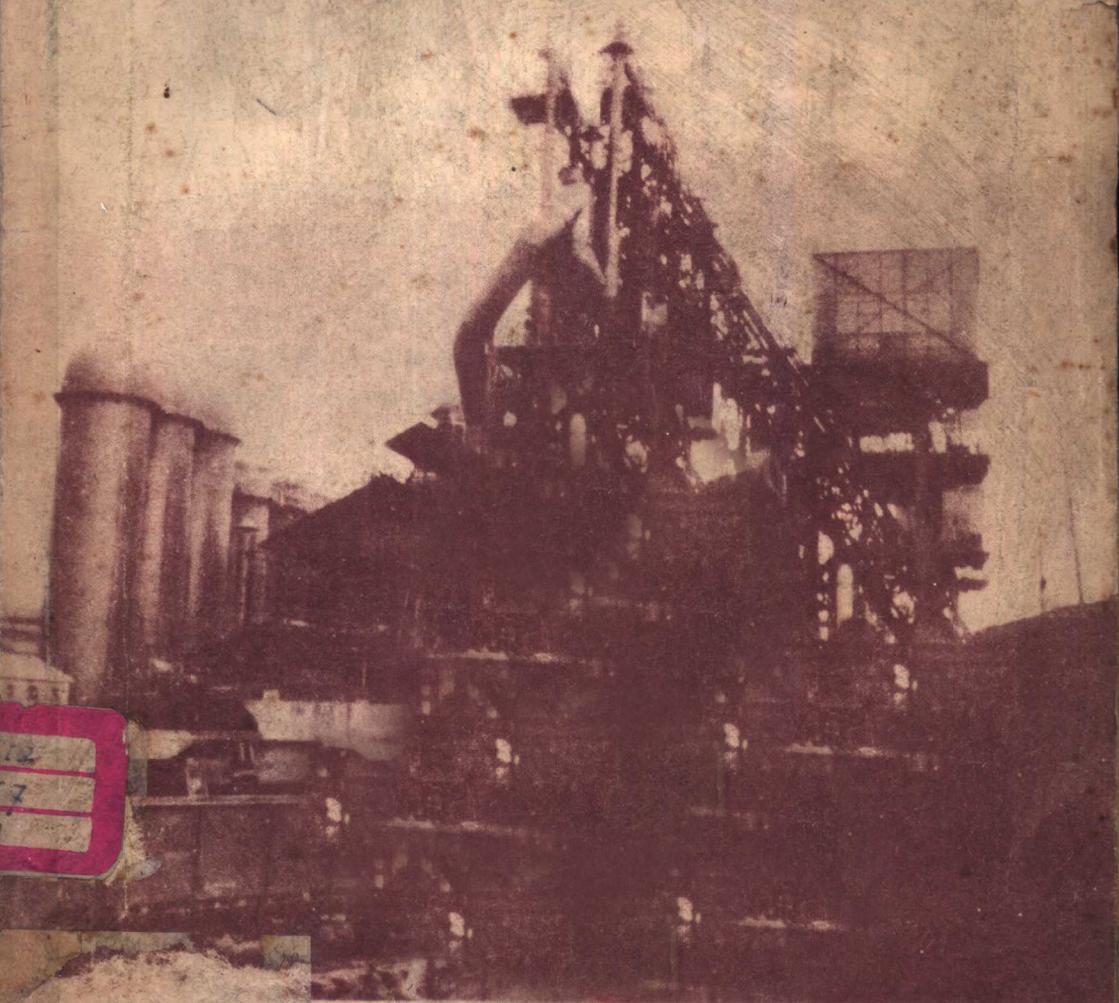


空氣壓縮機



鞍山鋼鐵公司基建教育處

僅供參考
不准翻印

編 審: 鞍 鋼 機 械 安 裝 工 程 公 司
出 版: 鞍 鋼 基 建 教 育 處
印 刷: 旅 大 人 民 印 刷 廠 二 廠

定 價: 10 /

前 言

隨着國家大規模經濟建設的開始，相應的培養建設人才就成爲一項十分重要的工作，工業落後的舊中國遺留給我們的最大困難之一，是工業建設幹部和技術力量的缺乏，這種情況使經濟建設不能大規模的展開，數年來經濟恢復的經驗，使我們認識到這一問題的嚴重性。

隨着鞍鋼基本建設工程先後竣工，即將開始大規模的冬訓工作，通過冬訓總結與推廣各種先進經驗，提高工人、幹部政治覺悟和技術業務水平，爲1954年和今後更加繁重的基本建設打下基礎。

適應今年冬訓和今後大量培養工人、幹部的需要我們組織各單位工程技術人員和技術工人編寫了拾陸種冬訓工人技術教材。教材內容主要是各種關鍵性的先進經驗和施工圖紙、操作規程等，並有適合技術工人學習的技術理論。由於各單位領導重視和支持，基建技工學校配合，並分別經過各單位工程技術負責同志審查，一般適合今年冬訓要求，並可供今後經常技術教育之用。

