

汽车变速器校验台结构对总成噪声检测评价的影响

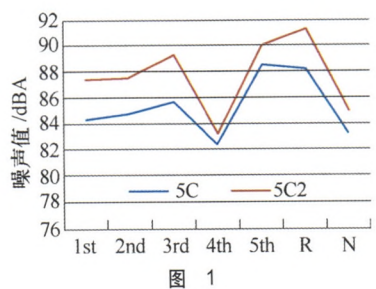
□ 柳州上汽汽车变速器有限公司 / 卓色康 赵卫伟 谢宗余 陈伟

同一台校验台会对不同型号的变速器总成进行综合校验，多数校验台与变速器的结合面板则需要更改结构，以保证变速器能正常安装并工作。比如需要增加一块过渡安装面板，以调整输入轴与校验台之间的轴向间隙，但对总成噪声的校验结果会产生较大的不利影响。本文将对此现象问题进行研究分析，研究校验台安装面板与总成校验噪声之间的关系，提高汽车变速器总成校验真实性和准确性，与实际相结合。

我公司新项目5C2变速器总成装配完成后，在综合校验台上进行综合校验时，发现总成噪声检测结果相对于同平台项目5C有明显偏大，尤其是3rd和5th最为明显。具体噪声数据见图1及表1对比。

原因分析

根据上述现象，分别对5C和



5C2两款变速器结构差异分析，零部件质量分析、装配方式的差异、变速器总成校验方式的不同，进行以下四方面原因的分析与探讨。

1. 变速器结构差异对比

5C2是在5C的基础上拓展而来的项目，与5C结构相比，更改零件为离合器壳体、输入轴组件（齿轮、结合齿与5C相同，仅组件总长度及花键参数不一样）、外连接部分（操纵器盖总成、选换挡拉锁支架）差异。变速器内部零件（齿轮传动件、轴承、花键、同步器、拨叉等）均相同。由于离合器壳体的设计更改仅为：发动机大端面过渡到与

轴承箱连接的后部分，后部分结构与5C完全相同。同时，对离合器壳体进行质量检测，并未发现超差尺寸。按照此结构分析，排除零件加工制造质量原因，此现象噪声的来源与离合器壳体并无本质上的关联。

2. 故障总成装配过程检测及零部件质量检测

针对上述现象，对故障总成装配过程质量控制、齿轴转动件、离合器壳体等主要零部件的加工制造质量进行检测分析。

故障总成装配过程检测，符合尺寸链设计计算要求。结果见表2。

从检测结果得知，存在差异的离合器壳体实际超差量并不大，关键尺寸及公差测量结果超差均在0.005mm以内，若考虑测量误差的存在，离合器壳体加工尺寸可以算是合格范围。而齿轮零件的齿形齿

表 1 (单位: dB(A))

项目	1st	2nd	3rd	4th	5th	R	N	备注
5C	84.3	84.7	85.6	82.4	88.4	88.1	83.4	高速挡， 本底噪声64.6
5C2	87.4	87.5	89.3	83.2	90	91.3	85	

向有超差，超差结果见表3~表7汇总（单位：mm），其中， F_{β} 为齿向综合偏差， F_p 为齿距累积偏差， F_{α} 为齿形总偏差， $f_{H\alpha}$ 为齿形角度偏差， $f_{H\beta}$ 为齿向角度偏差， C_{β} 为齿向鼓形量， C_{α} 为齿形鼓形量， F_r 为齿圈径向跳动， $f_{f\beta}$ 为齿向形状偏差。

表 2

5C2装配过程控制		
	齿轮轴向间隙/mm	同步器后备量/mm
设计要求	0.15~0.26	1.03~1.5
3rd	0.23	1.03
5th	0.25	1.25

表 3

五挡主动齿				
项目	要求	实测		备注
		左齿面	右齿面	
F_{β}	9	21.1	18.8	1#
F_p	50	96.3	88.8	
F_{α}	9	9.4	11.7	2#
F_{β}	9	15	10.8	
$f_{H\beta}$	±9	12.4	-6.6	
F_p	50	93.6	81.5	

