

液体黏性联轴器扭矩传递特性的实验研究

陈雪梅, 夏国栋, 王敏, 刘青, 马重芳
(北京工业大学 环境与能源工程学院, 北京 100022)

摘要: 为了研究液体黏性联轴器的扭矩传递特性,通过台架实验分析了3种硅油黏度、3种填充率及3种输入转速对液体黏性联轴器扭矩传递特性的影响;实验结果表明,黏度越大,发生驼峰现象所需的最低转速差越小,填充率低于90%时不发生驼峰现象,输入转速对驼峰现象的发生并没有影响;并测出了液体黏性联轴器的表面温度场,对研究实验件内部流体温度的变化有重要意义。

关键词: 液体黏性联轴器; 扭矩传递特性; 表面温度; 转速差

中图分类号: U 463.2

文献标识码: A

文章编号: 0254-0037(2004)04-0474-04

液体黏性联轴器是一种利用液体的黏性来传递动力的传动装置^[1],从20世纪80年代开始,逐渐应用于4轮驱动汽车。黏性联轴器通常是由输入轴、输出轴、一定数量的内外盘片以及填充在内外盘片间的硅油等组成。当输入输出轴有相对的转速差时,通过剪切硅油来传递动力。迄今为止,国内外学者对联轴器的转矩研究已取得了一系列的成果,得出了转矩随内外盘片数、盘片的半径、硅油黏度、盘片间隙和内外盘片之间转速差的变化关系式^[1-5]。得出了硅油黏度随剪切率变化的曲线及经验公式,还有硅油黏度随温度变化的经验公式^[1]。当汽车在良好路面上行驶时,联轴器输入转速与输出转速相差无几,可以认为相等,细微的转速差主要用于汽车传动键之间的摩擦损耗。当汽车在不良路面上行驶时,联轴器的输入输出端出现转速差,输入转矩等于输出转矩,输入功率与输出功率之间的差值为产热功率^[6,7]。由于硅油受剪切产生热量,而致使联轴器内部的温度升高,压强增大,在压力梯度的驱动下,内外盘片的间隙变小,最终内外盘片刚性接触,通过直接摩擦的方式传递动力,此时汽车由2轮驱动变为4轮驱动,这一现象被称为驼峰现象。作者采用低黏度硅油对液体黏性联轴器扭矩传递特性进行了研究。

1 液体黏性联轴器的结构

液体黏性联轴器如图1所示,它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。轴开有外花键,与内片的内花键相啮合;壳体开有内花键,与外片的外花键相啮合;外片由分离环分离,内片以一定间隙相间装配,内外片的间隙充有工作介质——高黏度硅油,壳体开有2个径向加油孔和2个端面排气孔,用以注入和排出硅油。

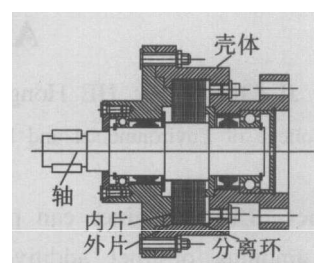


图1 液体黏性联轴器结构示意图
Fig.1 Schematic configuration of a LVC

2 实验系统及方法

2.1 实验系统

实验工作在北京工业大学强化传热与过程节能教育部重点实验室传动实验台上进行。黏性联轴器的

收稿日期: 2003-06-21.

基金项目: 北京市科技新星资助项目(954810800).

作者简介: 陈雪梅(1978-),女,山东临沂人,博士生.

