

基于阶次的变速器噪声分析方法

李昌炎, 郑华冰

柳州上汽汽车变速器有限公司 广西省柳州 545006

摘要: 随着我国经济的发展和社会的进步, 汽车性能的提高已成为汽车领域研究的主旋律, 其中NVH是近几年的主要研究方向。通过对一种典型的噪声、振动问题分析案例, 阐述了一种快速有效的变速器啸叫问题分析方法, 并通过客户反馈形成量化的出厂标准, 为变速器的设计和产品噪声标准制定提供参考。

关键词: 变速器; 异响; 振动; 噪声; NVH性能

随着生活质量的提高, 人们对于汽车乘坐的舒适性的要求, 也变得越来越。汽车市场竞争十分激烈, 如何改善汽车质量、降低成本价格、提高NVH (Noise, Vibration, Harshness) 性能, 已成为汽车制造商的重点研究方向, 而且NVH性能好坏直接影响汽车的整体性能, 需要从根本上改善目前汽车领域的状态。

解决汽车乘坐舒适性的问题, 首先需要关注的问题就是振动和噪声, 其中NVH就是评价汽车性能的重要指标之一。

本文通过某车型变速器啸叫问题的分析案例, 阐述一种基于阶次的变速器噪声分析方法并通过该方法制定出厂标准。

某款匹配1.3T动力车型的变速器总成, 客户反馈车辆在挂四挡行驶, 输入轴转速 $>2500\text{r/min}$ 工况下, 整车出现啸叫问题。传统的主观诊断方法很难快速锁定噪声的准确来源, 将客户反馈的噪声转化为变速器厂家出厂标准就更难实现。

本方法采用Head Record NVH采集设备和discom变速器下线检测设备, 可以快速锁定原因, 并针对客户反馈设定用于生产的噪声标准。具体分析方法如图1所示。

变速结构传动路线

该变速器四挡动力传递路线是由发动机运转将动力传递到变速器输入轴, 输入轴通过四挡主动齿轮将



图1 变速器NVH分析方法

动力传递到输出轴，然后通过输出轴上的主减速主动齿轮将动力传递到差速器齿轮，最终由差速器将动力传递到车辆半轴和车轮上，如图2所示。可见如果锁定是变速器导致的噪声，声音大概率是来自一对四挡齿或者一对主减速齿轮。

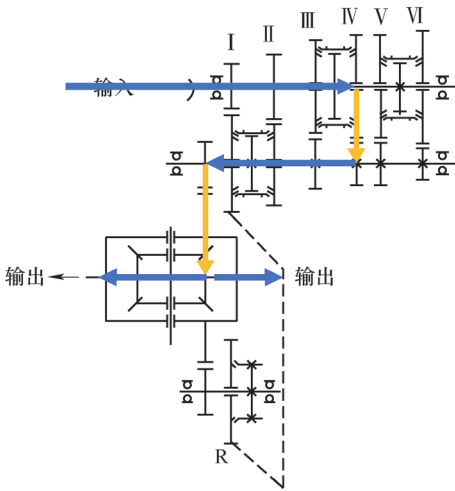


图2 传动简图

变速器各挡位阶次

阶次分析本质上是基于参考轴转速的频率分析。阶次C、频率f与参考转速 n_1 之间的关系为

$$C = f / n_1 \tag{1}$$

齿轮啮合频率的计算公式为

$$f = z n_2 \tag{2}$$

式中 z ——齿数；

n_2 ——齿轮转速。

由式（1）、（2）可得

$$C = z n_2 / n_1 \tag{3}$$

根据式（3）计算该变速器各挡位阶次见表1。

表1 挡位阶次

挡位	1挡	2挡	3挡	4挡	5挡
挡位阶次	11	19	29	33	41
主减速阶次	4.29	7.24	11.32	15.09	18.74

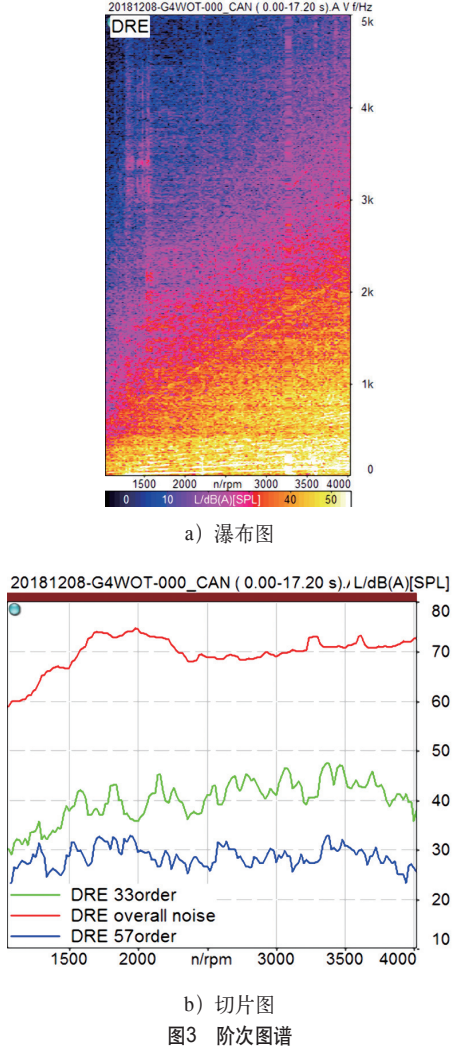
整车NVH测试

采用Head Record NVH采集设备对整车做噪声采集，NVH检测结果如图3a所示，可根据频率计算公式

（1）计算得到阶次为33阶次，恰好是表1中变速器四挡齿轮对应的啮合阶次，可以确定整车啸叫声来自于

变速器四挡齿。

提取瀑布图中33阶次在时域上的能量分布，对应33阶次切片图，如图3b所示。



由于车内的噪声主要是发动机的噪声，其次是变速器的噪声，在整车上解决这一问题的主要方法是隔声、消声、隔振等，通过选取合适的材料，达到降低噪声的目的。比如在变速器悬置架上安装一定程度的减振设备，使机械能以热能的形式消耗；采用合适的材料对车身上的所有骨架采取封闭措施，以减小车内噪声等。

