

33

——化工、动力、制冷——

# 容积式压缩机技术手册

主 编 郁永章  
副主编 孙嗣莹 陈洪俊



机械工业出版社

本手册全面地介绍了各种往复式与回转式压缩机的工作原理及研究成果,各种零部件结构与整机结构的设计计算方法以及压缩机辅助设备、往复压缩机使用和维修等内容。手册中将制冷、动力与化工用压缩机融为一体综合分析介绍,并且还涉及了机械式真空泵。手册汇集与归纳了国内外许多有价值的资料与数据,并对一些资料与书籍中混淆的概念予以澄清。

本手册可供容积式压缩机制造与选型、设计与研究人员及运行维修管理人员常备查阅;也可作为大专院校有关师生研究或学习,以及有关企业领导的决策参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

容积式压缩机技术手册/郁永章主编. —北京:机械工业出版社,2000.10  
ISBN 7-111-02260-2

I. 容... II. 郁... III. 容积式压缩机-技术手册  
IV. TH45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 68906 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:蒋有彩 版式设计:霍永明

责任校对:张佳 刘志文 孙志筠 韩晶

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 11 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·81.5 印张·4 插页·2806 千字

0 001—3 500 册

定价:140.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

# 第 19 章 斜盘与斜轴压缩机

马国远 郁永章<sup>⊖</sup>

## 19.1 概述

1916 年俄国的米库林(A. A. Микulin)和斯坦契金(Б. С. Стенкин)首次采用空间机构制成了双斜盘发动机<sup>[1]</sup>, 在以后的半个多世纪里, 又有人陆续设计制成了单斜盘式、摆盘式和凸盘式压缩机和泵。这类压缩机的气缸中心线与转轴中心线平行, 整体呈筒状布置, 因而结构简单紧凑、重量轻、平衡性能好, 但其运动机构中的承载方式不理想, 机械效率较低, 因此制约了它的发展与应用。1945 年以后, 汽车空调的迅猛发展, 又为斜盘压缩机的大规模应用提供了契机。1955 年, 美国通用汽车公司率先开发使用五缸摆动斜盘压缩机用于汽车空调, 1962 年它被新开发出的六缸旋转斜盘压缩机所取代<sup>[2]</sup>。70 年代初期, 日本三电公司从美国引进五缸摆动斜盘压缩机的生产技术, 对该机进行大量的改进, 使之又重新广泛地应用于汽车空调。随后美国和日本又相继开发了十缸变容量旋转斜盘压缩机、五缸变容量摆动斜盘压缩机、七缸及七缸变容量摆动斜盘压缩机<sup>[3]</sup>, 使斜盘压缩机成

为汽车空调用压缩机的主要机种。此外, 斜盘机构也用于微型高压压缩机。

1970 年美国的舒利文(Sullivan)提出了一种 V 形转缸机构, 并首先用于发动机, 随后英国的 H. Shaw 又以此机构为基础制成了肖氏压缩机, 即斜轴压缩机<sup>[4]</sup>。

### 19.1.1 斜盘压缩机

1. 斜盘压缩机的工作原理 斜盘压缩机活塞的往复运动是靠一个固定在主轴上的斜盘来驱动, 并且活塞的往复运动方向与驱动轴中心线平行, 因而也称为轴向活塞压缩机, 但它仍属往复活塞压缩机。按斜盘与活塞的结合方式, 分为旋转斜盘式和摆动斜盘式两种型式。

(1) 旋转斜盘式(Swash Plate) 简称斜盘式, 如图 19-1a 所示。旋转斜盘 2 固定在主轴 1 上, 双向作用的活塞 3 通过滑履 4 及钢珠嵌在斜盘的四周。当主轴带动斜盘旋转时, 滑履沿固定的轨迹在斜盘上滑动, 随着滑履在斜盘上位置的改变, 通过钢球推动活塞在气缸内作往复运动, 从而完成了压缩机的工作过程。

