

液体粘性联轴器驼峰特性

夏国栋 刘亮 张少华 魏宸官
(北京工业大学) (北京理工大学)

[摘要] 本文分析了四轮驱动汽车用液体粘性联轴器驼峰现象的产生条件和形成机理,并对各种结构参数对驼峰特性的影响进行了深入系统的试验研究,获得了硅油粘度、硅油填充率以及输入转速等参数对驼峰特性的影响,研究结果对粘性联轴器设计开发具有指导意义。

叙词: 粘性联轴器 驼峰特性

Hump Characteristics of the Liquid Viscous Coupling

Xia Guodong & Liu Liang

Beijing Polytechnic University

Zhang Shaohua & Wei Chenguan

Beijing Institute of Technology

[Abstract] The mechanism of hump phenomenon of the liquid viscous coupling (LVC) used in 4WD vehicles was analyzed and discussed in this paper. An experimental study was carried out on a self-designed viscous coupler. The effects of the silicone oil viscosity, the filling ratio and the input speed on the LVC hump characteristics were obtained. This is of great significance to further research on liquid viscous coupling.

Keywords: Liquid viscous coupling Hump characteristics

1 引言

粘性联轴器是一种利用液体的粘性阻力来传递动力的传动装置,由于它的一些特性可以用来改善四轮驱动汽车的行驶性能,因此受到各国学者的广泛关注^[1,2]。

粘性联轴器有两种工作状态,即油膜剪切工作状态和驼峰工作状态。通常情况下,它处于油膜剪切工作状态,即利用油膜剪切传递动力;但是,在特殊路面条件下,如果一轮打滑失去牵引力,则联轴器主被动盘之间出现转速差,这时因摩擦而产生的热量会促使其内部的油气两相工质产生流动,而且联轴器内压力、温度升高,最后主、被动盘间形成准刚性连接,进入驼峰工作状态,液体粘性联轴器将动力传递给其余车轮,从而实现驱动能力;离开特

殊路面后,主被动盘之间转速差减小、或无转速差,这时候联轴器内部工质的温度、压力会自动降下来,联轴器恢复到油膜剪切工作状态。

由于液体粘性联轴器在转入驼峰工作状态的过程中,其内部温度压力将不断升高,所以如何确保联轴器在容许的压力、温度进入驼峰工作状态,从而实现其自保护,是粘性联轴器研究中最重要的问题之一。目前我国在该领域的研究工作还很不充分,所以有必要对此进行研究。

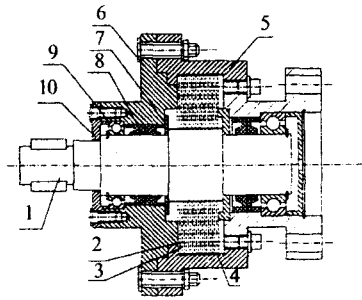
本文设计了用于四轮驱动汽车的粘性联轴器,并对各种结构参数对其驼峰特性的影响进行了系统的试验研究,研究结果对进一步改进粘性联轴器设计具有指导意义。

2 粘性联轴器的结构

如图1所示为本文设计的液体粘性联轴器,它

原稿收到日期为2001年1月19日,修改稿收到日期为2001年3月23日。

类似于普通的多片式离合器,不同之处在于它不存在分离机构,正常工作情况下,内外盘片间有间隙。



1. 轴 2. 内片 3. 外片 4. 分离环 5. 壳体 6. 壳体端盖
7. 挡块 8. 油封 9. 轴承 10. 轴承端盖

图1 液体粘性联轴器结构示意图

轴1开有外花键,与内片2的内花键相啮合;壳体5开有内花键,与外片3的外花键相啮合;外片由分离环4分离,内片以一定间隙相间装配,之间充有工作介质——高粘度硅油,壳体开有两个径向加油孔和两个端面排气孔,用以注入和排出硅油。

