变速器怠速异响原因分析

牟健宁，黄俊，韦仪贵
柳州上汽汽车变速器有限公司　广西柳州　545006

摘要：主机厂在对某型号新车进行试驾时，发现整车怠速时存在明显的“轰隆”异响声，但在踩离合后异响声消除，经换件验证确定异响与变速器有关。通过进一步分析验证，找出导致“轰隆”声的根本原因，制定相应改进措施，解决由该原因导致的异响，提升整车NVH性能。

关键词：变速器；轴承损伤；NVH

随着我国汽车工业的快速发展，乘用车市场快速增长，人们对整车的驾乘体验要求也越来越高，而整车NVH性能的好坏很大程度上左右着整车的驾乘体验。变速器作为整车动力传输的关键部件，不仅承接着发动机传来的动力，本身也是动力输出端，其NVH性能直接影响到整车驾驶感受。

变速器噪声主要有齿轮啮合时产生的噪声、轴承运转过程中产生的噪声以及变速器内部齿轴轮动力传输时冲击产生的噪声，这些都会直接影响乘客的驾乘体验。本文将重点分析以上异响源，分析变速器怠速异响的原因，制定优化方案。

故障现象

主机厂在某手动挡新车试驾过程中，发现整车在怠速时存在“轰隆”异响问题，但在踩离合后异响消除，主机厂将故障车和合格车的变速器进行ABA互换后，确认异响故障与变速器有关。

对故障变速器和合格变速器进行台架测试收集相关噪声分贝值数据，结果见表1。

表1　OK及NOK变速器噪声分贝对比　（单位：dB）

挡位	NOK	OK
空挡	60	57
R挡	64	66
1挡	58	55
2挡	61	62
3挡	70	72
4挡（直接挡）	56	54
5挡	82	80

从表1可知，故障变速器与合格变速器台架校验时的噪声数值，无太大差异，因此无法通过噪声大小确认异响源。但在对两台变速器校验过程中发现，故障变速器在各挡退回空挡后，有不断升高的“轰隆”异响声，而合格变速器无此异响。

万方数据

确定异响源

为确认变速器内部故障，对变速器内部各子零件进行ABA互换。

1）故障变速器与合格变速器的输出轴总成进行互换，如图1所示。

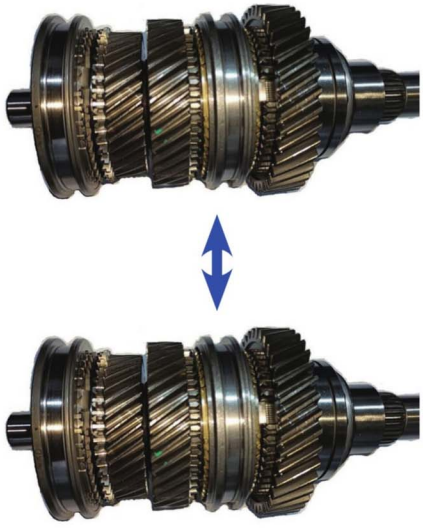


图1　输出轴总成ABA互换

结果：“轰隆”声跟随输出轴总成，因此初步确认变速器输出轴总成为“轰隆”声的异响源。

2）因输出轴总成由输出轴、一/二/三挡从动齿总成、一/二、三/四挡同步器及相关球形和滚针轴承组成，因此需进一步缩小异响源范围。继续将故障变速器与合格变速器输出轴总成上的一挡从动齿、一挡滚针轴承、一挡滚针轴承衬套和一挡同步环进行整体互换，如图2所示。

