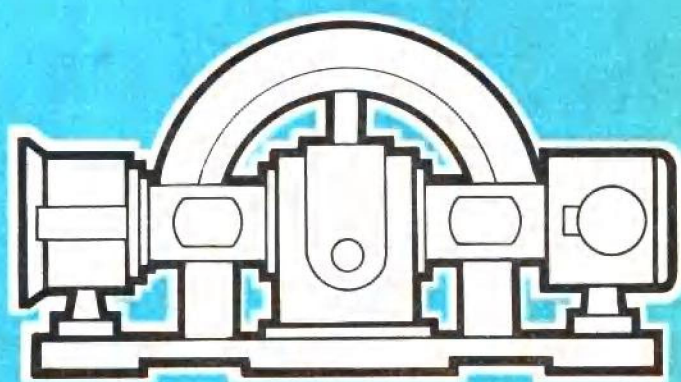


炼油设备工艺设计资料

压缩机工艺计算

石油化学工业部石油化工规划设计院组织编写



石油化学工业出版社

81.749
163
C.2

炼油设备工艺设计资料

压缩机工艺计算

石油化学工业部石油化工规划设计院组织编写

石油化学工业出版社

目 录

第一章 压缩机的种类和选型比较	1
一、往复式活塞压缩机	1
(一) 往复式活塞压缩机的种类	1
(二) 往复式活塞压缩机的型号	3
二、离心式压缩机	5
(一) 作用原理	5
(二) 离心压缩机的主要结构	7
(三) 离心压缩机的主要优缺点	9
(四) 离心压缩机的型号	10
三、轴流式和混流式压缩机	10
四、螺杆式压缩机	11
五、压缩机的驱动设备	13
(一) 原动机的种类	13
(二) 原动机和压缩机的联结方式	14
六、压缩机及其原动机的选用	14
(一) 气体性质对压缩机选用的要求	14
(二) 各种压缩机的选型比较	16
第二章 压缩机的热力计算	18
一、几种压缩过程	18
(一) 等温压缩	18
(二) 绝热压缩	18
(三) 多变压缩	24
二、压缩机的排气温度、功率和中间冷却	26
(一) 压缩机的排气温度	26
(二) 压缩机的功率	28
(三) 压缩机的中间冷却	32
第三章 变工况工作和压缩机流量的调节	35
一、往复式压缩机	35
(一) 压缩机的排气量	35
(二) 变工况对压缩机性能的影响	38
(三) 压缩机排气量的调节	39
二、离心式压缩机	41
(一) 离心压缩机使用中的异常现象	41
(二) 离心压缩机的流量调节	43

(三) 离心压缩机的性能换算	45
第四章 真实气体压缩	49
一、真实气体状态方程	49
(一) 临界常数	49
(二) 真实气体状态方程	49
(三) 真实气体压缩计算	54
二、气体热力性质图	54
第五章 压缩制冷	67
一、制冷工质	67
二、制冷设备的选择和计算	68
(一) 压缩制冷的基本循环	68
(二) 活塞式制冷压缩机的选择和计算	68
(三) 离心式制冷压缩机的选择和计算	70
第六章 压缩机的厂房设备和管线安装的一般原则	74
一、压缩机的位置	74
二、压缩机的厂房	74
(一) 厂房的型式	74
(二) 厂房的层数	75
(三) 厂房的尺寸	76
(四) 吊车	76
三、压缩机管线安装的一般原则	77
(一) 往复式压缩机	77
(二) 离心式压缩机	78
符号表	80
参考文献	82
附录一 常用气体的主要物理常数	83
附录二 国产鼓风机和压缩机	84
一、离心鼓风机	84
二、离心压缩机	87
三、空气及石油气体压缩机	88
四、往复式制冷压缩机	89
五、离心式制冷压缩机	90

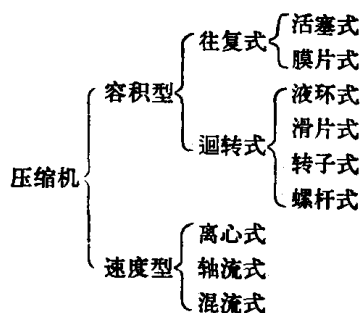
第一章 压缩机的种类和选型比较

压缩机在炼油装置中得到广泛的应用。主风机和气压机是催化裂化装置的“心脏”设备。同样，在铂重整、加氢精制、加氢裂化、气体分馏、润滑油溶剂脱蜡、丙烷脱沥青、沥青氧化等装置中，压缩机也都起了重要的作用，往往会成为影响这些装置处理能力的关键设备之一。同时，炼油、化工、冶金等各工业部门的一个重要发展趋势是大型化，而装置大型化的重要条件之一，就是大型压缩机的试制和生产。目前各种压缩机的单机能力可以装备 1000 万吨/年“全氢”炼厂、814 万吨/年催化裂化装置、50 万吨/年合成氨厂或尿素厂、54.5 万吨/年乙烯厂及其“三大合成”装置以及用功率为 80,000 千瓦轴流式压缩机装备的大型天然气液化装置、大型热电厂、原子能发电站等。为了配合特大型的高炉，国外已在生产流量为 16,000 米³/分、功率为 10 万千瓦的大型轴流式压缩机。

由于压缩机是一个重要的关键设备，我们对压缩机的正确选用应该给以足够的注意。

压缩机的种类很多，但按工作原理可以分为两大类：容积型和速度型。在容积型压缩机中，压力的提高是依靠直接将气体的体积压缩实现的。而在速度型压缩机中，则是首先使气体分子得到一个很高的速度，然后在扩压器中，使速度降下来，把动能转化为压力能。

