

LUOGAN YASUOJI
SHOUCE

著者：Л. П. 阿莫索夫 等著

螺杆压缩机手册



螺 杆 压 缩 机 手 册

П.Е.阿莫索夫
〔苏〕 Н.И.鲍勃里可夫 著
А.И.什瓦尔茨
А.Л.维尔内

高振榕 译
朱大福 周林森 校

机 械 工 业 出 版 社

本手册列举了各种不同用途的螺杆压缩机的典型结构和系统；转子齿型计算；给出了有关螺杆压缩机及其零部件的热力计算、气体动力计算和强度计算方法方面大量的资料，以及加工螺杆压缩机转子的刀具、量具计算和控制方法。

本手册供从事螺杆压缩机设计、制造的工程技术人员使用，也可供相应专业的高等学校师生参考。

**ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ
МАШИНЫ
СПРАВОЧНИК**

**Авторы: П.Е.АМОСОВ, Н.И.БОБРИКОВ,
А.И.ШВАРЦ, А.Л.ВЕРНЫЙ
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1977**

* * *

螺杆压缩机手册

**〔苏〕 П.Е.阿莫索夫 等著
高振榕 译**

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）
（北京市书刊出版业营业许可出字第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ，印张 $10^{1/4}$ ，字数 224 千字
1985年11月北京第一版·1985年11月北京第一次印刷
印数 10,001—3,780·定价 2.45 元

*

统一书号：15033·5955

译者的话

《螺杆压缩机手册》列举了苏联近年来螺杆压缩机的大量技术数据，给出了各种不同用途的螺杆压缩机的典型结构和系统；提供了有关螺杆压缩机及其零、部件热力计算，气体动力计算和强度计算方法方面大量的资料，以及加工螺杆压缩机转子的刀具、量具计算和控制方法。

在我国，螺杆压缩机发展的历史还不长。近几年来，虽然在设计、制造、使用方面有了较大的进展，并自行设计和制造了具有一定水平的BLG125半封闭螺杆式压缩机，但至今还没有螺杆压缩机方面的专著，因此，本手册的翻译出版是有一定的参考价值的。

译者感谢朱大福、周林森俩同志对译稿作了极其认真的审校；对译稿中存在的错误和欠妥之处均作了一一的修正，才使译稿的质量达到现在这样的水平。由于本人水平所限，错误和欠妥之处可能还会有，敬请读者不吝赐教。

译者

1983年5月

前 言

根据苏联压缩机制造业发展的基本方向，在第十个五年计划期间，必须在采用新技术和先进工艺的基础上，大力提高空气和其他气体压缩装置的功率、效率和运行可靠性。同时尤其要注意加速螺杆压缩机的发展。螺杆压缩机不仅工作可靠、结构简单，而且还具有许多其他优点，因而在各个技术部门获得了广泛的应用。然而论述这类机器的书却很少。作者的宗旨就是将螺杆压缩机设计方面的资料和数据加以系统整理，编写成篇幅不大的手册。

在工业部门设计研制这类机器期间，许多单位进行了大量综合性的科学研究和设计、试制工作。作者在编写本手册时，利用了这些工作的成果。

手册中列出了螺杆压缩机结构、转子齿型计算、主要部件设计方面的主要资料，并对加工过程以及刀具和量具的计算提出了建议。

本书的第一章（第一、二、三节）、第三章、第四章由 A. JI. 维尔内工程师编写；第一章（第四节）、第二章由技术科学副博士 A. И. 什瓦尔茨编写；第五章由技术科学副博士 П. E. 阿莫索夫编写；第六章由技术科学副博士 H. И. 鲍勃里可夫编写；第七章由大家共同编写。