图2　一挡从动齿总成、一挡滚针轴承等ABA互换

结果：“轰隆”声未跟随上述互换零件走，因此判断一挡从动齿总成、一挡滚针轴承、一挡滚针轴承衬套和一挡同步环并非异响源。

3）将故障变速器与合格变速器的二挡从动齿总成、二挡滚针轴承、一/二挡同步器及二挡同步环进行整体互换，如图3所示。

图3　二挡从动齿总成、二挡滚针轴承等ABA互换

结果：“轰隆”声也未跟随上述互换零件走，因此可排除二挡从动齿总成、二挡滚针轴承、一二挡同步器和二挡同步环非异响源。

4）将故障变速器与合格变速器的三挡从动齿总成、三挡滚针轴承、三挡同步环进行整体互换，如图4所示。

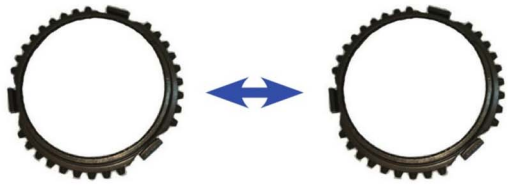
图4　三挡从动齿总成、三挡滚针轴承等ABA互换

结果：“轰隆”声跟随上述零件走，因此可判定异响在三挡从动齿总成、三挡同步环和三挡滚针轴承中。

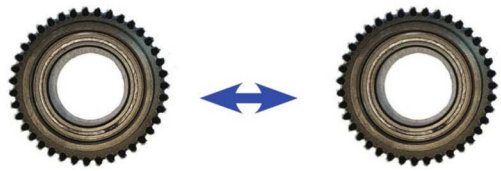
5）依次将三挡同步环、三挡从动齿总成、三挡滚针轴承作为单变量进行互换，如图5所示。

结果：“轰隆”声，只跟随三挡滚针轴承走，至此异响源锁定为三挡滚针轴承。

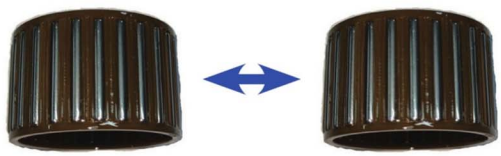
万方数据



a）三挡同步环ABA互换



b）三挡从动齿总成ABA互换



c）三挡滚针轴承ABA互换

图5　三挡同步环、三挡从动齿、三挡滚针轴承依次进行ABA互换

验证分析

轴承噪声主要为：轴承本身固有振动引起的噪声、产品不符合技术要求所引起的噪声及轴承损伤引起的周期性振动和噪声或异物侵入引起的非周期性振动和噪声。

1）使用滚针轴承灵活度检具对故障三挡滚针轴承进行检查，结果显示：轴承异响严重。将故障三挡滚针轴承与合格三挡滚针轴承进行比较，发现故障三挡滚针轴承的部分滚针，在其中段位置整齐地分布着三角形凹痕（见图6），而合格件无此凹痕。根据凹痕形状及其整齐性，初步判断凹痕是由于圆形硬质物体挤压划伤导致。

图6　部分滚针中段有三角形凹痕

2）检查与故障三挡滚针相关的对手件——输出轴及三挡从挡齿总成，结果发现：从动三挡齿总成齿轮侧内孔边沿存在部分轻微凹痕，这与故障三挡滚针的三角形凹痕相对应（见图7）。

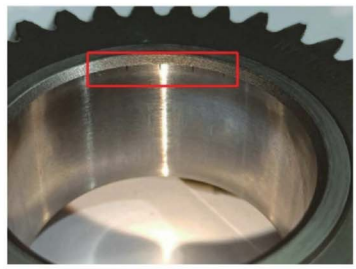


图7　从动三挡齿总成齿轮侧内孔边沿存在部分凹痕

3）对从动三挡齿总成及三挡滚针轴承的装配工艺进行排查。装配工艺为：先将三挡滚针轴承套入输出轴上，再使用合抱工装将由从动三挡齿总成、三挡同步环、三/四挡同步器组成的小整体，套进三挡滚针轴承上，最后由压机将三/四挡同步器压装到位。

经现场模拟，确认是在使用合抱工装组成的小整体套入三挡滚针时，由于视线遮挡，三挡从动齿总成未完全套入三挡滚针轴承，装配员工并不容易发觉，造成在压装三/四挡同步器时，三挡从动齿总成内孔边沿将三挡滚针轴承挤压刮伤，最终导致三挡滚针轴承产生周期性的振动和噪声（见图8）。