容积型和速度型的压缩机由于结构不同，又可以分为以下几种。



在上述各种压缩机中，膜片式压缩机的特点是气缸不需润滑，密封性非常好，气体不与任何润滑剂接触，所以压缩气体的纯洁性极高，适于某些珍贵的稀有气体的压缩、输送和装瓶，以及输送不允许泄漏的剧毒介质。液环式压缩机功率小，主要用于实验室中。其他如滑片式、转子式等，在炼厂的应用都很少。本书重点介绍炼厂常用的往复式活塞压缩机和离心式压缩机。

一、往复式活塞压缩机

(一) 往复式活塞压缩机的种类

往复式活塞压缩机是应用最早和最广泛的一种机型。如图 1 所示，在往复式活塞压缩机中，气体的压缩是依靠在气缸内作往复运动的活塞来完成的。

往复式活塞压缩机的压力范围十分广泛，其出口压力可以从几个大气压到 3000 大气压

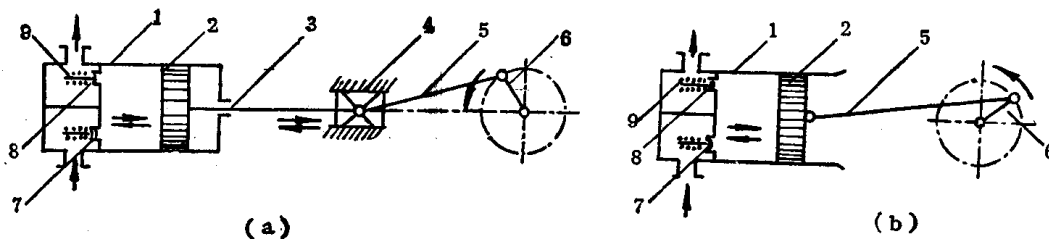


图 1 往复式活塞压缩机示意图

(a) 带十字头;

(b) 不带十字头

1—气缸; 2—活塞; 3—活塞杆; 4—十字头; 5—连杆; 6—曲柄; 7—吸气阀;
8—排气阀; 9—弹簧

以上的超高压。目前工业上使用的最高压力达 3500 公斤/厘米², 用于高压法合成聚乙烯, 国外有几家工厂都在生产 3500 公斤/厘米²的往复式活塞压缩机。当压缩机的排气量在 3~10 米³/分, 气缸的冷却一般采用风冷, 活塞杆与曲轴直联, 无十字头。当排气量在 10 米³/分以上时, 大多为水冷, 有十字头。往复式活塞压缩机的气缸有单作用和双作用两种, 单作用是只有气缸的一侧才有进、排气阀, 活塞经过一次循环, 只能压缩一次气体。双作用则是指气缸的两侧都有进、排气阀, 活塞往返运动时, 都可以压缩气体。在结构型式上, 往复式活塞压缩机常按气缸中心线的相对位置, 分为以下几种型式。

1. 立式

立式压缩机的气缸中心线和地面垂直。由于活塞环的工作表面不承受活塞的重量, 因此气缸和活塞的磨损较小, 活塞环的工作条件有所改善, 能延长机器的使用年限。立式压缩机的负荷使机身主要产生拉伸和压缩应力, 所以机身形状简单, 重量轻。同时往复运动的惯性力垂直作用在基础上, 而基础抗垂直振动的能力较强, 基础小, 占地面积少。但厂房高, 稳定性差, 对大型的立式压缩机, 安装、维修和操作都较困难。

2. 卧式

卧式压缩机的气缸中心线和地面平行, 分单列卧式和双列卧式。由于整个机器都处于操作者的视线范围之内, 管理维护方便, 曲轴、连杆的安装拆卸都较容易。其主要缺点是惯性力不能平衡, 转速受到限制, 导致压缩机、原动机和基础的尺寸及重量较大, 占地面积大等, 在大、中型压缩机的领域内已被淘汰。

3. 角度式压缩机

角度式压缩机的各气缸中心线彼此成一定的角度, 结构比较紧凑, 动力平衡性较好。由于气缸中心线相互位置的不同, 又区分为 L 型、V 型、W 型、扇型等。

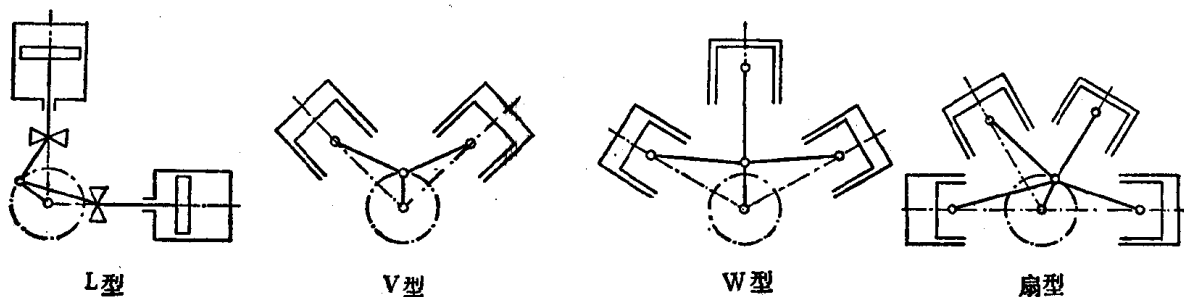


图 2 角度式压缩机的结构方案

在往复式活塞压缩机的型号前冠以 Y 字者, 表示移动式; 有时也不一定用 Y 字特别标明。

例如(1) 4L-44/2 空气压缩机

这是专为氧化沥青设计的空气压缩机, 炼油试验厂用作催化裂化装置的主风机, 其型号的意义如下:

4 —— 表示固定式活塞压缩机 L 系列中第四种基本产品;

L —— 气缸为 L 型排列;

44 —— 吸入状态下的排气量为 44 米³/分;

2 —— 排气压力为 2 公斤/厘米²(表)。

(2) YW-9/7 空气压缩机

Y —— 移动式;

W —— 气缸成 W 型排列;

9 —— 吸入状态下的排气量为 9 米³/分;

