

提高旋转轴油封性能的方法

张建斌, 邴华兴, 姜 敏

(湖北工学院 化工系, 湖北 武汉 430068)

摘要: 从主体材料选择、耐磨性改善、流体结构设计和防尘唇结构参数选取方面探讨了提高旋转轴油封(简称油封)性能的方法。试验结果表明, 选择适合的耐油橡胶, 在胶料中加入滑动性填充剂、卤化改性油封(橡胶)表面、在油封唇部镶嵌聚四氟乙烯薄片、设计泵送率适当的唇口凸缘或凸台及选取合适的副唇过盈量和内径偏差是提高油封性能的有效方法。

关键词: 油封; 耐磨性能; 流体力学结构

中图分类号: T Q336. 42 文献标识码: B 文章编号: 1000-890X(2001)09-0548-04

橡胶旋转轴油封(简称油封)具有结构简单、紧凑, 价格低廉, 密封性好, 随动性(补偿轴与孔的不同轴度及轴的椭圆度而不形成间隙)优良, 以及对被密封部件加工精度要求较低等特点, 被广泛应用于工业领域。然而, 由于要承受日益苛刻的高温环境、化学作用和动态运行条件, 油封对性能的要求越来越高。为此, 我们在充分考虑油封使用环境的条件下, 进一步探

讨了提高油封性能的方法。

1 选择合适的主体材料

作为油封主体材料的橡胶必须具备耐油性。目前, 常用的耐油橡胶有 NBR、聚丙烯酸酯橡胶(ACM)、甲基乙烯基硅橡胶(MVQ)和氟橡胶(FKM)等, 这些橡胶具有不同的特性(见表1), 配方设计者应根据油封的使用环

表 1 几种耐油橡胶的性能比较

胶种	适用温度/℃	优点	缺点
NBR	-40~+120	耐矿物油性、耐磨性和综合性能好	耐化学药品性和耐候性差
ACM	-20~+150	耐油性好	强度低
MVQ	-100~+250	耐寒性、耐候性、耐压变性、非污染性、回弹性和电绝缘性好	强度低, 耐油性和透过性差
FKM	-40~+200	耐(燃)油性和耐化学药品性好	耐寒性差, 价格高

境要求选择合适的主体材料。

随着汽车向高性能化发展, 对油封的耐热性要求越来越高。一般而言, 发动机中的油封工作温度最高, 主体材料宜选用 FKM 或 MVQ; 变速箱中的油封主体材料宜选用 ACM; 其它基础部件中的油封主体材料宜选用 NBR。

近年来, 新胶种如氟硅橡胶和氢化丁腈橡胶(HNBR)在油封中的应用发展很快, 只是由于存在一些缺陷, 这些新胶种在油封中的应用还不够广泛。如与 NBR 相比, 虽然 HNBR 的

耐热性和耐臭氧性极好, 抗撕裂性和耐磨性优良, 拉伸强度较高, 热油老化和热空气老化后物性较好, 但摩擦生热较大, 动态耐热温度仅在 120℃左右, 因此 HNBR 目前还不能作为动态油封的主体材料。

在选择油封主体材料时, 不仅要考虑橡胶的耐油性, 还要考虑橡胶对润滑油中各种添加剂的抗耐性。润滑油中添加剂的加入由润滑油制造商决定, 添加剂加入的主要目的是提高润滑油的性能和改善润滑油对机械设备的作用, 添加剂对油封使用寿命的影响很少被考虑。但添加剂对油封使用寿命的确有影响, 且同一添加剂对不同油封使用寿命影响不同, 见表2。因

作者简介: 张建斌(1971-)男, 湖北武穴人, 湖北工学院在读硕士研究生, 从事高温耐油复合材料的研究。

表 2 润滑油中添加剂对不同胶种油封使用寿命的影响

添加剂	油封的主体材料			
	NBR	ACM	MQ	FKM
增粘剂	○	○	○	○
摩擦调节剂	○	○	△	△
防老剂	●	○	△	△
耐磨剂	●	○	△	△
清净剂	○	○	○	○
分散剂	○	△	○	△
防锈剂	○	○	△	○

