

活 塞 式 压 缩 机 司 机

苏联 Б.М.謝宁著

段 力譯

水 利 电 力 出 版 社

內 容 提 要

本書是一本壓縮機司機的教材，它包括正確理解空氣壓縮過程所需要的理論定律，以及壓縮機運轉和維護的實用知識。

本書共分五章，其中分別研究了理論問題，壓縮機的工作和構造，活塞式壓縮機設備的看管、維護和修理規程。同時，還指出了司機工作地點的組織措施。

Б.М.ШЕЙНИН
МАШИНИСТ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1953

活塞式壓縮機司機

根據蘇聯國立動力出版社1953年莫斯科版翻譯

段 力 譯

*

1202Z82

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里溝）

北京市書刊出版業營業許可證出字第106號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 2%印張 * 66千字

1958年9月北京第1版

1958年9月北京第1次印刷(0001—6,100冊)

統一書號：15143·997 定價(第10類)0.42元

目 錄

概論.....	3
第一章 压缩空气生产的理論基础.....	5
1. 基本定义	5
2. 风动裝置系統	6
3. 气体状态的确定	8
4. 气态变化定律	16
5. 空气的湿度和洁度	19
6. 热力学基本定律	21
7. 压缩机的理論过程	24
8. 压缩机的效率	27
第二章 活塞式压缩机的工作	31
9. 活塞式压缩机的工作	31
10. 有害空間.....	33
11. 輸出系数.....	35
12. 示功图.....	36
13. 多級活塞式压缩机.....	44
14. 活塞式压缩机的特性.....	50
第三章 活塞式压缩机的构造	51
15. 主要零件.....	51
16. 压缩机的調整.....	56
17. 潤滑設備.....	62
18. 压缩机的类型.....	65

第四章 压缩机的运转.....	68
19. 起动和维护的规程.....	68
20. 压缩机的润滑.....	71
21. 压缩机的冷却系统.....	76
22. 压缩机的检修.....	80
第五章 工作地点组织.....	84
23. 压缩机司机的职责.....	84
24. 维护压缩机时的安全技术.....	86
25. 空气压缩设备中的计算和检验.....	87
26. 先进的工作地点组织.....	92

概 論

在苏联的国民經济中，特别是在关于运用新技术和高生产率的工作中，用来供应压縮空气或其他气体的压縮机使用得非常广泛。

在伟大的十月社会主义革命以前，俄国的技术水平非常低，在工艺过程中使用压縮空气是非常有限的，那时俄国几乎没有制造压縮机的工厂。

当时这种机器是由外国进口，然而И.И. 波尔祖諾夫^①在1765年所提出的卓越发明：用活塞式空气鼓风机来代替风箱，以及許多其他科学著作和发明，奠定了各式压縮机設計和制造的科学技术基础。

只有在苏維埃政权下，压縮机才得到大規模地制造和广泛地采用。很难說出任何一种企业，其中沒有使用压縮机。在各工业企业、建設事业和运输工作中广泛采用很多的压縮机，它們具有各种构造和尺寸，消耗的功率由几分之一瓩到几千瓩。

空气压縮机供給风动的机器和工具以压縮空气，这些机器和工具所以叫做风动是因为它們是由压縮空气驅動的。风动裝置由低压压縮机供应空气，空气压力由2大气压到10大气压。

其次是中压压縮机，压縮压力为10~60大气压。它在石油及化学企业以及国民經济的其他部門中，用来在較长的距离內輸送气体。

将气体压縮到60~1000大气压以至更高的压力，要采用高

① 波尔祖諾夫是俄国热工学家，是世界第一个发明蒸汽机的人，他的蒸汽机在1766年制成。——譯者

压压缩机。

在苏联国民经济中，广泛地采用着工艺过程的机械化和自动化，这在很大程度上和装用各种形式、能力、用途的压缩机有着关联的。

由于各研究所(化学机械科学研究所，波尔祖诺夫中央锅炉汽轮机科学研究所等)和各压缩机制造工厂的努力，我们(苏联)创造了国产的压缩机，它的工作情况大大地超越了外来品，并且装设有自动调节和自动操纵的设备。国家对压缩机不断增长的需求是由我们的机器制造工厂的出品来保证的，其中活塞式压缩机是由这些工厂，如“压缩机”工厂，苏姆的伏龙芝机器制造工厂等供应的。

