

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.01.013

压力容器数字化液压试验系统

张小林, 朱海清

(江南大学机械工程学院, 江苏无锡 214122)

摘要:针对目前压力容器液压试验过程中,传统的人工操作存在试验效率低下,试验结果误差较大的情况,提出了基于微型计算机控制技术的压力容器数字化液压试验系统。采用传感器技术实现了对试验过程中压力和温度数据的数字化采集;运用微型计算机控制技术设计自动控制模块,实现对试验过程的自动控制和管理;使用串口通信技术实现上位机与下位机之间的数据交换。仿真结果显示该系统性能稳定,使用方便,试验结果精确可靠。系统能够有效提高压力容器液压试验的效率,确保试验结果的准确性。

关键词:压力容器;试验系统;控制技术;传感器;单片机

中图分类号:X933

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2016)01-0055-04

Digital Hydraulic Pressure Vessel Test System

ZHANG Xiaolin, ZHU Haiqing

(School of Mechanical Engineering, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: Considering the traditional manual operation low efficiency and larger error in the hydraulic test of pressure vessel. The digital hydraulic pressure vessel test system based on micro-computer control technology was proposed. By using computer technology, the management system is designed. Sensor technology was adopted to implement digital acquisition of temperature and pressure. The automatic control module accomplished automatic test. Adopted serial communication technology to realize data exchange between the upper computer and the lower computer. The simulation results show that the system is stable, easy to use, reliable and accurate. The system can effectively improve the efficiency of the pressure vessel hydraulic test and guarantee the accuracy of the test results.

Key words: pressure vessel; test system; control technology; sensor; Microcontroller

压力容器液压试验的主要目的是检验压力容器的强度,及验证它是否具有保证设计压力下安全运行所必需的承压能力。液压试验是所有压力容器出厂前必须要严格完成的检测项目^[1-2],其主要内容:①试验容器内的气体应当排净并充满液体,试验过程中,应保持容器观察表面的干燥;②当试验压力容器的金属薄壁温度接近试验介质温度时,缓慢提升容器压力至设计压力,确认压力容器没有出现泄漏的情况后才可继续升压至容器的试验压力,保持试验压力一定时间,保压时间通常来说不能少于 30 min,保压完成后降压至设计压力并保压一定的时间检查有无泄漏等异常现象,检查期间压力保持不变。

目前我国大部分压力容器制造厂对压力容器进行

耐压试验和泄漏试验依然采用的是传统的手段,即手动控制试验过程,试验数据的采集仍通过眼看、手记,从而使得试验的规范性和准确性完全依靠校验人员的经验和自觉,试验数据也存在很大的人为误差。本文设计的基于单片机的压力容器数字化液压试验系统将计算机、传感器与微机控制技术结合起来,不仅可以实现对压力容器液压试验数据的精确采集,还能够对试验过程实现自动化控制。

1 压力容器数字化液压试验系统

不同于传统试验仪器使用指针式仪表和手动控制阀门开启与关闭的方式进行试验,压力容器数字化液压试验系统使用自动化和数字化手段进行压力容器液压试验。系统不仅需要实现对压力与温度的采集、保

收稿日期:2015-07-31;修回日期:2015-10-15

作者简介:张小林(1990),男,湖南湘乡人,硕士研究生,主要从事压力容器试验自动化方面的研究。E-mail:119xiaolin@163.com

存以及显示,同时还要实现对升压、保压以及卸压等过程的自动控制。为实现这一目标,系统使用传感器进行数字化测量,利用单片机驱动继电器实现对试压泵与电磁阀的自动控制,使用上位机管理系统对采集到的数据进行显示、处理以及保存。为此将数字化液压试验系统分为计算机管理系统和数据采集与控制系统,其中数据采集与控制系统分为3个模块:数字化测量模块,自动控制模块以及通信模块。数字化测量模块采用传感式测量仪表即传感器进行测量,测量到的信号经模数转换传送给单片机。自动控制模块主要通过继电器对阀门和试压泵进行控制。单片机与计算机管理系统之间的通信采用 RS-232 串口通信。计算机管理系统采用 Visual C++ 软件编写。系统的总体方案如图1所示。

2 数字化液压试验系统的原理与实现

数字化液压试验系统核心器件为 AT89C52 单片机,通过 A/D 转换器与传感器相连接,继电器通过 ULN2003A 驱动。对于振荡电路,考虑到串口通信的需求,系统采用频率为 11.059 2 MHz 的晶振,之所以

