

變風量通風系統

■ 應用

變風量（或簡稱 VAV）系統空氣處理裝置（AHU），透過控制 AHU 風機空氣流量以滿足建築物內通風和空氣溫度的要求。該系統的設計一般透過調節供風和回風風機的空氣流量以達到保持供風管內的靜壓力和建築物內的正

向壓力不變。各別的 VAV 箱向空氣調節區域輸送可變流量的恆溫空氣。集中式 VAV 系統是空氣調節建築物效能最高的一種。高效率來自於採用大型和集中式的冰水機和鍋爐，也來自於其他的空氣配送和空氣處理裝置，它們使空氣量達到最佳舒適狀態。

■ 傳統的設計

VAV 系統將室外的空氣送入 AHU 中，以調節空氣的溫度和濕度。通過冷卻和加熱盤管將空氣送入風管網路，並由風管將空氣分配給整個建築的每一個空氣調節區域內。而空氣被輸送到各別區域則由各自的 VAV 箱所控制（見圖 1）。

在每一個區域內安裝有溫度感測器，藉以調節 VAV 箱的風門以保持所設定的溫度。當一個區域的空調溫度滿足要求時，VAV 箱的風門調節就會處於關閉狀態。結果，隨著 VAV 箱限制空氣的流量，風管壓力就隨之而開始上升。

在傳統的設計，AHU 中都安裝了進氣風門、排氣風門或進氣導向葉輪片（IGV）以調節風機的容量。這些裝置的作用在於增加進氣管中阻力或使風機的效能減少。隨著系統中越來越多 VAV 箱接近最低流量狀態時，AHU 的風門隨之關閉，以保持風管恒定壓力不變和建築物內的正向壓力不變。用於供風和回風風機的風門或 IGV 一般由各自控制器進行控制。這些控制器保持了位於供風機後的供風管的壓力不變以及供風和回風系統的流量差不變。然而，這些設備本在調節過程中，會產生額外的能耗。

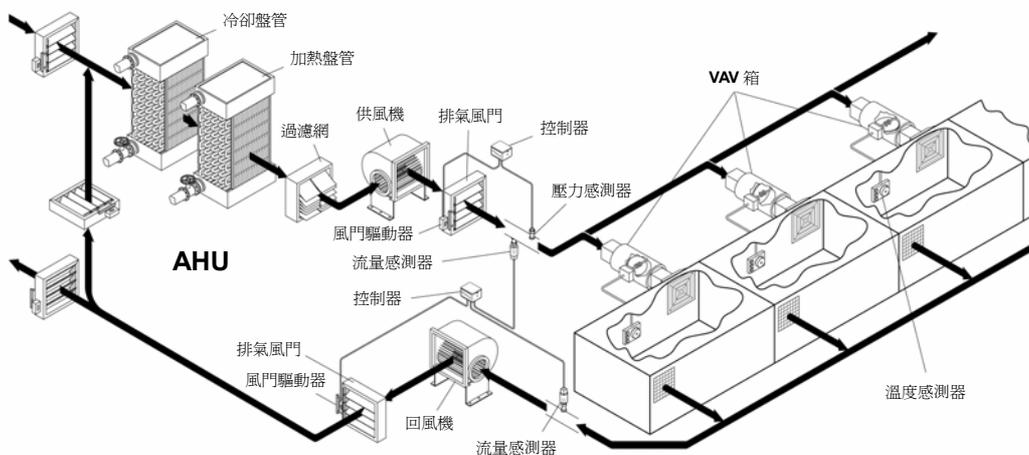


圖 1 傳統 VAV 通風系統

■ 變頻調速器

採用變頻器不但可以減少系統的複雜性,改進系統控制狀況,更可大大的節約能源。變頻器不會如風門般產生額外的壓降,或如 IGV 般導致風機效率降低,而是直接地控制風機的轉速(見圖 2)。透過改變供風和回風機馬達的轉速,以準確達到所需要的空氣流量和壓力,從而滿足整個系統的需要。採用變頻器,更可以輕而易舉地改善規格過大的風機以及簡單地平衡相關的系統。

