

内部资料

橡胶参考资料

《密封与衬垫》

专辑 2

1974

序 言

密封和衬垫这个题目很广泛,要求在一本简单的书里把全部密封问题都包括进去未免有点冒昧,特别是流体密封问题及不同工业部门对密封的要求变化都很大。也许是由于这个原因,对于“密封”和“衬垫”之间的差别以及它们各自的优缺点才常常引起混乱。同时,在近年来,许多专用密封件有了很大的发展,其中有许多由于其结实性和高效率受到了特别的注意。

本书基本上想成为一本“密封使用者”的书,它试图把有关密封件、密封材料和流体密封的各个方面进行分类和介绍,有关逻辑标题是与现代密封术语和现代密封件设计和选择方法一致的。本书还希望能把各种类型密封件的特性、用途和可能认识到的缺点叙述清楚,以作为选择使用密封件的基础。

但是,不能过分强调一个密封问题的重要性或苛刻性,更重要的是密封件类型、材料甚至尺寸的选择应该与适当的密封件或衬垫的生产单位共同协作。这种协作在早期阶段就进行收效最好。任何一种密封的设计都有它的主要特点,应考虑整个零件的设计,不要在设计完成之后存在某些与其他方面不相适应之处。这样既省时间又节约成本,而且会使整个设计工作搞得更好。

密封件的大多数用途都不包括苛刻的因素,在这样的情况下,根据一般性能特征选择标准密封件通常都是满意的,只要适当地应用它们于工作场合就行。例如标准密封件O形圈其作用和性能非常广泛,本书将单列一章进行详细分析。但是,即使在此种情况下还是应该记住,O形圈的生产部门对O形圈的作用要比个别使用者具有更实际的知识,因此他们能给予非常有价值的帮助。这样一来,就不再需要详细说明确定密封件所需要的尺寸(或类型)的全部使用条件,而只需简单地规定一个特征尺寸。

没有密封件和衬垫生产部门的及时协助要编写好本书是不可能的,在此敬表感谢。作者在本书里也留下了一些令人讨厌的地方,就是借章节标题中所选用的名称来说明某些专门的密封件,而在同样的标题内省略了其他意义相同的说明词。本书是想以简短的篇幅补充各生产厂的活页资料、规范和产品目录以提供一种基础的全面的参考,而不是要取代它们,同时,它也不是一本总览,因为时间和篇幅都不允许把所有东西全部包括进去。特殊结构的密封和衬垫也附带提及,并根据需要在各类中有所取舍。

R. H. 韦林

目 录

序言

第 一 章	密封的机理.....	(1)
第 二 章	密封件用材料.....	(13)
第 三 章	密封件用材料的性能.....	(20)
第 四 章	接头、垫片与静态密封件.....	(38)
第 五 章	压缩衬垫.....	(52)
第 六 章	“O”形圈密封件.....	(65)
第 七 章	其它环型密封件.....	(81)
第 八 章	挠性密封件.....	(101)
第 九 章	防尘圈.....	(121)
第 十 章	油封.....	(127)
第十一章	旋转轴密封件.....	(142)
第十二章	活塞密封件.....	(157)
第十三章	零漏的及类似的密封件.....	(167)
第个四章	高温密封件.....	(175)
第十五章	高压密封件.....	(181)
附录:	部分密封件英汉词汇对照表.....	(185)

第一章 密封的机理

所谓密封，主要是指用来封闭间隙或防止流体泄漏的装置，尽管根据特殊用途，可能还有其它作用，但主要作用不外如此。由于各种密封件的差别很大，不能笼统地加以叙述，而需要加以分类和给以定义。这对于往往由于不够严谨而引起概念混乱的密封术语来说也是需要的。

密封件与接头件 (joint) 的区别在于用途不同，密封件通常是用来密封两个作相对运动的部件（一般为金属件）之间的环状间隙，这就是所谓的**动密封**。接头件，一般是用来密封两个不变的或相对静止的两个零件之间的间隙，这就是所谓的**静密封**。密封件材料可以分别参考接头材料或垫片材料。但是许多动密封件也可以用作静密封件，对于这种用途也都叫做密封件。

动密封的另一个叫法，叫做衬垫或压盖衬垫。这种叫法是根据拉杆，轴或活塞进行动密封的原始方法而来的，它由弹性或半弹性材料制成衬套或填料函片通过局部接触的方式形成一个物理障碍以防止泄漏，如图 1-1 所示。虽然现有各种衬垫材料的种类和性能发展很大，但这种密封方法现在还有，而且实际上已成了一种专用标准。通常是将适当切面的衬垫材料，切成长条镶在密封装置内形成一系列开口环，然后把压盖螺母拧紧使各开口环紧密地压缩在一起，并在衬垫与滑动表面之间造成径向压力。这种压缩型密封是真正的衬垫，既可以用于动密封，也可以用于静密封。

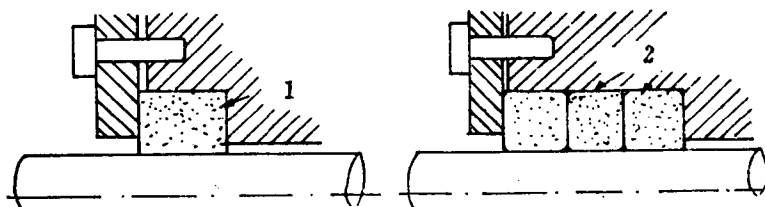


图 1-1

1-填函密封件 (gland); 2-衬垫密封环。

密封组

密封装置可以采用一系列整体模压的或者制作的密封圈构成，如图 1-2。这种密封件虽然更正确的叫法应为密封件组 (Set) 但仍然还是“衬垫”。尤其是在具有自封性能而不依靠压缩来提供密封的特殊密封圈更是这样。每个密封圈都是一个有效动密封件，许多密封圈的组合所构成的填函密封装置也可以使用专用压环 (header)，因此整个装置就成了一个特定的密封组。事实上整体的密封圈对于模压或制作密封圈来说无关紧要，为了便于装配，实际多采用分割式。用密封圈的组合构成一个填密函盖，叫做一个密封组，特别是在密封圈有自

