

doi: 10.7690/bgzd.2013.04.018

基于 PLC 的冲压力控制系统

徐亮, 李作武, 钟顺金

(中国兵器工业第五八研究所弹药中心, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对以气液增力缸为核心的冲压系统在工业应用中的压力误差控制问题, 提出一种以 PLC 控制器为核心的自动压力控制系统。分析该系统的组成及其特点, 通过最小二乘法估计的算法思想对复杂控制系统进行简化, 建立了压力自动控制系统、中央控制系统处理模拟量和比例控制过程, 并给出了程序代码。实验结果证明: 该系统明显提高了反应速度, 降低了成本, 不仅能满足控制性能的要求, 也可以推广到类似系统上使用。

关键词: 最小二乘法估计; 中央控制系统; 模拟量; 比例控制

中图分类号: TJ410.5 **文献标志码:** A

Burst Pressure Control System Based on PLC

Xu Liang, Li Zuowu, Zhong Shunjin

(Ammunition Center, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: Aimed at stamping cylinder as the core of gas-liquid system pressure error control problems in industrial application, put forwards a kind of automatic pressure control system with PLC controller as the core. The composition and characteristics of the system was analyzed. Simplify the complex control system by the least squares estimation. Established the automatic pressure control system, the central control system to deal with analog and the proportional control process, and the program code was given. Experimental results show that the system significantly improves the response speed and reduce the cost. It is not only satisfy the requirement of control performance, but also be extended to work on similar system.

Key words: last squares estimation; central control system; analog quantity; proportional control

0 引言

在制造、加工、医药、食品等行业中, 产品的压装是一道重要的工序。随着计算机技术的发展, 自动压力控制系统被广泛应用。但由于对压力的要求不同和环境不同, 在不同环境中的控制系统也不同。为此, 笔者针对以气液增力缸为核心的冲压系统在工业应用中的压力误差控制问题, 设计了一种以 PLC 控制器为核心的自动压力控制系统。

1 系统的组成及其特点

该系统由传感器、比例调压阀、气液增力缸、人机交互界面、控制器等组成。控制器设计采用西门子 S7-200PLC 为核心的控制系统。设计采用开环控制的原则, 通过在试验中得出的拟合曲线, 使执行器件参照人机界面的输入为基准, 并按照拟合曲线输出。系统结构如图 1 所示。德国西门子 S7200 系列 PLC 的可编程控制器 (PLC) 控制整个工作流程。控制系统由现场传感器检测系统和 S7200 系列 PLC 构成的中央控制系统组成^[1]。

现场传感器检测系统由安装在各检测专机和其

他设备的接近开关、位移传感器等组成。中央控制系统由安装在控制柜中的 CPU 控制器、输入输出开关量模块、输入模拟量模块、开关电源、专机控制按钮和专机运行状态显示灯等组成, 其结构框图如图 1 所示。

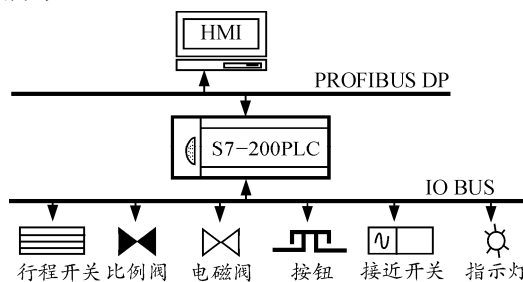


图 1 系统主要元器件组成框图

该系统的最大特点是采用能大大简化控制复杂程度的开环控制。相对于 PID 控制等复杂控制系统, 此系统反应速度较快。人机界面、气压比例控制等与 PLC 的联系采用串行方式, 人机交互界面器件通过 PROFIBUS DP 线与主机相连, 执行元件通过 I/O BUS 直接与 PLC 控制器进行连接^[2]。人机交互系统是生产线上操作员进行生产监测、调试检测各专机

收稿日期: 2012-12-28; 修回日期: 2013-03-13

基金项目: 国防基础科研(C1020110001)

作者简介: 徐亮(1986—), 男, 湖北人, 在读硕士, 助理工程师, 从事控制理论与工程研究。

设备以及进行参数标定设备的不可缺少的设备。

系统软件采用模块化程序设计, 由主控程序和 4 个子模块组成(如图 2)。主控程序完成初始化、系统自检和子模块调用; 压力检测模块完成对负载压力的测量工作, 并存入数据存储器中; 数字滤波模块自动完成对不同环境下的滤波计算; 数据分析模块调用数据存储器中的数据, 完成测量数据的分析计算; 人机界面方便进行参数设定, 便于操作。

