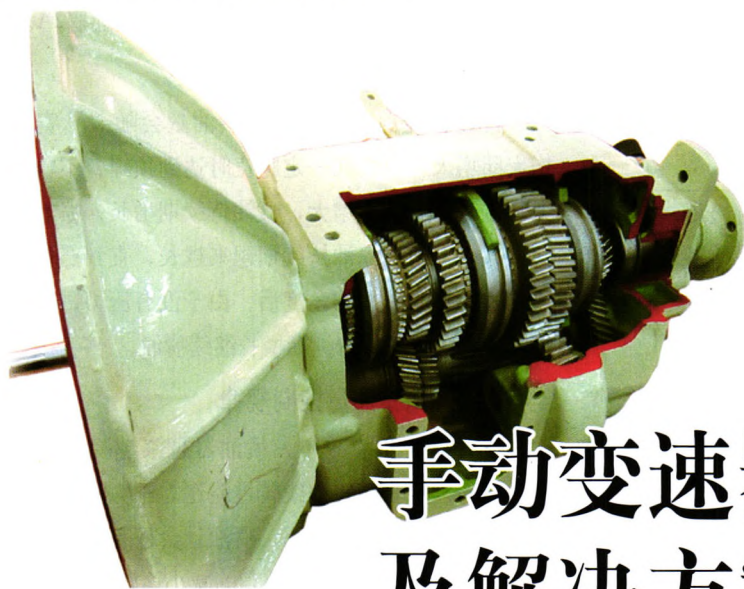


■上海汽车变速器有限公司/顾建华



手动变速器NVH问题及解决方案

随着国内乘用车市场的日趋成熟，中国已经发展成为乘用车保有量大国。目前手动变速器在乘用车中的应用仍是主流，客户需求也已经从满足功能性提升到关注NVH（Noise噪声、Vibration振动、Harshness节振粗糙度）、换挡舒适性等更高层次的需求。我公司乘用车变速器开发已经完成了多平台开发，其中也遇到不少NVH以及换挡舒适性问题。

NVH主要涉及噪声、振动以及音质问题。就手动变速器开发而言，目前遇到的主要问题包括Whine（啸叫噪声）、Rattle（敲击噪声）、Clunk（咯嗒声）等。Whine噪声产生原因主要是齿轮啮合动态啮合刚度在传递误差、传动系统匹配等影响下，产生单一阶次噪声大幅度变化，造成类似“呜呜”的声强不断变化的噪声；Rattle噪声主要是传动系统扭转刚度不匹配产生的间歇性的敲击噪声，如齿轮副敲击噪声、变速器-离合器敲击噪声和变速器-传动轴敲击噪声等；Clunk噪声主要由于变速器换挡系统或传动系统刚度匹配问题等引起换挡冲击噪声。

下面以我公司自主品牌六挡手动变速器（6MT）开发过程中遇到的各种类型的NVH问题为案例，介绍其解决措施。

Whine噪声

在6MT开发过程中，遇到二挡（23阶）滑行啸

叫噪声问题，表现为二挡滑行工况下，转速在2000~2500r/min，发出“呜呜”的噪声。声学测试仪器客观测试表明，该车存在23阶次的定频率噪声，该阶次噪声在2000~2500r/min滑行期间存在噪声的明显波动（见图1），与主观感受一致。

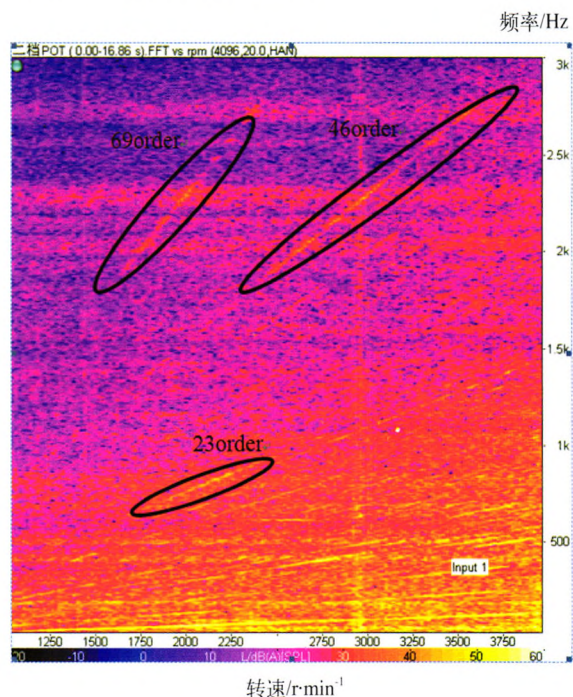
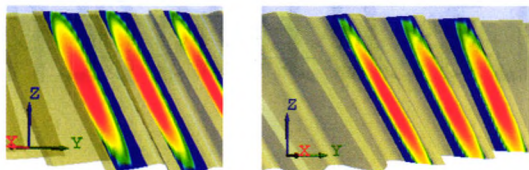


