

溫度魔術箱—— 冷氣機

新加坡資深總理李光耀先生在西元 2000 年表示，人類史上最偉大的發明就是冷氣機。他認為冷氣機為生活在熱帶的人提供了一個乾爽舒適的環境，擺脫了因為天氣潮溼炎熱所帶來的慵懶，因而增加了生產力。

■ 王依齡、楊智惠、黃耿祥

冷氣機是現代常見的電器用品，在大賣場、工廠、辦公大樓、家庭等地，隨處都能見到它的蹤跡。冷氣機可以說是 20 世紀人類最偉大的發明之一，英國的特易購行動電話公司（Tesco Mobile）曾經訪問過四千多人，詢問他們「世界上 100 項最偉大的發明是什麼？」其中，冷氣機也榜上有名。

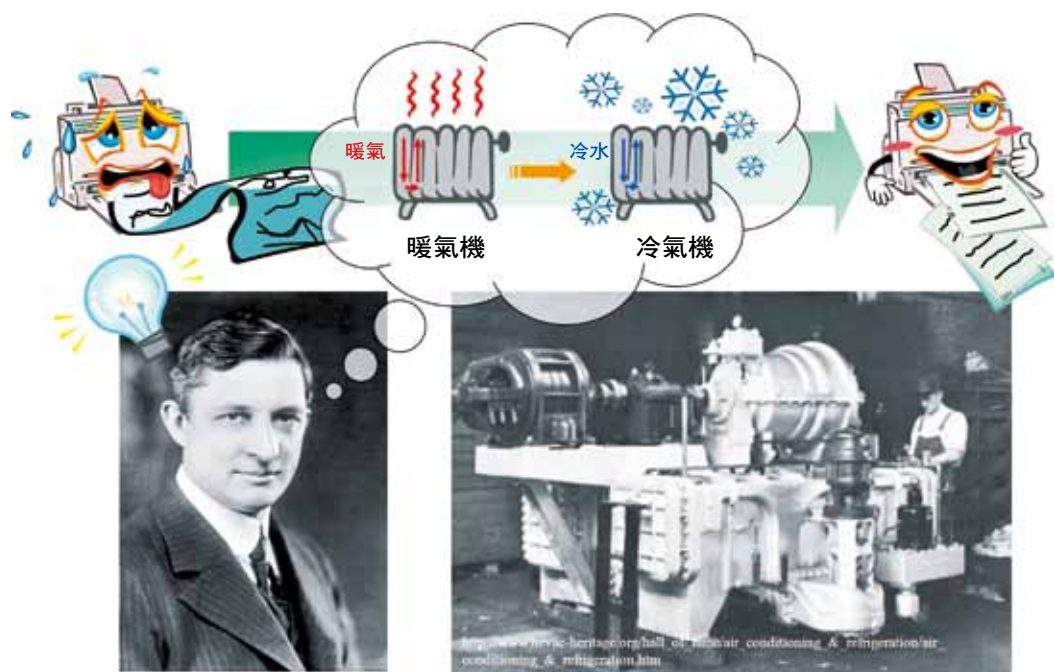
新加坡資深總理李光耀先生在西元 2000 年表示，人類史上最偉大的發明就是冷氣機。他認為冷氣機為生活在熱帶的人提供了一個乾爽舒適的環境，擺脫了因為天氣潮溼炎熱所帶來的慵懶，因而增加了生產力。在西元 1960 年代的高度經濟成長期中，日本人把冷氣機、彩色電視與汽車三大發明尊稱為「新三種の神器」。

在這一篇文章中，就讓我們一同來看看這個溫度魔術箱——冷氣機——是怎麼發展出來的？它是誰發明的？它又是怎麼吹出涼爽的冷氣？

遠古冷氣的概念

「冷氣」的概念早在一千多年前就已經出現了，像波斯人發明一種風桿，把它裝置在屋頂上，讓室外的自然風吹拂過涼水後進到室內，使室內產生涼爽的感覺，這可以說是人類最早的空調系統。在台灣，有許多蘭花溫室就是利用這種概念建造的。





威力斯·開利因為發明了冷氣機，被稱為「冷氣機之父」。

大約在西元 1842 年，美國佛羅里達州有一位對黃熱病有相當研究的哥里醫生 (Dr. John Gorrie, 1803-1855)。他發現黃熱病的傳染衰落期出現在冬季，因此他認為在天氣轉涼時，可以使病患退燒，而且感到舒適。於是，他把冰塊裝在盆子內，並懸掛在天花板上，冷卻的空氣因此由上而下流過病患周遭，多數病患覺得這個方法有效。但在當時，冰塊必須經由貨船從北方湖泊運送過來，冰塊的取得相當不容易。因此，哥里醫生一直想發明一種可以取代天然冰塊的裝置。

