

■上海汽车变速器有限公司/杨克军 刘文根 王荣霞 李克松

变速器换挡性能优化的 实施与拓展

继我厂SC81平台变速器与国内一家商用车企业开发的首款乘用车匹配成功，批量供货以后，项目组通过不断试制改进方案，将该平台变速器与自主品牌乘用车（S100）进行了适用性匹配。本文论述了该平台变速器操控机构总成选用软十字轴结构，对标本厂现有量产的与正在开发的中高档手动变速器，选择合适参数，运用masta软件运算，编制样机试制方案。样机试制完成后，与乘用车整车开发人员共同装车评估，达到阶段性的开发目标，为后续拓展开发做好了铺垫。

S100变速器1、2挡换挡性能优化试制方案

设定S100变速器1挡→2挡换挡工况：发动机转速

2500r/min，杠杆比为7.3，换挡时间为0.2s。2挡→1挡换挡工况：发动机转速为2000r/min，杠杆比为7.3，换挡时间为0.2s。

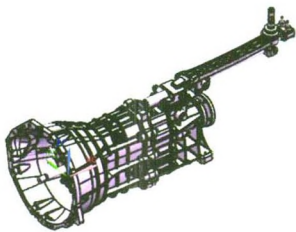


图1 SC81平台变速器优化前外形

S100变速器1、2挡三锥面优化方案对标见表1~表3。主要对标对象的masta计算结果见表4。各项目的换挡力和冲量对标分别见表5和表6。从

表1 摩擦锥角对标

零件名称 对标项目	外环	中间环		内环		结合齿
	锥度	锥度（外）	锥度（内）	锥度（外）	锥度（内）	锥度
优化前SC30M5C	7° 25′ ±5′	7° 30′ ±30′	7° 30′ ±4′	7° 25′ ±5′	9° 25′ ±5′	9° 30′ +6′
爱腾锥角	7° -10′	7° +10′	7° -10′	7° -10′	7° -10′	7° +10′
D16锥角（°）	8.5	8.5833	8.5833	8.5	8.5	8.5
SCM360锥角（°）	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
M1X锥角（°）	9	9	9	9	9	9
桑车锥角（°）	8.5	8.667	8.667	9.5	9.5	9.5

表2 锁止角对标

零件名称 对标项目		外环	齿套
SC30M5C 锁止角	优化前	100° +2°	(52.5° ±30′)×2
	优化后	不更改	不更改

表5可以看出：1挡→2挡换挡中，采用爱腾和SCM360锥角换挡力减小，其中爱腾变化最为明显；而采用D16、M1X和桑车的锥角，换挡力增大，其中M1X变化最为明显；2挡→1挡换挡中，采用爱腾和SCM360锥角换挡力减小，其中爱腾变化最为明显；而采用

表3 锥面有效接触宽度对标

对标项目	内环			中间环			外环				
	锥角 (°)	锥面直径/ mm	有效接触宽度/ mm	锥角 (°)	锥面直径/ mm	有效接触宽度/ mm	锥角 (°)	锥面直径/ mm	有效接触宽度/ mm	梅角 (°)	分度圆直径/ mm
优化前 SC30M5C	9.5	68.5	6.6	7.5	72.5	6.5	7.5	77.6	5.8	100	89.25
爱腾	7	68.5	6.6	7	72.5	6.5	7	77.6	5.8	100	89.25
D16	8.5	68.5	6.6	8.583 3	72.5	6.5	8.5	77.6	5.8	100	89.25
SCM360	7.5	68.5	6.6	7.5	72.5	6.5	7.5	77.6	5.8	100	89.25
M1X	9	68.5	6.6	9	72.5	6.5	9	77.6	5.8	100	89.25
桑车	9.5	68.5	6.6	8.667	72.5	6.5	8.5	77.6	5.8	100	89.25
SC30M5D（双锥）	7.5	67	5.95	7.5	67.73	6.7	7.5	73	5.5	100	84

表4 masta计算结果

参数	1→2挡			2→1挡		
	SC30M5C 9.5/7.5/7.5°	爱腾锥角 7/7/7°	SC81Z-SC30M5D 1/2挡双锥面	SC30M5C 9.5/7.5/7.5°	爱腾锥角 7/7/7°	SC81Z- SC30M5D 1/2挡双锥面
离合器转动 当量惯量 /kg·m ²	0.006 2	0.006 2	0.006 2	0.006 2	0.006 2	0.006 2
手柄换挡力/N	33.957 8	29.132 9	48.989 6	82.588 2	70.853 6	119.146 8
手柄冲量/Ns	6.791 6	5.826 6	9.797 9	16.517 6	14.170 7	23.829 4
同步容量	2.228 0	2.597 0	1.640 9	2.228 0	2.597 0	1.640 9
转动惯量 /kg·m ²	0.064 7（2挡）	0.064 7 （2挡）	0.064 7（2挡）	0.196 7（1挡）	0.196 7 （1挡）	0.196 7（1挡）