由於時間倉促，加以工程任務繁忙，有些教材是利用業餘時間突擊出來的，以及我們工作上的缺點，冬訓教材不論在內容上和編排上，不可免的都有不少缺點，希望讀者提出意見。

鞍鋼基建教育處

1954年12月5日

目 錄

第一節 概述.....	1
1~1 壓縮空氣的用途.....	1
1~2 壓縮機的分類.....	1
1~3 離心式空氣壓縮機.....	2
第二節 往復式空氣壓縮機.....	2
2~1 分類及構造.....	2
2~2 壓縮機的壓縮原理.....	4
2~3 壓縮機的構造.....	5
2~4 汽缸、汽缸蓋.....	6
2~5 活塞、活塞環.....	6
2~6 氣閥.....	8
2~7 十字頭.....	11
2~8 曲軸.....	12
2~9 冷却器.....	13
2~10 保安閥.....	15
2~11 空氣壓縮機之安裝.....	15
2~12 潤滑.....	16
2~13 試運轉.....	17

第一節 概 述

1~1 壓縮空氣的用途

壓縮空氣被廣泛地用於各種機械上；如鑿岩機，氣錘鑽，鉚釘器，氣壓，氣鎚，空氣吊車及起重機等。近代蘇聯的自動化工廠或動力廠中的自動控制裝置，亦廣泛的應用壓縮空氣。主要原因是壓縮空氣易於遠距離傳送，無氣味，無擾入汽霧或塵垢，而且空氣又是取之不盡，用之不竭的工作介質。

在礦山機械中，壓縮空氣的優點更為顯著。用空氣為工質的空氣發動機，與蒸汽機相差甚微，事實上即可以蒸汽機改裝。空氣發動機用於礦石的開採，火車頭、隧道、驅動小型搬移式工具及其他的用途時，不但使用方便，而且無熱量，還可加強礦道的通風。與蒸汽比較蒸汽易於中途冷卻，以致降低壓力。與電來比較，則電易於發生火花，會引起礦道的火災。

1~2 空氣壓縮機分類

空氣壓縮機，可分為下列三類：

1. 鼓風機。供給大量空氣，而排氣表壓力低於 25.4 厘米水柱者稱鼓風機或風箱。其所供給之空氣用於通風、鍋爐燃料之燃燒及其他類似裝置。
2. 旋轉壓縮機。空氣壓力表 1.405kg/cm^2 表壓者，須用旋轉壓縮機。如供給化鐵爐用空氣及柴油引擎用空氣。
3. 往復式活塞壓縮機。高壓排放空氣，須用往復式活塞壓縮機。若空氣最後排放壓力超過 7.025kg/cm^2 常用二級或更多級活塞壓縮機。

1~3 離心式空壓縮機

離心式壓縮機亦稱汽輪壓縮機，是旋轉壓縮機之一種。其所造成之排氣壓力，視轉速及級數或葉輪數而定；空氣壓力自 0.7025 至 2.46kg/cm^2 者用單級，空氣壓力達 8.8kg/cm^2 者用多級。圖 1~1 示一四級離心壓縮機。轉動部份包括直半徑型葉輪，以高拉力強度合金鋼製之。葉輪之迅速轉動（普通大於 300 R. P. m），造成空氣自輪心流向輪邊，其速率達每秒 90 米之多。空氣以高速度衝擊輪邊後，即轉變為壓力，因空氣引至次一葉輪，必須流經較大氣道，故每葉輪增加壓力，構成一級。二相隣葉片間裝有曲線導引葉板，使自一葉輪

排放之空氣，以適當旋轉角度引入次一級。多級壓縮機於葉輪殼及氣道間之空隙，用水冷卻，以移去部份壓縮熱量。

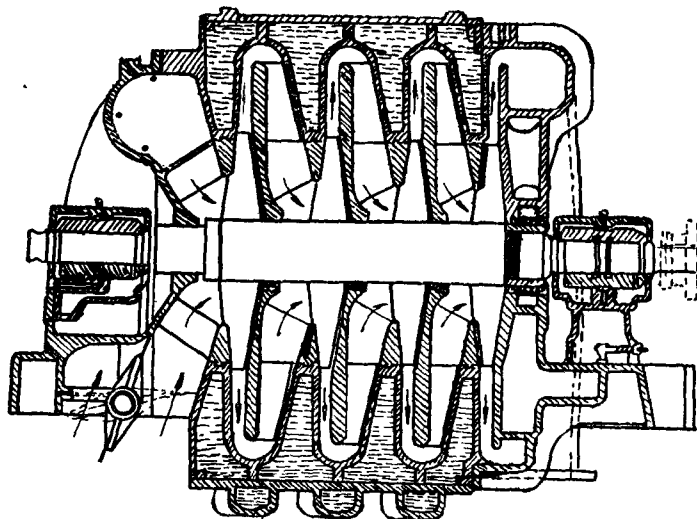


圖 1~1 P.442

第二節 活塞式壓縮機

2~1 分類及構造:

參看圖 2~0 立式壓縮機的構造總圖。

活塞壓縮機之氣缸構造，甚似蒸汽機汽缸。雙動壓縮機於氣缸每端，均裝有進氣及排氣閥。壓縮機之閥可以機械司動，或藉空氣的壓力而啓閉。驅動壓縮機之動力機械可為蒸汽機、電動機、內燃機或水輪機、汽輪機等。

