

提升变速器EOL齿轮特征阶次的方法

赵卫伟

柳州上汽汽车变速器有限公司 广西柳州 545006

摘要：手动变速器总成在终下线（EOL）进行NVH检测时，对齿轮特征阶次的考核尤为重要，特征阶次能量大小直接影响整车的NVH结果，所以，如何有效提升特征阶次与背景噪声的信噪比，是EOL急需解决的问题。从测点、工况方面切入，借助整车NVH测试系统加以考核，最终提出能够有效提高EOL台架NVH测试环境中齿轮特征阶次的办法。

关键词：手动变速器；NVH EOL；特征阶次；信噪比

在手动变速器生产过程中，所有总成在终下线（EOL）时都会进行NVH测试，并通过设定既有门限加以判定总成是否合格。而其中有一些变速器因为存在啸叫问题再返厂复校，NVH工程师很难将故障总成有效地从合格总成中剔除。因为故障总成的齿轮特征阶次信号并没有那么突出，如果进行拦截将导致大量的误拦。因此，从所有有效的提示齿轮的特征阶次，将其从合格总成中精准找到，并有效隔离，是NVH工程师需要考虑的。

提升变速器总成EOL台架齿轮特征阶次信噪比方法

齿轮的特征阶次类似于特征频率，总成一旦装配好，它的所有特征信息就已经无法改变。作为EOL台架端提示特征阶次的办法无外乎优化所测试的工况，

尽量体现整车工况，或者是优化EOL的NVH考核测试点，使齿轮特征信息在过度衰减前被测试传感器所捕获，从而提示齿轮特征信息的信噪比。同时，这些过程不能影响生产。

1.使用优化工况的办法提示齿轮特征阶次

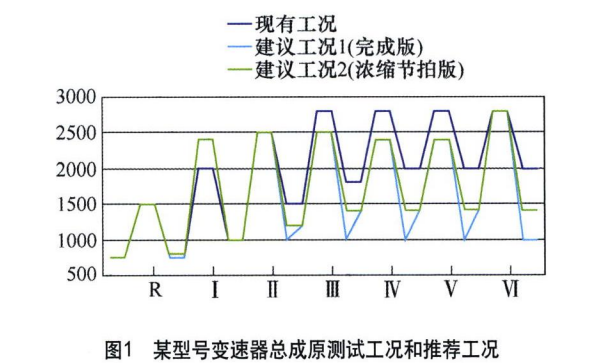
EOL台架测试的程序由PLC控制各个工况进行。调查发现，原某型变速器总成，原有工况是借用老产品的空载校验工况加以改善得来。其校验节拍长、加载扭矩低，不能很好地拟合整车车速（见表1），而实际用户充分使用的转速和车速见表2。两者存在部分差距，具体如图1所示。即便通过工况优化也很难完全符合整车工况需求，EOL测试台架是产品一致性检测，其测试工况应尽可能地匹配整车实际使用工况，但很难保证完全一致。

表1 某型号变速器总成原有校验工况及对应车速

当前工况（基准轴：输入轴）某型号手动变速器总成								
挡位	参数	R	I	II	III	IV	V	VI
加速	起始转速/（r/min）	750	750	1000	1500	1800	2000	2000
	终止转速/（r/min）	1500	2000	2500	2800	2800	2800	2800
	起始车速/（km/h）	-5	5	13	30	48	64	77
	终止车速/（km/h）	-10	14	33	56	74	90	107
滑行	起始转速/（r/min）	1500	2000	2500	2800	2800	2800	2800
	终止转速/（r/min）	750	1000	1500	1800	2000	2000	2000
	起始车速/（km/h）	-10	14	33	56	74	90	107
	终止车速/（km/h）	-5	-7	13	36	53	64	77

表2 某型号变速器总成校验工况推荐

推荐工况（基准轴：输入轴）某型号手动变速器总成								
挡位	参数	R	I	II	III	IV	V	VI
加速	起始转速/（r/min）	750	750	1000	1200	1400	1400	1400
	终止转速/（r/min）	1500	240	250	2500	240	240	2800
	起始车速/（km/h）	-5	5	13	24	37	45	53
	终止车速/（km/h）	-10	17	33	50	64	77	107
滑行	起始转速/（r/min）	1500	2400	2500	2500	2400	2400	2800
	终止转速/（r/min）	750	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	起始车速/（km/h）	-10	17	33	50	64	77	107
	终止车速/（km/h）	-5	7	13	20	26	32	38



通过比较，推荐的两种工况仅在滑行工况下略有差异，考虑到实际驾驶习惯中消费者不大可能在发动机降速到1000r/min时才换挡，并结合实际生产对节拍的要求，最终选择了推荐工况2进行验证。

采用同一总成对优化工况前后的EOL测试数据对

比，发现新工况下对应齿轮特征阶次的绝对值影响不大，而且能够降低背景噪声，使齿轮的特征阶次凸显出来。如图2所示，齿轮特征阶次32ord峰值变动很小，但是其正负2ord边带下降了近5dB，有效地凸显了齿轮的特征阶次。

