

流體機械講義

第四回

501030-4



考友社 出版發行

第七講 空氣機械 (一)

命題重點

空氣機械如依能量轉換的方向大致可分為兩大類：一為對空氣施加能量以增加空氣之壓力，速度的機械；如鼓風機(blower)，風扇(fan)，壓縮機(compressor)等之空氣動力機械。另一類為利用空氣之速度能或壓力能作為動力來源以轉換為機械能之空氣原動機械，如風車(wind mill)，空氣輪機(air turbine)等。在此我們以介紹較常用之空氣動力機械為主。

壹、空氣動力機械之分類與適用範圍

一、分類

空氣動力機械通常是依其使用壓力的不同而加以分類，壓力之使用單位在低壓時是使用毫米水柱高，即mm Aq(或H₂O)，Aq是aqua(水柱)的簡寫；壓力較高時可使用mm Aq, m Aq或mm Hg(水銀柱)，壓力再高時，則使用kgf/cm²，其間之關係為

$$\begin{aligned} 1 \text{ mmAq} &= 1 \text{ kgf/m}^2 \\ 10 \text{ mAq} &= 1 \text{ kgf/cm}^2 \\ 1 \text{ mmHg} &= 13.6 \text{ mmAq} \end{aligned}$$

圖7-1即為日本機械學會之分類方式。如壓力在0.1 kgf/cm² (1000 mmAq)以下者稱為風扇；0.1 kgf/cm²以上，1 kgf/cm² (10mAq)以下者稱為鼓風機，而壓力在1 kgf/cm²以上者稱壓縮機。風扇和鼓風機通常又合稱為送風機。

如果依加壓的方式來分，空氣動力機械又可分為輪機式(turbo type)和容積式(positive displacement type)兩種。所謂輪機式是將氣體輸入一高速旋轉之葉輪，藉著葉輪之升力或離心力來增加氣體之壓力能及速度能。而容積式是將氣體置於一密閉之空間內加以壓縮使氣體體積縮小以提高其壓力。

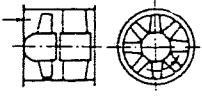
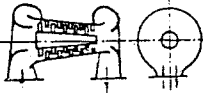
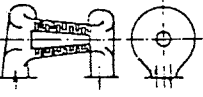
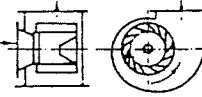
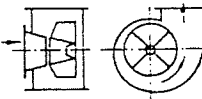
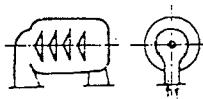
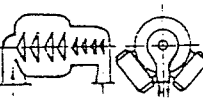
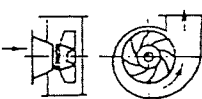
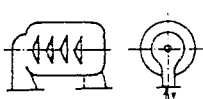
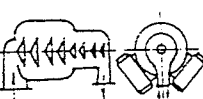
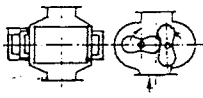
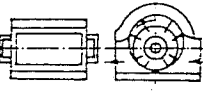

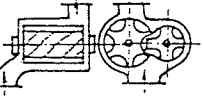
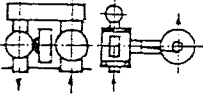
名稱		送風機		壓縮機	
		風扇	鼓風機		
種類	壓力		未滿 1000mmAq	1 mAq 以上 未滿 10mAq	1 kg / cm ² 以上
	軸流式	軸流			
機式	離心	多葉片		/	/
	徑向	徑向			
		輪機			
	容積式	旋	魯氏	/	
轉		可動葉片	/	/	
		螺旋		/	
往復式		往復	/	/	

圖 7-1 空氣動力機械之分類

此外，輪機式依氣體之流動方向又可細分為：

- (1) 軸流式(axial flow type)：氣體由軸向進出，利用葉片之升力以獲得能量。
- (2) 離心式(centrifugal flow type)：氣體在葉片處依半徑方向流動，利用離心力獲得能量。
- (3) 混流式(mixed flow type)：介於上述(1)，(2)者之間，流動方向為軸向和徑向之組合。空氣機械甚少採用此型。

容積式亦可細分為兩類：

- (1) 旋轉式(rotary type)：利用機殼內之特殊轉子旋轉時壓縮空氣。
- (2) 往復式(reciprocating type)：利用活塞或柱塞在氣缸內往復運動以壓縮空氣。

送風機或壓縮機若在入口處連接一管路而對某一空間抽氣，則稱為排風機(exhauster)。如果吸入側壓力降為真空壓力，則稱該機械為真空泵(vacuum pump)，但在構造上與送風機，壓縮機幾乎完全相同，只是使用的方法不同而已。

