

液压和气动设备的密封

YEYA HE QIDONG SHEBEI DE MIFENG

胥德孝 编

机械工业出版社

液压和气动设备的密封

胥德孝 编

机械工业出版社

本书介绍广泛应用于液压和气动设备中的各种密封元件的结构、性能和选用。可供从事液压和气动设备的设计、制造和维修单位的工人和技术人员参考。

液压和气动设备的密封

胥德孝 编

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证出字第117号）

丹阳人民印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $3 \frac{3}{4}$ · 字数 83 千字
1979年7月江苏第一版·1979年7月江苏第一次印刷
印数 00,001—59,000 · 定价0.32元

统一书号：15033·4594

目 录

一、概述	1
1. 密封的作用和意义	1
2. 密封的分类	2
3. 密封材料	3
4. 密封的选用	10
二、O形密封圈	16
三、Y形密封圈	42
四、V形密封圈	69
五、U形密封圈	79
六、L与J形橡胶密封圈	87
七、组合与金属密封垫圈	88
1. 组合密封垫圈	88
2. 金属密封垫圈	91
八、活塞环密封	92
九、间隙密封	95
十、防尘密封圈	97
十一、油封	102
十二、密封装置的摩擦阻力	117

一、概 述

密封是防止液体泄漏（内泄与外泄）或杂质（尘埃、空气和水等）从外部侵入液压系统内的机构。

在液压或气动技术中一个很重要的问题就是如何防止泄漏，为了防止泄漏，大多采用具有弹性或易变形的材料做密封件。

1. 密封的作用和意义

虽然密封件是液压和气动设备中的附件，它与整台设备相比是微乎其微的，然而密封件却与三漏（漏油、漏水、漏气）有直接联系。密封的好坏对整台机器的效率和性能都有很大影响，它在一定程度上反映出机械产品的质量水平。个别密封件的失效，所造成的损失可能是密封件本身价值的千万倍。

密封技术与液压技术的发展是密切相关的。液压技术的发展促进了密封技术的发展，反过来密封技术的发展也对液压技术的发展起着很大作用。近年来，由于军事工业、尖端技术以及工业交通运输等部门机械化、自动化水平的提高，对密封技术提出更高的要求，促进了密封技术的进一步发展。

2. 密封的分类

图1所示为液压、气动设备中的密封件的分类。

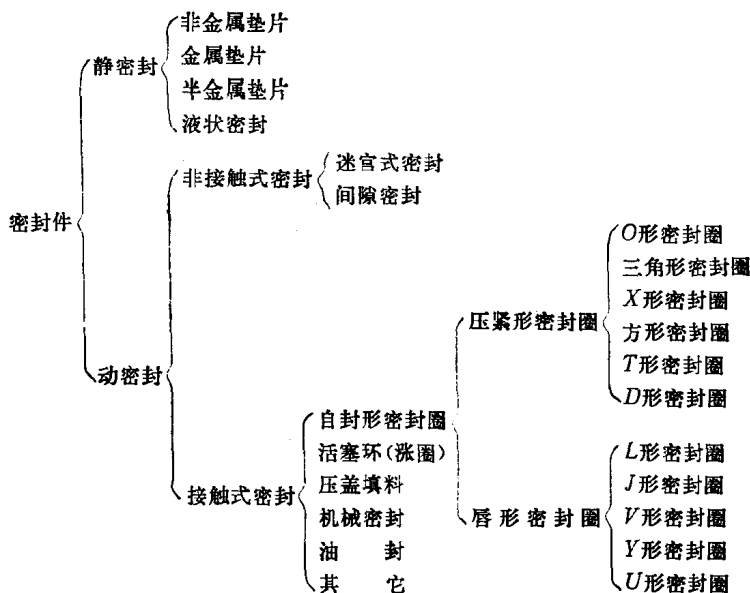


图 1 液压、气动设备中的密封件分类

凡是装在压力容器或管道的法兰面、机器的结合面以及其它固定面之间，通过螺栓或其它方法紧固而进行密封的称为静密封件。静密封件大部分采用非金属垫（主要有O形橡胶密封圈、橡胶垫、石棉橡胶垫、纸垫、尼龙垫等），此外还有金属垫（如铜垫和铝垫等）以及由金属垫和非金属垫组合一体的组合密封垫。

