

活塞式压缩机的 维护与检修

[苏]A.И.雅卡金著

化学工业出版社

本书的主要部分全面地阐述常见的压缩机事故、工作中的故障及预防、排除故障的方法，具体地介绍压缩机的安装、大修理及日常维护检修的工作内容，这些都有助于压缩机的无事故运转及高效率生产。

此外，本书对活塞式空气压缩机的零件、压力及温度的测量、空气的净化与冷却、润滑、压力的调节等方面也均有详细论述。

本书可供维护活塞式压缩机的技术人员、工长及操作工参

А. И. Яковлев

ЭКСПЛУАТАЦИЯ

ПОРШНЕВЫХ

КОМПРЕССОРОВ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

МОСКВА-1957-ЛЕНИНГРАД

活塞式压缩机的维护与检修

馮明德 譯

化学工业出版社出版 北京安定門外和平北路

北京市書刊出版業營業許可証出字第092号

化学工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

开本：850×1168 公厘1/32 1959年8月第1版

印张：6²²/₃₂

1959年8月第1版第1次印刷

字数：153千字

印数：1—2840

定价：(10) 1.05元

書号：15063·0507

目 录

第一章 压缩机及其管理

1. 压缩机使用范围	4
2. 活塞式压缩机的动作原理与型式	5
3. 活塞式压缩机的构造	11
4. 压缩设备的管理	17
复习题	18

第二章 压力及温度的测量

1. 压力的测量	20
2. 温度的测量	27
复习题	31

第三章 空气的净化与冷却

1. 压缩空气温度的升高及爆炸性混合物的产生	32
2. 压缩机的给气	34
3. 气缸的冷却	36
4. 冷却的控制	42
5. 防冻	48
6. 冷却器	49
复习题	53

第四章 润滑

1. 压缩机气缸的润滑	54
2. 压缩机气缸的润滑方法	57
3. 润滑的控制	62
4. 活塞式压缩机不受高温的运动部件的润滑	63
复习题	87

第五章 压力及其调节

1. 压缩空气压力的升高	68
2. 止回阀	68
3. 安全阀	69
4. 压力的调节	71
复习题	83

第六章 儲氣罐及油水分離器

1. 儲氣罐	84
2. 油水分離器	85
3. 自動油水排除器	87
4. 儲氣罐及油水分離器的爆炸	88
5. 壓縮設備各受壓部件的檢驗	91
復習題	93

第七章 空氣管道的配置與維護

1. 空氣管道	94
2. 管道的連接	97
3. 受熱延伸裝置及管道承重裝置	101
4. 管道的閉鎖裝置	103
復習題	108

第八章 壓縮機的事故

1. 連杆螺絲拉斷及連杆的損壞	109
2. 曲軸折斷	113
3. 十字頭的損壞	115
4. 活塞卡住及斷裂	117
5. 飛輪破裂	122
6. 液击	122
7. 氣液冲击	123
復習題	124

第九章 壓縮機工作中的不正常現象

1. 閘門的故障	126
2. 填料盒的故障	131
3. 活塞環的故障	135
4. 壓縮機運動部分發熱	137
5. 壓縮機中的敲擊與冲击	144
復習題	147

第十章 壓縮機的排氣量及其效率

1. 壓縮機的排氣量	148
2. 壓縮機排氣量的降低	151
3. 壓縮機的效率	153
4. 壓縮機工作時的能量節約	156

复习題	158
第十一章 示功图	
1. 示功器	159
2. 示功器的装置与使用	161
3. 示功图中显示的压缩机的故障	164
4. 指示功率的计算	168
5. 平均指示压力的计算	170
复习題	174
第十二章 压缩机的安装与大修	
1. 基础与底脚螺絲	175
2. 机座的安装	177
3. 曲軸或曲柄軸的安装和軸承的組裝	179
4. 飞輪的安装	184
5. 活塞及曲柄連杆机构的安装	184
6. 閥門的安装及其他安装工作	189
7. 压缩机与发动机的連接	189
8. 防护装置	193
9. 压缩机房	194
复习題	195
第十三章 压缩机的维护检修	
1. 概說	196
2. 計劃預修	196
3. 压缩设备的清洁工作	198
4. 压缩机维护規程	200
5. 压缩设备电气部分的安全维护規程	202
• 复习題	205
附 录	
潤滑油品質的鉴定	207
参考文献	