从上面就可以明显看出，压缩机是一种重要的动力机组，许多使用压缩空气的机器、工具以及设备的运转都依靠着压缩机不出毛病的工作，而该重要机组的看管则由压缩机司机来承担。司机们应该认真地了解自己所看管的机组、它们的工作原理和操作规程，应该具有技术上起码的知识，以保证压缩机的工作不出事故、不出毛病并且经济。

此外还必须记住，在掌握了技术上最低知识以后，司机们还应该不断地提高自己的技能和文化技术水平，应该进一步学习压缩机工作的理论和实际，并研究它的零件。

本书供作活塞式压缩机司机学习技术的最低教材之用。

第一章 壓縮空气生产的理論基础

1. 基本定义

用来供应空气或其它气体的机器叫做压气机。

根据压气机供应气体的压力的大小，它們叫做：

通风机——压力在1.0~1.2表大气压以下；

鼓风机——压力在3.0表大气压以下；

压缩机——压力超过2.0表大气压。

按照压缩的作用原理，它可分为下列三种形式：

活塞式压缩机；

回轉式压缩机；

渦輪式压缩机。

在活塞式压缩机中，气体是在气缸內由作往复运动活塞来压缩。在这一类压缩机中，气体的压缩是利用移动的活塞来减少气缸空間的方法而完成的。

在回轉式压缩机中，气体也是按照活塞式压缩机同一原理来加以压缩的。与活塞式压缩机的不同，在于它是靠减小机体壳与回轉筒之間的容积来完成空气的压缩过程，并且它是連續进行的。

在渦輪式压缩机中，气体的压缩是在离心力的作用下产生的，当气体流經裝在同一軸上的、快速旋轉的各叶輪时，就产生了离心力；此外，当气体流經机器固定的机壳的槽道时，气体的压力就增高了。

現有活塞式压缩机的排气量由60公升/小时到30,000公尺³/小时，压力到1,000大气压或更高。

回轉式壓縮機的排氣量到48,000公尺³/小時，壓力到10表大氣壓。渦輪式壓縮機是用于氣量大(達100,000公尺³/小時)而壓力比較小(一般為12表大氣壓以下，有時候到30表大氣壓)的方面。

鼓風機的壓力在3表大氣壓以下，它的構造方式與壓縮機一樣。回轉式鼓風機的排氣量到5,000公尺³/小時；活塞式的到100,000公尺³/小時；渦輪式鼓風機的到250,000公尺³/小時。這裡必須注意，壓縮機的排氣量是按吸入氣體的體積來說的。

在近代，一種新式的壓縮機——軸流式壓縮機獲得了廣泛的應用，由於它緊湊、重量小、以及它的經濟性而被采用於燃氣透平裝置中。

2. 風動裝置系統

在開始學習供應空氣或其它氣體的機器的原理以前，先介紹一下風動裝置的系統。

在風動裝置的系統中包括壓縮空氣的發生器和空氣的耗用者。壓縮機裝置(圖1)主要包括下列兩項：壓縮機，用來將空氣壓縮到需要的壓力；及發動機，用來帶動壓縮機，動力就消耗在它上面。壓縮機使用的發動機可以是電動機(馬達)、蒸汽發動機(蒸汽機或蒸汽透平)或者內燃機。在圖1所示的裝置中，發動機是馬達。

要將發動機的功傳給壓縮機，須採用傳動機構，這種傳動機構可採用皮帶傳動或齒輪傳動；而當壓縮機和發動機具有同樣轉速的情形時，則用聯軸節將它們的軸聯在一起。空氣是經過吸入管路從大氣進入壓縮機的，在這以前空氣先經過一過濾器，在過濾器中空氣中的塵灰和其它髒的東西將被清除。

