

变速器一二挡拨叉偏摆量过大与二挡脱挡的初步研究

吴刚

柳州上汽汽车变速器有限公司 广西柳州 545006

摘要：通过对国产某品牌汽车变速器在路试过程中出现的二挡脱挡故障的分析研究，拆解故障变速器并检测二挡换挡相关零部件后，发现一二挡拨叉偏摆量过大，初步分析出一二挡拨叉偏摆量过大的原因及其对二挡脱挡有一定贡献，评估出失效风险，提出遏制措施和后续优化方案，对解决该型号变速器二挡脱挡及后续变速器的优化设计和提高变速器的换挡性能，具有一定的指导意义。

关键词：变速器；拨叉；脱挡；优化

针对某国产品牌汽车的一款前驱变速器在路试过程中出现的二挡跳挡问题，通过互换试验排除整车因素和变速器外周件影响后，拆解故障变速器并检测换挡相关零部件，发现一二挡拨叉在使用过程中受力变形导致拨叉偏摆量过大。而该型号变速器二挡换挡行程尺寸链要求又较为苛刻，拨叉偏摆超差后对二挡跳挡有一定贡献，后续采用设计优化（迭代方案中使用钢拨叉和直线轴承）或零件加工工艺优化（提升拨叉的硬度和强度）等方法，抑制因拨叉偏摆量过大对二挡换挡行程带来的影响，降低该失效模式的发生概率。

故障原因分析

1.故障现象描述及原因探究

某国产品牌汽车在路试过程中，反馈在正常行驶中发生二挡脱挡现象。更换整车操纵机构和换挡拉

索，故障依旧存在，说明此二挡脱挡现象与整车操纵机构及换挡拉索无关。然后通过把跳挡车和不跳挡车变速器互换，二挡脱挡这一故障模式跟随变速器转移，失效源锁定变速器。

2.换挡原理

为了最大限度地满足汽车总体布局的需要，目前手动变速器的操纵机构基本采用拉索式结构，即外部操纵机构的运动通过拉索传给内部操纵机构，其机构简图如图1所示。

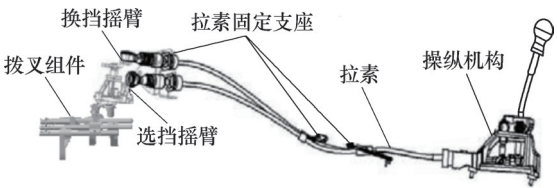


图1 手动变速器操纵机构示意

外部操纵机构由换挡杆铆合件、底座焊合件、连

动板组件、滑套和扭簧等构成，如图2所示。



图2 外部操纵机构示意

内部操纵机构包括操纵器盖、选挡摇臂、选挡拨头、换挡摇臂、换挡拨头、拨叉轴、拨块、自锁、互锁和安全装置等。驾驶员拨动变速杆左右运动时，变速杆的下端带动选挡拉索中的软轴在套管中实现推、拉运动。选挡摇臂在拉索软轴的作用下压缩操纵器盖中的回位弹簧，使卡在换挡拨头槽中的选挡拨头做横向运动，换挡拨头在拨块槽中进行横向选挡，这一过程即为选挡；空挡时拨头被回位弹簧限定在拨块槽中。当换挡拨头到达所选定挡位的拨块槽中部时，驾驶员向前、后方向推动变速杆，换挡拉索软轴带动换挡拨头推动拨块移动，使得拨叉带着同步器接合套与待结合齿啮合，实现换挡。

由此可见，驾驶员的换挡过程应该是：先选挡（推动变速杆左、右运动）再进挡（推动变速杆前、后运动），变速杆的运动轨迹是一个“王”字形。

尺寸测量和失效原因分析

1.尺寸测量

故障变速器拆解后，对二挡脱挡重点关注零件项进行测量，结果见表1。

表1 二挡脱挡重点关注零件项 （单位：mm）

尺寸名称	操纵盖行程	拨叉脚面磨损量	拨叉偏摆量	后壳体位置度
图样要求	16.74±0.3	未定义	未定义	0.08
实测值	16.63	0.2867/0.1918/0.3644	0.89	0.05

根据以上测量结果，操纵盖换挡行程、后壳体位置度等重点关注零件尺寸均符合图样要求，唯独一二挡拨叉偏摆量明显偏大。

2.失效原因锁定

为探究一二挡拨叉偏摆量明显偏大是否偶发个案，从市场返回件仓库随机挑选18台失效模式为二挡脱挡的变速器进行拆解，并就一二挡拨叉偏摆量展开测量（测量位置A处、B处和C处见图3），测量数据见表2。