凡是液压缸和柱塞泵等的往复运动部分、轴向旋转部分、阀门的螺旋运动部分以及运动方向不同的滑动部分所采用的密封件称为动密封件。往复运动通常采用唇形密封圈。旋转运动一般采用油封、机械密封或O形密封圈等。

接触式密封中自封形密封圈应用最广，自封形密封圈又分为压紧形和唇形密封两种。

所谓唇形密封是指内外径双方都带有唇边的环形密封圈。安装后密封唇边直接和工作面接触，并贴紧工作面（例如：贴紧缸筒的内表面或活塞杆的外表面），密封唇边具有过盈尺寸，安装后，在没有液体压力的情况下由压缩力实现密封。在液体的压力作用下，密封唇边对工作面封得更严密，保证了在压力下的密封作用。液压和气动设备上所采用的唇形密封圈主要有V形、Y形、U形、L及J形等。

压紧形密封圈是将密封圈装在密封沟槽中形成适当的预压缩量，借助于材料的反弹力压紧密封面而起密封作用的。压紧形密封的典型代表是O形密封圈，在此基础上又出现了三角形、方形、X形等一些特殊形状的压紧形密封圈。

3. 密封材料

密封性能的优劣，除了密封装置的结构形状外，密封材料对工作介质的适应性也是决定密封效果的重要方面。

密封材料分为非金属和金属两种。

非金属密封材料有石棉、麻、布、皮革、天然橡胶、合成橡胶及合成树脂等。过去多用石棉、麻、布、皮革等材料，现在以天然橡胶、合成橡胶和合成树脂为主，其中合成橡胶是最重要的一种密封材料，其使用范围十分广泛。在合成橡胶中，耐油性好的丁腈橡胶是其代表品种，用量也最多。

为了适应使用条件，橡胶密封材料的合理选用是十分重要的。表1所列为几种常用橡胶密封材料的特点和应用范围。

表1 几种橡胶密封材料的特点和应用范围

橡胶种类	使用温度 ℃	主要特点	应用范围
天然橡胶 合成天然橡胶	-50~+120	富有弹性耐磨性等, 机械性能良好	可用于水和乙醇,不能用于矿物油
丁苯橡胶	-30~+120	耐磨性和抗老化性比天然橡胶好	不能用于矿物油中,可用于水、乙醇和汽车的刹车油中
丁二烯橡胶	-70~+120	比天然橡胶的弹性和耐磨性好	可用于水和乙醇,不能用于矿物油
氯丁橡胶	-40~+130	耐风化性、抗臭氧性、耐热性、耐腐蚀性等均好,透气性小	可用于气动设备和要求耐腐蚀的场合,不能用于苯氨点低的矿物油中
丁基橡胶	-30~+150	耐风化性、抗臭氧性、抗透气性好,能耐极性溶剂	用于磷酸酯系工作油,不可用于矿物油中
丁腈橡胶	-50~+120	耐油性、耐磨性、抗老化性能良好	广泛用于液压、水压和气动设备中,不可用于磷酸酯系工作油中
乙丙橡胶	-50~+150	抗老化性、抗臭氧性、在极性液体中抵抗性好	用于磷酸酯系工作油和加热蒸汽,不能用于矿物油中
聚氨酯橡胶	-30~+80	机械强度、耐磨性和耐压性好	用于液压或气动设备中。高温下易水解,用作水及水溶液的密封时应注意

(续)

橡胶种类	使用温度 °C	主要特点	应用范围
聚丙烯橡胶	-10~+180	在高压下耐油性好	用于高温液压设备
硅橡胶	-70~+230	有很高的耐热性和耐寒性, 耐油性也好	高温用 (但只能作静密封件)
氟橡胶	-30~+200	具有高耐热性和耐腐蚀性	用于高温液压及要求耐腐蚀的场合
聚硫橡胶	0~+80	高的耐油性、耐溶剂性	耐汽油, 用于有机溶剂 (只能作静密封)
氯磺化聚乙烯橡胶	-30~+150	抗老化、耐臭氧、耐风化性、耐腐蚀、耐磨性好	用于高温及要求耐化学药品的场合