在壓縮機內的壓縮空氣沿經排風管路送給使用者。

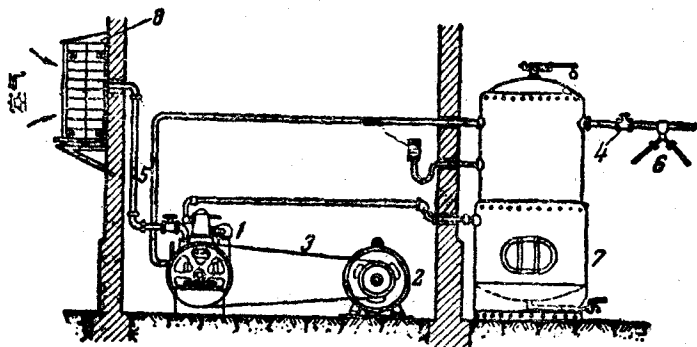


图 1 风动装置系统

1—活塞式压缩机；2—电动机；3—传动皮带；4—关闭阀门；5—吸气管；
6—支管，接向风动工具；7—贮气罐；8—滤风器。

压缩空气从活塞式压缩机出来先到压缩空气贮器再进入主空气管路，这种贮器叫做贮气罐。

贮气罐是一个具有足够容积的圆柱形容器，它有两个用途：第一个用途是缓和从压缩机出来的空气所产生的冲击，平衡压力的波动，第二个用途是使水份和油质与压缩空气分离。

为了更好地使水份分离，贮气罐垂直地安装在压缩机厂房的外面，放在露天有可能遮住的地方。

贮气罐装有清理用的人孔、压力表、安全阀、放水和油的阀门，这些油和水是从压缩空气气流落到贮气罐内的。

涡轮式压缩机的排气量平稳均匀，同时，实际上也不含有油的润滑油。所以，在涡轮式压缩机后面直接安装贮气罐一般说来是多余的。

压缩机设备装有冷却装置，用冷却水来保证压缩机的必要温度。

压缩机设备是全部风动装置中的最重要的部件。

整个空气管网从压缩机设备分布引出，将压缩空气导向使用地点。

假如工厂是分布在較大的区域上，主空气管路是埋設在地沟內，或者也可沿着車間敷設。由主管分出支管，导向每組使用的设备，再由該支管沿管路将空气供給个别用气点——风动设备。

压缩空气在风动设备內膨胀而产生有效功。风鎚、风錘及其它风动工具、鍛錘、机械化鑄造車間的造型机、气动起重机、各式鉚釘机及許多其它设备都需要压缩空气。

在热电站里，压缩空气用来吹掉加热面外表面的集灰，特别是蒸汽鍋炉的空气預热器，用于修理工作，以及用于各种輔助的需要。

生产上最重要的机器与工具的运轉，就依賴着压缩机设备工作的不出毛病和可靠性。

3. 气体状态的确定

空气是一种气态物質，是各种气体的混合物，在每100重量单位(例如公斤)內，干燥的空气含有23.1重量单位的氧气，75.6重量单位的氮气和1.3重量单位的稀有气体(氩等)。

空气或其它气体的状态决定于下列三个基本量：1)绝对压力，2)绝对温度，3)比容。

这些决定空气状态的量叫做状态要素。

压 力

压力是單位面积上所受的力。

我們周圍的大气本身的重量，使物体表面上受有压力，这种压力就叫做气压表压力或大气压力。这种压力的存在，很容易由下列实验来获得証实。假定一根豎立的长管(图2)插在水

中，用泵将其中的空气抽出（例如用活塞向上移动的方法），则管中的水将会升高到超出容器水面约10.33公尺。尽管将泵的活塞再向上移动，但却不能使水柱再加升高。

这就说明了，在该处10.33公尺的水柱被支持住了而不致落下，这是由于大气压力的存在平衡了它。

因此，大气压力可以用该水柱的重量来度量。假使管子的横截面等于1公分²，则水柱的重量可计算如下：

高10.33公尺（或1033公分）水柱的体积等于 $1033 \times 1 = 1033$ 公分³。

1公分³水重1克（当温度为4°C时）。

所以管底面积为1公分²，高10.33公尺的水柱的重量为 $1033 \times 1 = 1033$ 克，或1.033公斤。这种每公分²上1.033公斤的压力（1.033公斤/公分²）就是一般大气在晴天的情况加在海平面上的压力，它做为压力的单位，叫做物理大气压。

