

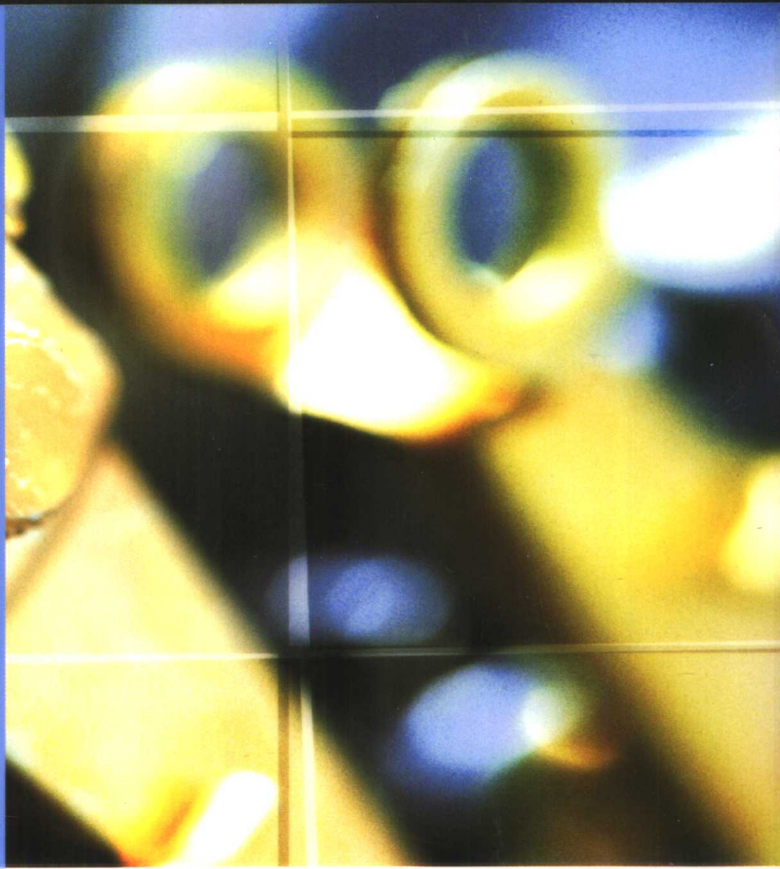
方贵银 主编



制冷空调设备维修手册

HILENGKONGTIAOSHEBEI

Weixiushouce



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

制冷空调设备 维修手册

—— 方贵银 主编 ——



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书重点介绍了制冷空调装置类型与结构、自动控制系统以及制冷空调故障诊断和实用维修技术。为了方便广大读者,本书附录中还列出了制冷空调中常用单位换算以及部分制冷剂的压—焓图和湿空气的焓—湿图。

本书是一本难得的全面介绍制冷空调设备的图书。其系统性强、实用性强、通俗易懂。可供制冷空调中、高级工和维修技术人员学习和参考,也可作为制冷空调培训班的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

制冷空调设备维修手册/方贵银主编. —北京:中国电力出版社, 2005

ISBN 7 - 5083 - 2606 - 7

I. 制... II. 方... III. 制冷—空气调节设备—维修—手册 IV. TB657.2 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 095537 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 1 月第一版 2005 年 1 月北京第一次印刷

700 毫米×1000 毫米 B5 开本 31.625 印张 648 千字 1 插页

印数 0001—4000 册 定价 58.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前 言

随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,制冷空调技术在工农业生产、商业、交通、旅游、军事、科研和生活领域等各部门都得到了广泛的应用。由于制冷空调产品种类较多,功能各异,各地的制冷维修部门和广大专业的、业余的维修人员在维修工作中,迫切感到需要及时了解各种制冷空调装置的内部结构和正确的维修方法,为此,我们在总结实践经验和搜集有关资料的基础上编写了本手册。

本书系统地阐述了制冷空调系统的主要部件结构与性能、节流膨胀装置和常用辅助部件、制冷空调装置类型与结构、制冷空调装置自动控制、制冷空调系统常见故障分析与排除以及制冷空调实用维修技术。其中,重点介绍了制冷空调装置类型与结构、自动控制系统以及制冷空调故障诊断和实用维修技术。为了方便广大读者,本书附录中还列出了制冷空调中常用单位换算以及部分制冷剂的压—焓图和湿空气的焓—湿图。

