

基于压力控制的自动涂胶机液压系统建模及仿真

丁科, 谢富春

(北方工业大学 机电工程学院, 北京 100144)

摘要:以自动涂胶机的液压系统为研究对象, 采用电液比例溢流阀控制系统压力, 从而得到稳定的出胶量。建立了液压传动系统的数学模型, 利用 Simulink 进行仿真, 然后用 PID 控制器对系统进行性能调整, 最终使系统的稳定性和响应速度得到改善。

关键词:电液比例溢流阀; 仿真; PID 控制器

中图分类号:TK323

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2012)04-0037-03

电液比例控制系统是电液比例技术与电液伺服技术的有机结合, 具有结构简单制造成本低, 以及对油液的洁净程度要求低等优点, 在工业生产中有着广泛的应用^[1]。涂胶机是中空玻璃生产线的重要设备, 因为涂胶机是中空玻璃生产线的最后一道工序, 涂胶机的关键就是流量的控制。本文通过电液比例溢流阀来实现对系统的压力控制, 进而实现对涂胶机出胶量的控制。并且建立了液压系统压力控制的数学模型, 利用 MATLAB 软件中的 Simulink 模块建立仿真模型, 然后运 PID 控制器进行调节, 实现电液比例控制系统的优化。

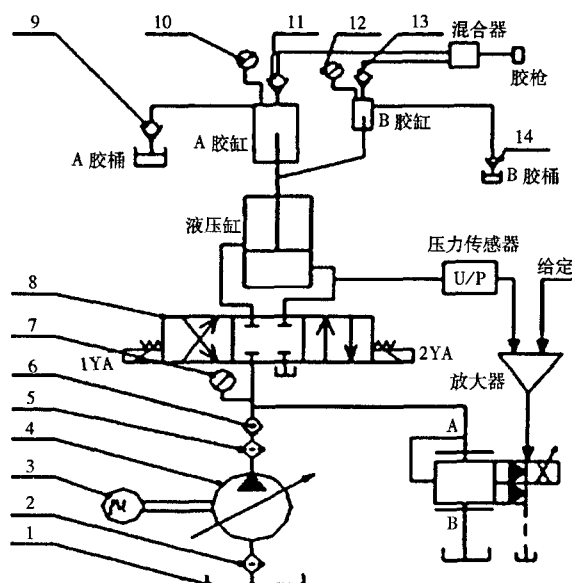
1 液压系统的工作原理

如图1所示为设计的双组分自动涂胶机的液压系统工作原理图, 系统工作时, 计算机给定的信号电压作用于系统, 液压缸活塞得到相应的压力输出。该压力由压力传感器检测并转换为反馈信号电压, 与给定电压信号相比较, 得出偏差信号电压, 经过电液比例放大器放大后输入驱动电液比例溢流阀, 来实现对压力控制, 在一定时间内负载不变, 因此流量也得到精密控制。

2 液压系统数学模型的建立

2.1 比例放大器的传递函数

比例放大器主要实现的是将输入信号的电压信号转变为电流信号, 并能够根据比例溢流阀的



1 - 油箱 2, 5 - 过滤器 3 - 电机 4 - 变量泵 6, 9, 11, 13, 14 - 单向阀
7 - 压力表 8 - 电磁换向阀 10, 12 - 压力传感器

图1 电液比例阀的压力控制系统组成

Fig. 1 The pressure control system components of electro-hydraulic proportional valve

需要对控制信号进行处理、运算和功率放大^[2]。其频带比液压固有频率宽的多, 在研究范围内, 通常可视为比例环节。

$$K_{al}(S) = \frac{I(S)}{U(S)} \quad (1)$$

式中: $U(S)$ 为输入电压; $I(S)$ 为比例放大器的输

收稿日期: 2012-10-26

作者简介: 丁科(1986-), 男, 回族, 河南焦作人, 硕士生, 主要研究方向为机电一体化。

出电流; K_{a1} 为比例放大器的增益。

2.2 比例溢流阀的传递函数

比例溢流阀的传递函数形式比较复杂, 在系统分析时, 工程上一般将比例溢流阀视为一个二阶环节^[3]。其传递函数为

$$W(S) = \frac{X(S)}{I(S)} = \frac{K_p}{\frac{s^2}{\omega_m^2} + \frac{2S\xi_m}{\omega_m} + 1} \quad (2)$$

