

高等学校试用教材

压缩机与风机密封

黄振华

华中理工大学 方先清 合编

白蔚君

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

前 言

本书是根据 1985 年 5 月高等工业学校流体动力机械专业教材分编审委员会制订的教学计划和教学大纲, 以及审定的编写大纲编写的。

密封是压缩机与风机的关键技术。为了促进密封技术的发展, 适应我国四化建设发展的需要以及满足高等院校密封教材的需求, 编者在多年科研、教学工作经验的基础上, 参阅了有关中外文献, 并收集整理了生产实践经验, 编写了本书。

本书系统地介绍了压缩机与风机常用的密封形式(如活塞环密封、填料密封、机械密封、迷宫密封、液膜密封等)以及磁流体密封新技术。全面地阐述了各种密封的工作原理、结构型式、应用场合、基本理论和设计计算方法。书中还列举一些计算例题和设计数据, 以供参考。

本书是高等工业学校压缩机与风机及相近专业的使用教材。也可供从事上述专业的工程技术人员参考。

本书由华中理工大学黄振华(总论、第一、二章)、白蔚君(第三、四章)、方先清(第五、六章)编写。

本书由西安交通大学姜桐教授主审。

本书在编写过程中, 得到有关工厂和研究所的大力协助, 特在此表示谢意。限于编者水平, 错误和不妥之处在所难免, 恳请读者批评指正。

编者 1987年11月

目 录

总论	1	第四章 液膜密封	89
第一章 活塞环和填料密封	5	§ 4-1 液膜密封的原理及分类	89
§ 1-1 活塞环密封	5	§ 4-2 液膜密封的理论基础	93
§ 1-2 填料密封	17	§ 4-3 浮动环密封的结构设计	97
§ 1-3 活塞环及填料的材料	24	§ 4-4 浮动环密封的设计计算	102
第二章 机械密封	23	§ 4-5 密封油系统	110
§ 2-1 机械密封的类型与特点	28	§ 4-6 浮动环密封的稳定性	113
§ 2-2 摩擦副环的受力分析及 其尺寸的确定	31	§ 4-7 浮动环水膜密封的特点	115
§ 2-3 密封端面的摩擦与润滑	34	第五章 磁流体密封	118
§ 2-4 摩擦副的磨损及材料	39	§ 5-1 磁流体密封工作原理及特点	118
§ 2-5 端面摩擦副环的变形	44	§ 5-2 磁的概念及其基本规律	119
§ 2-6 性能指标	47	§ 5-3 磁流体	125
§ 2-7 圆柱螺旋弹簧	50	§ 5-4 磁流体动力学	134
§ 2-8 计算框图及举例	52	§ 5-5 磁流体密封	138
第三章 迷宫密封	58	第六章 其它密封形式及组合密封	155
§ 3-1 迷宫密封的概述	58	§ 6-1 离心密封	155
§ 3-2 迷宫密封的理论基础	61	§ 6-2 螺旋密封	161
§ 3-3 泄漏量的计算	64	§ 6-3 胀圈密封	167
§ 3-4 常用迷宫密封的特性及结构	73	§ 6-4 磁力传动密封	173
§ 3-5 迷宫密封的设计	82	§ 6-5 组合密封	178
		主要参考文献	185

总 论

众所周知，所谓密封乃是在机器可能渗漏的通道上设置的一种防渗漏的装置，或利用某种物理效能形成一种堵塞装置，用来防止装置两侧物质的相互渗漏。

密封的性能是压缩机、风机可靠性的指标之一。特别是在使用有毒、有害、易燃、易爆或贵重气体的场合更是如此。密封的性能不好，不仅漏失了大量有用或贵重的气体，使经济效益降低，更严重的是将造成环境的污染，危及国家财产与人民生命安全。

压缩机、风机等设备的密封，成为限制机器运行周期的主要因素之一，许多事故往往是由于密封不当而引起的。例如化工企业，密封故障是造成非计划停产的主要原因。据统计，60%非计划停产事故与密封故障有关。又据日本水岛联合企业的事故调查报告和千葉联合企业的保安调查报告，在786件事件中由于密封泄漏造成的事故有332件，约占42%。由此可