密封柔软部分的情况。密封组只用于动密封。

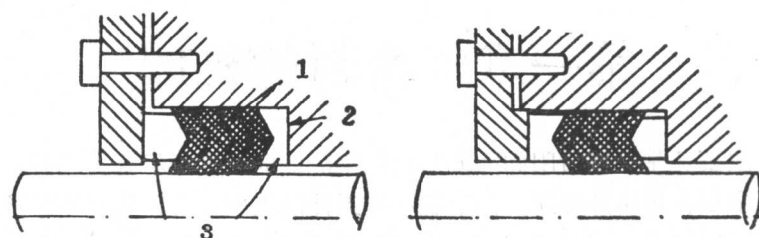


图 1-2

1-密封圈；2-填函密封装置；3-压环。

单个密封圈

这种单个装用的密封圈，确切的应叫做密封件。这种密封件的壳体作成与密封件断面适当配合的简单沟槽。它不用于压盖密封装置的地方在于它不能调整密封件原始的压缩或挤压量，挤压的程度完全取决于沟槽的深度和间隙（见图 1-3）。环形密封件的简单沟槽直到现在还常常叫做‘填函（gland）’，这个术语一般也用来说明装配密封圈的间隙空间，例如供压入（SquaSh）O型圈用的空间。

上面已经谈了真正的衬垫和柔韧唇环形密封件的主要区别。衬垫只是依靠压缩来提供密封。曲挠唇或压缩密封件在装配时就有一定量的压缩预应力，但是对装配密封件表面的径向压力的大小，靠液压传递的流体压力通过密封件本身的曲挠性来提供。为了补偿磨损，可进一步调整压缩量。

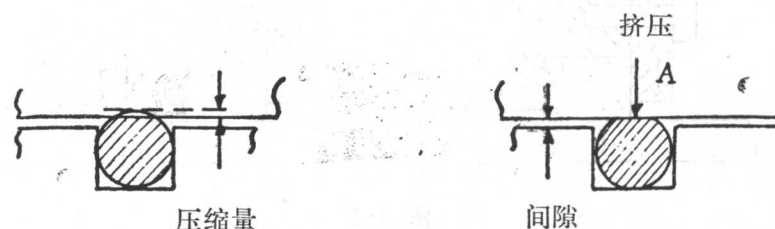


图 1-3

压缩型密封件（或衬垫片）要求所用的材料和断面要能易于压缩。形状刚度要小，一般要能适应易压缩性，以便密封件表面能够随时适应配合表面的形状或状态，因为一般来说配合表面都具有很高的刚度。为了造成密封，直到密封件必须施加压缩或预负荷表面的单位压力大于被密封表面的单位压力。如图 1-4，只要压力能保持超过被密封介质的压力就不会有局部泄漏通道。这里需要注意的只是要确保外部的压力不要太高，或者是间隙不要太大，以防密封件或衬垫片被挤进间隙。

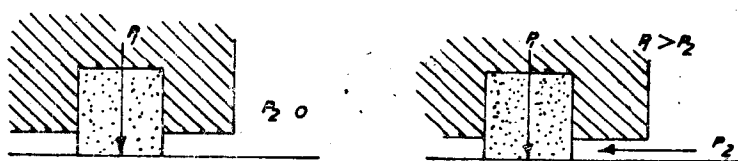


图 1-4

挠性密封件

挠性密封件要求所用的材料是不可压缩(或不能很大的压缩)的,但又要可曲挠,而具有低的形状刚性。柔性密封件在装配时稍有变形,这种变形会给密封唇一个预应力,见图1-5。当密封件受到介质压力时,预应力(p)受到通过密封唇传递的介质压力(p)的加强,因此,在密封表面上的压力($P + p$)始终大于介质压力,这样就能确保可靠的密封。对于密封唇来说,具有高度的柔顺性,因此,没有局部的泄漏通路;而且密封件在其安装槽内整个密封断面周围均保持密封作用。

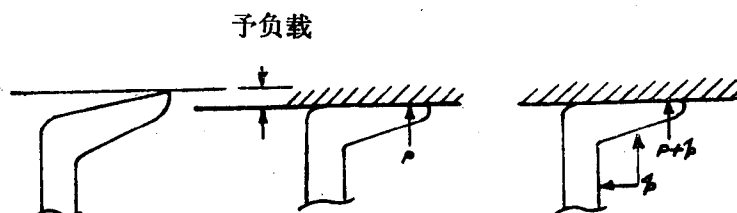


图 1-5

压缩型密封件

压缩型密封件主要用于静密封,因为在静密封中不需要考虑磨擦或磨损问题,因此压缩量可以根据需要增加,直到压缩压力大于要密封的压力。对于垫片,要求配合表面光洁平整,以便施加初始压缩使配合表面与垫片之间没有间隙,然后再给垫片材料本身施以压力,以达到所需要的密封压力。如果在最后拧紧时不平直或不均匀当压力作用的时候在垫片中就会引起压缩压力的变化,结果会使得在垫片的局部位置上仅仅有最小的压缩值。

压力强化 (Pressure-energised) 密封件

压力强化密封件为普通接头密封方法所不能实现或不理想的静密封可提供一种代用方法,并可较简单的解决弹性体材料在其所许可的最大操作范围内工作温度的问题。虽然这包含着使用柔性密封件,但柔性一般最好是经过选材来达到,而不是靠密封唇断面来取得。由于整个断面的变形,便得到压力强化作用,如图1-6中的O型圈。在这种情况下,最苛刻的因素通常是柔性部分被挤进间隙空间。间隙空间越小,密封件就能够抗住愈高的压力而不被挤进间隙。如果间隙完全密合,便能用简单的密封圈适应很高的静压力(见第六章)。在这种情况下,弹性体的部分可以纯粹作为压缩密封件来操作,其单位表面压力大于挤压所产生的被密封的压力。在这样的情况下,密封件肯定会出现永久变形,因此有可能需要更换破坏