活塞式壓縮機的分類方法很多，依構造型式來分類有：

1. 立式壓縮機
2. 臥式壓縮機
3. 交角壓縮機——為多缸式。

依動作來分類有：

1. 單動壓縮機，每旋轉僅一衝程產生壓縮。
2. 雙動壓縮機，每旋轉兩衝程均產生壓縮。

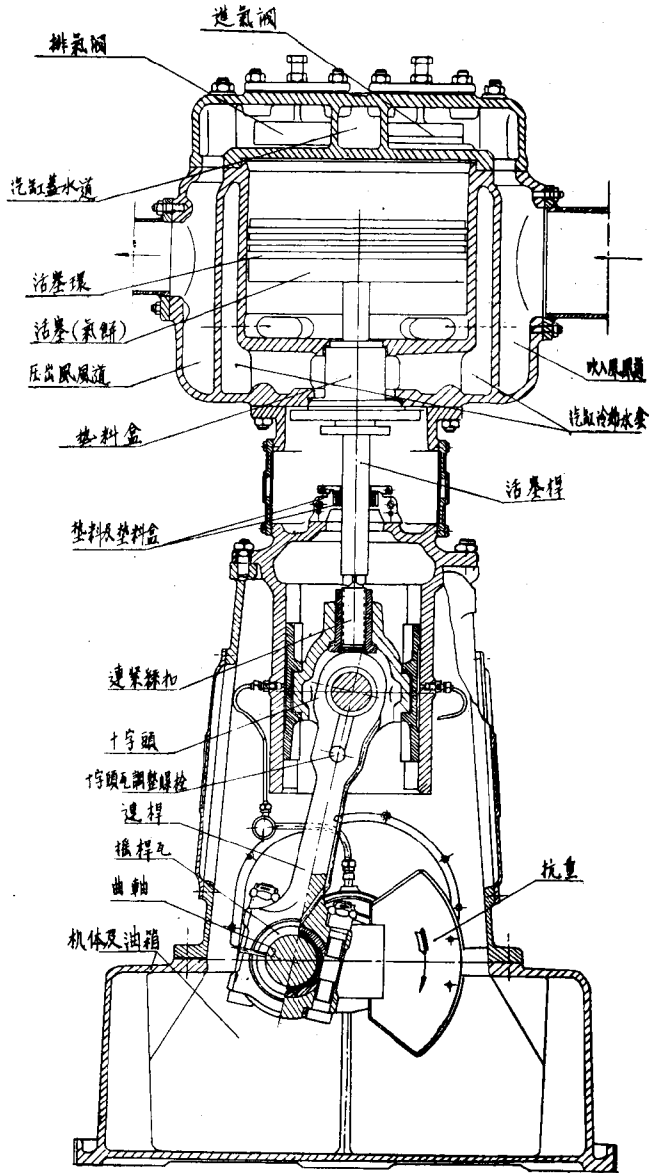


圖 2~0

依級數來分類有：

1. 單級壓縮機，一步完成自起始至終了之壓縮。
2. 多級壓縮機，分幾步完成自起始至終了之壓縮。

根據動力機械與壓縮機之傳動方法來分類有：

1. 裝置剛體聯軸節之直接傳動，或稱緊貼傳動。
2. 裝置撓性聯軸節之直接傳動。
3. 減速齒輪傳動。
4. 皮帶傳動
5. 整體構造，即動力機汽缸與壓縮機座一起製造，並連於同一曲柄。

又安壓縮機安置固定與否可分為固定式，移動式，半移動式等。

若要說明一個壓縮機的構造型式，可根據上述各種分類法聯合說明之。例如某壓縮機為：固定、直立、三級、雙動式皮帶傳動壓縮機。

2~2 壓縮機的壓縮原理

壓縮機內起壓縮作用的主要機件是氣缸、活塞和風閥。氣缸為一堅固之圓筒，活塞為一金屬之圓塊，通常稱為汽餅。活塞在氣缸中作往復之運動，藉風閥之助以把大氣中的空氣搬移到貯氣箱裡，茲把其動作之過程略述如下：

如圖 2~1，為壓縮機未開始動作之情況，此時活塞停留在氣缸的最左

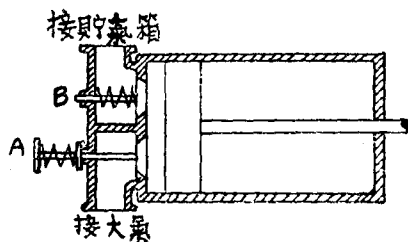


圖 2~1 活塞到達高死點

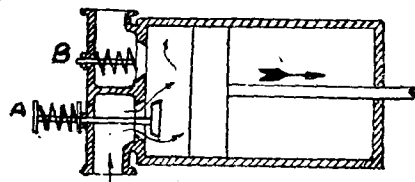


圖 2~2 吸氣衝程

端（即高死點），進氣閥 A 和排氣閥 B 都因受彈簧的壓力而被擠緊於氣缸蓋上，在關閉狀態。始動時，活塞開始向右移動，即使活塞與氣缸頂的距離逐漸增大，亦即活塞左端的汽缸體積逐漸增加，使汽缸內產生部份真空減少了氣缸內的壓力。但汽缸外部的壓力保持着永遠不變的大氣壓力，因此，缸內外的氣體便有一個壓力相差，差額的大小隨着活塞右移的距離增大而增大。活塞行到適當的位置後，如圖 2~2，因壓力差而使汽缸外的大氣施於氣閥的壓力超過了彈簧的張力