表 4

五挡从动齿				
项目	要求	实测		备注
		左齿面	右齿面	
F_p	50	85.5	95.7	1#
$f_{H\alpha}$	±9	-5.1	9.2	2#
$f_{H\beta}$	±9	2.6	20.3	
C_{β}	(7/15)	6.9	6.5	

表 5

三挡从动齿				
项目	要求	实测		备注
		左齿面	右齿面	
C_{α}	(1/9)	9.3	9	1#
$f_{H\beta}$	(2/22)	-20.2	7.9	2#
C_{β}	(2/10)	5.5	1.8	

齿轮齿形齿向的加工质量超差是导致噪声产生的原因之一，从以上数据我们得知，列举项目超差并不一定是导致总成整体噪声过大的主要原因。

表 6

中间轴				
项目	要求	实测		备注
		左齿面	右齿面	
C_{α}	(1/7)	7.5	6.6	A齿
C_{α}	(1/9)	2.6	0.8	B齿
$f_{H\beta}$	±10	-22.3	6.4	
F_p	40	68	64.3	
F_r	50	54.1		
$f_{H\alpha}$	±9	9.6	3	C齿
$f_{f\beta}$	9	9.4	7	
F_p	40	53.8	62	
C_{α}	(2/8)	10.6	8.1	D齿
C_{β}	(2/8)	9.4	4.3	

表 7

输入轴			
项目	要求	实测	
		左齿面	右齿面
$f_{H\alpha}$	±9	-8.3	-9.7
$f_{H\beta}$	(2/22)	-6.8	16.9
C_{β}	(2/8)	9.6	1.8

3. 齿形齿向偏差

将故障总成所用的齿轴传动件装到5C离合器壳体上，以5C总成的方式在5C校验台进行测试，所体现出的总成整体噪声在控制范围之内（见表8和图2）。由此，可以初步证明：齿轮的齿形齿向偏差，理论上会导致噪声的出现，但并不是导致本文中整体噪声过大的真正原因和机理。

4. 校验台差异对比

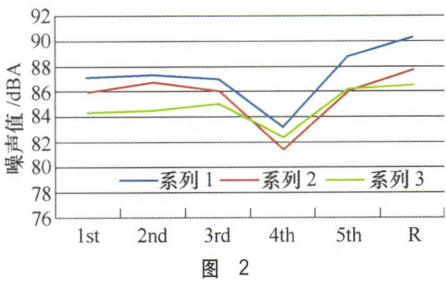
与5C总成校验所使用的校验台对比，是否存在安装面板是惟一的差别所在。由于离合器壳体与输入轴组件的变更，大断面到输入轴前端的长度随之发生变化，而校验台的电机轴为实心结构，若不增加安装板，则输入轴插入花键套后会与电机轴发生干涉，导致变速器总成无法安装到校验台上（见图3）。

初步结论

综合上述分析，由于变速器内部传动系统的变形，导致传递误差TE的存在，而传递误差TE又是引发振动的激励源，振动的存在导致

表 8 (单位：dBA)

序号	内容描述	1st	2nd	3rd	4th	5th	R	N	备注
1	5C2总成	87.1	87.3	87	83.2	88.7	90.2	-	有面板
2	5C2总成（割掉输入轴光轴）装在B11校验台上	86	86.7	86	81.4	86	87.7	-	无面板
3	齿轴装到5C壳体上	84.3	84.5	85	82.4	86.2	86.5	-	无面板