主要符号

几何形状参数

d_1, d_2 ——阳转子 \ominus 和阴转子 $\omin�$ 节圆直径

r_1, r_2 ——节圆半径

r ——齿廓圆弧半径

D_{e1}, D_{e2} ——阳转子和阴转子顶圆直径

R_{e1}, R_{e2} ——阳转子和阴转子顶圆半径

h_1, h_2 ——阳转子和阴转子齿顶高

\bar{h}_1, \bar{h}_2 ——阳转子和阴转子的齿顶高与节圆半径的比值

H_1, H_2 ——阳转子和阴转子的齿顶高与节圆直径的比值

A ——转子之间的中心距

z_1, z_2 ——阳转子和阴转子的齿数

$i = z_2/z_1$ ——转子传动比

b_1, b_2 ——阳转子和阴转子齿节圆上的导程

$p_1 = \frac{b_1}{2\pi}, p_2 = \frac{b_2}{2\pi}$ ——阳转子和阴转子的螺杆参数

L ——转子螺杆部分的长度

L_K ——接触线长度

D_{i1}, D_{i2} ——阳转子和阴转子齿根圆直径

R_{i1}, R_{i2} ——阳转子和阴转子齿根圆半径

$k_L = L/d_1$ ——转子螺杆部分的长度与节圆直径的比值

L/D_{e1} ——转子螺杆部分的长度与阳转子外圆直径的比值

F_1, F_2 ——阳转子和阴转子螺杆齿槽部分的端面截面积

τ_1, τ_2 ——阳转子和阴转子齿的扭转角

T_1, T_2 ——阳转子和阴转子轴线和铣刀轴线之间的距离

⊖ 原文为“主动转子”，现按国内习惯说法，全部译为“阳转子”，下同——校者注。

⊕ 原文为“从动转子”，现按国内习惯说法，全部译为“阴转子”，下同——校者注。

$T = (R_{e1} - r) / r_1$ —— 阳转子轴线到齿廓圆弧中心的相对距离

$S = r / r_1$ —— 齿廓圆弧段的半径比

β —— 节圆上的螺旋角

δ_H —— 法面共轭齿廓接触线上的间隙

δ_r —— 端面共轭齿廓接触线上的间隙

n_1, n_2 —— 阳转子和阴转子的转速

工作过程参数

p_H, p_B —— 排出侧和吸入侧的气体压力

$\pi = p_H / p_B$ —— 气体压力比

ε_r —— 内容积比

$\pi_r = \varepsilon_r^k$ —— 工作基元中绝热过程时的压力比

$t_B(T_B)$ —— 吸入侧的气体温度(°C或K)

$t_H(T_H)$ —— 排出侧的气体温度(°C或K)

R —— 气体常数

k —— 绝热指数

V_a, V_r —— 吸入条件下实际排量和理论排量

$V_{n,n}$ —— 工作基元容积

N —— 功率

N_e —— 压缩机的有效轴功率

N_i —— 指示功率

u —— 外圆圆周速度

η —— 压缩机的效率

η_v —— 容积效率

Q_0 —— 制冷量(kcal/h)

t_0 —— 制冷剂蒸发温度(°C)

t_K —— 制冷剂冷凝温度(°C)

目 录

前言

主要符号

第一章 螺杆压缩机的标准结构和系统	1
一、标准结构	2
二、螺杆压缩机在装置中的布置	9
三、参数与特性	15
四、标准尺寸系列	24
参考文献	44
第二章 转子螺杆部分的几何形状	45
一、转子齿形的型式	45
二、不同齿形型线的比较	60
三、转子螺杆部分基本几何尺寸的计算	67
四、转子螺杆部分最佳的几何尺寸	80
参考文献	83
第三章 气体压缩和排出过程的计算	84
一、工作过程的微分方程	84
二、压缩和排出过程的计算步骤	87
参考文献	97
第四章 压缩机的计算	98
一、流通部分的几何尺寸计算	98
二、标准系列压缩机流通部分的几何尺寸	110
三、压缩机消耗功率的计算	125
参考文献	127

第五章 气体螺杆压缩机的设计特点	128
一、气体的物理性质对特性的影响	128
二、模拟和自然特性的建立	133
三、用模拟工作过程的方法确定压缩气体时的特性	141
四、氨螺杆压缩机几何尺寸和工作参数计算实例	143
参考文献	146
第六章 压缩机主要零部件的计算	147
一、转子的强度计算	147
二、轴承的计算	179
三、转子临界转速的计算	230
四、同步齿轮副的计算	240
五、螺杆压缩机壳体强度和刚度的计算	259
参考文献	268
第七章 切削刀具和量具的计算	270
一、啮合方程	272
二、啮合方程的固定系数	275
三、啮合方程的系数 $f(t)$	278
四、啮合方程根的确定	283
五、铣刀、样板刀和测量样板理论齿形各点的坐标	285
六、圆盘铣刀和测量样板实际齿形的计算	286
七、铣刀齿形相对坐标表	288
八、齿型误差表	308
九、切削刀具和量具设计原则	314
十、转子螺旋面加工误差的公差	316
参考文献	319