参加本书编写的人员还有李辉、李晓晶、张诵华、李平、许春宁。在编写本书时,我们参阅和引用了一些文献资料,在此对这些文献资料的作者表示诚挚的谢意。

限于编者的水平,书中难免有错误和缺点,敬请广大读者批评指正。

编者



前言

第一章 制冷系统主要部件的结构与性能

1

第一节 制冷压缩机的结构

与性能 1

一、往复式活塞式压缩机 1

二、螺杆式压缩机 15

三、滚动活塞式压缩机 23

四、旋转滑片式压缩机 29

五、涡旋式压缩机 32

第二节 制冷空调系统冷凝器和

蒸发器 39

一、冷凝器 39

二、蒸发器 45

三、板式换热器 53

第三节 制冷空调系统节流膨胀

装置 57

一、热力膨胀阀 58

二、热电膨胀阀 67

三、电子膨胀阀 68

四、毛细管 72

第二章 制冷空调装置类型与结构

80

第一节 电冰箱的类型与结构 80

一、蒸汽压缩式制冷电冰箱 80

二、吸收—扩散式电冰箱 85

三、半导体制冷电冰箱 87

第二节 空调器的类型与结构 88

一、窗式空调器 90

二、分体式空调器 93

三、立柜式空调器 100

四、其他类型的空调装置 101

第三节 汽车空调装置的类型

与结构 108

一、轿车空调装置 111

二、客车空调装置 120

三、货车空调装置 125

四、其他用途车的空调装置 127

第四节 蓄冷空调装置的类型

与结构 130

一、水蓄冷空调系统 131

二、冰蓄冷空调系统 137

三、其他相变材料蓄冷空调系统 165

四、蓄冷空调机组及其特性 172

五、冰蓄冷低温送风系统 178

第三章 制冷空调装置自动控制

187

第一节 电冰箱控制系统 187

一、电冰箱控制系统中的主要

元器件 187

二、电冰箱的典型控制电路 206

三、电冰箱新型控制技术 223

第二节 空调器控制系统 229

一、空调器电机	230	三、汽车空调系统温度控制	284
二、空调器的启动与保护装置	235	四、汽车空调中的真空控制	289
三、空调器温度控制器	238	五、汽车空调系统车速控制	296
四、空调器化霜控制器与压力 控制器	240	六、汽车空调控制电路	301
五、空调器遥控器	242	第四节 蓄冷空调系统自动 控制	322
六、空调器新型变频控制系统	245	一、蓄冷空调系统自动控制功能	322
七、空调器控制电路分析	253	二、蓄冷空调系统自动控制 系统组成	322
第三节 汽车空调控制系统	270	三、制冷机组控制	323
一、汽车空调基本控制元器件	270	四、蓄冷装置控制	323
二、汽车空调系统压力控制	280		

第四章 制冷空调系统常见故障的分析与排除 327

第一节 电冰箱常见故障的分析 与排除	327	一、空调器常见故障分析方法	364
一、电冰箱常见故障的检查方法 与流程	327	二、空调器常见故障排除	364
二、电冰箱常见故障的排除	336	第三节 汽车空调常见故障分析 与排除	374
第二节 空调器常见故障分析 与排除	364	一、汽车空调故障诊断程序	375
		二、汽车空调常见故障排除	385

第五章 制冷空调实用维修技术 410

第一节 常用维修设备、工具及其 操作使用方法	410	三、制冷系统抽真空	426
一、专用设备、仪表、工具及材 料配件	410	四、制冷系统加注润滑油	429
二、焊接操作技术	411	五、制冷系统充注制冷剂	433
三、常用仪表的使用方法	416	六、制冷系统的清洗及 排放空气	443
四、常用管道工具的操作要领	417	第三节 制冷空调装置维修 技术	445
第二节 制冷空调维修操作 技术	419	一、电冰箱、空调器维 修技术	445
一、制冷系统的吹污与气 密性检验	419	二、汽车空调维修技术	463
二、制冷系统检漏	421	三、蓄冷空调维修技术	475

附录 A 制冷空调常用单位换算 480

附录 B 湿空气的主要热物理参数 483

附录 C 常用制冷剂的压—焓图 486

参考文献 498

第一章

制冷系统主要部件的结构与性能

第一节 制冷压缩机的结构与性能

制冷空调系统常用的压缩机有往复活塞式、滚动活塞式、旋转滑片式、螺杆式、涡旋式等几种型式。

往复活塞式压缩机容积效率低，零部件多，机器笨重，易损件多，机器振动大。但其制造工艺成熟，加工容易，成本低，系统简单。

回转式（包括螺杆式、滚动活塞式、旋转滑片式、涡旋式）压缩机没有往复运动，一般情况下不设气阀，因此零部件少，结构简单紧凑，易损件少，振动小；另外，其容积效率高。由于回转式压缩机工作表面多呈曲面形状，使加工工艺复杂，精度要求较高，故其成本较往复活塞式高。

一、往复活塞式压缩机

（一）往复活塞式压缩机的工作原理

如图 1-1 所示，当压缩机由电机驱动工作时，曲轴带动活塞下降，由图 1-1 (a) 可知：吸气阀片 4 被打开，制冷剂蒸气沿进气通道 7 进入汽缸 6 和活塞 5 顶部组成的气腔容积内，这时排气阀片 2 紧贴着阀板 3，盖住排气孔，以免进、排气串通。当气体充满汽缸 6 后，即活塞 5 到达下止点时，曲轴继续转动而使活塞上升。由图 1-1 (b) 可知：活塞 5 这时已升到使排气阀片 2 打开的位置，被压缩的高压制冷剂蒸气由排气孔排到排气管道后再进入冷凝器冷凝放热。