在超出橡胶材料规定的温度和耐化学腐蚀的条件下, 不能使用合成橡胶时, 可采用聚四氟乙烯。在高温高压下无法使用合成橡胶、合成树脂等材料时则用金属材料。

不管那种密封材料一般应具备下列要求:

- 1) 抵抗工作介质浸蚀的能力强, 长期工作体积和硬度变化小。
- 2) 弹性和压缩复原性好, 永久变形小。
- 3) 材质致密性好, 不渗漏。
- 4) 适当的机械强度和硬度。
- 5) 具有能与密封面贴合的柔软性和弹性。
- 6) 耐低温和高温性能好, 高温下不分解、软化, 低温下不硬化。
- 7) 既不腐蚀也不粘在金属表面上。
- 8) 摩擦系数小, 耐磨性好。

9) 耐臭氧性和耐老化性好, 经久耐用。

10) 加工制造方便, 价格便宜。

任何一种材料往往不能全面的满足上述这些要求, 使用时必须根据工作条件, 使用要求选取最适宜的材料。

(1) 合成橡胶

合成橡胶品种很多, 是目前采用最普遍的密封材料, 它具有作密封材料所必需的优良弹性和机械强度, 又有较好的耐油性和耐热性。用不同的配方制作的合成橡胶其性能是不相同的, 因此, 应根据各种不同的工作介质、温度范围及使用条件进行合理的选取, 才能获得满意的密封效果。

合成橡胶制做的密封件分为用纯橡胶和夹织物橡胶两种形式。

纯橡胶材质的密封件弹性好, 伸长率大可以扩张安装, 密封装置简单, 但强度较低, 抗挤入密封间隙能力差, 使用工作压力低, 一般工作压力在 200 公斤力/厘米^2 以下, 最大为 320 公斤力/厘米^2 。纯橡胶密封圈都是整圈的, 常采用的形式有 *O* 形、*Y* 形、*V* 形、*L* 和 *J* 形等。这种材料的密封圈对被密封零件的制造精度和表面光洁度要求最高, 密封部位的支承间隙最小, 偏心率最低。为了提高工作能力, 常与皮革或合成树脂制做的挡圈联合使用。

夹织物橡胶由于橡胶中填充了织物, 提高了密封圈的抗拉强度、抗挤能力和耐磨性, 因此工作压力较高, 一般工作压力在 320 公斤力/厘米^2 以下, 最高可达 630 公斤力/厘米^2 。对密封零件的制造精度和表面光洁度要求都比纯橡胶低。夹织物橡胶的弹性和伸长率较差, 不能扩张安装, 常用的形式有 *V* 形、*U* 形和 *Y* 形。通常所用的夹织物是棉的, 在高温下则用石棉的, 在高强度和高弯曲条件下则用尼龙织物。

合成橡胶中采用最多的是丁腈橡胶和聚氨酯橡胶。这里再介绍一下密封用橡胶和聚氨酯橡胶的一般性能特征。

按化工部密封橡胶制品标准 (HG 4-329-66) 规定, 密封橡胶制品用胶料按其特性可分为四组:

- I: 耐油胶料;
- II: 普通胶料;
- III: 耐热胶料;
- IV: 耐酸碱胶料。

其中耐油胶料的特性及工作条件见表 2, 物理机械性能见表 3。

聚氨酯橡胶的特性及工作条件见表 4, 物理机械性能见表 5。

温度的变化对橡胶材料的机械物理性能有很大影响, 长时间的高温作用, 其延伸率、弹性、硬度和抗张强度等会变坏, 导致过早老化。长时间低温作用, 会使密封圈的形状和弹性恢复能力大大降低、硬度增高, 并且脆化。因此, 在确定采用某种密封时必须保证橡胶材料的允许使用温度范围。

表 2

组 别	硬度范围	胶料特性	工作压力级别	工作温度范围 ℃	工 作 介 质
I-1	低硬度	耐 油	低 压	-25~+80	润滑油、燃料油、液压油等
I-2	中硬度		中 压		
I-3	高硬度		高 压		
I-4					