哥里醫生利用壓縮技術來製造冰塊，成功地製造出人工冰塊，解決了冰塊取得的問題。哥里醫生發明的製冰機在西元 1851 年 5 月 6 日取得美國專利 (美國專利號碼：8,080，專利名稱：Improved Process for the Artificial Production of Ice)。

首部電力推動的冷氣機

在西元 1902 年，美國紐約市的沙基特威漢印刷廠 (Sackett-Wilhelms Lithographing) 因為天氣溼熱，造成紙張出現擴張或收縮的現象，印刷機的油墨不能精確對位，而無法清晰印刷，產品品質因此降低。印刷廠只好請水牛城鐵工廠 (Buffalo Forge Company) 幫忙解決這個問題。

起初，水牛城鐵工廠只生產提供保暖效果的暖氣機。冷氣機的概念主要來自它的員工開利 (Willis Haviland Carrier, 1876-1950) 先生。當時的開利心想，一般暖氣機是利用空氣通過充滿蒸氣的線圈來達到溫暖效果，如果把線圈內的蒸氣換成冷水，空氣中的水凝結在線圈上，便可以達到降溫與降溼的效果。

依照這一個想法，開利在西元 1902 年 7 月 17 日製造出第一部以電力推動的冷氣機！不過，一直到西元 1906 年 1 月 2 日，



20 世紀，冷氣機走入各行各業，帶動了經濟產業的起飛以及工作效率的提升。現今處處可見它的存在，它已經成了生活中不可或缺的好伙伴。

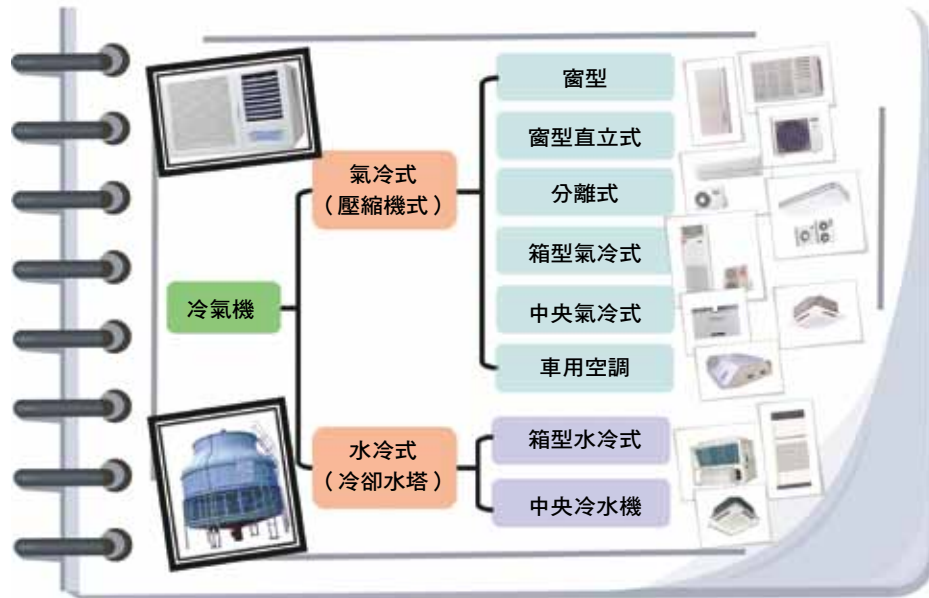
開利先生的發明才取得美國專利（美國專利號碼：808,897，專利名稱：Apparatus for Treating Air）。於是，印刷廠溼熱的問題解決了，工廠裡變得涼爽、乾燥，因而提高了印刷品質。在同一年，冷氣機也開始出口到美國以外的地區，銷售對象包含日本的一家紡織廠。

冷氣機應用的擴展與普及

冷氣機發明後的 20 年間，它的服務對象大多以機器為主。一直到了西元 1924 年，一家位在美國底特律市的商場，常常因為天氣悶熱導致許多顧客中暑而暈倒，於是

把 3 台中央空調設備裝在商場內，嘗試解決這一個煩惱的問題。冷氣機成功地解決了顧客暈倒的問題，而且商場內涼爽的環境更吸引了許多顧客的光顧，消費的欲望也隨之大增。從此以後，冷氣機廣泛地應用於提升生活環境的舒適度。