了的接头密封件并重新安装。

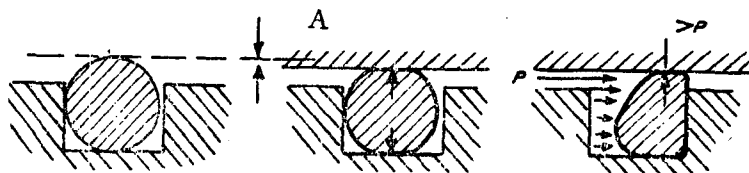


图 1-6

A = 挤压予负载

动密封件

动密封件要求在密封面和摩擦磨损表面之间提供一个满意的中间物。因为压缩型密封件必然有一个很大的预应力，因此摩擦很大。这种现象在一定范围内可通过选择衬垫或密封件材料来解决，在衬垫情况下也可以通过紧固填函盖来进行调整以达到符合密封程度的最小的压缩量，同时允许有一定量的泄漏。要定期对表面发生磨损的衬垫进行再调整。这是大部分填函密封装置正常的要求。

对于压缩密封件来说，不管实际压力如何，密封件的摩擦必然很大。因此，如果在特别高的压力下调整压盖来进行密封，则其压缩量将比低压工作时所需要的压缩量要大。所以静摩擦的破坏力也就比动摩擦大，但是这种差别对于浸有或涂有聚四氟乙烯的衬垫不是太大的。用于动密封的压缩密封件的另一个主要缺陷是其体积通常要比压力强化密封件大得多。

但究竟用哪一种形式最好，得根据用途而定。就旋转运动，特别是重载旋转运动，填函式密封装置一般有较强的耐火性，并且可以说是唯一的一种型式，这种型式可以采用耐高温或适于在苛刻的条件下使用的合适材料（见第五章）。另外，具有柔性密封唇（压力强化）的密封件或密封组，一般说来对于往复运动具有优异的性能，甚至在极端苛刻的条件下（指在所用的材料最大的工作温度范围内），也具有较小的摩擦和磨损。但是所有柔性密封断面可能受他们所能承受的不造成挤出或过份变形的压力的限制，同时由于现有的各种设计变化很大，需根据使用 and 装配条件个别进行研究。

密封件的润滑

对于各种类型的动密封件来说，不管是压缩密封件还是压力强化密封件，密封接表面的润滑对于密封件的性能和寿命都有着重要的作用。可能只有与其它滑动表面接触时，滑动表面具有非常低的摩擦系数的聚四氟乙烯表面，能不进行润滑而磨损却很小。在“湿”应用中，被密封的流体本身就能提供有效的润滑。对于密封干燥气体、水溶液或蒸汽的密封件，因流体本身不是润滑剂，故需用润滑剂对于密封面进行润滑，或者是采用含有润滑剂的密封材料。这就要求特殊的密封件设计，或者从材料方面选择合适的密封件或衬垫的种类。

在既是被密封的流体，同时也是润滑剂的情况下，可以预料，密封件表面将被很薄的流体薄膜分开，而不与装配表面直接接触，这种薄膜可能比正常的边界层还要薄。保持该隔离薄膜可使密封件在工作中处于润滑状态，而具有最小的磨损和摩擦。但是在流体动力学表面薄膜中的任何粒子，如金属表面粗糙度的凸峰，或者是隐藏在密封件表面下的磨损粒子，都会引

起摩擦和磨损的增加。

在往复运动的密封件中，在密封件的“干燥”侧会保持这种流体动力学薄膜。因此在密封拉杆时，拉出的拉杆便具有一个油薄，这个油膜从泄漏的角度来看是不需要的，但是它对密封面的再润滑却相当有用。如果密封件具有“擦拭”作用，如使用压缩型密封件，这种油膜在拉杆的再一个冲程时便会通过密封件脱掉(见图1-7)。

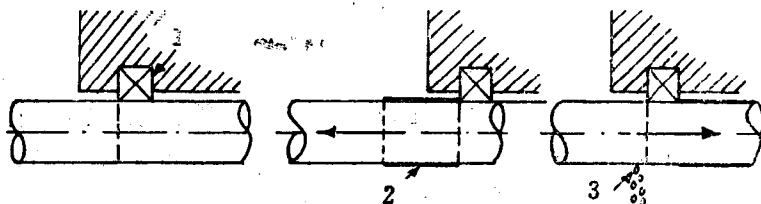


图 1-7

1-密封件；2-拉出油膜；3-泄漏。

真正的泄漏是指从拉杆上实际流失（或者是在密封“干燥”面连续积累）的油或液体的量。在压缩型密封件中，除非衬垫是自润滑的（这时有可能会通过增大压缩量来阻止泄漏）一般需要有连续泄漏，以保证密封面能得到适当地和连续地润滑。在柔性密封件中，真正的泄漏用拉出的膜和返回的油膜之间的差表示，该差值是可以忽略不计的。如果该差值过大，则可能是由于使用了泄漏密封件的，或者是由于返回行程过度的擦拭所造成。例如，使用擦拭和刮擦作用大严的防尘圈就是如此。实际上与主密封圈组合使用的防尘圈可能起泵的作用，在每次进入行程中防尘圈便把拉杆上拉出的大部分油膜刮掉，虽然擦拭作用要做到这一点有相当的困难。

这种方法有如下几个优点：（1）宏观的泄漏和真实泄漏有区别，特别是在唇型密封件中是这样；（2）密封件“干燥”侧的表面上有油是正常的和理想的（这表明润滑适度）；（3）完全干的密封件运行能够及时指出润滑不足，并能指出早期的密封件磨损或破坏。当然，像上述（2）中所说一样，在拉出的拉杆上有油膜，同时也由于灰尘和污物对环境空气的污染。这就是为什么还需要防尘圈的理由。防尘圈会把返回行程中可能粘附在油膜上的粒子扫掉，防止它们随返回的油膜带回密封件。

密封件的摩擦

密封介面间的摩擦除了功率损失和磨损之外，还会因摩擦生热，而引起密封材料（尤其是弹性体材料）和流体动力学油膜的降解而后者的磨蚀产物又能进一步促进密封件的摩擦和磨损。

用一般的关系来分析密封件摩擦和磨损方面的性能是有困难的，因为它包括许多实验性因素，这些因素对不同密封件的设计是不同的。但是作为基础的摩擦现力来说，虽然所包括的实际摩擦系数随速度、时间以及材料和表面光洁度的变化而变化，但它显然是与实际接触压力的作用成比例的。