3 驼峰现象的形成机理

粘性联轴器的填充率(本文以 η 表示,下同)小于100%,即其工作腔内存在一定体积的空气,这是产生驼峰现象的关键。驼峰现象的产生过程可用如下四个阶段来描述。

3.1 粘性剪切阶段

这一阶段是驼峰现象的起点。如图2(a)所示,在粘性剪切阶段,主动盘和被动盘之间存在间隙,粘性联轴器所传递的转矩遵循牛顿内摩擦定律。

3.2 触发阶段

在粘性剪切阶段,空气以气泡的形式存在于联轴器中,可视化实验观察表明,气泡主要存在于外盘的小孔内。当内盘顺时针旋转时,由于旋转盘片对硅油的推动作用,外盘小孔右半部分变成高压区,左半部分为低压区,因而气泡流向低压区,如图2(b)示。气体不仅在小孔内分布不均匀,在粘性联轴器内的分布也是不均匀。在极端工作条件下,例如前轮打滑,后轮静止,此时转速差很大,由于功率损失,硅油内部产生很大热量。由于气泡分布的不均匀性,气泡较多的区域产生的热量少,因而压强比其它区域要低,这又使更多的气泡向那里聚集,从而加剧了气泡分布的不均匀性。在此条件下,某些盘片前后的压强不相等,从而使内盘向低压区移动^[3,4]。

3.3 转矩放大阶段

随着温度的增加,硅油体积膨胀,内压不会升

高,空气最后完全溶于硅油,粘性联轴器内硅油填充率达到100%。相互接触的内外盘片在高压作用下,处于一种混合摩擦状态,因而能传递很大的转矩。此时,内外盘片同步运转,粘性联轴器处于闭锁状态,如图2(c)所示。

3.4 复原阶段

由于在自激转矩放大阶段粘性联轴器可实现闭锁,主被动盘同步运转,转速差为零,所以温度不断继续上升,系统内压短时间内迅速降低,高压下溶于硅油的空气重新被释放出来,联轴器又恢复到粘性剪切阶段,如图2(d)示。

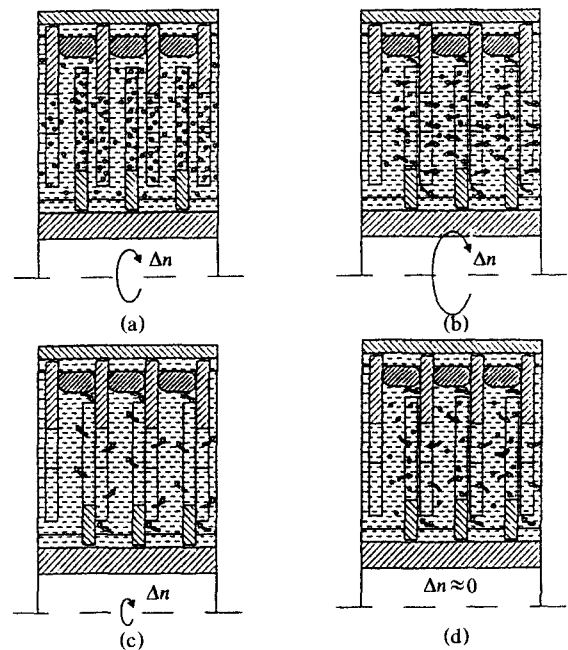


图2 自激转矩放大现象的产生过程

驼峰阶段是粘性联轴器工作过程中的特有现象,它一方面使粘性联轴器闭锁,提高汽车的通过性;另一方面发生驼峰现象时,粘性联轴器闭锁,内外盘片同步运转,使转速差迅速下降,硅油温度不在继续上升,联轴器实现过热自我保护。

4 试验结果及讨论

本文的试验工作是在如图3所示的试验系统上进行的。电动机通过改变接线方式获得不同的额定转速,其输出端经转矩转速传感器带动粘性联轴器的输入端旋转,粘性联轴器的输出端通过转矩转速传感器与减速器和磁粉加载器组成的加载部分相连。当负载增加时,粘性联轴器需要克服的阻力增加,因而其转速差增大,输出转速下降。负载越大,输出转速越小。转矩和转速可以在与传感器相

连的测量仪器上读出,从而获得粘性联轴器传递转矩特性及驼峰特性。

本文采用三种输入转速、三种粘度的硅油和至少三种填充率进行试验,获得了这些参数对粘性联轴器工作特性的影响。

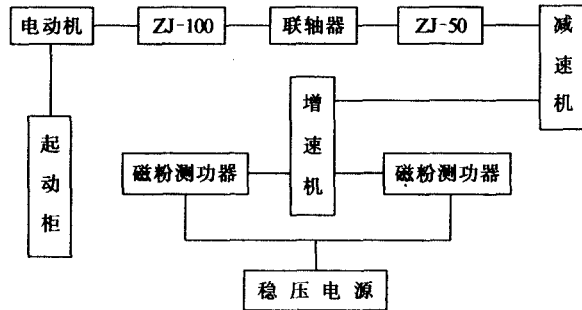
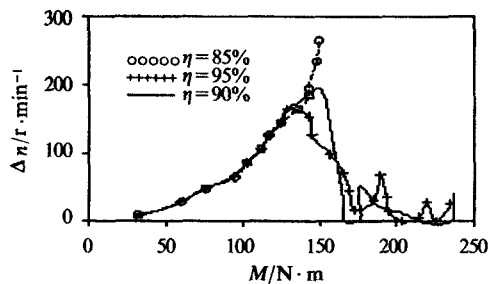