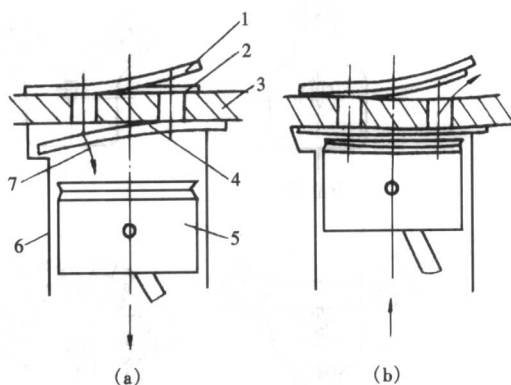


图 1-1 往复活塞式压缩机工作原理

(a) 吸气；(b) 排气

1—限位器；2—排气阀片；3—阀板；4—吸气阀片；
5—活塞；6—汽缸；7—进气通道

从图 1-1 中可知，在排气阀片 2 上面安装有限位器 1，限位器 1 的作用是防止排气阀片 2 被冲坏。当高压气体排出时，冲击排气阀片 2 并使其紧贴在限位器 1 上，限位器 1 的位置就是限制排气阀片 2 的最大位置。排气结束，曲轴又带动活塞 5 下



降, 如此不断往复运动完成压缩过程。

(二) 往复活塞式压缩机的结构

往复活塞式压缩机是问世最早、技术较成熟、至今还广泛应用的一种压缩机机型, 其单机功率范围约为 $0.1 \sim 150\text{kW}$, 缸径为 $20 \sim 180\text{mm}$, 汽缸数为 $2 \sim 16$ 个。压缩机转速在小型机中可达 3600r/min , 甚至更高 (如变频压缩机), 在大中型机中可达 1750r/min 。

按使用制冷剂来分, 一般有氨压缩机和氟利昂压缩机两种。

按压缩机级数来分, 有单级压缩机和双级压缩机两种。制冷剂蒸气在压缩机内只经过一次的压缩称为单级压缩机, 制冷剂蒸气由低压到高压经过压缩机两次压缩称为双级压缩机。

按活塞作用方式来分, 有单作用压缩机和双作用压缩机。单作用压缩机其制冷剂蒸气仅在活塞的一侧进行压缩; 双作用压缩机, 在活塞两侧可以轮流对制冷剂蒸气进行压缩, 双作用压缩机的结构复杂, 目前已很少采用。