第一章 壓縮机及其管理

1. 壓縮机使用範圍

現代国民經济各部門中均广泛地 使用壓縮 气体，特别是壓縮 空气。

壓縮空气可用做气动式卷扬机、起重机和許多其他机械裝置的动力，用以鉆井、打炮眼、浇灌混凝土、搗实型砂、鉚接、鉆孔、磨削、破碎石料、加工石料等。

壓縮空气可用于从自流井中汲取水或石油，在各个工业部門中，可用以輸送液体及使物料疏松。

在运输工具（蒸汽機車、內燃機車、电力機車、電車及无軌電車）上，壓縮空气用于风閘、开关車門、閉合和切断接触电弧。在飞机上則用于收放起落架、制动以及在提高发动机的功率时为其增压。

在电站及工业企业中，壓縮空气則应用于各种自动控制 and 調节仪表。

高炉熔炼鑄鉄要耗費大量壓縮空气：熔炼一吨鑄鉄大約須向高炉送4吨空气。

壓縮空气亦为燃气渦輪及內燃机所必需。

壓縮空气之所以被广泛采用，其原因如下：

1. 壓縮空气与电、水蒸汽相同，可沿金属管道經過很远的距离輸送至使用地点；若在管道上接上橡胶軟管，就很容易改变其輸送方向。

2. 与电、水蒸汽比較，壓縮空气較为安全。

3. 用壓縮空气做动力的机械裝置及工具，一般說来构造簡單、重量輕、成本低、工作可靠并且耐用、耐磨，因此，可以在条件很差的情况下使用，而且不要求操作工有很高的技术。

4. 溫度降低时壓縮空气不冷凝，因此，在很多场合下只能用

壓縮空氣而不能用蒸汽。

壓縮空氣和其他气体的專用機器叫做壓縮機。

各種壓縮機的工作原理不同，分為：1) 活塞式、2) 迴轉式、3) 離心式、4) 軸流式四類。

在活塞式壓縮機中，活塞進行往復運動，對空氣進行壓縮，使空氣所佔據的空間減小，同時空氣的壓力升高。

在迴轉式壓縮機中裝有旋板，旋板轉動時對氣體進行壓縮。

在離心式或渦輪式壓縮機中，空氣在離心力作用下被壓縮，在導向環與導向器中因速度減低而被進一步壓縮。在軸流式壓縮機中，旋轉葉輪使空氣沿軸的方向高速運動，借此達到壓縮目的。

活塞式壓縮機用來造成由5大氣壓到1000大氣壓的壓縮空氣，其排氣量可達100立方公尺/分。迴轉式壓縮機可產生15大氣壓以下的壓力，排氣量達100立方公尺/分。渦輪式壓縮機可產生10大氣壓以下的壓力，排氣量在100立方公尺/分以上。軸流式壓縮機主要用來產生5大氣壓以下的壓力，其排氣量相當大。

