

地铁抗侧滚扭杆关节轴承产生异响的分析及改进措施

江现昌, 王云峰, 罗宗渝

(南昌轨道交通集团有限公司, 江西 南昌 330000)

摘要: 针对南昌地铁抗侧滚扭杆出现的异响问题, 分析了可能产生异响的原因, 阐述了改进原理, 提出了解决方案, 并经过实际项目的实施、验证, 取得了预期效果。

关键词: 抗侧滚扭杆; 聚甲醛; 轴承; 异响; 游隙补偿

中图分类号: U231; U269.6 **文献标识码:** B

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.01.022

抗侧滚扭杆与空气弹簧系统的结合可以使车辆获得良好的垂向振动和抗侧滚性能, 有效保证车辆行驶的安全性及舒适性。现在城轨车辆和高速列车大都采用抗侧滚扭杆装置来提高车辆的侧滚刚度。抗侧滚扭杆装置不影响车辆的其他振动形式, 只抑制车辆的侧滚振动, 是一种利用金属弹性杆在受扭矩作用时产生扭转变形而提供扭转反力矩作用的弹簧。其中一个重要的技术指标就是在冲击载荷的作用下, 在发挥抗侧滚功能的同时, 避免产生影响乘坐舒适感的噪声。因此在预设载荷条件及运营期限内连接轴承的功能和寿命设计或选型显得尤为重要, 在确保一定自由度及相应的刚度下, 控制游隙增大、抑制噪声为关键技术指标。

1 地铁抗侧滚扭杆及异响分析

1.1 抗侧滚扭杆

抗侧滚扭杆装置安装于动车转向架和拖车转向架上能限制车体相对于转向架的转动。每一个转向架安装1套抗侧滚扭杆装置, 扭杆装置在车体和转向架构架之间工作, 主要由连杆、扭臂和扭杆等组成^[1], 如图1所示。

扭杆通过固定在转向架构架上的支撑座与构架相连, 连杆通过球关节与固定在车体上的连接座相连。

当车体发生侧滚时, 车体会带动两连杆运动, 水平放置的2个扭转臂对扭杆轴分别有一个相

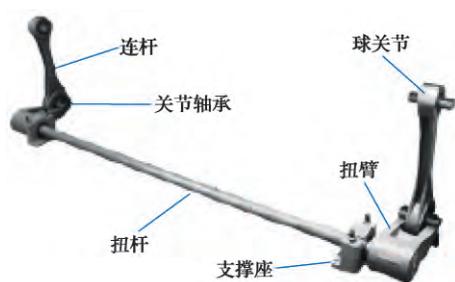


图1 抗侧滚扭杆结构

互反向的力与力矩的作用, 导致扭杆轴产生扭转弹性塑性变形。扭杆轴的变形会产生一反力矩, 此反力矩总是与车体侧滚角角位移的方向相反, 对车体的侧滚起到约束作用^[2]。

1.2 异响分析

南昌地铁运行1年后, 部分列车陆续出现车下异响, 根据对异响的部位及频率等特征分析, 通过排除法确定是抗侧滚扭杆装置产生的异响。

根据音色、音调排除抗侧滚扭杆装置与车体和转向架之间金属直接撞击发出的声音, 运行异响只可能来源于相对运动部件连接处, 而抗侧滚扭杆装置只有3处可以产生相对运动的连接, 即关节连接处^[3]。

①扭杆通过支撑座(见图1)固定在转向架构架上, 其中扭杆通过橡胶轴承安装在支撑座内, 保留一个扭转的自由度, 如图2所示。由于是扭杆轴与橡胶接触, 经过现场试验, 存在异响的可能性几乎排除。

