖

其各項功能說明如下：

壓縮機：以馬達為動力，將低壓低溫之氣態冷媒壓縮成高壓高溫之氣態冷媒，也是冷媒在系統中循環之動力來源，目前窗型冷氣機所使用之壓縮機，大部份為迴轉式壓縮機 (Rotary compressor)，更新的為渦卷式壓縮機(Scroll compressor)。

冷凝器：是將高壓高溫之氣態冷媒，經冷卻介質（空氣、水）冷卻（放熱）成高壓常溫之液態冷媒。在蒸發器中由冷媒所吸收的室內熱量，即藉由冷凝器，利用冷卻介質及風扇吹送至室外空氣中。

毛細管：主要作用是將高壓常溫液態冷媒降壓成低壓低溫之液氣態冷媒，降壓目的是配合蒸發器蒸發，使冷媒在低壓下能低溫蒸發（吸熱），有些機種已改為新一代的電子膨脹閥。

蒸發器：是將低壓低溫液氣態冷媒蒸發吸熱成低壓低溫之氣態冷媒，當室內空氣流經蒸發器，此時冷媒吸收室內空氣之熱量而蒸發，造成流經蒸發器之室內空氣下降，達成冷氣目的。

目前市面上的小型冷氣機其耗電量假如為1000W，而壓縮機就佔了800W到900W，由此可看出

壓縮機功率就佔了整台輸入功率80%到90%，假若能提升壓縮機運轉效率，則可大幅減少冷氣機的輸入電力。壓縮機一般分為往復式(Reciprocating)、渦卷式(Scroll)、螺旋式(Screw)、迴轉式(Rotary)及離心式(Centrifugal)等五種型式的壓縮機，但此篇文章談論的是變頻為主題，在此不再敘述其原理。

冷氣機種類

箱型：因箱型冷氣機直接放置於室內，且家庭很少用到此類型冷氣在此忽略。

窗型：在台灣最普遍採用之機種，其壓縮機、冷凝器、蒸發器、風扇集中於一機體內。優點為可直接裝設於建築物之冷氣孔或窗台，安裝簡便，且價格較低。缺點為運轉噪音大。

分離式：與窗型冷氣最大的不同在於其將蒸發器、送風扇(室內機)與冷凝器、壓縮機、排熱風扇(室外機)分別裝置於獨立的機箱中，兩機間以粗細不同的冷媒管連接，形成封閉的冷媒工作迴路。此外並連接控制線路，以便由室內機傳送控制訊號至室外機，控制室外機之運轉。優點為將壓縮機置於室外，可降低室內噪音、可裝設於窗型機無法裝設之房間、室內機外型美觀可配合裝潢選擇室內機型式（嵌入、懸吊、壁掛）、可一具室外機搭配多具室內機。缺點為安裝複雜費時、價格較高、安裝技術性高，若冷媒管太長或彎曲過多將使效率降低。

傳統冷氣機

傳統冷氣機就是定頻式冷氣機大多使用單相感應馬達作為動力源，只要一開機由送風功能進入到冷氣功能時，壓縮機即以100%的功率運作，壓縮機只有『ON』時送出冷氣、『OFF』時由風扇送風兩個動作，室內溫度達到設定值就『OFF』，室內溫度超過設定值就『ON』，溫差大約是3°C以內，而風量大小可隨使用者的設定而改變。對溫度敏

感的消費者而言傳統式冷氣機的運轉模式因溫差會比較大，常讓使用者感覺時冷時熱而有點不舒適。

變頻冷氣機

所謂的變頻式冷氣，變的是什麼頻?簡單地說，變頻式冷氣變的「頻」，是「供電頻率」。

以壓縮機常見的四極式馬達定子構造來說，依台灣的 60(Hz)赫頻率計算，則馬達理論轉速約

為 r.p.m. (每分鐘轉數) $=\frac{120f}{P}$ (f：頻率，P：極數)，也就是每分鐘 $120*60/4=1800$ 轉。

而實務上機械轉速以大約 95%計算，則約為 1710 轉。

“變頻控制”，主要為將供應交流感應馬達的交流(簡寫為 AC)電源之電壓(Voltage-簡寫為 V)與頻率(Frequency-簡寫為 f)予以變化，而提供不同轉速(簡寫為 N)下之定扭力(Torque-簡寫為 T) 控制，故而，不同之馬達設計，將會有不同的 V/f 曲線而搭配不同的馬達性能曲線(俗稱 T/N 曲線)，所以在變頻控制時，只要改變電壓與頻率，便可使壓縮機有不同的轉速呈現，但是要匹配壓縮機負載所需扭力而提供適合的電源功率。所以如果供電的頻率改變，馬達的轉速當然也就改變，而壓縮機馬達的轉速一旦改變，功率、耗電量當然也就跟著變，壓縮機是一部冷氣的心臟，也是一部冷氣最耗電的部份，當壓縮機的功率可以藉由頻率來調節的時候，當然也就同時調節了壓縮機的耗電量。