表 0-1

名 称	端 面 比 压 / 10^5Pa	耗 功 / kW
平 衡 式	0.77	215
非 平 衡 式	3.5	380

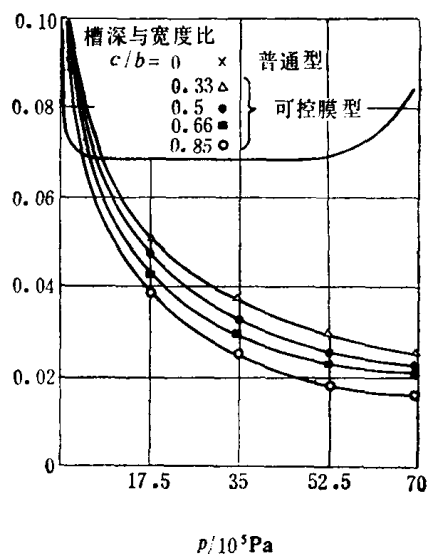


图0-1 摩擦系数与压力关系曲线

见，密封是压缩机、风机可靠性的重要部件，且在某些情况下将成为关键性部件。不仅如此，它对提高机器效率，节省能量消耗，也有重要意义。如果减少密封的摩擦和泄漏，选择合适的密封型式，改进密封辅助系统以及开发密封新技术等均可实现节能。例如将普通机械密封改为可控膜机械密封能减少摩擦系数，从而减少磨损和摩擦耗功。图0-1所示为普通机械密封与可控膜机械密封的摩擦系数与压力关系曲线。普通机械密封的摩擦系数要比可控膜机械密封约大一倍多。又如采用平衡式机械密封代替非平衡式机械密封，可以减小端面比压，从而减少摩擦耗功。当介质表压为0.7 MPa、转速为7500 r/min，轴径为50mm时，采用平衡式与非平衡式密封的结果见表0-1。