图3 试验系统示意图

4.1 填充率的影响

图4为硅油粘度 $\gamma=0.06\text{m}^2/\text{s}$ 、输入转速 $n_1=1000\text{r}/\text{min}$ 时,三种硅油填充率下粘性联轴器的转矩转速差特性曲线,可见当转速差一定时,填充率越大,联轴器在粘性剪切阶段所传递的转矩越大。在图中我们还可以看到, $\eta < 90\%$ 时不会出现驼峰现象,只有当填充率达到或超过 90% 时才会出现驼峰现象;而且填充率越大,发生驼峰现象所需的转速差越小,即触发温度越低,触发所需时间越短。



硅油粘度 $\gamma=0.06\text{m}^2/\text{s}$, 输入转速 $n_1=1000\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$

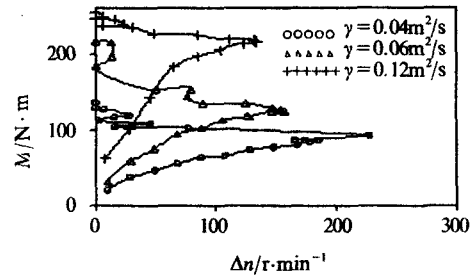
图4 三种硅油填充率下粘性联轴器的转矩(M)转速差(Δn)特性曲线

4.2 工质粘度的影响

图5给出了 $\eta=95\%$ 时,硅油粘度对粘性联轴器工作特性的影响。试验中均观测到驼峰现象,且硅油粘度越大,出现驼峰现象所需的转速差越小。试验中测得的各种粘度及填充率下对应的触发峰值最低转速差表示在表1中。

表1 各种粘度及填充率下对应的触发峰值最低转速差

	$\eta=0.04\text{m}^2/\text{s}$	$\eta=0.06\text{m}^2/\text{s}$	$\eta=0.12\text{m}^2/\text{s}$
90%	190	190	150
95%	180	170	130

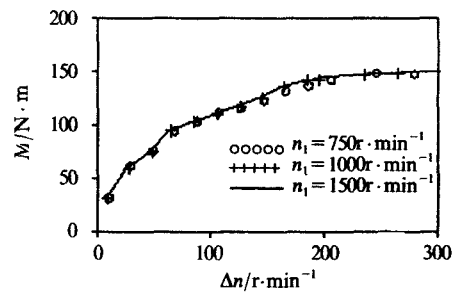


填充率 $\eta=95\%$, 输入转速 $n_1=1000\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$

图5 粘性联轴器传递转矩与硅油粘度及转速差(Δn)之间的关系

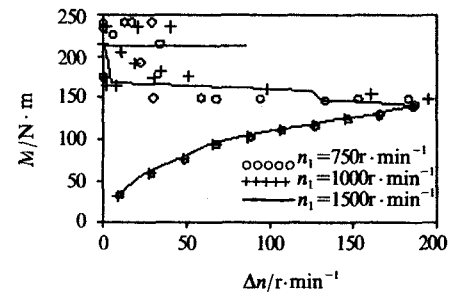
4.3 输入转速的影响

图6、图7分别给出了两种填充率下,输入转速对粘性联轴器工作特性的影响。填充率 $\eta=85\%$ 时,无驼峰现象;而当填充率 η 达到 90% 时,三种输入转速下均观测到驼峰现象,且驼峰出现的时机、转矩放大情况也基本一致。从总体上看,联轴器转矩特性、驼峰特性与硅油粘度、填充率及转速差有关,而与输入转速无关。



硅油粘度 $\gamma=0.06\text{m}^2/\text{s}$, 硅油填充率 $\eta=85\%$

图6 输入转速对粘性联轴器转矩传递特性的影响



硅油粘度 $\gamma=0.06\text{m}^2/\text{s}$, 填充率 $\eta=90\%$

图7 输入转速对粘性联轴器转矩特性驼峰特性的影响

5 结论

本文研究了硅油粘度、硅油填充率和输入转速对液体粘性联轴器转矩驼峰特性的影响,结论如下。

- (1) 硅油填充率对粘性联轴器工作特性有重要的影响。只有当填充率达到或超过 90% 时才会出现驼峰现象;而且,填充率越大,发生驼峰现象所需

(下转第355页)