冷氣機普及的原因之一，是當時有許多電影院裝設冷氣機，向觀眾保證全年都可以舒適地欣賞電影，因此電影觀眾快速增加。另外，許多如賭場、體育館等各種室內娛樂場所隨後跟進加裝冷氣機，因此營業時間變長，甚至可以全年開放。相同地，冷氣機也順著潮流快速地走入家庭，變成家庭中不可或缺的設備。



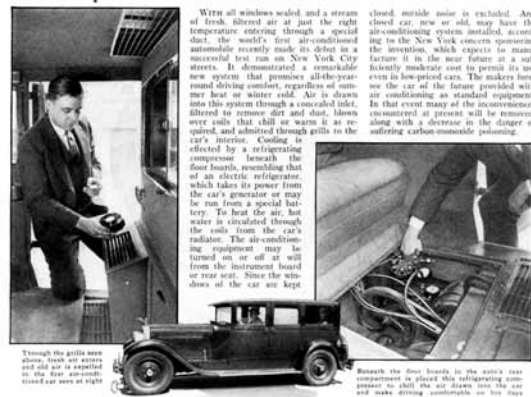
形形色色的冷氣機

壓縮式冷氣機面面觀

傳統式冷氣機的運作必須仰賴壓縮機，因此又稱作「壓縮式冷氣機」，它的冷凝器的冷卻方式大致可以分為水冷式與氣冷式兩種。水冷式比較常應用於高樓大廈或大型賣場的中央空調系統，其最大特色是需要冷卻塔。氣冷式主要應用在住家或小型房屋裡，一般常看到的氣冷式冷氣機有窗型、箱型、壁掛分離式、鑲嵌分離式等。它們的區別主要在於安裝方式、運作機體是否分離，以及運作的原理。

汽車上也能見到冷氣機的蹤跡，一般是以氣冷式為主。在西元 1886 年 1 月 29 日，第一台汽車誕生，造就了運輸的方便。但是因為天氣與汽車機件運作發熱造成駕駛員與乘客的悶熱問題，卻一直無法適當地解決。一直到了冷氣機的出現與隨後冷氣技術逐漸地成熟，汽車與冷氣機終於在西元 1933 年間有了第一次的結合，這一項的發明使得我們都能享受舒適涼爽旅程。

First Air-Conditioned Auto



西元 1933 年，第一部現代冷氣汽車誕生。（圖片來源：Popular Science 月刊，1933 年 11 月）

在冷氣機中，熱與冷的移轉遵守焦耳（James Prescott Joule, 1818-1889）所提出的「能量不滅定律」（The Principle of Conservation of Energy）。因此，冷氣機的排熱量（ Q_H ）會等於輸入冷氣機的電能（ W_e ）加上從冷氣房所吸取的熱量（ Q_L ），

氣冷式冷氣機的運作原理是利用液體汽化時會吸熱、氣體液化時會放熱，把室內的熱量移轉到室外。

也就是 $Q_H = Q_L + W_c$ 。不管是水冷式或氣冷式，製冷的原理是相同的，但運作方式有所差異。

氣冷式冷氣機

氣冷式冷氣機顧名思義就是以壓縮機為主軸，搭配一些熱交換器所組成。在它的管路中充滿了冷媒，冷媒藉由相態的變化達到吸熱與放熱的目的。它的運作原理是利用液體汽化時會吸熱、氣體液化時會放熱，把室內的熱量移轉到室外。

