

科學圖書大庫

氣動控制原理

譯者 何其盛

徐氏基金會出版

78
2

科學圖書大庫

氣動控制原理

譯者 何其盛

徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啟發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啟導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員王洪鎰氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事，

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

原 序

今天，越來越多的機械專家，技術人員及工程師發現他們在各式各樣的工業領域中需要注意到氣動控制的問題。他們之中很少有人受過這方面的專業訓練，因而使他們必須由技術雜誌及專業報告等出版物中蒐集必須的數據及知識，或者為極簡單的事要進行他們自己的實驗。

本書希望以簡單扼要的方法說明供實際應用的氣動控制原理。在本書中，有關細節部份的研究與特殊用途的討論少於對整個範圍與一般用途的討論。有關定理方面的討論，也僅限於瞭解實用可能性所需要的程度。對於控制技術來說，氣動控制並不是一種新的方法。事實上，氣動控制應用於商業設備的低成本自動化，它的意思是說，用簡單的方法使既有的工廠中或設備上小而具影響的部份自動化，以及使次要的操作自動化。在工業生產工廠中，改進效率及經濟計畫的實現，需要有助於施行這種計畫的方法上的知識。經過適當的設計與使用的氣動控制，是這些方法中的一種，由本書中所說明的用途，可以反映出它們所指向的目標。

學徒、學生、機匠、設計師、生產技師或工廠中的工程師——他們遲早會碰到氣動控制的問題。我們希望在他們初次遭遇到氣動控制問題時，本書能幫助他們易於掌握這些問題。

本書所使用的定義、特性及符號，都是有關的DIN標準及VDI法規中所規定的。

目 錄

原 序

1. 緒論	1	5.2 邏輯控制迴路	124
2. 壓縮空氣的製造	3	5.3 迴路圖的產生	130
3. 壓縮空氣的配送	8	5.4. 控制型式	142
3.1. 存氣箱及貯蓄器	8	6. 用 途	158
3.2. 管 路	11	6.1. 應用上的一般注意事項	158
3.3. 壓縮空氣的調節	21	6.2. 應用範圍, 評價表	161
4. 氣動控制組件	35	6.3. 應用的例子	162
4.1. 氣壓缸	35	7. 保 養	196
4.2. 閥	53	7.1. 空氣壓縮機及附件	196
4.3. 氣動馬達	83	7.2. 空氣總管	197
4.4 氣動油壓設備 (油壓氣動)	88	7.3. 氣壓缸	198
4.5 組合物 (總成)	90	7.4. 閥	199
4.6 附 件	110	7.5. 裝備及系統	199
5. 控制系統	119	8. 控制問題及其解答	208
5.1 控制系統設計上一般注意事項	121	9. 參考書目	214
		中英名詞對照表	217
		索 引	223

1. 緒 論

在西方國家的文字中，氣動操作（Pneumatic）這個名詞儘管在拼法與發音上有所差異，但它們所代表的意思是一樣的，而且都是由希臘字Pneuma演變而來的，這個希臘字的意思是“呼吸”。造這個名詞的原始目的是爲了替研究空氣的運動與性質的科學命名。工程師們曾經用“氣力學”這個名詞來區分物理學中有關研究空氣及其他氣體機械性質的部份，不過目前有一點限制用於當氣體——主要是空氣——的壓力高於或小於大氣壓力時，討論有關性質、作用及用途與流體力學問題的這一部份。

爲了特殊的目的，尤其是在本書的上下文之間，“氣動設備”被解釋爲依賴空氣壓力或真空而操作的系統，機械及裝置。“氣力學”可以引伸爲是氣動設備全盤的應用。

所有流體設備及它們的應用技術，在基本上，是利用壓縮到正壓力，也就是壓力大於大氣壓力時，氣態流體固有的能量。這類流體在應用上用得最多的是壓縮空氣。

本書的原著是德文版，所引用的氣動操作定義、符號及數量均來自DIN標準及VDI法規，自然也使用公制系統的度量衡。在書中，“巴”是用來表示空氣狀態的壓力單位。（1巴等於1大氣壓，或等於每平方吋14.5磅。）

