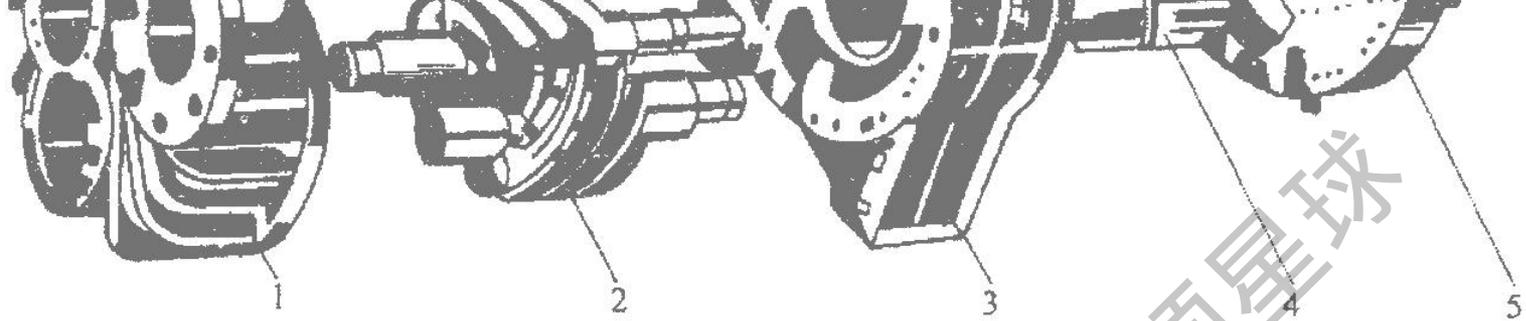


1



阳转子

图 3-1 开启螺杆式压缩机的结构

阴转子

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

日立螺杆式压缩机

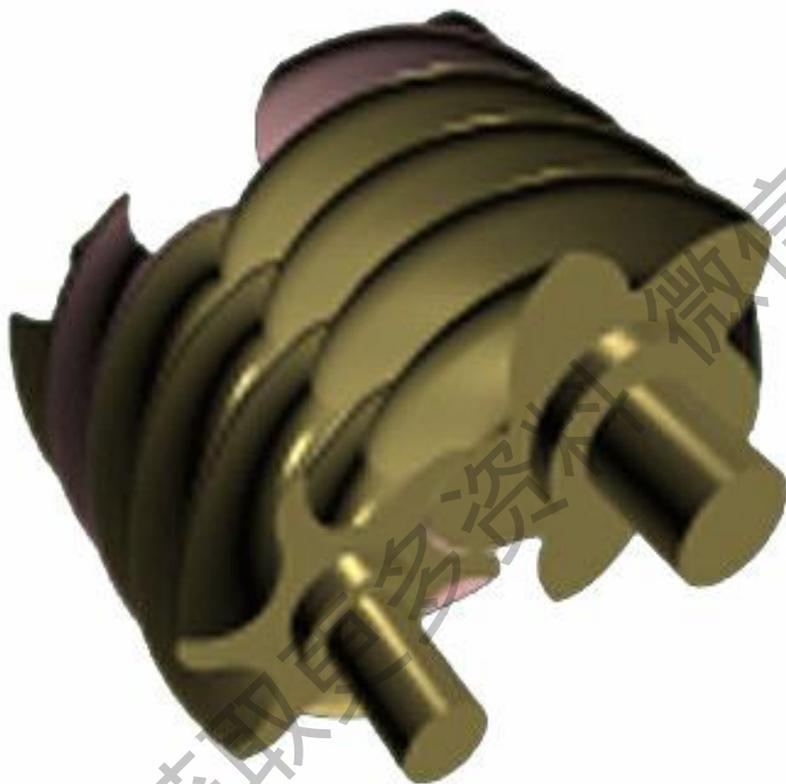
HITACHI Screw Compressor

R-22, R-134a, and R-407C refrigerants



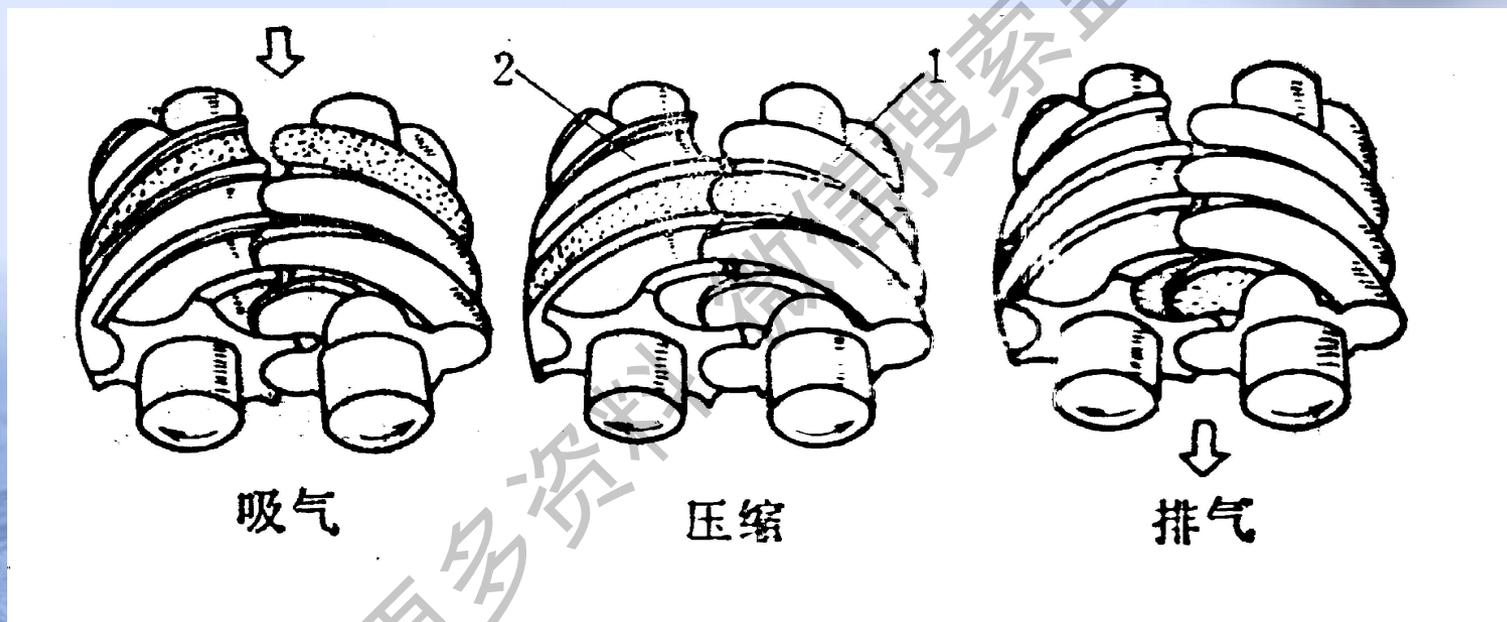
Announcing the
introduction of the
HITACHI
100HP Horizontal
Screw Compressor

■ 螺杆式压缩机的工作原理



依靠啮合运动着的一对阴阳转子，借助它们的齿、齿槽与机壳内壁所构成的呈“V”字形的一对齿间容积呈周期性大小变化，来完成制冷剂气体吸入—压缩—排出的工作过程。

■ 螺杆压缩机的工作过程



■ 1.2 螺杆压缩机的特点

- 1) 工作于中型制冷量范围内，易损件少，有利于实现操作自动化，可靠性和效率较高；
- 2) 加工精度高，价格较高，噪声大；
- 3) 部分负荷的效率较高，无活塞式的液击和离心式的喘振现象；
- 4) 采用喷油方式，需要喷入大量油而必须配置相应的辅助设备。

2.1 主要零部件

1) 机壳

一般为剖分式，它由机体（气缸体）、吸气端座、排气端座及两端端盖组成，材料通常采用灰铸铁。

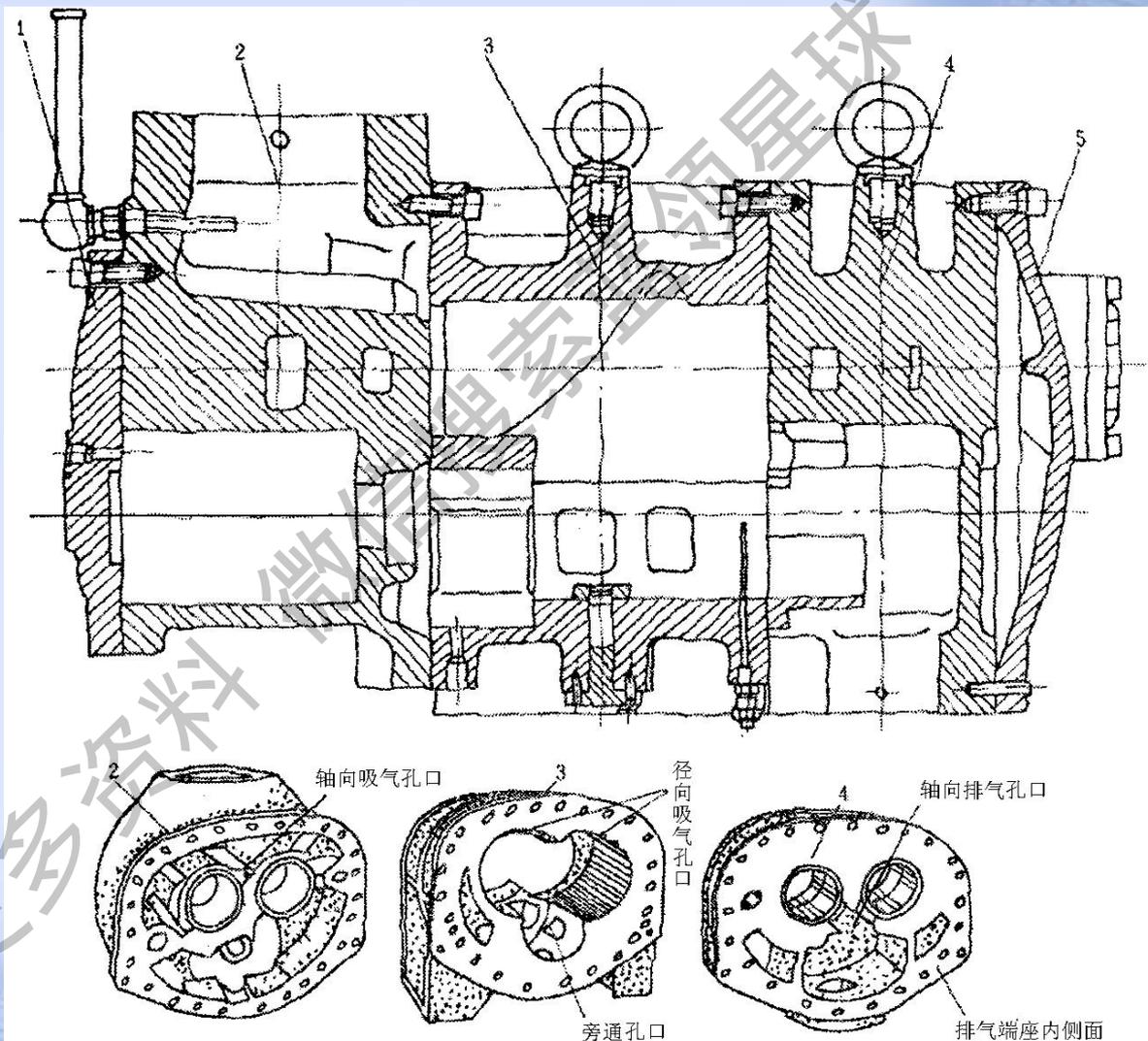
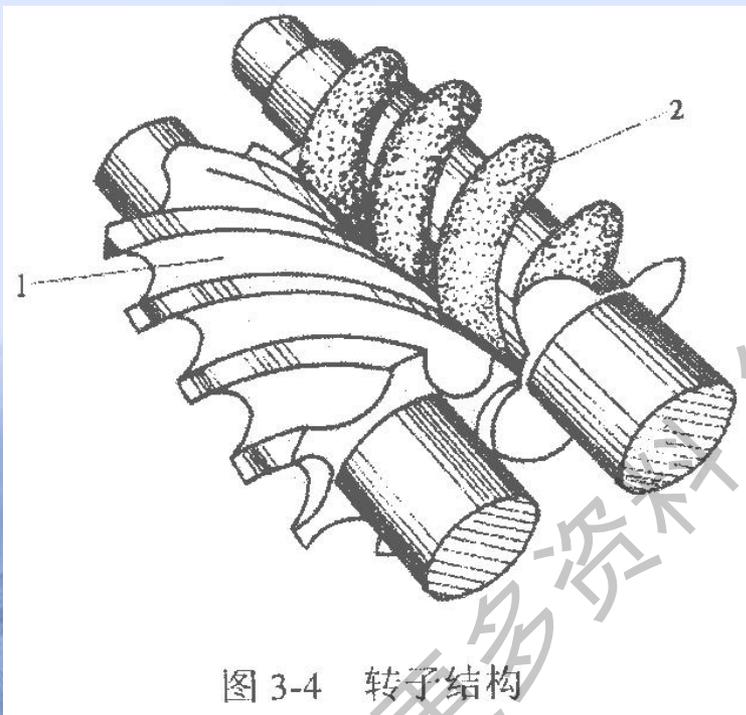