式中: $X(S)$ 为比例阀主阀芯的位移; K_p 为比例溢流阀的压力增益; ω_m 为比例溢流阀的固有频率; ξ_m 为比例溢流阀阻尼比。

2.3 液压缸的传递函数

以压力为输出量的液压缸传递函数^[4]

$$R(S) = \frac{P(S)}{X(S)} = \frac{\frac{k_q}{k_{ce}} \left(\frac{s^2}{\omega_a^2} + 1 \right)}{\left(\frac{s}{\omega_e} + 1 \right) \left(\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2S\xi_h}{\omega_h} + 1 \right)} \quad (3)$$

式中: ω_a 为负载的固有频率; ω_e 为液压弹簧与负载弹簧串联耦合的刚度与阻尼系数之比; k_{ce} 为总的流量压力系数; k_q 为流量增益; ω_h 为液压弹簧与负载弹簧并联耦合的刚度与负载质量形成的固有频率; ξ_h 为阻尼比。

2.4 压力传感器的传递函数

压力传感器频带比液压固有频率宽的多, 在研究范围内, 通常可视比例环节。

$$K_b = \frac{U(S)}{P(S)} \quad (4)$$

式中: $U(S)$ 为输出电压; $P(S)$ 为输入压力; K_b 为压力传感器的增益;

2.5 电液比例压力控制系统的传递函数

由公式(1)~(4), 可得到系统的传递函数如图 2 所示。

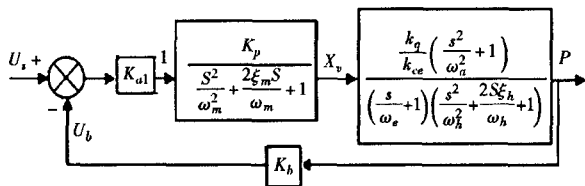


图 2 电液比例压力控制系统传递函数

Fig. 2 The transfer function of electro-hydraulic proportional pressure control system

系统的开环传递函数

$$P(S) = \frac{K_{a1}K_pK_bK_q/K_{ce}}{\left(\frac{s}{\omega_e} + 1 \right) \left(\frac{s^2}{\omega_h^2} + \frac{2S\xi_h}{\omega_h} + 1 \right) \left(\frac{s^2}{\omega_m^2} + \frac{2S\xi_m}{\omega_m} + 1 \right)}$$

3 系统的仿真模型建立及仿真

利用 MATLAB 中的 Simulink 模块建立液压模型如图 3 所示。把本文建立的数学模型的变量对应的参数带入图中液压仿真的模型中, 进行仿真。

仿真时采用变步长连续算法及 ode45 求解器进行仿真计算^[5]。图 4 为较正前的开环博德图, 即比例增益、积分增益、微分增益参数设置如图 3 所示的情况下进行的仿真结果, 也就是不对系统进行 PID 调节。图 5 为较正前系统的阶跃响应曲