就它目前的形態來說，氣動操作是一種相當年青的工業技術產品，然而就它的基本趨勢來說，它比耶穌紀元還要老。一位活在我們現在所用的紀元之前的無名作者，早已在他的著作中描寫過數百年中的氣動操作及自動化裝置。這些發明物中極大部分是爲了儀式或軍事的目的而發明的。例如，由狄德羅所編纂在1774年出版的百科全書內各種氣動裝置之中，有一種是一支氣動步槍的剖面圖。約在一個世紀以前，在很短時間內，引入了若干種現代化的氣動操作設備。例如，氣力輸送系統，空氣列車、氣動鉚釘鎚，氣動鑿

2 氣動控制原理

岩機，以及其他的工具。就像若干鐵路上的氣動系統一樣，有一種氣動操作街車出現了。這些發明物之中，有些雖然經過了若干改良，但是一直留存到今天，而其他的，由於技術上的困難，或是其他的原因，已經消失無蹤。

直到1950年左右為止，範圍及適用性變化多端的現代氣力學，並未能開始填補工業方法中使用其他形式動力或能的已有技術。在那時，它已發展成工程學中廣泛而成功的一支。在市場上已有工程標準已經成熟的各種系列的氣動設備，而且可以預期未來在尺寸及效率上能有更進一步的成長。

在各種新的應用領域中，新發展的設備及論述不斷地產生，證明氣力學是不斷地在成長。

要切合實際並且正確地運用氣動控制，首先要對於相關的氣動組件及它們的功能，以及有關的規定具有充份的知識，以便將這些組件組合成合於邏輯的系統。就像工程學中其他的每一種事物一樣，各種氣動組件及各種氣動控制系統都有它們在應用上的限制，在氣力學上並不是永遠都那麼容易判明，因為就一般來說，它們需要依賴很多因素來決定。在裝配成任何規定的控制形式時，氣動組件極能適應使用者的創造力，因為能以少數的資源裝成一個臨時的氣動控制系統。

氣動組件是任何氣動控制系統的基本零件。在大多數的控制系統中，不論它們的大小如何，會找到若干相同或相似的組件。一個已知組件在控制系統中的位置，是由它的功能來決定的。孔，也就是組件內空氣通道的內徑，是此組件動作的決定性特性。

2. 壓縮空氣的製造

氣動控制系統是在有壓縮空氣供應的情況下操作，壓縮空氣的供給應該有充份的數量，而它的壓力也應該符合此系統的能量。控制工程師或機匠負責將這種系統與已有的壓縮空氣供應器相連接，由於在一般情況下，壓縮空氣的製造是他責任範圍以外的事。因此，他需要採用壓縮空氣能充份供應的系統。無論如何，在初次採用氣動系統時，就需要確實討論有關壓縮空氣供應的問題。

任何供應壓縮空氣設備的主要部份是壓縮機，這種機械可以根據用途而採用任何一種各別設計的形式。

“壓縮機”是一種能接受在某種壓力下的空氣、氣體或是蒸汽，然後以較高壓力輸出流體的機械。

壓縮機的效益特性第一個是輸出體積或稱為這部機械的能量，它們可以用在標準溫度及壓力條件下的狀態表示，也就是正常每分鐘立方公尺（ Nm^3/min ），或在小型壓縮機時用正常每分鐘公升（ $\text{N}\ell/\text{min}$ ），不過通常是以在壓縮機吸入空氣時周圍條件下的空氣體積來表示，也就是用 m^3/min 或 ℓ/min 為單位，本書就採用這種表示法；第二種是壓縮比，用輸出的壓力來表示，目前一般所接受的測量單位是巴。依壓縮機的類型而定，能量的範圍可以由每分鐘數公升起大到約 $50,000\text{m}^3/\text{min}$ 。輸出壓力可以小到數公厘水柱，也可以大到超過1,000巴。縱觀在氣動控制系統中所需要的空氣壓力，在各種各類的壓縮機之中，只有少數幾種能適合這些用途。氣動控制通常是當空氣壓力在6巴左右時工作，壓力限界由大約3巴最小到大約15巴最大。只有在特殊的用途中才會發現與這條規則不相符的情況，在任何工程領域中幾乎是不可能又很不尋常的。

