

高分子密封材料文集



中国兵器工业第五三研究所情报室

一九九二年五月

前 言

为满足新型主战坦克系统的油气密封,提高武器战技性能,开展军用高性能密封材料的研究是非常必要的。为配合该项研究,五三所情报室《密封材料》课题组于1990年初至1991年底收集、检索了70~90年代初的国内外有关资料,经筛选、翻译后编辑出版了《高性能密封材料及其应用》文集。该文集包括综述报告1篇,约2万字,译文17篇,约8万字,共计10万字。主要介绍了高性能氟硅橡胶、高饱和丁腈橡胶等和以聚四氟乙烯为代表的塑料密封材料的研究、加工发展动态和应用效果。可以相信,该文集将对制定科研方案、开展技术攻关以及管理部门的工程技术人员有较大参考价值。

由于我们水平有限,错误之处在所难免,望批评指正。

《密封材料》课题组

1991.12.

目 录

综 述

高性能密封材料的研究及其在兵器上的应用

.....张振英 杨淑丽 (1)

译 文

美国空军用弹性 O 形密封环的试验和发展

.....杨淑丽 张玉龙 (36)

高性能多用途氟弹性体.....张振英 张 晔 (44)

高性能密封圈用的氟橡胶.....杨淑丽 欧 亚 (48)

氟弹性体.....张振英 柴林棣 (60)

氟弹性体组成物.....张振英 柴林棣 (73)

弹性密封料.....张振英 张 晔 (78)

密封环的结构.....张玉龙 欧 亚 (82)

全氟弹性体密封件在苛刻环境中的性能

.....张振英 张 晔 (93)

聚四氟乙烯往复运动密封件的摩擦与磨损

.....张玉龙 柴林棣 (97)

用于国防工业的先进密封工艺.....杨淑丽 张玉龙 (106)

密封组件.....张玉龙 欧 亚 (116)

装有可回转滑块密封件的密封组件.....张玉龙 柴林棣 (121)

弹性体增能密封件.....柴林棣 (132)

采用中心弹性部件的密封方法.....张振英 张 晔 (142)

制备附一弹簧推动唇的双唇轴密封件的方法和模具

.....柴林棣 (146)

汽车发动机用氟橡胶.....张振英 (164)

高性能密封材料的研究及其在兵器上的应用

张振英 杨淑丽

一、概述

兵器用高性能密封材料主要分为三大类：橡胶、塑料和粘合剂。但用量较大的是橡胶和塑料（包括各种塑料填充剂）。橡胶主要有天然橡胶、乙丙橡胶、丁基橡胶、丁腈橡胶、硅橡胶、氟橡胶、氟硅橡胶、丙烯酸橡胶等。^[1]塑料主要是氟塑料、尼龙和填充氯化聚醚塑料等；填充剂主要有碳纤维、玻璃纤维、石墨、石棉等^[2]。高分子密封材料具有优良的物理、机械性能，耐高、低温，耐腐蚀，耐磨、抗老化并有回弹性，可根据武器战斗技术性能要求自行设计配方，制备满足武器性能要求的理想制品，因而，高分子密封材料是当今兵器工业不可缺少的材料之一。它对新武器的设计、各种兵器、军用车辆、船舶、飞机等军事设施密封件的制造，以及提高武器的战斗、技术性能和使用寿命起了重要的作用。具有显著的社会效益和经济效益。

随着现代兵器科学技术的发展，对武器的性能要求亦越来越高。因此，对高、低温密封、超低温密封、高真空密封、高压密封、高速密封、以及燃料、强腐蚀性物质、含泥沙等悬浮颗粒介质的密封研究也越来越深入。保证可靠密封性和长久使用寿命是当前密封研究、设计、制造、使用等方面十分重要的课题。

密封技术的开发不仅可以减少军用机械和设备因跑、冒、滴、漏造成战斗力降低和能源损失，而且还可以改善环境、防止污染。因此，密封技术和密封材料的研究开发受到了国内外兵器工业部门的极大重视^[3]。