按汽缸中心线的位置来分, 有直立形、V形、W形、Y形、S形 (扇形)、十字形等, 如图 1-2 所示。直立型用 L 表示, 有时可省略。

按压缩机密封方式来分, 有开启式和封闭式, 而封闭式又分为半封闭式和全封闭式。半封闭式表示符号为 B, 全封闭式表示符号为 Q, 开启式表示符号可省略。

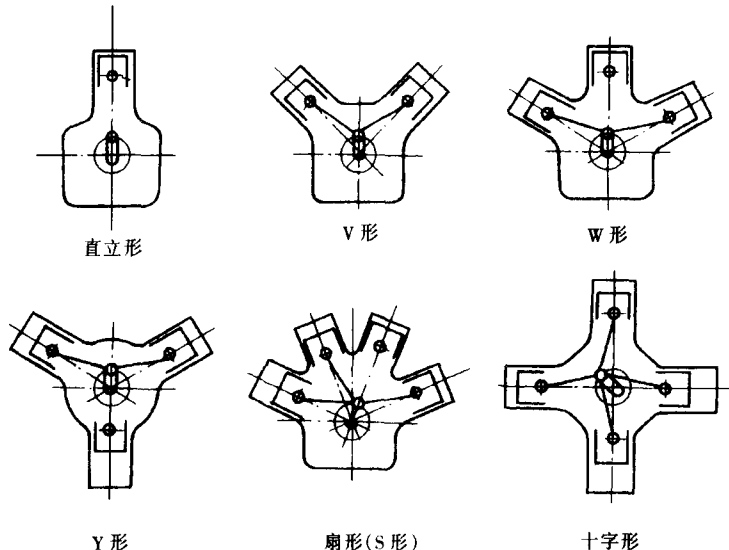


图 1-2 活塞式压缩机汽缸的不同布置形式

1. 开启式压缩机

如图 1-3 所示, 压缩机曲轴的功率输入端伸出机体之外, 通过传动装置 (带轮或联轴节) 与原动机相连接。在伸出部位要用轴封装置防止轴段和机体间泄漏,

整个机器只要松开连接件后就可拆开维修。这种利用轴封装置的隔离作用，使原动机独立于制冷剂系统之外的压缩机结构形式称为开启式压缩机，其主要特点如下：

(1) 原动机独立于制冷剂系统之外，与制冷剂和润滑油不接触，对电机无耐制冷剂、耐油的要求。

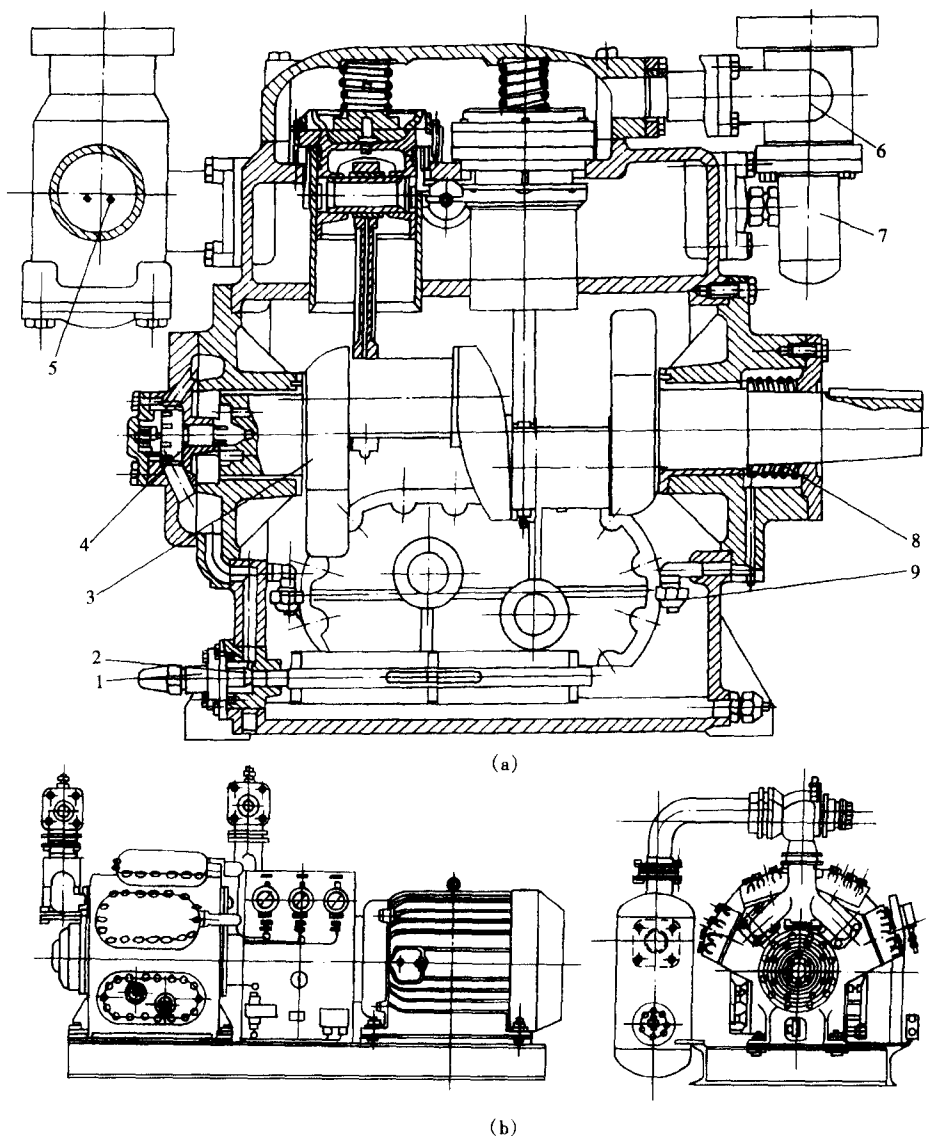


图 1-3 开启式压缩机的剖面及机组外形

(a) 剖面；(b) 外形

1—加油三通阀；2—滤油器；3—曲轴；4—液压泵；5—吸气滤网；

6—排气集管；7—安全阀；8—轴封；9—供油管

(2) 电机的冷却与制冷剂系统无关, 压缩机暴露在大气中, 使吸入制冷剂蒸气的过热度减少。

(3) 容易拆卸维修, 电机的维修对制冷系统无影响。但是开启式压缩机具有质量重、体积大、占地面积多、工质和润滑油易泄漏及噪声大等缺点, 主要用在大、中型空调机组上。

2. 半封闭式压缩机

半封闭式压缩机是将压缩机与电机共同密封在一个壳体内, 壳体两段用螺栓、螺母连接, 检修时可以分拆。这种压缩机电机的转子直接套在压缩机曲轴的直端上, 取消了传动机构和轴封, 使机组结构更加紧凑。图 1-4 所示为 4FS7B 型半封闭式制冷压缩机结构, 这种压缩机属 70 系列, 有 4 个汽缸, 按扇形布置。

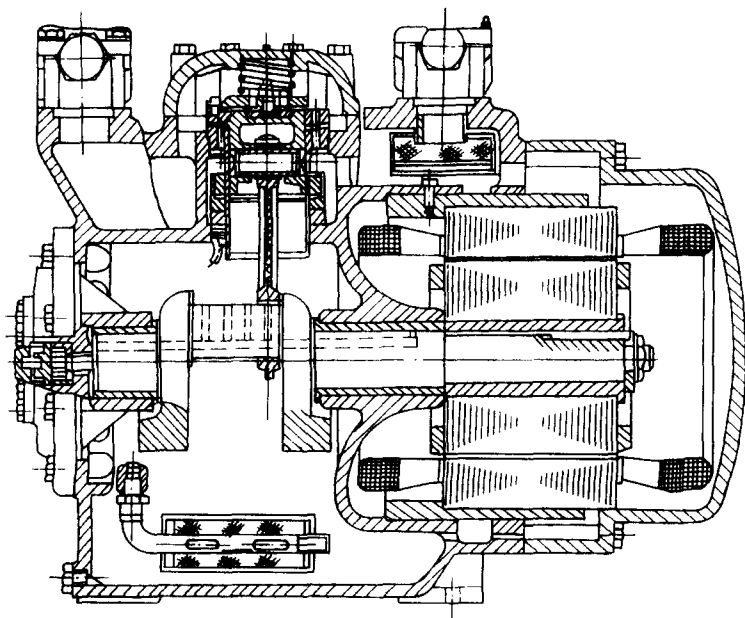


图 1-4 4FS7B 型半封闭式制冷压缩机结构

半封闭式和开启式压缩机在结构上最明显的区别是半封闭式电机的外壳和压缩机机体铸在一起的, 相互间内腔连通, 不需要安装任何轴封, 消除了轴封处最易泄漏的缺点, 并且还可以利用吸入的低温、低压制冷剂蒸气来冷却电机绕组, 改善了电机的冷却条件, 从而提高了电机的功率。半封闭式压缩机与电机共用一根轴连接, 取消了传动用的联轴器, 缩短了机组的轴向尺寸。