時，進氣閥被擠開，空氣經過閥孔流入汽缸內部。活塞不斷右移，空氣不斷流入汽缸，直到活塞行到汽缸的最右端（常稱為低死點），汽缸內充滿了空氣，進氣閥才閉。這個過程常稱為吸氣衝程。在吸氣衝程裡，排氣閥閥面雖亦受到大氣的推動力，但只能緊壓於汽缸蓋上而不能啓開。活塞經過低死點之後，便回頭向左行，此時的作用適與進氣衝程相反。因為活塞與汽缸蓋間的距離逐漸因活塞的左移而減小，使空氣

在汽缸中佔有的體積也就漸小，空氣受到壓縮而壓力因而增大。至其壓力超過了貯氣箱的壓力與克服了彈簧的壓力之後，排氣閥即被擠開，汽缸內的空氣被活塞逐漸壓到貯氣箱內。活塞行到高死點（即汽缸的最左端）後，排氣閥即行關閉。這就完成了一個壓縮過程。活塞、汽缸、風閥的聯合動作，一次一次的把大氣中的空氣轉移到貯氣箱去，而氣貯箱的體積為一定，必使壓力逐漸升高，這就是壓縮機能使貯氣箱的空氣壓力升到我們所要求的壓力的原因。

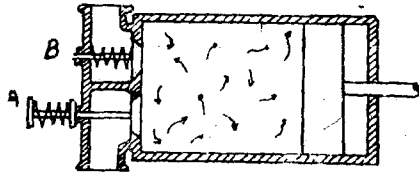


圖 2-3 活塞到達低死點

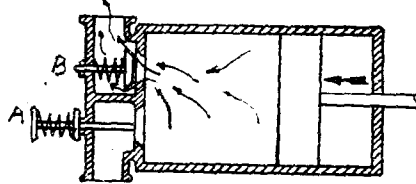


圖 2-4 壓氣衝程

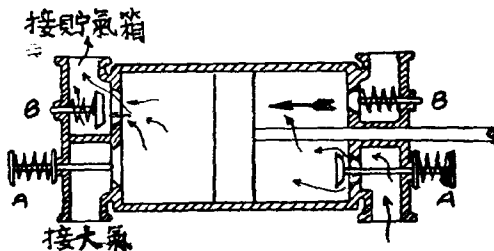


圖 2-5 雙動式壓縮機

2~3 壓縮機的構造

壓縮機的構造類型雖有多種，簡單言之，其作用機件可歸納為下列幾類：

1. 壓縮機件：汽缸、汽缸蓋、活塞、氣閥等。

2. 傳動系：活塞桿，十字頭，連桿，曲軸，及飛輪等。
3. 潤滑系：軸承，齒輪，及汽缸壁各備潤滑裝置，包括潤滑油池或油罐，傳動泵，濾油器，及冷油器等。
4. 冷卻系：吸取汽缸及汽缸蓋之熱及中間冷卻器內壓縮空氣之熱。
5. 儀表附件：如氣壓表，溫度計，保安閥，油水分離器等。

2~4 汽缸、汽缸蓋

汽缸與汽缸蓋多是用顆粒細小的鑄鐵造成，汽缸內壁須用精密加工，使其非常光滑，以便活塞在汽缸內往復走動的磨阻力減至最小。

空氣被壓縮後，必然增高溫度，空氣被壓縮的程度愈嚴重溫度愈高。因此，普通壓縮機的汽缸與汽缸蓋都備有冷卻水套，以洩去一部份的熱量。其效果一方面使汽缸、汽缸蓋、活塞等的溫度不致逐漸增高，另一方面，使吸入的新氣不致因熱而膨脹，以提高壓縮機的容積效率。

清洗汽缸時，禁用棉紗線頭等易於掉毛的物質。清洗完畢，可用壓力甚低之壓縮空氣將其殘留之塵土細粒吹乾。汽缸壁內如有銹蝕，可用三氧化二鎢混機油擦去，若有毛刺紋跡，可用經細心磨過而刀口不呈鋸齒形之刮刀輕輕修刮之，禁止使用砂布或油石，以免其細粒脫落於缸內。在試運轉之前必須檢查汽缸各部是否有裂紋，水套是否漏水，汽缸蓋與汽缸之間須加上襯墊，襯墊的孔要與汽缸上的水道對準，以免阻塞水道。旋緊汽缸與汽缸蓋的接合螺釘時，須相間旋上。

汽缸餘隙容積：活塞行至高死點或低死點時，並非位於汽缸的盡頭，它與汽缸的末端須留有相當的餘隙。此餘隙所構成之容積，即通常稱謂餘隙容積。餘隙中的空氣是壓力頗高者，其膨脹的作用有助於活塞的回行，亦即減小開始回行之動力。