目前解决密封问题的新途径，除了材料选择、表面配合法、涂复

薄膜等之外，密封形式也出现了由单一金属或橡胶材料密封发展到聚合物与金属、聚合物与聚合物的复合式和串联式密封，不言而喻，密封技术也迈入了高科技尖端的研究领域。这就要求科研人员具有全面的技能，以适应新学科的要求^[4, 5]。文中主要介绍以橡胶和塑料为主体的高性能密封材料的研究及其在兵器上的应用情况。

二、密封机理^[6, 7]

泄漏是由两表面之间存在的间隙所致。间隙又是因热胀冷缩，结构设计上的需要、加工零件的公差、表面光洁度和动态磨损等原因所造成的。密封的目的就在于对一处有可能发生泄漏的地方，设置一个完善的物理壁垒。倘若人们既想使泄漏获得最佳密封，又不想破坏密封结构的功能，则是一个难而复杂的技术课题。

过去，我国在密封研究方面主要靠实践经验或大量试验的方法。随着现代化工业和现代武器的发展，对密封件的要求也越来越高，单靠经验摸索法已不能适应武器装备发展的需要。因此，从 60 年代起就加强了密封基础理论研究，以指导密封件结构的设计。

密封件有静、动之分。静密封件是用于无泄漏静态密封。为达此目的，密封件既要具有足够的弹性，还要保持足够的刚性。其弹性是用以嵌入和填满被密封面上的凹凸不平之处；刚性是用来防止材料在密封系统满载密封压力下被挤入表面之间的间隙中。在密封系统中可能会因所产生的任何应力松弛使密封性能降低，这是由于密封材料本身的应力松弛和不均匀热膨胀而引起的。

所有弹性密封件都需要密封材料在装配状态下与配合件之一有过盈配合，例如，O 形圈或矩形圈之类的实心橡胶密封圈，其材料可处于受正压或正拉状态，或者处于部分受压、部分受拉状态。同样一个柔性唇形密封件，也可以处于受压或受拉状态，受力状态由断面的内外密封位置而决定。

从结构形式上分析，在密封触点与配合面之间会产生一种载荷，这种界面载荷的大小，取决于组装密封件时的过盈量或压缩量以及材料的弹性模量。

对于动态密封件来说，密封组件动力载荷是摩擦系数和密封件载荷的乘积。

从理论上讲，接触压力愈大，密封件所贮蓄的弹性应变能也愈大，因而，抑制过程中所产生的松弛的余地也就愈大，直至密封材料本身由于过度受压而损坏并彻底丧失工作能力为止。虽然弹性材料本身是不会压缩的，而只能在此极限之内被预加压力，但是这种情况，在使用垫圈时比使用其他形式的静密封件更易出现。

对于接触型密封件来说，良好的密封件需要密封面上有足够大的接触压力，同时，密封件要最大限度地减少摩擦和磨损。

在采用一个压缩型密封件的情况下，较大的预加载荷和较大的摩擦力是不可避免的。通过选用适当的密封材料如聚四氟乙烯就可以将摩擦力减小。

然而，对于不同的应用场合，密封件的性能也不相同。对于旋转运动，特别是对于重载状态下的旋转运动来说，涂复密封一般具有较长的寿命，而且是在高温和恶劣条件下，唯一有可能采用的密封方法。另外，对于往复运动，甚至在苛刻的工作条件下，挠性密封件或密封组件都具有良好的工作性能，其摩擦与磨损也相当小。

对于所有类型的密封件来说，密封件的润滑在决定密封性能寿命方面起重要作用。当滑动表面为聚四氟乙烯时可以例外，因为 PTFE 在大多数他种材料构成的表面上滑动时，摩擦系数很低。在湿态应用场合，被密封的流体本身可以提供有效的润滑。在密封干燥气体、水溶液或蒸汽时，被密封的流体本身不是润滑剂，这时有必要为密封面提供润滑源，或者使密封材料掺混一种润滑剂。