图 3-3 机壳部件图

2) 转子

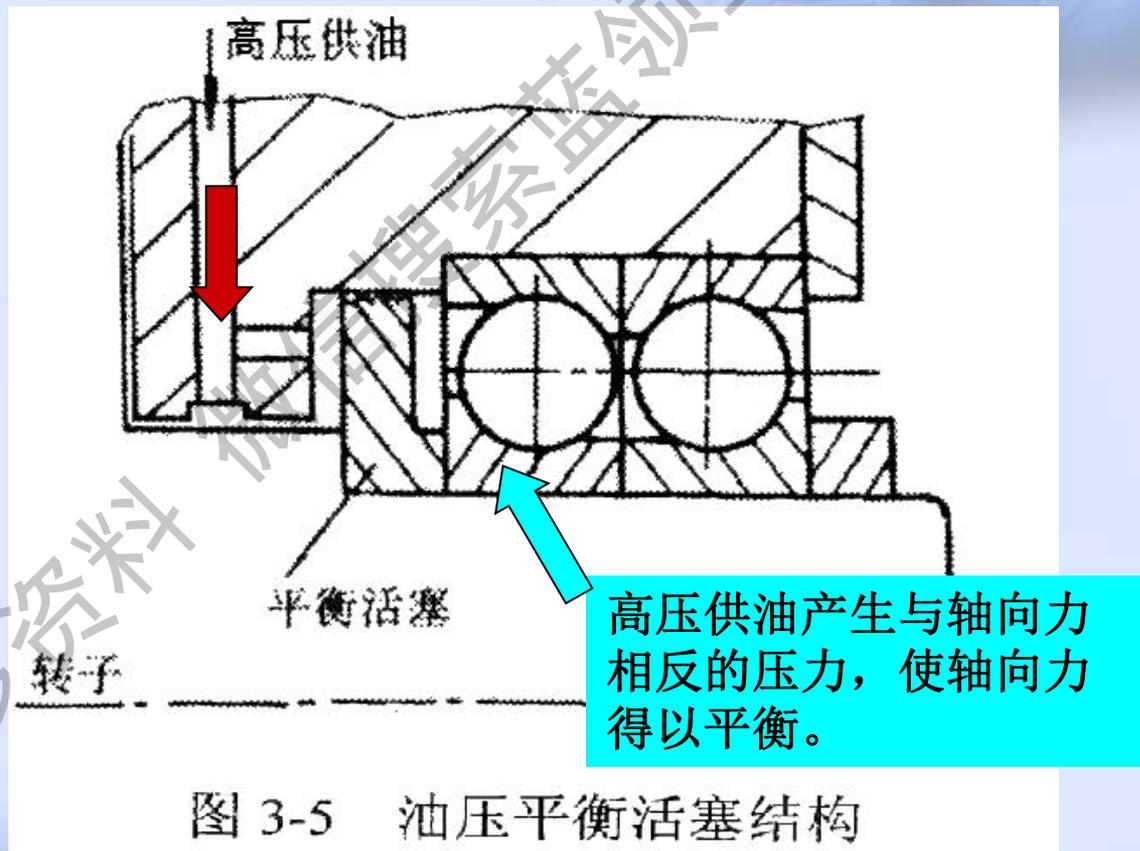


转子是螺杆式制冷压缩机的主要部件，常采用整体式结构，将螺杆与轴做成一体。

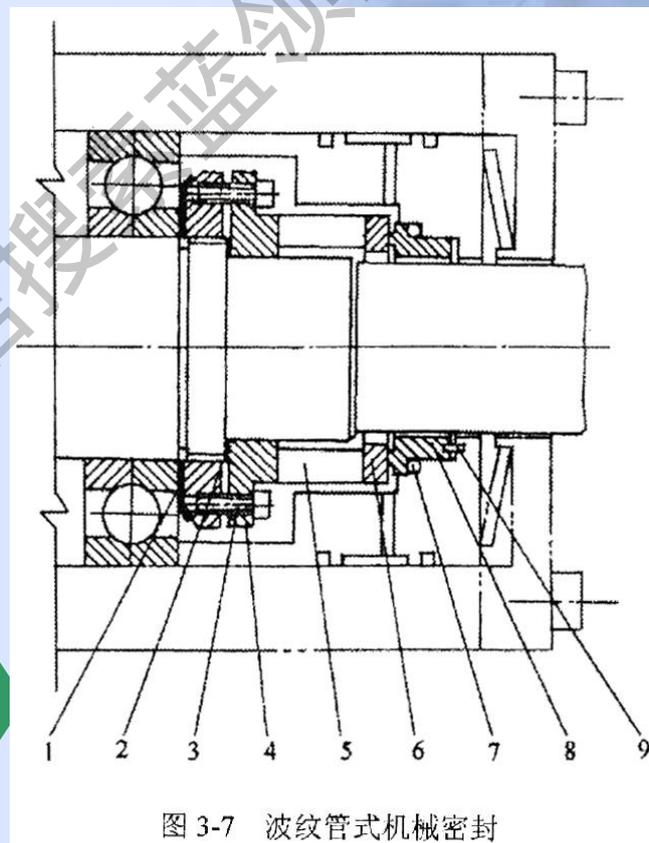
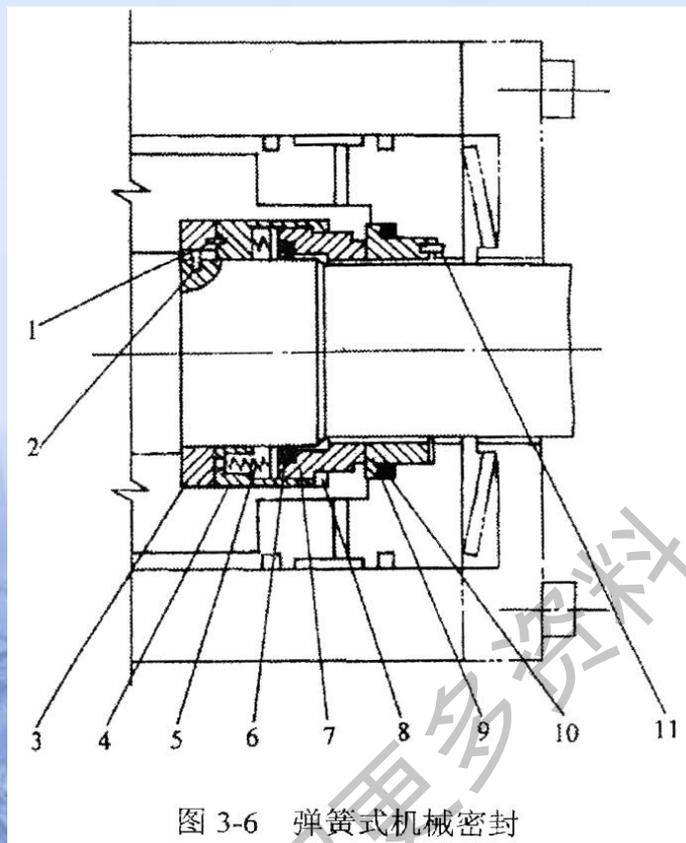
转子的毛坯常为锻件，一般多采用中碳钢，有特殊要求时也有用40Cr等合金材料。

3) 轴承与油压平衡活塞

螺杆式制冷压缩机属高速重载。为了保证阴、阳转子的精确定位及平衡轴向力和径向力，必须选用高精度、高速、重载的轴承和相应的平衡机构，确保转子可靠运行。

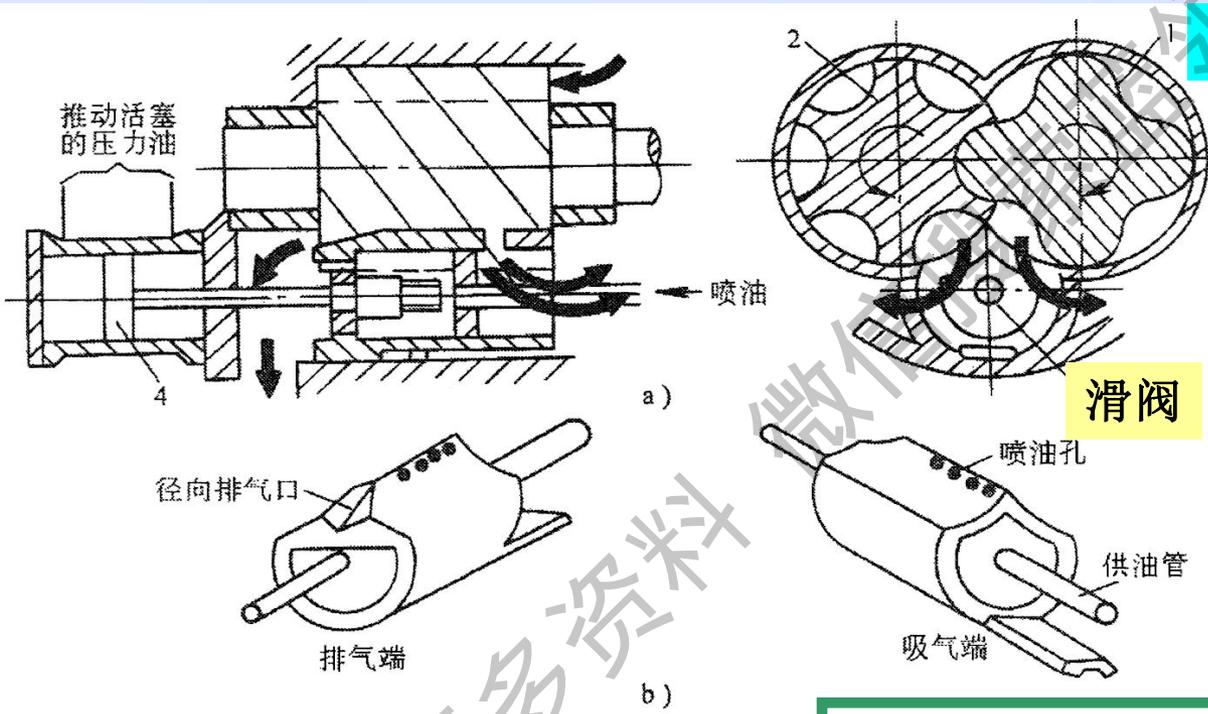


4) 轴封



轴封处应供以高于压缩机内部压力的润滑油，以保证在密封面上形成稳定的油膜。

5) 输气量调节滑阀与喷油结构



调节原理

通过改变转子的有效工作长度，来达到输气量调节的目的。

滑阀

喷油：
吸收气体压缩过程中产生的热量，降低排气温度，还可以起密封和润滑作用。

图 3-8 滑阀调节装置

2.2 基本参数

1) 转子的齿形

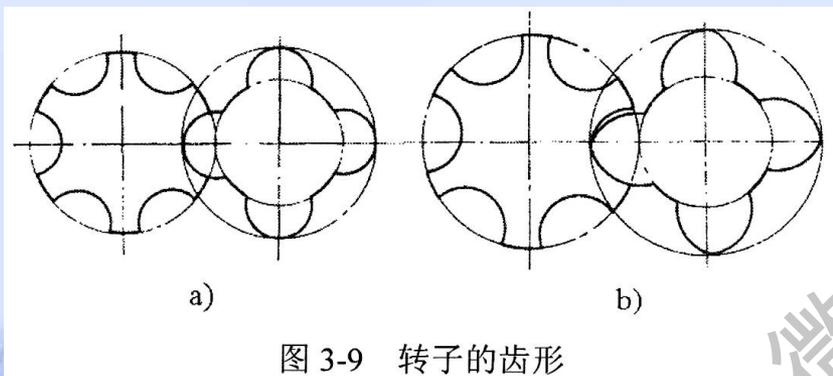


图 3-9 转子的齿形

齿形的基本要求:

