

电液伺服阀测试系统研究

李健锋, 袁锐波, 张自华

The Research of the Testing System of Electro-hydraulic Servo Valve

LI Jian-feng, YUAN Rui-bo, ZHANG Zi-hua

(昆明理工大学 流体控制工程研究所, 云南 昆明 650093)

摘要:该电液伺服阀测试系统主要用来测试伺服阀的静态和动态性能。介绍了系统组成及功能,研究了系统的测试原理图,最后分析了伺服阀的静态和动态测试。

关键词:电液伺服阀; 静态测试; 动态测试

中图分类号: TH137 文献标识码: B 文章编号: 1000-4858(2007)12-0065-03

1 前言

电液控制伺服阀简称伺服阀,相对于普通液压系统中的常规阀来说,伺服阀是一种高级的、精密的液压元件。伺服阀既是信号转换元件,又是功率放大元件。在电液伺服控制系统中,伺服阀将系统的电气部分与液压部分连接起来,实现电液信号的转换与放大,对液压执行元件进行控制,具有控制精度高、响应

速度快、信号处理灵活、输出功率大和结构紧凑等优点。为了更好地利用电液伺服阀,必须对它进行充分的实验。

收稿日期: 2007-05-13

作者简介: 李健锋(1977—),男,陕西汉中,在读硕士生,主要从事流体传动与控制方面的研究工作。

即为齿顶与泵体间间隙的功率损失。

或者,由压力流量的乘积加上齿顶与泵体间的粘性摩擦损失功率,如式 16 所示,亦得同样结果。

$$W_T = Z \cdot \left[b(-\Delta p)q_h + bt \cdot \mu \frac{du}{dy} \Big|_{h_t} \cdot U \right] =$$

$$Z \cdot \left[b \left(\frac{h_t^3}{12\mu} \frac{\Delta p^2}{t} - \frac{U h_t \Delta p}{2} \right) + b \left(\frac{U h_t \Delta p}{2} + \frac{\mu U^2 t}{h_t} \right) \right]$$

$$= Z \cdot b \left(\frac{h_t^3}{12\mu} \frac{\Delta p^2}{t} + \frac{\mu U^2 t}{h_t} \right) \quad (17)$$

其中, Z 为齿顶与泵体接触的齿数。

以 h_t 为函数,其他参数为常数,绘成功率损失曲线,如图 3 所示。该曲线表示了损失功率与间隙之间的关系。

为求得使齿顶与泵体间功率损失最小的间隙 h_{t0} ,将功率损失对间隙 h_t 微分,并代入应为 h_{t0} :

$$\frac{dW_{ht}}{dh_t} \Big|_{h_{t0}} = b \left(\frac{h_{t0}^2}{4\mu} \frac{\Delta p^2}{t} - \frac{\mu U^2 t}{h_{t0}^2} \right) \quad (18)$$

$$\text{得解: } h_{t0} = \sqrt{\frac{2\mu U t}{\Delta p}} \quad (19)$$

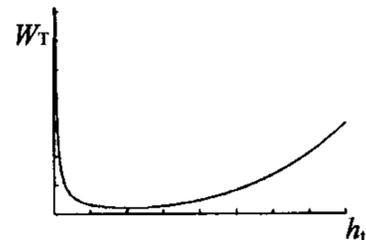


图 3 功率损失与间隙关系图

此为齿顶与泵体间最佳间隙值。

4 结论

本文目的是从理论上推导出外啮合齿轮泵的齿顶与泵体间间隙的最佳值,使泵的总效率最佳。对齿轮泵的设计起到一定的参考作用。该理论是否与实际吻合,还需实验验证。

参考文献:

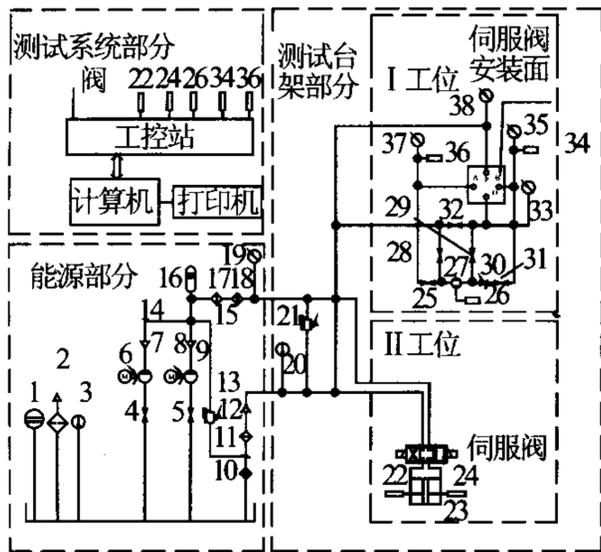
- [1] 朱新才. 液压与气动技术[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2000.
- [2] 何存兴. 液压元件[M]. 北京: 机械工业出版社, 1982.

2 系统组成及功能

电液伺服阀测试系统主要由泵站系统、测试台、计算机测控系统等组成。小泵额定压力为 21 MPa, 流量 10 L/min; 大泵额定压力为 7 MPa, 流量 90 L/min。测试台设计成两个工位, 即电液伺服阀静态测试工位和动态测试工位。测控系统主要包括: 电源开关电路、信号调理器、Avant 测试分析仪、控制软件(液压 CAT 控制测试软件)和计算机系统。测控系统实施对液压能源、液压测试台的控制, 实现对电液伺服阀某项或多项液压参数测试的油路转换, 同时采集各项所需的液压参数, 经软件处理获得符合电液伺服阀试验规范要求的曲线、数据、报表等。实现了对电液伺服阀的动、静态特性的实时显示及描绘, 并自动进行相关数据分析和处理。

3 电液伺服阀测试系统原理

电液伺服阀测试系统原理图如图 1 所示。



1. 液位计 2. 空气滤清器 3, 20. 温度表 4, 5, 25, 28, 29, 31, 32. 截止阀
6, 8. 交流电机 7, 9. 泵 10. 散热器 11, 17. 过滤器(粗滤)
12, 14, 15. 单向阀 13, 21. 安全阀 16. 蓄能器 18. 过滤器(精滤)
19, 33, 35, 37, 38. 压力表 22. 位移传感 23. 动态缸
24. 速度传感器 26. 流量计二次仪表 27. 流量计
30. 可调节流阀 34, 36. 数字式压力计

图 1 电液伺服阀测试系统原理图

4 电液伺服阀特性测试

4.1 静态测试

1) 空载流量特性测试

在无载(即 A、B 两腔的压力差极小)的条件下, 向伺服阀输入缓慢变化的电流, 测得伺服阀输出流量与输入电流的关系, 即 $\pm q = f(\pm i) \Delta p_L$ 。当被试阀输入电流 i 变化一个工作周期(即由 $0 \rightarrow +i_{\max} \rightarrow 0 \rightarrow -i_{\max} \rightarrow 0$), 对应输出流量 q 的变化。所得曲线即为空载流量特性, 如图 2 所示。由于伺服阀的流量测试是在“空载”条件下, 即负载压力非常低的条件下进行的, 因此要求流量传感器必须具有极低的启动压力。通过

控制图 1 中截止阀 25、28、29、31 的位置, 在工作压力下绘制空载流量曲线, 通过计算机测控系统对其进行采集、分析, 能得到伺服阀的流量增益、额定流量、饱和流量、饱和电流、线性度、对称度、滞环等性能指标的值。