第一章 螺杆压缩机的标准结构和系统

压缩机按其能量转换方式可分为动力型[⊖]和容积型两类。螺杆压缩机属于容积型。这类压缩机具有下列主要的共同特性〔1, 4, 8〕:

理论排量与各工作部件的运动速度, 尤其是与转子的转速成正比关系;

压缩机主要参数, 即压力和排量的变化互不影响。

螺杆压缩机与其他型式的压缩机相比具有许多优点。

与活塞式压缩机比较: 由于没有作往复运动的气阀和零件, 因而工作可靠, 使用寿命长; 进气均匀, 不需要大容积的贮气罐; 装置的单位金属用量和外形尺寸大为减少; 转子运转平稳, 因而不需要重型基础。

与离心式压缩机比较: 没有喘振区; 压力比在大范围内变化时, 螺杆压缩机的排量和效率变化不大; 对于含尘的冷凝气体和聚合气体工作可靠, 不会影响压缩机的特性; 可以压缩含有大量液相的气体。

与滑片式压缩机比较: 由于没有摩擦零件, 因而可靠性高, 压缩机参数在大范围内变化时效率高; 压力和排量的应用范围广。

螺杆压缩机除了上述优点以外, 还具有结构简单、工艺性好等重要优点, 这是其他类型的压缩机所不及的。正是由

⊖ 原文为“Газодинамические”气体动力型, 国内又称“透平型”、“速度型”——校者注。

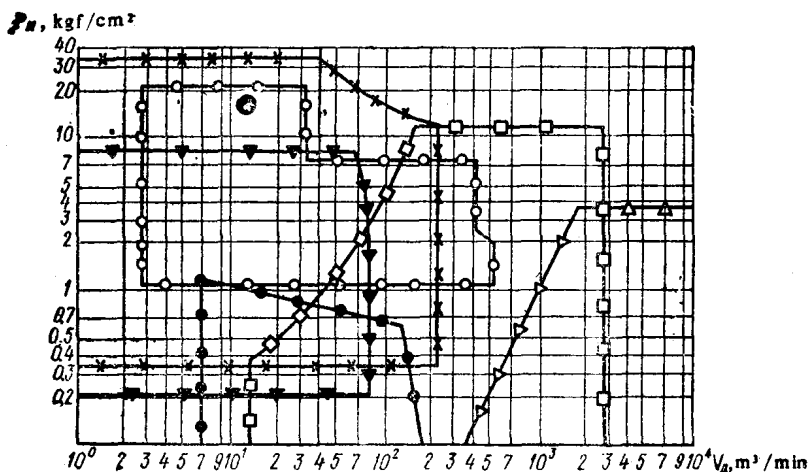


图1-1 压缩机的使用范围

×-×-×—活塞式 □-□-□—离心式 ○-○-○—螺杆式 △-△-△—轴
流式 ●-●-●—罗茨式鼓风机 ▼-▼-▼—滑片式

于这些优点，螺杆压缩机已在各个工业部门得到了广泛的应用。螺杆压缩机制造业是一个新兴的行业，蕴藏着很大的潜力，有着广阔的发展前景。即使在今天，螺杆压缩机的技术水平，在相当多的技术参数方面，已能同其他类型的压缩机展开有力的竞争。