冷媒壓力變化最主要因壓縮機的頻率不同，使得他本身的能力也會不同，當負載較大時會昇頻至較高，以較大的能力控制住低壓壓力(壓力和室內溫度有一定關係)不使其偏高而使得室溫提高，當負載較小時則降低本身頻率，以較小能力輸出，以維持良好的低壓值。因系統本身皆會有一最佳之高低壓力值，所以只要是在系統本身能調變的範圍內此高低壓值是會固定不動的，以得到最佳的效率。

變頻式冷氣一開機，室內溫度高於設定溫度(28°C)相差很大時會全速運轉，等室溫開始下降達到 29°C 時變頻器降頻讓壓縮機以較慢轉速運轉，等室溫快要達到 27°C 時，變頻器可能只以 10Hz 的 300 轉/分來維持壓縮機轉速，但室內溫度可能慢慢又上升，壓縮機也開始以較高頻率運轉，在臨界的溫度上，變頻器始終以低頻多一些或少一些運轉，所以變頻式冷氣可以使得室內溫度維持在±1°C 以內的恆溫狀態[1]。

而變頻式冷氣有所謂「速冷」的設定，所謂速冷的意思，就是因為它一開機就先以 130% 供電的頻率(60Hz×1.3=78Hz)供給壓縮機拉高壓縮機轉速，而消耗功率也提升到 130%，也就是說剛開機時的耗電功率，反而大於一般定頻冷氣。

直流變頻與交流變頻的比較

交流變頻空調與直流變頻空調的區別在於使用何種壓縮機(交流變頻壓縮機還是直流變頻壓縮機)以及因壓縮機的不同而帶來控制器的變化。交流變頻壓縮機本質上仍是三相交流異步電動機，通過定、轉子之間磁場的相互作用使轉子旋轉。但其特別的設計使得可以在較大範圍內通過改變電源的頻率和電壓來改變電機的轉速，因此稱之為交流變頻。交流變頻壓縮機轉子採用了交流感應電機轉子結構，其工作原理為：定子產生旋轉磁場，轉子在定子旋轉磁場作用下感應電流產生感應磁場，經定子磁場與轉子磁場相互作用使轉子旋轉。交流變頻壓縮機旋轉的基礎是定子與轉子的電磁感應，使壓縮機旋轉的同時也帶來了電磁感應噪音與轉子損耗等負面作用[2]。

而直流變頻(DC inverter)，意指壓縮機原使用之交流感應馬達，改為使用直流無刷馬達(DC Brushless Motor)，在這裏所謂的直流無刷馬達，其實為永磁式的感應同步馬達，其馬達定子仍為矽鋼片體而進行繞線，與原先的交流感應馬達之定子結構相似，但其馬達轉子採用稀土永磁材料製作而成，但是又不像一般傳統直流馬達，須具有碳刷方能控制驅動運轉，因此稱

為「直流無刷馬達」。然而，由於直流馬達之轉子已具有磁極，所以馬達的驅動方式與交流感應的驅動方式有所不同，其控制需先解讀轉子磁極的位置，方能施予供應電流的方向而驅動，因此，整體壓縮機的驅動控制架構便有所不同了。其工作原理為：定子產生旋轉磁場與轉子永磁磁場直接作用，實現壓縮機運轉。可以通過改變送給電機的直流電壓來改變電機的轉速，直流變頻壓縮機不存在定子旋轉磁場對轉子的電磁感應作用，克服了交流變頻壓縮機的電磁噪音與轉子損耗，具有比交流變頻壓縮機效率高與噪音低特點，但是，直流變頻空調的成本要高於交流變頻空調[2]。

近幾年來，高效率直流無刷馬達已被進一步的改良，在日本，結合磁阻馬達(reluctance motor)原理，發揮磁阻扭力(reluctance torque)之效能的直流無刷馬達，已被大量使用在新型式的小型空調機上。交流感應馬達只要加上電壓，即可開始旋轉運動，但是，直流馬達必須持續同步旋轉才能保持旋轉運動。因此，獲知馬達轉子磁石位置的資訊，是維持同步旋轉所必需的，近年來，由於微處理機運算速度的改善與持續研發中，使得轉子磁石位置的控制，可以順利地達成。交流變頻中變頻器(inverter)的輸出電壓方式一般採用是不等寬度 PWM (Pulse Width Modulation 脈寬調製方式)，而直流變頻中變流器的輸出電壓方式一般採用是等寬度 PWM 調製方式加上功因改善回路。目前 PAM (Pulse Amplitude Modulation 脈衝幅值調製方式)以其獨特的優越性而被用於直流變頻冷氣機的壓縮機輸入電壓的調製中。