- ①较好的气密性
- ②接触线长度尽量短
- ③较大的面积利用系数

①气体沿转子外圆与机体内壁间的A方向泄漏 ②气体沿转子端面与端盖间的B方向泄漏 ③气体沿转子接触线的C方向泄漏

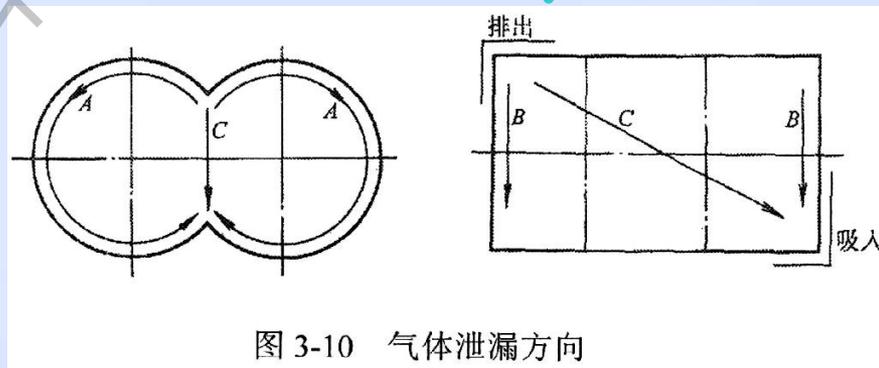
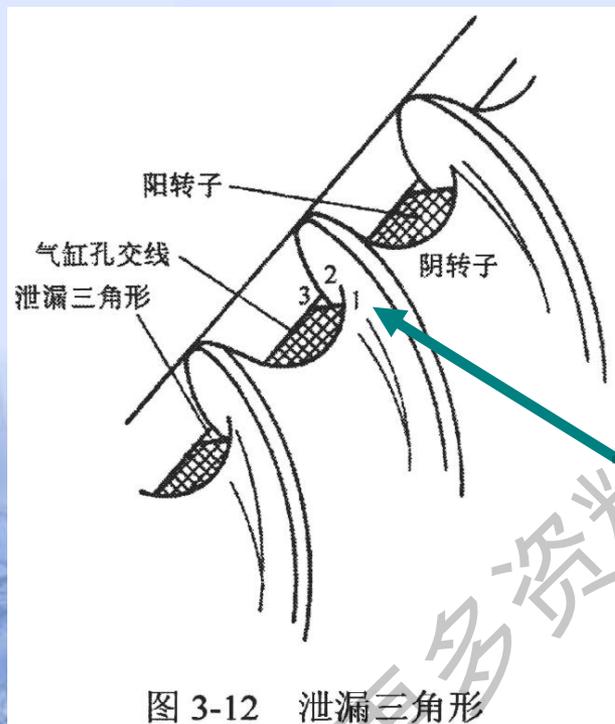


图 3-10 气体泄漏方向

泄漏三角形



形成:

高压基元容积内气体向较低压力基元容积泄漏，其泄漏面形状接近空间曲边三角形，称为泄漏三角形，又称轴向泄漏。

转子的齿形应具有较小的泄漏三角形，理论上越小越好。

2) 几种典型齿形

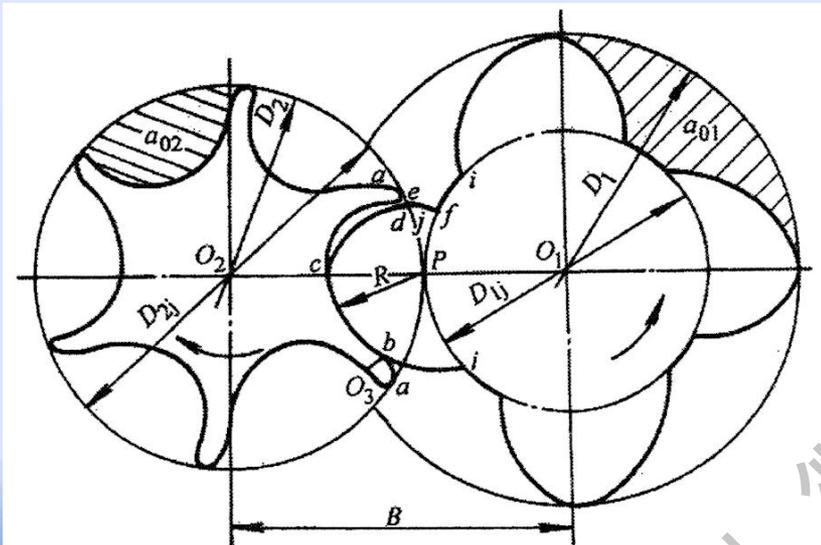


图 3-13 X 齿形

瑞典Atlas copco公司

德国Kaeser压缩机公司

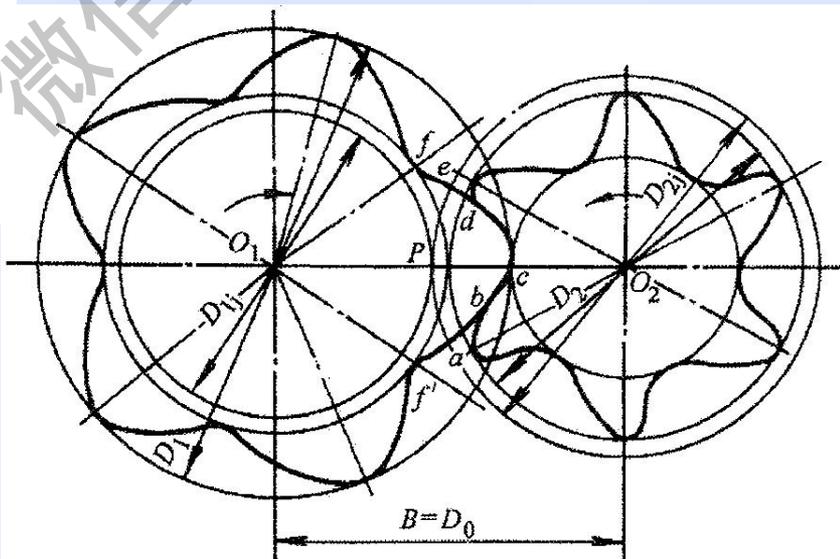


图 3-14 Sigma 齿形

德国GHH公司

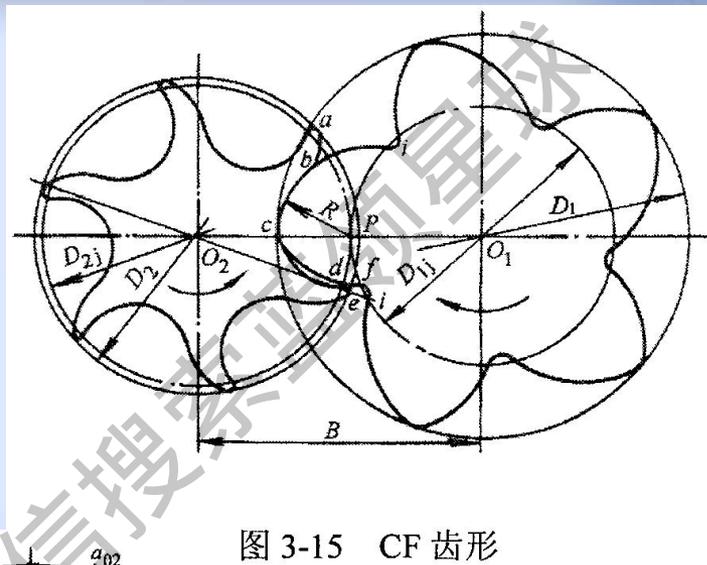


图 3-15 CF 齿形

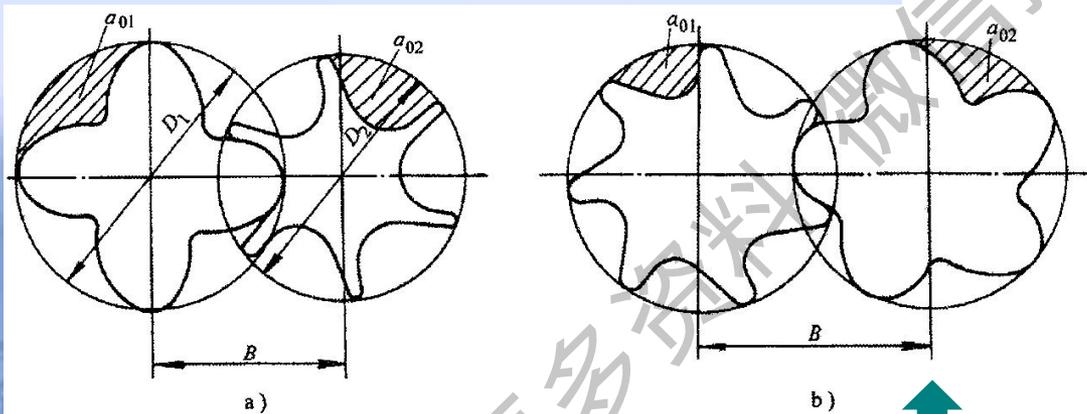


图 3-16 两种新形齿形

日本神户的β齿形

瑞典斯达尔 (Stals) 齿形

3) 圆周速度和转速

喷油螺杆式压缩机最佳圆周速度选择在25~35m/s左右

喷油螺杆式压缩机若采用不对称齿形时，主动转子转速范围为730~4400r/min，小直径的转子可以选用较高的转速。

4) 公称直径、长径比 λ

确定螺杆直径系列化的原则是：在最佳圆周速度的范围内，以尽可能少的螺杆直径规格来满足尽可能广泛的输气量范围。

一般 λ 值在1~1.5之间，我国产品有两种长径比，即 $\lambda=1.0$ 和 $\lambda=1.5$

3.1 输气量的计算

理论输气量

$$q_{vt} = 60(z_1 n_1 V_1 + z_2 n_2 V_2) C_\phi \quad (3-1)$$

$$q_{vt} = 60 C_n C_\phi n_1 L D_0^2 \quad (3-5)$$

实际输气量

$$q_{va} = \eta_V q_{vt} \quad m^3/h \quad (3-6)$$

η_V —— 输气系数

■ 3.2 影响输气系数的主要因素

- 1) 泄漏
- 2) 吸气压力损失
- 3) 预热损失

上述三种损失的大小，与压缩机的尺寸、结构、转速、制冷工质的种类、气缸喷油量和油温，机体加工制造的精度、磨损程度及运行工况等因素有关。

3.3 输气量调节

1) 滑阀调节

滑阀的位置离固定端越远，回流孔长度越大，输气量就越小，当滑阀的背部接近排气孔口时，转子的有效长度接近于零，便能起到卸载启动的目的。

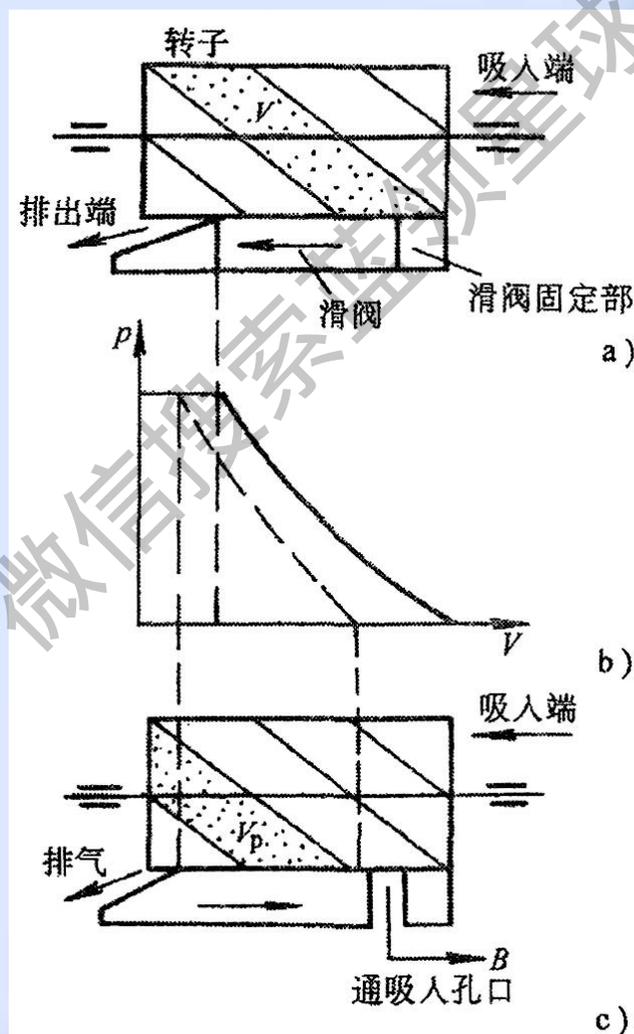
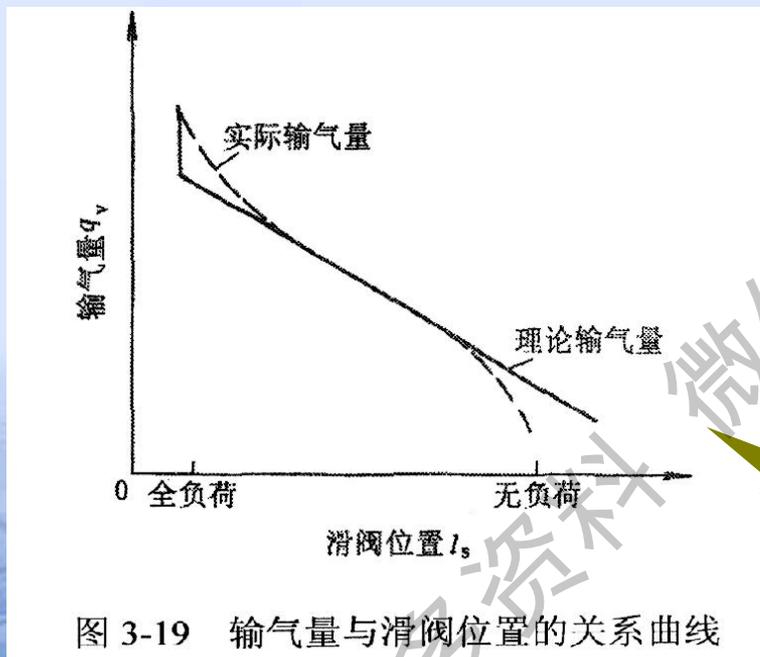