人们也可以在密封件表面设计一层润滑膜，使润滑膜构成最后一道密封屏障。但这层液膜的厚度是关键，如果太薄，液膜就会由于表面的凹凸不平形成桥连状态，此时，将产生较大的摩擦和较快的密封磨损；如果太厚，则弯曲部位液面将遭到破坏，这时会造成较大的泄漏量。因此，要想获得最佳密封性能，就必须设计综合性能优良的密封件。

三、主要密封形式

1. 法兰密封^[8]

法兰密封涉及到渗漏。渗漏有接触渗漏和扩散渗漏，当密封垫片的压缩率为 10~20 % 时，不发生气体的接触渗漏，只存在被密封材料本身的扩散渗漏。但是，如果压差较大，在橡胶垫片和金属接触部位就产生泄漏，其原因是密封垫片在压力作用下丧失稳定性的结果。平面法兰的密封就是这种机理。

平面法兰间密封垫片的压缩程度对临界工作压力的影响见图 1。在此压力下，垫片失去密封性。试验表明，垫片的临界压力随压缩率增加而增大，显然，垫片的密封性能取决于压缩程度和橡胶的模量。

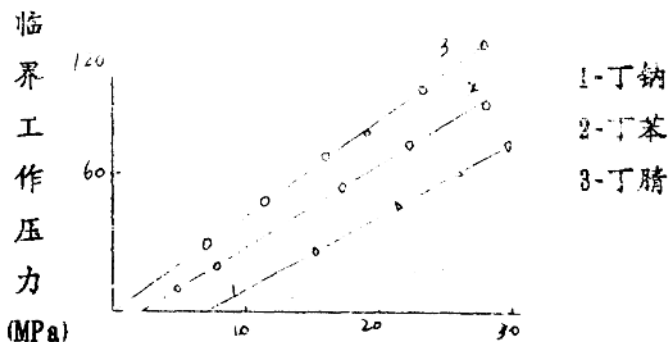


图 1 压缩率对临界工作的影响

2. 自密封

在使用法兰密封时，应将垫片放于带沟槽的法兰内。被装在带槽法兰中的衬垫的密封性能属于自密封机理，即被密封介质通过衬垫将

部分压力传到法兰上，从而增加了衬垫的接触应力，只要衬垫在介质压力下产生径向变形并完全紧贴法兰槽壁时就出现自密封。

3. 液体密封^[7]

液体密封是指用高分子合成树脂或合成橡胶为主体材料制成的粘性液体材料的密封。液体密封是使用液体形式，具有一定流动性，当把这种液体涂在金属接合面上时，能完全充填金属接合面的凹凸不平处，加之液体对金属表面有良好的粘附性，涂布后粘度很大，可在金属接合面形成一层薄薄的不流动的薄膜，从而达到密封之目的。经研究表明，液体粘度越大防漏效果越好。

4. 往复式运动密封^[9, 10]

往复式运动用橡胶密封的研究，国外在60年代进展较快。Lenny根据密封漏失量的测定结果指出：往复运动密封，在冲程往复过程中漏失的液体，在返回过程中又被带回流体的高压腔。流体压力所造成的泄漏与因轴运动的携带作用所造成的泄漏量相比是很小的。所以密封泄漏量取决于两个冲程造成的漏失之差。大量的试验表明，在往复运动密封中，油膜的厚度与形状，油膜中的压力分布，摩擦力和泄漏量都是影响往复运动密封性能的重要因素。活塞密封泄漏是密封件在往复运动工作条件下，当活塞杆作退出运动时，油被以高度运动着的活塞杆带入密封件和活塞杆之间，由于油有一定粘度，将密封件从活塞杆上抬起，在密封件与活塞杆之间形成油膜。由于这一层油膜的存在，使这层油被活塞杆从油缸中经密封件与活塞杆之间带到油缸外面。当活塞杆再作进入运动时，由于在油缸外面的活塞杆上存在“退出”和“进入”往复运动，就会造成泄漏。那么就应选择使用能适应往复运动状态的密封材料进行密封。