以上我們只是作一大略的介紹，至於圖7-1中更詳細的分類我們會在往後各節中再作介紹。

二、適用範圍

不同形式的空氣機械在性能上，依其風量，壓力的不同而有其特定的適用範圍，當所需之壓力和風量一經決定，即可依圖7-2來選擇適用的機型。但各種形式的使用範圍並非一成不變的，尤其是隨著時代進步，年年均有新機型出現，所以圖中之分隔線亦會有所變動。至於重複的部分，表示所適用的機型不只一種，實際選用時就必須考慮其他的特性或經費等問題了，這些條件有：

- (1) 送風的特性，使用狀況的變化及風量之調整方法。
- (2) 所使用之氣體之腐蝕性，含塵量，以及溫度所引起之熱膨脹。
- (3) 噪音的限制。
- (4) 操作條件，保養之難易。

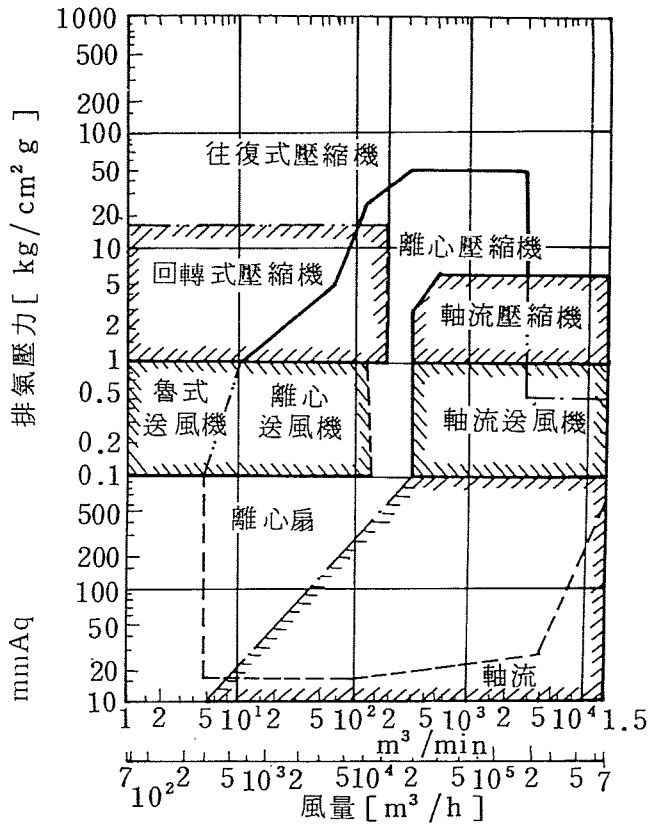
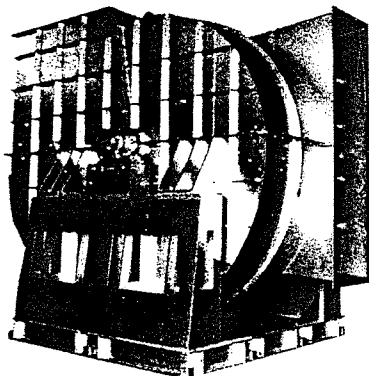


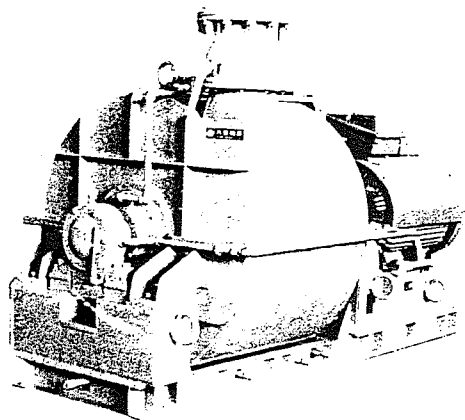
圖7-2 送風機、壓縮機的使用範圍

(5) 費用之高低，如空氣機械以外其他相關裝置之費用，折舊費，動力費，保養費，操作費... 等等。

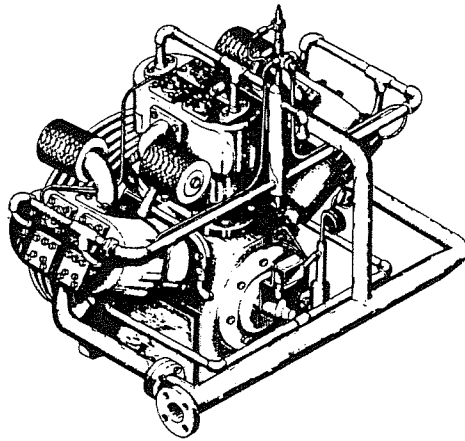
圖7-3 即為送風機，鼓風機和壓縮機之外型。



(a)單段離心式送風機



(b)四段離心式鼓風機



(c)單段水冷式空氣壓縮機

圖7-3 空氣動力機械之外型圖例

貳、空氣機械之基本要領

一、風 量

風量(capacity)是風扇在單位時間內所吸入之空氣流量(air volume, air quantity)，通常以 Q 表示之，其單位有用體積流率者，如 m^3/min 或 m^3/hr 。也有用重量流率者，如 kgf/min 等。通常不能用出口所排出之流量來表示風量，而必需換算成入口的溫度，壓力和濕度狀態的風量來表示才行。