图 3-18 滑阀位置与负荷关系

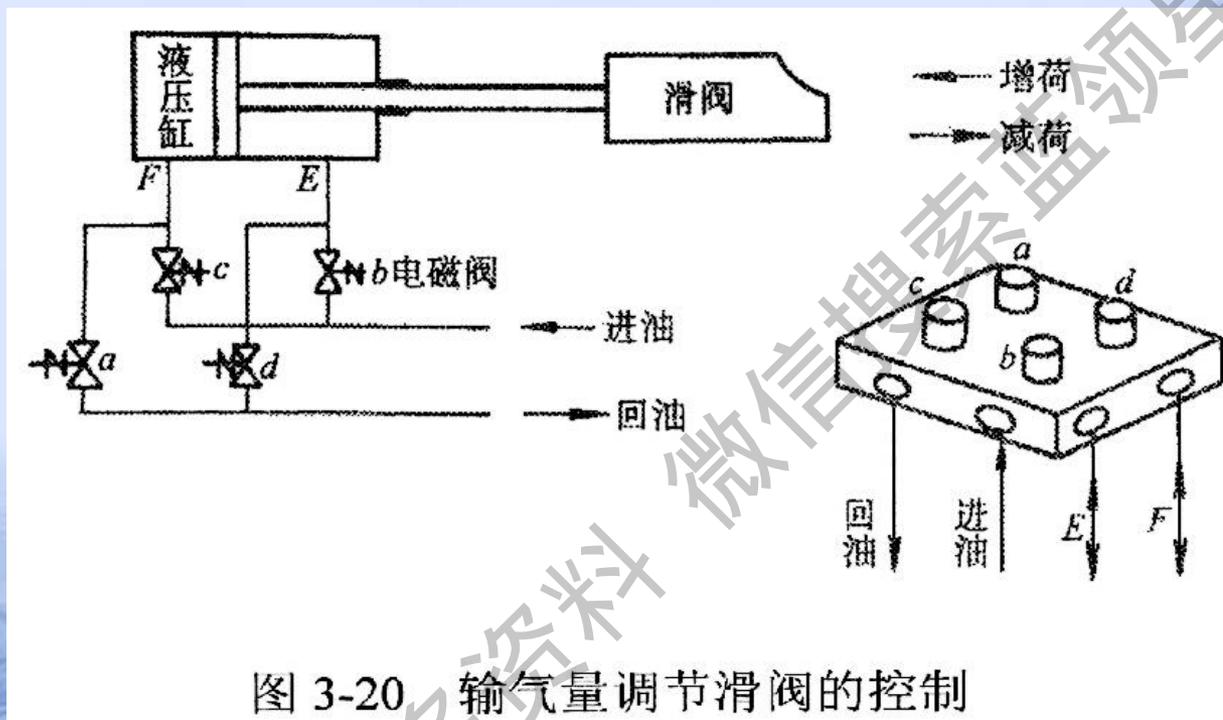
输气量和滑阀位置的关系曲线



螺杆式制冷压缩机的输气量调节范围一般为10%~100%内的无级调节。

调节过程中，功率与输气量在50%以上负荷运行时几乎是成正比例关系，但在50%以下时，性能系数则相应会大幅度下降，显得经济性较差。

滑阀调节机构的组成



滑阀轴向移动的动作是根据吸气压力和温度，通过液压传动机构来完成。

2) 塞柱阀调节

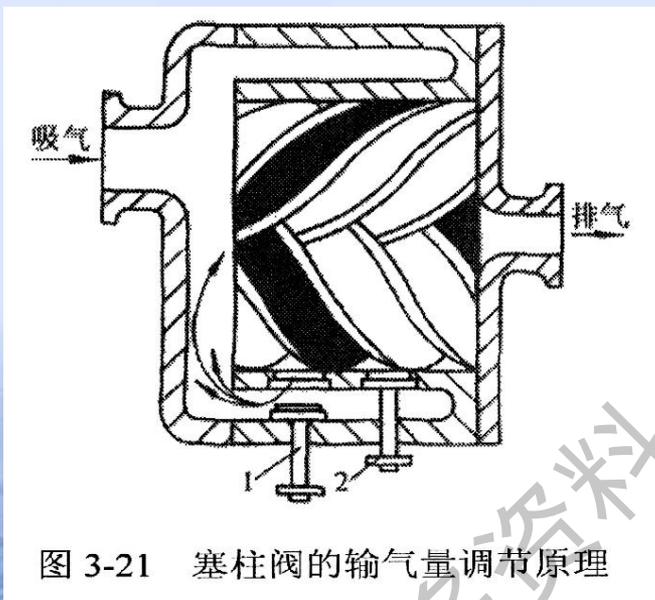


图 3-21 塞柱阀的输气量调节原理

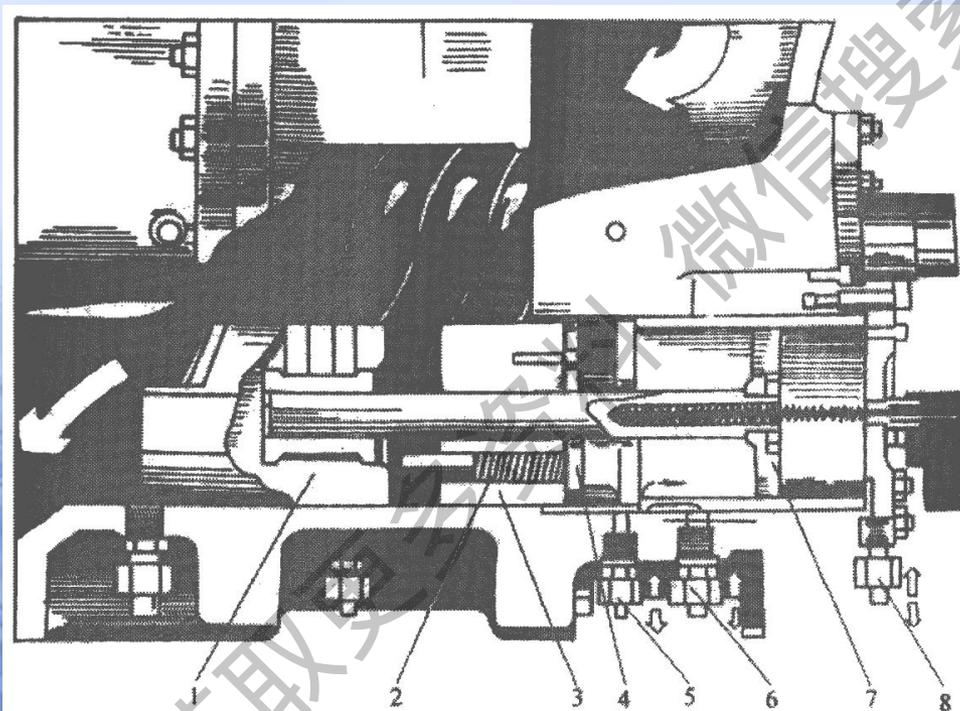
当需要减少输气量时，将塞柱阀1打开，基元容积内一部分制冷剂气体就回流到吸气口。当需要输气量继续减少时，则再将塞柱阀2打开。

适用于小型、紧凑型螺杆压缩机

■ 3.4 内容积比调节

调节原因：

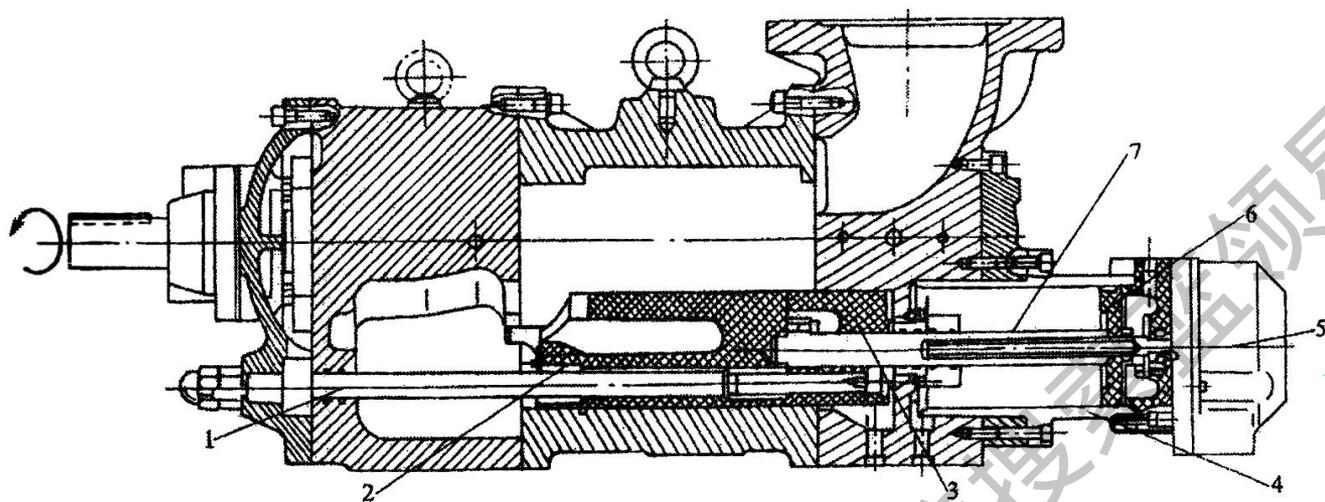
为了减少额外功耗，需进行内容积比调节，使压缩终了的压力等于排气腔内的压力以适应螺杆式制冷压缩机在不同工况下的高效运行。



