车桥油封的设计

吴文彪，王　雷，杨绪迎
（北京橡胶工业研究设计院，北京　100143）

摘要：介绍车桥油封的结构、作用、密封机理、技术参数和安装工艺等，系统说明车桥油封使用注意事项。详细论述车桥油封的结构设计、配方设计以及生产工艺等。

关键词：车桥油封；骨架油封；密封；结构设计；配方设计；

汽车行驶系分为四大部分：车桥（车轴）、车轮、车架和悬架。车桥通过悬架和车架相连，两端安装汽车车轮，其功能是传递车架与车轮之间各方向的作用力。车桥可以是整体式的，像巨大的杠铃，两端通过悬架系统支撑车身，因此整体式车桥通常与非独立悬架配合；车桥也可以是断开式的，像 2 把雨伞插在车身两侧，再各自通过悬架系统支撑车身，所以断开式车桥与独立悬架配用。根据驱动方式的不同，车桥可分成转向桥、驱动桥、转向驱动桥和支持桥 4 种。其中转向桥和支持桥都属于从动桥。大多数汽车采用前置后驱动，因此前桥作为转向桥，后桥作为驱动桥。

车桥油封由于其精确的同轴度和良好的密封性，已广泛用于汽车行业中旋转速率大、配合精密、同轴度要求高、工况恶劣、长期高温等环境下的紧密配合密封系统。车桥油封是汽车密封系统中非常重要的部分，润滑系统渗漏将造成巨大的经济损失，同时还会引发制动环境恶化等系列问题。因此，正确设计和使用车桥油封是降低汽车部件成本和保护密封系统环境的重要环节。

1　车桥油封设计

1.1　结构

车桥油封一般由 3 个部分组成：密封体、加强骨架和锁紧螺旋弹簧。密封体按照不同部位又分为底部、腰部、刃口和内、外密封唇等，在自由状态下的车桥油封内径比轴径小，即其具有一定的过盈量。锁紧螺旋弹簧的作用是油封刃口的压力对内座圈外轴产生一定的径向压力，经过一段时间运行后，该压力会迅速减小乃至消失，而加上锁紧弹簧后，锁紧螺旋弹簧的收缩力对内座圈外轴产生径向压力，以随时补偿油封自紧力。车桥油封按结构形式可分单唇车桥油封和双唇车桥油封，双唇车桥油封的副唇起防尘作用，可防止外界的灰尘、杂质等进入机器内部；按骨架形式可分为内包骨架油封、外露骨架油封和装配式油封；按工作条件可分为旋转骨架油封和往返式骨架油封[1-3]。车桥油封结构如图 1 所示。

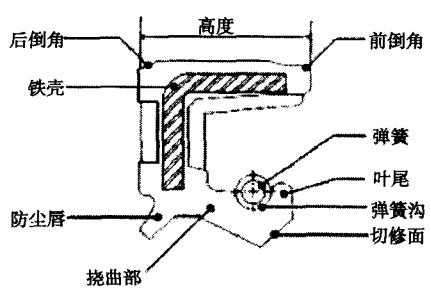

图 1　车桥油封剖析示意

1.2　作用

传动部件中需要润滑的部件一般用密封件隔离，使润滑油不至于渗漏，这种密封件通常用于旋转轴，是一种旋转轴唇油封。油封骨架就如同混

凝土构件中的钢筋，起到加强作用，并使油封能保持形状及张力，骨架油封广泛用于汽车、飞机、火车等的差速器、减震器、发动机曲轴、车桥和前后轮等部位，主要防止被密封介质（气体、液体）渗漏及外部异物进入轴承中。为了充分发挥油封的功能，对其产品结构、橡胶材料选择、制造工艺技术，以及相应的附件与配合件选择等必须处理得当，否则会大大降低其密封效果，造成渗漏。车桥油封主要采用优质丁腈橡胶（NBR）、丙烯酸酯橡胶（ACM）、氟橡胶（FKM）等和钢板制备而成，质量稳定，使用寿命长[4,5]。

