

# 管路阻力在液压回路中的应用

李强<sup>1</sup>,陈晓峰<sup>2</sup>,商融<sup>2</sup>

(1.鞍钢汽车钢营销(服务)中心,辽宁鞍山 114021; 2.鞍钢股份有限公司冷轧厂,辽宁鞍山 114021)

**摘要:**通过在液压回路中应用管路阻力特性,不但减少了液压元件的使用,简化了液压回路操作控制,而且可靠的实现了回路液压缸的顺序动作。

**关键词:**液压回路;管路液阻;速度控制

**中图分类号:**TH137      **文献标志码:**A      **文章编号:**1008-0813(2015)03-0040-03

## Application on Pipeline Resistance of the Hydraulic Circuit

LI Qiang<sup>1</sup>,CHEN Xiao-feng<sup>2</sup>,SHANG Rong<sup>2</sup>

(1.Anshan Iron and Steel for Automobile Marketing (Service) Center, Anshan 114021, China;

2.Angang Steel Company Limited Cold Strip Works, Anshan 114021, China)

**Abstract:** Through the application of pipe resistance characteristics in the hydraulic circuit, not only reduces the use of hydraulic components, simplified hydraulic circuit control operation, and reliable implementation of the sequential circuits of hydraulic cylinder.

**Key words:** hydraulic circuit; pipe resistance; speed control

## 0 前言

液压元件与系统中存在着各种液阻,其阻力大小采用改变液阻元件的通流截面和调整阻力长度来控制;

液阻的本质功能有两个方面,一方面为改变局部液流的通流面积使液流产生压力损失的阻力特性,另一方面通过压力差,分配调节流量的控制特性,在液压各种元件中常见的液阻结构有薄壁小孔、短孔、细长孔、缝隙等。而在液压回路顺序控制中,大多采用液压阀及电气元件控制,但在小型系统中使用,会造成系统元

收稿日期:2014-09-04

作者简介:李强(1970-),男,辽宁海城人,工程师,学士,研究方向为冶金机械。

从图 10 可知,在第 1s 施加控制信号后,系统滞后 0.2s,然后以与输入信号相同的斜度缓慢变化。输出与输入之间相差 2,在每一时刻系统的输出都存在较大误差。从图 11 可以看出,施加 PID 后,系统的响应时间缩短至 0.05s;而且在每时刻输入与输出相差很小,大约只有 0.5。因此,系统在施加控制策略后,响应速度加快,稳态误差减小,大大提高了系统的静态特性。

## 5 小结

利用所得实验数据并进行数据预处理,运用基于最小二乘法的 ARMAX 模型对系统进行过程辨识,获得了系统模型;结合 Matlab、simulink 软件对系统施加控制策略进行了仿真分析,加入 PID 控制之后泵控马达系统的性能得到很大提高,快速性和稳定性相对校正前也明显变好,大大减小了稳态误差,提高了系统精度;说明电液比例泵控马达速度控制系统采用积分分离 PID 控制可以使系统的性能满足要求。

### 参考文献

[1] 钟小鹏,杨湘.MATLAB 在动态数据建模中的应用[J]. 电脑开发与应用,2001,14(10).

- [2] 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,2005:138-208.
- [3] 王春行.液压控制系统[M]. 北京:机械工业出版社,1999.
- [4] 王积伟,吴振顺.控制工程基础[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [5] Gevers M. Identification for Control [J].AnnualReviews in Control, 1996,20(1):95-106.
- [6] 夏天长[美国].系统辨识—最小二乘法[M].熊光楞,李芳芸,译.北京:清华大学出版社,1983.
- [7] Wang D Q, Ding F. Input-output Data Filtering Based Recursive Least Squares Parameter Estimation for Systems [J]. Digital Signal Processing, 2010, 20(4):991-999.
- [8] 徐昕,李涛,伯晓晨.Matlab 工具箱应用指南—控制工程篇[M].北京:电子工业出版社,2000.
- [9] 于刚.伺服阀控液压力马达系统的辨识与控制研究[D].山东:山东大学,2007.
- [10] 姚巍.自行车机器人系统辨识及 Matlab 仿真[D].北京:北京邮电大学,2008.
- [11] 李言俊,张科.系统辨识理论及应用[M].北京:国防工业出版社,2003.
- [12] 王娜伟.1370 冷轧机厚控系统辨识与自校正控制研究[D].秦皇岛:燕山大学,2005.