注: 添加剂对油封使用寿命的影响 ○无影响; △影响小; ●影响大。试验条件: NBR 120 ℃× 70 h; ACM 150 ℃× 70 h; MQ 150 ℃× 70 h; FKM 170 ℃× 70 h。

此, 在进行油封配方设计前, 必须对油封所耐受的油的成分充分了解。

2 提高油封耐磨性

最大限度地提高油封的耐磨性是油封配方设计的重要原则, 但这一原则在实践中却常常被忽视, 如国内的一些企业甚至是知名企业在进行油封配方设计时并未进行油封的耐磨性试验。油封在实际工作中, 如汽车发动机曲轴和分配轴油封启动时, 发动机机油从油箱流到油封摩擦区并充满整个间隙需要 2~5 s, 因而油封的启动是“干”摩擦启动, 启动摩擦力极大, 即轴的多次启动-停止对油封的耐磨性是一种考验。

2.1 在胶料中添加滑动性填充剂

为了提高油封的耐磨性, 可以在胶料中加入适当的固体或液体抗磨剂。常用的抗磨剂有石墨、微滑石粉、碳纤维、氟塑料和氟化金云母等滑动性填充剂。在 NBR 油封胶料中加入少量的含氟齐聚物、氟蜡和醇-调聚物等滑动性填充剂, 油封的耐磨性会大大提高。这是因为这些滑动性填充剂会在油封硫化后逐渐喷射到油封表面, 从而减小油封的摩擦因数并同时提高油封的耐油性。表 3 示出了各种滑动性填充剂的分类和名称, 其中层状结晶的无机滑动性填充剂用量较大。对于浅色橡胶如 FKM 等, 添加一氮化硼(属六方晶系氮化硼, 片状)和氟化金云母等白色无机滑动性填充剂较适宜。

表 3 滑动性填充剂的分类与名称

类型	名称
润滑类	
层状结晶物质	石墨、二硫化钼、二硫化钨、六方晶系氮化硼、滑石粉、云母、Ne-月桂酰-L-赖氨酸
耐热结晶聚合物	四氯化树脂(相对分子质量低)、芳族聚酯
其它	一氧化铅、氯化钙、氯化石墨、氟蜡、含氟齐聚物、醇-调聚物
耐磨类	
短纤维	碳纤维
粒子状物	二氧化硅、树脂碳化物
其它	云母、炭黑、氟化金云母

2.2 油封表面改性

目前, 减小油封摩擦因数的常用方法是卤化油封(橡胶)表面。表面氟化、氯化 and 溴化处理后, 油封的摩擦因数会大大减小, 工作寿命会延长 0.5~1.0 倍。表面卤化后的 NBR 油封的摩擦特性见表 4。从表 4 可以看出, 表面卤化后的 NBR 油封摩擦因数减小, 摩擦温度降低; 表面氟化和氯化处理的油封摩擦特性比表面溴化处理的油封好。

表 4 NBR 油封表面卤化后的摩擦特性

处理方式	摩擦因数	摩擦温度/℃
未处理	1.5	227
氟化	0.4	91
氯化	0.4	104
溴化	0.8	138

注: 试验参数: 摩擦速度 1.5 m·s⁻¹, 正常负荷 0.2 MPa。

NBR 油封表面溴化后, 未填充橡胶部位的微观硬度增大 4~7 个单位, 填充橡胶部位的微观硬度增大 2~4 个单位, 同时橡胶的弹性也有所改变, 因此油封设计时要利用结构参数来调整产品性能。

表面卤化还有助于延迟油封橡胶部位的老化, 且表面处理层的磨损和摩擦与油封的许多使用参数有关, 因此表面改性的油封要根据具体的使用条件, 用化学方法和制品结构调整来达到提高油封各项性能的目的。

2.3 镶嵌聚四氟乙烯薄片

聚四氟乙烯是一种性能独特的氟碳塑料, 其耐化学药品浸蚀性极好, 使用温度范围广(−190~+250 ℃), 即使在没有油膜润滑的条件下与金属的摩擦也很小, 只是由于价格昂

贵、缺乏弹性和不易加工才没被广泛用作油封材料。图1示出了唇部嵌聚四氟乙烯薄片的NBR油封结构。这种结构油封既利用了聚四氟乙烯的耐磨性和自润滑性,又发挥了NBR的弹性和价格优势;缺点是制作过程较复杂。