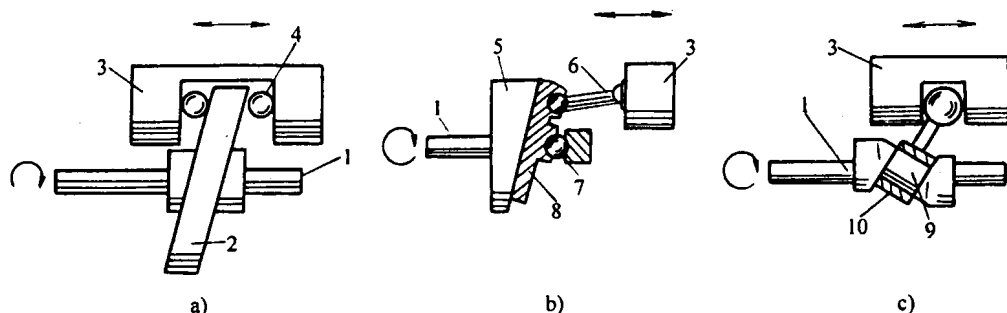


图 19-1 斜盘压缩机的原理示意图

a) 旋转斜盘 b) 摆动斜盘 c) Z 形轴结构

1—主轴 2—斜盘 3—活塞 4—滑履 5—斜转体 6—双球头连杆

7—定位钢球 8—摆盘 9—Z 形轴 10—连杆

(2) 摆动斜盘式(Wobble Plate) 简称摆盘式, 如图 19-1b 所示。带有斜面的斜转体 5 固定在主轴 1 上, 不旋转的摆盘 8 靠在斜转体的斜面上, 形成一定的倾斜角度, 且通过双球头连杆 6 与活塞 3 铰接, 气缸均匀地布置在摆盘的另一侧, 原动机驱动主轴及斜转体转动时, 推动摆盘摆动, 通过连杆带动活塞在气缸内做往复运动, 从而完成了压缩机的工作过程。

作为轴向活塞压缩机还有如图 19-1c 所示的 Z 形轴结构。Z 形轴 9 作回转运动, 带动连杆 10 左右摆动, 从而驱动活塞作往复运动。但这种结构目前很少使用。

⊖ 郁永章编写 19.2.1 节和 19.4.1 节。

## 第 25 章 滚动活塞与摆动转子压缩机

马国远 李庆元<sup>⊖</sup>

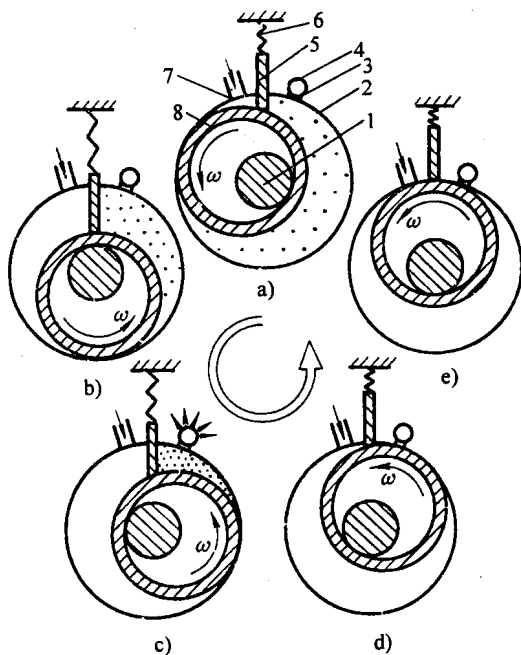
### 25.1 滚动活塞压缩机概述

滚动活塞压缩机原称为“转子压缩机”，在原来偏心轮外加上一套圈后称为滚动活塞压缩机或滚动转子压缩机，在我国还简称为滚子压缩机、定片压缩机或旋转式压缩机。早在 1857 年就考虑过用回转机构制造液泵。作为电冰箱用压缩机，美国在 20 世纪初就开始使用。从 1920 年起，欧洲也开始生产使用这种压缩机。由于受当时的机械加工水平限制，与往复活塞压缩机相比，它并无明显的竞争力。60 年代开始，精密加工技术迅速发展，70 年代以后，滚动活塞压缩机在小型全封闭制冷压缩机中所占比例越来越大，并广泛用于房间空调、电冰箱及小型商用制冷设备中。