几种内容积比调节机构

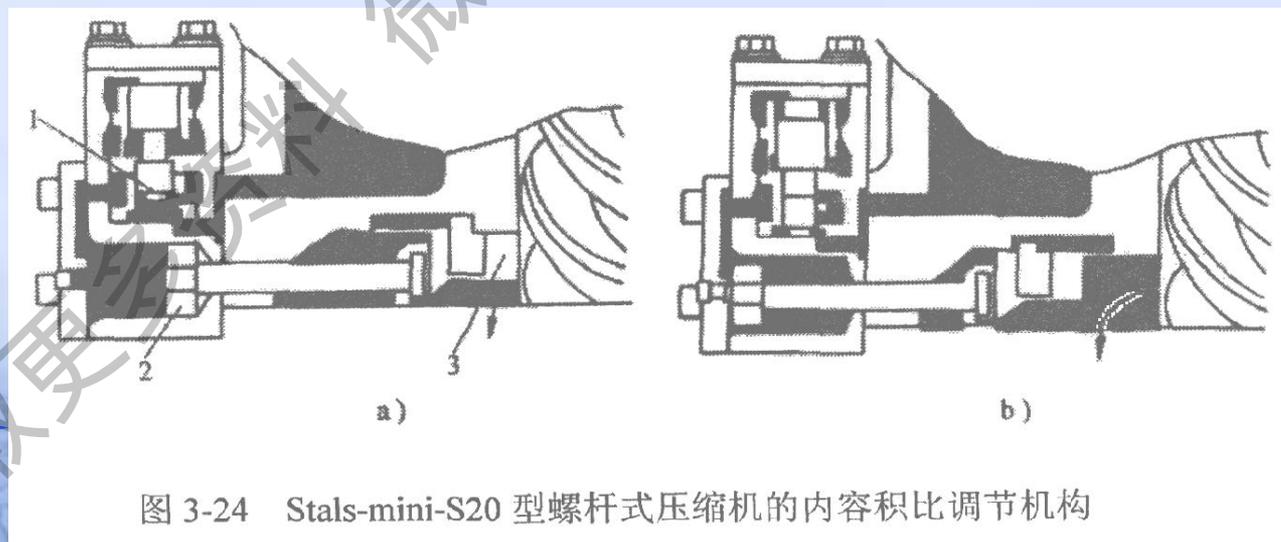
①德国寇尔托马塔
(Kiihlautomat) 公司

图 3-22 寇尔托马塔公司滑阀无级内容积比调节机构



②日立制作
所MYCOM
中V系列机器

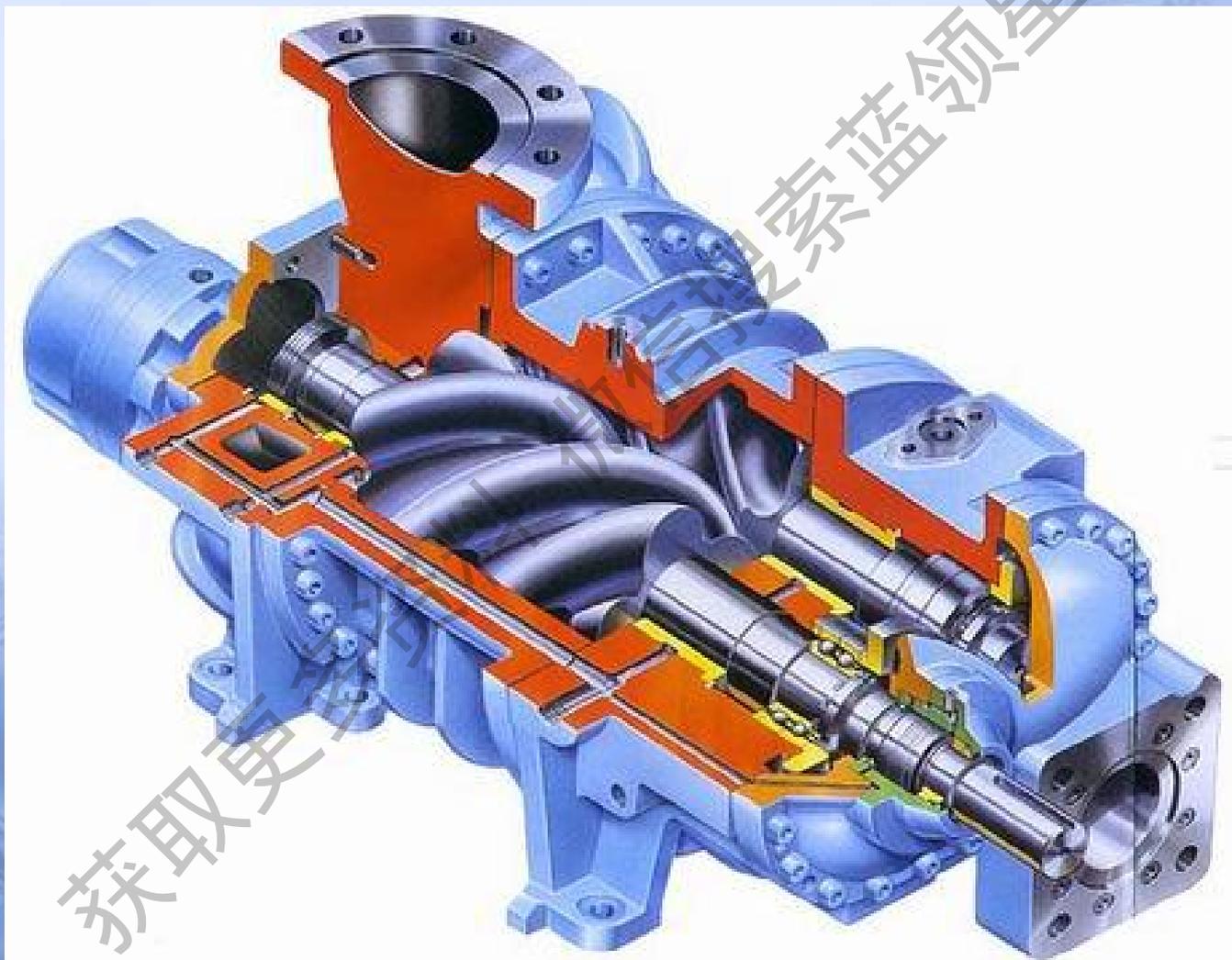
图 3-23 日立螺杆式压缩机无级内容积比调节机构



③瑞典Stals-
mini-S20型

图 3-24 Stals-mini-S20 型螺杆式压缩机的内容积比调节机构

■ 4.1 开启螺杆式压缩机的结构



开启式单机双级螺杆压缩机

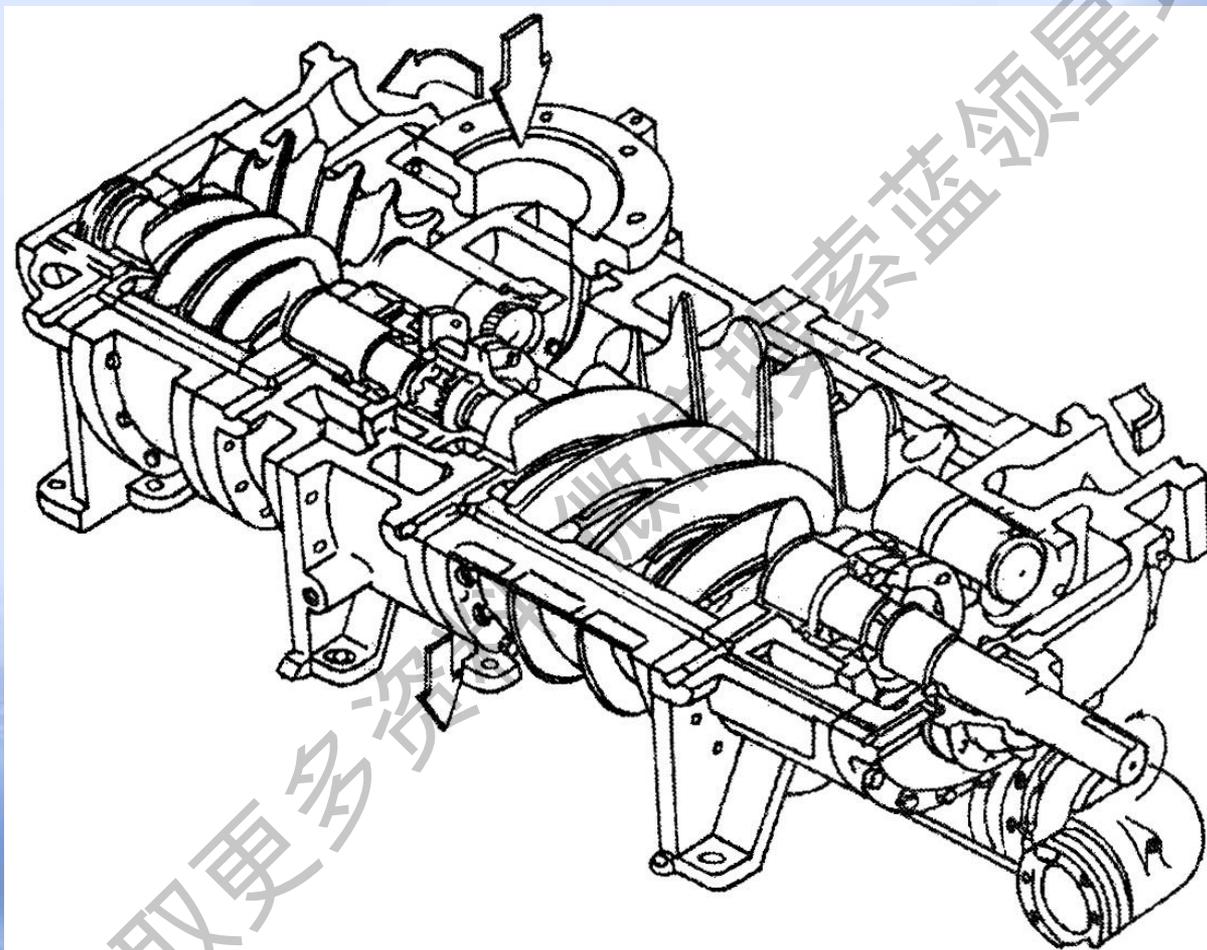


图 3-26 单机双级螺杆式压缩机的结构

开启式压缩机的优点

- (1) 压缩机与电动机相分离，使压缩机的适用范围更广。
- (2) 同一台压缩机，可以适应不同制冷剂，除了采用卤代烃制冷剂外，通过更改部分零件的材质，还可采用氨作制冷剂。
- (3) 可根据不同的制冷剂和工况条件，配用不同容量的电动机。

发展趋势和研究成果

- (1) 普遍采用内容积比调节机构；
- (2) 采用单机双级压缩；
- (3) 开启螺杆式压缩机的小型化。

■ 4.2 半封闭螺杆式压缩机

特点:

- (1) 压缩机的阴阳转子都采用6:5或7:5齿数
- (2) 油分离器与主机做成一体
- (3) 内置电动机靠制冷剂气体冷却
- (4) 压差供油
- (5) 无油冷却系统

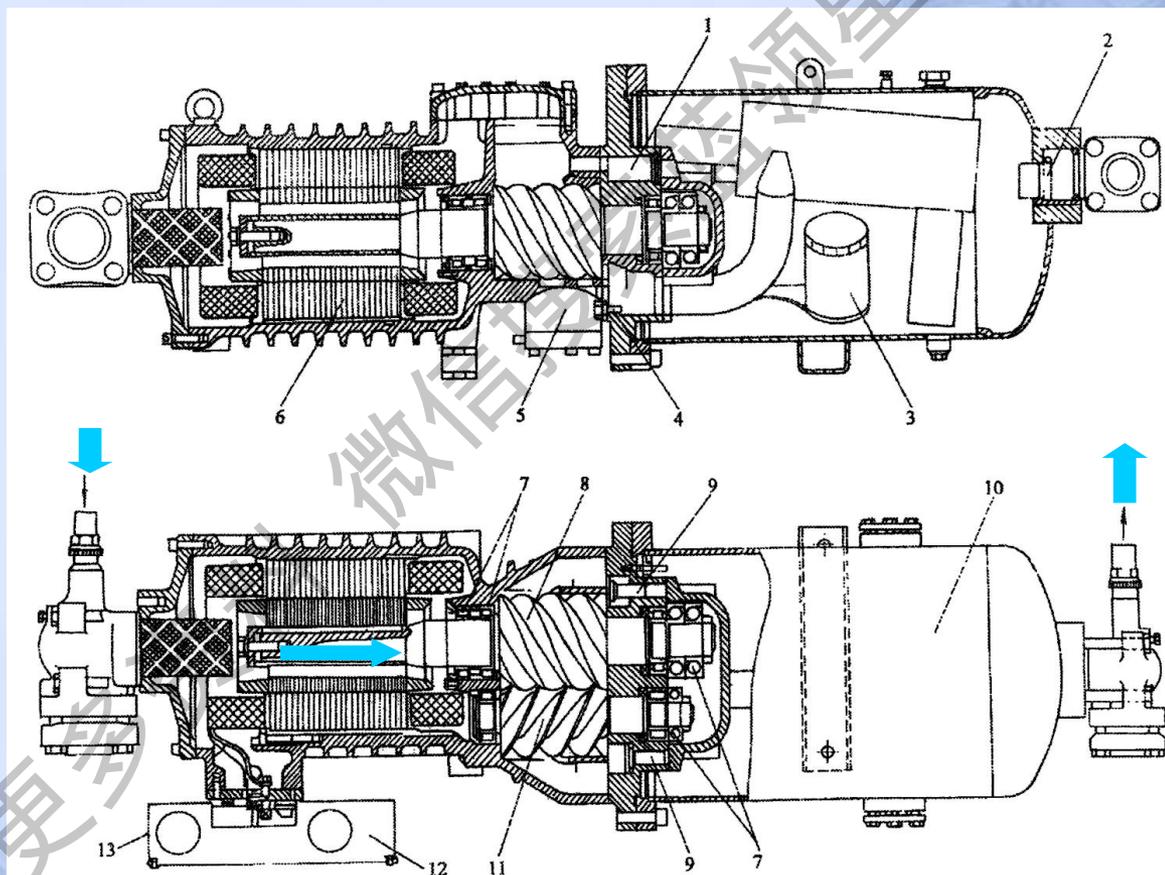
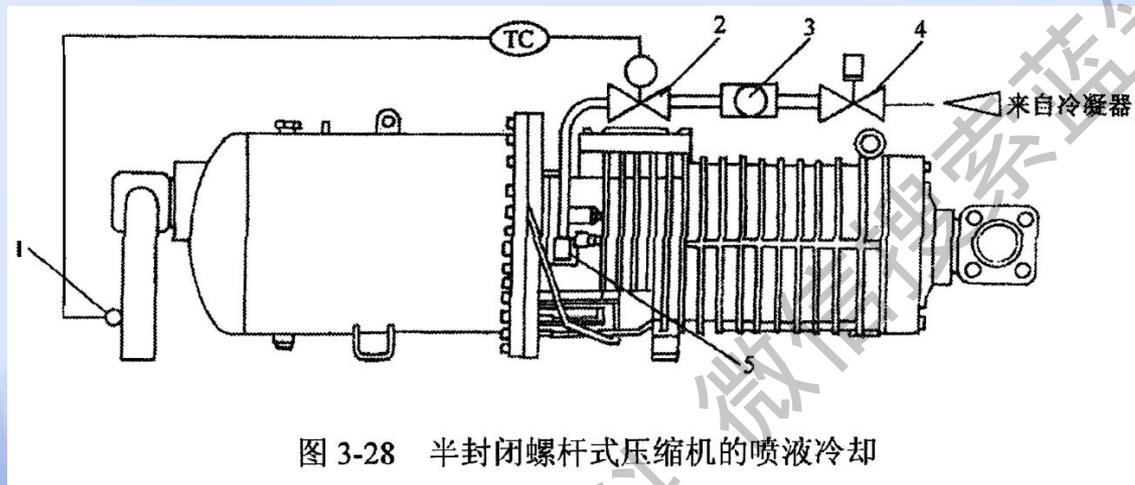