排氣量小而壓力高的離心式壓縮機與軸流式壓縮機不如活塞式壓縮機經濟。因此活塞式壓縮機的应用最為廣泛。

排氣壓力在兩個工程大氣壓以下的壓縮機通常稱為鼓風機。

2. 活塞式壓縮機的动作原理与型式

最簡單的活塞式壓縮機有一氣缸(圖1)，氣缸中裝有能往復運動的活塞。氣缸的一端敞開，另一端裝有氣缸蓋。氣缸蓋上裝有能向氣缸放氣的進氣活門和能向排氣管道方向打開的排氣活門。進氣活門及排氣活門是配氣機構，可用以調節由大氣進入氣缸的空氣量及由氣缸進入排氣管道之空氣量。當活塞離開氣缸蓋時，在氣缸內造成低壓，即其中的空氣壓力低於大氣壓力。由於大氣壓力的作用，進氣活門打開，空氣乃充滿氣缸。在活塞返回時，氣缸中的空氣被壓縮，當空氣壓力高於大氣壓力時遂將進氣活門壓在活門座上，從而切斷了外部空氣與氣缸的通路。活塞繼續運動回行，氣缸中的空氣乃被壓縮到排氣壓力。至此，排氣活門始終處於關閉狀態，當氣缸內空氣壓力克服活門的阻力而將排氣活門打開時，壓縮

空气遂自气缸中排入排气管道。自开始排气至排气終了，压缩空气的压力几乎保持不变。

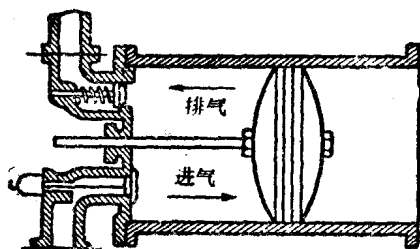


图 1 单动活塞式压缩机简图

在活塞运动至极限位置(死点)以后，全部过程又重新开始。

由此可见，这种压缩机的活塞在第一个行程中将空气吸入气缸，而在回程中又将空气压缩至排气压力，并将空气排入排气管道中。压缩机的整个工作循环(即进气过程和排气过程)系由活塞的两个行程完成的。

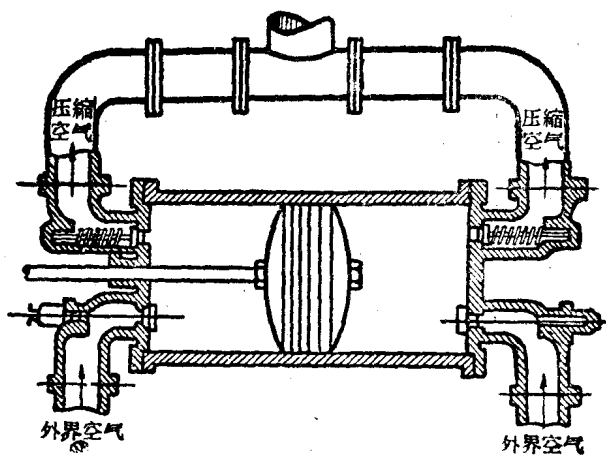


图 2 复动式活塞压缩机简图

这种压缩机称为单动式压缩机。

单动式压缩机有一缺点，即活塞只是向一个方向运动时做功，亦即活塞的两个行程中只有一个是有效行程。

这种缺点在复动式压缩机中可以避免。复动式压缩机的气缸两端均用气缸盖封闭，并在两端均有进气和排气活门(图2)。故在每一行程中均是活塞的一边吸入空气，而另一边压缩空气并将空气排出，亦即活塞的每一行程均为工作行程。因此，复动式压缩机的排气量较大，亦较经济。

单动式压缩机与复动式压缩机均可分为单缸的或多缸的。

倘若压缩机的一个或若干个气缸平行地工作(即被压缩的空气由各气缸进入同一排气管中)，则称为单级压缩机。多级压缩机的气缸系依次工作的，即空气在一气缸中被压缩后，进入另一气缸，再进一步压缩。

空气被压缩时其温度升高。空气温度过高会破坏气缸与活塞的润滑，并可能引起压缩设备爆炸，因此气缸必需进行冷却。但是，即使很好地用水冷却气缸，也不可能将压缩过程中产生的热量全部吸收。当压缩设备处于安全温度下时，一只冷却良好的气缸也仅能将空气压缩至接近6大气压。为了获得更高的压力，可采用具有中间冷却的多级压缩机。在中间冷却器上，为了清除空气中凝结的水蒸汽及残存的润滑油，一般都装有油水分离器。具有三个冷却器的三级压缩机示意图如图3所示。