表5 换挡力对标汇总

换挡力	升降挡	爱腾	D16	SCM360	M1X	桑车
标准/N	1→2	29.132 9	35.448 4	31.202 3	37.395 7	36.938 2
	2→1	70.853 6	86.213 5	75.886 6	90.949 4	89.836 7
优化前/N	1→2	33.957 8	33.957 8	33.957 8	33.957 8	33.957 8
	2→1	82.588 2	82.588 2	82.588 2	82.588 2	82.588 2
对标变化量/N	1→2	4.824 9	- 1.490 6	2.755 5	- 3.437 9	- 2.980 4
	2→1	11.734 6	- 3.625 3	6.701 6	- 8.361 2	- 7.248 5
对标变化量与 优化前比值 （%）	1→2	14.209	- 4.39	8.114	- 10.124	- 8.777
	2→1	14.209	- 4.39	8.114	- 10.124	- 8.777

D16、M1X和桑车的锥角，换挡力增大，其中M1X变化最为明显。

从6表可以看出：1挡→2挡中，采用爱腾和

SCM360锥角冲量减小，其中爱腾变化最为明显；而采用D16、M1X和桑车的锥角，冲量增大，其中M1X变化最为明显；2挡→1挡中，采用爱腾和SCM360锥角冲

量减小，其中爱腾变化最为明显；而采用D16、M1X和桑车的锥角，冲量增大，其中M1X变化最为明显。

经上述运算并将对标数据列表汇总分析后决定，将原方案的1、2挡同步器摩擦锥角双锥面摩擦副统一改进为三锥面摩擦副，摩擦锥角统一改进为7°。并对1、2挡同步器内、外锥环螺纹油槽进行优化。试制样机局部明细见表7，装配示意如图2所示。

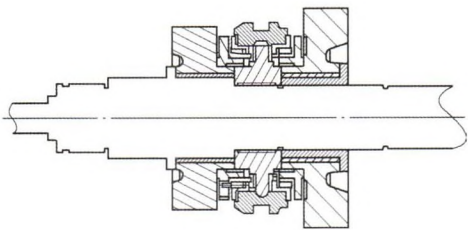


图2 装配示意

表6 冲量对标汇总

冲量	升降挡	爱腾	D16	SCM360	M1X	桑车
标准/N	1→2	5.826 6	7.089 7	6.240 5	7.479 1	7.387 6
	2→1	14.170 7	17.242 7	15.177 3	18.189 9	17.967 3
优化前/N	1→2	6.791 6	6.791 6	6.791 6	6.791 6	6.791 6
	2→1	16.517 6	16.517 6	16.517 6	16.517 6	16.517 6
对标变化量/N	1→2	0.965	-0.298 1	0.551 1	-0.687 5	-0.596
	2→1	2.349	-0.725 4	1.340 3	-1.672 3	-1.449 7
对标变化量与优化前比值 (%)	1→2	14.21	4.392	8.114	-10.12	-8.78
	2→1	14.221	4.392	8.114	-10.12	-8.78

表7 试制样机局部明细

零件件号	参考图号	零件名称	数量	备注
1	SC30M5C-1701220	二轴二挡齿轮总成	1	更改锥角及锥角测量点
2	SC30M5C-1701201	二驱二轴	1	无更改
3	SC30M5-1701213	二轴一/二/三挡滚针轴承	2	无更改
4	SH78ZG-1701235 SH22M5ZG-1701235	一/二挡三锥面总成	2	更改锥角及锥角测量点
5	SC30M5C-1701226	一/二挡齿殼	1	无更改
6	SC30M5C-1701229	一/二挡滑块总成	3	更改长度 (24.1mm→25.2mm)
7	SC30M5C-1701227	一/二挡同步器齿套	1	无更改
8	SC30M5-1701210	二轴一档齿轮总成	1	更改锥角及锥角测量点
9	SC30M5-1701214	二轴一档齿轮轴承内环	1	无更改
10	SC30M5C-1701212	二轴一/二挡齿结合齿环	2	更改锥角及锥角测量点
11	SC30M5-1701211	二轴一档齿轮	1	无更改
12	SH78Z-1701247	一/二挡同步器内锥环	2	更改锥角及锥角测量点、螺纹油槽角度、螺距、深度
13	SH78Z-1701246	一/二挡同步器中间环	2	更改锥角及锥角测量点
14	SH78Z-1701245	一/二挡同步器外锥环	2	更改锥角及锥角测量点
15	SC30M5-1701221	二轴二挡齿轮	1	无更改
16	SC30M5C-1702012	一/二挡拨叉	1	无更改