转矩和温度特性实验台的布置如图 2 所示。

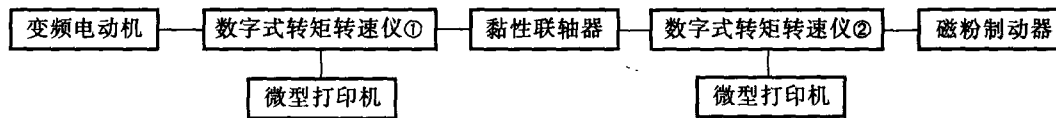


图2 实验台的结构简图
Fig.2 The schematic diagram of the experimental system

实验台的工作原理为：电动机通过变频器改变不同的频率获得不同的额定转速，其输出端通过数字式转矩转速仪①带动联轴器的输入端（即壳体）旋转，联轴器输出端通过数字式转矩转速仪②与磁粉制动器组成的加载装置连接。当负载增加时，联轴器需要克服的负载增加，因而其转速差增大，输出转速下降。负荷越大，输出转速越小。转矩和转速可以从与传感器相连的测量仪表读出，从而得到联轴器的扭矩传递特性。每台数字仪表上连接有一台微型打印机，用于打印输入输出的扭矩与转速。

2.2 实验方法

分别采用黏度为 $0.017 \text{ m}^2/\text{s}$ 、 $0.027 \text{ m}^2/\text{s}$ 、 $0.037 \text{ m}^2/\text{s}$ 的硅油进行实验，具体操作步骤为：①注入填充率为 85% 的硅油；②将电机的额定转速置为 $600 \text{ r}/\text{min}$ ；③调节稳压电源，从空载开始逐渐加载，使 n_1 、 n_2 递减，每次待 n_1 、 n_2 稳定后，记下 n_1 、 n_2 、 T_1 、 T_2 、 P_1 、 P_2 ；④重复步骤 ③，进行第 2 轮实验；⑤将电机额定转速改为 $750 \text{ r}/\text{min}$ 和 $1000 \text{ r}/\text{min}$ ，重复步骤 ③、④；⑥注入填充率为 90% 的硅油，重复步骤 ③~⑤；⑦注入填充率为 95% 的硅油，重复步骤 ③~⑤。

3 实验结果与分析

4 轮汽车用黏性联轴器有 2 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，最后主被动盘片间形成准刚性连接，进入“驼峰”工作状态，液体黏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^[1-3,7]。

设计的液体黏性联轴器由 14 个外盘片和 13 个内盘片组成。作者详细研究了盘片间隙为 0.4 mm 时黏性联轴器的转矩传递特性，对于该盘片间隙采用 3 种黏度和 3 种填充率进行实验，获得了工质黏度、硅油填充率等参数对黏性联轴器工作特性的影响。

3.1 工质黏度和填充率的影响

图 3 给出了不同硅油黏度和填充率对黏性联轴器扭矩传递特性的影响。当填充率 $\eta_0 < 90\%$ ，液体黏性联轴器没有驼峰现象，其工作方式仅为黏性剪切；当填充率 $\eta_0 \geq 90\%$ 时，液体黏性联轴器存在驼峰现

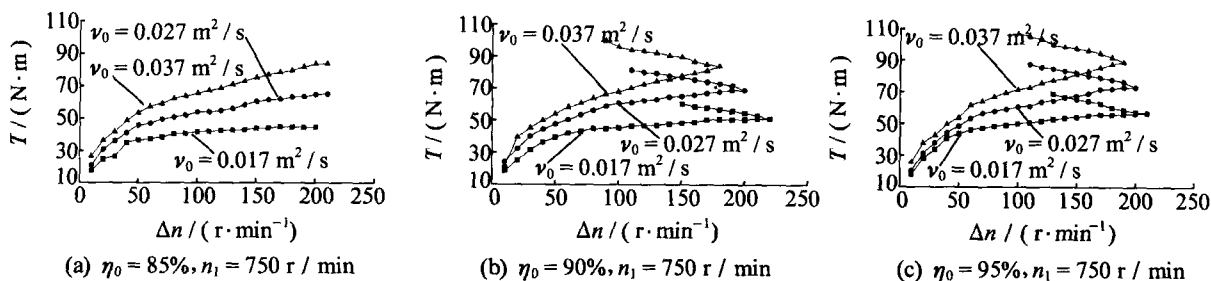


图3 不同硅油黏度和填充率的联轴器输出扭矩与转速差的关系

Fig.3 Torque vs. rotational speed difference on different viscosity and filling rate of the silicon oil

象;而且填充率越大,联轴器在黏性剪切阶段所传递的转矩越大.由图3还可以看出,当转速差一定时,硅油黏度越大,液体黏性联轴器传递的转矩越大;硅油黏度越大,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.