由于水银在0°C时的重量是水在4°C时的重量的13.6倍，因此，平衡任何一个压力所需要的水银柱的高度将要比平衡同一压力所需的水柱的高度低13.6倍。所以一个物理大气压相当于水银柱：

$$\frac{10330}{13.6} = 760 \text{ 公厘。}$$

有一点非常重要，需要指出：就是一个物理大气压相当于

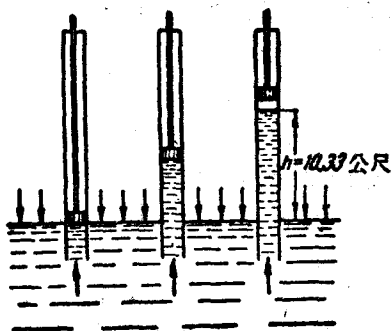


图2 平衡大气压力的水柱

水銀柱760公厘是指溫度為 0°C 時。當溫度較高時，水銀膨脹，將具有較大的體積，因而，平衡一個物理大氣壓的水銀柱高度將超過760公厘。

在一定地區，由於大氣的狀況不同，它的壓力與上述的一個物理大氣壓的數值略有不同，各地區的大氣壓力可用一種叫做氣壓表的儀器來測量，它所指示的數值叫做**氣壓表壓力**或叫做**大氣壓力**。

在工程方面，氣體的壓力是用所謂**工程大氣壓**或簡稱大氣壓來做為度量單位的。一個工程大氣壓等於1公分²上有1公斤的壓力，因為1公尺²等於10000公分²，所以該壓力等於每公尺²10000公斤(10000公斤/公尺²)。它相當於10000公厘的水銀柱(在 4°C)，或相當於：

$$B = \frac{10000}{13.6} = 735.6 \text{ 公厘水銀柱(在 } 0^{\circ}\text{C} \text{ 時)}.$$

在工程上所採用的度量壓力的儀表，所量出的壓力不是氣體的真正壓力，而是氣體真正壓力與大氣壓力之間的差值。氣體的真正壓力叫做**絕對壓力**。假如氣體的絕對壓力大於大氣壓力，那麼量出的差值將是正的，在這種情況下它就叫做**超壓力**(**表壓力**)。

假使氣體的真正壓力小於大氣壓力，那麼量出的差值將為負值，該差值等於氣體的絕對壓力減去大氣壓力，它叫做**負壓力**或**真空度**。

表壓力是用壓力表來測量的，圖3所示是一種簡單的液體式壓力表，名叫U形壓力表。它是一根充滿液體的彎曲管子，假如管子的一端與要量表壓力的氣體容器相連接，而管子的另一端開着與外面空氣相接觸，那麼在開着一端內的液體將被升高，而另一端內的液體則下降。管子兩腳內液面水平的差值

(即液柱的高度)就是气体的表压力。压力表里所填充的液体绝大多数是采用水银、酒精或水。液面水平的差值是按公厘计算的。因此,压力可以用多少公厘液柱来表示。

为了测量表压力特别是当压力超过 0.5 大气压的情况时,我们采用金属制压力表,这种压力表按照它的构造又分为弹簧式压力表和薄膜式压力表两种(图4)。

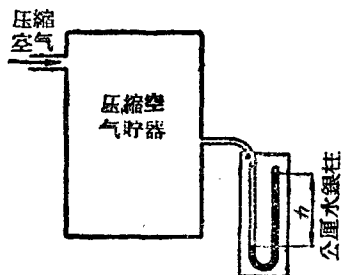


图3 液体式压力表

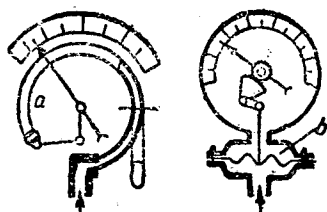


图4 压力表示意图
a—弹簧式；b—薄膜式。

弹簧式压力表采用很广,它包含一个扁圆形截面的弯曲铜管或钢管,在管的封闭的一端上装有拉杆,与一扇形齿相连接。扇形齿又与一小齿轮相啮合,在小齿轮的轴上装有压力表的指针。空心管开着的一端与装在测量地点的管接头相连接。假使充入管内的气体的压力超过作用于管子外面的大气压力,那么管子将企图伸直,因而将移动压力表的指针,在针盘上指出表压力有多少大气压(公斤/公分²)。