變頻器內建有 PID 控制器,可以準確地對風機進行控制,因此不需要額外的控制裝置。此外變頻器採用電子控制方式控制風機速度,因此相對於機械控制裝置系統,免去了設備的定期維護以及其費用。

在使用排氣風門或 IGV 時,風機效率會明顯下降。而採用變頻器卻可以保持風機的高效率,因而節省額外的能源(見圖 3 和圖 4)。基於風機的空氣流量與能耗間的比率公式,流量的些微減少,會帶來大量的能源節約。

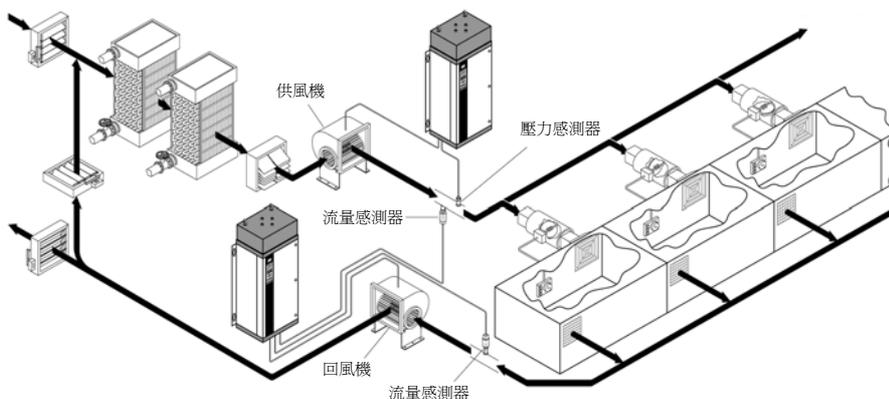


圖 2 採用變頻調速器的 VAV 系統

圖 3 表示為採用排氣風門並以定轉速運行和採用變頻器運行之間的區別。最大設計運行 A 點一般只是部分時段才需要,而大部分時段所需流量則較小。當系統的流量降至流量 2 時,固定運轉的系統曲線使風機曲線上移至 B 點。風機在該運行點所產生的壓力 P2 則遠高於系統所需。該壓力差必須由風門加以吸收。而按可變轉速運行時,風機曲線沿著系統曲線移動,從而建立起新的運行點 C。所產生的壓力 P3 正好是系統所需要的。由於風機能耗正比例流量乘壓力再除以風機效率,所以 B 點和 C 點的壓力差就產生了明顯的能源節省。

$$\text{風機能耗} \approx \frac{\text{流量} \times \text{壓力}}{\text{風機效率}}$$

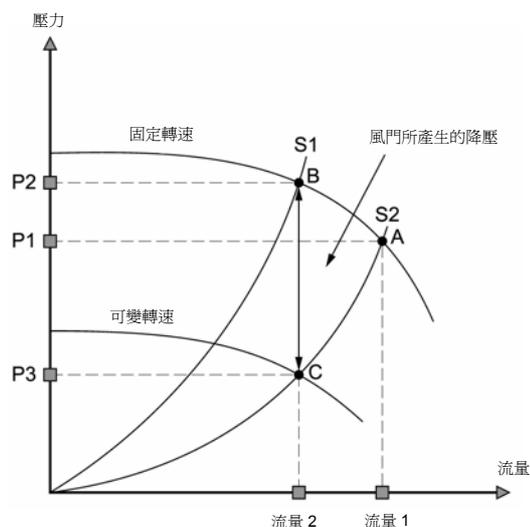


圖 3 恆速與變速比較

■ 能耗比較

圖 4 表示產生空氣流量變化的幾種控制方式和能耗的比較情況。曲線 1 表示基本風機定律的理論能耗。曲線 2 表示變頻器的運行性能情況。曲線 3 和 4 是使用風門和雙速馬達（半／全速和 $\frac{2}{3}$ ／全速）。曲線 5 是使用進氣導向葉輪片（IGV）的恆速馬達。曲線 6 是使用排氣風門的恆速馬達。