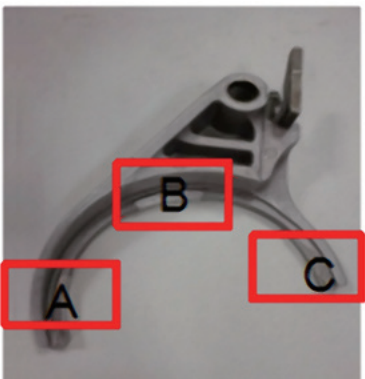


图3 一二挡拨叉偏摆量测量位置分布

表2 市场返回18台变速器一二挡拨叉偏摆量（单位：mm）

序号	测量位置			序号	测量位置		
	A处	B处	C处		A处	B处	C处
1	0.716	0.396	0.281	10	0.871	0.461	0.346
2	0.779	0.468	0.329	11	0.763	0.342	0.284
3	0.901	0.568	0.376	12	0.585	0.331	0.234
4	0.81	0.58	0.373	13	0.666	0.339	0.297
5	0.809	0.458	0.297	14	1.02	0.65	0.414
6	0.705	0.426	0.315	15	1.018	0.516	0.497
7	0.82	0.437	0.375	16	0.794	0.476	0.328
8	0.92	0.503	0.414	17	0.51	0.276	0.181
9	0.669	0.429	0.301	18	0.937	0.622	0.435

基于表2中18台测量出的变速器一二挡拨叉偏摆量，绘制出一二挡拨叉偏摆量分布图（见图4）。

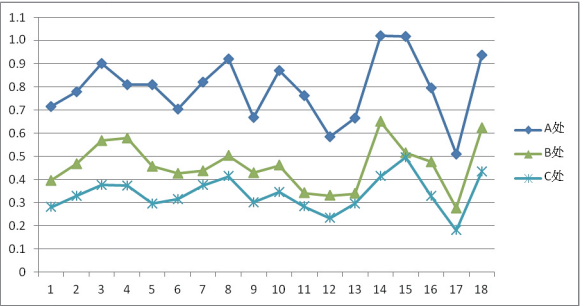


图4 一二挡拨叉偏摆量分布

根据设计经验，该型号变速器一二挡拨叉偏摆量经验值为0.5mm，A、B、C三点测出的拨叉偏摆量，A处最为突出，全都大于该经验值，甚至达到了1.05mm，势必使得拨叉叉口两平面与叉孔中心不垂直（发生一定量的倾斜），二挡换挡行程也随之发生变化。

3.原因分析

根据上述测量结果以及数据分析，该型号变速器

操纵盖换挡行程、后壳体位置度等重点零件尺寸均符合图样要求，唯独一二挡拨叉偏摆量明显偏大，一二挡拨叉偏摆量明显超出经验值为0.5mm，有可能是引起二挡跳挡的直接原因。

（1）零件质量问题 生产线上随机挑选50件未装配使用的拨叉进行详细测量，并跟踪检测压装后尺寸，压装衬套各相关参数测量结果均符合图样要求（一二挡拨叉偏摆量更是分布在0.2~0.45mm，详细数据见表3）。

表3 生产线50件拨叉压装后的偏摆量 (单位：mm)

序号	拨叉偏摆	序号	拨叉偏摆	序号	拨叉偏摆	序号	拨叉偏摆	序号	拨叉偏摆
1#	0.2	11#	0.28	21#	0.3	31#	0.45	41#	0.4
2#	0.35	12#	0.35	22#	0.3	32#	0.35	42#	0.45
3#	0.32	13#	0.42	23#	0.35	33#	0.35	43#	0.35
4#	0.35	14#	0.45	24#	0.3	34#	0.32	44#	0.15
5#	0.3	15#	0.35	25#	0.45	35#	0.25	45#	0.22
6#	0.38	16#	0.45	26#	0.3	36#	0.35	46#	0.25
7#	0.15	17#	0.28	27#	0.4	37#	0.4	47#	0.25
8#	0.4	18#	0.25	28#	0.35	38#	0.25	48#	0.45
9#	0.17	19#	0.5	29#	0.25	39#	0.35	49#	0.45
10#	0.4	20#	0.4	30#	0.42	40#	0.32	50#	0.35

（2）压装工艺排查 根据工艺要求，衬套装配后100%通止规检测。现场排查，通止规尺寸符合图样要求。抽取5件对拨叉轴孔的圆度进行排查，现场确认呈现椭圆状，确认为拨叉变形导致偏摆超差。