#### 25.1.1 工作原理

图 25-1 示出了滚动活塞压缩机的基本结构和工作原理。它由滚动活塞、气缸体、滑板及其背部的弹簧、偏心轮轴和气缸两端盖等主要零件组成。从图中可以看出，气缸 2 的内孔与滚动活塞 8 均呈圆形，气缸体上开有吸、排气孔口，排气孔口 3 上装有簧片排气阀 4，气缸内装有偏心轮轴 1（压缩机的转轴）。偏心轮轴的旋转中心与气缸内孔的圆心重合，滚动活塞安装在偏心轮上，即滚动活塞与偏心轮同心，使得滚动活塞外表面与气缸内表面相切，气缸内表面与滚动活塞外表面之间形成一个月牙形空间，构成了压缩机的工作腔。在气缸的吸、排气孔口之间开一个径向槽，槽内装有能来回滑动的挡板 5（简称滑板），滑板背部装有弹簧 6，靠弹簧力（有时还作用有气体或润滑油的压力）滑板端部紧压在滚动活塞外表面上，将月牙形空间分成两部分：与吸气孔口相通的部分称为吸气腔；在排气孔口一侧的部分称为压缩腔。但在图 25-1e 的位置两腔相通，因此，滚动活塞压缩机必须设排气阀。

图 25-2 示出滚动活塞压缩机的工作过程。用气缸与转子的切点  $T$  和气缸中心  $O$  的连线  $OT$ （和气缸与转子的连心线  $OO_1$  重合）表示转子所处的位置， $OT$  与滑板中心线重合时作为转角始点  $\theta = 0$ ，随着转子按图示方向旋转， $T$  在  $\theta = 0 \sim \alpha$  的范围内，新生成的气腔不断扩大而不与任何孔口相通，此时的气腔称为



| 位置 | a  | b  | c    | d    | e     |
|----|----|----|------|------|-------|
| 左侧 | 吸气 | 吸气 | 吸气   | 吸气   | 吸气结束  |
| 右侧 | 压缩 | 压缩 | 开始排气 | 排气结束 | 与左侧连通 |

图 25-1 滚动活塞压缩机的基本结构和工作原理

1—偏心轮轴 2—气缸 3—排气孔口 4—排气阀

5—滑板 6—弹簧 7—吸气孔口 8—滚动活塞

吸气封闭容积，其内的气体压力有可能膨胀到低于吸气压力；在  $\theta = \alpha$  时（图 25-2 中 A），气腔与吸气孔口连通，开始吸气，在  $\theta = \alpha \sim 2\pi$  的范围内，随着容积增大，气腔通过吸气孔口不断吸入气体，在  $\theta = 2\pi$  时，气腔容积最大，整个月牙形空间充满吸入的气体；在转子刚转过第二转（ $\theta > 2\pi$ ）时，因气腔容积缩小，上一转吸入的气体又部分倒流回吸气管，在  $\theta = 2\pi + \beta$  时（图 25-2 中 B），气腔与吸气孔口断开，压缩过程开始，在  $\theta = 2\pi + \beta \sim 2\pi + \theta_d$  的范围内，气腔容积不断缩小，其内气体的压力不断升高，在  $\theta = 2\pi + \theta_d$  时，气腔内的压力足以使排气阀打开，内压缩结束，排气开始； $\theta = 2\pi + \theta_d \sim 4\pi - \gamma$  为排气过程，在

<sup>⊖</sup> 编写 25.4.3 主要零件结构部分。

# 第 26 章 滑片压缩机

马国远 谭跃进<sup>⊙</sup>

## 26.1 概述

1588 年拉迈尔利(Ramelli)首次提出多基元滑片装置的概念,并制成了世界上第一台拉迈尔利泵。从机构学来看,用作旋转运动的活塞代替作往复运动的活塞来实现气体的压缩,无疑是极为合理的。然而仅有转子和缸体两个构件是不可能形成容积周期变化的工作腔,必需增添辅助构件。如果增添若干个可以在转子或缸体上开的槽内自由滑动的叶片(简称滑片),就形成了匀速型旋转压缩机,简称旋转压缩机。