7 —— 排气压力为 7 公斤/厘米²(表)。

(3) D6.5-4.6/70~90 加氢精制用循环氢气压缩机

D —— 对称平衡排列;

6.5 —— 活塞推力为 6.5 吨;

4.6 —— 吸入状态下排气量 4.6 米³/分;

70~90 —— 吸入压力 70 公斤/厘米², 排气压力 90 公斤/厘米²。

(4) 4M12-77/21 乙烯压缩机

4 —— 气缸有 4 列;

M —— M 型对称平衡排列;

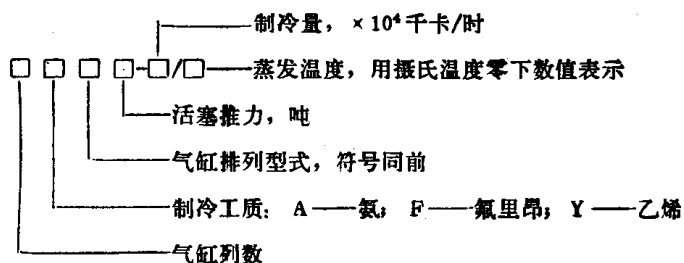
12 —— 活塞推力 12 吨;

77 —— 吸入状态下的排气量为 77 米³/分;

21 —— 排气压力为 21 公斤/厘米²(表)。

2. 活塞式制冷压缩机的型号

(1) 大型的活塞式制冷压缩机常用以下方法表示



例如(2) AD 15-95/20

2 —— 气缸有 2 列;

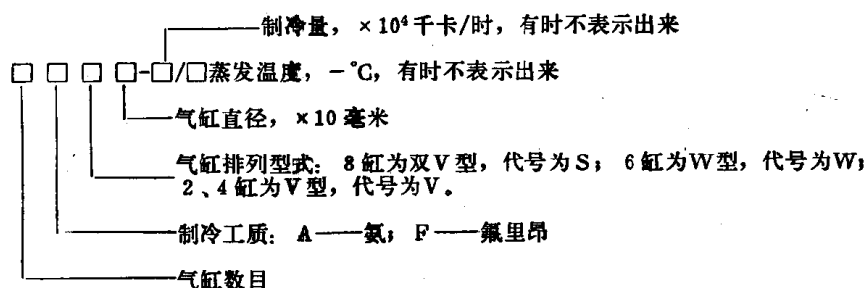
A —— 设计制冷工质为氨;

D —— 对称平衡排列;

15 —— 活塞推力 15 吨;

95/20———20℃蒸发温度下，制冷量为 95×10^4 千卡/时。

(2) 中小型活塞式制冷压缩机常用以下方法表示：



例如 8 AS 17-40/15

8 —— 有 8 个气缸;

A —— 设计制冷工质为氨;

S —— 气缸为双 V 型排列;

17 —— 气缸直径为 170 毫米;

40/15 —— 蒸发温度 -15°C 下制冷量为 40×10^4 千卡/时。

6 FW 7

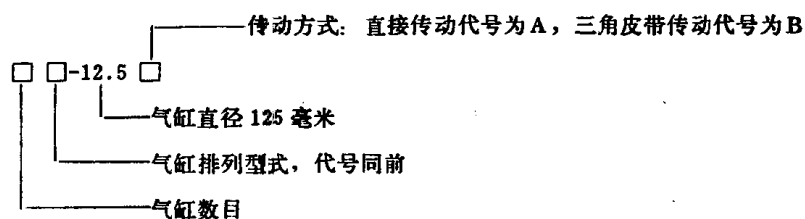
6 —— 有 6 个气缸;

F —— 设计制冷工质为氟里昂;

W —— 气缸为 W 型排列;