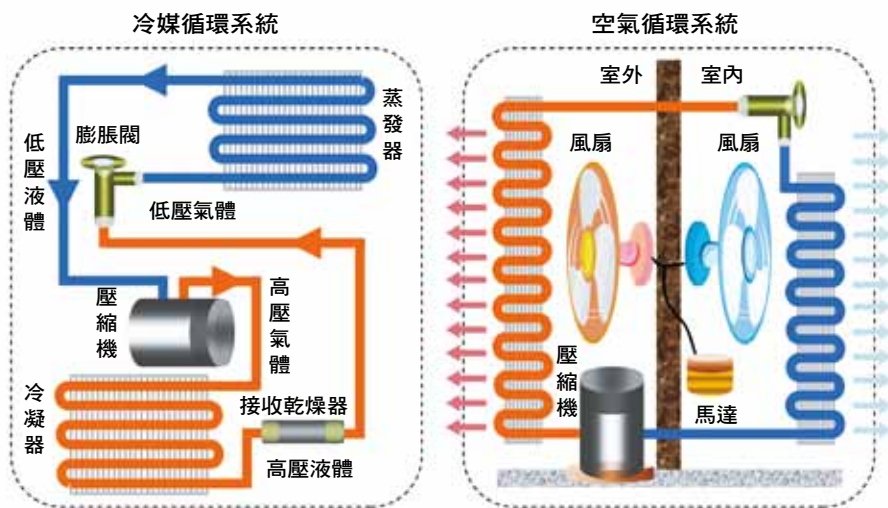
氣冷式冷氣機的內部主要分為冷媒循環系統與空氣循環系統，藉由兩個系統之間的搭配，達到室內空氣降溫的目的。在冷媒循環系統中，冷媒依序流經壓縮機→凝結器→接收乾燥器→膨脹閥→蒸發器，再回到壓縮機，周而復始地循環。空氣循

環系統分為風扇馬達、室內風扇組合、室外風扇組合。

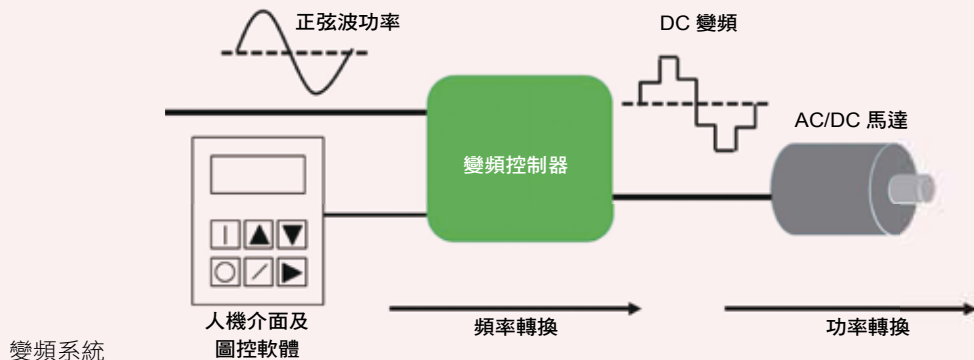
氣冷式冷氣機的內部組件和功能，簡單敘述如下：

壓縮機一功能是把冷媒從低壓低溫的氣態壓縮成高壓高溫的氣態，並維持冷媒的循環。壓縮機主要以電磁離合器控制運轉或停止，當冷氣機運作時，電流流經電磁離合器中的磁場線圈，吸動離合器板與皮帶盤接合使壓縮機運轉；當關掉冷氣機時，電流中斷，離合器板復位。

冷凝器一功能是把壓縮機送來的高壓高溫氣態冷媒，藉由冷凝器的散熱鋁鱗片與室外風扇組合所帶動的氣流，以強制對流的方式形成熱交換，把冷媒中的熱排放到室外大氣中。冷媒散熱後，變成高壓中溫的液體狀態。



氣冷式冷氣機的構造大致可以分成冷媒循環與空氣循環兩大系統



接收乾燥器一功能是收集液態冷媒與過濾冷媒中的雜質，並且利用乾燥劑吸收水分，以避免腐蝕冷氣系統組件。

膨脹閥一功能是把高壓中溫的液態冷媒膨脹為低壓低溫的兩相區（也就是氣態與液態並存的狀態），即噴霧降溫，霧滴分離時需要能量。此外，膨脹閥可以調節進入蒸發器的冷媒流量，並降低它們的壓力。當蒸發器的溫度升高時，部分蒸氣經過熱力管對膜片及彈簧施壓，使膨脹閥開口變大，流至蒸發器的冷媒流量也隨之變多。當蒸發器的溫度降低時，則使開口變小。

蒸發器一功能是把膨脹閥送來的低壓低溫兩相共存的冷媒，藉由蒸發器的冷卻鋁鰭片與室內風車組合所帶動的氣流形成熱交換，達到冷媒汽化時吸熱的目的，以降低氣流的溫度而得到「冷氣」。同時，室內空氣中的部分水氣會凝結出來，室內的溼度也會降低。接著，冷媒會回復到原本低壓低溫的氣體狀態流至壓縮機，周而復始地循環。

