

变速器换挡杆抖动解决方案

□ 柳州上汽汽车变速器有限公司 / 李昌炎

本文针对市场客户提出的车辆高速行驶换挡杆抖动问题做分析计算，确定换挡手柄抖动的根本原因并提出有效的优化方案，为目前手动变速器的开发提供了换挡机构的设计参考。

随着汽车行业的飞速发展，客户对汽车的换挡性能提出了更高的要求，特别是换挡的力度、换挡的吸入感和平顺性等方面都有可明确的量化要求，其中车辆搭载变速器高速行驶出现的换挡杆抖动问题，也是客户普遍关心的性能问题。根据调查，市场上大部分手动变速器车辆在急加速过程中，换挡杆均有程度不等的“颤抖”现象，严重的已经影响了客户的驾驶舒适性。为此，本文以对目前在研发的SH20变速器为案例，分析引起变速器换挡杆抖动的原因并提出优化方案以供参考学习。

原理分析

为了提升换挡的清晰度，SH20变速器采用了图1所示简单明了的“王”字槽3搭配定位套筒5的结构，并在选换挡轴上直接采用“王”字槽的末端来定位换挡摇臂1的角度。在变速器换挡过程中，拉索通过换挡摇臂4带动换挡拨头6转动，拨头带动五挡拨叉总成1将

同步器齿套直线移入结合齿2后啮合工作，该结构的换挡行程完全通过“王”字槽来限制行程，这样的结构容易带来高速抖动的弊端。从多次装车试驾情况看，换挡杆抖动也并非出现在各个挡位，一、三、五挡位比较常见，而二、四、六挡位并没有明显的抖动现象。我们尝试取消“王”字槽的定位功能后，发现每个挡位都出现了明显的抖动现象，并且还出现了俗称的换挡杆

加速“点头”现象，究其原因，是由于变速器内部采用了斜齿轮。齿轮在受力后会产生轴向分力，该轴向推力使一、二、五挡的齿轮向操纵盖空挡方向挤压，同时带动同步器齿套向拨叉的端面挤压，同步器齿套本身都有一定的偏摆量，旋转后通过拨叉最终将抖动传递到驾驶员换挡手柄上，导致了三、四挡抖动现象。

为了便于阐述尺寸链的分布情况，下面针对SH20最容易出现的五挡抖动问题做具体分析。车辆在挂入五挡加速行驶过程中，由于同步器齿套和结合齿的倒锥角作用，同步器齿套“吸附”在结合齿定位面，五挡主动齿轮在轴向分力作用下，带动同步器齿套往六挡不利方向移动，导致五、六挡同步器齿套与五挡拨叉端面之间的间隙 x 达到最小工作状态，根据相关零件尺寸分析计算间隙 x 为 $0.66^{+1.125}_{-1.065}$ mm。

综合上述分析计算，可见在不考虑形位公差、刚度变形和轴承游隙情况下，五、六挡同步器齿套与

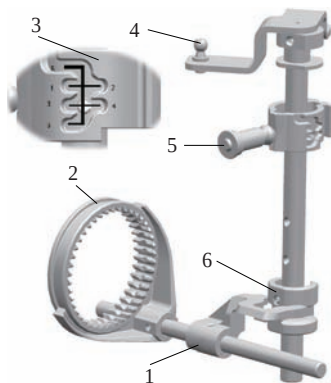


图1 SH20变速器换挡机构

1.五挡拨叉总成 2.结合齿 3.“王”字槽
4.换挡摇臂 5.定位套筒 6.换挡拨头

五挡拨叉端面之间的间隙 x 为0.4~1.79mm,说明五、六挡同步器齿套与五挡拨叉端面存在一定概率的接触(0.4min),同步器偏摆会通过五挡拨叉、换挡拨头、换挡摇臂以一个放大的杠杆比,最终传递到换挡手球上被驾驶员感知。

而在实际的工况中,由于发动机动力不稳定、扭矩大,经过模拟加载试验检测发现,同步器齿套在满载荷受力状态下,同步器齿套与拨叉的接触面会出现0.02~0.05mm的跳动,加上轴承游隙0.02mm两个因素的影响,实际上五、六挡同步器齿套与五挡拨叉端面的间隙范围应该为:0.47~1.72mm,进一步增大了干涉的概率。