表 3

项 目		组 别			
		I—1	I—2	I—3	I—4
硬 度 (邵尔A型), 度		55 ± 5	65 ± 5	75 ± 5	85 ± 5
扯 断 力 (公斤力/厘米 ²), 不小于		80	100	100	100
扯断伸长率 (%), 不小于		350	300	250	150
扯断永久变形 (%), 不大于		30	25	25	20
脆性温度 (°C), 不高于		-35	-30	-30	-25
老化系数 (70 ± 2°C × 96小时), 不小于		0.7	0.7	0.7	0.8
耐 油 重 量 变 化 率 (%)	120号汽油(75分) + 苯(25分)				
	15~25°C × 24小时, 不大于	+25	+25	+25	+20
	15号机油, 70 ± 2°C × 24小 时, 不大于	+5 -3	+5 -3	+5 -3	+4 -2

表 4

胶 料 组 别	硬度范围	胶料特性	工 作 压 力 (公斤力/厘米 ²)	工作温度范围 °C	工作介质
聚氨酯-1	低硬度	耐 磨 耐 油	0~25	-40~+80	矿 物 油、空 气
聚氨酯-2	中硬度		25~80		
聚氨酯-3	中高硬度		80~160		
聚氨酯-4	高硬度		160~320		

表 5

项 目	胶 料 组 别			
	聚氨酯-1	聚氨酯-2	聚氨酯-3	聚氨酯-4
硬 度 (邵尔A型), 度	60±5	70±5	80±5	90±5
扯断强度 (公斤力/厘米 ²), 不小于	300		400	
扯断伸长率 (%), 不小于	600		500	
扯断永久变形 (%), 不大于	11			
脆性温度 (°C), 不高于	-50			
老化系数 (100°C×24小时), 不小于	0.9			
耐油重量变化率 (%) 120号汽油 (75分) + 苯 (25分), (18~28°C) × 96小时, 不大于	1.5			
耐油体积 变 化 率 (%)	20号液压油不超过(100°C±2°C) × 24小时		0.5	
	上稠40-1液压油(100°C±2°C) × 24小时, 不超过		0.5	
平衡吸水率 (%) 70°C×96小时	0.79~0.87			
比 重 (克/厘米 ³)	1.15			

(2) 皮革

皮革用作密封材料较早, 它是一种纤维组织的材料, 具有柔性, 很高的抗拉强度和耐磨性。根据鞣制方式的不同可将皮革分为植鞣革、铬鞣革和混合鞣革。前一种用于水压系统, 后两种用于液压系统。皮革是多孔性的材料, 能吸油, 有自润滑作用, 故摩擦系数低, 起动摩擦阻力小。为防止高压产生渗透, 所以在密封圈成型的时候须经浸渍处理。充填剂过去常用石蜡, 现在多采用合成橡胶, 处理后可以保证完全不漏, 但自润性降低, 摩擦系数增加, 所以有时采用局部

浸渍，使密封圈既不产生渗透又保持自润滑的工作表面。

皮革密封对接触面和有关零件的制造精度要求较低，能用于光洁度较差的滑动表面；它的抗挤能力强，允许密封部位的支承间隙较大；它的工作强度范围宽，尤其是低温性好，在低温下不会变硬，皮革密封可耐高压，最高压力可达1000公斤力/厘米²。

皮革是一种天然材料，性能差别很大，作为密封的皮革必须是高质量的，因此，皮革密封圈的取材较难成本较高，形状也受到限制，所以现在皮革密封圈的使用已逐渐减少。

(3) 合成树脂

常用合成树脂密封材料有聚四氟乙烯、聚氯乙烯、聚乙烯和尼龙等。具有化学性能稳定、机械强度高、耐压、耐冲击、耐磨性好、摩擦系数小，但是缺乏像橡胶那样的弹性、柔性，并且硬度随温度改变较大。由于强度高和抗挤能力高，往往用来作为密封圈的支承环，用聚四氟乙烯制成的O形密封圈的挡圈比用皮革制的挡圈效果好。

(4) 金属

金属做密封材料的特点是强度高，在高温、高压和高速下不会发生过分的变形和磨损，在温度变化很大的情况下仍能有效的密封，比软密封摩擦力小。在高温条件下金属密封作为静密封应用较广，也可作往复运动的密封。常用金属材料有铸铁、钢、铝、铜、不锈钢和蒙耐尔合金等。铸铁一般用作往复运动活塞上的密封环，铜和铝垫用作静密封垫，不锈钢一般多作为空心金属密封环材料。