图 3-27 比泽尔 (Bitzer) 公司 HSKC 型半封闭螺杆式制冷压缩机结构图

喷射液体制冷剂以降低排气温度



- 1—排气温度传感器
- 2—温控喷液阀
- 3—视镜
- 4—电磁阀
- 5—喷油入口

采用原因：

当风冷及热泵机组使用工况较恶劣，在高的冷凝压力和低的蒸发压力时，排气和润滑油温度或内置电动机温度会过高，造成保护装置动作，压缩机停机，为了保证压缩机能在工作界限范围内运行，可采用喷射液体制冷剂进行冷却降温。

带输气量调节的压缩机

采用移动滑阀旁通吸入气体的方法进行输气量无级或有级调节。

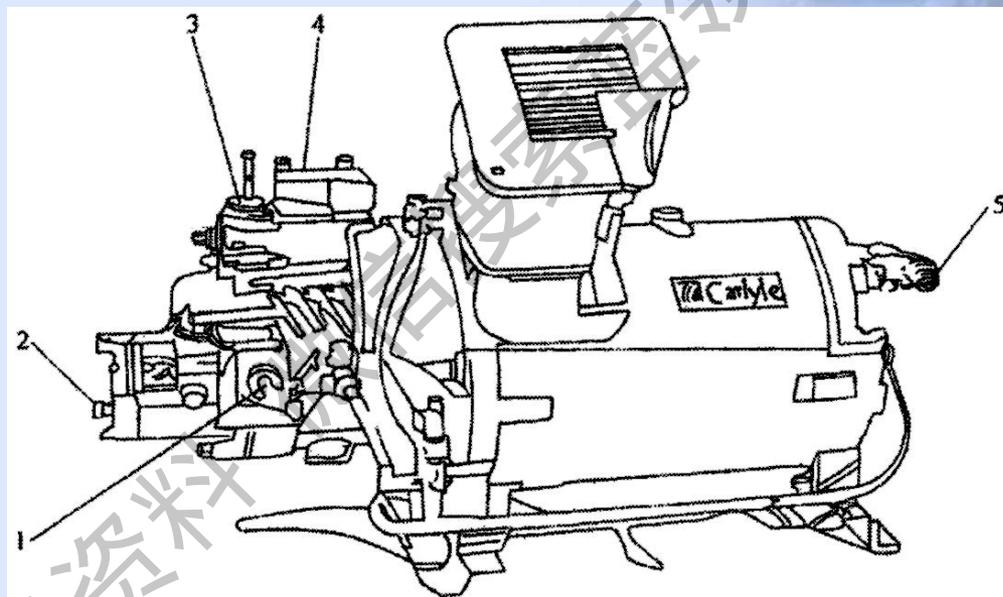


图 3-29 开利 06T 型半封闭式螺杆压缩机结构图

4.3 全封闭螺杆式压缩机

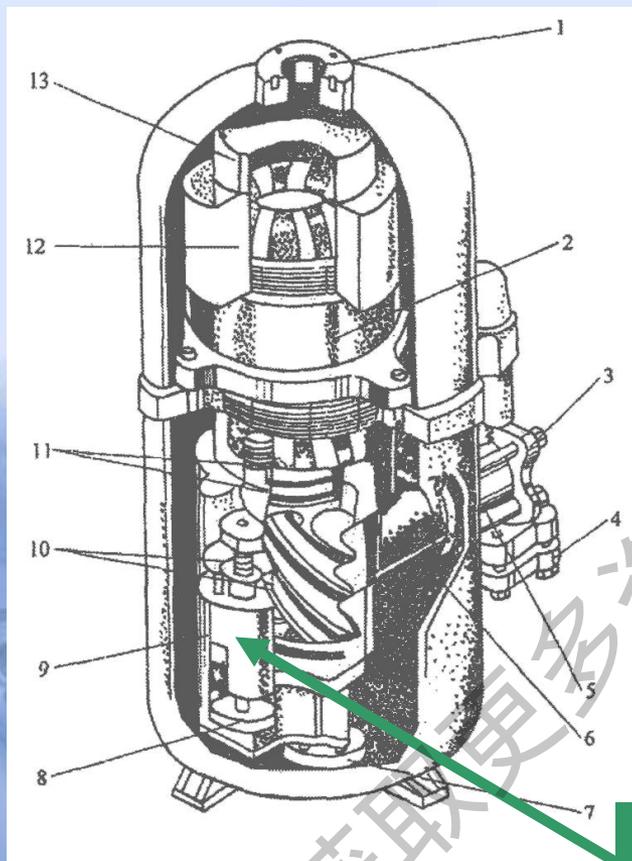


图 3-30 全封闭螺杆式压缩机结构图

输气量调节不设滑阀，
采用电动机变频调节

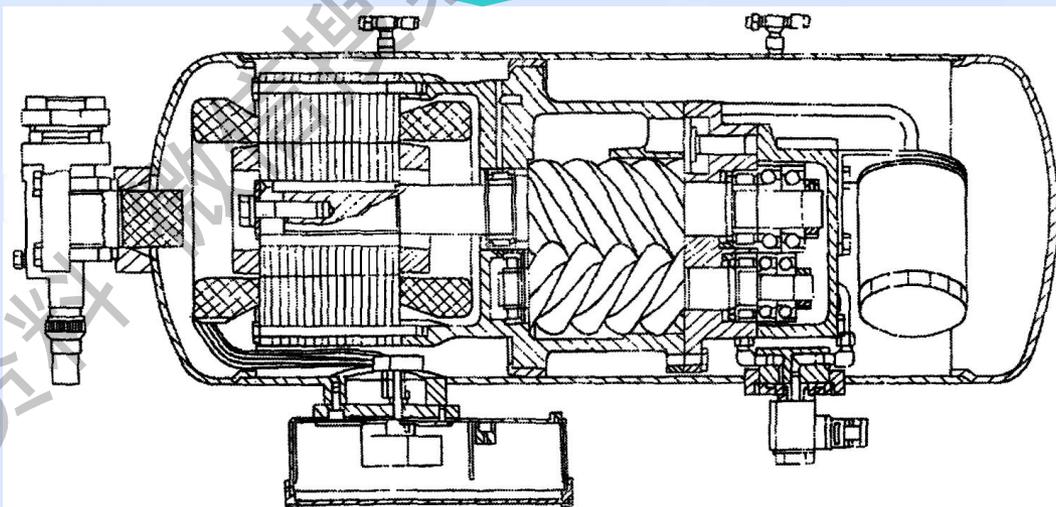


图 3-31 比泽尔公司 VSK 型全封闭螺杆式压缩机结构图

输气量调节由微机控
制滑阀移动来实现

5.1 螺杆式压缩机机组

1) 开启螺杆式制冷压缩机组的系统图

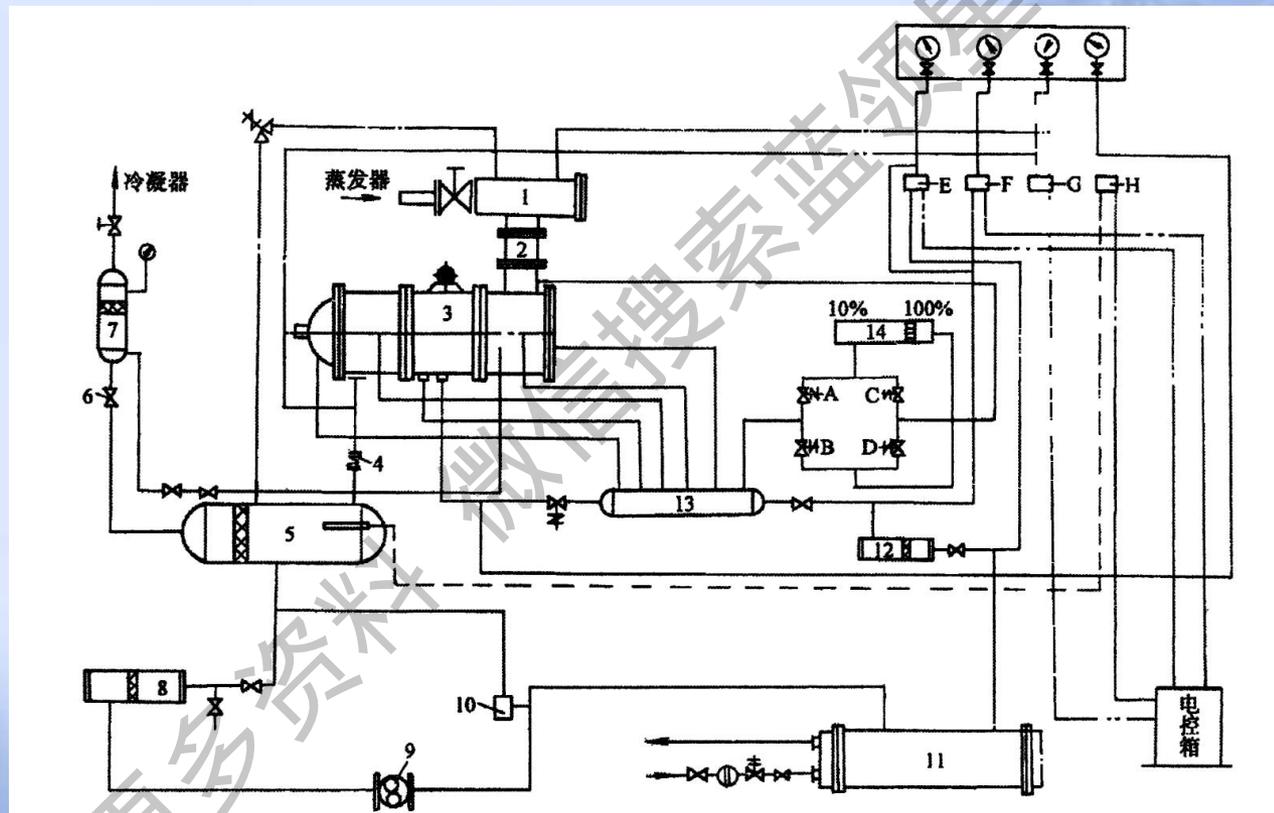


图 3-32 螺杆式制冷压缩机组系统图

- 1—过滤器 2—吸气止逆阀 3—螺杆式制冷压缩机 4—排气止逆阀
 5—一次油分离器 6—阀 7—二次油分离器 8—粗过滤器 9—液压泵
 10—油压调节阀 11—油冷却器 12—精过滤器 13—油分配总管 14—液压缸
 —— 油路 - · - 电路 - · - 气路 - - - - 温度控制