图8　模拟再现的挤压划痕

改进措施制定及跟踪验证

1.改进措施制定

变速器三挡从动齿总成装配工艺中，现有合抱工装容易遮挡视线，三挡从动齿总成未完全套入三挡滚针轴承时，装配员工不容易发现，造成在压装三/四挡同步器时，三挡从动齿总成内孔边沿将三挡滚针轴承挤压刮伤，主要采取的措施如下。

1）更改现有三挡从动齿总成安装工艺。由先装

（下转第57页）

万方数据

轮、导轮）则变成了阻力。油液会在接触壁面上产生大量气泡，而且油道内的控制油液压力急速降压增速，气体溶解度急速降低，油液中的气体发生过饱和现象，将微气泡聚集形成足够大气泡从油液中析出，携带油液快速向低压区膨胀，最终从通气塞处喷出。

解决办法

（1）通气塞位置　通气塞应设置安装在固定位置，避免处于旋转件位置。

（2）通气塞处的腔体形状　采用漏斗或开阔形状，给气泡溢出液面后留足够的空间，防止使用环带、倒漏斗形状。

（3）油液高度　油液高度尽量避免接触任何旋转类零件，尤其防止热油状态下液体膨胀、发泡，造成恶性循环。

（4）通气塞结构　尽量采用长管型、节流型、折叠回路、迷宫回路、油气分离网及分离粘接材料（陶瓷）。

（5）液压系统优化　增加溢流阀和背压阀，减缓变速器油液压力和流速急剧变化时油腔内的压降率。

（6）电控系统优化　增加禁止转速进入急剧切换状态命令。

（7）变速器油温控制系统优化　选用散热能力强的冷却器，使变速器工作时最高油温尽量控制在100℃以下。

结语

由于液力自动变速器的润滑和控制都需要大量的油液，而且变矩器工作时油液压力和流速变化剧烈，因此通气塞的布置在液力自动变速器中尤为重要。目前国内液力自动变速器技术水平与国外仍然存在差距，在开发时合理准确地布置通气塞安装位置难度较大，导致在市场上仍然有时发生通气塞喷油现象。如果无法找到通气塞喷油的根本原因，为保证车辆的正常使用，通过调整通气塞结构也可以杜绝此问题的发生。

参考文献：

[1] 万耀青.自动变速器技术[M]. 北京：人民交通出版社，2017.

[2] 田晋跃.车辆自动变速器构造原理与设计方法[M]. 北京：北京大学出版社，2009.

[3] 张兆顺，崔桂香. 流体力学[M]. 3版. 北京：清华大学出版社，2015.

[4] 马文星.液力传动理论与设计[M]. 北京：化学工业出版社，2004.

（上接第54页）

三挡滚针轴承，再套入由从动三挡齿总成、三挡同步环、三/四挡同步器组成的合抱体，然后再用压机压装，改为先装三挡滚针轴承，再单独将三挡从动齿总成安装到位并盘转齿轮一圈以上检查灵活性，然后再将由三挡同步环、三四挡同步器组成的合抱体，压装到位（见图9）。

a）更改前合抱体　　b）更改后合抱体

图9　更改前后合抱体

2）在变速器出厂校验工艺中，增加各挡退回空挡后停留3～4s的要求，确保校验人员能充分识别出该异响。

2.跟踪验证

自采取上述措施后，已持续跟踪统计一年，该变速器在客户现场及售后市场的质量表现，均未再发现因滚针挤压划伤导致的怠速异响问题，证明上述措施有效、可行。

结语

通过以上措施的实施以及批量跟踪验证，结果证明上述措施有效，装配过程中滚针轴承挤压划伤导致的异响问题得到彻底解决，能够为变速器异响问题的分析、解决提供一些实践参考。

万方数据