餘隙容積的大小，可用該容積佔汽缸容積的百分數表示之。據筆者經驗，汽缸直徑為300~500M. M.，活塞衝程為250M. M. 元壓縮機，在汽缸軸向長度上量取的餘隙長度可在2.5~4 M. M. 間。

一般在3~5公厘之間，裝配時常使上下之餘隙相等。

2~5 活塞、活塞環

活塞的功用是封閉汽缸不使上下通氣與對空氣施以壓力並驅使空氣進入貯氣箱內。構造材料為鑄鐵。其應具有的性能是：

1. 結構堅固。
2. 重量要輕，使軸承負擔減小並節省動力。
3. 熱膨脹係數小。
4. 不易損耗，經久耐用。

活塞環：與汽缸壁實際接觸的不是活塞本身，而是裝置於活塞上的活塞環。活塞還幫助活塞不使漏氣，還有傳導活塞的熱量與帶動滑油的作用。其製造材料，多用細紋的鑄鐵。活塞環的加工精密度為：

高度	2 級
寬度	4 級
外徑	2 級

活塞環要求高度的加工光度，特別是環的上下兩面需要達到蘇聯標準 $\nabla\nabla\nabla 9 - \nabla\nabla\nabla 10$ ，外圓精密度是 $\nabla\nabla\nabla 9$ （這是最好的活塞環）。

活塞環的彈性，應能使其自汽缸裡的開擋 a ，張開到自由狀態時的開擋 B 。

習慣上這兩種開擋的規定是（圖 2~6）

$$B = (0.1 \text{ 至 } 0.12) D \quad (D \text{ 是汽缸口徑})$$

工作開擋 a ，是供活塞環被壓縮在汽缸裡，因膨脹所需的間隙。一般是

$$a^* = (0.003 \text{ 至 } 0.006) D。$$

活塞環與活塞間亦應有軸向間隙，如圖 2~7 中之 K 。此間隙如果過大，在運轉中

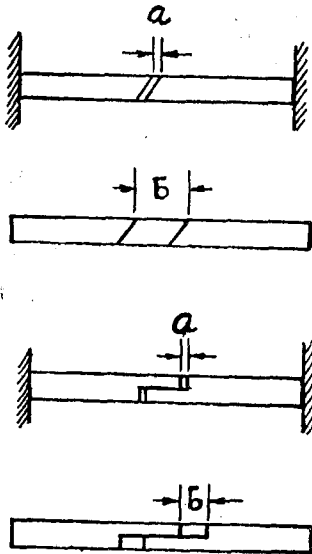


圖 2~6

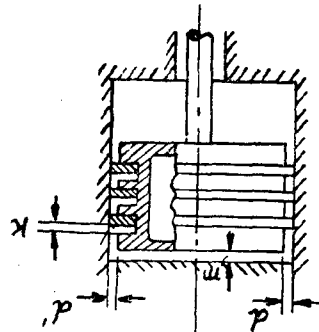


圖 2~7

使活塞環與活塞的衝擊過甚，易於損壞。如果過小，活塞環與活塞受熱後，互相擠緊，失去活塞環與汽缸壁的彈性接觸。活塞環的高度在 $10 \sim 15 \text{ M.M.}$ 者，間隙 K 可在 $0.03 \sim 0.10$ 之間。

同一活塞上往往有幾個以上的活塞環，安裝時須將活塞環的開口交錯安放，不使同在一直線上，以免空氣易於洩漏。

活塞環裝入氣缸後理論上因為活塞環有漲力，其與氣缸壁之接觸處不能有間隙存在，實際上每一活塞環沿周必有幾處存有間隙，這是因為活塞環漲力不均勻的緣故，此間隙以不許超過 0.1 公厘。否則，研刮活塞環產生間隙處之內側面以減少此處之挺性，便可使此間隙變小。