1.3 密封原理

在油封密封唇与油封内座圈外轴之间存在着油封刃口控制的“临界油膜”，其具有流体润滑特性。在液体表面张力作用下，油膜的刚度恰好使油膜与空气接触端形成一个新月面，防止工作介质渗漏，从而实现旋转轴的密封。车桥油封的密封能力取决于密封面油膜的厚度，厚度过大，油封易渗漏；厚度过小，可能发生干摩擦，引起油封和油封内座圈外轴磨损；密封唇与油封内座圈外轴之间若没有油膜，则易引起发热和磨损[6]。

1.4 技术参数及安装工艺

油封要求尺寸（内径、外径和厚度）符合规定；具有适当的弹性，能将轴卡住起到密封作用；耐热性能、耐磨性能、耐介质（油或水等）性能好，强度大，使用寿命长。汽车车桥油封安装与配合技术要求如下。

油封内座圈外轴的表面洛氏硬度（HRC）应为35～55 度，达到该硬度的表面深度不小于 0.33 mm；油封内座圈外轴和油封密封圈座孔应加工 15°～30°的装配倒角；油封唇部与轴接触部分表面不应有机加工螺纹痕迹；前轮毂被压入油封后，油封对轮毂轴线的倾角在±0.83°公差范围内，油封不得发生变形、扭曲、撕裂等装配缺陷。为防止油封安装时不损坏密封唇口，应采用专用工具进行安装。

车桥油封安装时，必须在油封密封唇上涂抹润滑油（最好选用锂基润滑脂），以减少油封刃口磨损、延长油封寿命，尤其是当几个油封并列使用时，更应注意润滑油的供给，否则油封套因缺油形成干摩擦，致使油封烧坏。同时还应保证油封与油封内座圈外轴轴心线垂直，若不垂直，油封的密封唇会把润滑油从油封内座圈外轴上排干，也会导致密封唇的过度磨损。在运转中，轮毂骨架壳体内的润滑剂会微微渗出，以使密封面形成的油膜状态最佳。科学、专业、有效的安装方式可以提高油封的耐磨性和耐温性，保证汽车车桥在 180 ℃环境下长期工作而不出现润滑油渗漏。因此，在结构设计上车桥油封必须留有注油孔和排油孔，为防止油封密封腔温度升高，有时开设通气孔也是很重要的。

市场上不少车桥油封存在漏油、夹边、断裂及其他质量隐患，影响着车桥的正常运营。针对这类情况，北京橡胶工业研究设计院对油封漏油问题进行了深入的调查和分析，发现在油封装配过程中，由于装配方式和工装设计不科学及装配工艺不合理，引起油封轴心线与轮毂轴心线偏差较大，而且这种不同心度在油封装配完成后很难检查。为此，对车桥油封的装配工艺进行改进，调整了装配操作，设计了新的装配夹具，提高了油封的装配质量，基本杜绝了由于安装工艺原因而产生的油封漏油现象。

1.5 微量渗漏

骨架油封属于动密封元件，“临界油膜”是油封密封的必要前提条件，无渗漏的密封是不允许的，也是不可能的。润滑油膜是保证油封刃口实现润滑摩擦必不可缺的条件，而润滑油膜同时也使得一定量的渗漏不可避免。旋转用油封在运行初期的 50～100 h 内发生微量渗漏是允许的，随着运转时间延长渗漏会逐渐停止，往往这种油封寿命较长。在有效使用期内，微量渗漏是允许的，而过量渗漏必须按照常见故障原因及排除方法进行处理。

1.6 使用注意事项

车桥油封在装配前，应检查质量，确定轴径尺寸与油封内径尺寸、油封腔体内径尺寸与外径尺寸是否相符，检查油封唇口有无损伤和变形，弹簧有无脱落和生锈。防止油封在运输过程中因倾斜、受外力挤压和撞击而影响其真圆度；测量腔体尺寸与轴各部分尺寸是否正确，尤其是内倒角不

能有坡度，轴与腔体的端面加工要光洁，倒角没有损伤和毛刺，清洁装配部位，在轴的装入处（倒角）不能有毛刺、沙子、铁屑等杂物，否则会导致油封唇口不规则损伤，建议倒角采用 r 角。