冷媒一功能是做為製冷劑，充滿在冷氣機的管路內。早期廣泛使用的冷媒主要是氟氯碳化物及氫氟氯碳化物，統稱作氟氯烴，例如 R-11、R-12、R-22 等。

冷媒的應用是由美國機械工程師兼化學家米基利（Thomas Midgley, Jr.）所發明

的。但到後來，許多研究都發現這些氟氯烴冷媒會造成地球臭氧層的破洞，增加紫外線直射到地表的量，因而傷害人體並破壞自然生態的平衡。在西元 1987 年 9 月 16 日，有 26 個國家共同簽署「蒙特婁破壞臭氧層物質管制議定書」，限制氟氯碳化物的生產與使用，以保護地球的臭氧層。

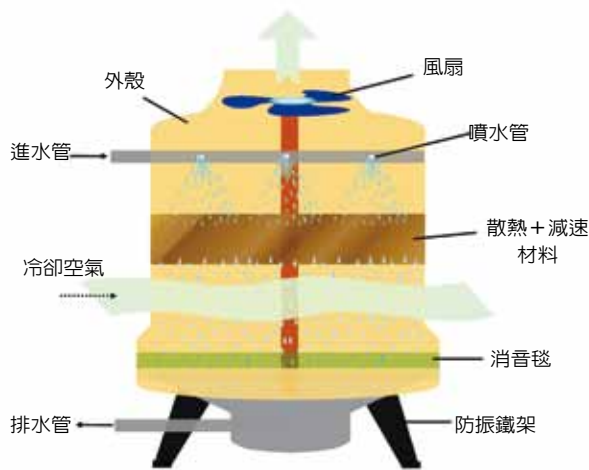
隨後，科學家發明能取代傳統氟氯烴的替代冷媒，如 R134a、R-410A、R-407C 等。這些冷媒化合物不會造成臭氧層的破壞，當時被當作「替代冷媒」或「環保冷媒」。

變頻器一是變頻冷氣機內加裝的機件組，可以使冷氣機達到節電省能的目的。一般定頻冷氣在運作過程中，為了維持設定溫度，壓縮機常常要開關，這樣一來會造成起動電流的激增，消耗較多電力。變頻冷氣可以利用頻率調變控制壓縮機運轉效率，不僅減少壓縮機耗電的問題，使用時也少有運轉壓縮機造成的噪音。

變頻器又分為交流變頻與直流變頻，它們的差別在於壓縮機馬達使用電流的方式。交流變頻使用傳統三相交流馬達（線圈在定子上）改變交流電頻率，以改變轉速。直流變頻使用無電刷直流馬達（線圈在轉子上），提供適當的不同象限角的直流脈衝以改變轉速。實際上，兩者都需要

先整流成直流電，再供變頻器轉換成不同頻率的交流電或直流脈衝使用。

變頻器的組成通常分為 4 個部分：整流器、大容量電容器、逆變器、控制器。整流器的功能是把頻率固定的交流電轉換為直流電，大容量電容器則是儲存轉換後的電能。逆變器是由大功率電晶體陣列所組成的電子開關，能把直流電轉換成不同電壓與頻率的交流電。控制器則是按程序設定控制輸出的電壓與頻率，交疊成近似正弦波的交流電或直流脈衝，進而驅動電動機。



冷卻水塔的構造

水冷式冷氣機

水冷式冷氣機主要是利用水把冷凝器內的氣態冷媒凝為液態冷媒，它的冷卻水只是做為移除被冷氣機冷凝系統轉移過來的熱的媒介。

它的運作原理是把進行熱交換後的高溫熱水回流至冷卻塔內，經由分配管把熱水噴灑在具有散熱材質的表面形成小水滴，再與風扇吹拂的冷空氣相互接觸。這時，熱水與冷空氣會產生熱交換作用，同時少部分的熱水會蒸發成水蒸氣。由於水蒸發吸熱而形成的低溫冷卻水落入水槽，利用幫浦把冷卻水輸送至熱交換器中，再吸收熱量構成一個循環。