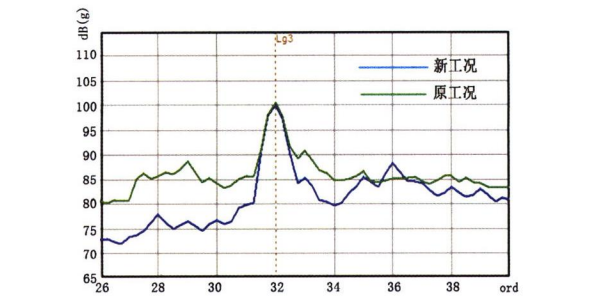


图2 不同工况下齿轮特征阶次对比

使用新工况能有效地降低背景噪声，从而使齿轮特征阶次略有凸显，但是如何使变速器齿轮特征阶次的绝对值增加，从而提升特征阶次的信噪比呢？接下来提出了在新工况的基础上进行了测点优化的验证。

2.关于使用优化测点的办法提示齿轮特征阶次

经调查，原有EOL测点并没有针对具体的变速器结构加以特别考虑，更多的是从EOL台架便捷性和通用性方面加以实现。原有测点测试的位置在该变速器总成的轴承箱壁上，位于变速器中部，而相关的测试经验和技术推荐更多的是作为轴向支持的轴承座附近^{[1], [2]}。

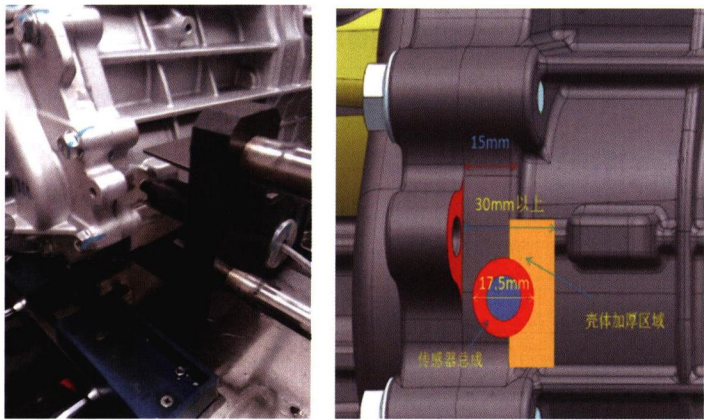


图3 新测点在实物和数模上位置

据对比，发现新测点下对应齿轮特征阶次的绝对值略有增加，而且能够降低背景噪声，使得特征阶次凸显出来。如图4所示，齿轮特征阶次32ord峰值略有增加，但是其正负2ord的边带下降了近7dB，有效凸显了齿轮的特征阶次。

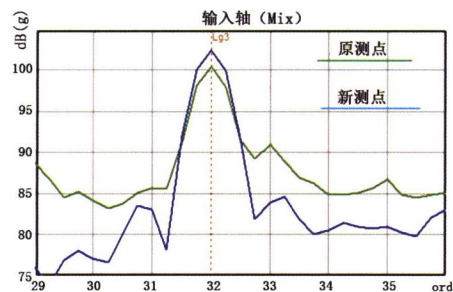


图4 不同测试采样点齿轮特征阶次对比

结语

本文通过将EOL台架的NVH测试工况向整车正常

这样齿轮啮合信息直接通过轴体传递到轴承，再由轴承外圈直接传递到轴承座壳体上，被振动传感器直接捕获，省去了在壳体面的辐射和传递过程。理论上增加了齿轮啮合的特征阶次能量，有效降低了背景噪声的引入。

如图3所示，原测点在变速器中部，由齿轮啮合产生的振动到被传感器捕获需要经过轴承座壳体，而新测点在轴承座壳体直接捕获。有效减少了壳体对振动的传递效益，更加利于EOL台架NVH测试系统的测试和分析。

采用同一总成在优化测试采样点前后的EOL测试数

据对比，发现新测点下对应齿轮特征阶次的绝对值略有增加，而且能够降低背景噪声，使得特征阶次凸显出来。如图4所示，齿轮特征阶次32ord峰值略有增加，但是其正负2ord的边带下降了近7dB，有效凸显了齿轮的特征阶次。

虽然通过改测点和改工况，有效提升了齿轮特征阶次的信噪比，但是无法锁定特征阶次与齿轮参数的对应关系。所以接下来，在此基础上还应探索如何快速锁定特征阶次故障与齿轮参数的关系。

参考文献：

[1] 徐玉秀, 钟建军, 刘薇, 等. 基于广义分形的旋转机械故障诊断识别与分类[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2005, 24 (4) : 591-594.
[2] 赵健, 雷蕾, 蒲小勤. 分形理论及其在信号处理中的应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004. **AUTO1950**