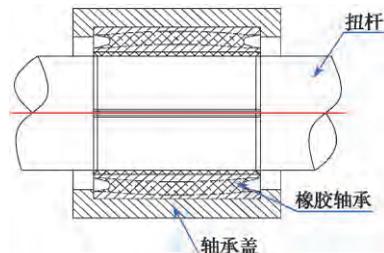


图2 扭杆轴橡胶轴承

②连杆上部通过橡胶关节轴承与车体连接, 因为橡胶关节轴承与连杆为过盈配合, 橡胶硫化在芯轴及轴承外套上, 不太可能产生异响。

③连杆与扭转臂连接的金属关节轴承, 由于轴承PTFE的磨耗, 游隙会日渐增大, 这通常是产生异响的最大根源。同时设计结构上无法保证轴向间隙消除,

制造误差偏大, 致使金属关节轴承在连杆孔内的轴承定位挡圈间隙偏大, 因而产生轴向游动, 受到冲击时就会产生撞击异响, 如图 3 所示。

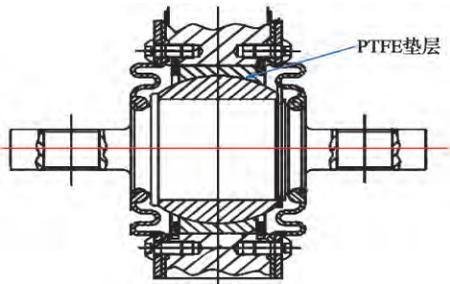


图 3 PTFE 垫层金属关节轴承及安装结构

2 改进方案

2.1 解决异响要求

综合以上分析, 解决异响关键在 2 个方面: ①优化结构, 确保安装精度, 不会产生导致冲击噪声的间隙; 轴承运行中, 寿命周期内磨损后游隙能够保证稳定在设计范围内。②轴向定位间隙消除, 具有磨损自动补偿、自润滑、低噪声、密封防腐可靠等功能, 且成本低。

由于南昌地铁安装的连杆已经没有改造的空间或者改造成本太高, 因此须在保证最小变动的前提下, 能够稳妥地解决异响问题。众所周知, 轴承磨损会导致噪声, 原来的设计采用耐磨的 PTFE 自润滑的关节轴承, 由于寿命要求较高, 一般情况下很难保证在 5 年的设计寿命内不产生异响噪声。因此必须有一种能够自动补偿游隙的结构才能有效解决这个问题。

2.2 采用聚甲醛材料

针对连杆关节轴承的功能特点及使用要求, 结合之前出现的异响问题, 需要这样一种特性的材料:

①耐磨、减磨性优, 无需润滑, 在寿命周期内磨损产生的游隙较低;

②与金属之间摩擦无异响, 低噪声;

③有一定的机械强度及刚度, 便于成型、安装, 满足载荷的要求;

④环境和温度对其影响小, 耐腐蚀、耐油脂、耐低温、耐高温和耐紫外线照射。

由此, 考虑选择五大通用工程塑料之一的聚甲醛(英文缩写 POM)。聚甲醛是热塑性结晶聚合物, 称“超钢”或者“赛钢”, 它是聚酰胺之后一种综合性能优良的工程塑料, 具有优越的力学性能, 良好的电绝缘性、耐溶剂性及可加工性^[4]。

聚甲醛材料表面光滑有光泽, 硬而致密, 呈淡黄或白色, 可在 $-40\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围内长期使用。它的耐磨性、自润滑性比大多数工程塑料优越, 且有耐油、耐过氧化物性能。聚甲醛的拉伸强度达 70 MPa , 吸水性小, 尺寸稳定。聚甲醛为高度结晶的树脂, 在热塑性树脂中是最坚韧的, 抗热强度、弯曲强度、耐疲劳性强度均高, 耐磨性和耐电性能优良。聚甲醛具有类似金属的硬度、强度和刚性, 在很宽的温度和湿度范