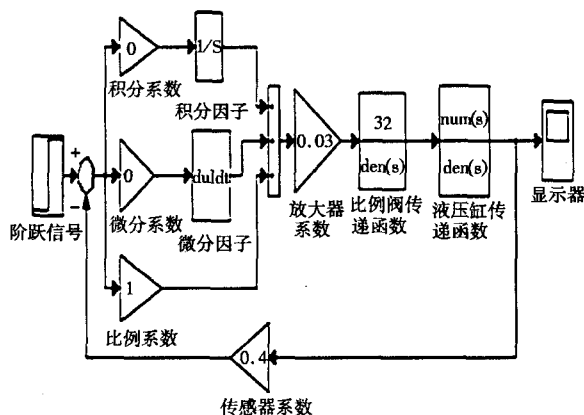


图 3 液压系统仿真模型

Fig. 3 The simulation of hydraulic system model

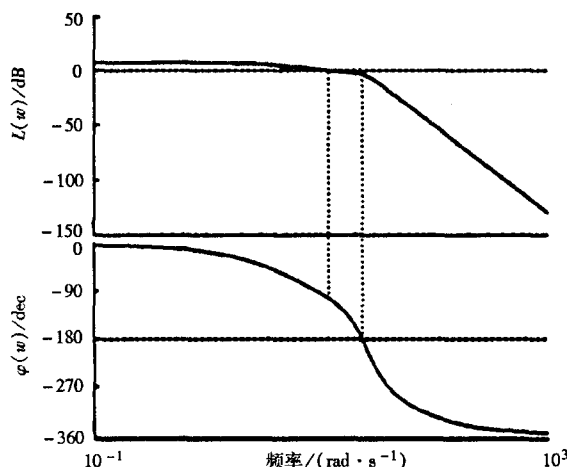


图 4 较正前系统的开环博德图

Fig. 4 The open-loop Bode diagram before correction

线。由图4可知液压系统的幅值裕量为 $K_g = 6.38 \text{ dB}$,相位裕量为 $\gamma = 77^\circ$,因而可知系统闭环是稳定的^[6]。由图5可知原系统的调节时间 $t = 0.82 \text{ s}$,调节时间远远大于系统要求的 $t < 0.35 \text{ s}$,不能满足系统的性能要求,需要PID调节。通过试凑法确定PID的参数,校正后系统的阶跃响应曲线如图6所示,系统的调整时间大大缩短,在保证系统稳定的前提下,降低了系统的稳态误差,且系统调整时间满足 $t < 0.35 \text{ s}$ 。

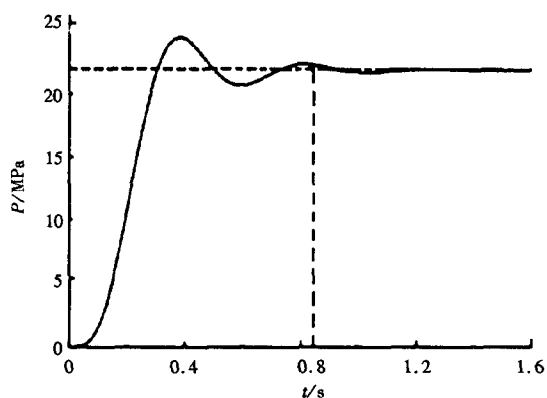


图5 原系统的阶跃响应曲线

Fig. 5 The step response curve of the original system

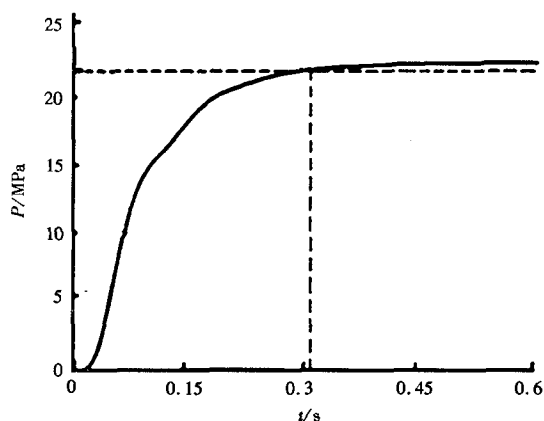


图6 PID调节后系统的阶跃响应曲线

Fig. 6 The step corresponding curve after PID regulation

4 结论

本文通过自动涂胶机的液压控制系统,建立了系统的数学模型,并利用 Simulink 对液压系统进行仿真,仿真的结果表明系统的模型建立是正确的,并且具有较好的稳定性及较高的精度。通过PID控制器校正后,液压系统的响应速度和稳定性均得到很大的改善,且满足涂胶机系统的控制要求。

参考文献:

- [1] 许益民. 电液比例控制系统分析与设计[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [2] 刘长年. 液压伺服系统优化设计理论[M]. 北京:冶金工业出版社,1998.
- [3] 关景泰. 机电液控制技术[M]. 上海:同济大学出版社,2003.
- [4] 吴根茂. 新编实用电液比例技术[M]. 杭州:浙江大学出版社,2006.
- [5] 杨佳,许强. 控制系统 MATLAB 仿真与设计[M]. 北京:清华大学出版社,2012.
- [6] 杨智,范正平. 自动控制原理[M]. 北京:清华大学出版社,2010.

Automatic Gluing Machine Hydraulic System Modeling and Simulation Based on Pressure Control

DING Ke, XIE Fu-chun

(College of Electromechanical Engineering, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

Abstract: Taking the hydraulic system of gluing machine as the research object, the Electro-hydraulic proportional relief valve is used to control the pressure of hydraulic system in order to get a stable volume of the plastic. The mathematical model of hydraulic transmission system is established. By using simulink to simulation, and by using PID controller on performance adjustment of the system, high stability and fast response of the system is obtained.

Keywords: electro-hydraulic proportion relief valve; Simulation; PID controller

(责任编辑:张振华)