壓縮機類別 壓縮機一般可以區分為二類，也就是“排量式壓縮機”及“輪機壓縮機”，每一種必然也包含有各別的變化。輪機壓縮機使用於需要大能量至極大能量，而所需排洩壓力低的用途中。如果使用於能量比 $600\text{m}^3/\text{min}$

4 氣動控制原理

min小的地方就不經濟了。輪機壓縮除非組合成多級式設計，否則不能達到氣動控制用途中所需的壓力，在氣動設備中很少碰到這一類壓縮機。在排量式壓縮機中最重要的是往復式與旋轉式，它們也有很多種式樣，在壓縮空氣工廠中這一類使用得很多，並已經證實能高度成功地供應氣動控制系統所需的空氣。

往復式壓縮機 無論是製成固定或是可移動式設備；往復式壓縮機（圖1）是最普通的一類。往復式壓縮機的大小可以由最小的能量到輸出超過 $500/\text{m}^3/\text{min}$ 。單級式機械可以將空氣壓縮到大約6巴的壓力，而在例外的情況下可以達到10巴，二級式壓縮機在正常情況下可以使輸出壓力高達15巴。使用三級或四級高壓往復式壓縮機，可以獲得在250巴範圍內的輸出壓力。

單級或二級型式的壓縮機特別適合氣動的用途，如果輸出壓力超過6巴時，則寧可選用二級式的設計，因為它能以較低的成本，與單級式壓縮機相匹配的性能，在這段範圍內產生所需要的動力。

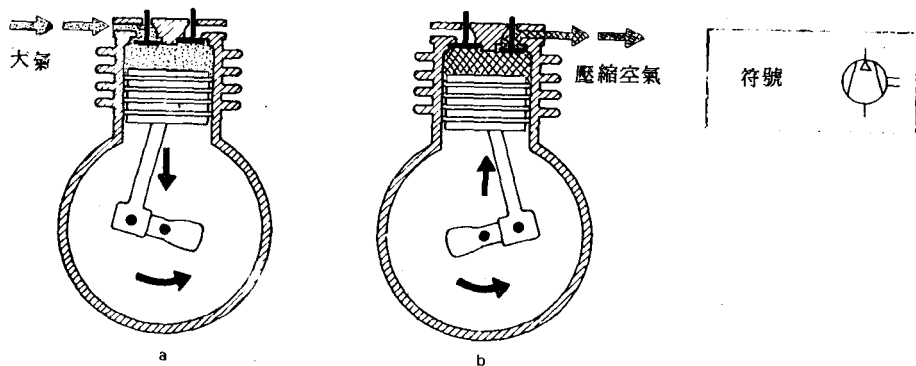


圖1 氣冷往復式壓縮機圖解

- a) 吸氣行程
- b) 壓縮行程

旋轉式壓縮機 在這一類排量式壓縮機之中，用來供應壓縮空氣的主要類型，叫做“滑動葉片式旋轉壓縮機”。在氣動作業中，很少考慮到其他的類型。滑動葉片式旋轉壓縮機（圖2）的軸，是裝在氣缸中的偏心位置上，因而形成了月牙形壓縮室，這個壓縮室，由裝在轉子上抵座於氣缸壁上的滑動葉片區分為若干間隔並加以封閉。當轉子向右旋轉時，空氣由左方被吸入逐漸

加大的空間中，然後轉子繼續向右旋轉，由於空間的體積逐漸縮小，這些空氣幾乎能維持穩定流動。旋轉壓縮機的排出壓力，在單級時能達到大約4巴，在雙級的時候能達到大約8巴。它的能量可以高達 $100\text{ m}^3/\text{min}$ 。