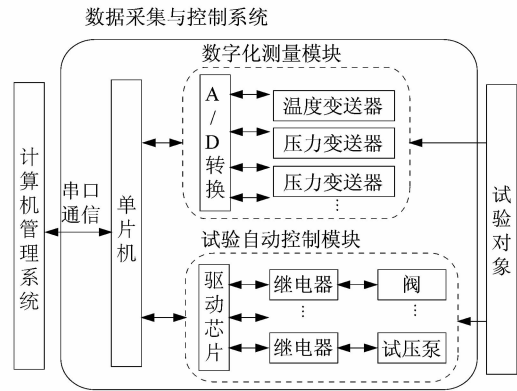


图1 系统总体方案

Figure 1 Overall scheme

要用 11.059 2 MHz 的晶振是因为在串口通信中需要 1 个整数值的波特率,使用 11.059 2 MHz 的晶振可以得到 9 600 baud 的波特率。单片机的复位电路采用 RC 充电原理实现上电复位,电路原理如图2所示,复位脉冲的高电平宽度必须大于 2 个机器周期,而该上电复位电路高电平宽度完全能够满足要求。

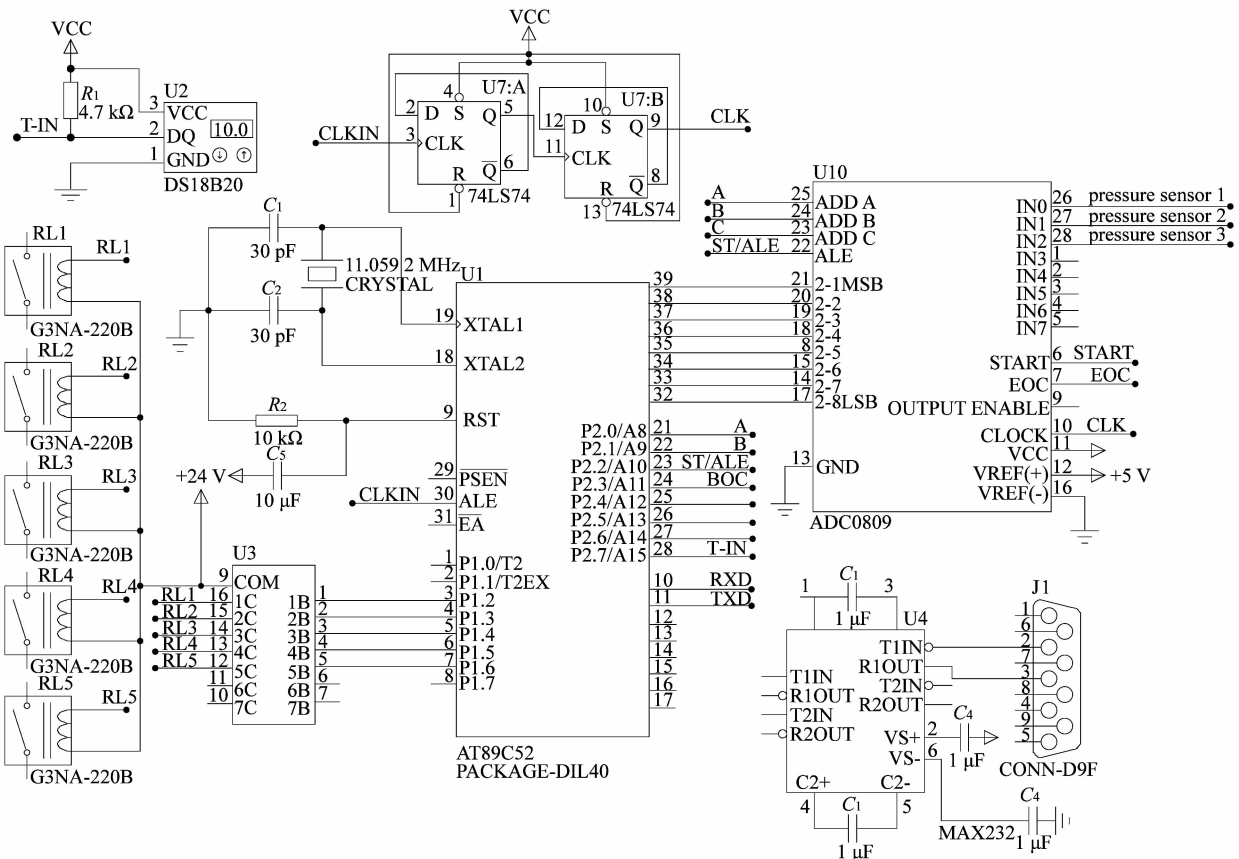


图2 系统硬件原理图

Figure 2 Hardware schematic diagram

2.1 数字化测量模块

针对不同的压力容器试验压力范围较大的情况,系统根据实际情况设计了一套拥有3条试验通道的试验控制管路如图3所示

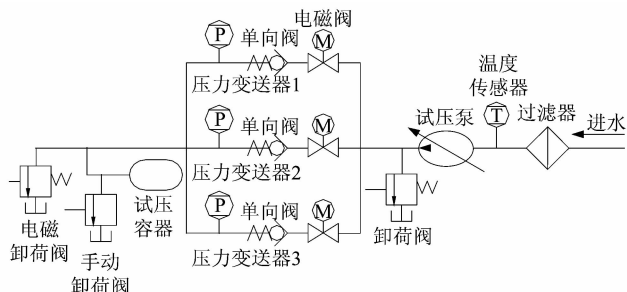


图3 试验控制管路图

Figure 3 Pipeline of test control

压力容器耐压试验过程中主要测量参数是压力和温度,如图3所示该数字化液压试验系统有3个通道,每个通道对应的压力测量范围为:0~1 MPa,0~10 MPa,0~20 MPa,使用时根据待测容器的压力大小选择合适的通道。每个通道上面都装有压力变送器,压力变送器是指输出为标准信号的压力传感器,是一种将压力变量按比例转换为标准输出信号的仪表,能够将被测对象如液体、气体的压力特性转变成标准的电信号。压力变送器选用的是MIK-300型扩散硅压力变送器,具有稳定性好,适应性强以及精度高等优点。传感器量程的选用一般要选被测最大压力的1.5倍左右。这主要是考虑到压力峰值的持续不规则波动,避免瞬间的峰值导致压力传感器损坏。因此所选的3个压力变送器的量程分别为0~1.6 MPa,0~20 MPa,0~30 MPa。对于水温测量,由于水压试验大部分情况使用的常温状态下的水,精度要求不高,所以选用经防水处理DS18B20单线数字温度传感器就能够满足要求。

