

齿轮齿面质量与变速器啸叫声控制

□ 格特拉克（江西）传动系统有限公司/肖婷玲 沈学锋

齿轮啸叫是一种极容易被耳识别的中高频率纯音。经典齿轮研究文献和专著都指出：产生齿轮啸叫的主要原因是受载齿轮副的传递误差。

国产变速器的早期开发主要从可靠性出发，未将振动噪声特性作为主要目标，但是随着国家的法规愈发严格，用户对车辆乘坐的舒适度要求越来越高，同时汽车主要噪声源——发动机噪声的降低，齿轮啸叫的控制显得尤为重要。引起传递误差的因素中，制造误差占30%左右，所以，从加工工艺入手，控制制造误差，以提高齿轮精度是降低齿轮啸叫噪声的一个有效措施。

变速器啸叫

该变速器模型总成属于前置前驱变速器，与福特系列直列四缸汽油发动机相匹配，最大输入转矩180N·m。

1.EOL下线检测表现

装配完成下线检测噪声质量时发现，部分产品在检测四挡位时，驱动和反脱状态人耳可以清晰听见纯音啸叫，德国Reilhofer KG系统

的生产线终端质量分析仪上也显示异常，体现在97、98和99阶异常。

2.整车NVH表现

将该批次啸叫总成装配到整车，利用Head Acoustics系统测试各挡在加速和滑行工况下的车内噪声，噪声采集设备为佩戴于驾驶员头处的双耳人工头。测试结果分析在四挡驱动和滑行时97、98和99阶为异常。

3.现场验证

选取OK&NG总成各一台，将OK总成的输入轴装配到NG总成，其余零件均不变，同样将NG总成的输入轴装配到OK总成中去，其余零件不变。之后在台架及整车进行NVH测试对比，可见故障模式随输入轴的四挡位齿轮状态改变而变化。

齿轮啮合动态激励分析

1.激励源的类型和性质

齿轮传动系统的动态激励主要包括两个方面，齿轮副齿轮啮合产生的内部激励和系统的其他因素对齿轮啮合所产生的激励，后者称外

部激励。因本次遇到的噪声在台架和整车上均能再现，所以本案例可忽略外部激励的影响。

齿轮副的内部激励是指齿轮副齿轮啮合过程中所产生的动态激励，包括刚度激励、传递误差激励和啮合冲击激励。其中传递误差激励是因啮合综合刚度的时变性产生的动态啮合力并对系统动态激励的现象；传递误差激励是由于齿轮在加工和安装过程中存在误差，啮合齿廓偏离理论的理想位置，而由这种偏离的时变性形成的一种位移激励；啮合冲击激励是指由于啮入和啮出时的啮合冲击产生的冲击力。

2.激励源的确定

在实际的齿轮传动系统中每一种激励都存在，各种激励的综合表现为动传递误差（传递误差TE）。

TE是由设计公差、制造误差、啮合刚度变化、受载轮齿弹性变形等综合因素导致的。当只改变齿轮的精度时，齿轮啮合刚度、轮齿弹性变形等均保持不变，故本文从设计公差和制造精度角度对TE的降低加以比较和分析。

提高齿轮制造精度，齿轮各齿

之间的微观参数数值集中度相应提高。

齿轮微观表面检测结果显示：由本批次剃齿工艺生产的齿轮，表面粗糙度值大，各齿表现出其自身的齿面形状。

齿轮副啮合时，作用力沿接触线方向。当两齿轮均为理想渐开线齿廓时，作用力的方向不发生改变，但齿轮制造误差的存在使力的方向发生变化而产生振动。

齿轮齿面表面粗糙度直接影响齿面间相对滑动的摩擦系数，特别在润滑不良或润滑油质量不好时，齿面越粗糙，摩擦系数就愈大，在高速运转时发出非常难听的尖叫声，齿面粗糙度对噪声的影响与齿轮运转速度和载荷也有关系。据

Berthoud对不同方法加工的齿轮所作的实验，当转速为550r/min，载荷为0~30N·m时，齿面粗糙度对噪声的影响不太大；但当转速大于800r/min，载荷大于200N·m，就可以明显看出齿面粗糙度对噪声的影响，而且其差别随速度和载荷的增加而变大。所以对于变速器中速度较高的常啮合齿轮副，其齿面表面粗糙度一般要求比低挡齿轮为高。德国ZF公司该齿轮副采用磨齿，一则提高精度，二则提高表面粗糙度。

3.检测结果比较

拆解故障箱，OK&NG总成对比检测输入轴四挡位Topography图发现其齿面质量有显著差异。

经过加工工艺过程排查和大量

DOE实验分析，在工厂的设备和刀具稳定条件下，将剃齿余量进行了适当的调整，其齿面表面粗糙度大有改善（见附表）。

输入轴四挡位参数 （单位：mm）

参数	改进前	改进后
滚齿M值	78.45±0.034	78.41±0.025
剃齿M值	78.235±0.03	78.235±0.03

结语

把啸叫声作为变速器的故障症状，通过振动噪声台架实验以及阶次谱分析识别出主要噪声源，通过安排相应实验加以验证、分析，确定激励来源于齿面摩擦，通过调整剃齿余量的方法对齿轮副进行了优化，使得优化后啮合情况得以改善，最终降低噪声。 **AME**

Smalley 波形弹簧
并不是所有弹簧都一样



节省空间

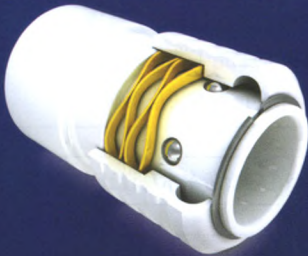
- 相对于螺旋弹簧，波形弹簧将弹簧高度降低 50%
- 与普通螺旋弹簧具有相同的弹力和压缩量
- 适合径向和轴向狭窄的空间

现货供应不锈钢弹簧

- 4000 多种不同型号库存，材质为碳钢和 302 & 316 不锈钢
- 可现货供应弹簧，直径从 6 mm 至 400 mm
- 能够为您量身定制，无模具成本，直径从 5 mm 至 3000 mm



免费提供样品



www.smalley.com/wave-springs +1 847 719 5900