装机前车桥油封应在唇口间涂抹适量的二硫化钼的锂基酯，防止轴在启动瞬间与唇口干磨，影响唇口的过盈量，并应尽快装配。如果不是马上装机，装好油封的油封座应用布覆盖，以防止异物附着油封。涂锂基脂的手或工具一定要干净；车桥油封要平装，不能倾斜。建议采用油压设备或套筒工具安装，压力不要太大，速度要慢并均匀。

油封使用中应注意以下几点。

（1）由于设计和结构上的原因，高转速的轴应使用高速油封，低转速的轴使用低速油封，不能将低速油封用于高速轴上，反之也不行。

（2）在使用温度较高的情况下，应选用 ACM、硅橡胶、FKM、硅氟橡胶作为油封主体材料，并设法降低油箱中的温度。在使用温度较低的情况下，应选用耐寒橡胶作为油封主体材料。

（3）一般的油封承受压力能力差，压力过大时油封会变形。在压力过大的使用条件下应采用耐压支承圈油封或加强耐压油封。

（4）油封和轴配合时偏心过大，则其密封性会变差，特别是在轴转速高时尤为严重。如果油封和轴偏心过大时，可采用 W 形断面油封。

（5）轴的表面光洁度直接影响油封的使用寿命，轴的光洁度越高，油封的使用寿命就越长。

（6）注意在油封唇口涂一定量的润滑油。

（7）特别注意防止尘土进入油封。

2　车桥油封的设计

1981 年初原化工部对北橡院下达了油封基本特性研究的课题，经过 4 年的研究，课题组先后完成了油封摩擦扭矩、油封唇口下摩擦温度、油封摩擦特性与密封性能的关系，轴表面粗糙度对油封密封性能的影响，轴偏心对油封密封性能的影响，油封唇口运动的测量及其影响因素，以及油封贮存对径向力影响等项目的研究，取得油封基本特性规律的研究成果。自 20 世纪 80 年代至今，北橡院先后到橡胶油封生产厂，如十堰东森汽车密封件有限公司、襄樊市橡胶总厂第一橡胶厂、浙江省上虞市油封制造有限公司、保定市第四橡胶厂、安国橡胶厂等进行技术服务。通过不断学习国外先进技术，北橡院自主研发生产的油封已成功应用于北京良乡电力设备厂、北京汽车摩托车厂、北京齿轮总厂、北京车桥厂和天津市鼓风机总厂等。下面以某车桥油封产品为例，介绍车桥油封的结构设计、胶料配方设计及生产工艺。

2.1　结构形式

根据厂家要求，油封的结构应与汽车原配油封结构基本一致。该油封为内骨架油封，需对断面几何尺寸不合理的地方进行改动。

2.1.1　外形尺寸

（1）外径及高度公差。油封的外径及高度涉及到机械部件的尺寸，特别是油封的外径设计不当，可能会造成油封渗漏。本设计油封的外径及高度公差按照国家标准设计，一般外径的配合公差为 0.1～0.35 mm，高度公差为 ±0.5 mm。

（2）内径过盈量。油封内径过盈量是油封实际内径与轴径的差值，它是直接影响油封密封性能的重要参数。因为过盈量的大小影响油封径向力，而径向力的大小与油封的密封性能和使用寿命密切相关。过盈量取值根据油封使用条件而定，本设计取值为 1.2～2 mm。

（3）副唇过盈量。副唇一般只起防尘作用，因而其过盈量要小一些。如果设计值过大，会增加油封的摩擦扭矩，使唇口温度升高而缩短油封的使用寿命，本设计取值为 0.2～0.6 mm。

2.1.2　断面结构参数

油封断面结构参数包括弹簧槽中心线到唇口接触点的距离（R）、腰部厚度（S）、油侧夹角（α_1）、空气侧夹角（α_2）等。

（1）R。R 是油封的一个重要参数，其与轴的速度和压力等有关，R 值的大小涉及到唇对轴的径向力分布状况。R 值过大会造成径向力分散，过小会使径向力集中。R 值主要根据油封使用时旋转轴的速度而选取，一般轴转速高，R 取值小，

