

水压系统的速度—负载特性的试验研究

唐向阳,董为民,伍星,郑华文,袁子荣
(昆明理工大学机电工程学院,云南昆明 650224)

摘要:首先简要介绍了自行设计的纯水液压试验系统的工作原理和主要特点,接着讨论了测试系统的组成.通过对液压缸无杆腔的压力和其活塞杆位移的采样,针对不同负载作用下液压缸的进口节流和出口节流调速两种情况,研究了其速度—负载特性,得到了一些具有重要价值的结论.最后对试验结果从理论上进行了分析和解释.

关键词:纯水液压技术;二通插装阀节流调速系统;速度—负载特性;试验研究

中图分类号:TH137.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-855X(2003)02-0042-04

Experimental Research on the Velocity – load Properties of a Water Hydraulic Trial System

TANG Xiang-yang, DONG Wei-min, WU Xing, ZHENG Hua-wen, YUAN Zi-rong
(Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: The working principle and features of the water hydraulic trial system designed and manufactured by authors are briefly introduced at first. Then the compound block diagram of the test system is given. And with the meter – in and meter – out circuit of the working hydro – cylinder, and the dynamic tests on the displacement of the piston rod and the pressure of the working hydro – cylinder's big cavity, the relationship between the piston rod's motion velocity and load is separately studied at length. Curves are drawn according to the analysis and process of the data files obtained by experiments with software, and some important conclusions are derived too. At last, the results obtained from the experiments are explained and analyzed in theory.

Key words: water hydraulic technique; two – way carriage valve; velocity – load properties; experimental research

0 引言

随着人类社会的进步和发展,人们对安全生产的要求越来越高,环境保护的意识日益强烈.纯水液压传动技术因其与环境相容性好、安全性高等突出优点^[1]越来越引起人们的广泛关注和深入研究.

对于一个液压系统,它是否能很好地应用于生产实际中,无疑要取决于它的综合性能.其中,速度—负载特性又最能反映一个系统的综合性能^[2].当速度—负载特性曲线上某处的斜率越小,则该处的速度刚度越大,说明该系统在此工况下速度受负载变化的影响越小,即速度稳定性越好.而纯水液压系统由于其工作介质是不含任何添加剂的自来水(Tap Water),因此其速度—负载特性肯定会与油压系统有所不同,值得用试验方法进行深入的研究.

1 纯水液压试验系统的工作原理及特点^[3]

如图1所示.

图中: p_1, p_2, A_1, A_2 分别表示液压缸进出油腔的压力和对应油腔的有效面积;

收稿日期:2002-09-19; 基金项目:云南省自然科学基金资助(项目编号:1999E0008Q).

第一作者简介:唐向阳(1967~),男,博士,副教授;主要研究方向:纯水液压传动技术、机电一体化.

左边的液压缸为工作缸,右边的液压缸为加载缸;

1.1 系统工作原理

首先电动机启动,此时 5DT 处于得电状态,液压泵工作在卸荷状态.接着让 5DT 失电,慢慢调节二通插装阀系统油源块上的溢流阀调节手柄,使泵的出口压力逐渐升高,直到系统的工作压力达到 $40 \times 10^5 \text{ Pa}$ 为止(从接在油源块上的压力表上观测).

然后让 1DT 得电,2DT 失电,二通插装阀 L_1 、 L_3 开启,水介质经 L_3 进到工作缸的有杆腔,无杆腔的水经 L_1 回油箱,工作缸的活塞后退,同时 4DT 得电(3DT 失电),加载缸的活塞随之前进,为工进做好准备;让 2DT 得电,1DT、3DT、4DT 失电, L_2 、 L_4 开启,工作缸的无杆腔进水,有杆腔回水,活塞前进,活塞杆推动负载运动,完成工作进给.

综上所述,可列出实验系统几种工作状态下各个电磁铁的得失电情况见表 1.

1.2 纯水液压试验系统的主要特点

(1) 调速系统采用二通插装阀节流调速系统,可通过调节 L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 上的手柄来改变其阀芯的最大位移,从而对工作缸活塞的前进和后退速度均可进行独立调节.