在没有如旋转密封件，或间隙很小的往复运动密封件，所包含的楔入效应(Wedging a-

ction) 的情况下摩擦力大致与有效接触压力成正比。详细说明如下:

$$\text{摩擦力} = \mu P_e \times ab$$

式中: μ = 摩擦系数。

P_e = 密封面上的有效压力, 磅/吋²。

a = 密封接触面宽度, 吋。

b = 密封接触面长度, 吋,

= 圆形密封件的 πd , 其中 d 为密封件的接触直径。

在真正的压缩密封件的情况下, 当压缩时, 实际上断面是刚性的, 不一定有楔入效应, 摩擦力一般与内压无关。因此, 有效压力 (P_e) 可看做实际压缩的压力, 尽管要确定这个压力有困难甚至是不可能的。摩擦系数 (μ) 也可能是个未知数和可变数, 但它可以根 据适当的精确度进行估计, 然后进行讨论。所以除非根据实际情况或以对比数据作基础进行评价, 此问题要得到明确的解决是困难的。但可以直接应用这个公式来研究同一种类型和材料而尺寸不同的压缩密封件的性能和摩擦行为的差别。

在压力强化型曲挠密封件的情况下, 其有效压力等于予紧力和流体压力的总合。流体压力越大, 予紧力的意义就越小, 故在许多高压情况下可以被忽略。如果需要在低压下进行计算, 则予紧压力的值最好经直接试验来确定。

压力强化密封件在高压下容易挤出并成楔形, 特别是间隙大的情况下更是如此。如发生楔入现象, 则摩擦就会大大增加, 并且大体上与有效压力的平方成正比, 即:

$$\text{摩擦力 (磅)} = \pi \mu (p + P)^2 ad$$

式中 p = 压缩予紧力, 磅/吋²。

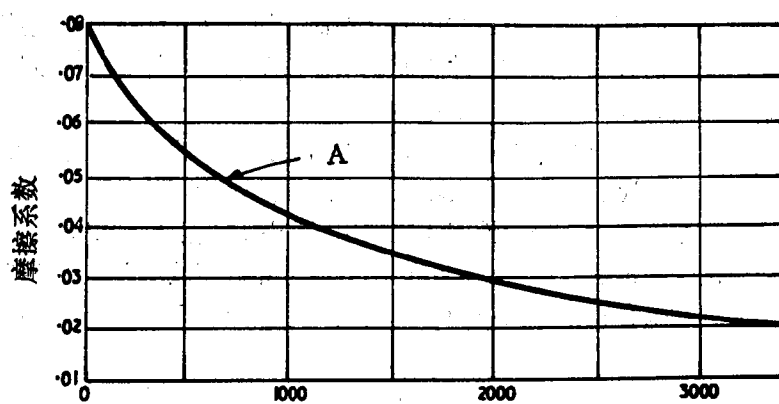
P = 流体压力, 磅/吋²。

究竟什么时候可能发生楔入现象, 没有一定的规则, 这主要取决于密封的形式, 内压和工作条件。因此粗糙表面润滑不足和高速往复运动都会增加密封件成楔形的倾向。一般来说, 在密封件正常地工作范围内, 如果间隙很小, 假设不超过 0.002~0.005 吋, 则在任何环境下要挤进间隙未必可能。如果间隙大于 0.010 吋, 则始终存在楔入的可能性。如果予先根据摩擦力与压力成正比进行计算, 则得出的结果偏低, 并且如果间隙相当大, 那末第二个公式可能更适合工作条件。

典型的密封材料在平滑表面上的干摩擦, 其表面摩擦系数在 $\mu = 0.4 \sim 1.0$ 之间, 对于润滑的表面则摩擦系数要低得多, 例如 $\mu = 0.02 \sim 0.10$ 。对于弹性体来说尤其是这样, 纤维材料和浸渍的纤维材料也表明有相似的 μ 值, 但是一般稍有一些变化, 例如在润滑的条件下 $\mu = 0.04 \sim 0.08$ 。润滑的皮革一般摩擦力很小, 但皮革密封件的 μ 值往往比弹性体大, 这是因为皮革圈常常是应用于与粗糙的摩擦面相接触。

一般来说, 材料越硬, 摩擦力就越大, 材料越软摩擦就越小, 尽管这关系仅仅在低压下能很好保持, 而且就不同硬度的各种密封件材料的摩擦系数的比较来看, 这种关系更适合于弹性体的硬度范围。

摩擦系数也是压力的函数, 但实际的关系尚不能明确建立。基本上摩擦力在低压下最大, 在有些高压下摩擦力则得到最小值, 如图 1-8。这种现象根据不同形式的密封断面有所不同, 因为这与断面的变形有关。



压力, 磅/吋²

A-典型的弹性体

图 1-8

摩擦力也是磨擦速度的函数, 但有三个阶段的变化, 见图 1-9。静摩擦力一般都大, 但一旦突破静摩擦在低速下起动, 摩擦系数便下降到很小的数值, 但随着速度的增加, 摩擦系数增加到第一个峰值。然后随速度的继续增加, 摩擦系数下降到最低值, 更进一步增高速度摩擦系数便再上升。这就是摩擦与速度关系的一般现象, 但它会因其它条件而有所变化。例如 O 型圈在低摩擦速度下, 摩擦力是很高的。