半封闭式压缩机所有运动部件全部密封在机壳内, 运转时看不到曲轴的转向, 所以, 必须选择正反转均能供油的润滑液压泵, 如月牙或转子内啮合齿轮液压泵。

此外, 在半封闭式压缩机中, 电机绕组直接与润滑油接触, 所以, 对润滑油电绝缘性能要求较高, 电机绕组之间及绕组与机壳之间绝缘电阻通常应不小于 $1\text{M}\Omega$,

这种压缩机电机所选用的绝缘材料与通用电机的不同。半封闭式压缩机上的电机接线柱出头，也应当具有严格的密封性。

3. 全封闭式压缩机

压缩机与电机一起水平或垂直装置在一个密闭的、由上下两部分冲压而成的铁壳内，并焊接成一个整体。从外表看，只有压缩机的吸、排气管和充注管接头以及电机的引出线，这种型式的压缩机称为全封闭式压缩机。它比半封闭式压缩机的结构更紧凑、更轻、密封性更好。机组与壳体间设有减振装置，运转平稳，噪声低。它们的另一个特点是壳体好像一个气液分离器，能减少液击事故的发生；电机沉浸在低温制冷剂蒸气中，改善了电机的冷却条件，并提高了功率。

图 1-5 所示为全封闭往复活塞式压缩机结构，电机和压缩机都置于 3~4mm 的薄钢板冲压成形的壳体内，电机定子垂直固定在机体上，转子紧压在曲轴上，曲轴呈垂直安装位置，汽缸为卧式排列，曲轴支承在机体上，曲轴的回转运动通过连杆传给活塞变为往复运动，阀板上的吸气和排气阀片起到控制吸气、排气的作用。