试驾评估与测试评估

对1、2挡铜环喷钼、车螺纹、粘碳三种状态的样机试制完成后，与整车厂技术人员一起对装车的三种

状态变速器试驾评估，通过对换挡力、回位力、换挡吸入感、换挡时异响等综合评判对比，认为车螺纹状态的样机换挡舒适性最好。

我们对装有车螺纹状态铜环的样车用GSA仪器测换挡性能，由换挡曲线测得的换挡参数（见表8）表明：换挡力小，二次冲击换挡力很小，换挡性能令人满意。

表8 换挡参数

换挡	发动机转速 /r·min ⁻¹	同步时间 /s	二次冲击时间/s	换挡冲量/ Ns	同步换挡力/ N	二次冲击换挡力/ N	二次冲击换挡力与 同步换挡力比值 (%)
1→2	2000	0.05	0.02	13.1	-85.3	-34.4	41.3
2→3	2000	0.07	0.02	10.2	91.9	20.1	21.7
3→2	1500	0.11	0.004	14.5	-84.9	-7.7	9.5
2→1	1500	0.18	0.008	29.8	128.1	8.3	6.7

SC81平台变速器后续拓展开发

SC81平台变速器批量生产后，填补了我厂乘用车300N·m转矩段手动变速器产品的空白，项目组后续将试制换挡机构由直操改为拉索式简操方案（见图3），拉索式简操方案的新增与变更零部件设计与样件试制评估完成后，将能满足更多市场用户对SC81平台变速器的匹配需求。

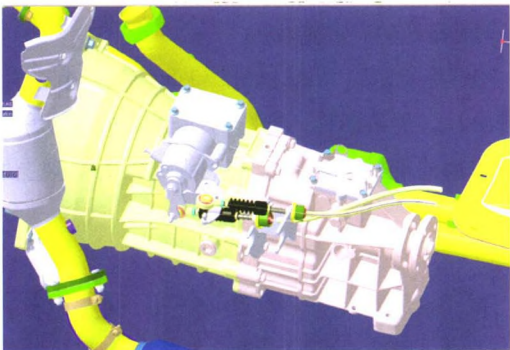
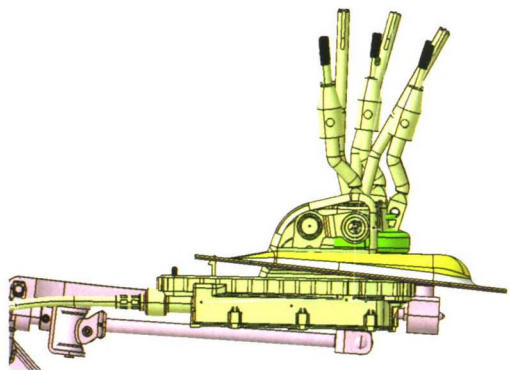


图3 拉索式操纵方案示意

结语

通过以上理论计算及对实际改进研制的手动变速

器进行分析研究，可以得出以下对换挡性能进行改进的途径：

- 1) 变速器内腔空间不变时，增加同步器摩擦副，可以有效降低动态换挡力，减小换挡时因阻滞而产生的粘滞现象。
- 2) 可通过将滑动摩擦改为滚动摩擦来降低换挡机构配合件之间的摩擦力，降低自锁弹簧力，改变传统意义上的定排，增加M头处定排销的助力，改善静态进挡助力和脱挡助力力值的分配，可有效降低静态换挡力。
- 3) 将换挡机构的最大助力时间点与同步力最大的时间点设置为略微靠前，由此可减小动态换挡力，增加换挡吸入感及挡位清晰感。

以上是根据理论计算并结合笔者的开发实践，经整理而得到的一些粗浅分析情况。在企业经营实践中，由于需兼顾技术性与经济性，故以上的改进途径要完全实现，存在按价值工程权衡取舍的考虑。

关键词：
变速器 换挡性能 优化拓展
(收稿日期20130916)