A/D转换器是数字化测量模块的关键器件,数字化液压试验系统根据实际情况确定每秒对传感器进行数据采集50次,采样周期为20 ms,考虑到对精度和采样频率要求不是太高以及后期进一步的改进开发。A/D转换器使用的比较常见的由美国国家半导体公司生产的ADC0809逐次逼近式A/D模数转换器,该转换器基于CMOS工艺8通道,内部的8通道多路开关根据地址码锁存译码后的信号选通8路模拟通道中的一路进行A/D转换。如图1所示,ADC0809内部无时钟,因此将单片机的ALE引脚与2个D触发器相连,经四分频后提供给ADC0809的时钟型号CLK端。

2.2 自动控制模块

数字化液压试验系统需要控制的电气元件为3个电磁阀,1个电磁卸荷阀以及1个试压泵,电磁阀和试压泵的控制采用G3NA-220B型固态继电器,与电磁继电器相比,固态继电器具有寿命高、可靠性高、抗电磁干扰能力强、灵敏度高和控制功率小等特点,同时还拥有良好的防潮防霉防腐蚀性能,对于液压试验这种工作环境潮湿,要求可靠性高的场合来说,使用固态继电器无疑是非常合适的,G3NA-220B型固态继电器内部绝缘方式为光电三端双向可控硅开关,具有很强的抗干扰能力。

继电器的驱动芯片采用ULN2003A高压大电流达林顿晶体管阵列电路,ULN2003A是一个7路反向器电路,即输入端与输出端电平是相反的,低电平输入,高电平输出;高电平输入,低电平输出。通过单片机的P1口电平的高低控制ULN2003A来驱动继电器。

压力容器液压试验的控制流程如图4所示,单片机上电复位后需要不断扫描串口,当接收到上位机发送出来的数据时,液压试验开始,单片机内部处理程序将原有的通道数、设计压力和试验压力更新后自动完成试验过程。

