

SC16M6系列变速器中间轴锥轴承异响分析

□ 柳州上汽汽车变速器有限公司/黄银燕

汽车变速器装配现场的主要问题之一是异响问题。而轴承异响则一直是现场变速器异响问题中难以攻克的难题之一。本文通过对SC16M6系列变速器中间轴锥轴承异响问题的研究，找到了轴锥轴承异响产生的根本原因并进行改进，降低了轴承异响的发生率。

锥轴承由内圈、外圈、保持架及滚动体等4个部分组成。内圈通常固定在转轴的轴承位上，与转轴一起旋转。外圈通常固定在变速器壳体轴承位上，起支撑滚动体的作用。在内圈与外圈之间的环形空腔中，装有若干个滚子，并用保持架将滚子均匀地分布在圆周上。

滚动轴承工作时，内圈与转轴一起旋转，内圈的滚道则带动滚子转动，所以滚子既在内圈滚道上，也在外圈滚道上绕自己的轴心线转动，同时还与保持架一起绕转轴旋转。转轴所受的各种负荷——径向力和轴向力等则由内圈的滚道通过滚子传递到外圈的滚道，然后由外圈传递到变速器壳体上。

问题分析

1.故障数据统计及分析

对2017年10月~2018年3月SC16M6系列变速器装配数据统计，发现共发生了1 923起各挡异响，最多时占FTQ比例高达1.86%，严重影响一次下线合格率。该各挡异响在加载校验台上的表现异响声音模式基本一致为规则的尖锐的“沙沙”的声音，且挡位越高，“沙沙”声越明显。

将故障总成拆解发现，在所有故障件的中间轴前轴承外圈滚道面与滚子滚动面接触同一对应位置，基本上都有一条或多条较严重的圆周抖动状划痕或圆周磨划痕（见图1），但无发热症状。



图1 圆周抖动状划痕和圆周磨划痕

2.配合尺寸检测

对20套故障件检测发现，轴承总高、外径和内径尺寸合格，可排

除由于轴承尺寸超差引起异响。

3. 选垫数据分析

导出该20台故障变速器生产过程中轴承调整垫片选垫数据，并与20台合格变速器选垫数据进行对比分析，可以排除轴向间隙过小导致轴承旋转时过紧造成的异响。

注意测量设备为自动设备，自动测量轴承外圈到轴承箱内表面的距离 H_2 ，轴向辅助加载预紧力 $15 \pm 2\text{kg}$ 。轴承调整垫片安装后，要求过盈量： $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ 。

4. 轴承拆解分析

拆解故障轴承，发现轴承内圈的滚道油沟边缘有锯齿状缺陷（见图2），在显微镜下放大150倍，发现轴承内圈滚道工作面存在几条圆周压痕，其中1位置滚动面与小端油沟边缘位置压痕比较严重（见图3）。说明此杂质比较大，且刚好在滚道面与小端油沟边缘位置，因此产生凹坑，边缘有突起。通过泰勒轮廓仪检测油沟边缘凸出点，发现有凸起 $4.64\mu\text{m}$ 。

综合分析异响原因：20套轴承外圈滚道面与滚子滚动面接触

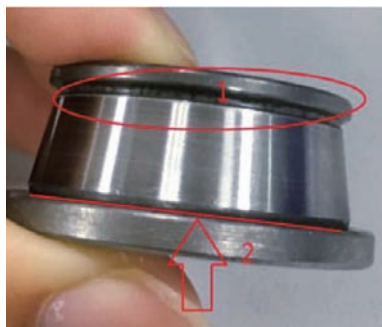


图2 锯齿状缺陷

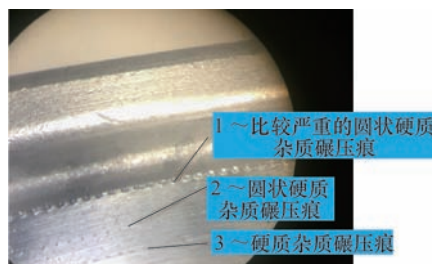


图3 轴承压痕

同一对应位置，基本上都有一条或多条较严重的圆周抖动状划痕或圆周磨划痕。这种划痕产生，可以确定是变速器在工作时，各齿轮磨合过程或变速器内本身存在的硬质杂质，随着润滑油流动嵌入保持架缝隙中，与外圈滚道、内圈滚道、滚子表面接触产生严重圆周划痕或圆周抖动状划痕，从而导致轴承异响。

异物源分析

1. 前驱变速器结构差异分析

就目前公司批产的变速器型号来说，前驱变速器SH12/SH15/SH20系列的差速器总成中也使用到锥轴承，但从未出现差速器锥轴承异响问题。前后驱变速器对比，除了结构差异大之外，还有一个不同点，前驱变速器都设计有磁钢，而后驱变速器都未设计有磁钢。磁钢对变速器油中的铁屑类杂质具有吸附作用，能在一定程度上吸附杂质，从而降低杂质进入轴承的风险。

2. SC16五挡和六挡系列变速器结构差异分析

SC16M6系列变速器和SC16M5系列变速器虽然使用同一型号的锥轴承，且五挡系列也存在轴承异响问题，但并没有六挡系列问题突出。

一是SC16五挡和六挡系列变速器中间轴后轴承、输出轴前轴承采用螺母拧紧并铆压，易产生铁屑掉入轴承。但SC16六挡系列变速器输出轴锁紧螺母较五挡的尺寸大，螺纹也较五挡的多和深，在拧紧过程中更易挤出铁屑。