2) 几种油分离器

a) 卧式油分离器

b) 立式油分离器

c) 二次油分离器

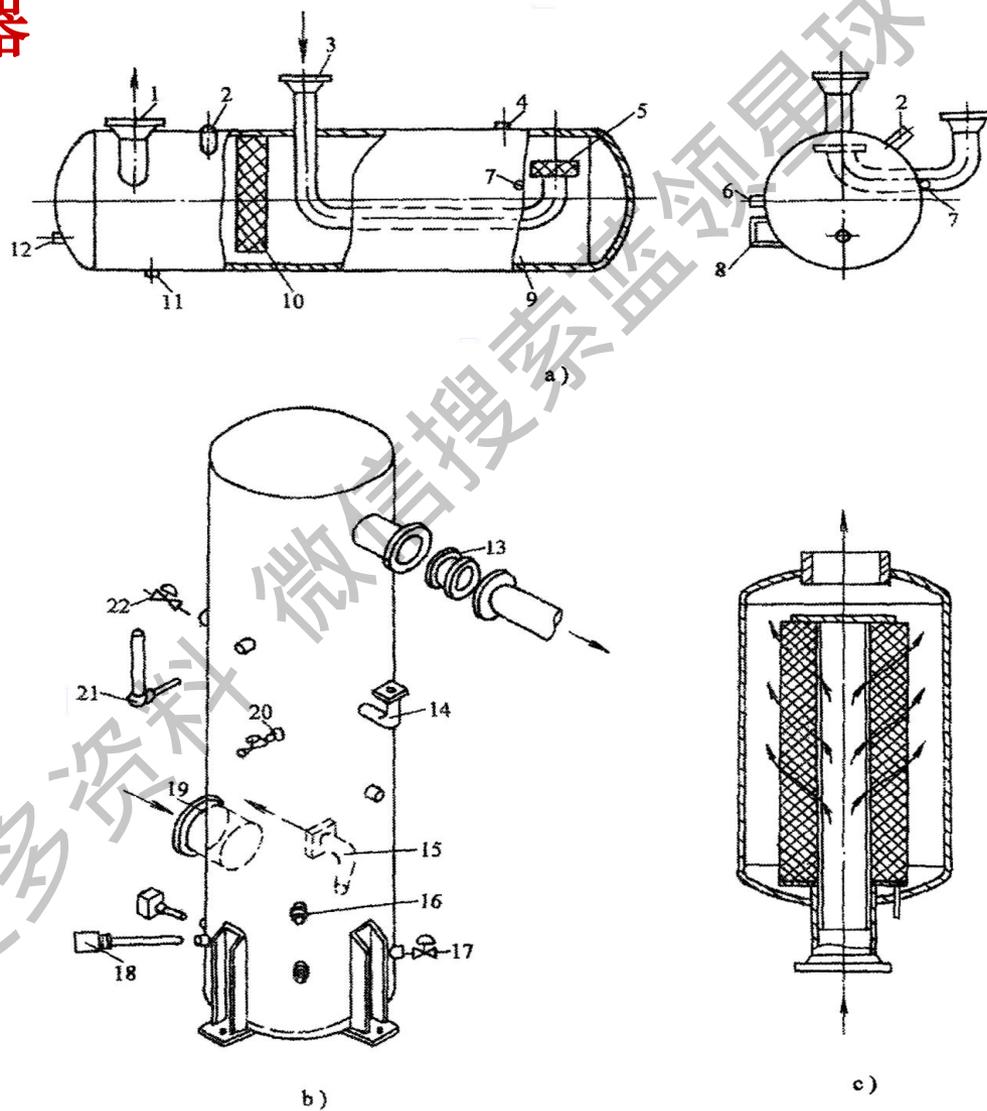
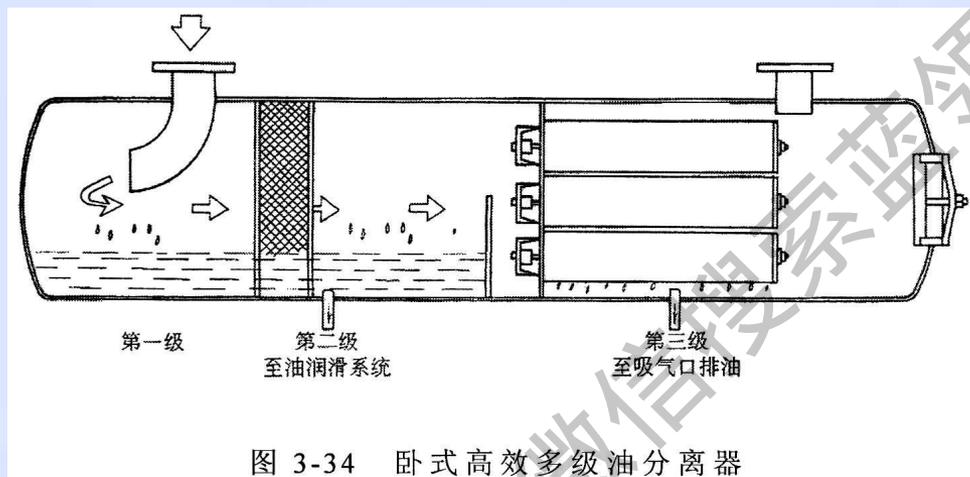


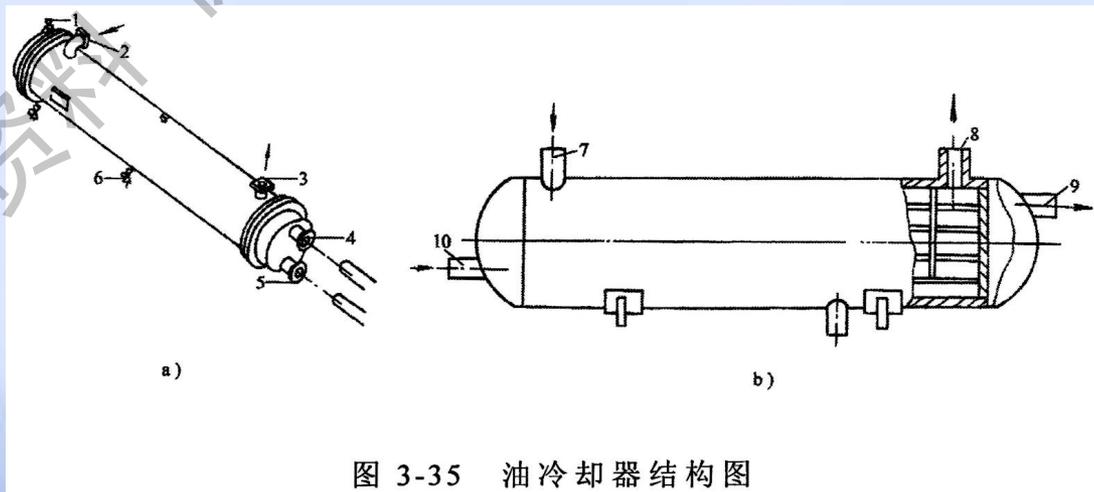
图 3-33 油分离器结构形式图

3) 多级油分离器与油冷却器



4)

- ①油过滤器
- ②液压泵和油压调节阀
- ③油加热器、油压保护开关和油温保护



5.2 带经济器的螺杆压缩机系统

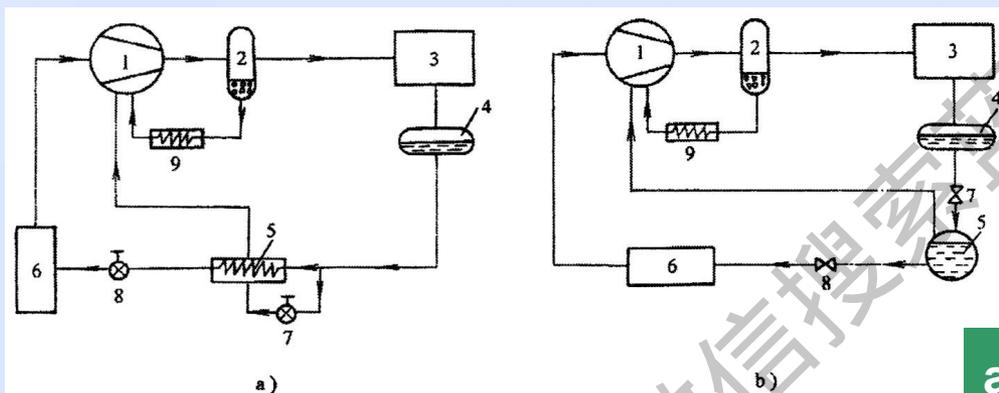


图 3-36 带经济器的螺杆式压缩制冷循环系统

a) 一级节流制冷系统
b) 二级节流制冷系统

当单级螺杆式制冷压缩机按双级制冷循环工作，为达到节能的效果，应增设中间容器5，称为经济器。

5.3 喷液螺杆压缩机系统

压缩过程中用喷射制冷剂液体代替喷油，省去油冷却器，缩小油分离器，并且喷液冷却，能使排气温度下降，防止封闭式压缩机电动机因排气温度过高引起保护装置动作而停机。

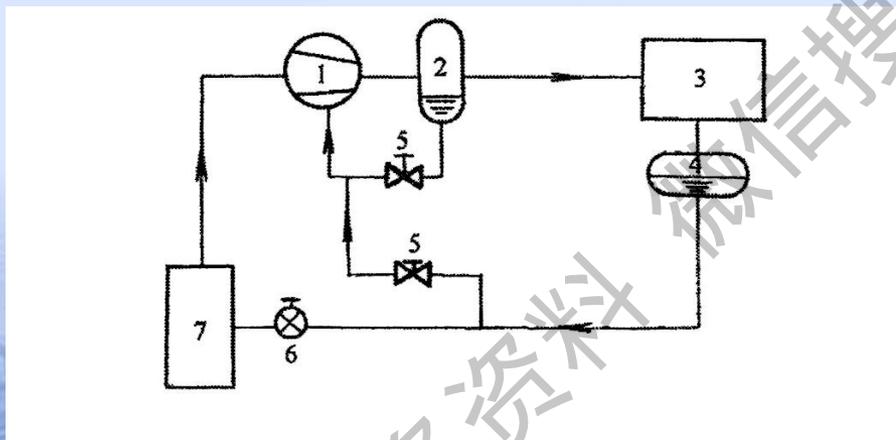
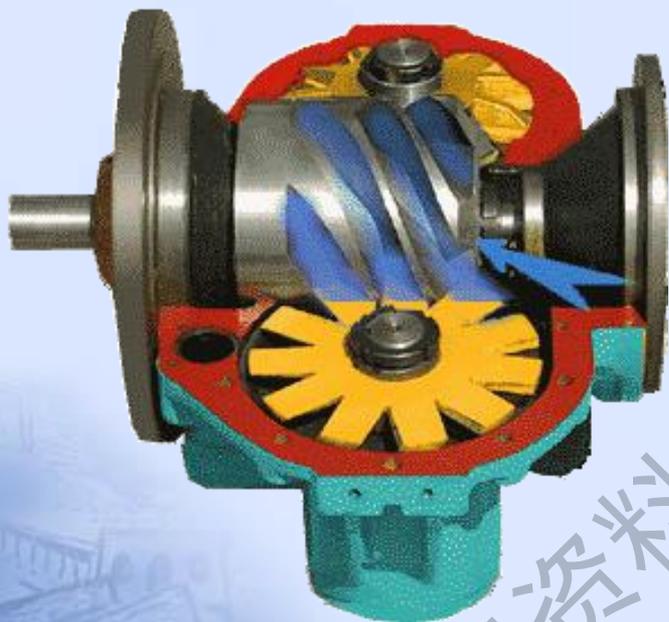