漲圈與氣缸壁接觸良好與否的另一檢查方法是將漲圈裝於氣缸後，用燈光檢查其接觸處透光部份應不大於 10% ，否則應另擇漲圈或調整之。

2~6 氣 閥

汽缸與活塞通過氣閥的作用把空氣從大氣中壓縮到貯氣箱中。如果壓縮機

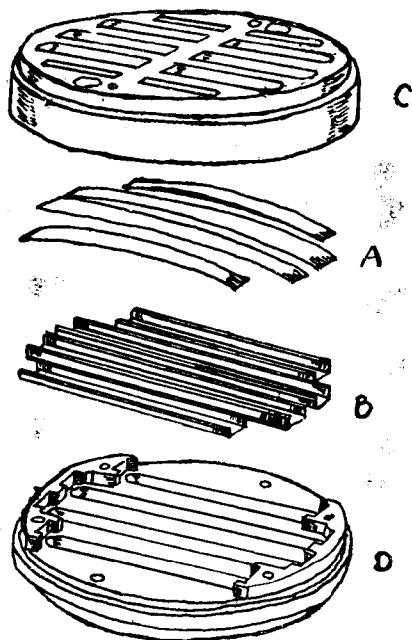
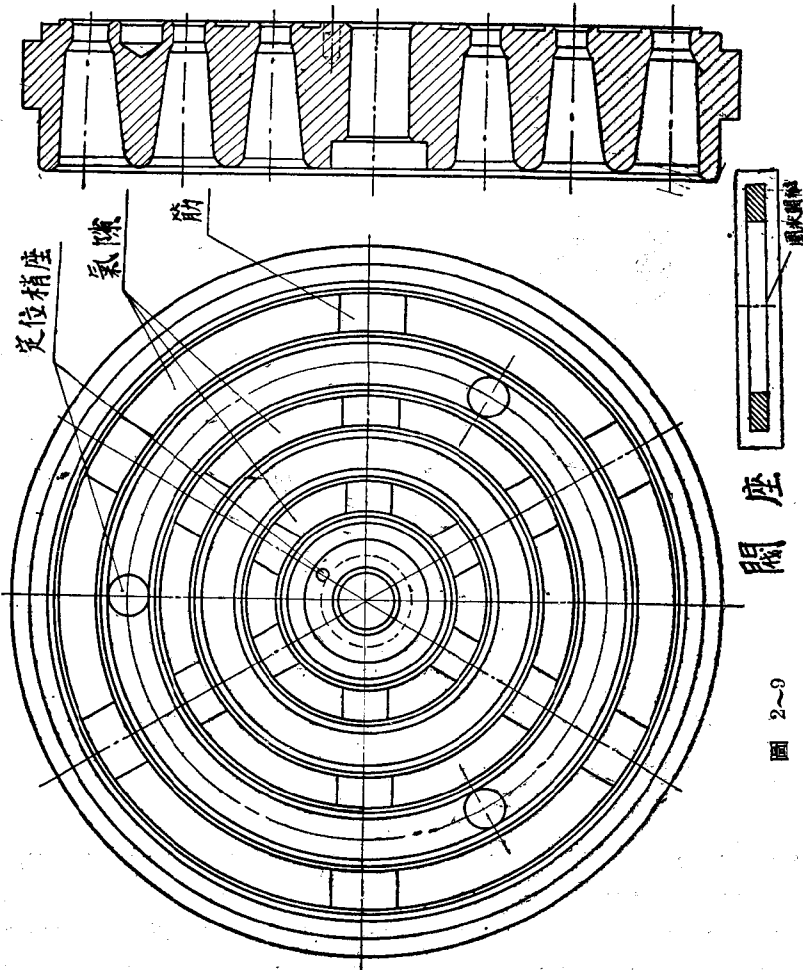


圖 2~8

是單動式，進氣閥與排氣閥。如果為雙動式壓縮機，則氣缸的頭端和尾端都裝有進氣與裝在氣缸頭端排氣閥。一般為了使空氣更容易進入氣缸，以提高壓縮效率，可以多加一個或兩個作用完全相同的氣閥，瓣閥形狀各有不同，有圓片式者，有扁薄同心圈狀者，亦有狹長鋼皮或溝渠形鋼皮者。如圖 2~8 示一溝渠形氣閥，其構造包括弓形不銹鋼狹片 A，不銹鋼溝渠瓣閥 B，止升蓋 C 及閥座 D。將瓣閥 B 蓋設閥座 D 上各直槽，又將弓形狹片 A（即彈簧片）安置於溝渠 B 內，然後將止升蓋 C 疊上。壓縮機之吸氣衝程，使每一溝渠瓣閥 B 自其閥座並循着閥座上所刻之槽而直升起來，此時進氣孔即被開啓。吸氣作