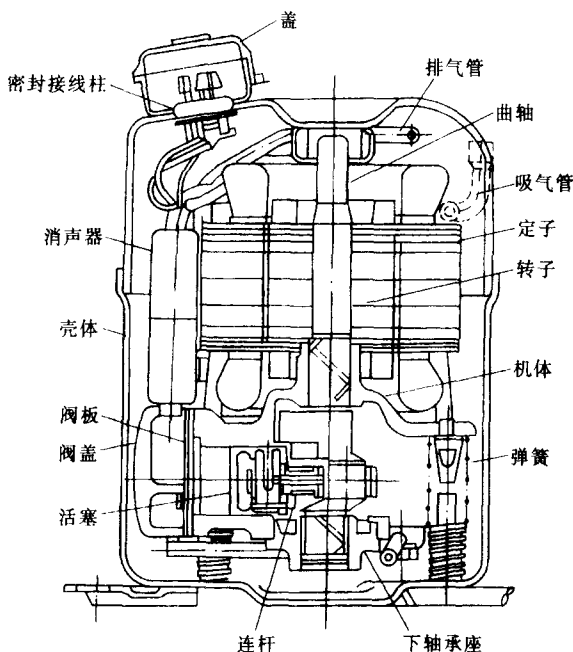


图 1-5 全封闭往复活塞式压缩机结构

这种压缩机一般均采用偏心压力输送润滑油，通过曲轴下端的偏心孔，在离心力的作用下，把润滑油送至各摩擦面。

往复活塞式压缩机主要由机体、曲柄连杆机构、气阀及其他零部件构成。

图 1-6 所示为 V 形两缸压缩机零件分解图，该压缩机是立式，机体为箱式。

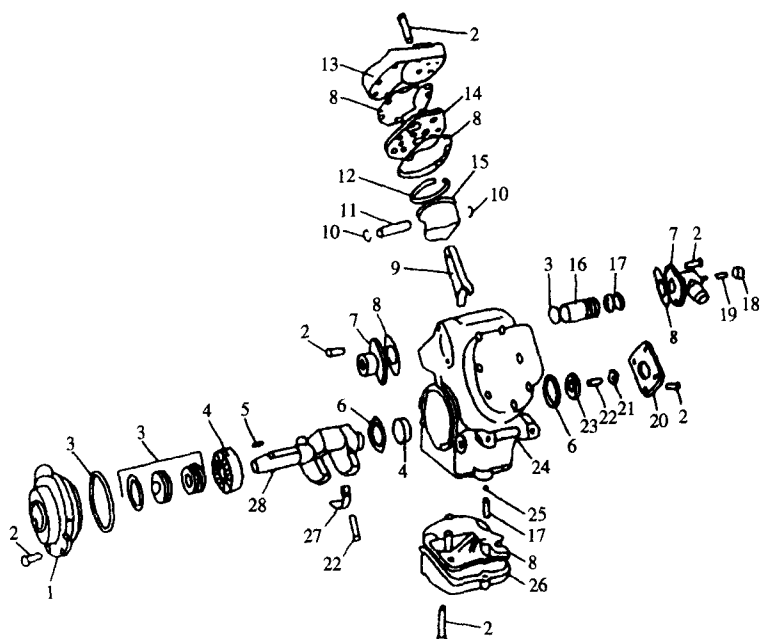


图 1-6 V 形两缸压缩机零件分解图

1—机体；2—螺钉；3—密封件；4—轴承；5—键；6—垫片；7—法兰；8—密封垫片；
9—连杆；10—卡环；11—活塞销；12—活塞环；13—汽缸头；14—阀板；15—活塞；
16—阀门；17—弹簧；18—盖；19—阀芯；20—盖板；21—内转子；22—轴；23—外转
子；24—汽缸体；25—钢珠；26—油盘；27—轴承盖；28—曲轴

1. 机体及其固定件

机体就是压缩机的机身，它是由汽缸体、曲轴箱和缸盖等部件组成。机体的几何形状复杂，加工面多，在工作时承受较大的流体压力和运动部件的惯性力。氟利昂制冷剂的渗透性极强，故必须采用强度高和密封性好的灰铸铁来铸造。

小型压缩机的机体一般都采用把汽缸体和曲轴箱铸成一体的整体结构（称为汽缸体曲轴箱结构）。该结构的优点是整个机体的刚度好，工作时变形小，因此，压缩机的磨损和耗功有所减少；其次，机体的配合面少，可以改善压缩机的密封性。

大中型压缩机的汽缸工作镜面不是直接和机体铸造一起的，而是另配有可单独装卸的汽缸套，这样做主要有以下优点：

(1) 汽缸套耗材少，可以采用优质材料或表面镀铬，来提高汽缸镜面的耐磨性。

(2) 如汽缸镜面磨损到超过允许范围，只要更换汽缸套，既可节省修理费用，又简单省时。

(3) 可以简化汽缸体曲轴箱的结构，便于铸造。

如图 1-7 所示，汽缸体上有 8 个安装汽缸套的孔座。吸气腔就是汽缸体的内

腔,当吸入蒸气通过吸气腔时可冷却汽缸套,散热条件好。排气腔在汽缸体上,吸、排气腔之间有隔板分开。汽缸体下部是曲轴箱,两侧有手孔。机体前后端开有两个轴承座孔,用以安装前后盖。

制冷压缩机的汽缸盖是起着对汽缸上部进行密封的作用,它和机体、假盖一起形成了高压蒸气的排气腔。

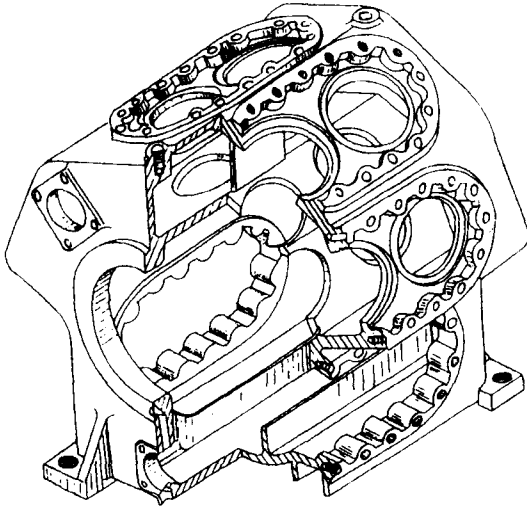


图 1-7 往复式活塞式压缩机的机体

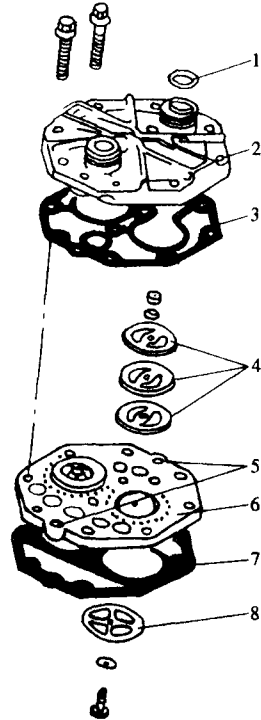


图 1-8 阀板分解图

1—备用阀门垫片；2—汽缸盖；3—汽缸盖垫片；4—排气阀；5—阀板耳；6—阀板；7—汽缸垫；8—吸气阀

氟利昂蒸气的渗透性很强,因此,在压缩机的各种盖板密封面处都要用密封垫片来密封。垫片的材料有石棉橡胶板、纯铜板等。目前多采用厚度为 1mm 左右的石棉橡胶板。垫在汽缸面上的垫片,一般为 0.5mm,以缩小余隙容积。

2. 气阀

气阀是往复式活塞式压缩机中依次进行压缩、排气、膨胀、吸气四个过程的控制部件。它是活塞式压缩机中最易损坏的部件。气阀性能的好坏,直接影响压缩机的排气量、功率消耗、启动性能和运转可靠性。

如图 1-8 所示,在汽缸和汽缸盖之间装有阀板,阀板上布置有吸气阀和排气阀,汽缸盖和汽缸垫将吸气、排气腔隔开。吸气阀片控制着吸气孔,而排气阀片控制着排气孔。汽缸盖上设置有两个备用阀,一个供加灌制冷剂用,另一个留作备用排气阀门。这两个备用阀门平时用阀门盖密封好,以防水分和杂物进入压缩机内。