由於直流變頻中採用了無刷直流電動機，其轉子為永久磁鐵，不需要外部供給電流，減少了損耗，效率比交流變頻壓縮機高，噪音低 5 分貝~10 分貝。一般情況下較交流變頻省電約 12%，如果轉子的磁體排列更科學，磁力線集中度更高，再加上採用含稀土釹的磁體，則可較交流變頻省電高達 18%~20%。

變頻冷氣與傳統冷氣的差別在哪裡？

變頻式冷氣的壓縮機啟動，是採用平滑啟動→提昇功率的方式，而定頻式(傳統)冷氣的壓縮機啟動時會產生瞬間大電流(通常是恆長運轉時電流的四到六倍)，但這個時間很短，大約

在 5 秒內，這個對全日的電力消耗不會有太大的影響，當室內溫度達到設定的溫度後，壓縮機便停止運轉改成送風；當室內溫度再提升一到兩度時，壓縮機再啓動，這樣的重複動作，讓人感到有忽冷忽熱的感覺，且定頻冷氣因為壓縮機常啓動停止容易折損壓縮機壽命。所以變頻式冷氣在啓動的瞬間沒有定頻式耗電，噪音也會小得多，且於低頻時散熱很好，管損很低。當使用於一對多的變頻分離式空調系統時，其具有依所需求之室內機開啓的台數，決定壓縮機轉速來提供系統需求的冷媒流量，不但達成小體積具大冷房容量變化範圍的壓縮機特性，又不會有用電過浪費的情形(圖 2)。

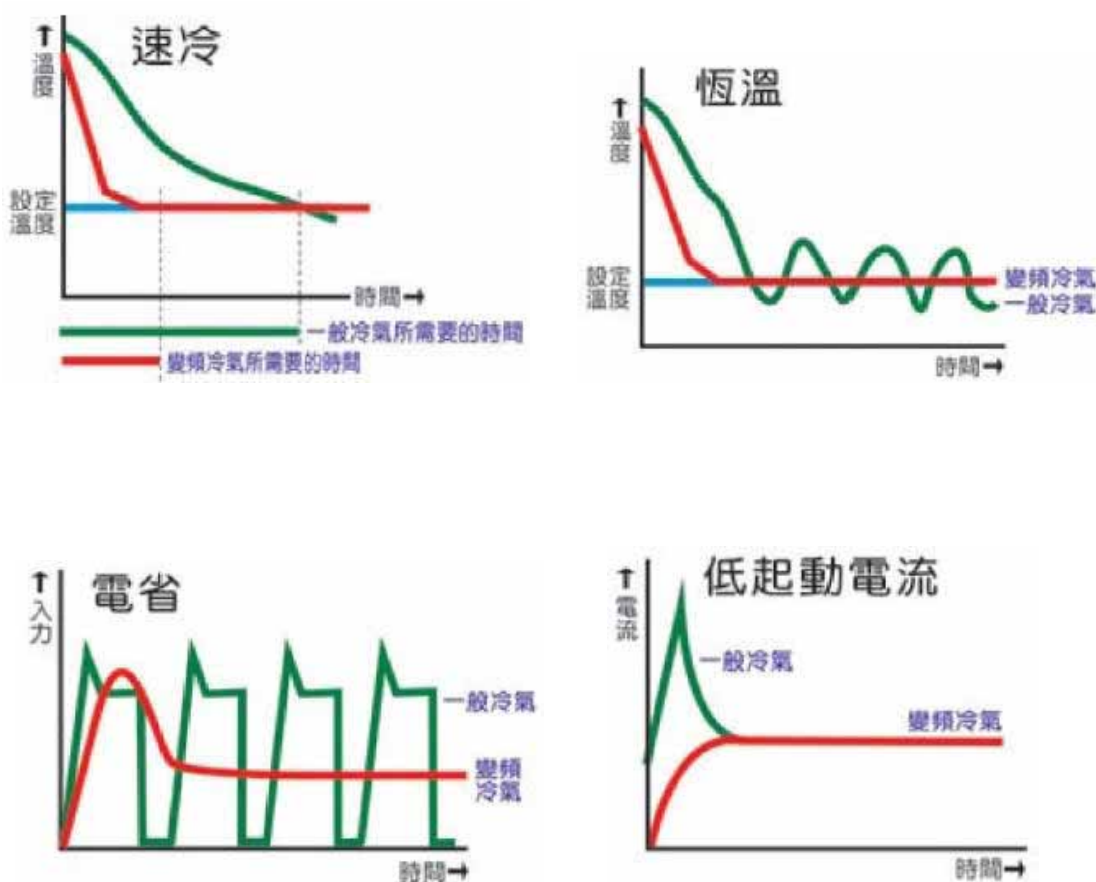


圖2 變頻冷氣與傳統冷氣差異比較圖[2]