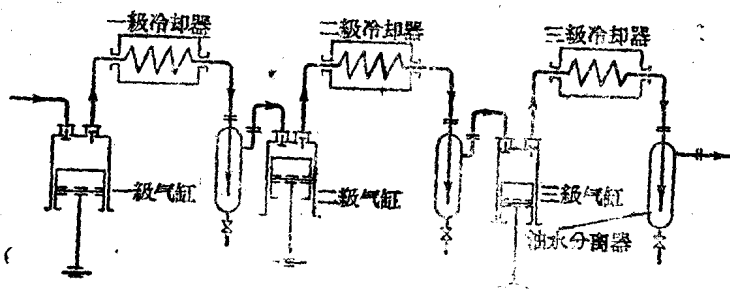


图3 三级压缩机示意图

因为空气被压缩后其体积减小，所以在多级压缩机中，其气缸直径亦依次减小。

通常，多级压缩机只有一只气缸，此为分级气缸，内装差动（阶梯状的）活塞，多级压缩便是在这样的气缸中达到的。图4为具有差动活塞之三级压缩机的示意图。在气缸1中压缩后的空气，被排出后经过中间冷却器进入气缸2中，在气缸2中再经过压缩，通过第二个中间冷却器而进入气缸3，由气缸3获得更高的压力后进入排气管道。按照这种方式制成的压缩机，其压缩级数可以很多。

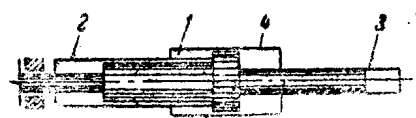


图 4 带阶梯状活塞的三级压缩机简图

根据传动的种类，活塞式压缩机可分为传动式及直接作用式两种。

在传动式压缩机中，活塞之往复运动通过曲柄连杆机构来实现。

曲柄连杆机构(图5)包括主轴、装在主轴端的曲柄、皮带轮、飞轮、连杆、十字头及活塞杆。在双缸压缩机中，当气缸平行排列时，主轴的两边均装有曲柄，而曲柄连杆机构的其他零件也多一套。通常均用由钢坯锻成的带有一个或数个曲拐的整体曲轴来代替曲柄和主轴；曲拐的数目依气缸数而定。

连杆的作用在于变主轴（或曲轴）的旋转运动为活塞的往复运动。连杆本身则在与主轴中心线垂直的平面上作平面运动。因此，连杆两端与曲柄和十字头的连接都是非固定连接，连接处装有轴承。

十字头(或滑块)充作活塞杆及连杆间铰接关节。它在导向装置(滑道)中作直线运动。滑道承受铰接机构上产生的垂直方向的力，并承受所有往复运动部分的重量，使压缩机气缸壁不承受载荷。

压力低而排气量小的压缩机，为了简便可不装十字头。在这种

情況下，連杆與活塞便直接連接。

傳動式壓縮機與原動機（多半是電動機）的連接或為直接連接或為撓性連接：平皮帶連接、三角皮帶（或繩）連接。撓性連接用在傳動低轉數的壓縮機上。採用齒輪傳動的很少。

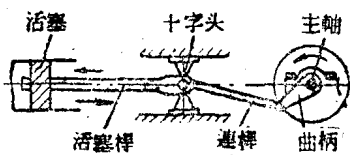


圖 5 曲柄連杆機構

壓縮機與原動機的直接連接採用彈性連軸節及嚙合連軸節，或將電動機轉子直接裝於壓縮機的主軸上。

直接傳動的壓縮機與原動機位於一公共的機座上，而壓縮氣缸與原動機的气缸有一公用的曲柄連杆機構。如果其原動機為蒸汽機，則稱為蒸汽機帶動的壓縮機，如其原動機為內燃機則稱為內燃機帶動的壓縮機。

