

■上海汽车变速器有限公司/杨克军 刘文根

手动变速器三挡滑行啸叫的改善

汽车变速器是汽车动力总成传动系统一个主要的组成部分，其性能和寿命直接关系到整车的质量。随着国家法规对整车噪声的限制日益严格，以及汽车购买者对乘坐舒适性的要求越来越高，国产变速器对振动噪声的控制已刻不容缓。而汽车变速器是一个复杂的传动系统，它由齿轮、轴、轴承、箱体、拨叉、拨叉轴和同步器等零部件组成。在变速器转动过程中，不但会产生与轴转频相关的噪声，与齿轮啮合频率相关的噪声，还会引发某些零部件的固有频率，所以采集到的噪声信号实际上是以上几种噪声的叠加。如果简单地通过功率谱对信号进行分析，很难找出噪声源。

本文根据上海汽车乘用车公司反馈的某自主品牌车型手动变速器（SC30M5C）三挡滑行啸叫问题（转速1400~2400r/min），列出可能因素并一一进行振动噪声试验，识别出主要的噪声源。在通过对齿轮箱系统振动噪声产生机理的初探后，对变速器相关零件进行了优化配合，使啸叫得到良好改善。

现状

我厂项目组人员对用户反映的SC30M5C变速器配套的某自主品牌车型三挡带挡滑行NVH（噪声、振动

与声振粗糙度）的13阶、20阶次振动噪声问题进行检测。振动噪声测量仪传感器布置如图1所示。



图1 振动噪声测量仪传感器布置

F80#试验样车出现“呜呜”啸叫的噪声，其数据测量结果如下：

- 1) 1、2、3、4挡加速和倒拖滑行正常。
- 2) 3挡匀加速、全油门加速没问题；加速到3000r/min后倒拖时有噪声，转速为2400r/min时先出现13阶啮合噪声，后出现20阶叠加噪声，直到转速1400r/min时噪声消失，其中转速2000r/min时噪声最大。

3) 反拖频谱图(见图2)中三挡滑行13阶次与20阶次各有一条光亮带,主观评价有明显啸叫。

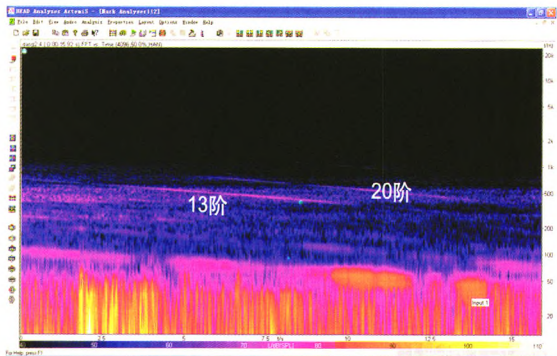


图2 主观评价有明显啸叫的频谱图

针对啸叫问题,对未出厂的变速器进行检测,结果见附表,具体情况如下。

啸叫检测结果

参数	SC30M5C变速器						
	28#	39#	40#	F23(46#)	0925#	41#	42#
拖曳转矩1.2~1.5N·m	啸叫	—	—	啸叫	轻微啸叫	轻微啸叫	轻微啸叫
拖曳转矩1.9N·m	啸叫	轻微啸叫	轻微啸叫	轻微啸叫	—	—	—
F23—轴	—	—	—	啸叫	—	—	—
28#—轴	啸叫	轻微啸叫	—	—	—	—	—
39#—轴	轻微啸叫	轻微啸叫	—	—	—	—	—

3) 抽取合格的两套齿轮,39#、40#变速器壳体装箱,装车驾评,啸叫轻微,状态较好。

4) 28#变速器与39#变速器的一轴、3挡齿轮对换后,28#变速器啸叫很轻微,状态较好,39#变速器啸叫也有改善(轻微),可接受。

5) 装配三台齿印啮合好的41#变速器、0925#变速器及42#变速器,装车驾评,啸叫有改善(很轻微),可接受。

3.明显啸叫

随机抽取库存28#变速器,拖曳转矩为1.5N·m,装车驾评,2、3挡减速到2000~1500r/min时变速器有明显啸叫,不可接受;将拖曳转矩重新调整为1.9N·m,啸叫无改善。

对有啸叫和很轻微啸叫故障的变速器在校验台架上进行检测,无法辨别。用仪器进行NVH测量,结果都是13阶有亮点,与整车状态的20阶振动不同,可能是试验台的振动引起的。因此,目前在校验台上无法辨别该啸叫故障。通过整车NVH测量,确定啸叫是20阶次。

1.状态良好

对现有库存五台套变速器齿轮抽样进行检测(一轴+3挡,中间轴齿轮),结果符合技术要求;拆检检测F23#变速器,对28#变速器一轴+3挡进行检测,结果符合技术要求,状态良好。

2.轻微啸叫

1) 与用户共同对B90#样车进行驾评,确认该变速器有轻微啸叫,状态较好。

2) 将F23#变速器(拖曳转矩1.0N·m)更换到B90#车上进行驾评,确认2、3挡减速到2000~1500r/min时,变速器出现啸叫。将F23#变速器拖曳转矩重新调整为1.9N·m,装车驾评,啸叫有改善(很轻微),可接受。

啸叫原因分析

1.啸叫诊断分析处理的一般原则

首先不要轻易将汽车变速器拆离整车,再去查找噪声异常、声响故障原因。因为汽车变速器的噪声异常声响故障与发动机、传动轴及变速器内部的机械部分都有关系,出现噪声异常、声响故障的可能原因和部位很多,常常采用排除法查找比较对标。因此要把变速器装在整车上,布置好NVH测试仪与传感器进行测试,确定产生故障大致部位和原因。