新世代冷氣機

冷氣機在帶來涼爽之外，也伴隨了一些問題。隨著環保意識的崛起，各國鼓吹冷氣機使用替代冷媒取代傳統冷媒。雖然

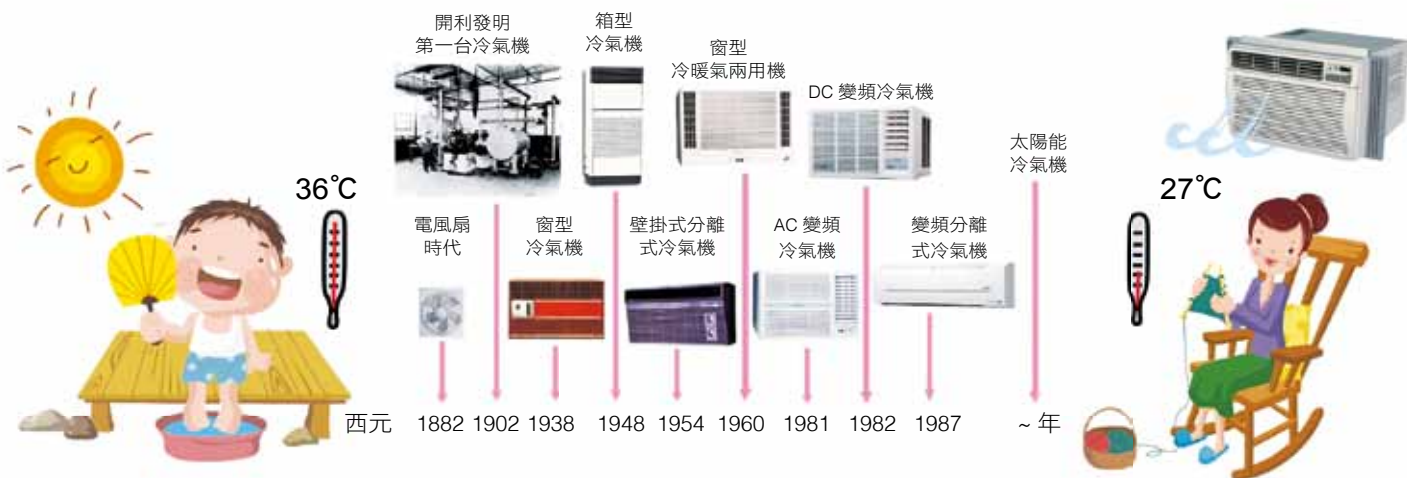
「蒙特婁議定書」管制傳統冷媒的使用，但是部分替代冷媒—全氟化碳及氫氟碳化合物—屬於溫室氣體，都會造成全球暖化。在西元 1997 年 12 月制定的「京都議定書」，已經把這些化合物列入溫室氣體。無法完全停止使用冷媒，這一個牽涉全球社會經濟運作與發展的問題要如何解決？

據估計，每產生 1 度電約產生 0.638 公斤的二氧化碳。雖然，電帶來便利的生活，但是它的副產品—二氧化碳—已經成了一個頭痛的問題。

西元 2006 年 12 月 4 日，瑞典的「良好氣候」（Climate Well）公司在瑞士日內瓦所舉行的「世界經濟論壇」年會上，發表他們成功開發出一種高效能的太陽能冷卻系統，也就是「太陽能冷氣機」。這系統是以水和吸溼性鹽類—氯化鋰（LiCl）在真空中進行熱化學交換，達到冷卻或加

隨著環保意識的崛起，各國鼓吹冷氣機使用替代冷媒取代傳統冷媒。

現代的節能冷氣機是在內部加裝變頻器以節省能源使用，並搭配消音百葉以降低機器運作所產生的噪音。



冷氣機不只提供一個舒適的環境，更間接促進了經濟的起飛，它的貢獻功不可沒。

熱的效果。這一項發明不需要使用冷媒，也不會排放二氧化碳。良好氣候公司因為這一項發明獲得「世界經濟論壇」評選為西元 2007 年的科技先鋒企業。

現代的節能冷氣機是在內部加裝變頻器以節省能源使用，並搭配消音百葉以降低機器運作所產生的噪音。近年來，更有把人工智慧技術運用在變頻冷氣機上，稱為智慧型變頻冷氣。室內溫度的設定高低會影響冷氣機的耗電量，而智慧型冷氣機可以藉由冷氣流動與室內溫度來模擬，以維持室內溫度與氣流分布的均勻，避免能源的浪費。冷氣機所產生的熱可以透過熱回收節能系統，達到廢熱回收再利用的環保目的。

現今科技相當進步，節能冷氣機的研發是希望能夠減少對地球環境的衝擊與破壞。在不久的將來，一台低污染和低耗能的溫度魔術箱就會問世。

王依齡、楊智惠

義守大學生物科技學系

黃耿祥

義守大學學士後中醫學系