5. 油封

轴用油封发展了一种用于低压密封的唇形密封件。进一步发展的

形式可用来密封高压。但某些类型也可用于活塞杆上的往复式密封。

有人(如 Jagger)认为该种密封是由于油的表面张力作用所致。也有人认为应用密封唇与旋转轴之间形成连续油膜来解释^[11]。

CACO 工程试验室进行的研究指出, 轴与密封唇之间不是直接接触, 而是存在一层油膜。该油膜厚度在密封的条件下为 0.0025 mm 左右, 通过油膜的表面张力作用, 防止油液通过油膜而泄漏。

5. 复合密封^[12]

复合密封是指制成一个整体的两部分或多部分密封。它能为动密封场合提供一种有效、紧凑而且长寿命的解决办法。典型的简单同心密封图示于图 2。它兼有橡胶密封圈固有的简便和低摩擦的工作面。基本部分是一个方形或矩形橡胶圈, 与一个聚四氟乙烯薄环组合而构成一个复合密封圈。

该密封圈以与 O 形圈的装配相同的方式放在一个简单的沟槽里, 但沟槽尺寸是按复合圈规定的。沟槽尺寸决定挤压程度, 从而决定聚四氟乙烯环上的径向压力, 并使聚四氟乙烯环轴向定位。这种聚四氟乙烯环除了提供一个导向面外, 还把橡胶部分约束在其沟槽里, 消除了挤出的任何可能性, 以致于在 35 MPa 压力下, 也不需要挡圈。

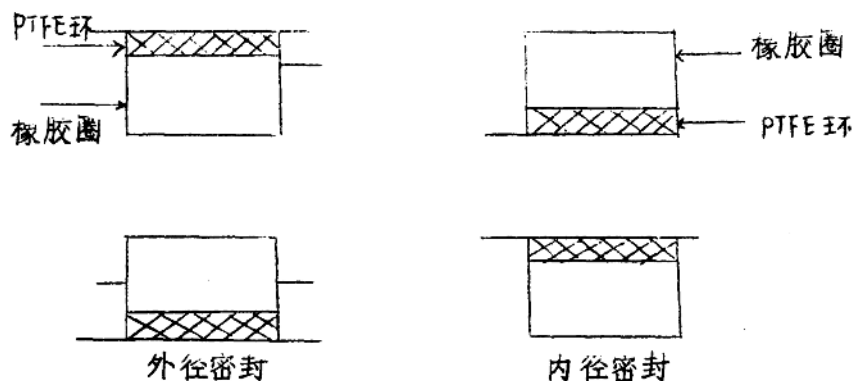


图 2 复合式密封

7. 组合密封^[13, 14]

组合密封是一种新颖的密封形式。它是由两种不同的材料构成的，见图 3。其中密封圈 1 是基本密封件，弹性元件 2 是辅助密封件，它使密封圈 1 得到适当的密封预压力，并防止从密封圈的背面泄漏。这种组合密封件具有其它常用密封圈无可比拟的综合性能。它具有密封效果好，摩擦阻力小，摩擦生热少，耐磨、耐高压、耐冲击等特性。而且由于弹性元件 2 和密封圈 1 之间无相对运动，弹性元件不易磨损，从而提高了组合密封件的使用寿命。

