机械转向器件结构改善研究

李波，梁阿南

北京汽车研究总院有限公司　北京　101300

摘要：介绍了机械式转向器异响故障，分析了影响转向器异响的各种因素。针对转向器结构参数选取不当产生的转向异响进行分析，并提出整改方案。对转向器结构参数进行调整改善了转向异响，并对结构改善引起的性能降低进行软件调教优化，通过对比试验进行效果验证，最终在保证转向性能的前提下，解决了转向异响问题，验证效果良好。

关键词：机械式转向器；异响；结构参数

随着人们对汽车乘坐舒适度的要求提高，整车噪声控制显得尤为重要，人们对车辆声音和振动的印象直接决定了购买意愿。近些年来，汽车开发领域中的“声学和振动技术”越来越突显出其重要意义，并取得了显著的进步。

声学研究中把转向系统噪声分为操作噪声和功能噪声，划分的依据是驾驶人对噪声的影响程度和噪声的持续时间[1]。转向系统噪声和异响一直是困扰汽车行业的技术难题，是转向系统抱怨率最高的故障模式。转向异响是衡量整车及系统质量的一个关键指标，也一直是国内外整车及零部件供应商重点关注的问题。随着NVH要求的提高以及电动车的普及，如何有效遏制转向系统异响，成为当前及未来汽车转向系统产品开发的的重点课题。

本文基于对某款车型在产品开发前期，试验过程中出现的转向异响案例，展开对异响源的锁定、异响样件的结构参数优化以及台架试验，找出转向异响的影响因素。根据各失效原因制定对应整改措施，从转向异响的模式、原理、控制方法、台架及整车测试方法、结构参数改进及软件优化等方面着手，细化剖析，力求探究问题根本，以达到从设计初期降低转向异响风险的目的，并通过试验验证整改措施，有效改善转向异响问题。

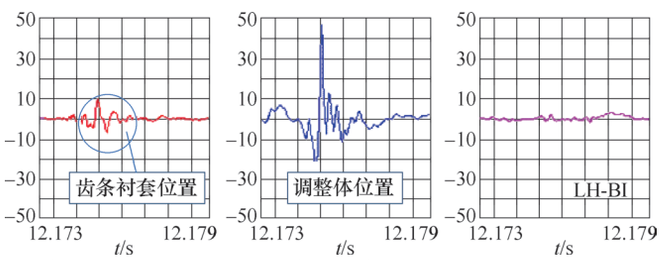
问题描述

某款匹配管柱式电动助力转向的车型在产品开发初期，动态路试时检测到底盘异响（见图 1 ）。经过路试人员主观评价，初步判断异响为碰撞异响，来源于底盘转向系统。动态路试转向异响一般会与原地转向异响同时存在，通过原地打转向并在驾驶室内探寻异响来源，可判断异响为车身前隔板外发动机室下部发出。准确锁定转向异响位置，需进行转向传动系统

部件客观数据采集分析。

图1　转向器测试部位

在异响路面，通过LMS数据采集主机测量齿条衬套位置、转向器调整体位置及左侧内拉杆（L.IBJ）和右侧内拉杆（R.IBJ）位置振动加速度[2]。通过客观测试，采用LMS.TEST.LAB将测量数据时域波形整理出来（见图2）。经过采集车辆转向器总成异响数据，并进行对比分析，可确定异响位置在转向系统机械转向器齿条衬套及齿轮齿条调整体位置。



a）齿条衬套位置　b）调整体位置　c）LH-BI位置

图2　转向器测试数据

问题原因分析

该转向异响是一种“嗒嗒”的碰击声，属于碰撞异响。碰撞异响主要指临近或相互接触的零部件在动态载荷的作用下，相互撞击产生的噪声。转向系统工作时，转向器齿轮轴与齿条啮合传动，在这个过程中，齿条在受到轴向推力的同时，还受到来自齿轮轴的径向推力[3]。受此推力影响，齿条会产生远离齿轮轴的运动趋势，为此，在齿条后部装有调整体，齿条末端装有支撑套，以保证转向器运转时性能最佳。凹凸路面时，受路面逆冲击，如果齿条与调整体之间、齿条与支撑套之间间隙较大，将会产生碰撞异响。

根据对异响转向器样件的拆解分析和异响复现试验，以及转向异响主观评价及客观测试分析，确认异响原因有以下几点。

1）齿轮齿条间隙过大。齿轮齿条的紧密贴合是靠压块、弹簧及调整螺塞组合所提供的压紧力实现的。当齿条受外力作用时会远离齿轮轴，而此时齿条与齿轮轴形成的最远距离即是齿轮齿条的啮合间隙。齿轮齿条啮合间隙越大，齿条脱离齿轮轴的距离越远，因此在受到路面冲击时，相互撞击产生的异响就越大。由此可知，合理控制齿轮齿条间隙成为控制转向器异响的关键点。