图 3-37 螺杆式制冷压缩机喷液系统原理图

1—压缩机；2—油分离器；3—冷凝器；4—储液器；
5—调节阀；6—节流阀；7—蒸发器

喷液不能完全代替喷油，因为油有一定粘度，密封效果好，所以，目前常用的是将制冷剂液体和油混合后喷射进去。

6.1 单螺杆式压缩机



获取更多资料

微信搜索 蓝领星球

工作原理

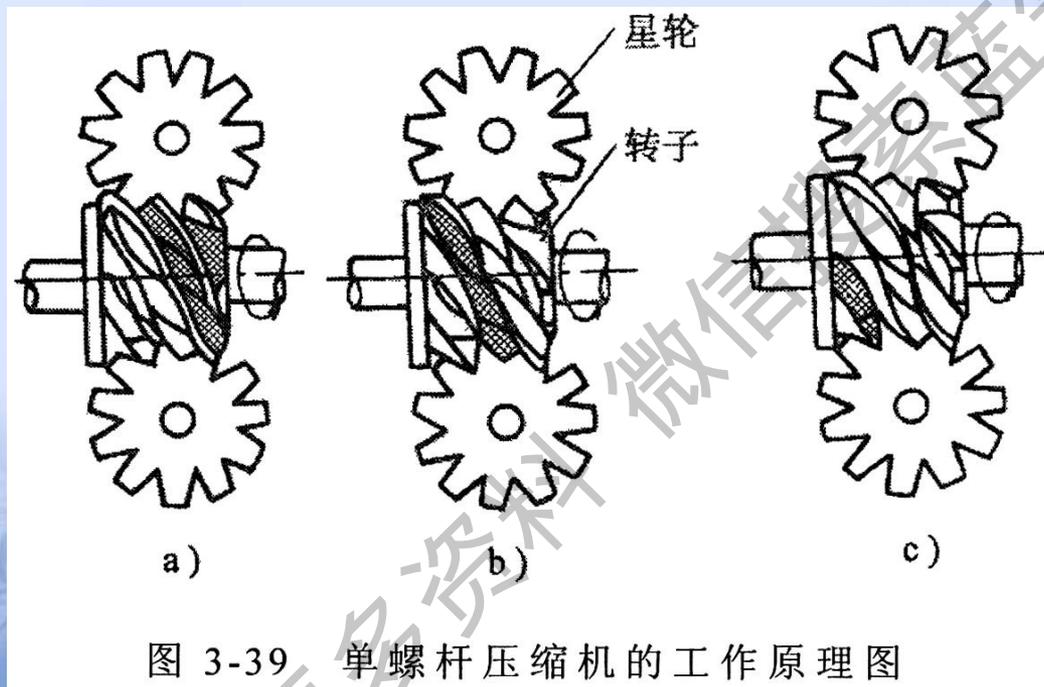
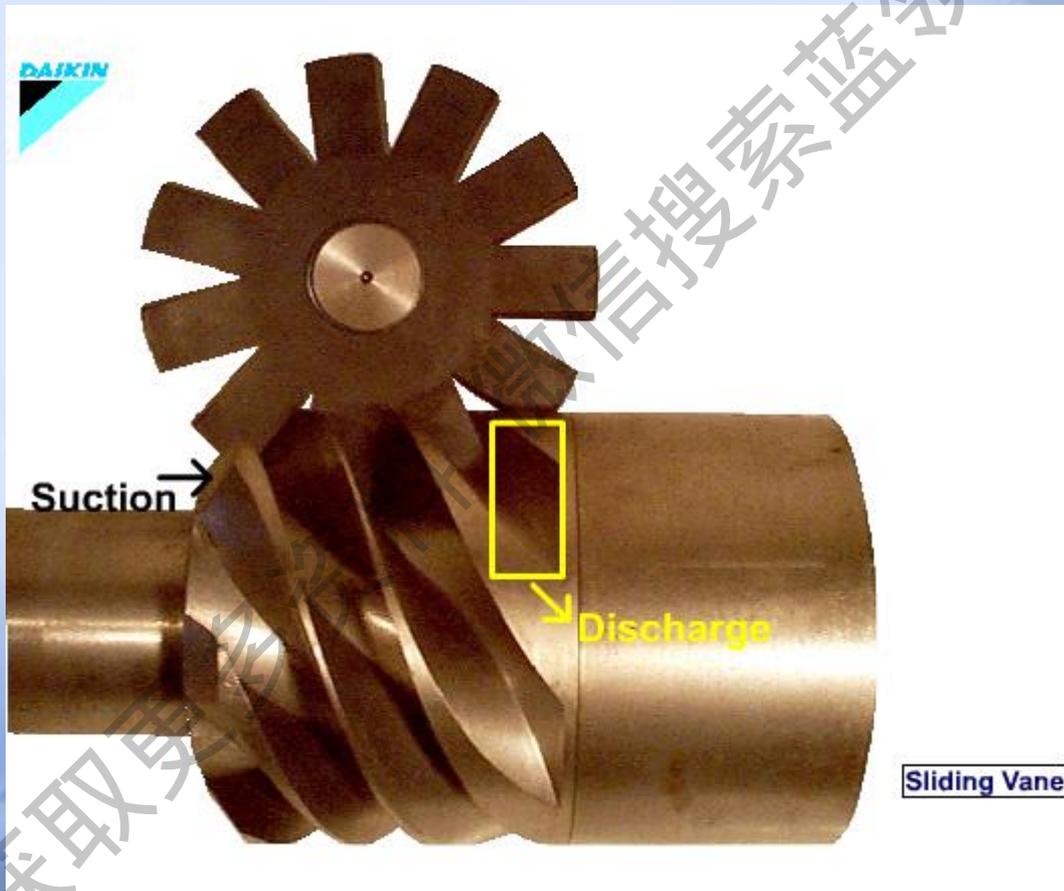


图 3-39 单螺杆压缩机的工作原理图

- a) 吸气过程
- b) 压缩过程
- c) 排气过程

具有内压缩过程，而且一个基元容积在旋转一周内，完成了两次吸气、压缩和排气循环过程

单螺杆式压缩机动画模拟



■ 6.2 结构参数

1) 转子齿槽数和星轮齿数

转子的齿槽数取决于所要求的内容积比，槽数越多，则其齿间面积就越小，齿槽长度与齿间面积之比增大，提高了内容积比，但转子基元容积会缩小。

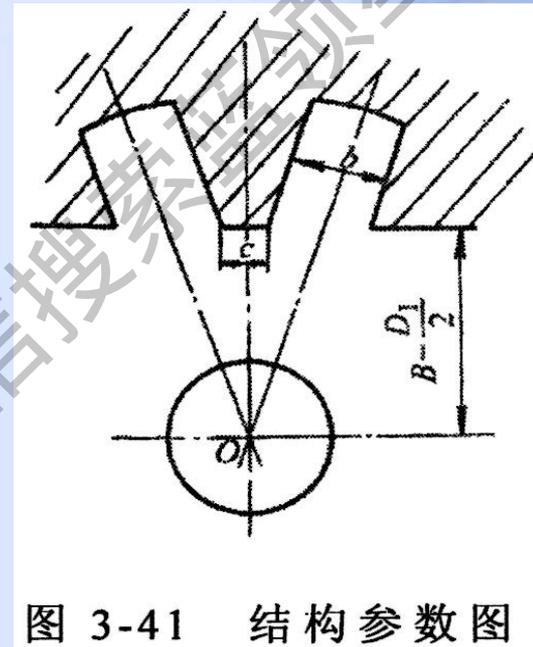
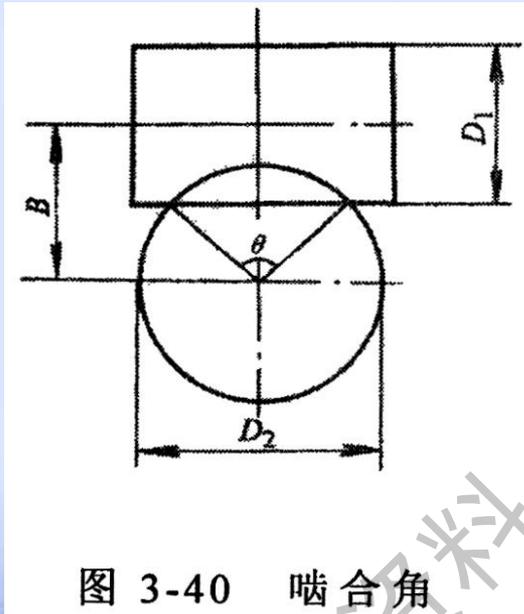
星轮齿片数与转子齿槽数相比互为质数。

2) 星轮齿形

3) 星轮直径D2与转子直径D1之比 λ_D

$$\lambda_D = \frac{D_2}{D_1} = 1$$

4) 中心距 B



5) 星轮齿片齿宽 b 和转子齿尖宽 c

6) 啮合角 θ

6.3 输气量和内容积比调节

a) 满负荷
b) 部分负荷

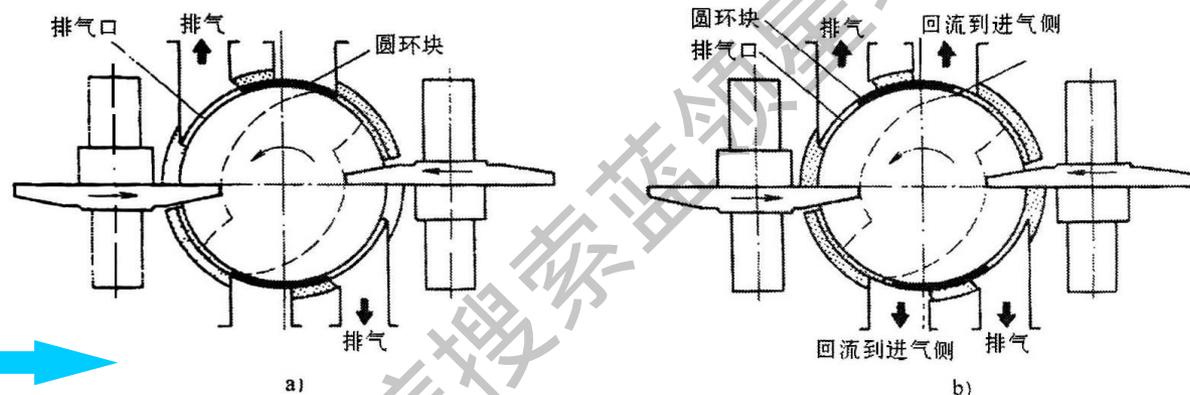
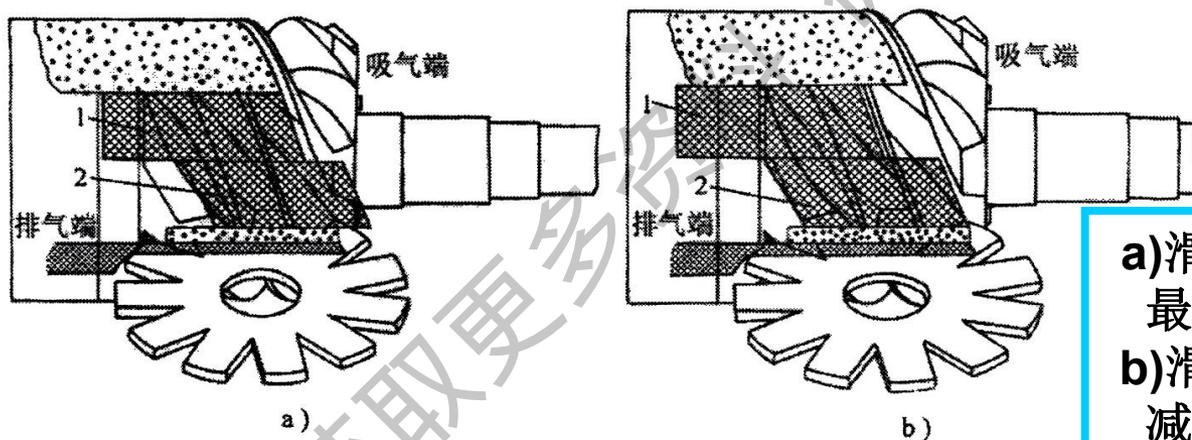


图 3-42 转动环式输气量调节原理图



a) 滑阀 1、2 分别处于输气量最大和内容积比最小位置
b) 滑阀 1、2 分别处于输气量减小和内容积比增大位置

图 3-43 滑阀调节输气量和滑阀调节内容积比的原理图

6.4 单螺杆压缩机及机组的结构特点

- 1) 齿槽数与星轮齿片数之比合理
- 2) 径向力能得到很好的平衡
- 3) 排气孔口呈径向，轴向力可得到平衡
- 4) 可以使用高性能新型材料
- 5) 容积效率高，压力脉动小
- 6) 机组结构大大简化
- 7) 可以设置经济器，提高性能系数

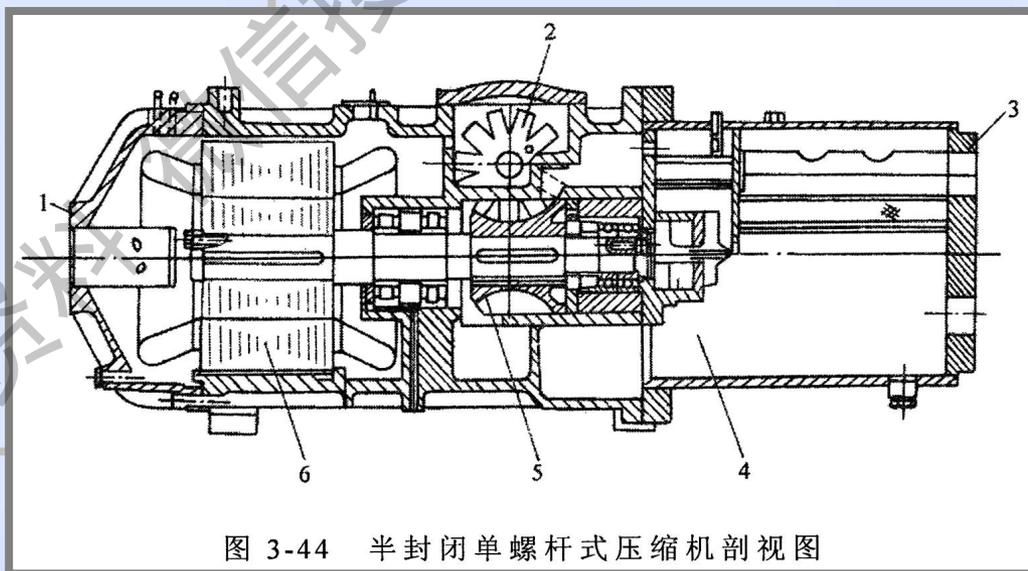


图 3-44 半封闭单螺杆式压缩机剖视图

省去了液压泵和油冷却器，装置结构更为紧凑简单。

■ 7.1 安全保护对象

1. 水流量保护
2. 高低压保护
3. 油压保护
4. 其他常用保护

7.2 喷液喷油保护

利用压缩机对液击不敏感特性，直接喷气液两相的制冷剂来冷却电动机，以保护电动机，不使其温度过高。