薄膜式压力表的工作原理是这样的:在一个钢制的波浪形薄板(薄膜)的一面受有气体或液体的压力,而另一面受有大气压力。在气体或液体的压力超过大气压力的情况下,薄膜将被挠曲,超过压力越大,挠曲的程度也越大。薄板的挠曲靠一套杠杆由指针所转动的角度在针盘上指出(针盘的刻度为公斤/公

分²)所測量介質的表壓力(大氣壓數)。薄膜式壓力表是用來測量低於60大氣壓的壓力，由於薄膜過一定時日會形成永久變形(撓曲)，所以它不是總能保證作用的精確性和可靠的。每一壓力表必須裝一個三通旋塞(圖5)以便关掉或校驗壓力表。

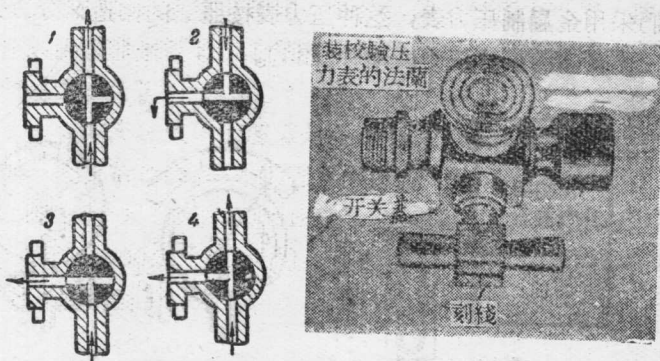


圖 5 三通旋塞

1—壓力表接通容器；2—壓力表接通大氣；3—吹刷虹吸管；
4—連接校驗壓力表。

負壓力可用真空表來測量，真空表在構造上與液體式壓力表沒有什麼區別。上面已經提到過：負壓力是由於大氣壓力超過容器內氣體或液體的真實壓力，所以平衡大氣壓力和容器內壓力的水銀柱，將不在液體式壓力表的右面管腳內(如圖3所示)，而是在左面管腳內。

總結以上，需要記住：第一，1大氣壓等於1公分²上1公斤的壓力(1公斤/公分²=10,000公斤/公尺²)，它相當於10公尺(=10,000公厘)的水柱或735.6公厘的水銀柱(當水銀溫度為0°C時)；第二，當存在有超壓力時，絕對壓力等於表壓力(壓力表壓力)與大氣壓(氣壓表壓力)的和；第三，當存在有負壓力時，絕對壓力等於大氣壓(氣壓表壓力)與負壓力(真空度)的差。

举例：假使根据压力表得出空气的压力等于6大气压，大气的压力按照气压表为750公厘水银柱，温度是0°C，则空气的绝对压力将为：

$$6 + \frac{750}{735.6} = 6 + 1.02 = 7.02 \text{ 绝对大气压。}$$

假如，在空气吸气管内的负压力等于300公厘水银柱，而大气压力根据气压表为750公厘水银柱，温度为0°C，则在吸气管内空气的绝对压力为：

750 - 300 = 450 公厘水银柱，或 $\frac{450}{735.6} = 0.612$ 绝对大气压。

真空度常常用大气压的百分数来表示，在本例子中：

$$\text{真空度}(\%) = \frac{300 \times 100}{750} = 40\%。$$

温 度

温度决定着物体的热度，它可用仪器来测量，这种仪器叫作温度计，它可测量在500~600°C以下的温度。当测量更高的温度时要用高温计。

水银温度计的原理是根据水银在受热时会膨胀的性质。

在苏联用的是100度的温标，在这种标度中，当温度计插入正在融化的冰中时，玻璃管中水银平面所处的位置就认为是零度。当温度计插到正在沸腾的水的蒸汽中时，玻璃管中的水银平面就被升高到100°。玻璃管中这两个水平面之间的距离分成100个等距，每格就是百度温标(°C)的一度。低于0°C的温度标做负的，高于0°C的温度标做正的。还必须说明：在大气压力下，水银的沸点为+357°C，所以当用水银温度计度量较高的温度(到500~650°C)时，温度计中水银柱上方的空间须充以30~40大气压的氮气，这样水银的沸点将被大大地提高。