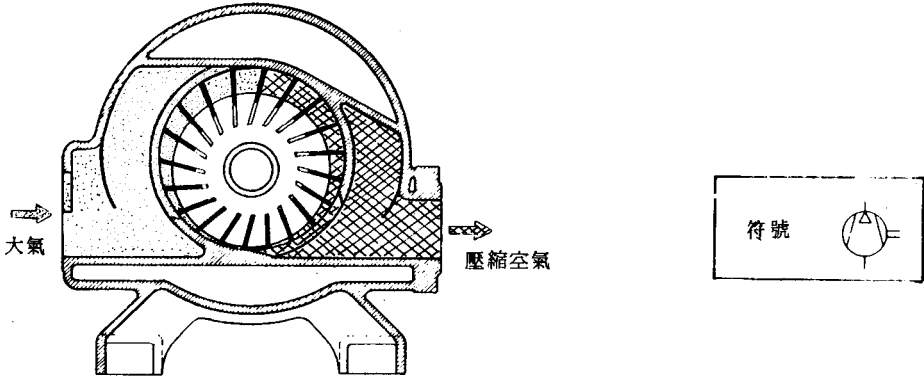


圖2 滑動葉片旋轉壓縮機圖解圖

壓縮機能量是指所壓縮及排出空氣的實際數量，以空氣在“吸入狀態”，也就是在大氣壓力及正常環境溫度下的體積來表示。

裝 設 只有在預備作輔助設施或供作試驗用的時候，才會考慮到移動式的壓縮機單元。在任何其他情況下，固定裝設的壓縮空氣供應單元，明顯地比較合適一點。壓縮機及有關附件必須按照製造者的說明來按裝。在習慣上要裝置能儘可能減少震動的抗震支架，如果是大的單元，則由所有人提供不與其他廠房地板相連接的獨立地基。

除了小型壓縮機以外，壓縮空氣工場應該裝在一間單獨的房子內。需要特別小心以保證壓縮機能吸入相當冷而乾燥並且實質上沒有灰塵的空氣。在無法吸入清潔空氣的位置，裝設獨立的進口過濾器也能滿足這種要求。由過濾器到壓縮機進口的管路，應該有足夠的尺寸。在這種方法中，也可以經由一個共用的進口導管供應若干部壓縮機清潔的吸入空氣。

吸入空氣清潔的狀況，是壓縮機壽命的決定性因素之一。

溫度較高而潮濕的吸入空氣，會造成由壓縮空氣中析出冷凝水增加的結果。

由壓縮空氣中冷凝出水份的數量，是吸入空氣的相對濕度與濕度的函數。相對濕度是以百分數來表示的（指出絕對濕度與飽和時的水蒸氣數量的比值）。

$$\text{空氣的相對濕度} = 100\% \times \frac{\text{絕對濕度}}{\text{飽和時濕度}}$$

表 1 在選定的大氣濕度下空氣的水蒸氣飽和量

濕度 °C	-10	0	5	10	15	20	30	50	70	90
水蒸氣 g/m ³	2.1	4.9	7	9.5	13	17	30	83	198	424

換而言之，相對濕度是在一定體積空氣中現存的水蒸氣數量，而飽和時的濕度，是同體積的空氣在一定溫度時所能吸收水蒸氣的總數量。表 1 列出了在各選定的溫度下空氣中所含的飽和水蒸氣數量。

1 m³ 的壓縮空氣所能保有的水蒸氣量，與 1 m³ 大氣中所含的水蒸氣數量相等。

如果 7 m³ 的大氣在溫度為 30 °C 而相對濕度為 100 % 時壓縮到壓力為 6 巴，此時壓縮空氣的體積是 1 m³。根據表 1 的數字，在壓縮空氣中所含的水份是 7 × 30 = 210 克。當壓縮空氣失去壓縮熱並冷卻到 20 °C 時，在現存全部的 210 克水蒸氣中，約有 193 克會析出而成為“冷凝水”。假設空氣的消耗量是在吸入狀態下的 70 m³ / hr，這意味著每小時大約會聚集約 2 公升的冷凝水。依氣候的狀態而定，大氣的相對濕度大約是介於 60 % 到 90 % 之間。