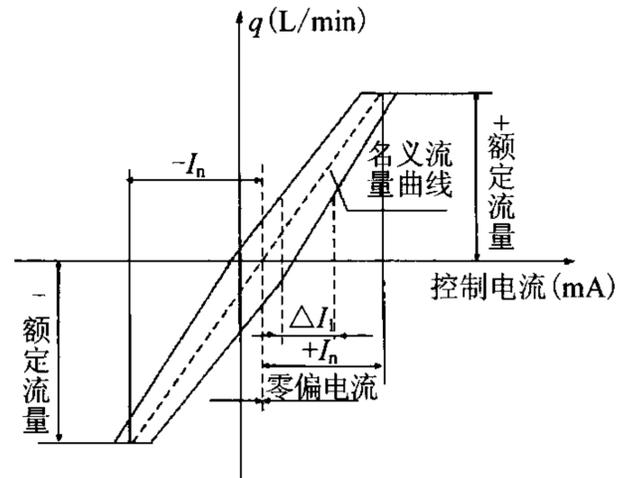


图 2 空载流量特性

2) 负载流量特性测试

在输入电流 i 和供油压力 p_s 为常数的情况下, 输出流量 q 随负载压力差 Δp_L 的变化关系。 $\pm q = f(\pm \Delta p_L) i = \text{常数}$ 。负载压差 Δp_L 的变化范围是从零到 p_s , 在此范围内测出对应的输出流量 q 值。改变电流 i 为不同常数, 可得到一簇曲线, 即为负载流量特性曲线, 如图 3a 所示。通过控制图 1 中截止阀 25、28、29、31 的位置, 调节节流阀 30, 给电液伺服阀加一个负载, 然后绘制带载流量曲线, 通过计算机测控系统测试相关性能指标的值。

3) 压力增益特性测试

首先将供油压力调整为额定压力加回油压力, 并将伺服阀的 A、B 口切断, 在输出流量 q 为零的情况下, 负载压差 p_L 与输入电流 i 的关系, 即 $\pm p_L = f(\pm i) q = 0$ 。当输入电流 i 变化一个工作周期(即由 $0 \rightarrow +i_{\max} \rightarrow 0 \rightarrow -i_{\max} \rightarrow 0$), 对应负载压差 p_L 的变化。所得曲线即为压力特性曲线, 如图 3b 所示。在压力特性曲线上某点或某段的斜率即为压力增益。伺服阀的压力增益越高, 伺服系统的刚度越大, 克服负载能力越强, 系统误差越小。压力增益越低, 表明零位泄漏量大, 阀芯和阀套配合不好, 从而使伺服系统的响应迟缓。如图 1 中, 检测数字式压力计 34、36 的压力值, 通过计算机系统处理分析, 得到伺服阀的压力增益值, 并可在终端上显示或存储、打印。

4) 内泄漏特性测试

伺服阀的内泄漏特性是指伺服阀输出流量为零(在负载通道关闭时), 由回油口流出的内部泄漏流量,

通常泄漏流量随输入电流变化而变化,当阀处于零位时为最大值 q_{L0} ,见图 3c。对于两级伺服阀泄漏量由前置级的泄漏量 q_{q0} 和输出级的泄漏量 q_{L0} 组成。零位泄漏量 q_c 可作为滑阀制造质量指标,对旧阀可反映其磨损情况。另外,伺服阀的压力特性也能反映其内泄漏情况。