围内都具有很好的自润滑性、良好的耐疲劳性, 并富于弹性, 此外它还有较好的耐化学品性。可见, 聚甲醛是一种符合连杆轴承需要的一种材料, 既有强度又在很大的温度范围内有耐磨和自润滑性, 因此, 设计聚甲醛轴承可解决一直困扰的异响问题。聚甲醛轴承结构见图 4。

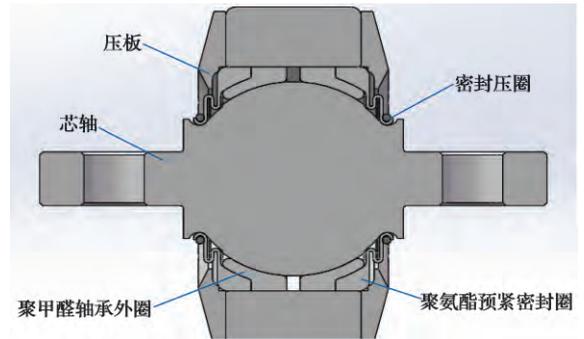


图 4 聚甲醛轴承结构

2.3 结构分析与改进

聚甲醛轴承的结构主要考虑以下几方面:

①转角满足要求(锥向转角大于等于 10° 、周向转角大于等于 18°);

②在结构上解决聚甲醛的不耐酸、强碱和不耐太阳光紫外线辐射的缺点;

③强度需要满足要求;

④疲劳寿命满足要求。

经过研究分析, 聚甲醛在长时间的工作中, 必定会产生一定的磨损, 因磨损会产生一定的间隙, 那么很有可能会使聚甲醛在工作时与连杆和销轴发生碰撞, 使销轴相对聚甲醛球套轴向运动, 这种现象会使聚甲醛的寿命大大减小^[5]。设想如果能有一个轴向力 F , 使聚甲醛球套在磨损后产生一个向中心的力来填补这个间隙的影响, 将会很好地解决这个问题, 如图 5 所示。

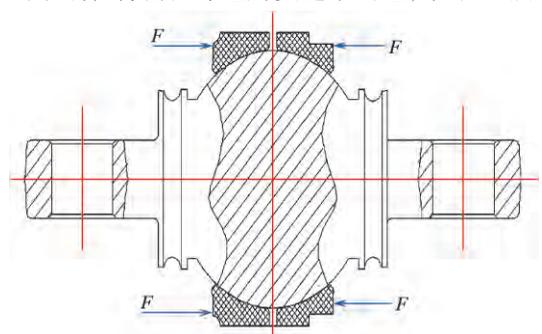


图 5 磨损自动补偿原理图

经过改进后的聚甲醛轴承结构, 关键之处在于密封。密封可以延长聚甲醛使用寿命, 同时给予聚甲醛球套一个轴向力。这个轴向力来源于密封材料的可压缩性, 即组装后的聚氨酯密封产生一定的压缩量。根据法国 SCOMA 经验数据确定设计的压缩量为 2 mm , 这个压缩量使橡胶产生一个反弹力, 这个反弹力作用在聚甲醛球套上。与此同时原来挡圈轴向定位产生的轴向间隙消除。

在组装时, 螺栓拧紧后固定压板, 压板在固定密

封同时压缩密封,使密封产生变形,当聚甲醛长时间磨耗,在销轴与聚甲醛球套间产生间隙时,密封会给聚甲醛一个轴向力,推动聚甲醛向中心发生位移,以弥补这一间隙。同时可看到,聚甲醛球套间留有一定间隙,这个间隙不仅方便装配,而且能消除聚甲醛磨耗后产生的影响,实现了磨耗自动补偿。

这个结构很好地解决了聚甲醛磨耗后产生间隙的问题,完全满足要求,并在此基础上大大增加了聚甲醛的寿命。

3 实施效果

该方案在南昌地铁试点列车上已经成功实施,当时的异响得到了有效控制,同时验证了聚甲醛材料的耐磨性。南昌地铁经过 1 年运行后,对聚甲醛的接触表面进行检查,没有发现明显的超差磨耗量及裂纹等缺陷。