(2) 加载采用了液压缸对顶加载方式,负载的大小可通过改变加载系统中的调速阀的开口大小来进行无级调节.

(3) 系统中的液压泵采用了纯水齿轮泵.

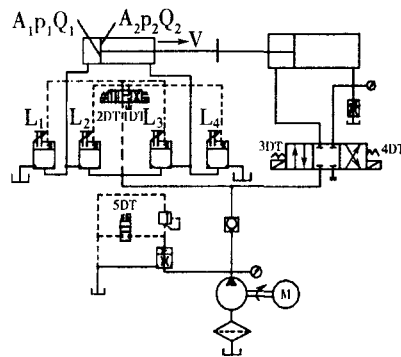


图 1 纯水液压实验系统的原理图

表 1 实验系统几种工作状态下各个电磁铁的得失电情况表

电磁铁状态	工作状态	准备阶段	工进阶段
	卸荷状态 (启动)	(工作缸活塞后退 加载缸活塞前进)	(工作缸活塞前进推 着加载缸活塞后退)
1DT	-	+	-
2DT	-	-	+
3DT	-	-	-
4DT	-	+	-
5DT	+	-	-

2 动态试验系统的组成^[3]

如图 2 所示,通过对工作液压缸的活塞杆位移和其无杆腔的压力的实时采样记录,用我们自己开发的数据转换软件把试验得到的记录文件转换为 Origin5.0 能够处理的数据文件,然后用 Origin5.0 进行必要的分析和处理,如对位移进行微分求得速度曲线;对位移曲线进行线性拟合得到的直线斜率就是活塞杆运动的平均速度;滤波处理;FFT 分析等.最后得到系统进口节流和出口节流的速度—负载特性曲线.当然,该动态测试系统还必须先进行标定,其过程本文就不再赘述了^[3].

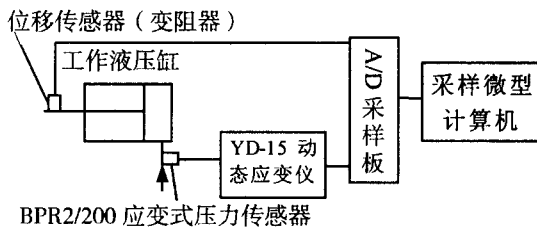


图 2 动态试验系统的组成框图

3 试验数据及分析^[3]

3.1 出口节流的位移曲线和速度曲线

限于篇幅,这里只给出负载压力为 $7 \times 10^5 \text{ Pa}$,负载大小为 889N 时的位移曲线和速度曲线(图 3),其它的与此类似.

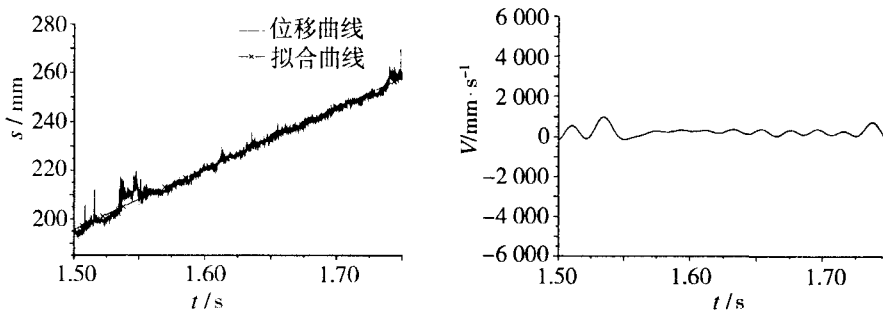


图 3 出口节流(负载压力为 $7 \times 10^5 \text{ Pa}$)的位移曲线和速度曲线

3.2 进口节流的位移曲线和速度曲线

限于篇幅,这里也只给出负载压力为 $8 \times 10^5 \text{Pa}$, 负载大小为 1016N 进口节流时的位移曲线和速度曲线(图4),其它的与此类似。