密封一般分为静密封和动密封两大类。相对静止的结合面（即密封面）间的密封，称为静密封。如垫密封（图0-2）、胶密封等。相对运动的结合面间的密封，称动密封。

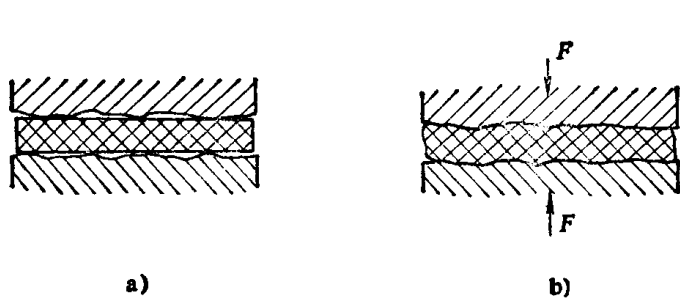


图0-2 垫密封
a) 压紧前 b) 压紧后

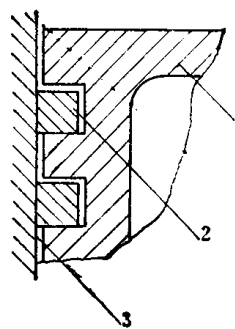


图0-3 活塞环密封
1—活塞 2—活塞环 3—气缸

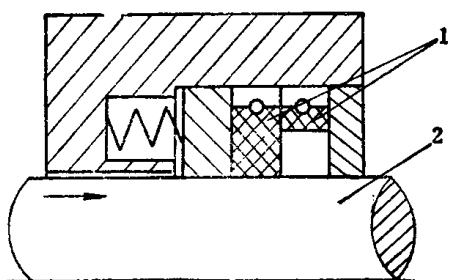


图0-4 填料密封
1—密封环 2—活塞杆

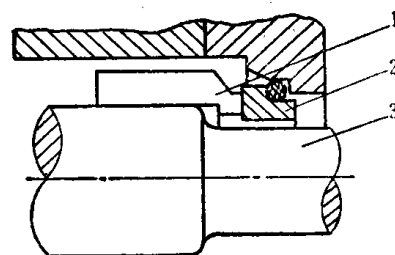


图0-5 机械密封
1—动环 2—静环 3—轴

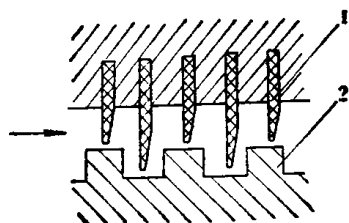


图0-6 迷宫密封
1—密封齿 2—转子

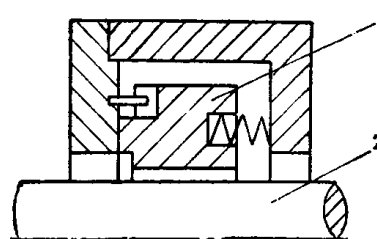


图0-7 浮环密封
1—浮动环 2—轴

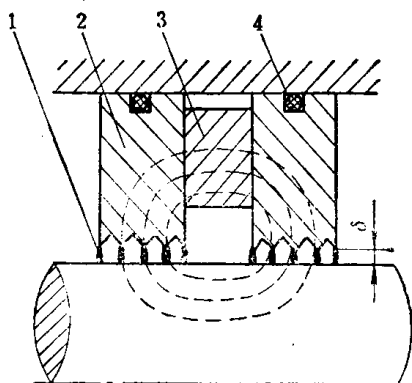


图0-8 磁流体密封
1—磁流体 2—极板 3—磁环 4—O形密封圈

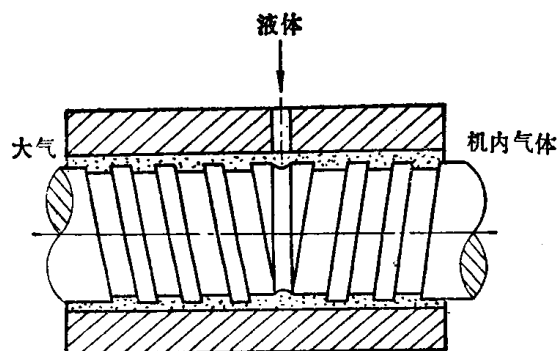


图0-9 螺旋密封

动密封按密封件和与其作相对运动的零部件是否接触, 又分为接触式密封和非接触式密封。

接触式密封是靠密封元件直接接触来堵塞流体的通道、获得密封效果的。如活塞环密封(图 0-3)、填料密封(图 0-4)、与机械密封(图 0-5)均属于此类。

非接触式密封系指密封元件的动件与静件间有间隙, 不相接触, 靠节流效应或泵送效应来达到减少泄漏或零泄漏的目的。

非接触式密封有迷宫密封(图 0-6)、液膜密封(图 0-7)、磁流体密封(图 0-8)以及螺旋密封(图 0-9)等。

一般来说, 接触式密封比较严密, 因受摩擦磨损限制, 线速度不宜过高。但是, 采用有效的润滑与冷却措施, 可使接触式密封所能达到的速度不低于非接触式密封。非接触式密封与此相反, 严密性较差, 而适于较高速度。如果借助密封液的隔离作用以及辅以停车密封, 非接触式密封的严密性不低于接触式密封。

由于静密封结构简单, 易于实现密封要求, 本书只讨论动密封。

在选择密封装置时, 要保证它的可靠性与使用寿命。同时要考虑其结构紧凑, 系统简单, 制造维修方便, 成本低以及互换性好。

各种类型密封, 均有一定压力、温度、速度和间隙等适用范围, 超出了这个范围, 则密封失效。因此, 如何根据压缩机的使用条件, 正确地选择密封装置是十分重要的问题。如果选用得合理, 不仅能提高压缩机的性能和工作效果, 而且能延长其使用寿命, 否则, 密封过早失效, 影响压缩机正常工作。

为了适应各种工作条件要求, 正确地选择所需要的密封型式, 现将常用动密封的主要特性列于表 0-2, 以便分析比较和选择。

表0-2 动密封类型与特性

类 型		真 空 /133.3Pa	压 力 /10 ⁵ Pa	工作温度 /°C	线 速 度 /(m·s ⁻¹)	泄漏指数	平均寿命	应 用 举 例
填 料 密 封		—	3000	-45~400	12	—	3 月~1 年	活塞压缩机的活塞杆密封
活 塞 环 密 封		10	3000	-45~400	12	0.2~1% 吸气容积	3 月~6 月	活塞压缩机的活塞密封
机 械 密 封	普 通 型	10 ⁻⁶	80	-250~800	30	1	3 月~1 年	螺 杆 压 缩 机 的 轴 封
	可 控 膜 型	—	400	-50~150	30~150	10~1000	1 年以上	透平压缩机的轴 封
迷 宫 密 封		10 ⁻¹	200	600	不限	10~100	3 年以上	透平压缩机级间、 轴端密封、无油润 滑压缩机的活塞密封
浮 环 密 封		—	320	—	90	100~1000	1 年以上	离心压缩机的轴 封
螺 旋 密 封		10	25	-30~100	30	0	取决于 轴承寿命	离心压缩机的轴 封
磁 流 体 密 封		10 ⁻⁹	40	-60~150	70	0	—	压气机、罗茨鼓风 机的轴封

注: 表内压力、温度均指作用于密封部位的工作条件, 且为单项指标。

随着压缩机技术的发展，对密封提出了更高的要求，例如压缩机的转速由几百转每分到几万转每分，使用温度从低温到高温，气体压力从高真空至几百兆帕，气体的洁净度也不同，有些是纯制冷剂，有些是污染的气体，甚至这些条件还可能重叠在一起，从而使密封技术的研究工作向更深入的领域发展。其发展趋势和研究方向，可概括为以下几个方面。

1. 联合应用几种类型的密封，以满足苛刻的工作条件和密封要求。如图0-10所示为原料气压缩机的密封结构。气体端采用机械密封，其封液密封气体不往外泄漏，而且停车时机械密封的动、静环能很好贴合，基本上封住气体向外泄漏。大气端采用浮动环密封，主要作用是承受高压差，保持密封液压。