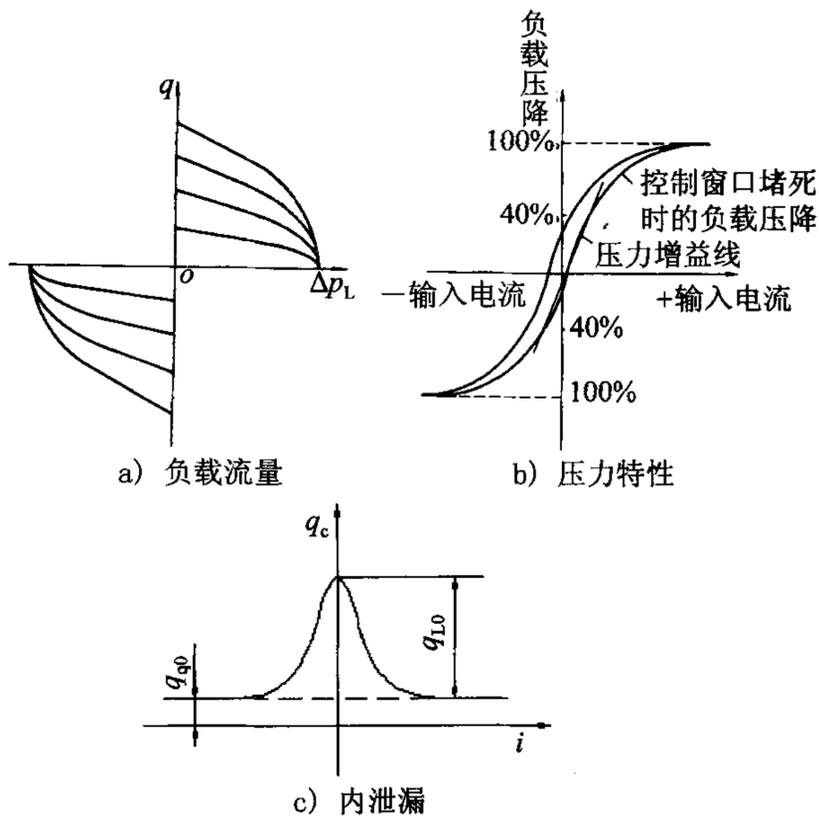


图 3 试验曲线

4.2 动态测试

主要测量伺服阀的幅频特性、相频特性及幅频宽和相频宽。让伺服阀的输入电流在某个频率范围内作正弦变化时,阀的空载流量对输入电流的复数比,即为伺服阀的频率特性。

通过流量来测试系统频率特性,电液伺服阀的频率特性要求在空载条件下测量,采用具有小质量、低摩擦的无载动态缸和速度传感器作为流量传感器,液压缸的速度与电液伺服阀输出的流量在一定频率范围内成比例,液压缸活塞杆一端带速度传感器,将流量信号转化为电压信号。测试系统数学模型如图 4 所示, Q 为流量, $G_1(s)$ 为动态缸和速度传感器。

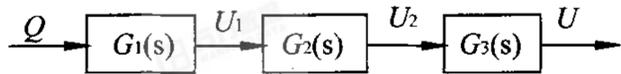


图 4 流量测试回路数学模型

虽然动态缸小质量、低摩擦、无载,但由于制造工艺和实际质量的存在,活塞左右移动时受质量、阻尼固有特性作用,故系统简化为二阶环节,即 $G_1(s) = 1 / (s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2) \cdot \zeta$ 。 ζ 为阻尼系数, ω_n 为流量传感器的固有频率。系统截止频率受质量、阻尼系数的影响,从阀芯到液压缸的固有频率为:

$$\omega_h = \sqrt{\frac{4A^2\beta}{V_t m}}$$

其中: A 为液压缸活塞有效面积; β 为油液的有效容积模数; V_t 为液压缸两腔的可压缩体积; m 为活塞质量; ω_h 为动态缸的固有频率。

提高动态缸的频率特性的方法是减少质量和液压缸两腔的可压缩体积,增加动态缸活塞的有效面积。

测试系统的动态特性可采用相关谱分析法分析系统的动态特性,也可以采用最小二乘法辨识系统的数学模型,做幅频特性曲线和相频特性曲线。实验主要是在实验室测量电液伺服阀的动态特性、-3dB 时对应的频率和 90°相移对应的频率。考虑动态缸特性的影响,采用正弦信号做激励信号,分别求不同频率下的正弦信号的幅值比和相位差。由于电液伺服阀并不是确定的线性系统,不易采用系统辨识法辨识电液伺服阀的数学模型然后计算幅相频特性曲线,故可采用正弦信号频率对数等间隔分段扫描法测试系统的幅频特性与相频特性。

5 结束语

该电液伺服阀测试系统将计算机控制、检测技术与液压控制系统有效地相结合,使实验的自动化程度、可靠性、准确性、效率大为提高,而且节省了部分仪器、设备。该系统不但可以进行静态特性测试,而且可以进行动态特性测试。由计算机完成测试数据的处理,并计算伺服阀的性能指标,消除了人工读取数据计算性能指标而造成的随机误差。

参考文献:

- [1] 梁利华. 液压传动与电液伺服系统[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2005.
- [2] 雷天觉,等. 新编液压工程手册[M]. 北京:北京理工大学出版社,1998.
- [3] 谭尹耕. 液压实验设备与测试技术[M]. 北京:北京理工大学出版社,1996.
- [4] 王占林. 电液伺服机构[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1987.
- [5] 高亚东. 电液伺服阀性能试验台 CAT 系统研究[D]. 杭州:浙江大学,2003.
- [6] 陈奎生. 高精度电液伺服阀特性测试系统[J]. 工程机械,1997,28(9).
- [7] 李福尚,等. 电液伺服阀的内泄漏特性及故障在线分析实例[J]. 山东电力技术,2006,148(2).
- [8] 李文宏,等. 基于 VXI 总线的电液伺服阀动态特性测试系统[J]. 同济大学学报,2002,30(10).