

平衡悬架壳盖结合面漏油因素分析及改进

周蓓蓓, 祝司涛, 肖亮

重汽(济南)传动轴有限公司 济南 250220

摘要: 平衡悬架是重型汽车的重要部件, 球面轴承式平衡轴需要为轴承加注润滑油防止轴承磨损。针对平衡轴壳盖结合面处漏油问题, 分析了漏油问题的产生因素和现有的应对措施, 根据当前情况进一步探究原因, 深入分析漏油问题, 提出了O形圈密封措施。通过计算, 确定了O形圈的选型。售后验证结果表明, 故障率为0, 改进效果显著。

关键词: 平衡悬架; 漏油; 结构优化

平衡悬架是重型汽车保持车桥稳定性的重要部件之一, 近年来, 其壳盖结合面处漏油问题多发, 短期内虽对整车无影响, 但漏油问题会加剧平衡轴内轴承磨损, 进一步导致结构失效, 影响行车安全。另外, 漏油问题也会影响车辆外观, 降低主机厂品牌影响力。

密封领域方面, 有大量的文献可供参考, 何剑飞等^[1]利用TRIZ理论分析了平衡轴漏油问题, 降低了悬架系统平衡轴故障率。杨锐等^[2]对三角密封结构中O形橡胶密封圈的应力及变形进行了非线性仿真分析, 反映出不同压缩率和气压作用下的密封性能。王传鸿等^[3]设计了一种锥面对球面密封的螺纹密封结构, 通过有限元模拟和室内试验, 验证了有限元仿真模型的正确性以及结构参数设计的合理性, 有效解决了井下安全阀螺纹联接气密性问题, 同时为气密封螺纹结构的设计提供了一个新的方向。房桂芳等^[4]通过模拟计算分析了

工作参数对接触式机械密封端面接触特性的影响, 随着密封介质压力的增大, 弹性接触面积比增大, 弹塑性接触面积比和塑性接触面积比减小。田孝帅等^[5]推导了密封结构泄漏率的计算公式, 研究了粗糙度、自相关长度、密封比压对表面特征的影响, 以及粗糙度、密封面接触宽度对泄漏率的影响。

重型汽车平衡悬架密封相关的研究较少, 左志强^[6]研究了装配过程、零部件本身缺陷、产品防护不当三种因素对平衡轴漏油的影响, 并提出了解决方案。上官望义等^[7]对工程车后平衡悬架密封系统的结构和失效因素进行分析并给出了系统性解决方案, 密封系统核心零件油封的故障率下降55.6%。刘航瑜等^[8]针对越野车平衡轴渗漏问题, 进行了零部件结构分析和渗漏机理分析, 提出了防止平衡轴渗漏的改进思路与解决方法。

平衡悬架结构及壳盖结合面漏油故障

市面上平衡悬架主要为球面轴承式和橡胶衬套式两种，两者的区别在于球面轴承式平衡悬架使用球面轴承作为摆动执行机构，而橡胶衬套式则使用橡胶衬套作为摆动执行机构。由于重载及路况恶劣工况下，平衡轴需要更大的承载力和摆动角度，所以球面轴承结构平衡悬架使用更为广泛。

因为使用了球面轴承，所以需要加注润滑油润滑，这就产生了漏油问题，常见于壳盖结合面处漏油，如图1所示。



图1 壳盖结合面处漏油

漏油因素分析及对应措施

1. 优化结合面粗糙度

粗糙度是影响密封特性的重要因素，微观上，金属表面为凹凸不平形貌，两接触面之间存在许多大大小小的缝隙，润滑油会从缝隙里流出。粗糙度与密封性能之间为非线性增大的关系^[5]，如图2所示。

平衡轴壳与壳盖结合面处粗糙度值较大，产生的缝隙数量较多、尺寸较大，润滑油更容易流出，导致漏油故障发生。为此，需减小平衡轴壳与壳盖结合面

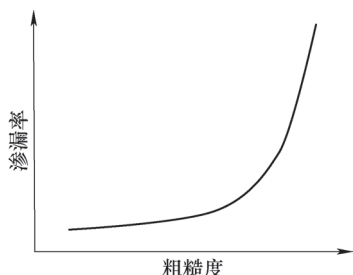


图2 粗糙度与渗漏率的关系

处的粗糙度值，提高零件表面质量，以减小渗漏率。

2. 涂抹平面密封胶

为进一步减小渗漏率，需要对结合面处涂抹平面密封胶。使用自动涂胶机，以保证胶线粗细均匀。根据《JB/T 7311-2016 工程机械 厌氧胶、硅橡胶及预涂干膜胶 应用技术规范》，密封环带尺寸要求不小于5mm，现结构密封带宽度为4mm，受限于结构，密封带宽度暂无法改变。

通过上述措施，对售后产品跟踪，故障率降低至5%，依然没有完全解决，继续对售后大数据进行统计分析，故障位置集中在3点钟和9点钟方向；且平衡悬架生产后短时间内装车比放置一段时间装车漏油比例偏高，需要进一步分析原因。