图 1-1 给出了各种不同型式压缩机的应用范围〔7〕。在选择某种型式的压缩机时，基本原则是根据装置的具体工作条件所作的技术经济分析。

一、标准结构

有两种型式的螺杆压缩机：干式压缩机和喷油式压缩机。

1) 干式压缩机: 这种压缩机是压缩和提供无油的气体, 其结构与用易蒸发的液体(如水)对气体进行内部冷却的压缩机相似。

2) 喷油式压缩机: 把大量的油喷入压缩机的压缩腔内。用油冷却压缩气体并密封压缩机各工作部件之间的间隙。

干式螺杆压缩机的结构示于图 1-2。阳转子 2 和阴转子 5, 均装在有冷却水套 7 的壳体 1 内。压缩机的两个转子都在滑动轴承 3 和滑动止推轴承 6 中旋转, 并设有同步齿轮 4, 因而避免了转子在工作时的相互接触。为了防止外泄, 采用密封 8。转子是压缩机的主要工作部件, 气体在转子的螺旋部分内压缩。阳转子是凸形齿, 阴转子是凹形齿。压缩机通常都通过阳转子来驱动。在转子螺旋部分的端面上, 以及顶圆上设有附加的密封筋(图 1-3 a)。这种密封筋或者与转子成一整体, 或者银嵌在铣制的窄槽内(图 1-3 b)。干式压缩机的转子通常作成空心的, 其内充满冷却油。从结构上看, 转子可以与螺旋部分作成一个整体锻件, 或者是组装件, 即螺旋部分和轴分别用不同的材料制做。尾部的连接方法示于图 1-4。转子通常用各种牌号的钢制造。螺杆压缩机的壳体多半用铸铁制造。转子直径在 250 mm 以下的干式压缩机, 其壳体通常在吸入侧有一垂直剖分面。大型干式压缩机的壳体, 除了垂直剖分面以外, 在转子轴线平面上还设有水平剖分面。

喷油式压缩机的壳体通常有两个垂直剖分面, 一个在压出侧, 一个在吸入侧。由于有两个垂直剖分面, 因而简化了壳体的制造工艺, 这对于成批生产尤为重要。为了壳体的统一化, 苏联制冷用的喷油式压缩机, 在压出侧设有进油管

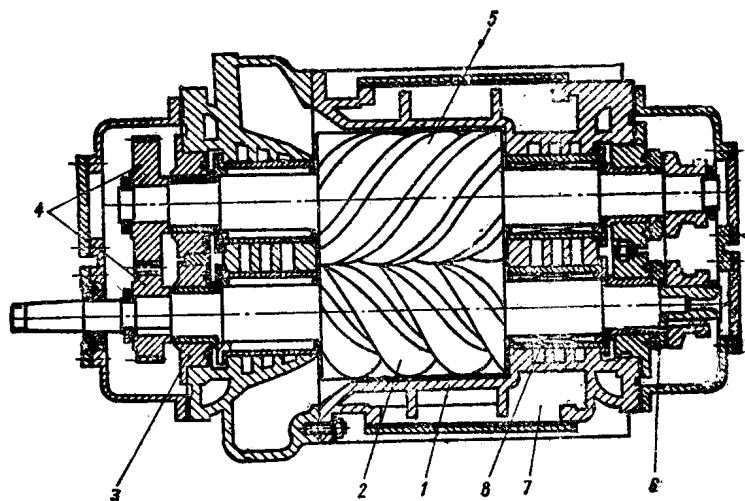


图1-2 干式螺杆压缩机

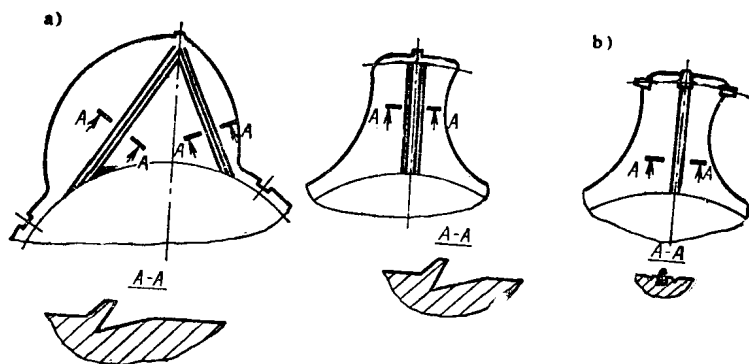


图1-3 螺杆密封筋

1, 进气管用螺栓与壳体连接 (图1-5)。压出孔口的圆柱形部分为排量调节滑阀

2。

干式压缩机的壳体都有水套。无水冷的压缩机, 不论是干式的还是喷油式的, 其壳体的表面都有肋棱。这些肋棱不仅使壳体具有必要的刚性, 而且可改善向周围介质的散热。设计螺杆压缩机时, 不论是压缩机转子之间的间隙的选择, 还是转子和壳体之间的间隙的选择, 都有着重要的意义。间隙应该最小, 但同时要保证压缩机可靠地工作。