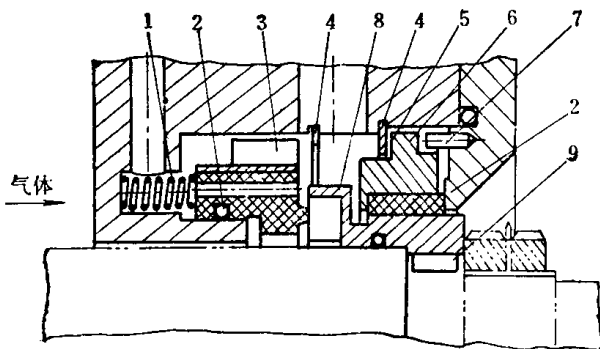


图0-10 浮环-机械密封

1—弹簧 2—O形密封圈 3—静环组件 4—卡环 5—波形弹簧 6—浮环组件 7—防转销 8—动环组件 9—键

2. 密封材质的研究。目的是提高密封寿命及其参数。近年来国内外对接触式密封材质的研究发展很快，如机械密封的石墨环的耐温、强度、致密性都有大幅度增长，优良的石墨密封环，其相对滑动速度已超过 100 m/s 。

3. 密封机理及其改善密封条件，提高密封性能的研究。

4. 计算机化的检测和控制系统的研究。

第一章 活塞环和填料密封

§ 1-1 活 塞 环 密 封

一、活塞环密封的原理

活塞环的主要作用是密封气缸与活塞之间的间隙，防止气体从压缩容积的一侧漏向另一侧。

当活塞环安装在气缸内时，由于环本身的弹性，产生一定比压 p_0 ，使环紧贴在气缸工作面上。如图 1-1 所示，当压缩机工作时，活塞环上部受气体压力 p_1 作用，环的下部受 p_2 作用，形成了压力差，使环推向压力较低一侧，并紧贴在环槽端面上，封住了气体沿环槽端面的泄漏。作用在活塞环内圆表面的压力，可近似认为等于 p_1 。

此压力大于作用在活塞环外圆表面上的平均压力 $\frac{1}{2}(p_1 + p_2)$ ，所形成的压力有时远比环本身比压大得多，它使活塞环进一步紧贴在气缸工作面上，从而堵住间隙，密封气体。因此，活塞环的密封主要靠气体压力的作用，但活塞环本身的比压作用也是关键的。假使活塞环的本身弹力消失，即开始活塞环与气缸工作面间出现间隙，气体可直接由此短路漏出，活塞环下部压力 p_2 就会接近或等于 p_1 ，此时密封失效。

对于无油润滑压缩机用的填充聚四氟乙烯活塞环，有时需加金属张力环，即在活塞环内圆表面套上一个金属环（图 1-2）以增加比压。

由于一般的活塞环都具有切口，气体可通过切口泄漏，加之气缸和活塞环槽与环端面的几何误差，这些也会造成泄漏的因素。所以使用一道环阻止泄漏是不可能的，而必须采用多道活塞环，使气体每通过一道环产生一次节流，以达到减少泄漏的目的。