有時候我們也不會換算成吸入狀態之風量，而是換算成空氣之標準狀態($T = 20^\circ\text{C}$, $p = 760\text{mm Hg}$, $\phi = 65\%$, $\gamma = 1.20\text{ kgf}/\text{m}^3$)，亦或基準狀態($T=0^\circ\text{C}$, $p = 760\text{ mmHg}$, $\phi = 0\%$, $\gamma = 1.2931\text{ kgf}/\text{m}^3$)來表示。如果是換算成基準狀態(normal condition)，則其單位要表示成 Nm^3/min ，其中的 N 即表示基準狀態。但是在設計空氣機械之葉輪或計算機械之動力時，則必須將基準狀態之風量依機械吸入口之溫度，壓力和濕度換算成實際的風量才不會發生錯誤。換算之方法可6-2-6節中所述之方法轉換之。

精選試題

- 一. 將以 $1000 \text{ Nm}^3/\text{min}$ 表示之空氣量轉換成吸入狀態為溫度 20°C ，大氣壓力 750 mmHg ，濕度 50% 時之空氣量。

解：由(6-28)式求出在 $T = 20^\circ\text{C}$ ， $H = 750 \text{ mmHg}$ ， $\phi = 50\%$ 時濕空氣之比重量，此時其飽和蒸氣壓由表6-2可查出為 0.024 kgf/cm^2 ，在例6-3中我們曾計算過此一蒸氣壓換算成水銀柱高為 17.6 mmHg ，代入後得吸入狀態之比重量為：

$$\begin{aligned}\gamma &= 0.465 \times \frac{H - 0.378\phi F}{273 + T} \\ &= 0.465 \times \frac{750 - 0.378 \times 0.5 \times 17.6}{273 + 20} \\ &= 1.185 \text{ kgf/m}^3\end{aligned}$$

由於基準狀態之比重量 $\gamma_0 = 1.2931 \text{ kgf/m}^3$ ，故所求之吸入風量為

$$\begin{aligned}Q &= Q_0 \times \frac{\gamma_0}{\gamma} \\ &= 1000 \times \frac{1.2931}{1.185} \\ &= 1090 \text{ m}^3/\text{min}\end{aligned}$$

約會增加1成左右。

- 二. 試求風量 $Q = 500 \text{ m}^3/\text{min}$ ，全壓 $P_T = 500 \text{ mmAq}$ ，轉速 $N = 950 \text{ rpm}$ 之送風機的比速率。

解：設吸入之氣體是標準狀態之空氣，其壓力為 760 mmHg 或 1.033 kgf/cm^2 ，比重量 $\gamma_1 = 1.2 \text{ kgf/m}^3$ ，故

$$\begin{aligned}\text{壓力比 } r &= \frac{P_2}{P_1} = \frac{1.033 \times 10^4 + 500}{1.033 \times 10^4} \\ &= 1.048\end{aligned}$$

大於1.03，故壓力揚程由(7-8)式，得

$$\begin{aligned}
 h_{ad} &= \frac{k}{k-1} \frac{P_1}{\gamma_1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \\
 &= \frac{1.4}{1.4-1} \frac{1.033 \times 10^4}{1.2} \left[\left(\frac{10330 + 500}{10330} \right)^{\frac{1.4-1}{1.4}} - 1 \right] \\
 &= 409.3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

比速率由(7-6)式得

$$\begin{aligned}
 N_s &= N \frac{\sqrt{Q}}{h^{3/4}} = 950 \times \frac{\sqrt{500/60}}{409.3^{3/4}} \\
 &= 30.2 \text{ [rpm, m}^3/\text{s, m]}
 \end{aligned}$$

三. 某送風機之全壓為200 mmAq，風量為10 m³/min，機械輸入軸之動力為0.2 kW，試求其理論之全壓效率。

解：設入口之進氣狀態為標準狀態，故 P_1 為 1.033 kgf/cm²，故 $P_2 = (1.033 \times 10^4 + 200)$ mmAq。壓力比為

$$r = \frac{P_2}{P_1} = \frac{1.033 \times 10^4 + 200}{1.033 \times 10^4} = 1.02$$

由於壓力比小於1.03，故由(7-9a)式得理論全壓空氣動力為

$$L_T = \frac{5 \times 200}{6120} = 0.613 \text{ kW}$$

四. 送風機之進氣量為180 m³/min，進氣壓力為1.033 kgf/cm² (abs)，排氣全壓為3500 mmAq，送風機之軸馬力為128 kW，試求其絕熱總效率。

解：壓力比

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1.033 \times 10^4 + 3500}{1.033 \times 10^4} = 1.34$$

由於壓力比大於1.07，故由式(7-20)