气阀的作用如同“活门”。当活塞向下运动时，汽缸腔内压力降低，达到低于吸气侧外压力时，外压力可克服吸气阀门的弹簧力而使吸气阀片打开，气体进入汽缸。而排气阀片则被弹簧力所关闭。当活塞向上运动时，汽缸腔内压力逐渐升高，至超过排气腔外界压力时，克服了排气阀片的弹簧力而使排气阀片打开，气体从汽缸中排出，这时，吸气阀片被关闭。如此不断工作，从蒸发器来的制冷剂蒸气不断被吸入，而被压缩成高压的制冷剂气体不断地被排入冷凝器。活塞每上下运动一次，气阀各启闭一次。如果转速为 1440r/min ，则气阀在每秒钟内启闭达 24 次。阀片材料必须坚韧而又耐磨。

气阀有多种形式，主要随所用阀片的构造而异。下面介绍几种常见的气阀形式。

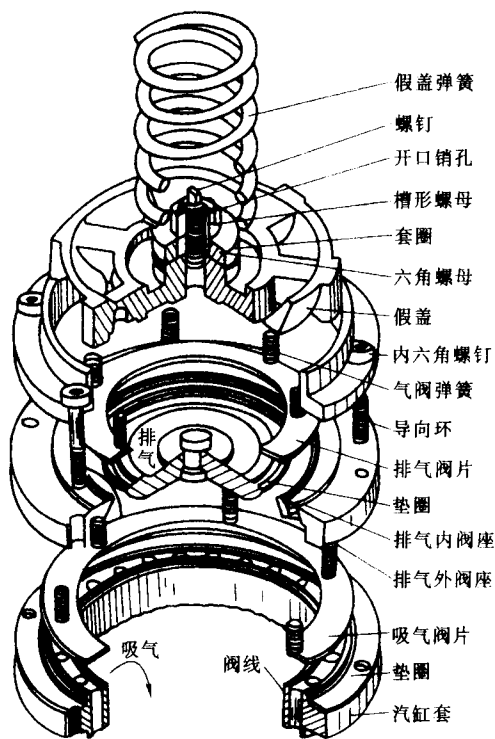


图 1-9 环状阀总成图

环状阀结构紧凑，工作较可靠，便于采用顶开吸气阀的办法来进行压缩机排量调节。但其阀片质量大，工作时冲击性强，因而只适用于 1500r/min 以下的压

(1) 环状阀。环状阀是目前应用最广泛的一种气阀，我国中小型压缩机系列中，凡是缸径在 70mm 以上的都采用此阀。如图 1-9 所示，环状阀的吸气阀片是在汽缸套的凸缘上，形成两圈凸出宽度为 1.5mm 的密封面，又称阀线。环状阀片在气阀关闭时就落在这两圈阀线上。阀线之间构成一环形凹槽，槽中有 30 个均匀分布的吸气孔与吸气腔相连通。吸气阀片上有 6 个气阀弹簧，排气外阀座的下端面就是吸气阀片的行程限制器。

排气阀的阀座分内、外阀座两部分，外阀座用螺钉与汽缸套一起紧固在机体上，而内阀座则用螺钉和槽形螺母与假盖固定在一起。排气阀也采用环状阀，它的两圈密封阀线分别做在内、外阀座上，一面一圈。排气阀片上也压有六个气阀弹簧，它的行程限制器就是假盖。在正常运转时，假盖和排气内阀座一起是靠强有力的假盖弹簧紧紧地压在排气外阀座上，只有在发生液击现象时，假盖才会被抬起，让液体及时排出，防止液击事故的发生。排气阀的环形通道与活塞顶的形状相吻合，当活塞到达上止点位置时，盆形活塞顶伸入到环形通道内，使汽缸具有较小的余隙容积。

环状阀结构简单紧凑，工作较可靠，便于采用顶开吸气阀的办法来进行压缩机排量调节。但其阀片质量大，工作时冲击性强，因而只适用于 1500r/min 以下的压

缩机中。

(2) 盘状阀。2F4.8 和 2F6.3 型压缩机常用这种气阀形式。如图 1-10 所示，

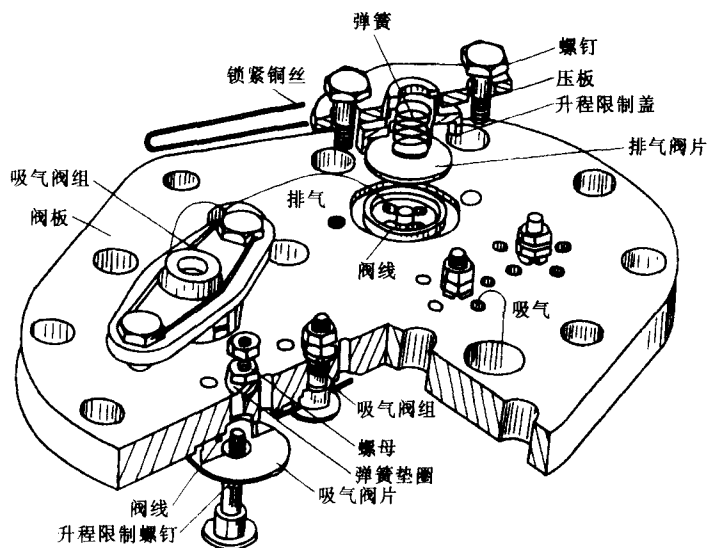


图 1-10 盘状阀总成

阀板的上部为排气阀，下面为吸气阀。吸气阀片没有弹簧，排气阀片则有一弹簧压住。这种阀板结构简单，加工方便。但它的通道截面小，工作时冲击力大，容易磨损，适用于转速较低的压缩机。