有些直接傳動的壓縮機并無曲柄連杆機構，其活塞由內燃機活塞直接帶動。這種壓縮機目前還未廣泛採用。

依據氣缸所處的位置，最廣泛的是立式及臥式壓縮機，但亦有“直角式壓縮機”（一氣缸直立另一氣缸橫臥）及氣缸位置成各種角度的壓縮機。

壓縮機氣缸的最典型的排列方式如圖 6 所示。

立式壓縮機運動部分力的作用方向垂直地面，較臥式壓縮機穩定，因此可使用較輕的基礎。又由於氣缸立置，活塞的重量不由氣缸的工作面所支撐，故在工作過程中的磨損較為均勻，從而能減少因不緊密而逸出的空氣。因此，立式壓縮機的轉速可以較臥式壓縮機高，這樣就簡化了傳動機構。并往往可以將該種壓縮機與高轉速的電動機安裝於同一軸上。所以，對於中、小型非高壓壓縮機來說，立式較臥式更適宜。

大型立式壓縮機高度過大，維護也不方便，而大型臥式壓縮機

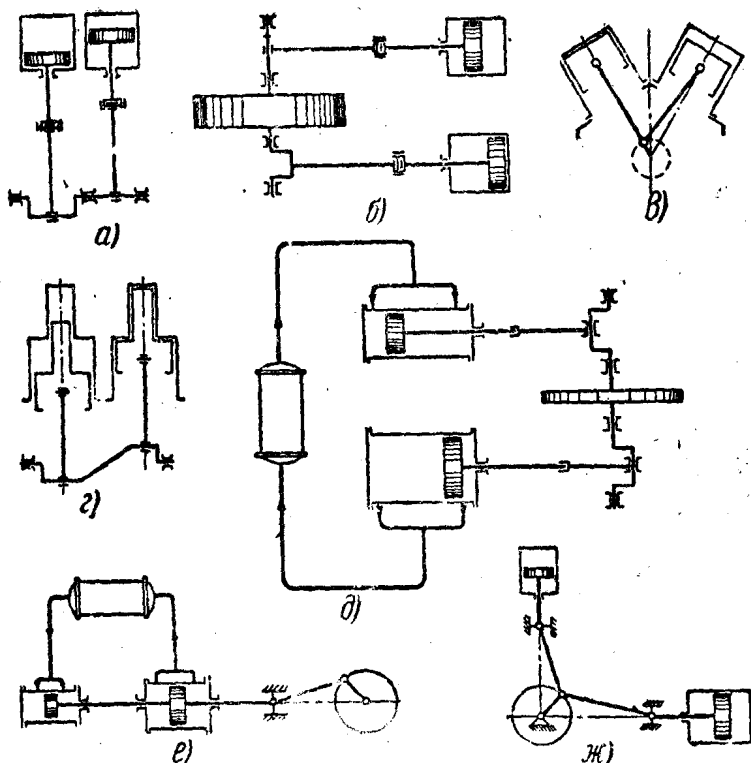


图 6 压缩机气缸典型位置图

а—立式单级复动式压缩机； б—卧式单级复动式压缩机； в—气缸布置成 V 形的单动式压缩机； г—带差动活塞的压缩机； д—气缸平行布置的双级压缩机（复合式）； е—气缸串联的双级压缩机； ж—气缸布置成直角形的单级压缩机

则不高，而且易于维护。

立式压缩机通常制成单动式，气缸数目为 1 至 4 个，但也有复动式单级或多级立式压缩机。单动立式压缩机的排气量为 0.3 至 40 立方公尺/分，复动式的则可达 80 立方公尺/分。

卧式压缩机通常为复动式的，其排气量多在 1 至 50 立方公尺/分的范围内；需要的气量为 60 至 100 立方公尺/分时，可使用两个压缩机。

由于排气量更大的活塞式压缩机过于庞大与笨重，故很少制造。在这种情况下，一般是将若干机组并联使用。

具有差动活塞的压缩机在供气量为4至25立方公尺/分时采用，这种压缩机有立式的，也有臥式的。

V型、W型及气缸中心綫互成角度的其他型式的压缩机，多是可移动式的。这种压缩机力的平衡良好，能采用較高的轉数，故便于电动机和內燃机直接連接。

3. 活塞式压缩机的構造

活塞式压缩机的构造种类甚多。茲将一些最有代表性的介紹如下。

图7中所表示的为“紅鏈”工厂出产的立式单缸单动式压缩机。

空气由进气管1經過进气活門2进入气缸7中。在进气管端装有过滤空气用的滤清器。压缩机的气缸有水套，在水套中有冷却水循环。在气缸中有活塞3，此活塞当曲軸6旋轉时作往复运动。活塞通过連杆4及活塞銷5与曲軸連接。活塞向下运动时，将空气吸入气缸內，向上运动时，則对空气进行压缩并将其由气缸中排入排气管道內。