用停止後，由於彈簧片 A 的作用，速將溝渠瓣閥 B 彈回，緊壓於閥座 D 上。

圖 2~9 示一同心圓狀之風閥。構成閥之主要部份爲閥座，閥蓋，圈狀閥



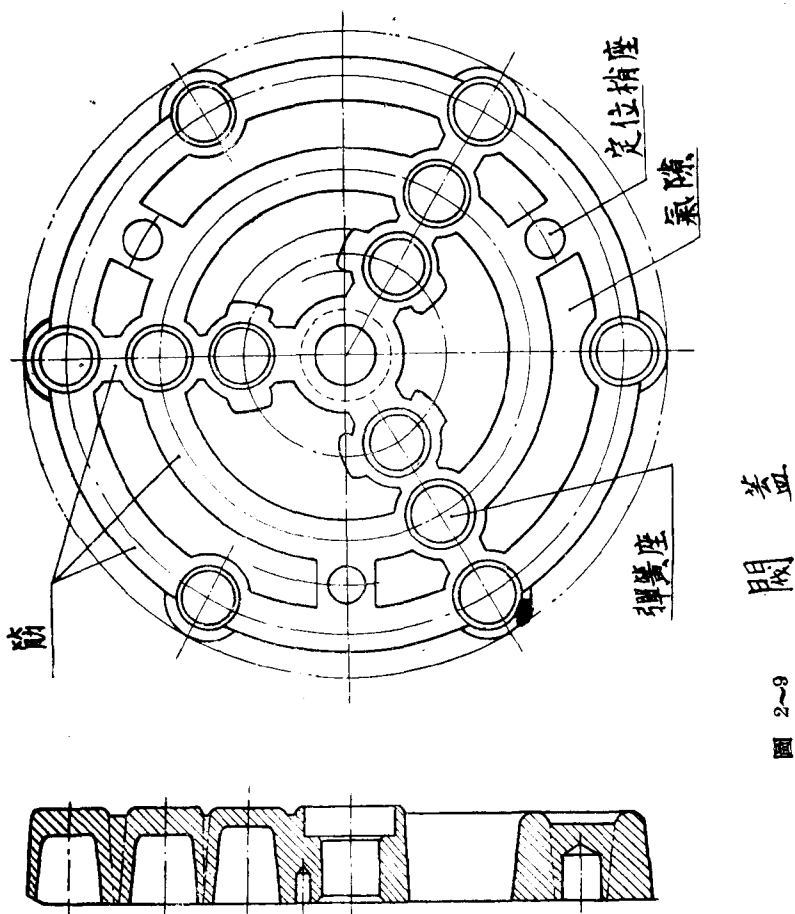


圖 2~8

瓣，另外有彈簧，把緊閥蓋與閥座用的螺栓及安置於閥蓋與閥座間的三角墊圈，限制閥瓣使循一定軌道升降的定位梢等。裝配時先將梢子（三個）安到閥座的定位梢座上，次將閥瓣（大小共三個）安上，並使其覆蓋閥座上之氣隙。又將螺旋彈簧放到閥蓋的彈簧座上，再使閥蓋覆蓋於閥座上。壓縮機之吸氣衝程，使每個閥瓣克服了彈簧的壓力而升起，同時受定位梢子的限制，必須直升起來。

此時空氣即由氣隙內逸出，經閥蓋之汽隙而進入汽缸。

汽閥的檢查與調整：在非進氣或非排氣的情況下，風閥恒不準漏汽，在清洗時就須對其進行周密的檢查。檢查方法可用煤油灌進氣隙裡，看其是否有洩漏情形，如果洩漏，必須進行研磨。因為洩漏的原因，多是由於閥瓣的變形或其他不正確情形而產生，所以一般調整方法，多是從閥瓣着手。調整或處理的過程與研瓦的方法甚為近似，先找到經用千分表檢查認為精確可用的平台，在平台上塗上薄薄一層紅鉛油，再將閥瓣在平台上磨擦，若閥瓣有變形，則必凸出部份染上紅鉛油，再用平刮刀將其細心修刮之必要時以金鋼砂研磨之，直至修成平面並經用煤油檢查不漏為止。

2~7 十 字 頭：

十字頭為上連活塞桿，下以十字頭針與連桿成活接觸的機件，其作用是使曲軸的迴轉力矩變為活塞桿的往復力的關鍵。因此，雙動式壓縮機必須具有十字頭傳動，而單動式者可以不用。其材料多用鑄鐵，構造如圖 2~10，左右為

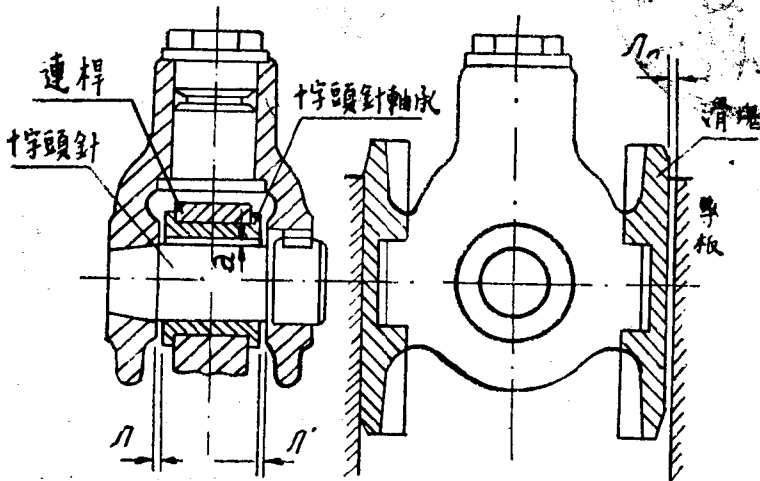


圖 2~10

弧形之滑板，與十字頭導板之弧面相配合。中間部份備有軸孔，由十字頭針與連桿之上部連接。在連桿上裝置軸承，其材料可用銅質軸承。在運轉當中，最理想的是十字頭軸承與十字頭針間全無間隙，但須能自由轉動。如果間隙過

大，運轉時將會互相衝擊過甚，以致損壞。但一般很難達到如此之理想，而允許之間隙為軸徑的千分之一以下。

可供參考的資料：滑塊與導板間隙的間 $\Delta_n = 0.15 \sim 0.20 \text{ mm}$ 。連桿側面與十字頭鑄體間的間隙 $\Delta + \Delta' = 4 \sim 5 \text{ mm}$ ，每邊的間隙不能小於 0.5 mm 。