壓縮機單元的大小，依連接在這個系統中所有氣動裝置的空氣消耗量而定（不是在第一件氣動裝置開始操作時的空氣消耗量），除此以外要有一點餘裕作為預備能量，以便涵蓋近期内可能連接上的新增氣動裝置，另外還要加上 10 % 到 30 %，以涵蓋漏洩損失。空氣消耗量以及根據它而作的壓縮

空氣工場配置，是一種重要的計劃工作，而並不僅僅是一種簡單的猜測。藉專家的計劃，可以避免在生產壓縮空氣時不必要的費用。

壓縮機的排洩壓力不應該高於操作氣動控制裝置所需要的工作壓力。以較高的壓力輸出空氣，不但是在壓縮上所需的成本較高，而且在漏洩點也會造成較大的損失。

在需要大量空氣的時候，裝設二或三部壓縮機可能比僅裝設一部壓縮機更合適一點。單獨一部壓縮機損壞的時候，會使全部氣動設備在極短的時間內失去作用，因為在存氣箱中所儲存的壓縮空氣，通常僅足供工作幾分鐘而已。在另一方面，如果壓縮機工場中配置了若干部壓縮機，無論任何一部機器故障，即使有所妨害，整個氣動系統仍然能夠繼續操作。

壓縮空氣的成本 一般來說，用較小的工場生產壓縮空氣所需要的成本，比使用較大壓縮機組所需要的成本高。當使用配合某特定作業所能使用的最大壓縮機來生產壓縮空氣時，通常可以預期能夠得到最經濟的成本。

無油壓縮空氣 供應製造食物、化粧品或藥物工廠所需要的壓縮空氣之中，除了不能含有水份以外，還不能含有油。在一般情況下，壓縮機所輸出的空氣會被用於潤滑機械的油料所產生的細油霧所污染，只是程度上的大小而已。

對於不容許空氣被油污染的那些用途，製造廠家供應特殊的壓縮機設計，以便輸出沒有油的空氣。然而在壓縮機的下游仍然需要分離存在於空氣中的水份。當空氣的純度要求很高的時候，要裝置吸收式過濾器，以便由排出的空氣中去除任何殘餘的油。還要使用其他的方法來使空氣乾燥。

“免潤滑壓縮機”是往復式壓縮機的一種特別設計，用來供應無油壓縮空氣。它叫這個名字是指氣缸無需潤滑，然而運轉的齒輪仍然是照常用油潤滑，不過使用特氟龍製的填函襯墊作為機架與氣缸之間的封閉，在其他設計中，曲軸及連桿在經潤滑以延長壽命的特殊球軸承中運轉。活塞環是以特氟龍製成的。導套同樣也有特殊設計之處。“螺旋壓縮機”也是用來供應無油壓縮空氣，因為在這種機器的壓縮空間中，不需要使的潤滑油料來潤滑。

3. 壓縮空氣的配送

由製造點到消耗點之間的壓縮空氣配送系統（圖1）不應該掉以輕心，因為就在這裏，藉消除由於洩漏而造成的損失並保證所使用的設備及物料是適當的類型，能夠實現長時期金錢上的節省。因裝設新系統而招致的額外費用，也可以由減少保養的需求，因較緊的封閉接頭而減少空氣的損失，以及設備較長的壽命等方面的總和利益而收回來。