进气及排气活門位于装在气缸端部的活門室中。在活門室盖上装有压力調节器，用以防止压缩机压力超过容許限度。

图8中所表示的为—臥式单級复动式压缩机。

这种压缩机有两个进气活門和两个排气活門。气缸的两端均用缸盖封閉。活塞1装于活塞杆2上并用活塞螺帽固定。活塞杆的另一端与十字头3紧紧相連。在活塞杆通过气缸盖4的地方装有填料盒5，其用途是防止空气經過活塞杆及气缸盖圓孔壁之間的縫隙漏出。

在大型压缩机中，活塞上装有节制活塞杆，此活塞杆穿过另一气缸盖。节制活塞杆通常是在支承軸承上滑动，它与活塞杆形成一根支承在两个支点(支承軸承及十字头)上的梁；因此，活塞作用于气缸上之重量減至最小程度，从而减少了气缸壁的磨損。

图9为一具有差动活塞的双級压缩机的剖面图。低压部分在气缸盖方面，在該处，活塞用其全部面积将空气压缩。高压部分是圍繞活塞直径較細部分的环形空間。

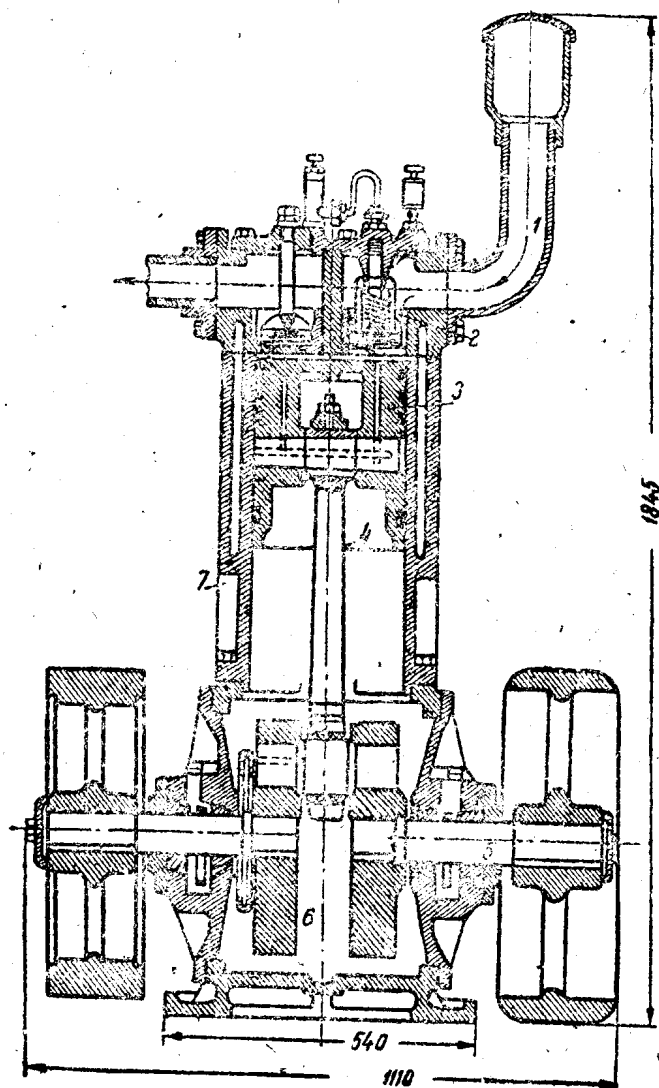


图 7 “红罐”工厂出产的单动式压缩机

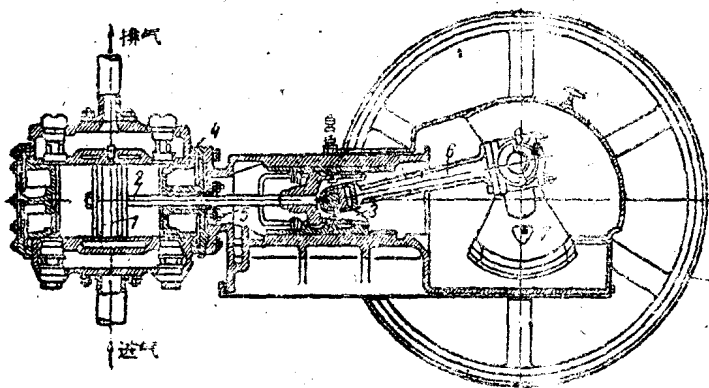