结构对比

传统结构的手动变速器由于采用拨叉定位,换挡手柄的晃动较大,换挡性能相对较差,但是换挡抖动现象相对较少,我们可以通过对比传统换挡机构,进一步解析抖动的产生原因。传统的换挡机构一般都在拨叉轴上设有自锁槽,变速器通过自锁弹簧和钢球提供换挡手感和拨叉定位功能,这样的结构换挡粘性大,换挡不平顺,主观感受较差。但由于自锁槽加工简单、定位精准,故被普遍使用。

假设将该结构直接使用在SH20变速器上,保持拨叉的尺寸精度不变,根据目前的加工精度,自锁孔到壳体轴承端面的尺寸加工精度可为 $30 \pm 0.08\text{mm}$,计算五、六挡同步器齿套与五挡拨叉端面之间的间隙 x 为 $0.75^{+0.67}_{-0.56}\text{mm}$ 。

可见五、六挡同步器齿套与五

挡拨叉端面之间的间隙 x 的公差范围为0.2~1.42mm,在机加工难度不变的情况下,换挡机构的总公差提高了将近30%,并且避免了干涉现象(+0.2min),质量一致性得到了很好的限制。相对于原来换挡性能较好的SH20变速器来说,由于操纵盖总成涉及的零部件尺寸较多,“王”字槽本身加工误差较大,加上拨块和拨头之间的间隙大,所以要控制在相同的公差范围内难度较大。

要因及优化方案

综合上述分析,本文描述了导致换挡手柄抖动的根本原因主要有两个:一是操纵机构设计容错偏小,本身的设计偏差过大,供应商能力难以达到;二是供应商对同步器和结合齿部分的加工误差大,难以保证同步器在加载情况下的偏摆量。

所以要解决变速器抖动问题,需要严格控制同步器偏摆量,并设法在变速器满载情况下,使同步器齿套与拨叉之间不发生接触,最终让同步器的偏摆振动无法通过拨叉传动到换挡手球上,本文根据以上整改思路提供以下优化方案。

(1) 方案一。压缩控制结合齿和同步器齿套的花键圆周累积,硬车加工结合齿花键定位凸台,适当压缩操纵机构零件公差,将五挡拨叉总成的拨叉脚面整体向六挡方向移动,使其在工作状态下不与五挡同步器齿套端面试接触。但考虑到松开离合器后,可能会因为同步器齿套挂挡初始位置与结合齿的有效结合长度过短,同步器齿套不能在

倒锥作用下“吸附”到结合齿凸台端面上,而导致脱挡现象,在设计上,五挡拨叉总成的拨叉脚面不宜过分的往六挡方向偏移。

(2) 方案二。参考传统的换挡机构,直接在拨叉轴上设计定位槽,通过定位装置精确的定位拨叉(比如上述的自锁钢球结构),但由于这样的换挡机构受力复杂,定位力大,会影响换挡的清晰度和平顺性。

(3) 方案三。针对抖动明显的挡位,如高速五挡,可在对应的五挡拨叉轴一端增加卡簧,车辆在挂入五挡行驶时,拨叉通过卡簧和壳体拨叉轴孔端面定位(见图2),强制让五挡拨叉总成与五挡同步器齿套之间留有最小间隙,整体精度提高近35%。该方案加工简单,成本便宜,但受到各挡位结构的影响,部分挡位不适用此更改。另外在变速器上增加拉索的吸振功能,也能一定程度地减少振动。

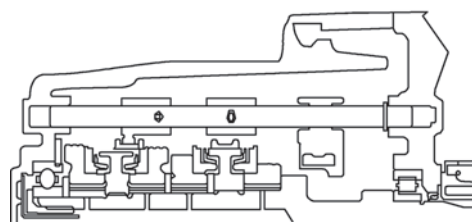


图 2

结语

本文通过分析计算,总结了解决换挡手柄抖动的方法,即控制同步器和结合齿的结合精度,控制变速器拨叉的定位精度,提高拉索的吸振能力,为后期手动变速器开发提供了经验参考。AUTO1950