變頻器最接近風機定律的能耗，因此能源利用率為最大。

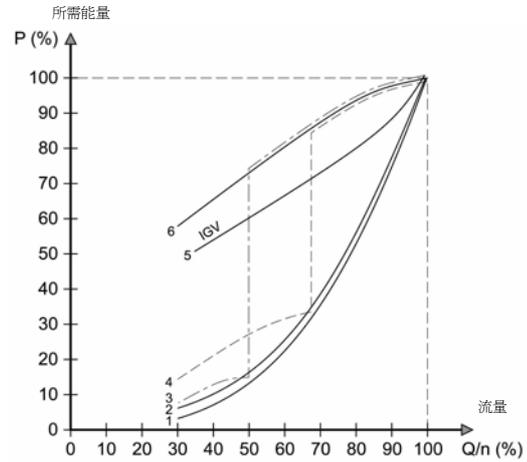


圖 4 所需能量與流量

■ 年運行負荷圖

要計算潛在的節能，就要觀察實際的負荷圖。負荷圖指的是系統為滿足其在一天或所特定的時段內的負荷要求所需的流量。圖 5 是一個 VAV 系統典型的負荷圖。該圖是隨每個系統的特定需求而變化。

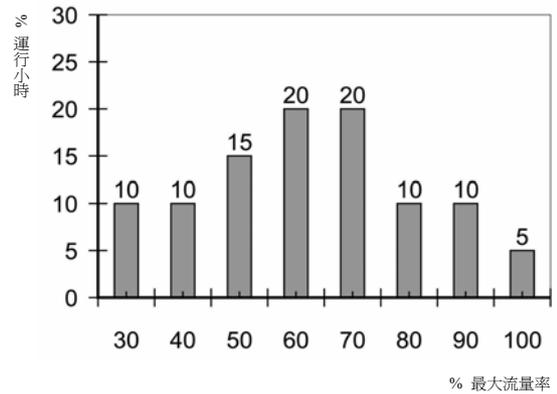


圖 5 運行時數和流量

■ 節能計算實例

在下面的計算例子中，一台 40Hp/30kW 風機按照圖 5 所示負荷圖運行。以 10% 的感測器設定值的變頻器和使用排氣風門的 AHU 系統進行比較，並算出它們在一年中分別所需的能耗。

結果（見下表）表明了採用變頻器使能耗節省了 116,070 kWh，這相當於 55% 的能耗節省。

節能表

流量 (%)	時數 (%)	運行時數	所需電能 (kW)		40Hp 風機馬達耗能	
			風門	變頻器	風門	變頻器
30	10%	876	18	2	15,768	1,752
40	10%	876	19	3	16,644	2,628
50	15%	1314	21	5	27,594	6,570
60	20%	1752	24	8	42,048	14,016
70	20%	1752	26	11	45,552	19,272
80	10%	876	27	17	23,652	14,892
90	10%	876	28	23	24,528	20,148
100	5%	438	30	31	13,140	13,578
	100%	8,760 hrs			208,926 kWh	92,856 kWh

■ 感測器類型和安放處

變頻器所帶來的節能效果固然是顯著的，然而感測器安放的位置對節能的重要性卻常常被忽略。要達到最佳的節能效果，在系統中正確地安置感測器是至關重要的。

對於 VAV 系統，壓力感測器應放置於風管內供風機出口約 2/3 距離處。感測器這樣安放（見圖 6a）可以利用管道在低流速時阻力減少的優點，從而可以在風機出口為低流量狀態下維持較低的設定值以及較低的壓力。