组合密封件中的弹性元件 2 一般为“O”型或矩形的耐油丁腈橡胶圈，但在工作环境苛刻的场所密封应采用氟橡胶。

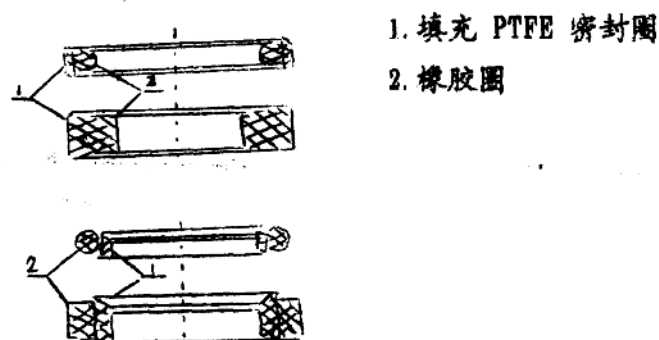


图 3 组合密封的结构形式

8. 串联式密封^[15]

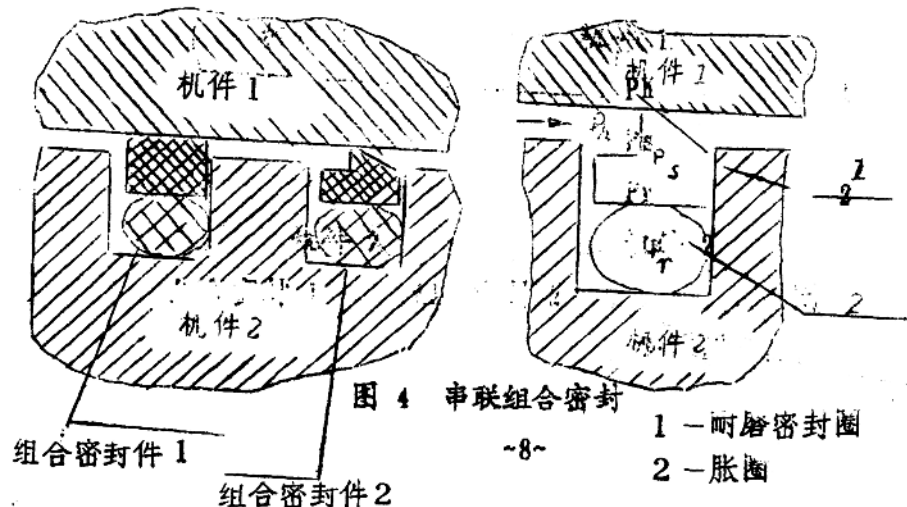
将两个或多个组合式密封件串装起来，构成一个密封网络称之为串联式密封，如图 4 所示。其中一个是耐磨性材料（如聚四氟乙烯）制成的与滑动表面相接触的密封环，用来提高密封件磨损寿命并改变密封压力 P_s 在滑动密封面上的分布，另一个是由橡胶材料制成的密封圈，它可在滑动表面上产生密封压力 P_s 的胀圈。胀圈作用于密封圈的径向力 P_r ，即密封圈在滑动面上的密封压力， P_s 为接触压力 P_0 和介质压力 P_h 之和。因此，当工作介质压力 P_h 增加时，密封压力

P_s 亦随之增加,从而保证高压条件下的可靠密封性能。

密封效果的好坏还与胀圈在密封圈上的径向作用力 P_r 的分布情况和密封圈的断面形状有关。因为它们影响着密封压力 P_s 的分布。所以当 P_s 的分布比较集中时密封效果较好。

例如美国 Amtec Northwes 公司使用 Shamban 公司的 AQ 封-斯特封串联密封系统对往复运动活塞进行密封性能试验,试验最高压力达 105MPa,工作介质是液压油和氦气。经持续 180 天的试验结果表明,Shamban 公司的两组串联密封系统均无泄漏,也无明显损坏。

据国内外资料介绍,串联式密封被用于坦克和现代高性能战斗车辆的油气悬挂装置,可确保密封的可靠性和有效性。已采用油气悬挂装置的有:瑞典 S 坦克、日本 74 坦克、美国“挑战者”坦克、法国 AMX-40 坦克、苏联 T-80 坦克、苏 BMII 空降坦克、美国 M60A3、以色列 MK2 型坦克等。目前打算采用油气悬挂装置的主战坦克还有法国的 BPE、日本的 89 式、西德的豹-1 坦克、以色列的 MK3 型坦克、美国的 M-1 坦克试制产品改进计划的第二阶段亦准备采用油气悬挂装置。从而可以看出,主战坦克采用油气悬挂装置是科学技术发展的必然趋势,串联式密封是确保油气悬挂装置使用可靠性的较好密封形式。