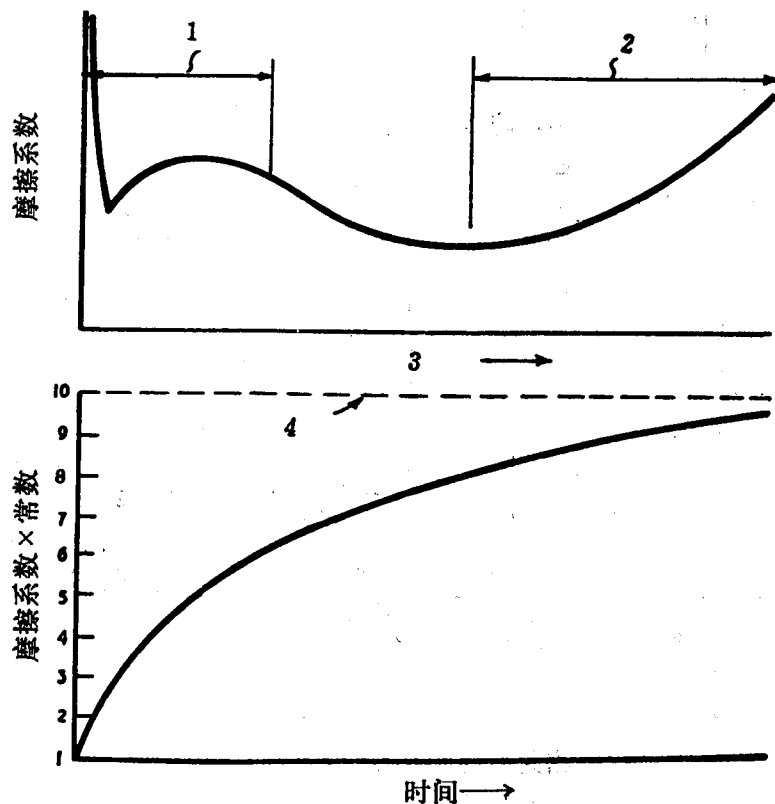


图 1-9 (上) 和
图 1-10 (下)

- 1-边界润滑;
- 2-薄膜润滑;
- 3-摩擦速度;
- 4-干摩擦。

摩擦停留时间对摩擦的影响示于图1-10由于“粘滞作用 (Stiction) 作用摩擦系数随停留时间增加而很快增大。而且因促成密封件表面脱出润滑剂的干摩擦条件而加速了这种效应, 在这种情况下, 摩擦时间曲线渐近于干摩擦线。

根据以上叙述可得出这样一个结论, 即压力强化密封件最小的 μ 值似乎与高流体压力和最适宜的而不是最小的摩擦速度有关。在实践上, 最适宜的速度可能是不实用的, 因为只有当最适宜的速度较实际速度高时, 摩擦性能才表现出随着速度增加继续得到改进。图1-11所示为上述情况的一个例子。但是应当注意, μ 值随着压力降低而减小并不表明整个摩擦力随压力降低而减小。而且如果存在楔入效应的话, 则整个摩擦力将会随压力增加而增大。

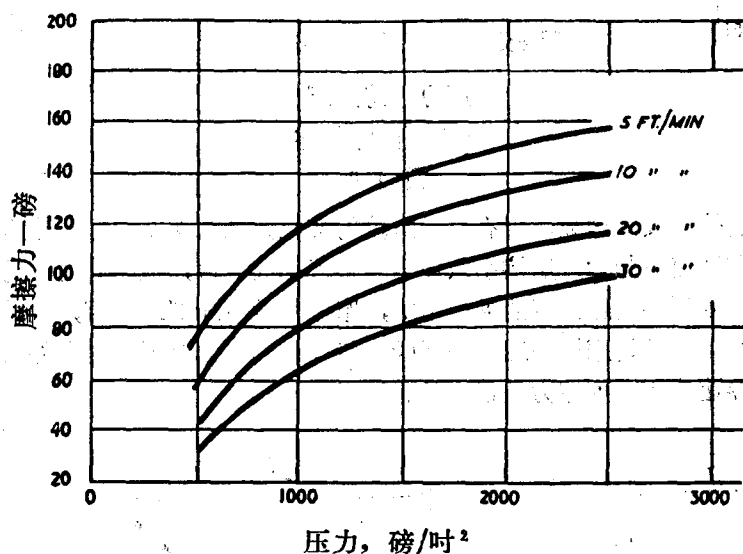


图 1-11

在密封组或组合式密封中可使用多个相同的密封圈, 其总摩擦力显然要比使用单个密封圈大, 但不一定与密封圈的数目成正比, 因为各个密封圈的性能可能会因在密封组内所起的