4. 密封的选用

根据使用条件，正确地选择和使用密封是一项十分重要

的工作，如果选用的合理，不仅能提高设备的性能和效率，而且也能延长密封的使用寿命。若选用的不当，即便是高质量的密封，也会发生严重的泄漏和密封过早的损坏，影响设备的正常运转。

密封性能的优劣与很多因素有关，沟槽尺寸不正确，接触面光洁度过低，密封间隙取的过大，使用中维修不当，装配粗糙以及密封件选用的不合理都会造成泄漏，对泄漏问题应从多方面去分析。

在选择密封时，除了要保证良好的性能外，还必须具有较高的使用寿命，因为密封件是一种易损零件，需经常更换，更换一个密封件所耗费的代价往往超过密封件本身价格，因此，选择密封时首先应考虑它的质量和使用寿命。

为了正确的选出所需要的密封，必须熟悉各种密封的形式及特点，密封材料的特性和使用条件（如工作压力大小、工作环境温度高低、运动部分的速度快慢、润滑情况等），并进行综合考虑。

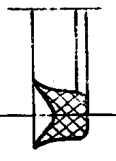
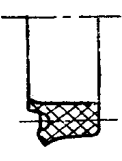
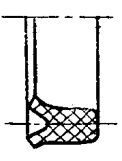
每一种结构形式的密封都有一定工作压力、温度和应用范围，为选取时分析对比方便，现把我国常用的几种密封件列于表 6。

密封装置的好坏直接影响液压或气动系统的工作优劣（所谓密封装置指的是包括密封件、沟槽、挡圈和支承环等部分组合起来形成的密封机构）。因此，对密封装置应有一个基本的要求。

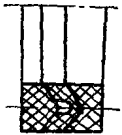
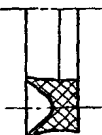
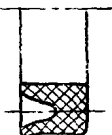
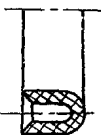
1) 在工作压力下具有良好的密封性能，并随着压力的增加能自动的提高密封性能，即泄漏在高压下没有明显的增加。

2) 密封装置对运动件的摩擦力要小，摩擦系数要稳

表 6

名称	结构形式	材 料	工作压力 (公斤力/厘米 ²)	工作温度 (°C)	工作介质	应 用	标 准 号
O 形 密 封 圈		橡胶 I ~ I	<320	-40 ~ +100	空气、水、 矿物油等	适用于静止、往 复和旋转运动密封	GB1235-76
		橡胶 II	<25	-25 ~ +80	20% 硫酸、 盐酸		
Y 形 橡 胶 密 封 圈		橡胶 I	≤200	-25 ~ +80	润滑油、燃 料油、液 压油等	往复运动密封	HG4-335-66
		橡胶 II		-40 ~ +60	空气、水		
不 Y 形 等 密 封 脚 小 圈		聚氨酯橡胶	≤320	-20 ~ +80	空气、矿物 油	往复运动密封、 耐磨性极好	Q/ZB248-77
等 Y 形 密 封 脚 小 圈		聚氨酯橡胶	≤320	-20 ~ +80	空气、矿物 油	往复运动密封、 耐磨性极好	

(续)

名称	结构形式	材料	工作压力 (公斤力/厘米 ²)	工作温度 (°C)	工作介质	应用	标准号
V形橡胶夹密封织物圈		橡胶 I	≤500	-25~+80	润滑油、液 燃料油、压 油等	适用于压力高， 运动速度大、柱塞 直径较大情况下的 往复运动密封	HG4-337-66
		橡胶 I		-40~+80	空气、水		
V形塑料密封圈		聚氯乙烯	≤320	-10~+60	油、水	往复运动密封	
U形橡胶夹密封织物圈		橡胶 I	≤320	-25~+80	液体、气体	直径较小，运动 速度慢的小柱塞往 复运动密封	HG4-336-66
U形橡胶密封圈		橡胶 I~I		-25~+80	液体	往复运动密封	HG4-334-66