

一种活塞杆伸出量可控的液压缸

唐雯, 吴榕, 林文祥, 梁峰, 林军, 王晓林

(厦门大学 物理与机电工程学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 该文介绍了一种活塞杆伸出量可测并可控制的液压缸。该缸利用滚珠丝杆将活塞杆的直线位移转化为丝杆角位移的方法进行位置测量, 其结果由光栅编码器输出并传送到控制中心, 由控制中心控制伺服阀的阀口方向和开口大小, 从而对液压缸活塞杆产生控制作用。本文对其原理进行了阐述, 并对可能存在的测量误差进行了分析。

关键词: 液压缸; 位置可控; 滚珠丝杆副; 误差分析

中图分类号: TP271+.31 文献标识码: A 文章编号: 1008-0813(2012)04-0021-03

The Hydraulic Cylinder with Extensive Position Controlled Piston Rod

TANG Wen, WU Rong, LIN Wen-xiang, LIANG Feng, LIN Jun, WANG Xiao-lin

(School of Physics and Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: This paper introduces a hydraulic cylinder that its piston rod extension can be effectively controlled, linear displacement of the piston rod can be changed into the screw angular displacement by ball screw, then the distance are outputted by grating angular displacement sensor to the control center, valve port opening direction and size are controlled by the control center and then hydraulic cylinder piston rod is controlled so. This paper describes its principles and demonstrates its feasibility.

Key words: hydraulic cylinder; position control; ball screw; error analysis

0 引言

液压伺服系统在航天、航空、航海、矿山、冶金及民用等各个方面得到极其广泛的应用, 它具有高响应、高精度、大功率、系统刚度大以及抗干扰能力强等优点。液压缸作为执行机构, 是直接反映控制系统稳、准、快等性能的关键部位。随着科技的高速发展, 人们对伺服系统执行机构的性能要求越来越高, 从而各种高性能的液压缸应运而生, 然而制约其发展与应用的主要原因是各种控制阀和传感器的研制与开发。

1 测量方法简介

液压缸活塞杆行程测量的传感器多种多样, 比如: 电位计式传感器、磁尺传感器、磁致伸缩传感器、电涡流传感器、超声波测距传感器、激光以及光纤传感器等。以上方法各有特点, 如电位计式传感器测量方法简单方便, 检测电路易于实现, 但其精度不够; 磁致伸缩式位移传感器测量精度高, 其极限精度可达 $5\mu\text{m}$, 但其测量原理复杂, 检测和补偿电路难以实现, 国内至今还没有自主知识产权。

笔者另辟蹊径, 参考千分尺的测量原理, 将直线位移的测量转化为角位移的测量, 这种方法使得测量误差大大减小。

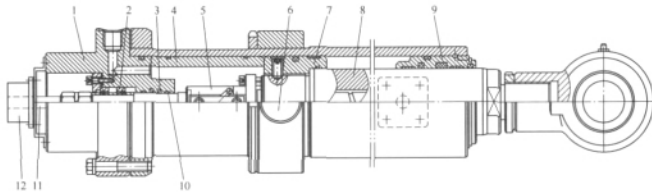
1.1 结构原理

其原理如图 1 所示。液压缸在活塞杆的一端面钻有深孔, 丝杆伸入到深孔内, 丝杆的螺母用六角紧钉螺钉定位在活塞杆的左端, 活塞隔圈可以防止活塞运动到极限位置时产生剧烈碰撞而对滚珠丝杆和接触轴承产生冲击性破坏。左端盖需要钻台阶孔, 丝杆采用一端固定一端自由的安装方式, 在左端盖的台阶孔内采用两套 60° 接触角推力轴承来支撑丝杆, 轴承成对并且背靠背安装, 隔圈可对轴承进行预紧, 轴承依靠丝杆台阶进行定位, 使用压盖和锁紧螺母进行轴向固定。通孔采用斯特封进行密封, 斯特封由一个耐磨的填充聚四氟乙烯滑动环和 O 形密封圈组成, O 形密封圈提供预紧力, 可对滑动环的磨损起补充作用, 它具有自密封和自润滑性能, 与金属表面无粘着作用, 最大可承受 30MPa 的压力, 使用寿命长, 适合旋转运动轴的密封。丝杆的一端从通孔伸出, 当高压油推动活塞往复运动时, 活塞杆上的螺母跟随一起运动, 由于丝杆的轴向位移被限制, 丝杆在螺母的带动下只能产生角位移, 再将角位移传输到旋转编码器的主轴上, 根据编码器产生脉冲的个数可以反推出螺母的直线位移。由控制中心实时采