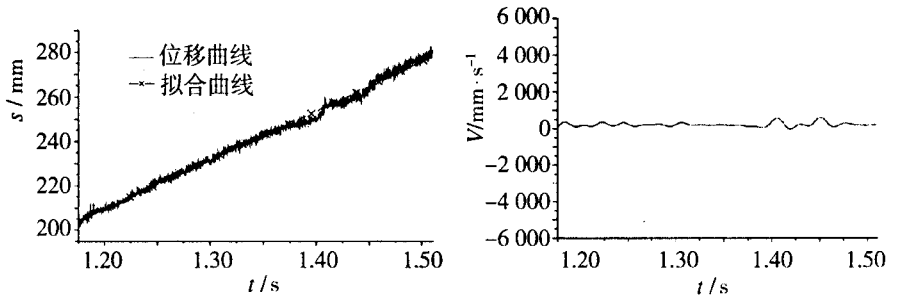


图4 进口节流(负载压力为 $8 \times 10^5 \text{Pa}$)的位移曲线和速度曲线

3.3 试验系统的系统压力曲线及频谱分析图

该试验系统在整个试验过程中,系统压力调定在 $40 \times 10^5 \text{Pa}$ (从接在油源块上的压力表上观测)并保持不变.使用压力传感器实时得到的系统压力曲线及其频谱分析图如图5所示。

从图5可以看出:系统的压力是波动的.从频谱分析结果可知,压力的脉动频率大约为 162Hz .这是因为系统中所用的泵是齿轮泵,因此其输出压力是脉动的,其脉动频率与电动机的转速,齿轮泵的主动齿轮的齿数有关.在此系统中,电动

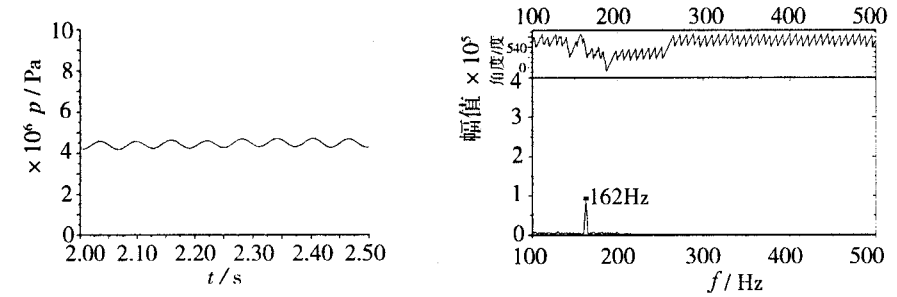


图5 试验系统的系统压力曲线及其频谱图

机的额定转速 $n = 960 \text{r/min}$,主动齿轮的齿数 $z_1 = 10$,所以 $f = \frac{n}{60}z_1 = \frac{960}{60} \times 10 = 160 \text{Hz}$ 。

3.4 试验得到的速度—负载曲线

由前面得到的出口节流的速度与负载的对应数据(对负载压力为 $4 \times 10^5 \text{Pa}$, $14 \times 10^5 \text{Pa}$, $20 \times 10^5 \text{Pa}$, $25 \times 10^5 \text{Pa}$, $27 \times 10^5 \text{Pa}$, $32 \times 10^5 \text{Pa}$ 的数据处理结果因限于篇幅在文中没有给出)见表2,据此可作出出口节流的速度—负载曲线如图6所示。

表2 出口节流的速度—负载关系数据

负载/N	508	889	1778	2540	3175	3429	4064
速度/ $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	287.6	249.6	200	177.6	142.2	141.7	95.8

由前面得到的进口节流的速度与负载的对应数据见表3,据此可作出进口节流的速度—负载曲线如图7所示。

表3 进口节流的速度—负载关系数据

负载/N	508	1016	1524	2032
速度/ $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	228.2	221.6	179.6	171.0

4 结论

由图6、图7可以看出:
(1)工作缸活塞杆的运动速度 V 随着负载 F 的增加而下降,且呈抛物线下降趋势,中间未见明显的拐点出现。
(2)采用节流阀作流量控制元件的调速系统,因为节流阀没有压力补偿装置,所以流量受负载变化的影