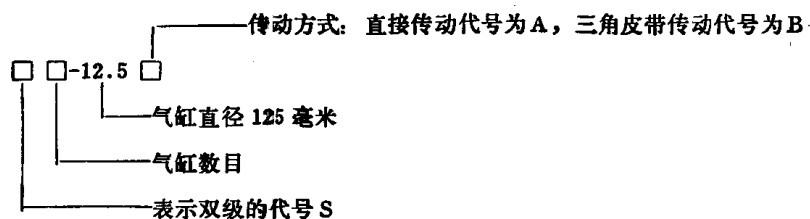
7 —— 气缸直径为 70 毫米。

(3) 直径 125 毫米的单级活塞式制冷压缩机，常用以下代号：



例如 4 V-12.5 B 表示气缸数目为 4 个, V 型排列, 气缸直径 125 毫米, 皮带传动。

(4) 直径 125 毫米的双级活塞式制冷压缩机型号表示方法为：



例如 S 8-12.5 A 表示两级压缩, 8 个气缸, 气缸直径为 125 毫米, 直接带动。

二、离心式压缩机

(一) 作用原理

在离心式风机中, 气体从轴向进入, 由于叶轮的旋转, 气体被离心力高速甩出叶轮,

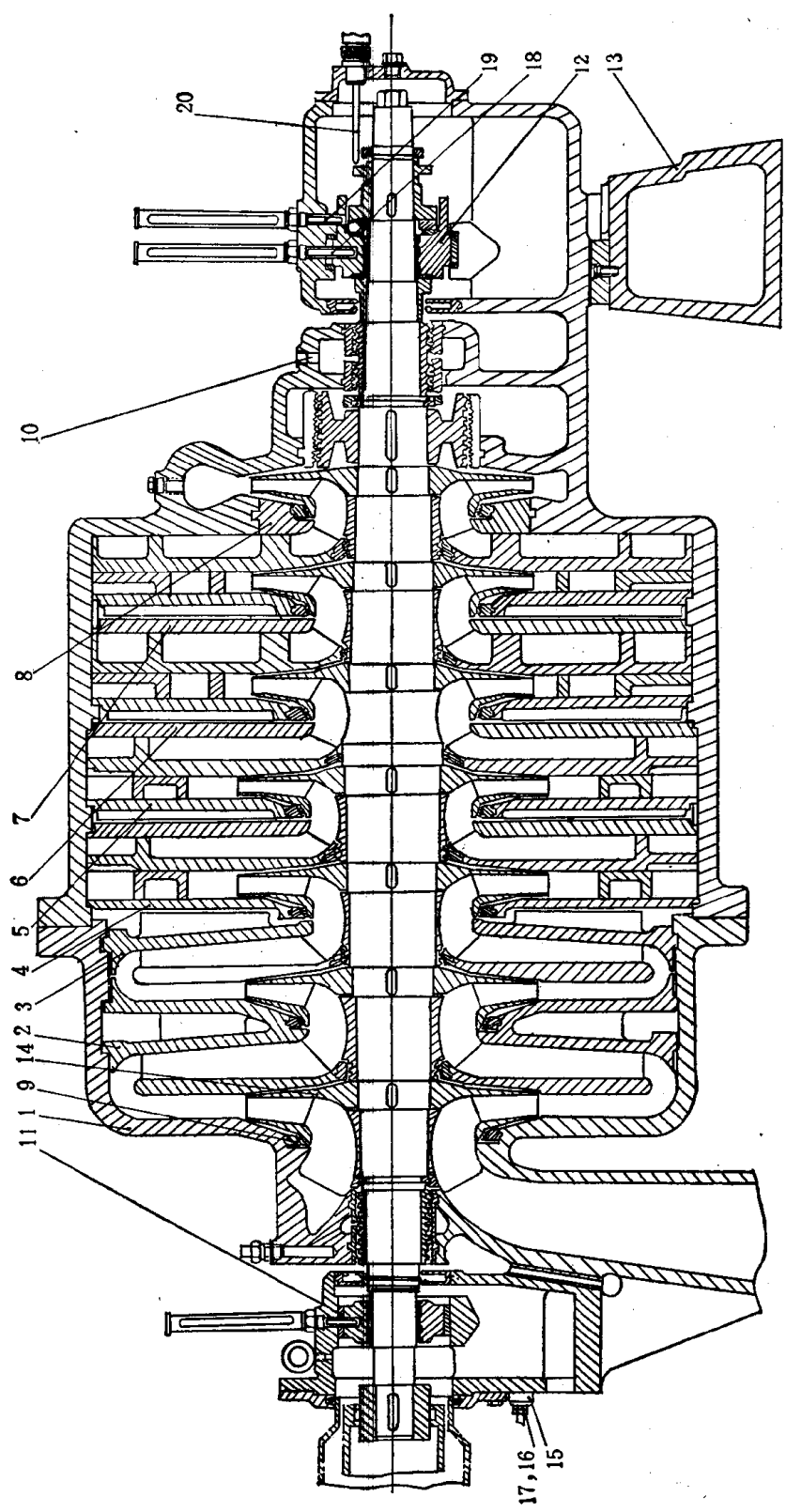


图 4 DA 220-72 离心式压缩机纵切剖面图

1—机壳; 2—第一级隔板; 3—第二级隔板; 4—第三级隔板; 5—第四级隔板; 6—第五级隔板; 7—第六级隔板; 8—半圆盘; 9—密封装置; 10—抽气器; 11—支撑轴衬; 12—支撑轴衬; 13—底座; 14—转子; 15—管子; 16—管接头; 17—垫圈; 18、19—温度计; 20—液

压轴向位移安全器

然后进入流通面积逐渐扩大的扩压器中，将动能转化为压力能。每一个叶轮相当于一级压缩，单级叶轮的叶顶速度越高，每级叶轮的压缩比就越大，压缩到同一压力的叶轮数就越少。由于受到材料极限强度的限制，气体在一个叶轮里获得的速度有限。叶轮的叶顶速度，用普通钢制造在 200~300 米/秒之间，用高强度钢制造可达 300~450 米/秒。若想得到很高的压力，就要将多个叶轮串联起来压缩。一般，在一个缸内叶轮级数不应超过 10 级，如果叶轮级数较多时，需要用两个或两个以上的缸串联。

根据出口表压的不同，离心式风机常分为以下几类：

通风机 < 0.15 公斤/厘米²

鼓风机 < 3 公斤/厘米²

压缩机 > 3 公斤/厘米²

(二) 离心压缩机的主要结构

以催化裂化装置所用的 DA 220-72 气压机为例，其纵切剖面图如图 4 所示。

离心式压缩机主要由以下部件组成。

1. 壳体

离心压缩机的壳体结构主要有水平剖分型和垂直剖分型两种。水平剖分型的壳体分为上、下两半，出口压力一般低于 80 公斤/厘米²，是用途最广泛的一种结构型式。垂直剖分型也叫筒型，壳体是圆柱形的整体，两端采用封头，这种结构最适合于压缩高压力和低分子量的气体，由于气缸是圆柱形的整体，能承受较高的压力。垂直剖分型结构最早用于加氢精制的循环氢压缩机，经过实践考验证明这种结构在高压下是可靠的，合成氨、尿素、合成甲醇等装置的高压离心压缩机现在均采用垂直剖分型结构，目前排气压力已达 700 公斤/厘米²。