反之取大一些。R 值范围为 0.2～1 mm，本设计取0.3 mm。

(2)S。S 与油封径向力有关，同时也影响到唇部对轴的追随性能。轴转速高的油封 S 取值小一些，以保证唇部径向力。本设计 S 值取1.2 mm。

(3)α_1 和 α_2。α_1 主要考虑硫化时启模是否方便，不至于把油封唇撕裂，一般取 40°～50°；α_2 与油封密封有密切关系，根据轴转速大小而定，一般取 18°～32°，高速时取值大，低速时取值小。

(4)回流花纹。带有回流花纹的油封是回流油封，本设计回流花纹是月牙形结构，这种花纹的特点是可双向回流，即轴正反向旋转时都有回流作用，根据流体力学原理，花纹起到泵吸作用。花纹结构设计合理，可以减少油封径向力，因而可降低摩擦生热，降低唇部温度，延长油封使用寿命。

2.1.3 金属骨架和金属弹簧

金属骨架在油封中起支撑作用，使油封具有一定刚性，骨架尺寸根据油封规格、介质压力大小等决定。本次设计金属骨架厚度 1～1.2 mm，骨架材质为 08F 钢板，加工方法为冲压成型。

金属弹簧材质为 65#～75# 炭素弹簧钢丝，钢丝直径、弹簧直径及张力参数根据油封规格及所要求的径向力而定。弹簧长度按下式计算：

$$L=\pi(d+2m+D_s)\times 95\%$$

式中，L 为弹簧长度，d 为轴径，m 为油封唇厚度，D_s 为弹簧外径。

2.2 胶料配方设计

(1)主体材料。在车桥油封的发展中，其主体材料逐步倾向于采用 ACM、NBR、FKM 和乙烯-丙烯酸酯橡胶(AEM)，但 FKM 价格较高，ACM 的低温弹性、强度和耐磨性较差，而 NBR 和 AEM 具有较好的耐双曲线齿轮油性能。通过分子结构设计，NBR 可以较好地应用于车桥主齿和半轴部位油封中。在本设计中选用丙烯腈含量居中的 NBR26，其既具有良好的耐油性，又具有适当的弹性和较好抗压缩变形性能，适宜作高速油封的主体材料。

(2)硫化体系。硫化体系是直接影响胶料各项物理性能的重要配合剂。过氧化物硫化体系、复合硫化体系、低硫黄高促进剂硫化体系、硫黄硫化体系，对 NBR 都有较好的硫化作用。考虑原材料供应及经济效益，最后确定选用低硫黄高促进剂硫化体系。

(3)补强体系。补强体系选用高耐磨炭黑/喷雾炭黑并用体系，原因是高耐磨炭黑具有较好的强伸性能和耐磨性能，喷雾炭黑具有变形小、生热低、弹性好等优点。

(4)软化剂。软化剂可以改善胶料的混炼工艺，利于半成品成型，同时可以提高胶料的耐寒性能。综合考虑，采用价格适宜、性能较优的邻苯二甲酸二辛酯。

(5)防护体系。防护体系选用防老剂 MB/防老剂 RD 并用体系胶料可获得良好的耐热空气老化和耐油老化性能。

(6)其他。配方中加入少量二硫化钼，可减小胶料的摩擦因数，延长油封的使用寿命。

本设计车桥油封胶料配方见表 1，物理性能见表 2。

2.3 生产工艺

车桥油封的生产工艺流程见图 1。

表 1 车桥油封胶料配方 份

组 分	用量	组 分	用量
NBR26	100	喷雾炭黑	20
氧化锌	5	二硫化钼	3
硬脂酸	1	邻苯二甲酸二辛酯	10
防老剂 MB	1	促进剂	6
防老剂 RD	2	硫黄	0.5
高耐磨炭黑	40		