构件。这就是欧美汽车行业将车身扭转刚度指标做为产品开发关键项的原因之一。

3.3 车身结构模态频率灵敏度分析的应用

车身结构模态频率灵敏度分析,不仅可以直接应用于设计中提高车身结构的低阶模态频率,而且对其它车身结构设计与分析工作也有重要的参考价值。

现代中、低级轿车设计时,为了加大行李布置空间,有的在后挡板上设计一个大孔。由上述分析可知,这种承载式车身后部刚度较大,在后挡板上设计一个大孔不会对车身刚度及低阶振动特性造成不利的影响。

现代中、低档轿车设计时,常希望降低门槛的高度。上述分析说明,门槛对车身刚度及低阶振动特性影响较大,不能随意减小门槛断面尺寸及板厚。为减小A立柱盲区而试图减小A立柱断面尺寸时也要注意类似问题。

国内现生产个别中级轿车在部分地区使用中,发生前悬挂固定座开裂现象。上述分析表明,前悬挂固定座的强度对车身竖直一弯模态频率影响很大。若设计不合理,车身会在个别使用工况下产生较大竖直振动,而引起悬挂固定座早期开裂。

(上接第358页)

的转速差越小,即触发温度越低,触发所需时间越短。

(2) 硅油粘度越大,出现驼峰现象有所需的转速差越小。

(3) 出现驼峰现象时,若负载不变,会出现转速差震荡现象;此时联轴器传递转矩能力大大增强,本试验条件下,驼峰转矩可达粘性剪切转矩的3~4倍。

(4) 出现驼峰现象时,粘性联轴器输入和输出可达到同步,即实现了传动比为1。

(上接封三)

从图上可以看出这两条曲线接近直线,且该车装重油比装轻油时的临界转向加速度约小0.05g。从图6还可以看出,满载重油和轻油的油罐车,其平地急转弯的向心加速度分别为0.735g和0.687g时,油罐车临界翻倾;当它们分别静止位于34.50°和36.32°的坡道上时,油罐车临界翻倾。计算还表明,坡度角每增大1度,临界转向加速度大约减少0.02g。

4 结束语

4 结论

(1) 后座椅下横梁、中地板、门槛与前轮罩后板构成了车身基本抗扭承载区。该基本抗扭承载区与A立柱结构件的加强对提高车身第一扭转模态频率十分有效。

(2) 以乘客舱结构件为主要的顶盖、前地板、中地板、门槛、转向柱横梁、后座椅下横梁、前轮罩后板、前悬挂固定座A、B、C立柱及后风窗立柱构成了车身空间基本抗弯盒。该基本抗弯盒结构件的加强对提高车身第一阶竖直弯曲模态频率十分有效。

(3) 车身基本抗扭承载区结构件及A立柱是车身低阶模态频率修改的最关键结构件。

(4) 车身结构模态频率灵敏度分析在车身设计中有较宽的应用范围。

参考文献

- 1 Frederic Dieu. Structural Optimization of A Vehicle Using Finite Element Techniques. SAE Paper 885135
- 2 凯墨尔M M, 沃尔夫J A 编, 陈励志译. 现代汽车结构分析. 北京: 人民交通出版社, 1987

参考文献

- 1 庄野欣司著, 刘茵等译. 四轮驱动汽车构造图解. 吉林科学技术出版社, 1995
- 2 马天飞, 王云成, 林洪月. 粘性联轴节在4WD汽车上的应用. 兵工学报: 坦克装甲车与发动机分册, 73(1): 49-54, 1999
- 3 Taureg H, Horst J. Induced Torque Amplification in Viscous Couplings. SAE 905091
- 4 Joji Takemura, Yasuhiro Niikura. An Analysis of Viscous Coupling Torque Transmission Characteristics and Hump Phenomenon. SAE 900558

本文对具有椭圆截面罐体的油罐车转弯时的动态横向稳定性作了理论分析,推导出转向加速度和横向翻倾临界坡度角的关系公式,据此可计算并绘制给定油罐车的横向稳定性特性曲线。这对油罐车的性能分析和校核提供了一种新的方法。

参考文献

- 1 GB9419-1988: 轻质燃油油罐汽车通用技术条件
- 2 数学手册编写组: 数学手册, 高等教育出版社, 1979