2. 转子

离心压缩机的转子由叶轮、轴和轴套等组成。离心压缩机的叶轮随叶片出口角 β_2 的不同，可以分为前向叶轮、径向叶轮和后向叶轮。

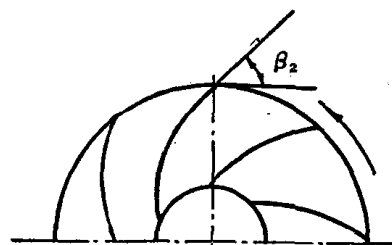


图 5 叶轮出口角示意图

$\beta_2 > 90^\circ$ 前向叶轮

$\beta_2 = 90^\circ$ 径向叶轮

$\beta_2 < 90^\circ$ 后向叶轮

从工作轮对气体做功大小来看，前向叶轮做功最大，后向叶轮做功最小，径向叶轮介乎两者之间。对于后向叶轮，当叶片出口角 β_2 在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 时，一般称为正常后曲型叶轮或压缩机型叶轮。当 β_2 在 $15^\circ \sim 30^\circ$ 时，一般称为强后曲型叶轮或水泵型叶轮。随着叶片出口角 β_2 的减少，效率增加，流量的稳定工作范围增大，但每一级的压缩比下降。对于压缩一般气体的固定式压缩机，由于效率和运转可靠占主要矛盾，一般都以采用效率较高的后向叶轮为主，而且常常是前几级采用压缩机型叶轮，而后几级采用水泵型叶轮，越到后面几级的叶轮，叶片出口角逐渐减少。在通风机和低压鼓风机中，为了能在圆周速度很低的条件下获得较高的风压，有时也采用前向叶轮，但效率较低。对于运输设备上的压缩机，例如航空、船舶等内燃机的增压，移动式小型燃气轮机的压缩机等，为了力求做到体积小重量轻，同时又能保证一定的效率，径向半开式叶轮就采用得比较广泛。

3. 扩压器

气体从叶轮流时，具有较高的流动速度，为了充分利用这部分速度能，常在叶轮后设置流通面积逐渐扩大的扩压器，用以把速度能转化为压力能，以提高气体的压力。

离心压缩机的扩压器分无叶扩压器和叶片扩压器两种。无叶扩压器效率略低，但结构简单，在变工况的流动条件下具有良好的适应性，特别在气流流动马赫数较大的情况下更是如此。因此，对于工况变化较大的情况，采用无叶扩压器较好。例如，酮苯脱蜡装置所用的 ATL 250-36/-20 型氨制冷离心压缩机，为了适应制冷工况变化范围宽的特点，各级均采用无叶扩压器。叶片扩压器是由等厚度薄板或机翼型叶片组成，其效率较高，但稳定工作范围要比采用无叶扩压器时来得窄，其性能曲线也要比采用无叶扩压器时更陡一些，即随着流量的增大，压缩比下降迅速；随流量偏离最佳流量，效率下降比较显著。对于工况变化小的情况，为提高效率，以采用叶片扩压器较好。

4. 轴封

在离心压缩机的各级之间和主轴穿过机壳处，为了防止泄漏，需要安装轴封装置。对于炼油工业所用的离心压缩机来说，最常用的轴封型式有两种：迷宫密封和油膜密封。

迷宫密封是在密封体上嵌入或铸入或用堵缝线固定多圈翅片，构成迷宫衬垫。翅片的材质有黄铜片、磷青铜片、铅青铜片、铝片和白合金片等，视气体的性质，有无灰尘或雾，以及气体温度而定。迷宫衬垫和旋转轴之间有微小的间隙，与轴不接触，因此用于高速旋转的离心压缩机是比较经济实用的。一般在压缩机的级与级之间均采用迷宫密封。由于迷宫密封还有少量的泄漏，当机内气体向外漏出或空气漏入机内都有危险时，则利用图 6 的方法，在主轴穿过机壳处，利用压力平衡以保证安全。

催化裂化装置的气压机，如 DA-220-72，由于催化裂化富气的漏出或空气的漏入都会有危险，因此采用了抽气式的迷宫密封，抽气密封的流程如图 7 所示。

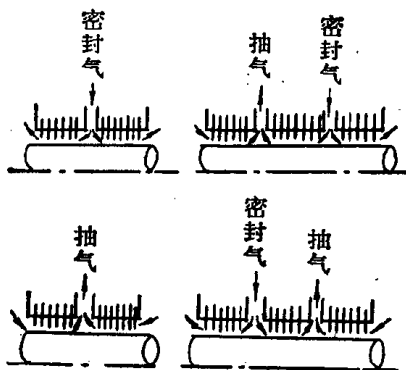


图 6 迷宫密封压力平衡示意图

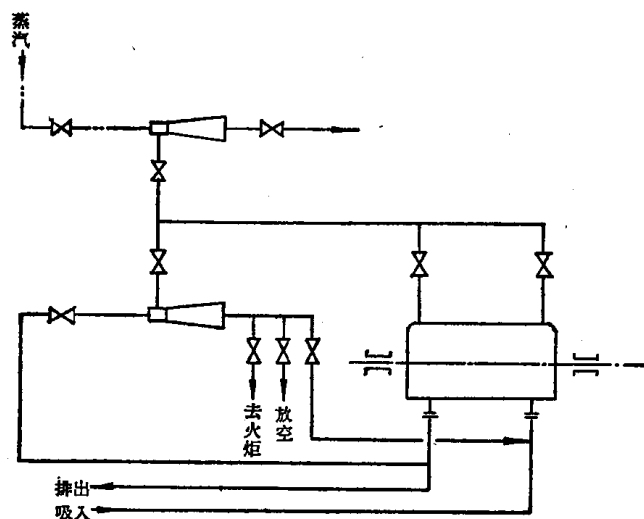


图 7 DA 220-72 气压机抽气密封流程

DA 220-72 气压机在启动时，抽气密封的真空泵首先用蒸汽喷入以建立真空，待压缩机达到正常的操作压力后，把蒸汽切换为气压机本身的富气，用富气的喷入造成真空。停车时将富气换回蒸汽，直到气压机全停。

当压缩机的操作压力较高时，一般均采用油膜密封。其结构特点是用金属密封环和轴

保持极小的间隙，密封环在轴径方向能稍许自由活动。在此密封环间注以高于机内气体 $0.3\sim 1.0$ 公斤/厘米²的高压密封油，通过间隙中形成的油膜防止气体向外部漏失。密封环是不旋转的，因为有油压，故能经常保持同心。供给浮动密封环的密封油，主要向大气侧排出，这种密封油不接触气体，所以返回油箱后可以重复使用。向机内气体侧流出的密封油称为酸性油，酸性油必须经过处理，才能重复使用。