2）调整体与壳体间O形圈硬度低，在运动过程中，调整体与壳体产生碰撞异响。调整体与调整螺塞间无轴向缓冲装置，转向器在承受轴向大载荷冲击时，易发生冲击异响问题。

3）齿条与支撑套间隙过大。支撑套在转向器中起到支撑齿条、使齿条在运动过程中保持直线运动状态的作用。若支撑套与齿条间隙过大，会导致齿条在运动过程中产生偏斜，从而产生异响。当车辆通过颠簸路面时，异响尤为明显。

根据以上分析，确定导致转向器异响原因，需对转向器结构参数进行优化来改善异响。但随着对转向器间隙的控制，转向器齿条逆向推力参数也随之增大，需要通过调整电动助力转向控制器阻尼补偿，解决结构改进产生的性能下降问题。

制定优化方案

为满足整车驾驶的NVH需求，同时又必须保证转向系统在所有工况下均不得出现由于结构改进而影响转向性能，需从如下方向进行整改，通过优化转向系统结构解决异响问题，保证转向性能不降低。

1.合理控制齿轮齿条间隙

通过在生产线控制齿轮与齿条的径向啮合间隙全行程在0.1mm以下，优化为径向啮合间隙在±180°范围内0.08mm以下，其他范围在0.1mm内[4]。控制转向器齿轮齿条初始间隙，可有效减少耐久后转向异响的发生。

2.合理调整体与壳体结构，增加轴向缓冲装置

目前，常用的调整体结构主要有两种：第一种是外圆不带O形圈；第二种外圆只带一个O形圈。

不带O形圈的结构因调整体外周与壳体内壁之间无O形圈的缓冲作用，二者之间极易产生撞击出现异响；带一个O形圈的结构，因只有一个O形圈，调整体上下运动时导向作用较差，使调整体容易偏斜而与壳体产生撞击异响。

为有效解决转向器异响，对转向器调整体结构进行优化，在外圆方向采用增加两个O形圈，端面增加一个O形圈[5]（见图3）。新结构可有效弥补前两种结构的弊端，有效改善颠簸路碰撞异响。

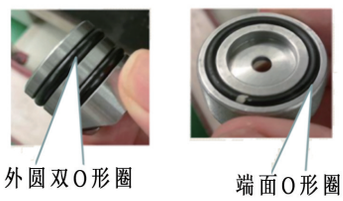


图3　转向器调整体结构示意

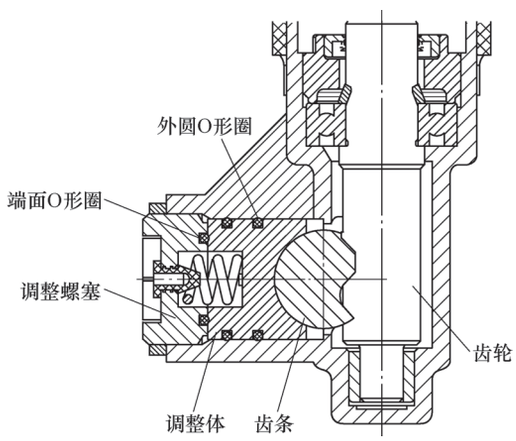


图4　改善结构位置视图

3.合理控制齿条与支撑套间隙

将齿条与支撑套两个方向间隙之和由≤0.2mm调整为≤0.15mm（在齿条末端依次施加垂向推力和拉力各60N），支撑套与齿条间隙，是齿条直径、支撑套尺寸及刚度、壳体尺寸、O形圈线径和硬度等因素综合影响的结果[6]。本次更改是通过调整齿条衬套硬度，硬度由70HS改为90HS，实现将间隙控制在要求的范围，同时在新型衬套齿条接触面设计两道沟槽来存放油脂，可减少滑动摩擦力，降低磨损。

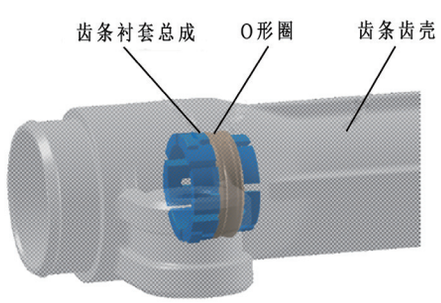


图5 齿条衬套O形圈位置

4.平衡齿条逆向推力，重新进行EPS调校

转向器结构参数调整后，转向异响问题得到改善，但相应转向器的逆向推力会随着对间隙的控制而增大。逆向推力参数的增加，导致转向系统摩擦感增强。主观评价感受为转向不顺滑，转向性能降低。为平衡转向性能，基于电动助力转向系统通过电子控制单元ECU进行性能调校工作，补偿转向逆推力带来的性能降低。

通过电动助力调校参数的调整，在避免转向异响的同时，有效提升了转向性能。

效果验证

根据上述优化方案思路，细化具体方案，通过采取转向器啮合间隙控制，调整体组件结构调整、齿条衬套间隙控制及阻尼补偿等措施，有效改善了整车转向异响的发生。对以上更改方案进行整车耐久路试，并进行整车客观测试及主观评价，以确定改善效果。测试设备采用LMS数据采集主机、传声器、三向加速度器及声学标定器等。测试结果如图6所示。