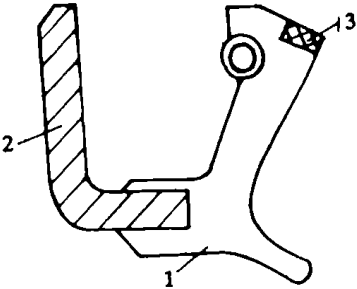


图1 唇部镶嵌聚四氟乙烯薄片的NBR油封结构
1—橡胶; 2—骨架; 3—聚四氟乙烯薄片

3 合理设计油封流体动力学结构

油封的流体动力学结构设计就是指在油封唇口部位设置许多凸台或凸缘,且这些凸台或凸缘均匀地分布在紧靠唇口处空气侧的圆锥面上。

当油封安装到工作位置时,其密封唇口与轴形成一条连续完整的狭窄接触带,均匀分布的凸台或凸缘与轴接触面的侧面和该接触带形成锐角“动态泵”接触区,如图2所示。在油封工作时,经唇部向空气侧泄漏的流体被轴扩散,扩散的流体接近凸台或凸缘与轴接触面的侧面时,靠锐角“动态泵”使液体朝着密封唇移动,形成液体楔形囊;轴在旋转时,在楔形囊的底角产生比唇口(油侧)油压更高的干涉压力,迫使泄漏的油从唇下返回油侧。

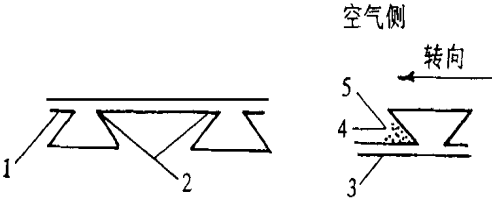


图2 双向凸台流体动力油封回油原理
1—接触带; 2—空气侧; 3—油膜;
4—楔形囊; 5—泄漏的油

油封唇口的三角形凸台、抛物线状凸缘、螺旋状凸缘和正弦波状凸缘结构如图3所示。这些具有流体动力学特性的结构只有在油封与轴

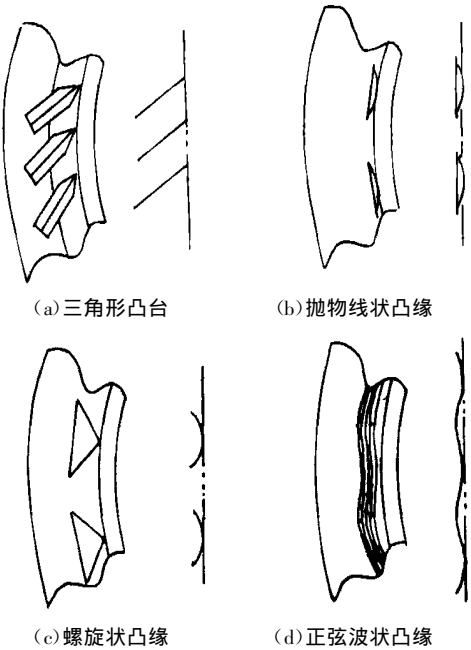


图3 油封的流体动力学结构

处于相对运动的状态下才具有泵的特性。当轴停止转动时,油封必须依靠唇口在轴上形成的静态“坝”来实现密封的效果。

采用不同结构的凸缘或凸台,油封的泵送率不同,如图4所示。单向回油的螺旋状凸缘油封具有最大的泵送能力,但它只能用于密封单向旋转的轴,即如果轴反转,单向的凸缘会将

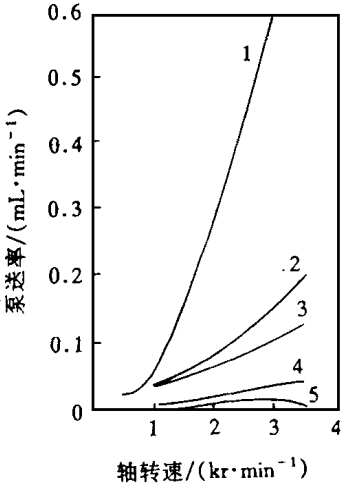


图4 不同流体力学结构油封的泵送率

1—螺旋状凸缘油封(轴径76.2 mm, 轴温93℃), 单向回油;
2—正弦波(6周期, 波幅0.25 mm)状凸缘油封, 双向回油;
3—正弦波(2周期, 波幅0.125 mm)状凸缘油封, 双向回油;
4—三角形凸台油封, 双向回油;
5—传统光滑模压油封, 双向回油