風機系統的目標是在 VAV 箱進氣端保持所需的最小靜壓，這樣可使 VAV 箱正常工作，並均勻地將空氣分配給受控區域。風機的排氣壓力計算是將 VAV 箱所需靜壓與全流量狀態下風管中預計的壓降加在一起，然後再設置一個安全係數，用於安裝過程中無法預見的設計修正。

如果靜壓感測器直接安置在供風機排氣口處（見圖 6b），為了保證 VAV 箱能正常運作，必須考慮最大流量狀態下的管道壓降，因此壓力設定點設置使要求與風機設計壓力相等（見圖 7a）。隨著氣流量的減少，即使管道中的壓力損耗已大大減少了，風機依然產生高壓力。其結果是向 VAV 箱提供了比其正常工作所需更大的壓力。儘管用這種方式有一定的節能效果，但是節能的潛力沒有被充分發揮。在沒達到全流速時因為過壓造成了能源的浪費。

當靜壓感測器放置於靠近 VAV 箱時，系統就能對實際的管道壓降進行補償。結果，無論流量大小風機只產生 VAV 箱所需的壓力。滿足系統要求的最低設定點代表了巨大的節能潛力。因此正確的感測器安放和設定點的降低使節能得到最大的效果。

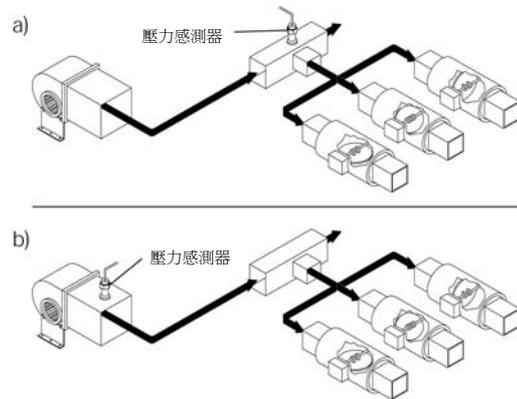


圖 6 壓力感測器安放位置

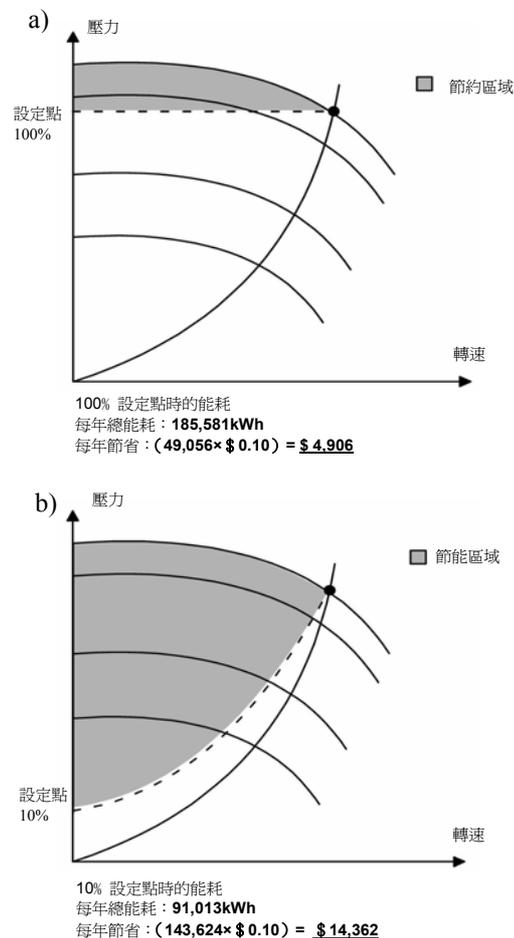


圖 7 最佳能量節省

圖 7 表明了感測器安置對節能的影響。最低設定點越小，則變頻器操作風機的速度會越慢，從而可節省更多的能源。

一些原廠已裝有變頻器的 AHU 設備會將供風壓力感測器裝在風機出風口。儘管這種結構佈局不能達到最大能源節省，但它提供不少應用上的好處。風機最大速度和負載可方便地

受到限制，簡化了系統風壓平衡及試車時的工作量。由於壓力不受 VAV 終端裝置控制，所以在 VAV 終端進口處產生的壓力變化無關緊要。

■ Danfoss VLT 系列變頻調速器

Danfoss VLT 系列變頻器是專為建築物的冷凍空調系統而設計，提供更全面的控制以及提高經濟效益。

單輸入 PID 控制器

內建的 PID 控制器可對閉迴路系統內壓力、流量、溫度或其他要求提供穩定的控制。VLT6000 能提供 38 種不同測量單位配合不同的回授信號，以符合 HVAC 系統的多樣控制需求。反饋和設定值可進行規劃並以指定單位顯示。

因 VLT6000 是專門為冷凍空調應用而設計，故變頻器可在不依靠大樓監控系統下運作。這樣就不再需要附加額外 PID 控制器以及 I/O 模組。