进一步分析及改进措施

1. 整车装配验证

为进一步探究原因，对平衡悬架的整车装配进行验证，装配骑马螺栓后，轴壳内孔变形量为0.09mm，平衡轴壳3点钟和9点钟方向出现较大变形，此为装配骑马螺栓时拧紧力过大导致的。

2. 故障件拆解分析

对多件故障件进行拆解，漏油部位均在3点钟和9点钟方向，上下位置均未出现渗油现象。如图3所示，平衡轴壳左右两侧的密封胶均呈鱼鳞状，上下位置的密封胶则分布均匀，说明两侧位置密封性能差。

结合整车装配验证与故障件拆解分析，密封胶在



图3 旧件拆解情况

处于密封环境下，表干速度极慢，在涂抹密封胶后短时间内装配骑马螺栓，密封胶在未干透的状态随平衡轴壳受力变形，导致了密封失效。

3.改进措施

根据平衡轴壳端面变形，该处静密封结构，考虑O形圈具有弹性，能够补偿变形量，在平衡轴壳与壳盖结合面处增加O形密封圈以防止漏油。

根据平衡轴壳结构，O形圈沟槽宽度*b*的可选范围为

$$0<b<8\text{mm} \tag{1}$$

沟槽两侧需预留1mm以上余量，因此式（1）改为

$$1\text{mm}<b<6\text{mm} \tag{2}$$

沟槽外径的可选范围为

$$\phi 172\text{mm}<d_7<\phi 188\text{mm} \tag{3}$$

由O形圈规格表可知，O形圈截面尺寸*d*₂=3.55mm时可同时满足式（2）和式（3），查表可知沟槽宽度*b*=5mm，沟槽深度*h*=2.75mm。沟槽两侧共留有3mm的余量，因沟槽外侧为螺栓孔，因此沟槽外侧余量为2mm，沟槽内侧余量为1mm，那么沟槽外径*d*₇=184mm。

该处密封结构为轴向密封结构，且受内部压力，沟槽外径与O形圈尺寸需满足

$$d_7 \leq d_1 + 2d_2 \tag{4}$$

通过查表及公式（4）可得

$$d_1 \geq \phi 176.9\text{mm} \tag{5}$$

查表可知，选取O形圈内径为：*d*₁=177.5mm。

因此，O形圈及沟槽尺寸见表1。

表1 O形圈及沟槽尺寸（单位：mm）

<i>d</i> ₁	<i>d</i> ₂	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>d</i> ₇
177.5±1.34	3.55±0.1			184H11

结语

1) 通过一段时间的售后统计，故障率为0，效果显著。

2) 密封胶用于端面静密封有很多优点，但是要考
虑结合面变形因素的影响，特别是像平衡悬架、桥壳
端面等承载力较大的产品件，初始装配后不漏油，但
使用受力后容易发生漏油故障。

参考文献：

[1] 何剑飞，孙伟栋，侯京森.基于TRIZ理论的平衡轴密封改进设计[J].汽车工艺师，2021（3）：4.

[2] 杨锐，司晓闯，袁端鹏，等.基于三角密封结构的高压复合绝缘子密封性能研究[J].电瓷避雷器，2022（4）：245-252.

[3] 王传鸿，鄢标，周歆，等.井下安全阀特殊气密封螺旋密封性能分析[J].石油机械，2022，50（7）：107-114.

[4] 房桂芳，刘其和，魏龙.工作参数对接触式机械密封端面接触特性的影响[J].液压与气动，2021（1）：105-110.

[5] 田孝帅，张冬林，杨勇，等.阀门密封结构的渗漏特性数值分析[J].核动力工程，2022，43（3）：151-157.

[6] 左志强.浅谈STR平衡轴漏油问题的产生及解决方法[J].汽车实用技术，2011（1）：47-50.

[7] 上官望义，杨银辉，任娜，等.工程车后平衡悬架密封系统改进[J].机械研究与应用，2014，27（5）：108-111.

[8] 刘航瑜，尹文杰.SX2150K系列车型平衡轴密封改进[J].汽车实用技术，2011（2）：10-13. **AUTO1950**

中国第2000万辆新能源汽车下线

中国新能源汽车产业迎来又一里程碑时刻！7月3日，由工业和信息化部指导、中国汽车工业协会组织、广汽集团和广汽埃安承办的2023中国汽车品牌向上发展专项行动——中国新能源汽车第2000万辆下线活动在广州广汽埃安第一智造中心隆重举行。这场行业活动，既是对中国新能源汽车产业发展成就的记录和致敬，也是为中国汽车工业70周年送上的特别献礼。

来自工业和信息化部、广东省和广州市政府及相关负责部门的领导，国家信息中心、中国汽车工程学会、中国电动汽车百人会、中国汽车流通协会乘联会、中汽研汽车检测中心等部门和行业机构代表，院士专家、经销商及供应商合作伙伴代表，新能源汽车企业高管代表，以及中汽协旗下中国汽车企业首席品牌官联席会（CB20）的20余家车企的品牌官代表出席了活动，共同见证中国新能源汽车发展史上这一重要时刻。