二、活塞环的结构型式

活塞环结构按所用的材料可制成具有切口的整体式环（图 1-3 a），或做成三瓣（图 1-3 b）、四瓣（图 1-3 c）的剖分式环。

活塞环切口的主要形式有：直切口（图 1-4 a）、斜切口（图 1-4 b）和搭切口（图 1-4 c）三种。

直切口制造简单，但泄漏量大；搭切口由于其切口呈阶梯形，工作时气体经过两次曲折，所以泄漏量较小，但制造较复杂；斜切口比直切口的密封性能好，制造也方便。

在无油润滑压缩机中，广泛采用直切口的整体式塑料活塞环。它的优点是结构简单，切

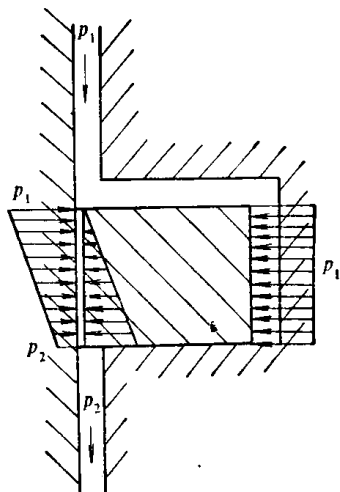


图1-1 活塞环受力分析

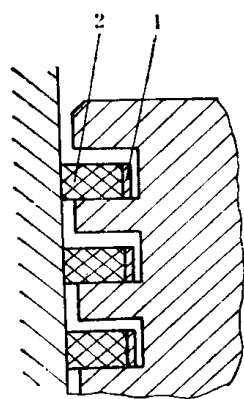


图1-2 具有张力环的活塞环

1—张力环 2—活塞环

口处不易损坏，制造与安装方便等。而斜切口环尖端易于损坏，冷流性大。搭切口环开口处也易损坏，制造不方便。因此，后两种环用得较少。

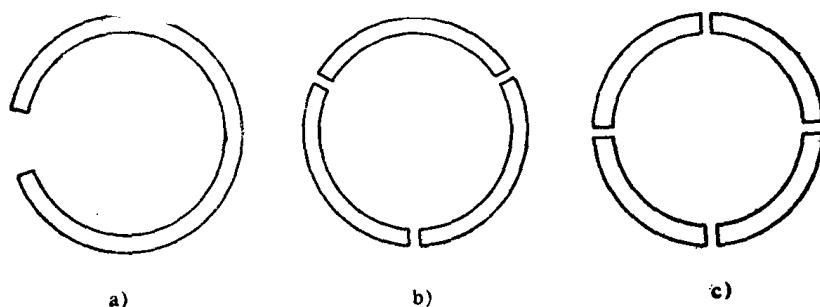


图1-3 整体活塞环和剖分活塞环

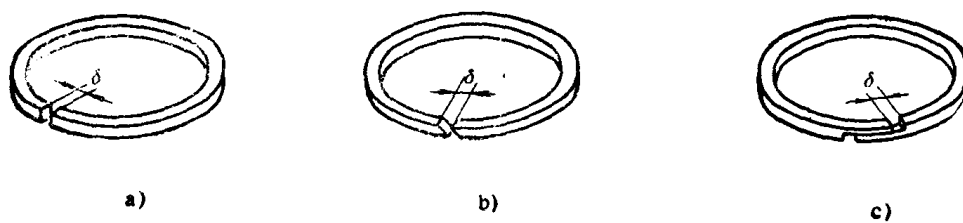


图1-4 活塞环的切口形式

为了克服直切口环泄漏量大的缺点，可采用双环结构（图 1-5），即在一个环槽内放置两个同样的直切口环，切口相互错开，气体不能直接泄漏。这种结构的密封效果较好，在中、高压的压缩机中获得广泛应用。

三、活塞环的数目

根据厄外斯（Eweis）所作活塞环的密封试验表明（图 1-6）：

a. 通过第一道环所承受的压力差最大，以后各环依次减小，并且前面三道环承受了绝大部分压力差。

b. 三环以外增加的环数，只能略微降低前面各环承受的压力差，所起密封作用不大。

c. 随着转速的增加，第一道环所承受压力差增加，其余各道环降低。

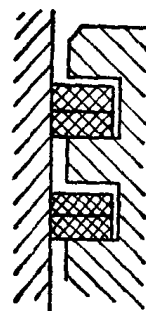


图1-5 单槽双环结构

所以，活塞环数量过多时，反而增加摩擦功，增大活塞组的尺寸和质量。但是，在高压级中，由于第一道环所承受压力差的绝对值比低压级时要大些，故磨损也快，第一道环外圆表面磨损后，环的径向厚度减薄，使切口增大，气体通过切口的泄漏量大大增加，密封失效。这时主要压力差由第二道环承担，即起第一道环的作用，其磨损也将加剧，余以此类推。