表 2 车桥油封胶料物理性能

项 目	实测值
邵尔 A 型硬度/度	72
拉伸强度/MPa	16.5
拉断伸长率/%	260
拉断永久变形/%	5
撕裂强度/(kN·m^{-1})	40
脆性温度/℃	−40
压缩永久变形(100 ℃×24 h)/%	29
耐油体积变化率(100 ℃×24 h)/%	−0.42
耐油质量变化率(100 ℃×24 h)/%	−1.3

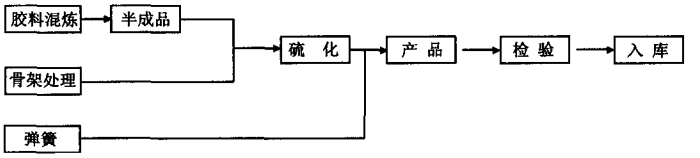

图 2　车桥油封的生产工艺流程

(1)胶料混炼。加料顺序:经二段塑炼的 NBR→氧化锌→防老剂→炭黑、硬脂酸、软化剂、二硫化钼→促进剂、硫黄→下片。

(2)半成品。混炼胶经返炼后,按要求厚度下片,胶片裁成长条。注意胶条两端以 45°截面搭接。

(3)骨架处理。冲压好的骨架尺寸应符合设计图纸要求。骨架表面经过喷砂处理,清理砂沫后用汽油洗刷 1 遍,自然晾干。晾干的骨架涂刷 RM-1 黏合剂 2 遍,涂刷均匀:第 1 遍涂刷后,室温干燥 10 min 左右;第 2 遍涂刷后,放入烘箱中热处理(145 ℃×15 min),取出后放入干燥器内保存。

(4)硫化。先将油封模具清洗干净,预热(153 ℃×20 min);将预热好的模具放在操作台上,打开上模,放入骨架,再放入环状半成品胶料,合上模;将模具放入平板硫化机,打压放气 2 次,保压硫化,硫化条件为 153 ℃/14.7 MPa×11 min。

(5)产品检验。产品修剪飞边,安装弹簧,经检验,包装入库。

该车桥油封通过 200 h 台架试验,达到标准规定的要求。通过用户实际装车使用证明,该车桥油封密封性能良好,使用寿命长。

3　结语

车桥油封的结构、胶料配方、技术参数和安装工艺决定其使用性能,正确设计和使用车桥油封对汽车安全行驶十分重要。根据设计要求并结合实际情况合理设计的车桥油封,可以达到良好的密封性能和较长的使用寿命。

参考文献:

[1] 祝恩临,刘　伟. 汽车后桥油封装配新工艺[J]. 组合机床与自动化加工技术,2001,(6):491.

[2] 林玮静,崔慧萍. 重卡车桥油封现状及新技术应用[J]. 重型汽车,2009,(1):17-19.

[3] 严宏洲. 重型车车桥外露骨架油封的研制[J]. 特种橡胶制品,2005,26(1):32-33.

[4] 孙少俊,王景林. 组合油封在重型车桥上的应用[J]. 汽车工艺与材料,2007,(12):63-65.

[5] 杜喜林. 乙烯丙烯酸酯橡胶在车桥油封中的应用[J]. 橡胶工业,2008,55(5):299-301.

[6] 严宏洲,马国富,鲁国林,等. 越野货车车桥内包骨架油封的研制[J]. 橡胶工业,2006,53(4):238-260.

行业动态

墨企在南京建丁腈橡胶合资项目

墨西哥 KUO 集团与江苏金浦集团合资建设的年产 6 万 t 丁腈橡胶项目日前在南京化工园区正式动工。项目总投资约 1.1 亿美元,计划分 2 期建设。一期年产能为 3 万 t,投资约 6000 万美元,将于 2013 年底建成投产。

KUO 集团是拉丁美洲主要的合成橡胶生产商,拥有领先的丁腈橡胶生产技术及 40 余年合成橡胶生产经验,业务覆盖合成橡胶、生物能源、航空制品、纳米材料等多个领域,产品销往全球 70 多个国家和地区。

丁腈橡胶广泛应用于汽车、建筑和鞋材等领域,据统计,我国丁腈橡胶年需求量约为 20 万 t。未来几年我国丁腈橡胶年消费量增长率将达 7.6%。

钱伯章