四、密封材料性能

1. 密封橡胶性能

橡胶是一种网状结构的弹性材料，是由生胶、填充剂、硫化剂、增塑剂、防老剂及其它组份构成的材料。在现在的技术条件下，大多数密封件都是由各种不同牌号的橡胶制造的，仅流体密封使用的橡胶品种就有十几种。见表 1^[16]。

表 1 流体密封使用的橡胶

丙烯酸橡胶	三氟氯乙烯 (CTFE)	全氟化碳橡胶
丁基橡胶	氟乙烯橡胶	腈腈氟橡胶 (PNT)
溴丁基橡胶	乙丙橡胶	聚氨酯橡胶
氯丁橡胶	氟硅橡胶	乙烯醋酸酯/乙烯橡胶
氯丙橡胶	羟基氟碳橡胶	表氯醇橡胶
氯化聚乙烯橡胶	丁腈橡胶	乙烯-丙烯酸橡胶
氯磺化聚乙烯	氧硫代乙醚橡胶	

从密封角度来看，橡胶是均质材料（橡胶的性能在各个方向上是一样的），是可压缩的（在任何变形条件下，其体积都保持不变）。其不可压缩性是在小变形时，在一维状态下，泊桑系数 $\mu = 0.5$ （泊桑系数表示一维应力状态下横向应变力与纵向应变之比），在密封方面，泊桑系数是一重要因素，说明橡胶的填充度越小越好（对于填充度较大的橡胶，泊桑系数可降至 0.48）^[17]。

橡胶用于密封，其最重要的性质是在所有载荷范围内都具有弹性。由于橡胶具有高弹性，使橡胶密封的结构简化，在较小的接触压力下也能保持密封的可靠性，另外，由于橡胶的弹性松弛作用，随着材料缓慢变形，其应力逐渐减小，密封接触压力也随时间减小。

橡胶密封材料的工作温度范围有一定限制，这与生橡胶的热稳定性有关；另一方面是由于橡胶会从高弹态向玻璃化态转变，因此，在

工作范围内, 密封橡胶的耐高低温性能也是不可忽视的因素。尤其是在火箭发动机、坦克发动机上应用时, 密封材料的耐高低温性能尤为重要。某些橡胶密封材料的性能和橡胶密封件的允许使用条件见表 2~表 4^[17, 18]。

表 2 代表性密封橡胶的性能

低温用橡胶	性能
天然橡胶 (NB)	回弹性良好, 耐热性和耐化学药品性不好
丁基橡胶 (IIR)	耐合成流体
聚氨酯橡胶 (AU)	良好的耐磨性, 耐水性差
中温橡胶	
丁腈橡胶 (NBR)	在 $<100^{\circ}\text{C}$ 下, 具有很好的油适应性
三元乙丙橡胶 (EPDM)	良好的耐热性, 可耐 150°C 热水, 但耐油性差
聚丙烯酸橡胶 (ACM)	在 $<150^{\circ}\text{C}$ 下, 有良好的耐油性
高温橡胶	
氟碳橡胶 (FPM)	在 $<180\sim 200^{\circ}\text{C}$ 下, 具有良好的耐化学药品性和耐油性, 耐水性差
硅橡胶 (SI)	在 $<250^{\circ}\text{C}$ 以下, 有很好的耐高、低温性能, 耐水性差
全氟橡胶	可耐 $<300^{\circ}\text{C}$ 高温, 但压缩永久变形不良