由于在高压级中前面几道环磨损很快，寿命要比低压级中短得多，为了维持高压级中环

的更换时间大致和低压级相等，所以在高压级中采用较多的活塞环数。

关于活塞环的数目，它与所密封的压差、环的耐磨性以及切口形式等有关。对于金属环

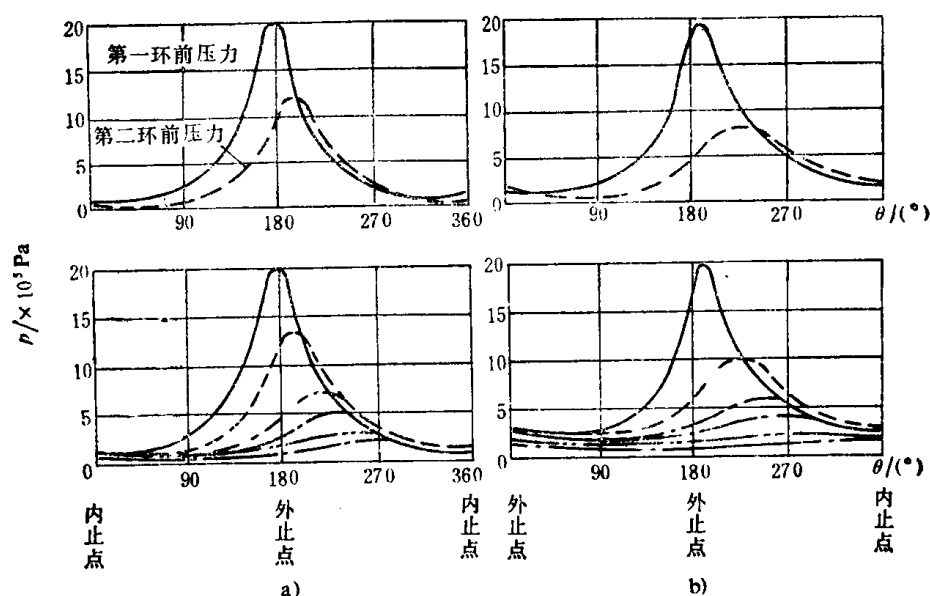


图1-6 不同转速时具有两道和六道活塞环前的压力变化

a) 200 r/min b) 400 r/min

数目的推荐值列于表 1-1。

表1-1 压差与铸铁活塞环数的关系

压 差 /MPa	~1.2	1.2~3.0	3.0~12	12~35
环 数	2~3	3~6	6~12	12~24

对于填充聚四氟乙烯活塞环，由于在压差作用下能和气缸工作面很好地贴合，密封性好，所以活塞环数比金属环少，这对减少摩擦功有利。其数目见表 1-2，可作参考。

表1-2 压差与填充聚四氟乙烯活塞环数的关系

压差 /MPa	<0.3	<2.5	<8	<20
环 数	2	3	4~5	6~8

四、活塞环主要尺寸

活塞环的截面形状一般为矩形，图 1-7 所示为具有切口的整体活塞环，其主要尺寸包括环的径向厚度 t 、轴向高度 h 、开口间隙 δ 和自由开口宽度 A 。

1. 金属活塞环

(1) 径向厚度 t 在保证活塞环比压 p_0 的情况下，应使环截面上的工作应力与装配应力不超过允许范围。对于铸铁环的径向厚度，一般可取

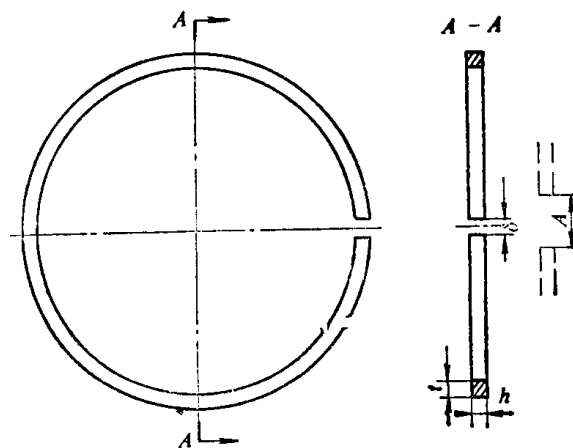


图1-7 活塞环

$$t = \left(\frac{1}{22} \sim \frac{1}{36} \right) D \quad (\text{mm}) \quad (1-1)$$

式中 D ——气缸直径，大直径的活塞环取小值，小直径的取大值， $[D]$ 为mm $\ominus$ 。

对于 $D \leq 50\text{mm}$ 的高压组合活塞环，可不考虑装配应力，为了提高耐磨寿命，可取 t

$$t = \left(\frac{1}{14} \sim \frac{1}{22} \right) D \quad (\text{mm}) \quad (1-2)$$

(2) 轴向高度 h 轴向高度对密封性能影响不大，在保证其具有足够的强度和刚度的情况下，应尽量减少 h 值，以降低摩擦耗功，一般取

$$h = (0.4 \sim 1.4) t \quad (\text{mm}) \quad (1-3)$$

直径大的取小值。为了保证气缸表面与活塞环间形成油膜， h 也不宜过小，通常限制 $h \geq 2.5\text{mm}$ 。

(3) 开口间隙 δ 活塞环装入气缸后，切口处留有环受热膨胀后的开口间隙，又称热胀间隙。可按下式计算

$$\delta = \pi D \alpha \Delta t \quad (\text{mm}) \quad (1-4)$$

式中 D ——气缸直径， $[D]$ 为mm；

α ——活塞环材料的线膨胀系数，对于铸铁 $\alpha = 1.1 \times 10^{-5} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ ；

Δt ——通常取排气温度与室温之差， $[\Delta t]$ 为 $^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 自由开口宽度 A 活塞环在自由状态下，保证环的比压所需的切口尺寸为

$$A = 7.065 p_0 \frac{D}{E} \left(\frac{D}{t} - 1 \right)^3 \quad (\text{mm}) \quad (1-5)$$

式中 p_0 ——活塞环的比压，可按表 1-3 所列范围选取；

E ——材料的弹性模数，按表 1-4 选取。

(5) 总开口尺寸 由于活塞环是易损件，在设计中应尽量选用标准件和通用件，以利生产和维修。对于铸铁活塞环的尺寸，可按表 1-5 选取。

$$A_0 = A + \delta \quad (1-6)$$

表1-3 活塞环的比压

压 缩 机 级 别	p_0/MPa
低、中压级	0.029~0.098
高压级	0.098~0.147
小直径高压级	0.196~0.294

表1-4 材料的弹性模数

材 料	铸 铁			合金铸铁	青 铜	不 锈 钢
	$D \leq 70$	$70 \leq D \leq 300$	$D > 300$			
弹性模数 E/MPa	0.95×10^5	1×10^5	1.05×10^5	$(0.9 \sim 1.4) 10^5$	$(0.85 \sim 0.95) 10^5$	2.1×10^5