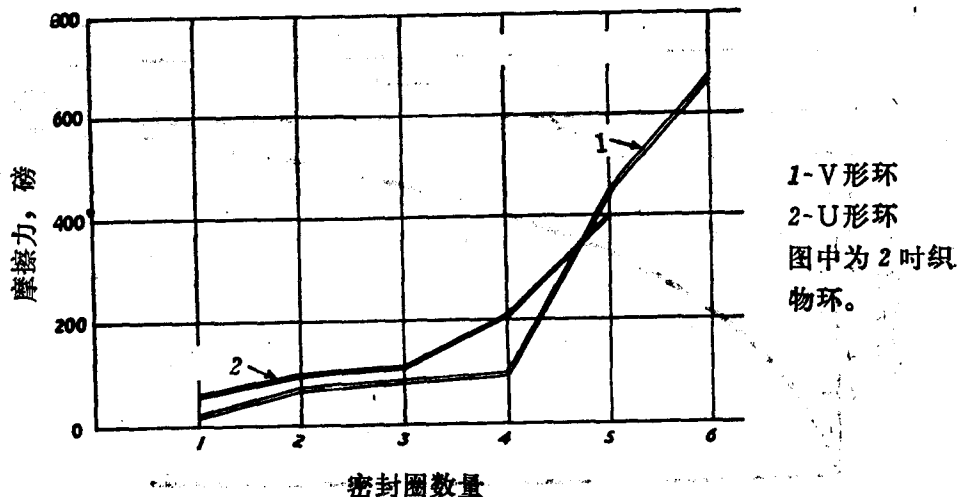


图 1-12

实际作用而所变化。有关这方面的参数一般只能靠经验建立，图1-12所示为一有代表性的结果。一些其它型式密封件的摩擦损失示于图1-13和1-14。

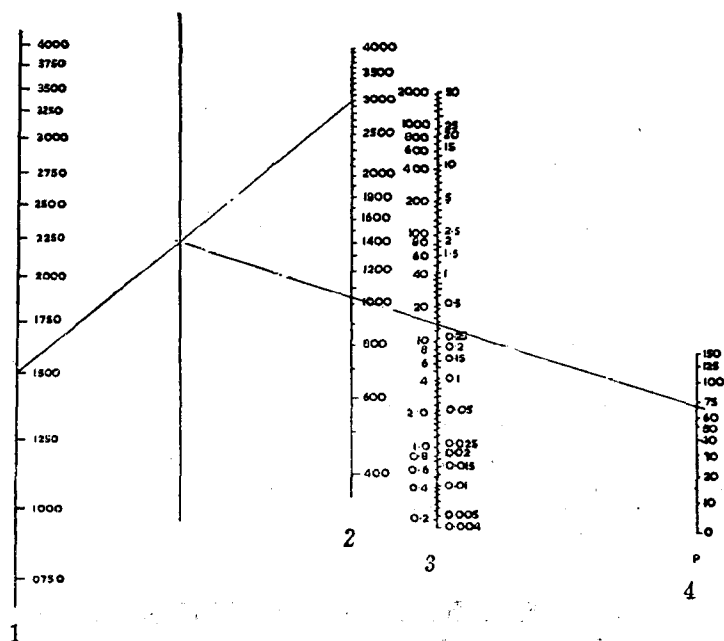


图1-13 曲挠箱(Flexibox)式RA机械密封的工率损失

1-密封件尺寸，千分之一吋；2-轴速度，rpm；3-左：摩擦热，ST hu/Min，右：能量吸收，BHP；4-密封介面流体压力，psi。

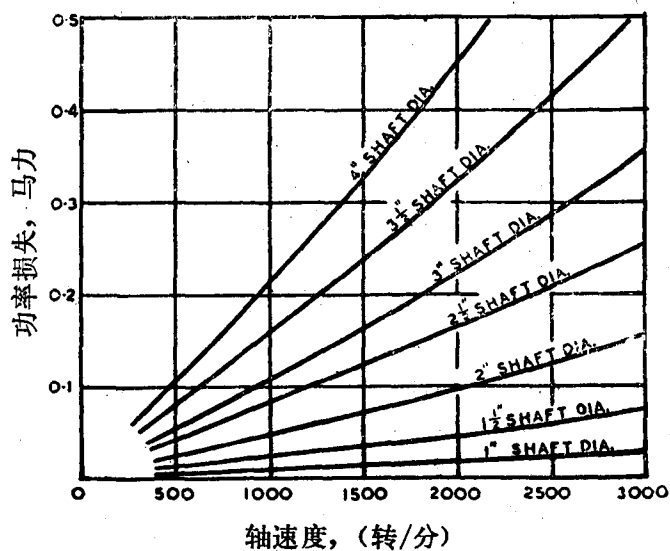


图1-14 带金属骨架油封 (George Angus) 的典型摩擦损失(用功率损失表示)
(温度, 90°C, 油-D、E、D、2472 B/O)

在动态场合供用O型圈的情况下摩擦系数及其可能的变化和其它因素相比意义不大,具体请看第六章的表II。表中所列影响因素可供设计使用或选择来调整摩擦力。

最重要的特征之一是摩擦与时间的关系,特别是在利用那些压缩量相当大的密封件时更是这样。高度的挤压有可能使O形圈产生一定的冷流而进入配合部件的不规则表面,不管是否有润滑剂都是这样。通常就典型的橡胶件硬度(70°C)和典型的表面光度(8~10微吋)而言,其静摩擦或起动摩擦力会比动摩擦力增加三倍。这种起动摩擦值根据硬度和表面光洁度的不同或多或少能有所改善,尤其是采用较软橡胶件可使摩擦力降低。

下面是计算O型圈摩擦力的基本公式:

$$\text{摩擦力(磅)} = (f_c \times L) + (f_h \times A)$$

式中L = 密封件摩擦表面的长度,吋,(即对活塞式密封件为外径的周长;对拉杆式密封件为内径的周长)。

A = 密封件的投影面积,吋²(活塞式密封件和拉杆式密封件都一样)。

f_c = 由于O型圈压缩而产生的摩擦力。

f_h = 由于流体压力而产生的摩擦力。

f_c 和 f_h 的典型数值可分别从图1.15和1.16查得。对一定尺寸范围的标准O型圈摩擦表面的长度和投影面积的数值列于表1。

表1 O型圈摩擦表面的长度和(投影)面积技术参数

O型圈尺寸 外径×W*, 吋	投影面积 吋 ²	摩擦长度(L)		O型圈尺寸 外径×W*, 吋	投影面积 吋 ²	摩擦长度(L)	
		活塞沟槽	连杆沟槽			活塞沟槽	连杆沟槽
1/4 × 1/16	0.03	0.79	0.39	1 3/8 × 1/16	0.24	4.32	3.92
9/32	0.04	0.89	0.49	1 7/16	0.25	4.52	4.12
5/16	0.05	0.98	0.58	1 1/2	0.26	4.72	4.32
1 1/32	0.05	1.08	0.68	1 1/2 × 3/32	0.40	4.72	4.12
3/8	0.06	1.18	0.78	1 9/16	0.42	4.91	4.32
7/16	0.07	1.38	0.98	1 5/8	0.43	5.11	4.51
1/2	0.08	1.57	1.17	1 11/16	0.45	5.30	4.71
9/16	0.09	1.77	1.37	1 3/4	0.47	5.50	4.90
5/8	0.10	1.97	1.57	1 13/16	0.49	5.70	5.10
1 1/16	0.11	2.16	1.76	1 7/8	0.50	5.89	5.30
3/4	0.12	2.36	1.96	1 15/16	0.52	6.09	5.49
1 3/16	0.14	2.56	2.16	2	0.54	6.29	5.69
7/8	0.15	2.75	2.35	2 1/16	0.56	6.48	5.89
1 5/16	0.16	2.95	2.55	2 1/8	0.58	6.68	6.08
1	0.17	3.14	2.75	2 3/16	0.59	6.88	6.28
1 1/16	0.18	3.34	2.94	2 1/4	0.61	7.07	6.47
1 1/8	0.19	3.54	3.14	2 5/16	0.63	7.27	6.67

$1\frac{3}{16}$	0.20	3.73	3.33	$2\frac{3}{8}$	0.65	7.46	6.87
$1\frac{1}{4}$	0.21	3.93	3.53	$2\frac{7}{16}$	0.66	7.66	7.07
$1\frac{5}{16}$	0.22	4.13	3.73	$2\frac{1}{2}$	0.68	7.86	7.26