收稿日期: 2011-08-20

作者简介: 唐雯(1986-), 男, 湖南邵阳人, 在读硕士研究生, 现从事流体传动与控制方面的研究。

集编码器的脉冲个数,通过与输入指令的对比,形成一个差值,经过控制中心的运算处理再将控制指令传输到伺服阀,通过伺服阀的进出油控制带动液压缸活塞杆达到指定位置。



1-缸底 2-角接触轴承 3-斯特封 4-活塞隔圈 5-滚珠丝杆
6-铰轴 7-活塞 8-活塞杆 9-导向套

图1 装置原理图

1.2 滚动螺旋传动的优点

滚动螺旋传动相对于滑动螺旋传动来说具有以下优点:①经实验测得一般滚动螺旋传动的摩擦系数为0.0025~0.005,传动效率能达到95%以上;②滚动螺旋副的摩擦系数小,滚珠丝杆具有将直线运动转化为回转运动的功能,更为可观的是逆传动效率和正传动相差无几;③由于滚珠螺旋传动的滚动摩擦特性,摩擦阻力几乎与运转速度无关,运转启动时无颤动,低速下运转无爬行,具有持续平稳运行的特点;④在本装置中的丝杆转动速率小,滚珠螺旋副的丝杠、螺母和滚珠都经过淬硬,而且滚动摩擦产生的磨损极小,故螺旋副经长期使用仍能保持其精度,工作寿命长。

1.3 丝杆受力简要分析

为了得到丝杆的受力情况,首先分析液压系统的工况。液压泵的流量一定,系统压力取决于外界负载的大小,当外界无负载时,活塞克服缸壁的摩擦阻力能轻松地推出;当外界存在重载荷时,系统压力增大,但系统的总泄漏量会增大,活塞杆的伸出速度会稍微变小。对于未混入空气的矿物油型液压油,其体积弹性模量可达 $E=(1.4\sim 2)GPa$,综合以上条件,只要系统中不存在大量的气泡就不会产生剧烈的冲击,同时需要考虑伺服阀换向时的瞬间冲击,这个可以由液压系统的系统结构来决定,在进出油口安装缓冲装置,可以避免这类冲击的存在。丝杆公称直径的选取应该考虑液压系统的额定压力以及液压缸的工况来进行设计计算。

高压油的压力此时需要抵消外界载荷、缸内壁的摩擦阻力以及克服滚珠丝杆产生扭转阻力矩的轴向拉力。这个扭转阻力矩包括格莱圈被高压油挤压在丝杆外表面产生的摩擦阻力矩以及角推力轴承滚动时产生的摩擦阻力矩。因为滚珠丝杆的摩擦系数非常小,以上阻力矩都不会太大,高压油的大部分压力被外界载荷所抵消,与此同时可以采用大螺纹升角的滚珠丝杆,可

进一步减小丝杆的驱动力矩。故滚珠丝杆所承受的轴向拉力并不会太大,丝杆受力如图2所示。

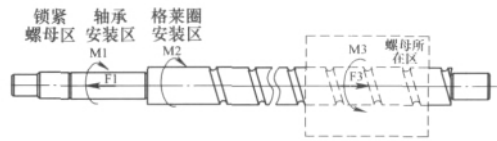


图2 滚珠丝杆受力分析简图

1.4 测量误差的存在与解决方案

这里存在几个造成测量误差的原因:

(1)丝杆导程误差,这是由加工所存在的误差所造成的,无法避免,只能采取补偿措施。可以仿照数控机床的刀架传动系统的补偿原则,事先将螺距误差的均化值即补偿值存储在控制系统的程序之中,在设备运行过程中由控制程序自动将目标位置的补偿值叠加到输出值之上;

(2)由于制造上的误差以及滚珠与滚道型面接触点的弹性变形,使得丝杆与螺母之间存在间隙,这个间隙也导致了测量误差,特别是反方向传动时产生空行程,丝杆不会跟随螺母轴向运动而转动,解决方案是采用双螺母预紧的方法,基本上可以消除轴向间隙;

(3)丝杆安装在液压缸中,油液受挤压升温较高,导致丝杆受热膨胀。为了校正由于滚珠丝杠受热膨胀所造成的延伸,可将滚珠丝杠轴的基准导程设为负值或正值,或者使用可以预测温度变化的传感器,实时监测瞬时温度在基准温度上的变化量,根据参照物体的热膨胀特性将变化量补偿到测量量之中,消除热变影响;