实践证明，高压下油膜密封是可靠的，泄漏量几乎为零。提高油膜密封的经济性在于尽可能减少酸油量，但酸油量的减少有一临界值，当低于此临界值后，油膜内产生紊流现象，气体在一部分油膜中由于脉动调制而向大气侧泄漏。此临界值是油膜厚度、转数、转子直径、油品性质和油膜宽度等的函数。目前正在发展内冷式浮环密封技术。在内冷式的浮环密封中，高压侧浮环在整个圆周的轴向上钻有一圈冷却孔，温度较低的润滑油首先进入内侧环的外壁，使绝大部分油的流量通过内侧环的冷却孔进入内油腔。这样，使过去温度高，和机内高压气体接触的内侧环几乎都包围在冷油中，内侧环的摩擦热被循环的润滑油获得温升而带走，而这些循环油并不和机内的高压气体接触。采用内冷式浮环密封可以提高油膜密封的可靠性，减少酸性油量。

5. 润滑系统

离心压缩机的润滑系统由油箱、油过滤器、油冷却器、安全阀、单向阀和油泵组成。油泵中又包括有主油泵、启动油泵和备用油泵。主油泵由压缩机的主轴通过齿轮箱带动，在正常生产时由主油泵向各注油点提供润滑油。由于在压缩机启动和停车时，转速较低，主油泵的油压不足，为了确保压缩机启动和停车时润滑油的供给，因此除主油泵外还设有启动油泵，启动油泵也叫辅助油泵，在压缩机启动和停车时使用。由汽轮机驱动的压缩机，主油泵是公用的，由汽轮机的主轴通过齿轮箱带动，同时供给压缩机和汽轮机的润滑油；辅助油泵也是公用的汽轮油泵或电动油泵，在启动和停车时，同时供给汽轮机和压缩机的润滑油。

为了确保安全，除主油泵和启动油泵外，还经常另设有备用油泵。在某些情况下，备用油泵为手摇式活塞泵，以便在一旦发生停电事故时，可以通过人工摇动手摇泵，以避免烧毁轴瓦。有时也可以采用高位油箱，高位油箱有一定的贮油量，油箱上部用压缩机排出的气体充压或直接用油泵的油压充压，在一旦发生停电等事故时，由高位油箱供给各轴承以必要的润滑油。

离心压缩机的润滑系统，包括油箱、油过滤器、油冷却器、安全阀、单向阀、油泵及相应的电动机等，在订货时一般都是由制造厂作为压缩机的成套设备供货的，使用者不需要另提要求，仅在老设备改造，利用库存而库存设备又不全等特殊的情况下，才需要考虑配备相应的润滑系统。

(三) 离心压缩机的主要优缺点

离心压缩机的主要优点是输气量大而连续，运转平稳；机组外形尺寸小，重量轻，占地面积少；设备的易损部件少，使用期限长，维修工作量小；由于转速很高，可以用汽轮机直接带动，省去了先用蒸汽发电，再用电机来带动的能量转换过程，同时不会有电机带动时的防爆要求，比较安全；机体内部不需要润滑，气体不会被润滑油污染；实现自动控制较容易等。

由于离心压缩机运转平稳，易损部件少，国外的离心压缩机的使用期限一般可达

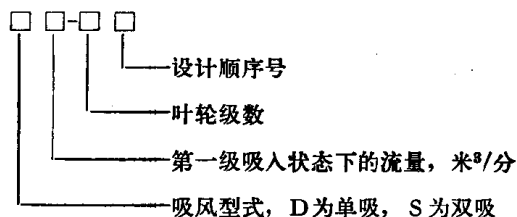
100,000 小时以上, 可以连续运转 8~10 年而不需要大修。如某台为铂矿制造的离心式空气压缩机, 在第二次世界大战前就开始使用, 经过四十多年的连续运转, 到现在仍然完好。又如某台 3,800 千瓦的离心式氮压缩机, 连续运行了 90,000 小时, 还不需要修理, 这些对于往复式活塞压缩机来说, 都是难于达到的。

离心压缩机的特点是先使气体获得动能, 然后再把动能转化为压力能。高速下的气体和叶轮表面, 以及在流经扩压器、弯道和回流器的过程中都有摩擦损耗, 因此离心压缩机的效率不如往复式压缩机。对压力的适应范围较窄, 有喘振现象; 由于有喘振问题, 两机併车要比往复式压缩机困难; 在同一叶顶速度下, 分子量不同的气体, 所获得的动能不同。因此离心压缩机的工况随被压缩气体的性质和组成而变, 对催化重整、加氢精制、加氢裂化等装置, 其气体组成在装置开工、正常运转和停工时变化较大, 选用离心压缩机及其原动机时, 应特别注意。

(四) 离心压缩机的型号

1. 离心鼓风机的型号

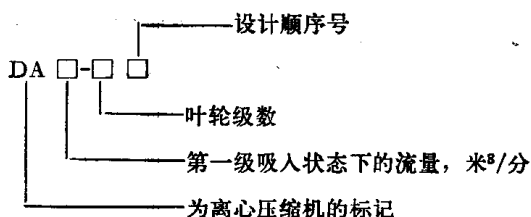
离心鼓风机的型号由以下部分组成



例如催化裂化装置主风机 D800-31 代表第一级叶轮为单吸进风, 风机吸入状态下的流量为 $800 \text{ 米}^3/\text{分}$, 叶轮有 3 级, 第一次设计。