冷氣計算單位

Kcal：1 公升的水升高攝氏 1 度所需的熱量，為公制熱量單位。

BTU：1 英磅的水升高華式 1 度所需的熱量，為英制熱量單位。《1 Kcal \approx 4 BTU》

冷房能力：一台冷氣機每小時從房內移走的熱量，標示單位有 Kcal/h 或 kW，1kW=860Kcal/h。

消耗電力：一台冷氣機額定運轉時，總共所需的電力，它的單位是 kW(仟瓦)或 W (瓦)消耗電力愈小愈省電。《kW=1000W 》

風量：每分鐘吹出多少立方公尺的空氣量。

EER (Energy Efficiency Ratio)能源效率比值 =冷房能力(kW)/ 消耗電力(kW)，EER 值愈高，表示愈省電、強冷

新舊冷煤之比較參考表

特性	舊冷煤(R22)	新冷煤(R410A)
壓力特性	100%	160%
臭氧層破壞係數	0.005	0
冷媒效率	普通	佳
變頻適用機種	AC 交流變頻	DC 直流變頻

R410A 冷煤用於 DC 直流變頻冷氣，因為 R410A 產生的氟氯化合物比一般的 R22 冷煤少，所以是較環保的冷煤。不過由於 R410A 的冷媒高低壓，約是 R22 的一點六倍，所以管子最好選用較厚的銅管。

電費問題

自經濟部能源局99年7月1日起推動「能源效率分級標示」制度，強制廠商於產品展示機或本體上張貼分級標示圖示，圖示上除清楚載明各產品能源效率值及年耗能量等資訊外，更以「溫度計」象徵能源效率的等級，溫度計下方為地球，愈接近地球的能源效率等級越小，代表產品為造成溫室氣體排放量較低之環境友善節能產品，反之則為造成溫室氣體排放量高之高耗

能產品。若民眾選購標示能源效率等級數較低的產品，平均可比購買標示等級較高的同類產品更為節能省電，舉例說明如下：冷氣機：第一級產品較第五級，每台可節省約37%耗電量。比較完了運作模式，大家最想知道的，應該還是比較現實的電費問題。

舉定頻、交流變頻、直流變頻三台機子的例子參考：

1. 定頻機子

冷房能力是 4.128 kW，EER：2.28

2. 交流變頻機子

冷房能力 4.128(1.442~4.977) kW，EER：2.73(3.16~2.57)

3. 直流變頻機子

冷房能力 4.128(1.698~5.102) kW，EER：3.32(3.62~3.13)

在恆長運轉冷力時，EER 比值分別是 2.28、2.73、3.32
每小時的耗電量比是 $4.128/2.28 : 4.128/2.73 : 4.128/3.32$
=1.81 度：1.51 度：1.24 度

每天開8小時每度電3元計算

1. 1.81度 × 3元 × 8小時 × 30天 = 1303.2元／月
2. 1.51度 × 3元 × 8小時 × 30天 = 1087.2元／月
3. 1.24度 × 3元 × 8小時 × 30天 = 892.8元／月

省電偏方

- 購買高 EER 省電冷氣或選擇仟卡數（或稱噸數）適中的冷氣，舒服又不浪費，冷氣機的濾網最好兩周清洗一次。
- 加台電風扇，加一部電風扇冷房效果更佳，讓冷氣吹得更遠、更均勻，這樣會更省電。
- 安裝冷氣的最佳方向與方法由於南北座向的日曬少，通風良好，因此不需太強的冷房能力就能產生最好的冷房效果，是安裝冷氣的最佳方位！配接管線盡量短且少彎曲，冷氣效果更強不費電。
- 一般公寓或透天厝內的頂樓，因為直接受到日曬，隔熱的效果通常欠佳，此時可以將頂樓陽台地板漆成白色，或鋪上保麗龍將可以有效改善隔熱效果。更徹底的改善方式

是可以到五金行購買黑色塑膠網(農夫種花或種菜時搭建的矮棚所用的材料)及支柱，在頂樓陽台搭建離地板約 30~50 公分高的矮棚，如此將能避免陽光直接曝曬陽台而達到隔熱的效果。

- 若是在較易受到日曬或是隔熱較差的空間裡，爲了讓室內的溫度不至於因爲陽光直接照射而過高，造成冷氣運轉時的沈重負擔，也可以裝設窗簾或是百葉窗。白天開冷氣時，注意拉上窗簾，隔絕直射的陽光，約可節省 50%的電能。在室外機上加裝遮陽棚，可達 25%隔熱效果。

參考文獻

1. “淺談環保省電新科技—以DC直流變頻冷氣爲例”，國立高雄師範大學工業科技教育學系，朱耀明、李緻明、游宏德，2005。
2. “變頻空調”，國立台北科技大學機械系，丁振卿、陳建置，2011。