3.2 输入转速的影响

图4给出了不同输入转速条件下黏性联轴器的扭矩传递与转速差之间的关系.从总体上看,液体黏性联轴器传递的转矩与硅油黏度、填充率及转速差有关,而与输入转速无关.原因是:磁粉制动器在加载的过程中,输入转速与输出转速之间的差值变得越来越大,因为该转速差的存在,液体黏性联轴器内部产生的热量越来越多,温度、压强逐渐升高,当达到触发驼峰现象的温度和压强差的极限时,驼峰现象出现.因液体黏性联轴器内部的热量仅与转速差有关,所以扭矩传递与输入转速无关.

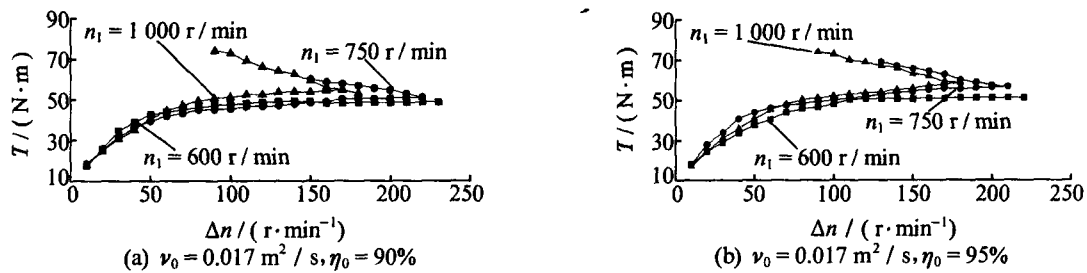


图4 不同输入转速条件下联轴器输出扭矩与转速差的关系

Fig.4 Torque vs. rotational speed difference on different input rotational speed

从图4中可以看出,在一定的转速差下,黏度越大,液体黏性联轴器传递的转矩越大;高黏度硅油与低黏度硅油相比,触发驼峰现象所需的转速差越小.还可以看出,输入转速对驼峰现象影响较大.输入转速越高,驼峰现象发生所需的转速差越小.原因为:输入转速越高,磁粉制动器加载过程越稳定,加载速度快,液体黏性联轴器内部的温度达到极限温度所需时间长,与输入转速低时所需转速差相比,所需的转速差小.

3.3 液体黏性联轴器表面的温度

当液体黏性联轴器发生驼峰现象时,由于输入轴与输出轴之间存在大的转速差,产热功率大,液体黏性联轴器内部的温度很高,作者对液体黏性联轴器的温度特性进行了初步的研究,用TH5102红外热像仪拍下了液体黏性联轴器表面壳体的温度,这对保护实验件,保证实验的顺利进行有很大的帮助.图5为黏度 $0.037 \text{ m}^2/\text{s}$,填充率90%,输入转速 $1000 \text{ r}/\text{min}$ 时拍摄下的液体黏性联轴器的表面温度场,驼峰持续的时间在40s左右.