2.阶次跟踪和阶次谱分析法

尽管尚不具备相应的软件条件,但依据客户反馈的信息以及整车试验的结果,初步针对采集的数据进行频谱图分析,得出13、17.5和20三个特征阶次,其中以20阶次的噪声贡献量最大。

3.变速器结构分析

SC30M5B变速器的齿轮、轴和轴承的零件结构如图3所示,整个传动系中,参与传动由零件和其余五

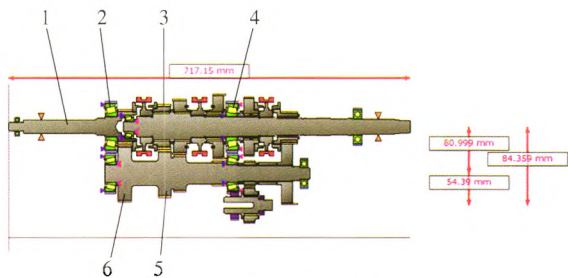


图3 变速器齿轴传动系

1.第一轴 2、4.圆锥滚子轴承 3.二轴三挡齿轮 5.中间轴三挡齿轮
6.中间轴常啮合齿轮

个轴承（变速器共有两个短圆柱滚子轴承和五个圆锥滚子轴承）组成。其中，1、3、5、6四个齿轮的齿数分别为20、27、29、33。一轴外径圆锥滚子轴承和一轴内孔小圆锥滚子轴承滚动体数分别为14和13，中间轴前端和中部圆锥滚子轴承滚动体数都为17，中间轴后端短圆柱滚子轴承滚动体数为12，二轴中部圆锥滚子轴承和二轴后部深沟球轴承的滚动体数分别为14和12。

由阶次跟踪定理，输入轴（一轴）的转动频率为1阶，由图3各齿轮的齿数和各轴承的参数计算可得相关的特征阶次。其中三挡齿轮副的啮合频率为20阶次，一轴轴承的转动频率为14和13阶次，二轴轴承的转动频率为9.1和7.8阶次，中间轴轴承的转动频率为10.3和7.3阶次，综合试验数据分析和结构分析可知：变速器啸叫的主要噪声源是一轴、二轴的锥轴承的装配配合和三挡齿轮副的啮合精度不够。

具体原因分析如下：

1) 根据整车NVH测量确定啸叫是20和17.5阶次（主要是20阶次引起啸叫），分别对应变速器为一轴齿轮20阶次及17.5阶次。目前一轴测量结果符合规范要求。

2) 提高一轴齿轮的精度，啸叫会有所改善。但由于受结构限制，一轴齿轮只能采用剃齿工艺，无法珩磨。

3) 齿轮的啮合斑点，对啸叫有影响。

4) 拖曳转矩对部分变速器啸叫有影响，但由于锥轴承的调整要求，拖曳转矩不能太大。

改进措施

中间轴的三挡齿轮采用珩磨工艺，提高齿面光洁度，与目前常啮合齿工艺一样，可以进行珩磨试验。继续对涉及的重点零部件（一轴总成、三挡齿轮总

成、中间轴）进行装车驾评排查（NVH测试），以进一步确定造成啸叫的可能原因。两台变速器总成（一台啸叫，一台无啸叫）做各挡齿轮齿面的啮合斑点试验。对目前总成装配的预紧扭矩进行调试试验跟踪，再对跟踪的变速器进行装车评估（NVH测试）。

啸叫改善后（轻微啸叫）反拖频谱图中只有微弱的亮点，主观评价没有问题（见图4）。

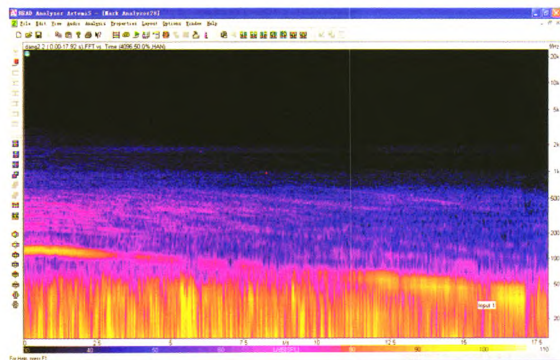


图4 主观评价轻微啸叫的频谱图

具体措施如下：

1) 对中间轴齿轮进行齿印啮合，挑选110套齿印好的中间轴装配。中间轴齿轮进行齿印啮合，挑选20套齿印好的中间轴，严格按照装配作业指导书要求，装配20套变速器。并对其中10套变速器装配记录数据，与变速器一一对应，以便后续跟踪。

2) 适当减小一轴、二轴锥轴承与一轴、二轴的装配过盈量。

3) 中间轴三挡齿轮采用珩磨工艺，提高齿面光洁度。

通过采取以上措施后装配的变速器产品得到了用户较满意的反馈。

结语

啸叫已成为车型研发中常见的NVH类型，在产品开发阶段，需要在整车上专门搭载振动噪声测试分析仪器作监测，辅以人工监听进行识别，对识别出的啸叫作分析改善。变速器批产后，我公司通过在变速器总成校验台上加装具有辨别啸叫功能的新版Discom—Noise Analysis Systems测试分析仪，基本能够对啸叫的产品加以识别，实现良好的在线检测与过程控制。

关键词：

手动变速器 滑行 啸叫 改善

(收稿日期20130426)