（3）变形诱因 变形是机械零部件在使用过程中

普遍存在的一种现象，会使零部件的质量和性能发生改变，从而影响零部件的精度和寿命。此处拨叉孔变形，大致可以从磨损和受力两个方面进行深入排查。

1）磨损变形。排查结果：仓库随机抽取5件对衬套钼层厚度进行检测（见图5），发现衬套内侧磨损均

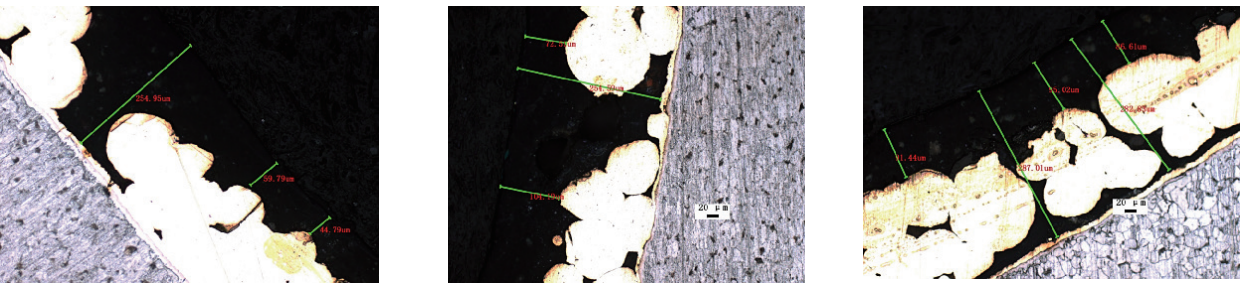


图5 衬套钼层厚度

匀，故排除因为磨损导致的拨叉轴孔变形。

2）受力变形。从市场返回二挡脱挡故障变速器，随机挑选5套测量衬套圆度（衬套安装在拨叉上）、拨叉轴孔圆度和拨叉二挡侧硬度，排查结果和相关尺寸

见表4。

从表4数据可知，经过长时间的使用，衬套有了一定程度上的变形，二挡侧圆度分布在0.03mm左右；对比拨叉孔圆度，二挡侧圆度基本在0.01mm左右，

表4 市场件5套拨叉衬套测量尺寸

拨叉 编号	衬套圆度/mm		拨叉孔圆度/mm		拨叉硬度 (二挡侧)
	一档侧	二挡侧	一档侧	二挡侧	
1	0.0386	0.0322	0.0054	0.0134	60.7/64.8/66
2	0.0218	0.0293	0.0113	0.0133	60.8/63/57.7
3	0.0369	0.0305	0.011	0.0131	62.7/62.4/58.9
4	0.0213	0.0309	0.0096	0.0189	61.4/63.8/66.4
5	0.0245	0.024	0.0139	0.014	70.8/65.6/66.4

设定换挡力为1200N，在拉力和压缩情况下，轴套孔边缘棱线最大位移分别为0.3296mm和0.2124mm。



图6 拨叉轴孔受力变形

整改措施及总结

根据以上分析，针对零公里和市场反馈的二挡脱挡情况，后续建议更换偏上差的操纵盖，二挡换挡凸轮角度由 $18.05^{\circ}_{-0.5}$ 更改为 $18.55^{\circ}_{-0.5}$ ，提高产品的鲁棒性。目前整改措施实行后，市场反馈良好，未有新的问题产生。

根据故障重现试验、二挡脱挡重点关注尺寸测量、压装工艺排查和CAE分析等，发现一二挡拨叉在使用过程中受力变形导致拨叉偏摆量过大，而该型号变速器二挡换挡行程尺寸链要求又较为苛刻，拨叉偏摆超差后对二挡跳挡有一定贡献。

根据一二挡拨叉变形诱因，提出以下两点优化方案，抑制因拨叉偏摆量过大对二挡脱挡带来的影响，降低该失效模式的发生概率。

1) 拨叉（目前采用R14材料），现有硬度水平在65HRB左右，优化零件加工工艺（提升拨叉的硬度和

强度）。

2) 结构设计优化（迭代方案中使用钢拨叉和直线轴承）。

CAE分析中，换挡力设定为1200N；驾驶人在实际驾驶过程中换挡力远远小于1200N，则可认为拨叉孔最终变形量 $<0.3\text{mm}$ ，并且现有零件状态可以抑制拨叉孔变形量 $<0.3\text{mm}$ 引起的二挡换挡行程变化。目前市场使用变速器正常行驶6000km以后，若无其他零件明显超差或存在异常磨损，一二挡拨叉偏摆量引起的二挡跳挡风险概率极低。

结语

本文对某型号变速器二挡跳挡问题分析，通过互换试验、零件测量和CAE有限元分析，发现一二挡拨叉在使用过程中受力变形导致拨叉偏摆量过大，对二挡跳挡有一定贡献，后续进行设计优化（迭代方案中使用钢拨叉和直线轴承）或零件加工工艺优化（提升拨叉的硬度和强度）等方法，抑制因拨叉偏摆量过大对二挡脱挡带来的影响，降低该失效模式的发生概率。

尽管是对某一型号变速器具体故障的失效分析，并不具有普遍的指导意义，但是找到了一二挡拨叉偏摆量过大的直接原因，对于解决变速器脱挡问题，提升变速器性能，避免类似失效模式再次发生，依旧具有一定的实用性，为今后变速器的设计提供一定的参考价值。

参考文献

[1] 沈永胜.机械原理[M].北京：清华大学出版社，2006.

[2] 克拉盖尔斯基，陀贝钦.摩擦磨损计算原理[M].汪一麟，朱安仁，范明德，译.北京：机械工业出版社，1982.

[3] 叶志伟.微型车变速器换挡性能不佳的致因分析[D].武汉：武汉理工大学，2014. **AUTO1950**