* W表示断面宽度

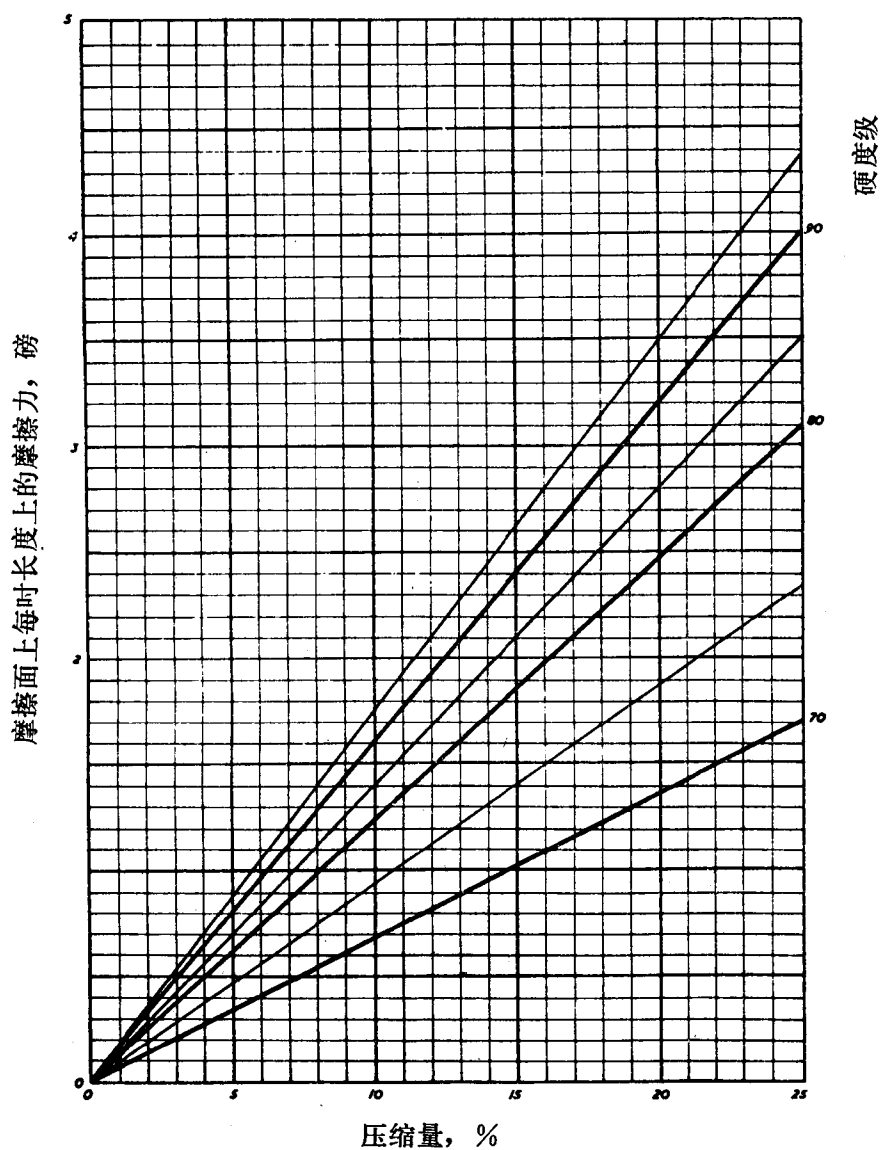


图1-15 由于压缩使O型圈产生的摩擦力

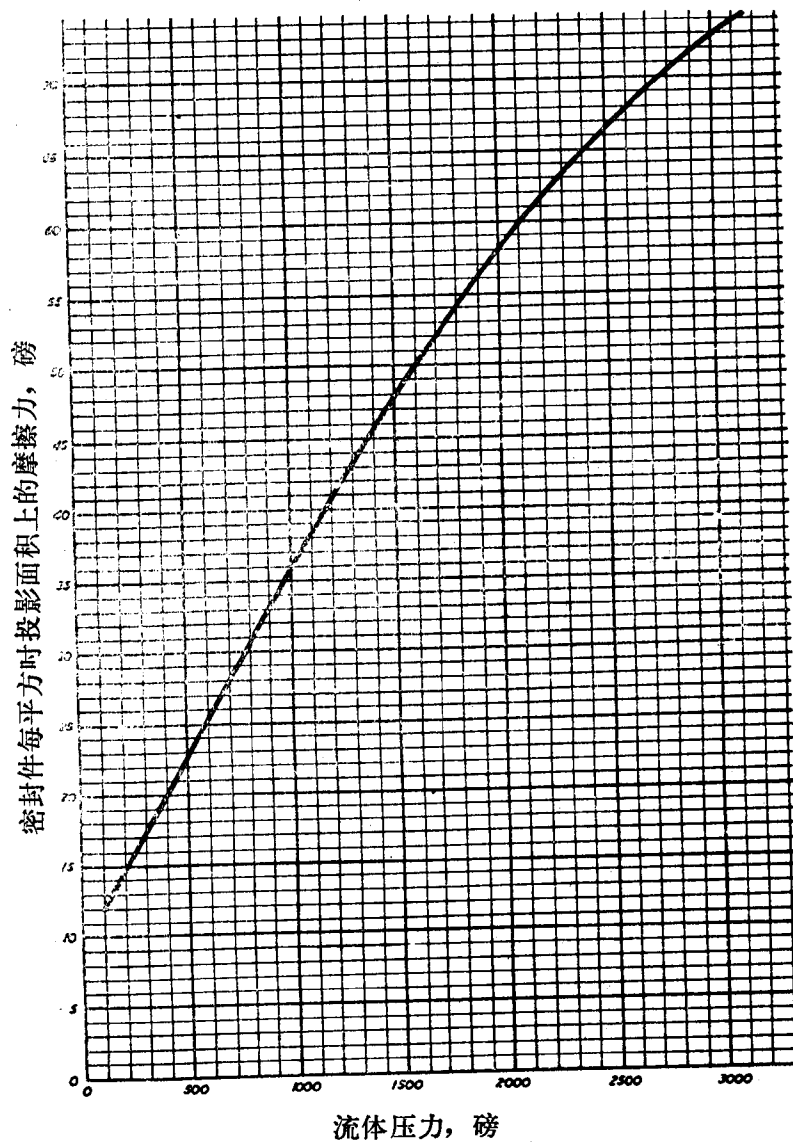


图1-16 由于流体压力使O型圈产生的摩擦

第二章 密封件用材料

弹性体是生产各种模压密封件的主要材料，用它可生产纯弹性体模压件，包括各种断面的固体密封圈；也可作为浸渍剂浸渍纤维补强材料生产各种补强的或高强度密封圈。纯弹性体模压密封件也最好叫做橡胶密封件。