2. 离心压缩机

离心压缩机的型号由以下部分组成



例如催化裂化装置气压机 DA220-72 代表离心压缩机, 进口体积流量为 $220 \text{ 米}^3/\text{分}$, 7 级叶轮, 第二次设计。

三、轴流式和混流式压缩机

轴流式压缩机如图 8 所示。

轴流式压缩机由进气管、收敛器、进气导流器、级组、整流器、扩压器以及出气管组成。许多个叶片嵌在一个主轴上, 主轴旋转带动叶片, 将气体推动来达到输送、压缩的目的。轴流式压缩机的叶片类似于飞机的螺旋桨, 相对于主轴的垂直面有一个偏转角, 气体进入压缩机后, 沿主轴的轴向流动, 因此称为轴流式。

导流器固定在机壳(气缸)上, 并与后者在一起构成定子。轴流式压缩机的转子支承在

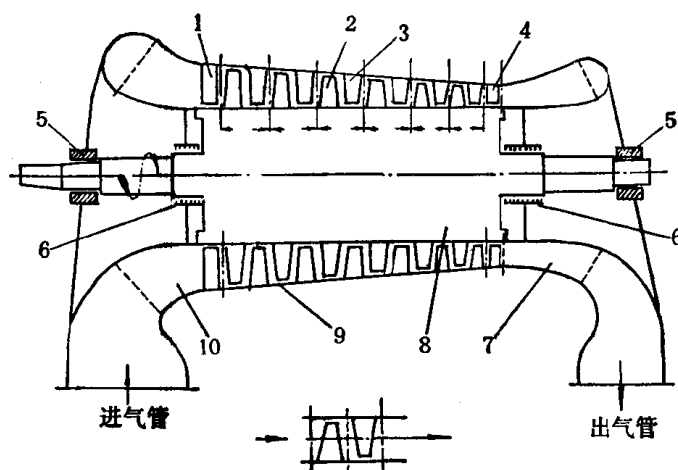


图 8 轴流式压缩机示意图

1—进气导流器；2—工作轮；3—导流器；4—整流器；5—轴承；6—密封装置；7—扩压器；
8—转子；9—机壳；10—收敛器

轴承上。进气管的作用是使进入的气体能均匀地进入环形收敛器。在收敛器中使气流加速并具有较均匀的速度场和压力场，然后通过进气导流器进入第一级，再依次通过其他级组。整流器是为了使气流在扩压器进口具有轴向速度，在扩压器中由于气体动能的减小使气流继续增压。

由于气流的流动摩擦损耗比离心式压缩机小，轴流式压缩机的效率比离心式压缩机高。此外，轴流式压缩机还有体积小，占地面积少，重量相同的机组流量比离心式压缩机大。转速较低（3,000~5,000 转/分），更适合于用一般汽轮机直接驱动。可以通过调整定子叶片和转子叶片的角度来改变压缩比。特性曲线较陡，当压力变化时，流量变化较小，特别适合于高炉的操作等一系列优点。但轴流式压缩机的稳定工作范围较窄，由于空气动力造成的振动，有可能损坏叶片，对灰尘的污染敏感，轴流式压缩机的出口压力较低，主要适用于特大输气量，低压压缩或鼓风机用。目前，轴流式压缩机的出口压力已提高到了 6.5~10 大气压，最高的达到了 40 公斤/厘米²。

由于轴流式压缩机的效率高，大型轴流式压缩机的绝热效率约比离心式压缩机高 10% 左右，因此随着装置的进一步大型化，轴流式压缩机的应用必将越来越广泛。目前已经生产了排气压力为 40 公斤/厘米²，功率为 80,000 千瓦的天然气液化用的大型轴流式压缩机，以及排气量为 10,000 标米³/分，排气压力 8.03 公斤/厘米²，功率为 70,000 千瓦和排气量为 16,000 标米³/分，功率为 100,000 千瓦的高炉用的大型轴流式压缩机，此外，已普遍采用了调节静叶角的方法，从而大大扩展了轴流式压缩机流量的稳定操作范围。

混流式压缩机是离心式和轴流式相结合的一种压缩机，它既有离心式的叶轮，又有轴流式的叶片，常为前几级采用轴流式，后几级采用离心式。这种机器比离心式经济，并且流量大时比离心式更轻便紧凑，在流量小时，混流式压缩机可避免机器终端叶片过短，并且在某些情况下还能提高效率。

四、螺杆式压缩机

螺杆压缩机的气缸成“8”字形，内装两个转子——阳转子和阴转子。一般阳转子有四

个凸而宽的齿，为左旋向，阴转子有六个凹而窄的齿，为右旋向，阳转子和阴转子的转速比为 1.5:1。

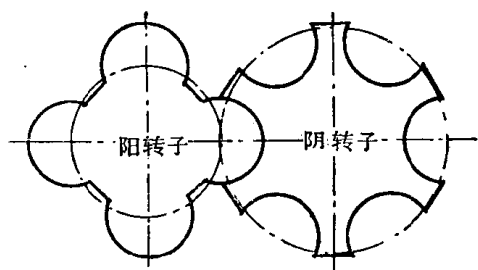


图 9 螺杆压缩机转子的端面型线

螺杆式压缩机外壳的一端有进气孔，另一端有排气孔。阴阳转子的啮合点（密封线）随着转子的回转而移动，因此，每一对啮合的沟槽和外壳之间形成的密封空间的容积也随着转子的回转时刻而变化。吸入过程开始时，气体经过吸气口进入上述空间，随着转子的回转，空间容积逐渐增大。这个空间容积达最大值时，吸入口被遮断。转子继续旋转，此空间容积逐渐减小，此时还未和排气孔接通，气

体被压缩。在某一旋转角上，这空间和排气孔接通，把压缩后的气体排出。排气过程一直进行到空间容积为零时止，不需要往复式压缩机那样的余隙容积。

第一台螺杆压缩机的样机是在 1934 年造出的，50 年代后开始大量发展。螺杆压缩机有以下特点：

1. 螺杆压缩机只是由于阴阳两转子的啮合造成的内压缩来压缩气体，没有金属的接触磨损，更没有象往复式活塞压缩机最易损坏的运动部件，如进、排气阀。因此机器的故障很少，使用寿命长，维修简单，一般采用螺杆压缩机的装置都不需要备机。