英国和美国是采用华氏温标，百度温标的零度(0°C)相当于华氏温标的 $+32^{\circ}(32^{\circ}\text{F})$ ，百度温标的 100° 相当于华氏温标的 212° 。由此可见，华氏温标中冰的融化温度(0°C)与水的沸点(100°C)之间具有180个刻度，而不是像百度温标中的100°。所以从华氏温标换算成百度温标时，必须自华氏温度值中减去32，再将所得结果乘上 $\frac{100}{180} = \frac{5}{9}$ ；这个关系可用下式表示：

$$t^{\circ}\text{C} = (t^{\circ}\text{F} - 32) \times \frac{5}{9} (^{\circ}\text{C}).$$

例如， $t^{\circ}\text{F} = 310^{\circ}\text{F}$ ，则 $t^{\circ}\text{C} = (310 - 32) \times \frac{5}{9} = 154.4^{\circ}\text{C}$ 。

假如需要测量处于压力下的空气、蒸汽或其它流体的温度，则在所盛容器上旋入或焊上一个带有筋片的金属套管，有筋片可以使热的传导更好些(图6)。在套管内插入水银温度计，并且为了使水银温度计玻璃管更好地传导热量，在套管内倒上些机油或锡。测量管路内的液体温度时，套管的长度应该足以使它的底部位于管的中心。套管伸出的部分和与它相邻的容器或管路的外表面应该用绝热层包起来。

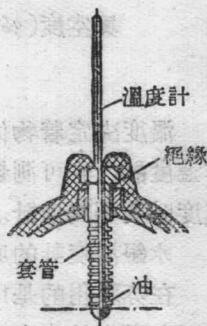


图6 水银温度计装置

电阻温度计广泛用来测量 -50 到 $+500^{\circ}\text{C}$ 的温度，采用电阻温度计可以将测量的结果传递较远的距离，如传递到控制测量仪器的控制板处。

电阻温度计的作用原理是：制造该温度计的金属的欧姆电阻与温度计接触的介质的温度有一定关系。

像铂、镍及铜这样的金属都具有很大的电阻，并且欧姆电

阻的变化与温度的变化成正比。电阻温度计由此类金属的细丝制成(如直径为0.05至0.1公厘的铂丝),金属丝绕在薄片上,然后封闭在保护套管内。

电阻温度计的金属丝按照一定的电气系统用配线将它连接到电池和测量全线路电阻的仪表上,连接配线应该保护使不致损伤或断裂,并且不应与电缆交叉或靠电缆附近敷设。

当要测量的介质的温度增高时,温度计的电阻变大,仪表也就指示出较大的电阻。由于仪表的标盘是刻成100度的,所以根据仪表的标盘就可以读出介质的温度值。

比容和比重

1公斤气体所占据的体积叫做气体的比容,以公尺³/公斤计算。1公尺³气体的重量叫做比重,以公斤/公尺³计算。例如,在0°C和700公厘水银柱高的压力下,空气的比重等于1.293公斤/公尺³,这就是说,1公尺³的空气在所述的状况下重1.293公斤。水在4°C时的比重等于1000公斤/公尺³,这就是说1公尺³的水重1000公斤,或为1吨。

上面所研究的这些气态要素,也就是绝对压力、绝对温度和比容,彼此之间具有一定的关系。

复 习 题

1. 空气由那些部分组成的? 重量比例如何?
2. 物理大气压和工程大气压有什么区别?
3. 当温度为0°C, 气压表的指示为745公厘水银柱时, 如果压力表测得压缩空气的压力为6表大气压, 那么压缩空气的绝对压力是多少?
4. 当温度为0°C, 气压表指示为760公厘水银柱时, 假如空气吸入管路内的绝对压力等于0.82绝对大气压, 那么管路内的负压力值是多少?
5. 假如在0°C时气压表压力(大气压力)降低到745公厘水银柱, 那么