件多、故障率高、操作繁琐,本文旨在介绍通过在液压回路中使用管路阻力特性,实现两个液压缸顺序动作。

## 1 设备概况与改进

### 1.1 设备概况

鞍钢冷轧厂连退机组带钢焊接采用杯突机进行球突法检查焊缝质量,焊机杯突机采用液压系统控制,由液压泵站、手动换向阀、焊缝压紧液压缸和焊缝杯突液压缸组成。焊缝杯突过程压紧缸先将焊缝压紧,压紧缸压紧后杯突缸再进行焊缝杯突,整个过程需要液压回路实现顺序控制。原液压系统回路控制操作两个DN6手动换向阀实现压紧缸和杯突缸的操作顺序,易出现故障,影响焊缝检查甚至机组运行。

原杯突机液压系统原理图见图1所示。由液压泵1、换向阀2、换向阀3、压紧缸4、杯突缸5、胶管等组成。

### 1.2 改进措施

对回路进行改进;回路压紧缸压紧运动速度约为4.6cm/s,杯突缸运动速度约为4.3cm/s,将管路阻力特性应用到杯突机回路中,使压紧缸与杯突缸采用一个DN6手动换向阀控制,设计压紧缸和杯突缸管路长度差达到阻力不同,从而实现两个液压缸的运行速度控制;改进后的系统原理图如图2所示。

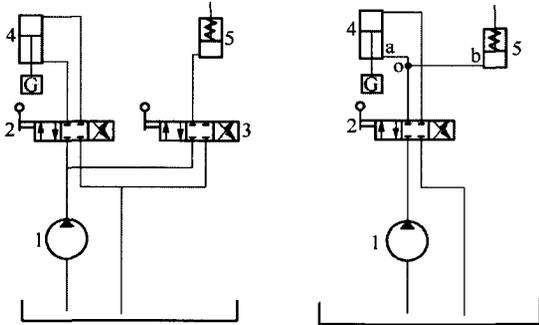


图1 原杯突机液压图 图2 改进后杯突机液压图

(1)由压紧缸、杯突缸运动速度要求、以及压紧缸有杆腔管路oa和杯突缸管路ob直径6mm,根据流量连续性方程得:

$$v_{缸} \times A_{活塞} = A_{油管} \times v_{油液} \quad (1)$$

压紧缸有杆腔管路oa内油液流速为4.3m/s,同理得杯突缸管路ob内油液流速为7.6m/s;

(2)根据液压系统伯努利方程,对管路oa和管路ob计算:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_2 + \frac{h_w}{\rho g} \quad (2)$$

式中  $p_1$ ——入口侧压力(bar);

$p_2$ ——出口侧压力(bar);

$v_1$ ——入口侧平均流速(m/s);

$v_2$ ——出口侧平均流速(m/s);

$h_1 h_2$ ——断面垂直高度(m);

$h_w$ ——平均能量损失(bar);

$\rho$ ——油液密度(kg/m<sup>3</sup>);

$g$ ——重力加速度(m/s<sup>2</sup>);

$\alpha_1 \alpha_2$ ——动能修正系数;

由于管路中  $v_1 = v_2$ ,  $h_1 \approx h_2$ , 则有  $\Delta p = p_1 - p_2 = h_w$ , 而沿程阻力损失  $h_w$  大小与流动类型有关,需通过雷诺数判断流动类型,雷诺数公式为:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (3)$$

式中  $Re$ ——雷诺数;

$v$ ——油液平均流速(m/s);

$d$ ——管径(m);

$\nu$ ——流体的运动粘性系数(m<sup>2</sup>/s);

计算管路oa雷诺数为561和管路ob雷诺数为991,流动类型均为层流,取沿程阻力损失系数  $\lambda = \frac{80}{Re}$  代入

$h_w = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho v^2}{2}$  中,以oa段管路为例,式中管路长度  $l$  取值1m,oa管路的沿程阻力损失为:

$$\Delta p_{oa} = 80 \times 1 \times \frac{1 \times 0.86 \times 10^3 \times 4.3 \times 46 \times 10^{-6}}{0.006^2 \times 2} = 1.89 \text{ bar}$$

根据管路oa与管路ob在管路交点o处  $p_o$  压力相同:

$$p_o = p_{压紧缸} + \Delta p_{oa} = p_{杯突缸} + \Delta p_{ob} \quad (4)$$

由两个液压缸外负载作用力及管路oa的压力损失  $\Delta p_{oa}$ ,计算出ob的压力损失  $\Delta p_{ob}$  及ob段管路长度,考虑到回路液压缸动作速度允许的偏差,ob段管路长度  $l$  设计为1.3m。

(3)控制回路实际使用中,压紧缸与杯突缸能够同时动作,在两个回路的管路阻力特性作用下,可靠地实现了压紧缸先将焊缝压紧,杯突缸再进行焊缝杯突的功能,回路改进的效果,达到了预期的目标。

## 2 结论

在小型液压系统中采用管路阻力特性,通过设定管路阻力不同,实现了两个液压缸的顺序控制,不但减少了液压系统控制元件,而且方便、可靠地实现了回路的控制功能。

### 参考文献

- [1] 于萍.工程流体力学[M].北京:科学出版社,2013.
- [2] 胡燕平.π桥液阻网络理论与π桥溢流阀性能研究[J].机械工程学报,1999.