2. 由于呈连续单方向旋转，没有往复运动，惯性力小，因此转速高，运转可靠无振动，机组外形尺寸小，重量轻，安装容易，设备基础小而简单，一次基建投资省。

3. 对一组阴阳转子的齿型空间来说，随着啮合点沿轴向往前移动，其一侧进行压缩或排出而容积减少，另一侧的空间容积就增大，进行下一个吸入过程。这样，螺杆压缩机的工作类似于双作用的往复式压缩机。再加上回转数高，齿数较多，因此压缩作用是完全连续的，吸气和排气中没有往复式压缩机的脉动现象，也没有离心压缩机的喘振现象。

4. 螺杆式压缩机属于容积式压缩机，压力上升不受转速的影响。只要转子旋转一周，就能达到预定的压缩比。和离心压缩机不同，它的加压过程和气体的比重无关，因此它更适应压缩轻质气体如氢气、氮气、甲烷和氨等。

5. 螺杆压缩机的加压是依靠两个转子不接触的旋转，因此它能适应压缩湿气体以及含有液滴的气体，在制冷工业中有很大的实用价值。在军舰、货轮、大型商业和工业用的冷藏和空调设备以及一些化学工业上采用螺杆压缩机作为制冷设备的越来越广泛，国外在这方面发展很快。

6. 螺杆压缩机可以用滑阀在 100~10% 的范围内连续比例地控制能量。滑阀安装在两转子之间的机壳上，可以前后移动，有气动和手动。通过滑阀可以控制进气量在 100~10% 范围内变化，不影响压缩比，也不影响转速，能在较大范围内比较理想的控制负荷。

由于阴阳转子之间和转子与外壳之间不存在固体接触引起的摩擦，因此早期的螺杆压缩机的主要特点之一是无油，这使他可以适用于要求输送介质不被润滑油污染的场所。但由于运动部件之间必不可少的间隙，泄漏大，效率较低。同时，在无油压缩机上，为了保证转子间的间隙必须用同步齿轮，为了减小内部温度的上升，必须用增速齿轮来提高其转速，因此机械损失大，噪音很大，通常需要装设管道消音器。

现在，在不是必须无油压缩的情况下，已经采用了向螺杆压缩机喷油的方法。喷油嘴

在压缩时向转子中间的空间喷油。喷油可以起到以下作用：带走压缩过程中产生的热，降低排气温度；用油密封阴阳转子之间的间隙以及转子和气缸间的间隙，使内部泄漏损失减少；提供用阳转子直接驱动阴转子所需要的润滑，简化结构，提高效率，降低噪音。

为了减少泄漏，提高效率，螺杆压缩机转子的端面型线已由对称圆弧型线发展为非对称型线。目前，螺杆压缩机的效率已提高到和活塞式压缩机相接近的程度。

五、压缩机的驱动设备

(一) 原动机的种类

1. 电动机

活塞式压缩机、螺杆式压缩机和一部分离心式压缩机都广泛采用交流电动机来驱动。交流电动机一般有三种：鼠笼式异步电动机，绕线式异步电动机和同步电动机。鼠笼式异步电动机结构简单、紧凑，价格较低，管理方便，但功率因数低。同步电动机能改善电网的功率因数，但价格高，管理要求也较高，一般用在功率400千瓦以上的场合。绕线式异步电动机的特点是启动电流小。一般鼠笼异步电动机的启动电流为额定电流的4.5~7倍，同步电机的启动电流为额定电流的3~5倍，而绕线式异步电机的启动电流只为额定电流的1.5~2倍。因此，在启动条件困难的场合，如电网容量不大或需要用高速的电机降速以带动有大飞轮的压缩机时，应采用绕线式异步电动机。

当压缩有爆炸危险的气体如氢和烃类气体时，电动机要有防爆性能。在功率较小的场合下可以选用标准型的封闭式防爆电机，当采用非防爆电机时，应将电动机放在用空心防火墙和压缩机隔开的厂房内，电动机的轴穿过防火墙并用填料密封来驱动压缩机。

大型压缩机采用封闭式的防爆电动机有困难时，电动机可作成正压通风结构，通风的方式有开式循环和闭式循环两种。在开式循环中，冷却电机的空气由室外的鼓风机供给，空气经密封的地沟，从底部进入电动机，并由装在电机轴上的风扇导流，热空气由排风管排到室外。在闭式循环系统中，冷却电动机的空气从密封的地沟进入电动机的底部，并由装在电动机轴上的风扇导流，热空气从电动机底部排回密封地沟，再由鼓风机送入水冷却器，然后再循环使用。为了补充循环系统中的泄漏，室外有鼓风机向密封地沟补气。

在正压通风系统中，也可以不用地沟，而用装在地面上的风道来通风。

在压缩机启动之前，必须先启动通风装置，以清除通风系统中的爆炸性介质。

2. 汽轮机

汽轮机的投资比电动机高，结构和维修都比电动机复杂，但汽轮机有以下优点：

(1) 汽轮机的转速高，高速汽轮机的转速在10,000转/分以上，可直接与风机联结。电动机的最高转速只能达到3000转/分，与风机联结时还必须有增速设备，增加了厂房内的噪音。

(2) 电动机的转速是固定的，而汽轮机的转速可在一定范围内变动，增加了调节手段和操作的灵活性。

(3) 适应输送易燃易爆的气体，即使有泄漏也不会引起事故，不需要电动机所采用的那些防爆措施。

(4) 汽轮机的用汽，目前我国都是由炼油厂自行提供，动力来源比较稳定。

往复式活塞压缩机由于转速低，如果用汽轮机带动，还需要复杂的减速措施，因