用作密封材料的橡胶, 除了具有上述性能外, 在摩擦部件中工作完全令人满意, 其使用寿命可超过金属, 个别情况可达金属的 10~12 倍。摩擦部件中的橡胶在有水润滑的情况下, 其摩擦系数与精加工的金属件 (轴承) 在浸油润滑的情况下同样良好。试验表明, 在提高载荷时, 橡胶的摩擦系数降低。

为使密封用橡胶具有很好的耐磨、耐寒和耐热性, 国外正在进行新型橡胶的研究, 比如市场出售的氟橡胶 CKφ 和氟碳橡胶 (在美国

表 3 静密封橡胶件允许使用条件

牌 号	密封介质	最高 允许 使用 压力 MPa	温 度 (K)			
			工作温度 范 围	脆化 温 度	523 473 423 373	使用 时 间 (h)
B-14	AMT-10PM	28	213~373	223		80
ИРЛ-1353	AMT-10PM	28	213~423			200 1500
' -1287	煤油	15	253~473		150 1500	3000
	酸	15	253~425	—	— — 1500	—
	空气	25	253~473	—	— 100 500	—
' -1078	煤油	15	253~423	231	— — 150	500
	油	15	223~403	—	— — —	1000
	空气	15	253~423	—	— — 200	—
' -3825	变压器油		243~373	—	— — —	—
' -1267	空气	25	213~423	—	— — 50	400
' -1266	'	25	213~523	—	50 300 300	—

称之为“氟化橡胶”和聚三氟氯化乙烯聚合体) 就具有优异的化学稳定性, 并适应高温下工作。以有机硅和氟硅橡胶为主体的硅橡胶和硅氟橡胶能够在很宽的温度范围和滑动速度范围内使用。但是, 该类橡胶的磨损性不稳定, 易老化而失去可塑性。不过, 腈化、氟化和硝化橡胶具有优异的使用特性^[19, 20]。

橡胶密封包括动密封和静密封。从橡胶的物理机械性能不难看出, 动密封连接件的使用寿命较之静密封件短。为提高动态橡胶密封连接件的使用寿命, 可采用与取向聚合物纤维编织的高弹性无缝网织膜结合的橡胶。在保持橡胶本身密封能力的情况下, 密封件的耐磨性若能提高一个数量级, 那么密封件使用寿命就能提高 2~5 倍^[17]。

表 4 动密封橡胶件允许使用条件

牌 号	密封介质	最高允许使用压力, MPa	工作温度范围, K
B-14. B-14-1	AMI-10PM	28	213~373
	空气	25	228~373
И П И-1353	AMT-10PM	28	213~423
• -1305	>-50C-3	28	253~473
• -1316	煤油	15	253~473
	油	15	253~403
	空气	25	253~523
И П И-1078A	煤油	15	233~403
	油	15	•
• -1225	煤油	15	•
	油	15	•
	空气	25	253~423
• -4004	煤油、水、汽油	—	243~373

从上述性能不难看出, 人们在选择橡胶密封材料时, 既要考虑橡胶的物理机械性能, 又要考虑材料的操作环境、使用寿命和制备能力等 [121]。

2. 密封塑料的性能

高压动态密封用塑料主要有聚四氟乙烯、聚甲醛、聚酰胺、聚酰亚胺等 [122]。这些材料常用作与运动面相接触的密封材料。其性能见表 5。

表 5 高压动态密封用塑料的性能

性 能	单 位	PTFE	填充PTFE	PCM	PA 66	PI
密度	kg/m ³	2140~2200	2000~4000	1410	1130~1170	1410
使用温度	℃	-270~260	-270~260	-60~120	-20~100	-110~200
吸水率	%	—	—	0.25	1.5	0.20

续上表

性能	单位	PTFE	填充PTFE	POM	PA 66	PI
拉伸强度	MPa	14~35	10~30	62	77~84	93
压缩强度	MPa	11.9	14~48	112	105	245
线胀系数	$10^{-5}/k$	10.0	4~8	8.5	8.0	4.0
摩擦系数		0.05	0.09~0.16	0.1~0.3	0.2	0.15~0.6