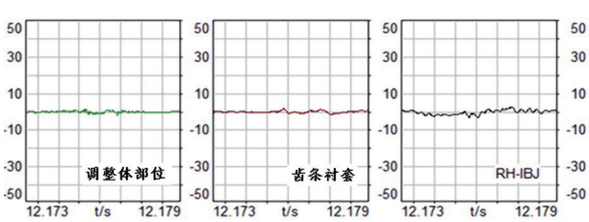


图6　优化后测试结果

从图6可以看出，上述方案实施后，转向异响问题改善效果明显，经过综合耐久路试及主观评价，转向性能通过验收。

结语

本文根据转向异响发生的现象， 对转向器因结构设计不合理而产生转向异响的原因进行了分析，提出了优化设计方案，并制定了相应整改措施，经试验验证，方案可行，可有效解决转向异响问题并保证转向性能。

通过本次对转向异响问题原因分析、方案制定及试验验证等工作，得出以下结论。

1）针对试验过程中或客户反馈的异响问题，要到现场进行确认与分析，找准产生异响的部位，再根据异响产生的部位分析具体的产生原因，制定有效的改进或预防对策。通过试验验证， 通过控制转向器齿轮齿条啮合间隙、调整体结构及齿条衬套间隙，可有效

（下转第55页）

影响车身品质。

因此，焊接部位零件间的搭接间隙需要严格控制，为了避免飞溅，外观焊点位置需要加装铜板。焊枪通过铜板与板件接触，需要控制铜板与板件的贴合状态。避免板件搭接不良或者铜板与板件贴合不良导致的焊接凹凸不平等质量问题。焊钳电极与板件焊接角度也会直接影响铰链面的平整度。因此，焊接工艺规划前期要充分考虑相关影响因素。

结语

分体式型钢铰链的应用，提高了车门的装配强度及开关门品质，有效地提升了整车的感官品质。本文重点介绍了分体式铰链同轴度的影响因素。通过分析公差设计、工装定位、零件精度等方面对分体式铰链同轴度的影响，识别关键影响因素并确保分体式铰链同轴度达标，为分体式型钢铰链应用提供借鉴和参考。随着研究的不断深入，分体式型钢铰链将得到更加广泛的应用。

参考文献：

[1] 何军蔚，孟大庆，石鹏. 型钢铰链定位机构及调试方法[J]. 汽车零部件，2018（5）：134-136.

AUTO1950

（上接第48页）

准，分析总结了生产中常见的铆钉间隙问题的影响因素与原理，其中包括：夹具功能失效、环境温度过低、铆接姿态错误、设备故障、机器人轨迹偏移以及工艺参数过小，并根据以上问题总结了生产中需注意的工艺重点。

作为一个刚刚兴起的新技术，在拥有诸多优点的同时，高速射钉铆接也有着一些限制。例如，铆接过程中会产生巨大噪声，因此铆接必须在隔音房中进行；铆枪备件价格高昂，维护成本高；由于专利限制所以刚开始向市场开放。 因此，目前也仅有奔驰等少数几个品牌应用了这项技术。但是随着技术的不断进步以及车身轻量化的进一步深入。拥有单面连接、铆接快速以及铆接质量稳定等强大优点的高速射钉铆接技术在未来的几年，会获得越来越多的关注，并被越来越多的汽车生产商所接受。

参考文献：

[1] 高勇，谢添，张海滨. 机械连接技术在白车身轻量化中的应用[J]. 汽车工艺师，2017（4）：29-31.
[2] 徐文欢，武冰，张秋花. 高速射钉铆连接技术在白车身的应用[J]. 汽车工艺师，2017（11）：37-39.
[3] 闫旭东，杨博. 射钉铆连接技术在白车身的应用[J]. 汽车工艺师，2018（7）：16-18.
[4] 贾林. 高速射钉铆接技术铆钉断裂及变形问题的处置[J]. 设备管理与维修，2021（Z1）：108-111.

AUTO1950

（上接第51页）

降低转向异响。

2）对于转向器结构调整引起的转向性能不良，通过电动助力参数调校可平衡异响与性能之间的关系，达到最优效果。

通过本文的分析研究，为后续此类问题的解决提供了宝贵的开发经验，在以后电动转向系统开发过程中，通过对转向系统机构的合理设计和充分验证，以及调校参数的合理匹配，可有效防止转向异响问题。

参考文献：

[1] PETER P，MANFRED H.汽车转向[M].机械工业出版社，2019.
[2] 唐学东，曹超峰，汪朋.EPS系统典型噪声模式浅析[J]. 汽车实用技术，2017（12）：181-183.
[3] 郭廷，黄巨成，卜万里，等.齿轮齿条式转向器异响分析及改进[J].中国新技术新产品，2017（19）：15-17.
[4] 刘长军.汽车转向系统异响的解决方案[J]. 现代零部件，2013（1）：81-83.
[5] 杨伟，赵志元.C-EPS电动转向系统异响解决方案[J]. 汽车零部件，2016（7）：73-78.
[6] 钱雄松，高家兵，安宗权.机械转向器间隙对转向系统异响的影响分析[J]. 中国新技术新产品，2015（20）：109-110.

AUTO1950