二是SC16M6系列变速器的中间轴具有直径为 $\phi 10\text{cm}$ 的深孔结构，热处理时采取深孔向上的装炉方式，导致深孔内残留淬火油，而抛丸过程使用的抛丸工装亦为深孔向上装炉方式，导致钢丸进入后不能掉出，黏附于淬火油上，且抛丸后的去除深孔钢丸的钻花仅有 $\phi 7.8\text{cm}$ ，导致内孔底部侧壁的钢丸不能完全去除。而SC16M5系列变速器中间轴则为实心轴。

三是SC16M6系列变速器中间轴前轴承离合器壳体安装孔带有且只有一条进油槽，异物随油进入后无法及时流出，从而易堆积在中间轴前轴承安装孔位。而SC16M5系列变速器则无此油槽。因此SC16系列六挡变速器异物掉入轴承的风险较五挡系列大。

（下转第56页）

外闪状态后可能存在风噪风险。为了消除风噪问题以给开门抖调整更大的优化空间,项目对右后门高度调整进行了优化。

右后门高度过高造成胶条外闪导致风噪。调整后发现降低车门高度后胶条无外闪,高速无风噪。但降低车门高度易导致右后门与侧围A间隙(侧围与车门尺寸问题)。由于风噪为功能项,优先级大于开门抖及车门与侧围A间隙,装焊车间将车门高度调整至正常状态,开门抖缺陷率低,窗框平顺外放,无风噪,但右后门与侧围A间隙。项目通过QD的申请放行了车门A间隙问题。

4.成车考核标准变更

根据开门抖动问题根本原因的分析,以及车门高度调整实验,右后门A间隙装配状态与窗框平顺外闪状态对缓解开门抖有很大帮助。

项目对V205右后门高度进行调整,确保左右后门高度基本一致。通过申请QD将右后门与侧围A间隙上限由1.0mm放至1.3mm,右后门MP4平顺上限由1.5mm放至2.0mm,以降低开门抖缺陷率。在

线测量57辆实验车,并滞留8辆实验车进行测试。结果经质量部评判放行,无风噪、异响、外观或其他问题。

成果与效益

1.车门开门抖问题明显改善

项目完成了VW205开门抖问题分析与优化,确认了问题根本原因为车门锁柱调整不当及车门内间隙不均。由于VW205车门内间隙受到设计因素影响,无法完全消除。但项目仍然消除了VW205开门抖prio3问题项,并使prio4问题缺陷率显著降低(CW9 10项,CW20 2项)。

2.经济效益

车门开门抖动优化项目显著减少了开门抖在线与离线返修率,共计节省工时2 275h。按照工时费60元/h计算,共节省经济成本13.65万元/年。

(1) 在线返修工时。优化前后在线返修率分别为80%和2%,按单车返修时间1min计算,共计节约返修工时:130 000辆/年

$\times 80\% \times 1\text{min}/\text{辆}=1733.33\text{h}/\text{年}$ 。

(2) 离线返修工时。优化前后离线返修率分别为5%和0%,按单车返修时间5min计算,共计节约返修工时:130000辆/年 $\times 5\% \times 5\text{min}/\text{辆}=541.66\text{h}/\text{年}$ 。

结语

VW205车门开门抖动问题优化项目对开门抖动问题进行了深入分析,利用加速度传感器等设备对问题进行了量化测量,并明确了开门抖动与锁柱调整及车门内间隙的关系。以往BBAC生产的各类车型均多次发现开门抖动问题,但缺少理论分析与解决方案。通过项目的研究为解决此类问题提供了分析思路。

此外,项目通过优化装焊车门装配工艺、改善锁柱装配手法、申请成车考核标准变更等方式显著改善了车门开门抖问题,消除了prio3缺陷。并通过降低开门抖在线与离线返修率节省工时2 275h,节约经济成本13.65万元/年,创造了良好的经济效益。AUTO1950

(上接第53页)

改进方案

综上所述,变速器装配过程中异物进入轴承,会引起轴承压伤、划伤造成异响,建议从以下几方面进行改进,降低轴承异响风险:

(1) 借鉴前驱变速器经验,在变速器的最低平面处增加磁钢,对变速器内的铁屑类杂质吸附清理,从而降低铁屑类杂质掉入轴承的风险。

(2) 卸去拧紧机拧紧套筒在拧紧过程的下压力,并手工100%预拧紧锁紧螺母到底,用设备拧紧。

(3) 优化热处理和抛丸处理装炉方式,将深孔向上的定位方式改为深孔向下的定位方式,且将抛丸后的深孔清理使用的钻花 $\phi 7.8\text{cm}$ 变更为 $\phi 9.8\text{cm}$ 实施铰孔。

(4) 优化变速器的油槽设计,避免异物在轴承位堆积。

(5) 优化输出轴铆压槽位螺纹倒角,避免锁紧螺母拧紧时,倒角形成刃口,切削锁紧螺母螺纹。

结语

本文通过对变速器中间轴锥轴承异响分析,说明了轴承异响的原因并提出了相应的改进方案,为后续变速器的装配和设计起了一定的建议和参考作用。AUTO1950