其它密封件中使用的材料还有填充氯化聚醚和聚碳酸酯等。氯化聚醚可耐酸碱、油脂和碳氢化合物，但不能用于有强氧化剂存在部位的密封。聚碳酸酯在无机酸、无机盐、氧化剂、脂肪族碳氢化合物的水溶液中有很好的稳定性。

五、高性能密封材料种类

1. 丁腈橡胶 (NBR) [23, 24]

丁腈橡胶的传统生产工艺是乳液聚合法。同丁苯橡胶 (SBR) 的制法相似。橡胶的丙烯腈含量 (AN) 为 20~50 %。其耐油性、硬度、定伸强度、断裂强度、耐磨耗和耐热性能等都随着 AN 量的增加而提高。橡胶的 T_g 温度也随 AN 量的增加而升高。另一方面，回弹性、低温性能和永久变形等随着聚合物中 AN 含量的减少而得到改善。

丁腈橡胶的突出优点是在常温和较高温度下具有极好的耐油和耐水性等 [23]。

近几年，用催化聚合法在溶液中制成了一种交替丁腈橡胶。这种聚合物不论所用的聚合单体混合物的组成如何，总是具有同样的分子组成 (丁二烯：丙烯腈 = 1:1)，单体链节规整地交替排列。这种丁腈橡胶除具有优良的耐油性之外，玻璃化温度也较低，其硫化后的强度比乳液法丁腈硫化橡胶高。

丁腈橡胶可以与其它材料构成橡塑体系，例如，丁腈与聚氯乙烯并用 (在聚氯乙烯中加入 40 % 丁腈橡胶)，其脆性温度从 0℃ 逐渐

降至 -40°C ，这就获得了适应在低温要求极为苛刻的应用场所下使用的密封材料；丁腈橡胶与氯化聚醚并用具有突出的耐磨、耐热、变形小等特点，用其制作的密封件可在 $-55\sim 125^{\circ}\text{C}$ 下使用，性能良好；丁腈橡胶与尼龙并用可提高其硬度和抗撕裂性，也具有较好的延伸性与耐老化性。

丁腈橡胶还可与其它橡胶并用，并用后所获得的耐疲劳强度比单一橡胶大几倍，若采用共硫化，效果更好。关键中的关键又是共硫化剂。据介绍，有机过氧化物可使各自的分子链产生部分游离基，进行游离基反应而达到的共硫化效果较好。

丁腈橡胶采用白炭黑、氧化镁、醚-硫醚增塑剂选择性防老剂和硫黄载硫体硫化体系，其耐热性可达 135°C ，老化 168 h 后，其性能保持不变。

为了使丁腈橡胶在低温下具有优良的动态性能，并避免与其它橡胶并用所引起的耐油性能与物理机械性能方面的损失，80 年代初已研制出一种新型的丁腈橡胶-Perbunan N 1870 NS^[20]。

该胶种是一种低丙烯腈含量的丁腈胶，能满足低温柔软性方面的苛刻要求。其性能均是用 DIN 和 ASTM 方法测定的。Perbunan N1807 NS 硫化橡胶的性能和丙烯腈含量高的丁腈橡胶相比，其硬度略有降低，但回弹性高，压缩永久变形较小，低温性能得到改良。

纯 Perbunan N 1807 NS 具有最佳低温性能，与其它橡胶并用仅是为满足一定的耐溶胀性和低温柔顺性要求而采取的措施。经试验表明，与丙烯腈含量为 39 % 品级的丁腈橡胶并用在动态低温试验中较好，与丙烯腈含量为 28 % 的丁腈橡胶并用，在静态试验方法中提供出最好的综合性能。

为满足特定的要求，把 Perbunan N 1807 NS 和其它牌号的丁腈橡胶并用。并用后的低温性能和与其它弹性体并用的丁腈橡胶低温性