# 气动机械手 FLUIDSIM 仿真设计及动作顺序控制

陈明, 谢志波

(丽水职业技术学院, 浙江 丽水 323000)

**摘要:**设计了一种气压驱动式的多自由机械手,该机械手具有旋转、升降、伸缩以及松夹四个自由度,针对自由度的运动工作过程,借助 FLUIDSIM 软件对其回路进行仿真设计,同时通过编写 PLC 梯形图方式实现对四自由度动作的顺序化控制。文中详细介绍了机械手各自由度的工作过程、气压回路 FLUIDSIM 仿真过程以及 PLC 动作顺序控制过程,仿真结果验证了所设计回路的正确性,控制过程揭示了控制方法的有效性。

**关键词:**气压驱动;机械手;自由度; FLUIDSIM 仿真

**中图分类号:**TH138      **文献标志码:**A      **文章编号:**1008-0813(2015)03-0042-04

## Movement Sequence Control and FLUIDSIM Simulation Design for Pneumatic Manipulator

CHEN Ming, XIE Zhi-bo

(Lishui Vocational & Technical College, Lishui 323000, China)

**Abstract:** A pneumatic manipulator is designed, it have some freedoms including rotation, lifting, expansion and loose clamping, aiming at the movement process, loop is designed using FLUIDSIM software, at the same time, action sequence control is finished by PLC ladder diagram. The paper introduces working process of manipulator, FLUIDSIM simulation process and movement process, simulation results verify the correctness of loop, control process shows the effectiveness of method.

**Key words:** pneumatic; manipulator; freedom; FLUIDSIM simulation

## 0 引言

气动机械手一般由机械结构、动力部分(液压、气压、电机)、控制元件以及传感检测装置四部份组成<sup>[1-3]</sup>,它可模仿人的手形完成多自由度的运动工作,最终达到机器换人的目的。机械手根据人为设定的程序要求完成一定的机械运动,它可替代人工作业,具有工作长时间长、定位精度高、工作效率高、清洁无污染等方面的特点<sup>[4-5]</sup>。本文所介绍是一种具有旋转、升降、伸缩以及松夹四自由的气压驱动式工业机械手,该机械手可以根据人为编写的 PLC 梯形图完成指定的运动轨迹,具有控制过程随机性与可视化的优点,动力部份采用气压驱动,回路设计过程则借助 FLUIDSIM 仿真软件来完成。

自由度是机械手设计的关键参数<sup>[7]</sup>。图1所示为气压驱动式工业机械手的结构,它分别具有旋转、升降、伸缩、松夹4个自由度,旋转功能通过齿轮齿条机构实现,升降与伸缩功能则通过气压缸纵向/横向运动实现,松夹功能通过齿条与不完全齿轮配合运动实现。

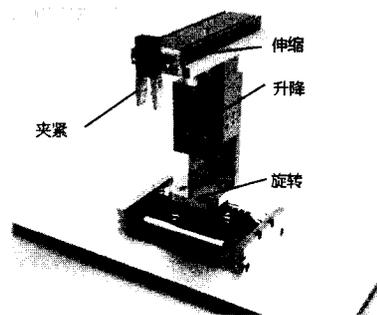


图1 机械手结构示意图

## 1 机械手自由度定义

机构所具有的独立运动方式称之为机构的自由度<sup>[6]</sup>,

## 2 气动回路 FLUIDSIM 仿真设计

FLUIDSIM 软件是由 FESTO 公司专门针对液气压设计而开发,具有回路设计与仿真验证功能,能够快速设计出液气压回路并对所设计的回路进行模拟仿真以便及时发现设计过程中所存在的显性或隐性问题,便

收稿日期:2014-10-31

作者简介:陈明(1959-),男,浙江新昌人,工程师,本科,现从事机电液气一体化领域的科学研究。

[3] 罗惕乾.流体力学[M].北京:机械工业出版社,2012.

[4] 巴克 W.液压阻力回路系统学[M].北京:机械工业出版社,1980.

[5] 章宏甲.液压与气压传动[M].北京:机械工业出版社,2004.

[6] 成大先.机械设计手册(液压传动单行本)[M].北京:化学工业出版社,2004.

[7] 机械设计编委会.机械设计手册(第4卷)[M].北京:机械工业出版社,2004.