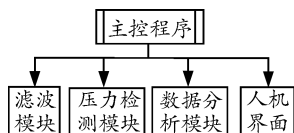


图 2 系统控制模块框图

2 气压与压力转换算法公式

气液增力缸压力的输出与气压大小有关, 一般在气液增力缸的行程范围内, 气压输入越大, 则通过气液增力缸增力转换后输出的压力越大^[3]。

试验过程中, 需要用压力测量装置来收集实际输出压力值。具体过程是: 首先通过在人机界面上输入大小间隔有序气压值, 由比例减压阀的控制气液增力缸的输入气压值; 然后读取每个气压值下输出的压力计的读数。由此得到 2 组数据: 输入气压序列 $u(t)$, 输出压力序列 $y(t)$ 。

系统转换过程系数辨识时, 优先设定模型如下:

$$A(z)y(t) = B(z)u(t) + \frac{D(z)}{C(z)}v(t) \quad (1)$$

$$A(z) = 1 + a_1z^{-1} + \dots + a_nz^{-n} \quad (2)$$

$$B(z) = 1 + b_1z^{-1} + \dots + b_nz^{-n} \quad (3)$$

$$C(z) = 1 + c_1z^{-1} + \dots + c_nz^{-n} \quad (4)$$

$$D(z) = 1 + d_1z^{-1} + \dots + d_nz^{-n} \quad (5)$$

$\{u(t)\}$ 和 $\{y(t)\}$ 分别为模型的输入和输出序列, $\{v(t)\}$ 为零均值随机噪声序列, z^{-1} 表示单位后移算子, $z^{-1}y(t) = y(t-1)$ 。 $\{v(t)\}$ 为不相关白噪声序列^[4]。

笔者仅考虑当 $C(z) = D(z) = 1$, $u(t) = 0$ 时的情况, 式(1)为 AR 模型, 即自回归模型, 故模型 $A(z)y(t) = B(z)u(t) + v(t)$ 称为受控 AR 型(CAR 型)。讨论此式参数的最小二乘估计算法。式(1)又可表示为 $y(t) = \varphi^T(t)\theta + v(t)$ 。

其中设定

$$\theta^T = [a_1, a_2, \dots, a_n; b_1, b_2, \dots, b_n]$$

$$\varphi^T = [-y(t-1), -y(t-2), \dots, -y(t-n_a); u(t-1), u(t-2), \dots, u(t-n_b)]$$

当 $t=1, 2, \dots, t$ 可得到 t 个方程式, 写成矩阵形式

$$y_t = H_t \theta + v_t \quad (6)$$

$$y_t = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T \quad H_t = [\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n]^T \quad v_t = [v_1, v_2, \dots, v_n]^T$$

通过系统的输入输出数据 $\{u(t)\}$ 和 $\{y(t)\}$ 使准则函数:

$$J(\theta) = \sum_{i=1}^t [y(i) - \varphi^T(i)\theta]^2 = [y_t - H_t \theta]^T [y_t - H_t \theta] \text{ 极小, 得到参数 } \theta \text{ 的估计。}$$

得到参数 θ 的估计。

设 $\theta = \hat{\theta}$ 时, $J(\theta)$ 最小则 $J(\theta)$ 对 θ 的偏微分值为零。得

$$\frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta} \Big|_{\theta=\hat{\theta}} = 2H_t^T (y_t - H_t \hat{\theta}) \Big|_{\theta=\hat{\theta}} = 0 \quad (7)$$

或者在 t 足够大时, $H_t^T H_t$ 为正定矩阵, 上式得

$$(H_t^T H_t)^{-1} H_t^T y_t = \hat{\theta} \quad (8)$$

在实际使用过程中, 采集到一批数据就可直接用式(8)计算最小二乘估计(LS 估计), 能一次完成算法, 并做验证^[5]。

3 实例分析

3.1 实际测试流程及数据

试验用的压力计型号是 XSB-I-TR, 气液增力缸是 TOX 公司生产的 QS 型缸。实验流程图 3。

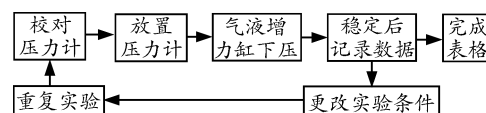


图 3 试验流程

表 1 引用算法前 8T 的气液增力缸的实验数据

顺序 i	气压设定值 $U(t)/\text{Bar}$	压力计显示值 $y(t)/\text{N}$	差值 \tilde{y}/N
1	2.1	2 207.8	198.9
2	2.3	2 473.8	109.6
3	2.4	2 606.8	230.7
4	2.5	2 739.8	232.6
5	2.7	3 005.8	247.8
6	2.8	3 138.8	250.7
7	2.9	3 271.8	255.0
8	3.0	3 404.8	263.0
9	3.1	3 537.8	265.2
10	3.2	3 670.8	269.2