雙輸入 PID 控制器

VLT 6000 內建的 PID 控制器上能同時接收二個不同設備發出的反饋信號。如圖 2 所示，可對回風機作出控制並達到系統所需要求流量差控制。

雙設定值 PID 控制器

VLT 6000 變頻器可接收二個不同裝置所發出的“反饋”信號，並提供獨立的設定值。這種特性可有效的應用在不同設定區域內的系統調節，它對兩個信號進行比較，從而達到最佳系統性能。請見插圖 2 實例所示，可以將二個壓力訊號傳送至 VLT6000 上以控制風機供氣量。為達到控制“最壞條件”的狀況，可

將二個壓力感測器分別置於二組並聯的供氣管。較理想的做法是將二個壓力感測器盡可能遠離系統主風管，而置於支管之前的位置。此優點將提高節能效果（見圖 7）。

開路系統內運行

在開路系統內，參考信號將不影響變頻器的運行，但此信號可用作顯示系統的狀態，比如警告或串列網絡的輸入數據等。

允許運行功能

變頻器內建有“允許運行”功能，當此功能被設置選用時，變頻器需接收到外部設備所發出允許起動信號時才能起動。它保證在變頻器起動馬達之前風門、排風機或其他輔助設備都處於適當狀態。在改善工程時這功能尤其重要，為避免因風門不正常工作時所產生的異常高靜壓而跳脫，從而避免系統遭受損壞。

自動額定值降低

由於外部原因而導致變頻器超溫，變頻器將在超溫時發出警報信號並跳脫。如果選用 *Autoderate & Warning* 功能，變頻器則將進行狀態警報，不過仍持續運行，並試圖先透過降低載波頻率使它適當地冷卻下來，或必要時降低其輸出頻率。這目的為使當 HVAC 系統在短暫的意外超負荷時，對變頻器提供保護的同時仍能繼續運行提供適宜的空調環境。

舉例，當變頻器安裝在閉封環境下（如靠近建築物樓頂處）啓動，由於周遭環境（如陽光曬照）關係變頻器內部溫度可能處於較高溫時，VLT6000 將以限制轉速運行以作出自身保護，直到產生有效的空氣循環而降低內部高溫爲止。當恢復充分冷卻時，變頻器將自動恢復正常運行。

頻率旁路

在一些 VAV 應用中（特別是使用導風翼式軸流風機的 AHU），系統可能有產生機械共振（諧振）的運轉速度。這不但會產生過高的噪音，並可能損壞系統內的機械元件。變頻器有四個可規劃的旁路頻率。這能使馬達跨越誘發系統諧振的轉速。

簡易變頻器編程

當工程項目中應用上多台 VLT 變頻器時，所有參數可以從其中一台變頻器上傳到可拔取式的顯示操作器上。將此操作器裝置於其他變頻器上，可將所有參數下載，大大減少試車時間。