(4)本装置采用光栅式编码器进行角度测量,这种传感器根据栅格转过的格数进行计数,再通过换算得到角位移。现行的这类的传感器测量精度可达到 0.01° ,假如丝杆的误差不计在内,设丝杆公称直径为 $\phi 32$,导程为 $32mm$,根据公式(1)可求得直线位移的测量精度:

$$\frac{\text{导程}}{360^\circ} = \frac{\text{直线位移精度}}{\text{角位移精度}} \quad (1)$$

将数据代入到上式中可以求得在这种精度的角位移传感器的测量值下可得到线位移的测量精度:

$$\frac{32}{360^\circ} = \frac{X}{0.01^\circ}$$

$$X = 0.89 \times 10^{-3} mm$$

可以看出这个测量精度完全在我们所要求的范围之内,故可以不予考虑。

2 结论

综上所述,这种设计的可行性是存在的,精度也能达到一定的技术要求,但是在测量误差补偿、系统的缓

电子控制变量泵的仿真分析

张 朋, 贾跃虎, 安高成

(太原科技大学 机械工程学院, 山西 太原 030024)

摘要:以 A4VSO 变量柱塞泵结构参数为基础建立数学模型, 设计了最小值控制器, 通过采用闭环控制策略来实现变量泵的电子控制。运用 Simulink 软件建立了电子控制变量泵的仿真模型。结果显示, 电子控制变量泵响应速度更快、控制更加灵活, 能够有效的改善流量、压力、功率转换带来的压力波动。

关键词:电子控制; 最小值控制器; 仿真

中图分类号: TH137.51 文献标识码: A 文章编号: 1008-0813(2012)04-0023-05

Simulation Analysis of Electronically Controlled Variable Displacement Pump

ZHANG Peng, JIA Yue-hu, AN Gao-cheng

(School of Mechanical Engineering, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Structural parameters of piston pumps with variable A4VSO based on a mathematical model designed minimum controller, through the use of closed-loop control strategy to achieve electronically controlled variable displacement pump. The electronic control variable pump was dynamics simulation with simulink software, the results show that the response speed electronically controlled variable pump faster and more flexible control, can effective improve the flow, pressure, power convert, the pressure fluctuations.

Key words: electronic control; minimum controller; simulation

0 前言

现代社会信息化的快速发展, 导致液压传动系统的信息化程度也越来越高, 出现了大量的数字化液压元件。作为液压传动的动力元件—液压泵, 其数字化的水平很大程度上决定了系统的信息化水平, 特别是在大功率应用场合, 其影响更为明显。传统的变量泵不同的控制功能对应不同的机械结构, 实现复杂的复合控制时, 往往是不同功能的结构叠加, 导致其结构复杂, 调试困难, 故障概率大。数字化的变量泵可以通过嵌入

控制器的程序, 利用软件代替传统的单独功能的变量阀, 方便的实现对流量、压力等参数进行调整进而实现各种复杂的控制, 可以与负载功率相匹配实现最佳工作状态, 达到提高控制性能和节能的目标。因此, 电子控制变量泵的研究具有很强的工程理论和应用价值^[1]。

1 电子控制变量泵的工作原理

电子控制变量柱塞泵由轴向柱塞变量泵、电液比例阀、变量液压缸、运算放大器、流量传感器、压力传感器和位移传感器组成, 如图 1 所示。

恒压力控制: 当负载压力升高时, 压力信号通过传感器反馈给控制器 4, 通过运算输出电流信号使电液比例阀 2 的左位起作用, 高压油进入变量液压缸 3 的右

收稿日期: 2011-10-24

作者简介: 张朋(1985-), 男, 河南新乡人, 硕士研究生, 现在从事流体传动与控制方面的科学研究。

冲保护、丝杆的支撑方法以及后期的数据处理方面还需要做进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 范东风. 大导程滚珠丝杆副螺母成型磨削加工建模与仿真[D]. 上海: 上海交通大学, 2009, (2).
- [2] 杨锦斌, 杨维平, 等. 滚珠丝杆副在高速条件下的热位移及抑制对策[J]. 滚动功能部件, 2006, (7).

- [3] 唐利平. 滚珠丝杆螺母副误差补偿及故障诊断[J]. 中国科技信息, 2006, (23).
- [4] 李继中. 数控机床螺距误差补偿与分析[J]. 工艺与装备, 2010, (2).
- [5] 童鸿斌. 旋转搅拌轴密封装置的设计[J]. 机械工程师, 2010, (11).
- [6] 成大先, 等. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008, (3).
- [7] 吴榕, 等. 一种带位置传感装置的液压缸[P]. 中国专利: CN102121491A, 2011-07-13.