干式压缩机工作部件之间的间隙, 通常约为转子外径的 0.1%。喷油式压缩机的间隙通常要小一半。

高速运转的干式螺杆压缩机, 采用滑动轴承和滑动推力轴承。喷油压缩机转速较低, 通常采用滚动轴承。径向负荷由安装在吸入腔和排出腔内的滚柱轴承承受; 轴向负荷由径向推力球轴承承受。

喷油制冷压缩机排出和吸入之间的压差, 单级可达 $17 \sim 18 \text{ kgf/cm}^2$, 径向和轴向力是很大的。采用卸荷装置承受轴向负荷。这种卸荷装置为一在压缩机壳体内, 以较小间隙旋

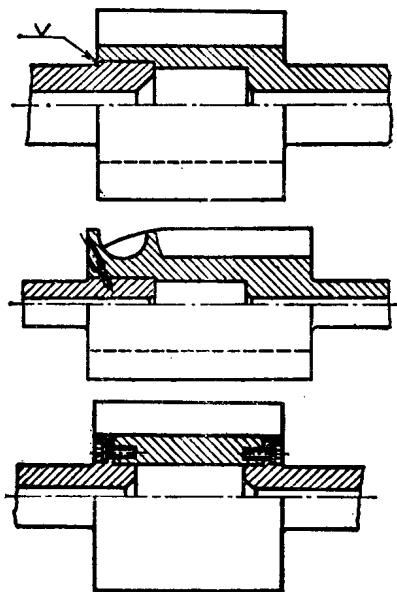


图1-4 组合式转子的连接方法

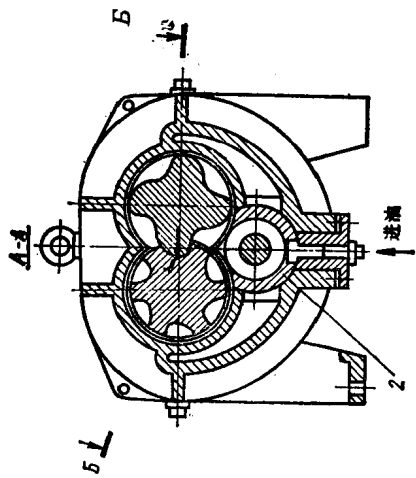
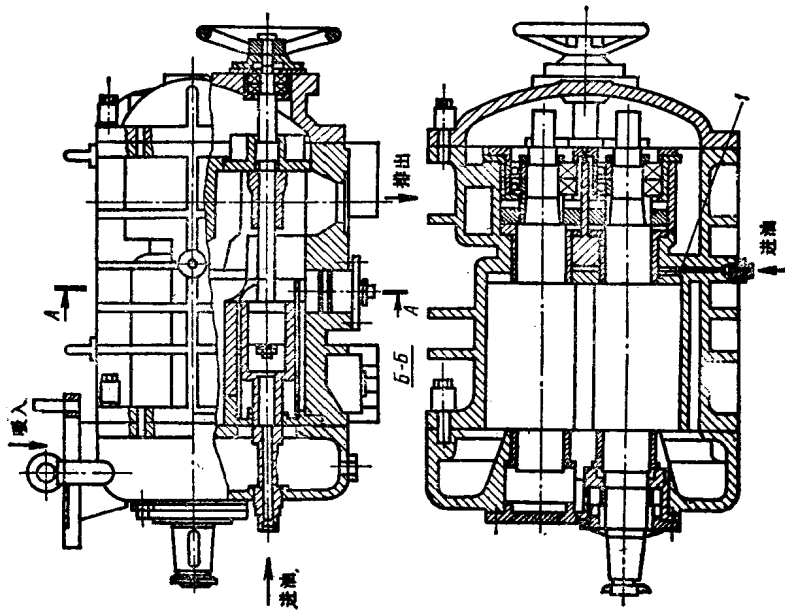