3.1. 存氣箱及貯蓄器

儘管計劃用於各種不同的目的，但是存氣箱及空氣貯蓄器具有一種共同的功能，就是平衡整個空氣配送系統中昇降不定的壓力，並且將冷凝的水份由壓縮空氣中分離出來。

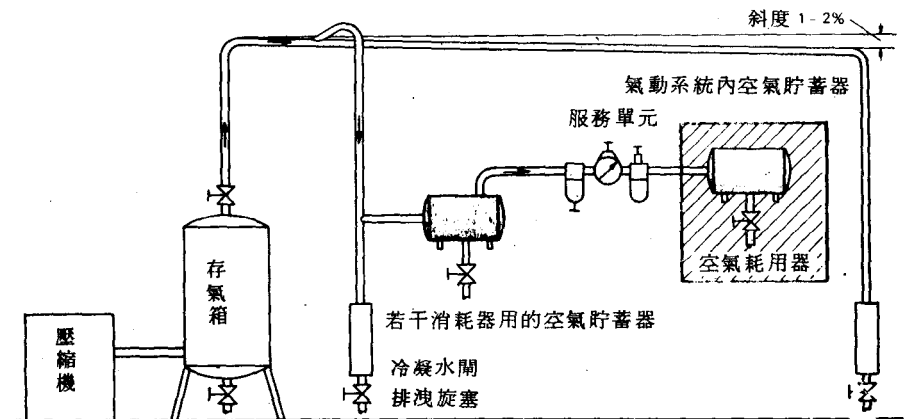


圖1 有支線壓縮空氣配送系統圖解圖。在氣動系統內裝設空氣貯蓄器應視特定的空氣消耗器而定，只有在短時間內消耗大量空氣的時候（間歇巔峯負荷）才有這種需要。

“存氣箱”是直接裝設在壓縮機的下游，以便接收由後者輸出的壓縮空氣，因而能平衡在空氣流中的脈衝。它們更用來作為整個空氣總管的儲氣筒，因而在繼續配送以前，附帶有助於冷卻壓縮空氣並將冷凝水分離出來。在大壓縮機系統中，會在壓縮機與存氣箱之間裝設附有水份分離器的壓後冷卻器，這樣子在空氣中進入存氣箱以前能排除大部份的冷凝水。

供作氣動控制用的壓縮空氣系統，在壓縮機與存氣箱之間，永遠必須配置一具壓後冷卻器。

存氣箱的大小由壓縮空氣的消耗率及壓縮機的能量來決定。在氣動系統中，存氣箱通常也需要具備儲存的功能，由於在大多數例子中我們可以預期空氣的消耗量是相當地連續，因此決定存氣箱的大小就比較容易。當然，除此以外，還有別的因素控制著存氣箱的大小，例如壓縮機的能量以及最大循環率等，但是儲存功能以及假設壓縮空氣是相當連續地消耗，是首要的決定因素。

假設有任何中斷的情況發生，例如失去動力，對於保證連接在這個系統上的氣動控制裝置能夠回到中立位置或是停頓位置，相當程度的儲存能量是非常重要的。

以 m^3 計算的存氣箱體積容量，等於壓縮機以 m^3/min 表示的輸出能量。

當然，這個數字只能當作是經驗數字。有些時候必須要考慮到所有相關連的因素。對於這個問題應該要參考壓縮機製造廠商所出版的手冊以及數據資料等。

使用一具容量太大的存氣箱或是空氣貯蓄器，要比使用容量大小的存氣箱來得便宜一點。

在某種程度的工作壓力之下，某種程度的壓力 — 體積的乘積使存氣箱或空氣貯蓄器能夠用作為壓力容器，因而使它們受正式結構及試驗法規或章程的管制。在實際上，這一點幾乎適用於所有氣動用途中的存氣箱與空氣貯蓄器。

壓力 — 體積乘積的計算法，是以存氣箱體積容量的公升數乘以巴表示的工作壓力：
 壓力 — 體積乘積 = $p \times v$ (巴 $\times$ 公升)

如果可能的話，存氣箱應裝設在戶外（最好裝在建築物陰涼的一邊）。這樣子，由於能夠避免在一個可能太小的封閉空間中所造成的過熱，因而能夠幫助壓縮空氣獲得較佳的冷卻，對於冷凝水分離的效果也比較好。如果存氣箱是裝設在戶內，必須準備良好的通風設備。