由于密封口处采用了轴用钢丝圈机械压紧作用,比采用单一的橡胶材料的自身收缩弹性在防水防尘方面更加可靠,轴承的工作空间净化得到保证,也有效提高了轴承使用寿命。

由于结构优化,除材料和加工成本明显缩减外,同时拆装方便,运营维护成本也有不同程度的降低。

4 结语

本文通过分析南昌地铁抗侧滚扭杆异响产生的原

因,提出了采用新型的聚甲醛结构轴承和改进方案。结合聚甲醛材料特性,实现了关节轴承磨耗自动补偿、自润滑、低噪声、可靠的密封防腐等功能,经过一系列的现场验证,解决抗侧滚扭杆运营中的异响问题,取得了很好的效果。由于铁路行业的特殊要求,该方案的可靠性还有待在实际运行中接受进一步检验。

参考文献:

- [1] 赵文辉.城市轨道交通车辆[M].北京:中国铁道出版社,2013.
- [2] 赵双阳.我国轨道车辆用抗侧滚扭杆装置的发展现状[J].机械工程师,2012(8):92-95.
- [3] 周若湘.抗侧滚扭杆装置在城市轨道车辆中的应用[J].城市轨道交通车辆,2001,39(12):21-22.
- [4] 杨生荣.聚甲醛润滑材料在摩擦学领域的研究进展[J].机械工程材料,2004,28(10):1-3.
- [5] 张道海.高强度聚甲醛复合材料的动态力学性能[J].胶体与聚合物,2014(1):14-16.
- [6] 崔志国.CRH6型城际动车组抗侧滚扭杆装置的研制[J].机车电传动,2013(5):62-65.
- [7] 潘春花.轨道车辆抗侧滚扭杆的设计及动力学性能分析[J].机车车辆工艺,2012(6):6-9.
- [8] 刘文松.CRH380A抗侧滚扭杆系统研究[D].成都:西南交通大学,2009.

作者简介:江现昌(1987-),男,工程师,研究方向为轨道交通。

(上接第 99 页)

- [3] 杨金川,刘存生,薛云山,等.密接式车钩试验装置[J].铁道车辆,2007,45(9):29-31.
- [4] 中华人民共和国铁道部.地铁设计规范[M].北京:中国计划出版社,2003.
- [5] 中华人民共和国铁道部.列车牵引计算规程:TB/T 1407—1998[S].北京:中国铁道出版社,1999.
- [6] 杨亮亮,罗世辉,傅茂海,等.基于纵向冲动的混编货物列车编组方案研究[J].中国铁道科学,2015,36(4):108-114.
- [7] 张宇.深圳地铁 1 号线(续建)车辆牵引仿真计算[J].电力机车与城轨车辆,2008,31(5):12-15.
- [8] 李莉.基于单位移多质点模型的列车 ATO 调速控制研究[D].北京:北京交通大学,2010.
- [9] Dominguez M, Fernandez-Cardador A, Cucala A P, et al. Energy Savings in Metropolitan Railway Substations Through Regenerative Energy Recovery and Optimal Design of ATO Speed Profiles [J].

IEEE Transactions on Automation Science & Engineering, 2012, 9(3): 496-504.

- [10] 石红国.列车运行过程仿真及优化研究[D].成都:西南交通大学,2006.
- [11] Chang G W, Lin H W, Chen S K. Modeling characteristics of harmonic currents generated by high-speed railway traction drive converters [J]. Power Delivery IEEE Transactions on, 2004, 19(2): 766-773.
- [12] Nasr A, Mohammadi S. The Effects of Train Brake Delay Time on In-Train Forces [J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part F Journal of Rail & Rapid Transit, 2010, 1(F6): 1-12.

作者简介:荆飞瑶(1992-),男,硕士研究生,研究方向为轨道交通半物理实时仿真。