$\ominus [D]$ 表示物理量 D 的单位，全书同。

表1-5 铸铁活塞环的尺寸

外 径 D/mm	径向厚度 t/mm		轴向高度 h/mm	开 口 间 隙 δ/mm		自由开口	径向弹力	质量		
	公称尺寸	偏差		直 切 口	斜 切 口	A/mm	F/N	m/kg		
20	1.4		2	0.15~0.25	0.10~0.20	0.5	8.0	0.0012		
21						0.6		0.0013		
22						0.8	9.0	0.0014		
24	1.5				0.15~0.25		0.9	10	0.0015	
25							1.1		0.0016	
26							1.6		0.0018	
28	1.7				2.5	0.20~0.30	0.15~0.25	1.15	11	0.0024
30	1.8	± 0.125	1.25	14				0.0025		
32			1.65	15				0.0027		
34			1.8	16				0.0029		
35	1.9		0.20~0.30	0.15~0.25				2.0	17	0.0030
38								2.4	18	0.0032
40								2.9	19	0.0034
42	2.0		0.30~0.40	0.20~0.30	3.6	20	0.0040			
45					4.0	21	0.0046			
48					4.5	22	0.0055			
50	2.2				5.2	23	0.0058			

(续)

外 径 D/mm	径向厚度 t/mm		轴向高度 h/mm	开 口 间 隙 δ/mm		自由开口	径向弹力	质量
	公称尺寸	偏差		直 切 口	斜 切 口	A/mm	F/N	m/kg
55	2.4	± 0.125	2.5	0.30~0.40	0.30~0.40	5.5	24	0.0070
60	2.6			0.40~0.55	0.30~0.45	6.5	27	0.0078
65	2.8					7.0	28	0.0092
70	3.0		7.5			30	0.0112	
75			9.5			32	0.0138	
80	3.2	± 0.15	3	0.50~0.70	0.30~0.50	10.0	41	0.0170
85	3.5				0.40~0.60		44	0.0180
90	3.6					11.2	45	0.0210
95	3.8					11.8	47	0.0240
100	4.0			12.2		49	0.0280	
105				14.5	50	0.0305		
110	4.1			0.50~0.70	14.8	56	0.0340	
115	4.3				15.2	58	0.0360	
120	4.4		3.5		16.8	60	0.0410	
125	4.6				0.70~0.90	17.5	63	0.0440
130	4.8					18.0	66	0.0450
140	5.0		4		0.80~1.00	0.60~0.80	21.0	80

(续)

外 径 D/mm	径 向 厚 度 t/mm		轴 向 高 度 h/mm	开 口 间 隙 δ/mm		自由开口	径向弹力	质量
	公称尺寸	偏差		直 切 口	斜 切 口	A/mm	F/N	m/kg
150	5.4	± 0.15	4	0.80~1.00	0.60~0.80	21.5	83	0.0700
160	5.6			0.90~1.20	0.60~0.90	23.6	84	0.0780
170	6.0		5		1.00~1.30	0.70~1.00	24.0	87
180	6.3	105		0.1230				
190	6.6	25.2		110			0.1380	
200	7.0	1.10~1.40		0.80~1.00	25.8	115	0.1530	
210	7.4				26.5	120	0.1690	
220	7.6	± 0.18	6	1.20~1.50	0.90~1.20	27.5	140	0.2170
235	8.1			1.30~1.60		28.7	146	0.2480
240	8.3		29.6			152	0.2540	
250	8.4		7		1.40~1.70	1.00~1.30	30.0	169
260	8.7			31.5			170	0.3490
265	8.8	1.50~1.80		1.10~1.40	31.5	170	0.3640	
280	9.2				34.0	174	0.3920	
300	10.0					1.60~1.90	180	0.4750
320	10.2	± 0.21	8	1.70~2.00	1.20~1.50	34.5	190	0.5750
340	10.8			1.80~2.10	1.30~1.60	36.0	197	0.6460

(续)

外 径 D mm	径向厚度 t /mm		轴向高度 h /mm	开 口 间 隙 δ mm		自由开口	径向弹力	质量
	公称尺寸	偏差		直 切 口	斜 切 口	A /mm	F /N	m /kg
350	11.0	± 0.21	8	1.90~2.20	1.30~1.60	38.0	203	0.6700
360	11.2				1.40~1.70	40.0	208	0.7040
380	12.0			2.00~2.30		41.0	220	0.7820
400	12.5			2.10~2.40	1.50~1.80	42.0		0.8600
420	12.8		9	2.20~2.50	1.60~1.90	46.0	250	0.9300
450	13.6			2.40~2.70	1.70~2.00	50.0	266	1.0700
480	14.3			2.50~2.80	1.80~2.10	55.0	280	1.2000
500	14.5		10	2.60~3.00	1.90~2.30	57.0	296	1.3900
530	15.6			2.80~3.20	2.00~2.40	58.0	315	1.7400
550	16.2			2.90~3.30	2.10~2.50	60.0	330	1.9350
560	16.4			3.00~3.40		62.0		2.0100
600	17.5			3.20~3.60	2.20~2.60	66.0	350	2.3120
650	18.8			3.40~3.80	2.40~2.80	74.0	380	2.6800
670	19.0	± 0.26	12	3.50~3.90	2.50~2.90		410	3.4300
710	20.0			3.70~4.10	2.70~3.10	77.0	450	3.7500
750	21.2			3.90~4.30	2.80~3.20	82.0	470	4.1500
800	22.5			4.20~4.60	3.00~3.40	88.0	500	4.6500