油从润滑油槽中抽出,造成油的大量泄漏。双向回油的三角形凸台和正弦波状凸缘等油封可以在轴进行任意方向的旋转时将油泵回油槽内。对于正弦波状凸缘油封,随着波数和波幅的增大,泵送能力增大。

4 选取适当的防尘唇结构参数

防尘唇的主要作用是阻挡外界灰尘和泥沙进入油封主唇,其结构并不复杂。GB 9877.3—88 标准对油封副唇过盈量及内径偏差作了规定,见表 5。国外的研究认为:在防尘唇设计中,防尘唇的直径应大于轴径 0.1~0.5 mm,防尘唇的花纹应是反向的。防尘唇与轴之间的间隙是为了防止防尘唇与工作唇之间形成真空腔而设置的。防尘唇如果得不到油膜的润滑作用而在“干”摩擦作用下工作会很快损

表 5 GB 9877.3—88 对油封副唇尺寸的规定		
轴径/mm	副唇过盈量/mm	内径偏差/mm
60~80	0.5	±0.25
80~130	0.6	±0.30
130~250	0.7	±0.35
250~400	0.9	±0.40

坏,而破碎的防尘唇胶屑进入工作唇口会导致油封的早期泄漏。

5 结语

随着车辆的高速化发展,轴的转速越来越快,油封的工作温度越来越高和工作环境越来越恶劣,传统的油封已难以满足相关工业的要求。本研究提出的提高油封性能的方法对国内油封生产企业改进油封性能及开发新型油封具有一定的参考意义。

收稿日期:2001-04-03

2002 年《聚氨酯工业》征订启事

《聚氨酯工业》系中国聚氨酯工业协会主办的专业性科技刊物,国内外公开发行。刊号:ISSN 1005-1902, CN 32-1226/TQ。主要报道各种聚氨酯及相关材料的研究成果、发展动态等。聚氨酯制品广泛用于各行各业,本刊适合于涉及高分子合成材料特别是聚氨酯材料研制及应用的科技人员阅读。欢迎各科研院所、工厂、高等院校及个人订阅。

本刊为季刊,编辑部自办发行,需订购者请来信或来电至本部索取订单,也可直接汇款至编辑部订阅,本刊全年办理订阅。全年定价 40 元(含邮装费)。

地址:南京市北京西路 72 号
邮编:210024
电话:(025)3700748
传真:(025)3705672

2002 年《化工科技》征订启事

《化工科技》是国内外公开发行的国家级化工领域技术类期刊,国家级火炬计划项目《中国期刊网》全文收录期刊,已被国际学术界公认的

权威检索性期刊 EI、CA、SCI 所收录。

《化工科技》主要报道全国化工领域重大科研成果和技术改造成果。重点报道化工企业急需的易于工业化的科研成果和对生产具有普遍指导意义的技术改造成果,对国家、省、市级的自然科学基金资助项目、国家教委博士后基金资助项目和各种科技攻关项目以及各种获奖项目优先报道。《化工科技》还将以较大篇幅发布化工产品、化工设备、化工仪表、技术转让和人才供求广告。《化工科技》是由中国石油天然气总公司主管,中油吉林石化公司主办的期刊,发行覆盖面广,遍及全国 30 个省、市、自治区的化工企业、科研院所、大专院校及省市级图书馆。

该刊为双月刊,国内统一刊号:CN 22-1268/TQ,国际标准刊号:ISSN 1008-0511,邮发代号:12-113,全年订价 80 元,可随时通过编辑部或在当地邮局订阅。

联系地址:吉林省吉林市遵义东路 27 号
邮编:132021
电话:(0432)3973377
传真:(0432)3977065
电子信箱:hgkjc@sina.com