图 8 “波罗吉諾”工厂出产的复动式压缩机

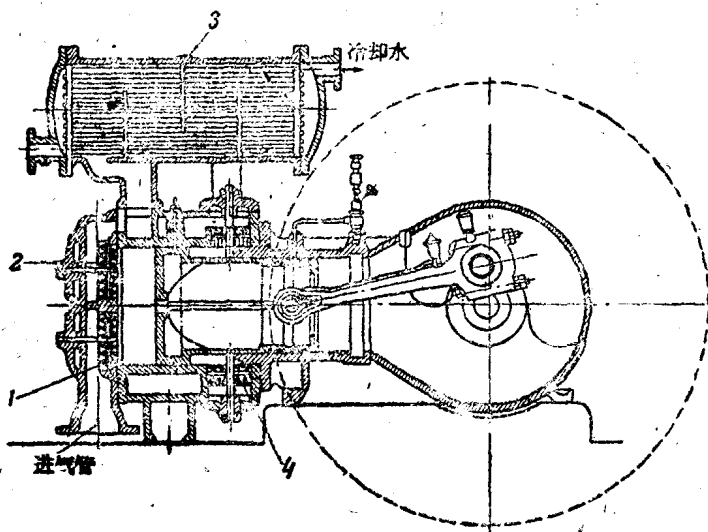


图 9 “战士”工厂出产的带差动活塞的双级压缩机

空气经过进气活门 1 进入低压部分，压缩后的空气由此通过排气活门 2 进入冷却器 3 中。

在压缩机工作期间，冷却器中有冷却水不断流过，用以冷却空气。冷却后的空气由冷却器流向二段气缸的进气活门，由此即以最

終壓縮状态經排气活門而排入排氣管道。

图10系蒸汽机带动的二級直角式压缩机。蒸汽机的汽缸1及压缩机的一級压缩气缸均水平放置，高压气缸5則垂直安装。

压缩机的一級压缩活塞2及蒸汽机的活塞3装于同一活塞杆4上。压缩机气缸及蒸汽机的汽缸如此配置可使連于一根曲軸上的三个活塞能同时运动，因而保証其較好的均衡性。

前述各种压缩机的气缸均用水套中的循环水进行冷却。中間冷

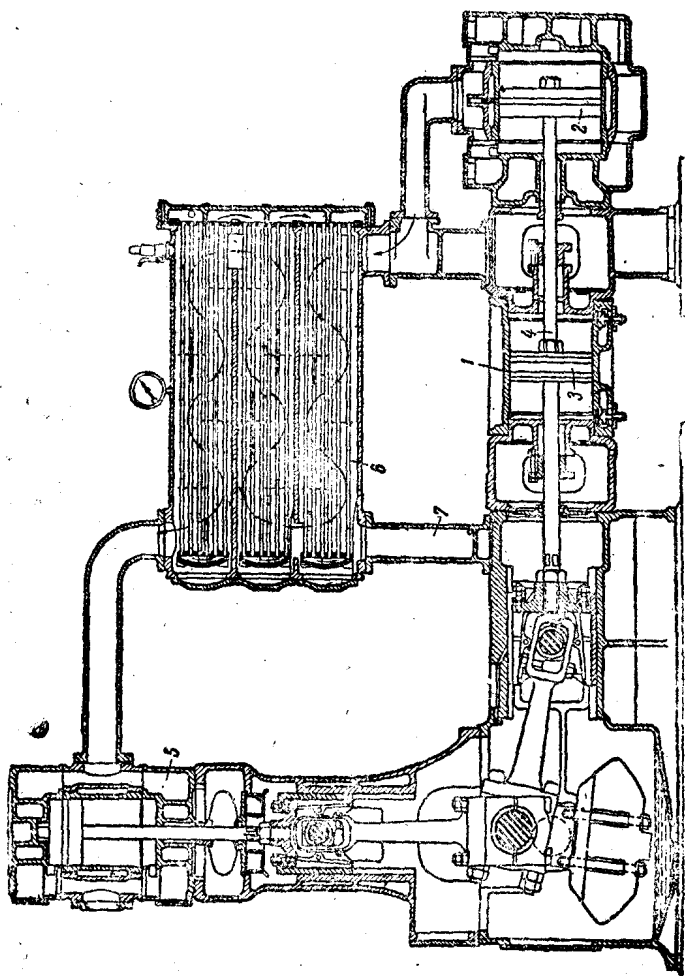


图 10 二級直角式蒸汽机带动的压缩机