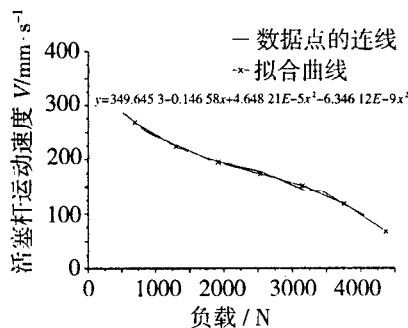


图6 出口节流速度—负载曲线

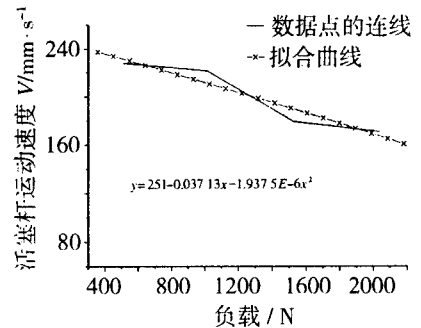


图7 进口节流速度—负载曲线

响大,系统的负载刚度小,从而使速度—负载曲线的下降速度较快。

(3) 由于无背压,进口节流调速回路的稳定性较差,因而其速度—负载曲线有波动出现;而出口节流调速回路则稳定性较好,传动比较平稳。

(4) 水压系统的速度—负载特性与油压系统类似.传统的液压传动理论在水压系统中仍基本适用。

(5) 把小口径二通插装阀用于纯水液压系统中以解决泄漏和效率问题是可行的.但因为传动介质是水,所以其阻尼大小、调节弹簧的刚度等参数还有待用进一步的实验加以深入研究。

5 结束语

纯水液压传动技术是一种涉及流体力学、材料科学、机械制造、控制理论等学科的新兴技术.纯水液压系统的特性分析和工程应用研究,还需要多学科的科技人员共同努力,进行大量的理论和试验研究工作,使其早日广泛应用于生产实际中,为大家创造一个绿色环保的工作环境。

参考文献:

- [1] 唐向阳,郑华文,吴张永,袁子荣.纯水液压系统的现状与未来[J].液压与气动,2000(4):5~6.
- [2] 刘长年,袁子荣.液压控制系统导论[M].北京:北京科学技术出版社,1987.15~30.
- [3] 唐向阳.纯水液压试验系统的设计及动态特性研究:[博士学位论文][D].昆明:昆明理工大学机电工程学院,2001.

(上接第33页)

参考文献:

- [1] 许毓春,李慧峰,王士良等. SiO₂ 对 TiO₂ 系压敏陶瓷电性能的影响[J]. 压电与声光,1994,16(5):41.
- [2] 陈慧民,徐廷献. SrTiO₃ 压敏陶瓷一次烧成工艺的研究[J]. 硅酸盐学报,1995,23(4):448.
- [3] 徐庆,陈文,严家强等. SrTiO₃ 系多功能一次烧成中的掺杂行为[J]. 电子元件与材料,1997,16(2):21.
- [4] 王克龙,曹全喜,周晓华等. 双功能陶瓷和元件[J]. 功能材料,1998,29(3):229.
- [5] 张卫,武明堂,刘辅宜. 工艺和添加剂对 TiO₂ 功能陶瓷材料性能的影响[J]. 材料科学与工艺,1994,2(2):14.
- [6] 王丹阳,季慧明. 不同受主掺杂对 TiO₂ 压敏陶瓷性能的影响. 杭州:2000年10月. 第十一届全国高技术陶瓷学术年会论文集[D]. 材料导报,2000,14,160.
- [7] 李建英,李盛涛,庄严. SrTiO₃ 双功能陶瓷的施主掺杂研究[J]. 材料研究学报,2000,14(2):193.
- [8] 范坤泰,韩述斌,吴德喜. 低压 ZnO 压敏电阻器性能的改善[J]. 电子元件与材料,1998,17(5):32.