$U(t)$ 为气压设定值, $y(t)$ 为压力计显示值, \tilde{y} 为压力计值与油压显示值差值。其中, $y(t)$ 、 \tilde{y} 均为多次测量取的平均值。通过表 1 可以得到输入气压序列 $u(t)$, 输出压力序列 $y(t)$ 。

$$y(t) = \bar{k}U(t) + \tilde{y} \quad (9)$$

然后对比式(1)和式(6), 带入式(6)得出 θ , 即求出式(9)中的 \bar{k} , 之后通过更改程序段中的相

关系数值，即可有效地控制输出压力的精度。

3.2 在 PLC 中实例程序

3.2.1 通过油压传感器感应值的油压换算程序

```
LD    SM0.0
MOVW  #PressSamplingValue, #PressMiddleInt
AENO
-I    #PressSamplingInitCode, #PressMiddleInt
AENO
ITD   #PressMiddleInt, #PressMiddleDint
AENO
DTR   #PressMiddleDint, #PressMiddleReal
AENO
*R    400.0, #PressMiddleReal
AENO
/R    25600.0, #PressMiddleReal
AENO
MOVR  #PressMiddleReal, #PressResultValue
```

3.2.2 比例减压阀的换算

```
LD    SM0.0
MOVR  #ScaleInValue, #ScaleMiddleReal
AENO
*R    32767.0, #ScaleMiddleReal
AENO
/R    6.0, #ScaleMiddleReal
AENO
ROUND #ScaleMiddleReal, #ScaleOutDint
AENO
DTI   #ScaleOutDint, #ScaleOutInt
```

3.2.3 压力到气压的换算

```
LD    SM0.0
MOVR  #设定压力值, #力到气中间值
AENO
+R    98.0, #力到气中间值
AENO
```

(上接第 60 页)

从图 4 可以看出，在正常试验时迎角系统运行平稳快速，在 35.5 s 时由于主 HNC100 通讯故障，程序自动切换到副 HNC100 控制迎角机构紧急回零，系统切换平稳，控制可靠^[3]。

6 结束语

采用冗余控制技术的迎角机构控制系统研制完成后，先后完成标模试验、某重点型号测力试验等，系统定位快速、准确，能及时响应软、硬件紧急回

```
MOVR  #力到气中间值, #力到气结果值
/R    220.0, #力到气结果值
```

3.2.4 油压到压力的换算

```
LD    SM0.0
MOVR  #采样油压, #油压到力中间值
AENO
*R    5.641, #油压到力中间值
AENO
MOVR  #油压到力中间值, #油压到力结果值
+R    15.0, #油压到力结果值
```

此为最终换算值系数确定后程序，在 1 t 的压机中采用系数 $\bar{k}=5.641$ 、 $\bar{y}=15.0$ ，实验结果符合生产精度要求。反应速度快，满足了生产节拍。

4 结束语

目前，该系统已在自动控制压力器械上成功运行，并取得了令人满意的效果。使用结果证明：相比于复杂系统，借鉴最小二乘法的自动压力控制系统在反应速度和成本上都有显著的优势。在精度要求相对不高的生产线和环境中，此系统能达到控制性能要求，可以推广到类似系统上使用。

参考文献：

- [1] 汪进. 伺服系统的安全控制策略[J]. 兵工自动化, 2012, 31(6): 62-65.
- [2] 欧方明. 基于模糊控制的三通阀控缸系统仿真[J]. 兵工自动化, 2012, 31(4): 86-89.
- [3] Shi Gang, Yang shuxin. Intelligent control of UAV with neuron-fuzzy approach under hierarchical architecture[J]. World Congress on Intelligent Control and Automation, 2008(7): 5238-5243.
- [4] 李言俊, 张科. 系统辨识理论及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002.
- [5] 李衍达, 郑大钟. 信息技术丛书[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.

零指令，在试验中主 HNC100 发生故障后能自动切换到副 HNC100 完成迎角回零，确保了在任何情况下迎角机构都能回到模型零位再关车，大大提高了风洞运行的安全性，达到了系统设计预期。

参考文献：

- [1] 褚卫华, 李树成, 王帆. 某超声速风洞迎角机构定位控制策略仿真与试验研究[J]. 测控技术, 2011, 30(11): 55.
- [2] 陈明, 张京妹. 控制系统可靠性设计[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 2006.
- [3] 李小松, 马利业. 悬挂运动控制系统[J]. 四川兵工学报, 2010, 31(7): 89.