图1 噪声测试瀑布图

针对该问题，进行了齿轮啮合斑点试验（见图2），并通过MASTA软件分析（见图3），得到一致的



图2 齿轮啮合斑点



(a) 工作面 (b) 非工作面

图3 齿轮啮合区MASTA软件分析

结论：目前的设计及实际零件，二挡非工作面啮合区不在齿面中心部位，需要进行微观修正。

通过微观调整螺旋角、齿轮压力角和优化齿顶修缘等措施，调整齿轮啮合区以及啮合的接触应力，通过多次装车验证、主客观测试，解决了该噪声问题。

Rattle噪声

在6MT开发过程中，同样遇到了怠速工况轻微的Rattle噪声问题。由于Rattle噪声是非连续性噪声，所以客户比较敏感，对于该问题相当重视。经变速器与整车对换评估发现，没有大的差异。

从产生机理来说，影响Rattle噪声的主要因素有发动机输出不稳、飞轮离合器系统减振问题、悬置刚度问题、变速器拖曳转矩及齿轮啮合侧隙不合理等。

从变速器角度来说，首先排查了变速器的综合侧隙。与欧系车、美系车及日系车的变速器综合侧隙的经验值对比，我公司生产的变速器（SCM250）的综合侧隙在合理范围内（见图4）。其次排查了变速器的拖曳转矩，均在0.3~1N·m，属于合理范围。

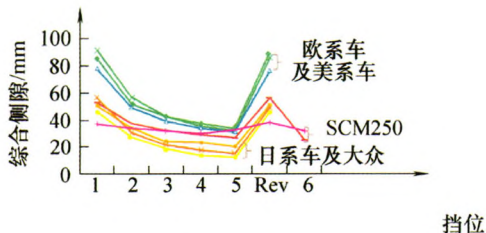


图4 各挡综合侧隙对比

通过与欧洲车辆发动机正常的输出扭振波动对比，最终排查发现，本项目发动机的输出存在不稳定情况。发动机标定改进以及扭振减振器DMF的校调，该Rattle问题最终得到解决。

Clunk噪声

在6MT开发过程中，发现低挡位（如1挡和2挡）用力换挡，整车传递出来吭唧声。对轴系、换挡机构和同步器系统等进行检查，找到出现噪声的原因。

在排查之前，偶然驾驶该车不踩离合器用力挂挡发现不踩离合器也可以挂进挡，进挡反而没有吭唧声。针对第一个情况，在0~10km/h各转速区间，多次试验，均能换挡。经分析，可能是离合器与变速器输入轴之间连接花键间隙太大导致的。针对第二个情况，减小离合器与变速器输入轴之间连接花键间隙，或许可以改善该问题。

经过实际检查离合器摩擦片花键与输入轴花键，发现配合间隙达到0.25mm左右。临时对输入轴花键镀铬处理，减小花键之间的间隙，经装车验证，问题得到明显改善，但噪声并未消除。

又采用了不同刚度的悬置进行装车对比，发现有明显区别。对离合器花键以及悬置均进行优化，根据经验，离合器花键处最大间隙必须小于0.15mm，如能控制在0.1mm内，对换挡冲击会有明显改善。该噪声问题最终得到了解决。

结语

通过以上案例，说明了变速器的各种NVH问题以及解决措施。在舒适性要求日益提高的今天，会有越来越多的NVH问题，这需要我们做好基础数据的累积，及早进行主客观NVH测试，尽量在开发初期考虑并解决NVH问题。

关键词：

手动变速器 NVH 换挡舒适性

(收稿日期20121102)