图1-5 制冷用喷油螺杆压缩机

转的平衡活塞，高压油送进平衡活塞前面的空腔内。采用滑动推力轴承承受径向负荷。

轴封是为了防止气体从压缩机内漏出，或者防止空气和油吸进吸入腔。干式压缩机采用下列密封：非接触式密封、闭口或开口石墨环密封、曲径式和组合式炭圈密封。用得较多的是闭口石墨环。这类密封在苏联生产的各类压缩机中用得尤为普遍。其部件结构示于图 1-6。这种型式的密封既适用于空气压缩机，也适用于压缩其他气体的压缩机。为了使压缩机的密封可靠，机壳内设有三道密封腔，以便以几种不同的密封方式同时进行密封。如果压缩的气体不允许被密封用的气体污染，则把腔 A 与吸入腔相互连通，而把密封用的气体送进腔 B。漏泄的大部分气体，要经过几道密封圈才经腔 A 送入吸入腔。其余的气体进入腔 B，与密封用的气体混合后排出。为了减少气体的漏泄量和密封用的气体的损耗，腔 B 中压力自动保持大于腔 A 和腔 C $0.02 \sim 0.08 \text{ kgf/mm}^2$ 。在压缩腐蚀性特别大的气体时，为了完全防止有害气体进入轴承腔，将压缩空气沿槽 Γ 送入油封。在这种情况下，油封应做成曲径式，而在空气压缩机中，则做成叶轮式。

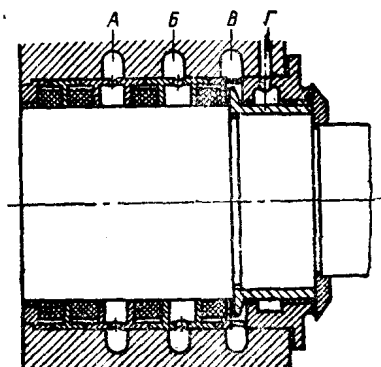


图1-6 干式螺杆压缩机的
端面轴封

喷油压缩机的密封结构大为简化。在空气压缩机中，密

封为固定在壳体内的青铜衬套，转子在其中旋转。转子与衬套之间的间隙很小，将油压入该间隙内，以防止漏气。通常，这种密封只能安装在排出侧。此外，在气体和制冷压缩机中，因为要求有较高密封性，通常采用端轴封。图 1-7 所示的制冷螺杆压缩机的轴封，安装在阳转子吸入侧。轴封装置由外壳 2、固定衬套 4、旋转限动盘 8、石墨圈 1 和弹簧 5

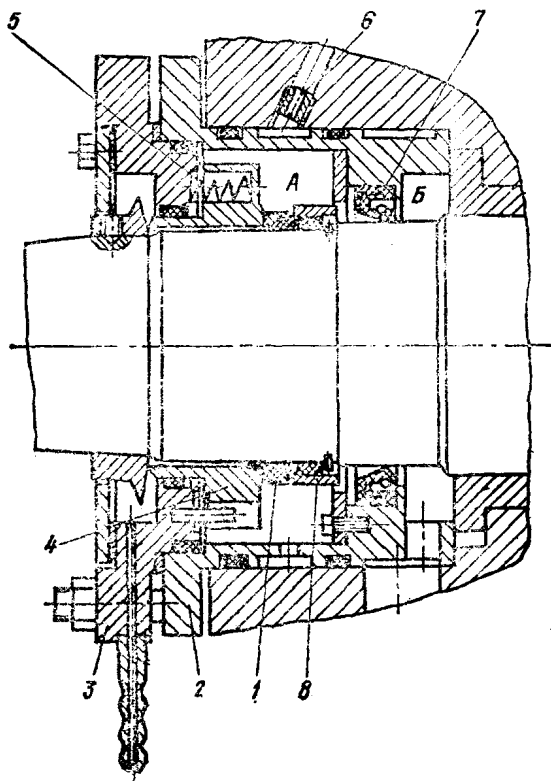


图 1-7 制冷用螺杆压缩机的端面轴封