2~8 曲 軸

曲軸為壓縮機內主要機件之一，其製造方法可用落錘打成或鑄成。打成之曲軸，材料為普通碳鋼或鋁鋼。圖 2~11 示一簡單之曲軸，各部名稱如圖上所註。

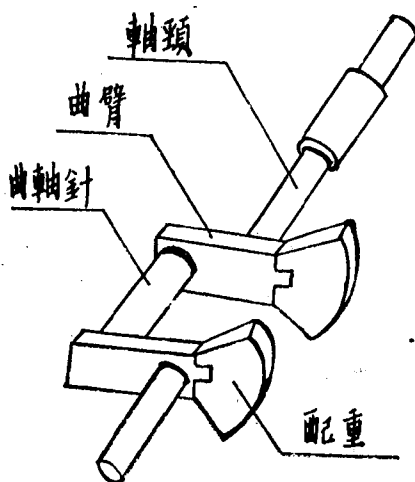


圖 2~11 曲 軸

由圖可知，曲軸係由軸頸、曲臂與曲軸針三部份組成，並由此三部份構成曲軸之偏心距，所謂偏心距係指曲軸針與軸頸中心線的垂直距離。連桿的一端（大端）連接於曲軸針上，因而曲軸能把動力傳遞到活塞桿與活塞。活塞的行程（通稱衝程），乃由曲軸的偏心距所形成。且衝程等於偏心距的二倍。所以要增加活塞的衝程，則需增加曲臂的長度。

曲臂的一端裝有配重，配重的用途是用以消除運轉時活塞、十字頭、連桿等機件的部份慣性力或慣性力矩。一般在製造廠裡多把配重

調整到適合的重量與適合的位置，因此在安裝或清洗時，絕不得把其隨意拆下或搬動其上的固定螺絲。配重裝置得不適合會使曲軸在運轉中發生激烈的振動。

一般壓縮機之軸承座係和機體一起鑄出，軸瓦多用烏金瓦。軸瓦之數目，視曲軸之構造形狀，載荷情形等而有出入。軸頸與軸瓦間須有適當的間隙，間隙大小一般可用軸頸直徑的千分之一，或用軸頸直徑的千分之一再加 0.02 公厘亦頗適合。

連桿大端與曲軸針連接的軸承，現場中稱為搖桿瓦，也是用烏金瓦，其間

隙之大小之決定與上述軸頸的間隙相同。

曲軸瓦與搖桿瓦的接觸良好與否，嚴重地影響壓縮機的運轉性能，在安裝或清洗時，必須慎重檢知其接觸情況。對接觸面的要求，一般是要求 120° 的接觸角，如果不達到此要求，必須進行研瓦調整之。

2~9 冷 却 器

冷却器的功用：根據工程熱力學的分析可知等重量空氣受等溫壓縮所費的功經濟於斷熱壓縮。所謂等溫壓縮是空氣被壓縮時，自其被壓縮的開始至終了溫度都保持不變者。所謂斷熱壓縮是空氣自被壓縮的開始至終了，其所具之熱能恒保持不變者。空氣受到壓縮，必是壓力與溫度都同時增高，因此我們須設計各種吸熱的方法吸去空氣中的一部份熱量，使其溫度不致升高，達到等溫壓縮節省動力消耗的目的。冷却的方法很多，有以冷水噴射汽缸，有以冷水包圍汽缸，或採用多級式壓縮機，級與級間裝置中間冷却器。以水花噴射氣缸雖是有效的冷却方法之一，但會引起氣缸與活塞間的潤滑困難，故廢棄不用，一般多用中間冷却器與氣缸水套。氣缸水套冷却的另一作用是降低氣缸內的溫度，使氣缸與活塞等不致因磨擦而過熱。

水管式冷却器：一般空氣壓縮機所用的冷油器或中間冷却器都是水管式冷却器，但其構造型式則略異，根據水在器內的通路情況來分有單路式、二路式、三路式、四路式等。所謂四路式冷却器，即水自進水口流入器內後，經過四段等於水管長度的路程便到出口。同理，二路式冷却器是水在器內只經過兩段等於水管長度的路程便到出口。而單路式冷却器的冷却水，僅從冷却器的一端進入，即從他端流出者，中間並無彎曲的路程。圖2~12示一四路式冷却器的構造，器之外殼是焊接的圓鐵筒，內部裝進水管一束，用鉚接於上下兩管板之間。上管板支持於圓鐵筒上，在上下管板之末端，各裝有蓋子，用螺絲與管板把牢。在上蓋與上管板之間，有斷面成“T”形之隔板，下蓋與下管板之間有隔板一塊將該處空間分成兩半，藉隔板之助以構成彎曲之水路。冷却水由上端進入器內（看頂視圖），因受隔板之限制，只能循水路Ⅰ之水管流下，到下部折而向水路Ⅱ之管流上，再折而經水路Ⅲ，最後經水路Ⅳ之水管而達出口。管的內部是水，管的外面則是空氣，爲了使空氣在器內停留時間延長以冷却到較低之溫度，在器內還裝有半圓形之隔板，使其通路彎曲。空氣由器之下部流入，從上部流出。此種冷却器效率甚佳，出口與入口冷却水溫度差可在 10°C 左右。