旋转压缩机分为两大类:一类是滑片装在缸体上的槽内,因滑片不随转子做旋转运动,称之为固定滑(叶)片压缩机,即第 25 章所述的滚动活塞压缩机;另一类是滑片装在转子上的槽内,随转子做旋转运动,称之为旋转滑(叶)片压缩机,简称滑片、或旋叶、或旋片压缩机,本章所述即是此种压缩机。根据气缸形状和滑片运动机理,滑片压缩机大致可分成单工作腔、双工作腔及贯穿滑片压缩机三种类型。

### 26.1.1 单工作腔滑片压缩机

1. 工作原理 单工作腔滑片压缩机的结构是滑片压缩机的传统结构型式。图 26-1 为单工作腔滑片压缩机的横剖面图,它主要由机体(又称气缸)、转子及滑片等三部分组成。转子外表面与气缸内表面均呈圆形,转子偏心地安装在气缸内,使二者在几何上相切(在实际结构中,切点处保持一定的间隙),在气缸内壁与转子外表面间形成一个月牙形空间。转子上开有若干纵向凹槽(滑片槽),在每个凹槽中都装有能沿径向自由滑动的滑片,转子旋转时,滑片受离心力的作用从槽中甩出,其端部紧贴在气缸内表面上,把月牙形的空间分隔成若干扇形小室,称之为基元。随着转子的连续旋转,基元容积从小到大周而复始地变化。

在机体上开设有吸气孔口(左侧)和排气孔口(右侧)。基元容积增大时,与吸气孔口相通,吸入气体,直到基元容积达到最大值、组成该基元的后一个滑片(相对于旋转方向,简称后滑片)越过吸气孔口的上边缘时吸气终止。接着,基元容积随转子的转动开始缩小,气体在基元内被压缩。当组成该基元容积的前一个滑片(简称前滑片)达到排气孔口的上边缘时,基元

开始和排气孔口相通,则压缩过程结束,排气开始。在基元的后滑片越过排气孔口的下边缘时,排气终止。之后,基元容积达到最小值。转子继续旋转,基元容积又开始增大,留在余隙容积中的高压气体膨胀。当基元的前滑片达到吸气孔口的下边缘后,该基元又和吸气孔口相通,重新吸入气体。如果滑片数为  $z$ ,则转子每旋转一周,依次有  $z$  个基元分别进行吸气—压缩—排气—膨胀过程。

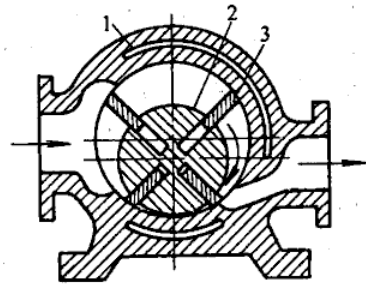


图 26-1 单工作腔滑片压缩机

1—气缸 2—转子 3—滑片

2. 特点 与其他压缩机相比,滑片压缩机具有以下优点:

- 1) 结构简单,零部件少,加工与装配容易实现,维修方便。
- 2) 运转平稳、噪声低、振动小。由于无偏心旋转的零部件,因此动力平衡性能好,尤其在高速运动时振动和噪声很小。
- 3) 起动冲击小。滑片在起动时逐步伸出,惯性和静摩擦转矩小,因而起动转矩缓慢上升,减少了起动冲击。
- 4) 效率高。由于没有吸气阀,余隙容积小且余隙膨胀不直接影响吸气基元,因而使吸气损失减少,容积效率提高。
- 5) 结构紧凑、体积小、重量轻,便于狭窄空间安装,因而比较适合汽车空调使用。
- 6) 压缩机中多个基元同时工作,因此输气量比较大、流量均匀、脉动性小、不需安装很大的贮气器。
- 7) 滑片顶部与气缸内表面发生磨损时,滑片能

⊙. 编写 26.7.1 滑片空气压缩机部分。

## 第 29 章 三角转子及其他摆线压缩机

马国远

### 29.1 概述

1943 年玛拉特(Maillard)提出三角转子压缩机的理论。1951 年汪克尔(Wankel)终于突破密封技术的关键,首次制成了带密封系统的三角转子压缩机,因此,三角转子压缩机又称汪克尔压缩机。根据三角转子压缩机的理论,本世纪 60 年代以后相继又衍生出二角和四角转子压缩机。这类压缩机中,主要零件为气缸和转子(活塞),它们其中之一的型线为摆线,而另一个的型线则为摆线的共轭包络线,因此,这类压缩机也称为摆线压缩机。