却器 6 由三部分組成。冷却器的盖被隔板分成四部分。冷却水进入盖子的上部后，順着最上部的管子流向下方，进入盖子的第二部分。

接着冷却水依次經過第二及第三部分，由冷却器向下流出。

在冷却器中空气流过的管間空間裝有縱、橫隔板，这些隔板迫使空气曲折前进(如图10箭头所示)，因而使空气能更好的冷却。在冷却过程中，油和水的蒸汽逐渐冷凝并聚集在管 7 中（該管同时又是冷却器的第二支承点），然后經過放水閥排出。

最近几年来，大量采用內燃压缩机来压缩空气及其他气体，此种压缩机的压缩缸及內燃机汽缸均装在同一机座上。在煤气生产部門及石油工业中，这种机器应用得特別广泛。因为在这些部門，有大量煤气和液体燃料可供煤气发动机及使用石油或石油加工产品的发动机使用，故用来驱动压缩机时較用电动机带动更为有利，更为方便。对移动式压缩设备而言，这种传动方式最为方便。

目前苏联各工业部門中使用得最广泛的一种內燃机带动的压缩机，其气缸排列方式是动力气缸直立，压缩机气缸横臥，两者构成直角。

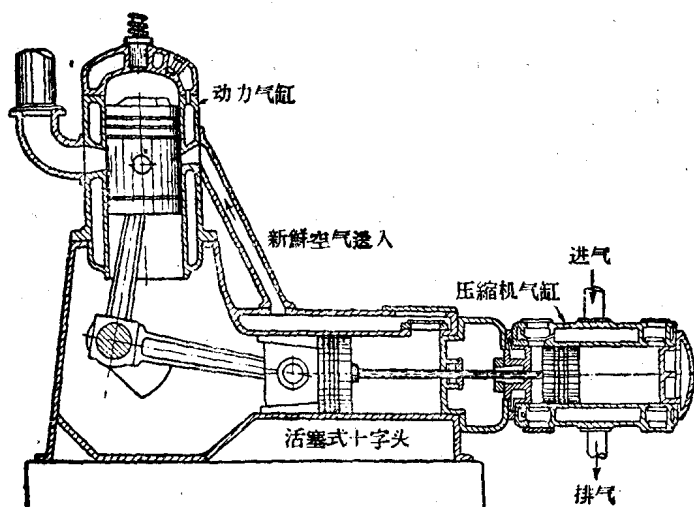


图 11 內燃机带动的压缩机