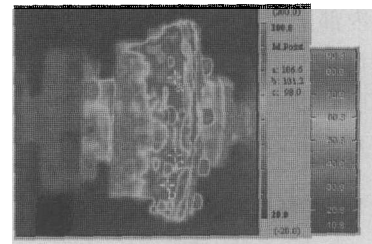


图5 液体黏性联轴器壳体温度分布图

Fig.5 The surface temperature of LVC

4 结论

- 1) 填充率对驼峰现象的发生有重要的影响.当填充率 $\eta_0 < 90\%$ 时,不发生驼峰现象.当填充率 $\eta_0 \geq 90\%$ 时,有驼峰现象发生.填充率越大,发生驼峰现象的最低转速差越低.
- 2) 输入转速对驼峰现象的发生没有影响,起作用的是输入轴与输出轴之间的转速差.
- 3) 硅油黏度对驼峰现象的发生有重要的影响.黏度越大,发生驼峰现象的最低转速差越小.
- 4) 在高转速差下,硅油黏度有下降,液体黏性联轴器转矩传递能力不会随转速差的增加而线性增加.
- 5) 作者设计的液体黏性联轴器发生驼峰现象时,工质的温度约在 $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 左右.

参考文献:

- [1] TOJI Takemura, YASUHIRO Niikura. Analysis of the torque transfer characteristics of viscous couplings[J]. International Journal of Vehicle Design, 1991, 27(1): 79-88.
- [2] 夏国栋. 四轮驱动汽车用液体黏性联轴器研究[R]. 北京: 北京理工大学机械与车辆工程学院, 1998.
XIA Guo-dong. The Study of Liquid Viscous Coupling in 4WD Vehicles[R]. Beijing: School of Mechanical and Vehicular Engineering, Beijing Institute of Technology, 1998. (in Chinese)
- [3] 刘金奎. 汽车四轮驱动用液体黏性离合器的理论实验研究[D]: [学位论文]. 北京: 北京理工大学机械与车辆工程学院, 1993.
LIU Jin-kui. The experiment study of liquid viscous coupling in 4WD vehicles[D]: [dissertation]. Beijing: School of Mechanical and Vehicular Engineering, Beijing Institute of Technology, 1993. (in Chinese)
- [4] 王军, 郭孔辉. 黏性联轴器转矩特性研究[J]. 吉林工业大学学报, 1999, 29(2): 8-13.
WANG Jun, GUO Kong-hui. Simulation analysis on the torque characteristics of viscous coupling[J]. Journal of Jilin University of Technology, 1999, 29(2): 8-13. (in Chinese)
- [5] 林逸, 王军, 王云成, 等. 黏性联轴器转矩特性的实验研究[J]. 汽车工程, 2000, 22(3): 201-203.
LIN Yi, WANG Jun, WANG Yun-cheng, et al. The experiment study of torque characteristics of viscous coupling[J]. Automotive Engineering, 2000, 22(3): 201-203. (in Chinese)
- [6] 翟忠魁, 吴锦秋, 王云成. 四轮驱动车辆黏性联轴器的结构与性能[J]. 吉林工业大学学报, 1996, 26(2): 87-91.
ZHAI Zhong-kui, WU Jin-qiu, WANG Yun-cheng. The construction and performance of viscous coupling of 4WD vehicles[J]. Journal of Jilin University of Technology, 1996, 26(2): 87-91. (in Chinese)
- [7] 刘亮. 液体黏性联轴器的转矩及内部热行为特性研究[D]: [学位论文]. 北京: 北京工业大学环境与能源工程学院, 2002.
LIU Liang. A study on the torque and thermal behaviors in liquid viscous couplings[D]: [dissertation]. Beijing: College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, 2002. (in Chinese)

Torque Characteristic of Liquid Viscous Coupling

CHEN Xue-mei, XIA Guo-dong, WANG Min, LIU Qing, MA Chong-fang

(College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: The influence on torque of three viscosities, three original filling rates and three rotational speed differences were discussed in order to study the torque characteristics of liquid viscous coupling. It was showed that the higher of the viscosity, the lower of the minimum speed difference. When the filling rate is less than 90%, no hump was founded. Moreover, input speed has no influence on hump. The surface temperature of liquid viscous coupling was also given, which is important for researching the temperature changing in liquid viscous coupling.

Key words: liquid viscous coupling; torque transmission characteristics; surface temperature; rotational speed difference