从运动学上来说,转子的运动是通过一个动圆在一个固定圆内或圆外滚动得出的,即转子作行星运动,所以,摆线压缩机属于行星旋转压缩机。这类压缩机的特点是:转子在气缸体内作行星运动,使气缸的工作容积发生变化,并要求转子的角端始终与气缸型面接触,以造成良好的密封。为了达到这个要求,就应有个连接缸体和转子二者之间的特定速比的齿轮机构(称为相位齿轮),以形成两者相吻合的特殊型线。图 29-1 是行星旋转压缩机的几种形式,其中应用较为广泛的是二角和三角转子压缩机。图 29-2a 所

示的是四角转子,也叫梅花转子压缩机。图 29-2b 所示是三叶压缩机。图 29-2c 是瑞士伐林捷尔(Wallinder)和斯科克(Skog)发明的可用作压缩机的机构。该机构的气缸为六角形的内旋轮线,转子为五角形的内包络线,气缸固定,转子作行星运动,由于密封不够完善,目前仅作为小型油泵应用。

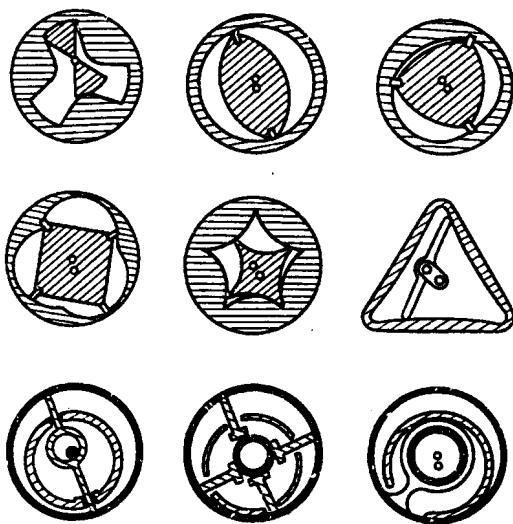


图 29-1 行星旋转压缩机结构

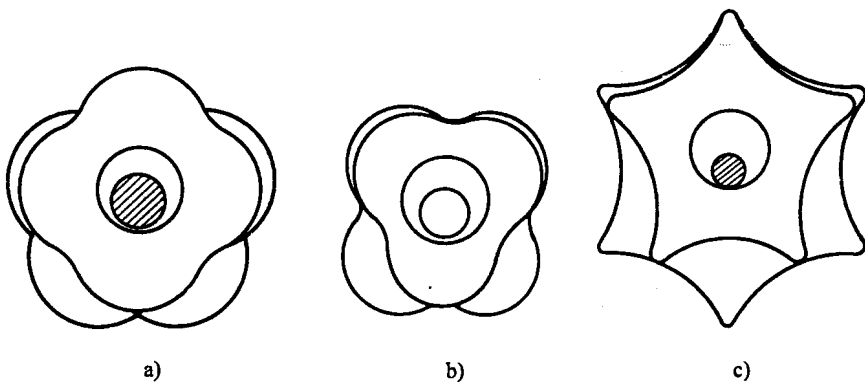


图 29-2 其他形式的行星旋转压缩机

#### 29.1.1 三角转子压缩机的工作原理和特点

1. 工作原理 三角转子压缩机的气缸型线,在几何学上称“双弧外次摆线”,又叫“双弧长短幅圆外旋轮线”。三角转子(以下简称转子)外表面的三边是圆外旋轮线的内包络线,气缸中心与转子中心之间存在偏心距  $e$ ,气缸静止不动,沿其内表面滑动的转子,一边绕自身中心自转,一边又绕气缸中心公转。

如图 29-3 所示,相位齿轮的外齿轮 1 固定在气缸端盖 8 上,压缩机主轴颈套在主轴承 5 内,穿过外齿轮 1 并与其同心,内齿轮 2 固定在转子 9 上,主轴 7 的偏心轴颈穿在位于转子内孔的偏心轴承 6 内。内、外齿轮始终保持啮合,其齿数比为 3:2。如果改变相位齿轮的内外齿数比,就可形成不同形式的行星旋转压缩机。