弹性体也可叫做“类橡胶材料”，包括天然橡胶和合成橡胶。这是一个不够严谨的定义，因为它只含有这样的意思，即凡是拉伸时能够伸长而当去掉拉力时能够恢复材料，即可认为这种材料是“弹性的”材料，但这种一般性能也为，有些不是真正弹性体的材料所具有。严格地说，弹性体的弹性性能，必须有一个定量的概念，例如伸长或延长率至少要达到100%，其恢复能力要能在拉力解除后的相当短的时间恢复到原始长度的10%以内。

这个定义可排除某些能够用做密封件的材料，例如皮革天然和矿物纤维以及某些硬质合成材料。最后一类材料的例子是聚四氟乙烯（PTFE）它虽伸长有限但具有许多有用的特性。这种材料可以分到“塑性体”一类里。还有许多合成材料其分子可以广泛变性或“改变”以增进材料的特性，如增加塑性体的弹性。这类材料点燃在特殊条件下能够满足其它现有材料所不能达到的特殊要求。但价格昂贵，使用受到一定限制，由于这种材料比较缺少和价格昂贵，所以有时称这种材料为“稀有材料”（exotics），请看图2-1。

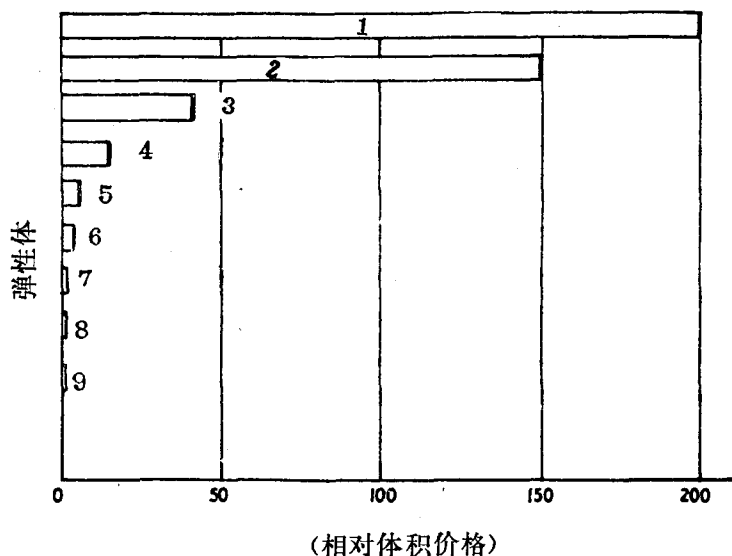


图 2-1

1-氟硅橡胶；2-维通氟橡胶；3-硅橡胶；4-聚氨酯橡胶；5-氯丁橡胶；
6-丁腈橡胶；7-天然橡胶；8-丁苯橡胶；9-丁基橡胶。

在考虑材料时，很重要的一点是要记住材料名称的一般概念。也就是说，同一个名称可能有各种不同的化合物，这种组份不同的化合物具有某些共性，但由于组成的不同也具有不同的特性。这种情况特别实用于聚合和共聚合作用很不相同的合成或人造材料。也可在配合中采用其他配合剂来进一步改进材料的性能。材料性能的改进会在材料的机械性能，物理性能和化学性能方面都反应出来，而且也会影响到材料的工艺性能和加工工艺。

由于弹性体材料的配料和配方变化较多，因此不可能对弹性体加以全面的叙述。同时新材料也不断出现，现有的材料也不断得到改进。但是从实用的观点出发，首先要选定采用的弹性体种类，然后再确定其性能变化范围。这样在种类这个题目下来讨论材料，又方便即有利。弹性体的“种类”可指出下述基本弹性体。关于弹性体的机械性质和化学性质在第三章里要详细进行讨论，但也可参见表1。

天然橡胶

天然橡胶是使用最早的真正的密封材料，而且是所有弹性体当中最强韧和最耐磨的材料（在这方面只有聚氨酯橡胶能超过它）。但因天然橡胶耐矿物基油较差，所以用作矿物基油的密封件受到一定限制。但天然橡胶密封件用于蓖麻基油非常良好，故在使用这类油介质的系统中广泛使用，例如汽车的液压制动系统和要求极严的某些飞机液压系统等。虽然现在某些合成橡胶具有与天然橡胶相比拟的低温性能，但天然橡胶优良的低温性能是它用作在低温下操作的蓖麻基液压油系统密封件的主要因素。天然橡胶价格较低，比除丁基和丁苯橡胶外的其它合成橡胶最便宜。

天然橡胶可配成胶料以满足各种高弹性和高强度使用条件，一般来说，用于非矿物油介质都很好。在 -55°C 左右仍能保持曲挠性，在这方面只有价格高而强度低的硅橡胶可与之相比拟。

丁苯橡胶（布纳S）

丁苯橡胶原来叫GRS，现在叫SBR。第二次世界大战期间专门生产丁苯橡胶代替天然橡胶，虽然耐磨性可以与天然橡胶相比，但一般性能都比较差。它可直接代替天然橡胶用于蓖麻基液压油中，而且这恐怕是它做密封件唯一的用途。

丁二烯橡胶

聚丁二烯或丁二烯橡胶一般叫BR，它也能代替天然橡胶，但一般性能比较差。低温性能比丁苯橡胶好，但用作密封件却受到一定的限制。

丁基橡胶

丁基橡胶为异丁烯与异戊二烯的共聚物，非常耐水（优于氯丁橡胶和丁腈橡胶）和某些其它流体。尤其是耐气体渗透性很好，广泛用作真空系统的密封件。

丁基橡胶也能耐植物油，但不适用于矿物基油和芳香族溶剂。直到目前为止，它仍是磷酸酯类液压油的主要密封件材料，虽然在这方面乙丙橡胶现在可同它相竞争。