(3) 簧片阀。簧片阀的阀片像弹簧片一样，用弹性的薄钢片制成，阀片厚度约为 0.2mm。如图 1-11 所示，阀片的一端固定在阀板上，另一端是自由状态。工作时，它像口琴中的簧片那样上下跳动。吸气阀片为舌形，它的一边是靠销钉定位而紧夹在阀板和汽缸体之间，另一边是自由端，它的舌尖部分是插在汽缸一面的相应凹槽中，凹槽的高度限制了簧舌的升程，是吸气阀的升程限制器，如图 1-12 所示。排气阀片呈弓形，它的升程限制器是向上翘曲的，其弯曲度和阀片开足时的弯曲形状相一致。

簧片阀阀片形状随阀板上气流通道的

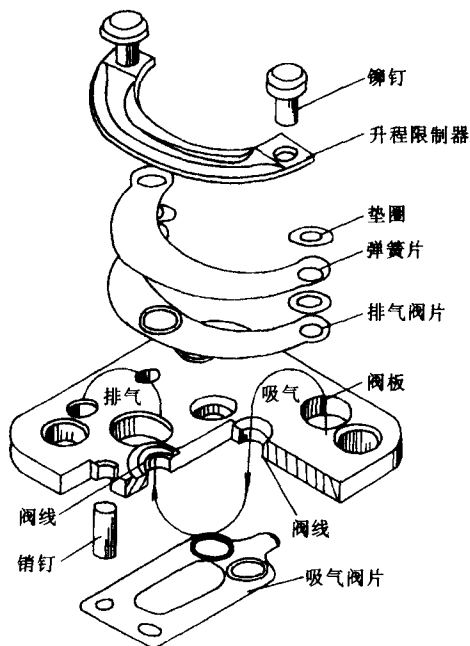


图 1-11 簧片阀的总成

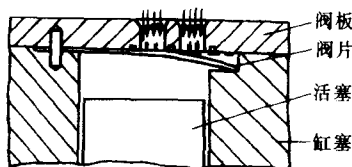


图 1-12 簧片阀的工作示意图

机都采用这种阀片结构。

3. 活塞、连杆、曲轴

它们是往复式压缩机中将曲轴的旋转运动转变为直线往复运动的主要运动部件。压缩机的输入功率大部分消耗于活塞对蒸气压缩的做功上，小部分消耗在各种机械摩擦以及辅助装置的驱动上，如润滑油压泵。

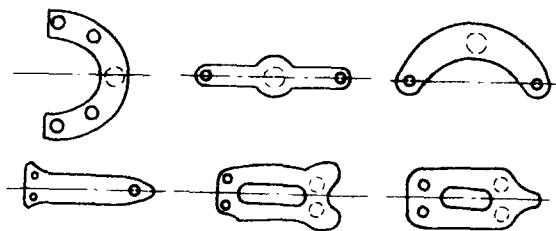


图 1-13 常见的几种阀片形状

(1) 活塞。它是压缩机的主要部件之一，小型压缩机的活塞结构都是圆筒形式，图 1-14 所示为活塞结构。整个活塞由顶部、环部、裙部和销座等四部分组成。顶部承受蒸气压力。环部开有环槽，其中放置气环和油环。活塞上有两道气环，借以造成汽缸壁与活塞之间的密封，避免汽缸内的高压气体漏入低压的曲轴箱内，另有一道刮油环，当活塞下行时，被刮下的润滑油经活塞里面流到曲轴箱内。高转速的全封闭压缩机的活塞上一般不装活塞环，它用缩小汽缸和活塞间的配合间隙的办法来减少蒸气泄漏量，以利于小缸径活塞的加工和装配的方便。裙部在汽缸中起导向作用并承受侧压力。销座安装活塞销，并通过它与连杆小头相连接。

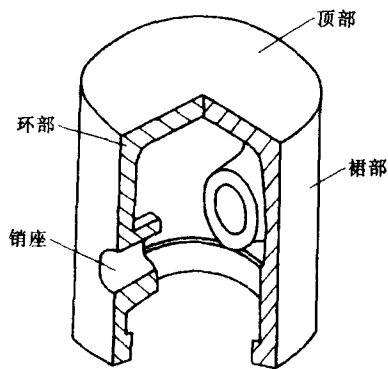


图 1-14 活塞结构

销座安装活塞销，并通过它与连杆小头相连接。

小缸径活塞顶是平的，在一些较大缸径的活塞顶部开有两个圆形凹坑，如图 1-15 所示。这是为了避免活塞在上止点位置与阀板上的吸气阀相碰而设置的，它可以保持尽量小的余隙容积。在安装这种活塞时，应注意两圆坑应朝向吸气阀侧，切勿弄错。