在前期开发阶段中，客户一般会根据经验提出一个大概标准范围，比如要求变速器噪声要低于整车噪声的15dB，以此作为整车的噪声标准（图3b红线）。但事实表明，并非低于这个标准的任何阶次噪声都能够接受，譬如图2变速器总成的噪声虽然符合了整车的标准要求，但是却被驾驶人主观识别并抱怨，针对这

类噪声的标准需要专门定制，制定方案也是本文讨论的课题之一。

discom阶次能量确认及门限值并优化

变速器生产现场普遍采用的是discom加载检测方法。问题批次的变速器总在生产厂家都会有追溯记录，虽然受校验条件的限制，加载载荷、采样频率等都会有所差别，但仍可以使用基于阶次分析噪声的计算方法。

通过客户反馈的变速器流水号信息调取discom数据信息，如图4所示，由于变速器本身的质量差异性，图4中故障总成阶次曲线都会有一定的离散性。

为了确定噪声标准，可以通过客户对该批次的多辆车进行评价，筛选多辆故障车的噪声，收集勉强可接受的边界总成编号。分别调取discom阶次曲线，通过分类对比决定采用图4中绿色曲线作为33阶噪声的可接受边界。同时在discom设备中直接修订红色直线段作为33阶的校验标准，解决了敏感阶次噪声的特殊门限设置问题，即在符合整车噪声下降15dB的标准前提下，增加红色曲线作为变速器总成出厂校验的边界条件。

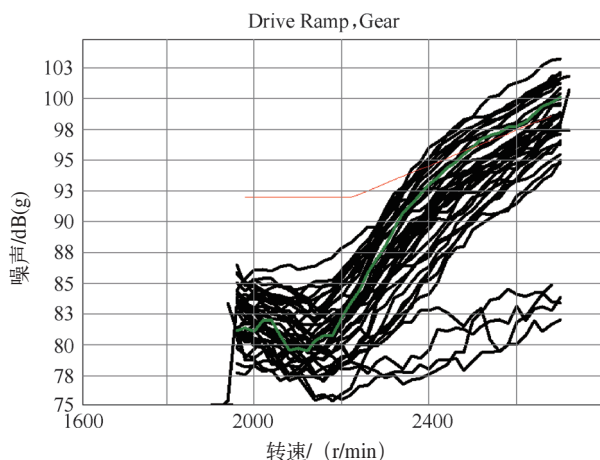


图4 discom阶次曲线

齿轮精度检测

根据总成测试结果，锁定四挡齿轮副做为检查对象，分别观察和检测四挡主动齿轮和从齿轮，发现四挡齿轮的齿面表面有明显的剃齿刀痕，如图5所示。同时，主动齿轮的齿顶部位有明显凸起，这都会影响齿轮的正常啮合。

为了进一步验证引起啸叫的参数，减少验证过程其他因素的影响，直接在一台故障总成的四挡主动齿

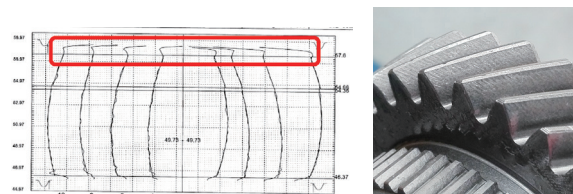


图5 齿轮精度

轮上进行局部调整。采用珩轮对齿面进行返工，降低齿表面粗糙度值，同时对齿顶进行修磨，整改齿顶凸起问题，重新复原到总成进行加载验证。如图6所示，故障变速器的33阶次曲线能量明显降低，变速器啸叫问题得到改善。

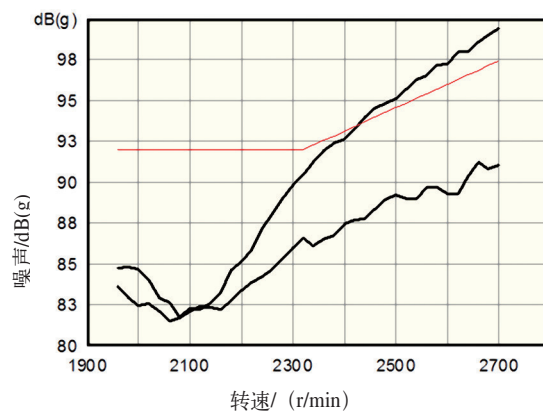


图6 齿轮精度

结语

通过上述分析方法，可快速有效地锁定噪声声源，确定故障齿轮，同时还可以给噪声门限标准的制定提供可靠依据。通过基于阶次的噪声分析方法解决不同类型的噪声问题，不断循环总结阶次曲线特征和齿轮失效模式的关系，最终就会形成噪声分析的数据库，为今后的故障分析、出厂校验准则的制定以及变速器齿轮设计提供可靠的依据。

参考文献:

- [1] 高维山.变速器[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [2] 沈永胜.机械原理[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [3] 陈双籍,陈端石.基于心理声学参数的车内声品质偏好性评价[J].噪声与振动控制,2005,25(3):45-47.
- [4] 常振臣,王登,周淑辉,等.车内噪声控制技术研究现状及展望[J].吉林大学学报,2002,32(4):86-90. **AUTO1950**