(续)

外 径 D/mm	径向厚度 t/mm		轴向高度 h/mm	开 口 间 隙 δ/mm		自由开口	径向弹力	质量
	公称尺寸	偏差		直 切 口	斜 切 口	A/mm	F/N	m/kg
850	23.7	± 0.26	14	4.50~4.90	3.20~3.60	93.0	600	5.1500
900	25.0			4.70~5.10	3.30~3.70	98.0	630	6.9200
950	26.2			5.00~5.40	3.50~3.90	105.0	660	7.7000
1000	27.3			5.20~5.60	3.70~4.10	115.0	700	8.3500
1100	30.0			5.70~6.10	4.10~4.50	125.0	760	10.1000

注：1. 除 D 、 h 、 t 之外，允许对表中的其它要素按不同需要进行修正。

2. 计算开口间隙时，温差取 150°C 。

2. 塑料活塞环

在无油润滑压缩机中，广泛采用了填充聚四氟乙烯活塞环。为了防止填充聚四氟乙烯因受力而产生冷流，轴向高度应稍大些。为延长工作寿命，径向厚度也应大些。由于塑料线膨胀系数大，所以活塞环与环槽的轴向间隙、活塞环的开口间隙均应大些。

填充聚四氟乙烯活塞环的尺寸，可按下列公式计算

(1) 径向厚度 t

$$t = \frac{\sqrt{D}}{1.5} \quad (\text{mm}) \quad (1-7)$$

(2) 轴向高度 h

$$h \leq t \quad (\text{mm}) \quad (1-8)$$

(3) 开口间隙 δ

$$\delta = (0.028 \sim 0.032) D \quad (\text{mm}) \quad (1-9)$$

(4) 轴向间隙 δ_1 (图 1-8)

$$\delta_1 = (0.025 \sim 0.03) h \quad (\text{mm}) \quad (1-10)$$

(5) 径向间隙 δ_2 (图 1-8)

$$\delta_2 = 0.01 D \quad (\text{mm}) \quad (1-11)$$

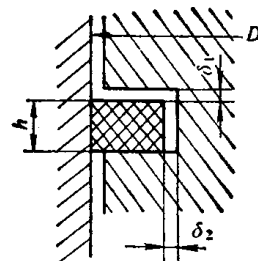


图1-8 活塞环的
装配间隙

活塞环的具体尺寸，详见表 1-6，可作参考。

对于大直径或用于高压差密封的活塞环，配置张力环是有利的。对于分瓣活塞环，必须使用张力环。张力环的比压，比铸铁环可取小一些。一般为

$$p_0 = (0.02 \sim 0.03) \text{ MPa} \quad (1-12)$$

这是由于填充聚四氟乙烯活塞环容易变形，并能和气缸工作面很好地贴合，所以不要很大的比压。如果环的比压过大，会损伤活塞环并影响其使用寿命，而且使活塞环的工作应力增大。对于本身具有一定弹性的塑料活塞环，还应减去自身的比压。

张力环的材料，常采用不锈钢制造。在易燃易爆气体的压缩机上，为了避免产生火花，

表1-6 填充聚四氟乙烯活塞环的尺寸/mm

外径 D	径 向 厚 度 t		轴 向 高 度 h		轴向间隙 δ_1	开口间隙 δ		径向间隙 δ_2
	公称尺寸	偏 差	公称尺寸	偏 差		公称尺寸	偏差	
30	5	± 0.06	5	-0.08 -0.18	$0.10 \sim$ 0.20	1.5	+0.5	1
35								
40								
50								
55								
60								
65	6	± 0.06	6	-0.10 -0.20	$0.18 \sim$ 0.28	2.5	+0.6	1.5
70								
75								
80								
85								
90								
95	8	± 0.08	8	-0.15 -0.25	$0.10 \sim$ 0.20	3.5	+0.5	1
100								
105								
115								
120								
125								
130	10	± 0.10	10	-0.15 -0.25	$0.18 \sim$ 0.28	4.5	+0.6	1.5
135								
140								
145								
150								
155								
160	10	± 0.10	10	-0.15 -0.25	$0.18 \sim$ 0.28	5.5	± 0.8	1.5
165								
170								
175								
180								
185								
190	10	± 0.10	10	-0.15 -0.25	$0.18 \sim$ 0.28	5.5	± 0.8	1.5
195								
200								
205								
210								
215								
220	10	± 0.10	10	-0.15 -0.25	$0.18 \sim$ 0.28	5.5	± 0.8	1.5
225								
230								
235								
240								
245								