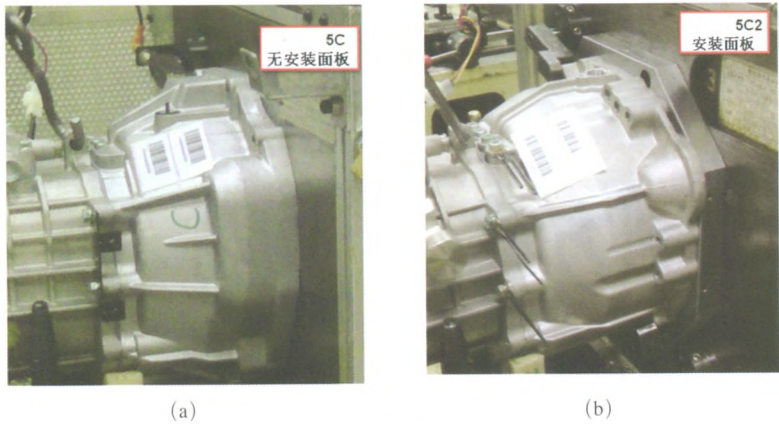


图 3

噪声的发生。因此，齿轮的实际加工制造过程当中，我们会根据系统变形量，针对性的对齿轮齿面进行相对应的修形，以尽可能的减小因系统变形而产生的传递误差TE，解决变速器噪声及NVH问题。

通过原因分析讨论，我们可以认为：齿轮齿面质量会影响系统噪声，但不是本文现象的最根本原因。排除箱体、齿轮传动件加工质量因素的影响，校验台安装面板的存在是导致此现象发生的直接怀疑对象和目标。

测量数据验证

针对上述提出的初步分析结论，分别对面板存在与否的两种状态进行对比，在五挡高速挡（输入转速3 000r/min）时，变速器总成上取相同的测量点（离壳正上方），测量校验台上变速器总成的振动位移频率及振幅、噪声频率计幅值，进行比对分析，寻找问题的根源。

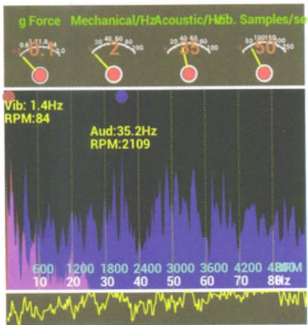
试验测量数据汇总如图4和表9所示。

过程验证

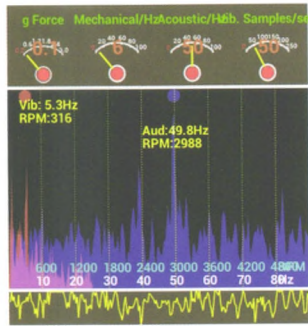
完成5C2产线校验台改造后，

采用的相同的对比验证方法进行测试，在安装面板存在与否的两种条件下，进行噪声实测验证。实测结果见表10。

可以发现，校验台的安装面板



(a) 5C2离壳正上方振动



(b) 5C2离壳正上方振动

图 4

表 9

	振动 频率/Hz	振动 幅值	噪声 频率/Hz	噪声 幅值
5C	1.4	84	35.2	2 109
5C2	5.3	316	49.8	2 988

的存在，理论上使得总成、安装板、校验台三个相互独立部件之间存在间隙，形成非线性系统。间隙的存在会引发机构的振动、噪声，严重的恶化机构的动态性能，一般线性系统只有在其激励频率与固有频率相同时才发生共振。但是，对于非线性系统，往往在激励频率为固有频率的整数倍或整数倍分之一时也发生共振，分别称为超谐共振和亚谐共振，这是非线性系统所特有的谐振现象。而此谐振现象会在离合器壳体的内腔得到放大，最终将以噪声的方式，传递到外界。

表10 5C2总成校验噪声值
(单位: dBA)

挡位	未增加面板	增加面板
N	70	81
1st	78	83
2nd	78.6	83.4
3rd	80	84
4th	76	81.6
5th	81	85
R	82	85

结语

在制定生产线改造方案的过程中，应当充分考虑变速器总成校验台的改造方式，尽量避免因为增加安装面板，使得校验台架连接部件的增加，从而引发共振，导致校验数据及实际结果不相符，出现误评误判的结果。取消校验台安装面板，减少不必要的连接部件，即保证机床本身刚度的同时，也能提高汽车变速器总成校验的真实性和准确性，与实际情况相一致。

AUTO1950