“空氣貯蓄器”是裝設在中間位置的二次存氣箱，用來平衡系統內的壓力變化，以保證對於所有空氣消耗器的操作壓力能夠儘可能維持為定值。由中央系統供應壓縮空氣的各個廠房或各層都應該裝設這種中間空氣貯蓄器。如此，因為長管路而造成的壓力降落得以補償，並且能夠維持管路中最適當的空氣流動速度。如果氣動控制或其他系統與以週期性在短暫時間內消耗大量空氣的操作組件相連接時，在這些系統內也需要裝設空氣貯蓄器。沒有中間空氣貯蓄器，在這些組件作用的時候突流消耗大量空氣會使管路內的壓力暫時中斷，造成空氣總管中不正常的高速流動，使管路及其中的空氣過度冷卻，因而使這些部份增加冷凝水。空氣貯蓄器或存氣箱可以水平或是垂直地安裝，也可以插入管路之中（如圖 2 所示）。

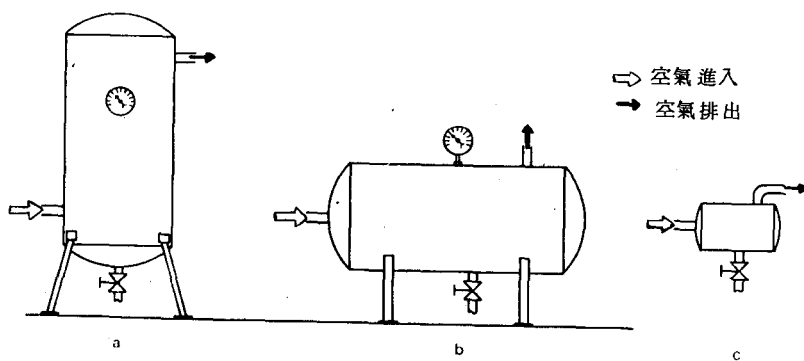


圖 2 存氣箱或空氣貯蓄器可以裝設成立式或臥式槽。有的時候，小的空氣貯蓄器直接地裝在空氣管路之中。

a) 立式 b) 臥式 c) 小空氣貯蓄器裝在管路之中。空氣出口最好應位於槽的上端，或上端三分之一，如此可避免冷凝水進入。

3.2 管路

輸送壓縮空氣用管路的內徑，可以由幾公厘到像烟鹵一樣大。它們可以用橡皮、塑膠或是金屬製成，但是不可以使用煤氣管。

3.2.1. 空氣總管 空氣總管是一種管路系統，由存氣箱引來的空氣就是進入空氣總管中，它是永久地裝設的互相連接的管子系統，它將空氣輸送到各個消耗器的接頭。要考慮的主要標準，是整個總管裏管路及鎖緊接頭中的流動速度及壓力降落。

計劃新空氣總管 整個空氣消耗量加上一點餘裕以包含隨後必然會增添的新增氣動裝置，是決定管路內徑的主要因素。關於在管路中的最大流動速度及壓力降落可以獲得經驗數據，在適當的經濟方面考慮之下，它們是可以被接受的。

管子尺寸（內徑）由下列因素來決定：

容許的流動速度。

容許的壓力降落。

工作壓力。

管路中流動限制物的數目。

管路的長度。

“流動率”也就是“空氣消耗率”，是計劃工程師事先必須要確定的數量。流動速度與壓力降落是彼此密切相關的。管路內壁的粗度以及所裝設的閥或配件的數目也將影響到壓力的降落。

流動速度越高，在管子上出口接頭處的壓力降落也越大。

在總管中壓縮空氣的“流動速度”應該介於 6m/sec 至 10m/sec 之間。應該儘最大努力使流動速度保持於 10m/sec 。管子彎頭、閥、漸縮管及軟管接頭等會在很多地方使流動速度升高到容許的數字以上。當作用裝置以較高的速率使用空氣的時候，也會使流動速度發生不正常的增高。

“壓力降落”應該以不超過 0.1 巴比較好，這個數字包括由分配管開始到所連接的消耗器為止。在實際上使用的另外一種度量是工作壓力的 5% ，它的意思是當工作壓力是 6 巴的時候， 0.3 巴的壓力損失仍然是可以接受。