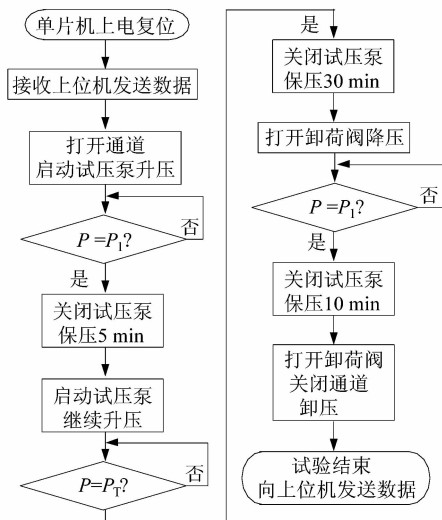


图4 控制流程图

Figure 4 Control process

2.3 通信模块

计算机与微型计算机之间的数据传输方式分串行和并行数据传送,考虑到通信距离,系统采用异步串行数据传送,通信方式为全双工通信。串行口通信标准为RS-232C标准,使用某公司专为RS-232标准串口设计的单电源电平转换芯片MAX232芯片,由于系统使

用的晶振频率为 11.059 2 MHz,采用定时器 T1 作为波特率发生器,选择工作方式 2,采用的波特率为 9 600 baud,由波特率的计算公式可以得出定时器 T1 的初值计算公式:

$$b_{\text{rate}} = \frac{2^S}{32} \cdot \frac{f_{\text{osc}}}{12 \cdot (256 - X)}, \quad (1)$$

$$X = 256 - \frac{f_{\text{osc}} \cdot (S + 1)}{384 \cdot b_{\text{rate}}}. \quad (2)$$

式中: b_{rate} 为波特率/baud, f_{osc} 为单片机的晶振频率/Hz, S 为单片机特殊功能寄存器的最高位, X 为定时器 T1 的初值。将波特率 9 600 baud, 晶振频率 11.059 2 MHz 代入公式(2)得出定时器 T1 的初值为 FDH。

2.4 计算机管理系统

计算机管理系统的开发环境基于 Window 7 操作系统,拟采用 Visual C++ 作为开发工具,能够预先录入试验参数,向数据采集与控制系统发送试验参数,同时能够通过串口接收并保存控制系统所采集到的数据并以数字和曲线的方式将试验情况显示在屏幕上。

3 仿真测试

系统的仿真测试是结合计算机的管理系统进行的,仿真是基于 Proteus 嵌入式仿真软件完成的,仿真结果显示各个模块正常、稳定运行,试验结果达到压力容器液压试验的精度要求,系统达到预期,最终的仿真测试结果如图 5 所示。

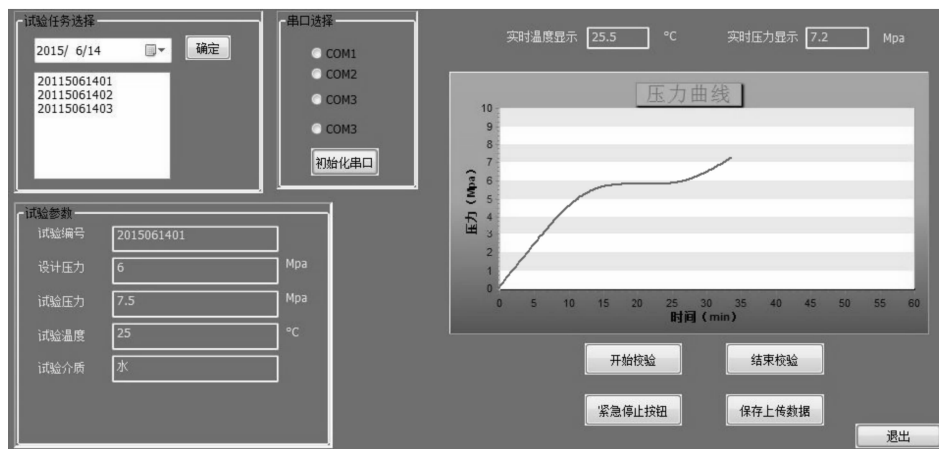


图 5 仿真测试图

Figure 5 Simulation test

4 结语

本文提出的压力容器数字化液压试验系统以单片机作为处理器,对压力容器液压试验过程进行数字化采集和自动化控制。结合使用计算机、传感器以及微机控制技术,使得复杂的液压试验过程只需单个操作人员在计算机面前进行简单的操作即可完成液压试验的所有控制和数据采集,具有操作方便,界面直观,结果准确等特点,应用前景广阔。该试验系统的研制中,尚未对试验过程中的升压速度和降压速度进行控制,为了进一步完善该系统,今后拟采用电机变频技术实现对升压和降压速度的控制,同时将压力容器中使用较多的气密性试验^[9]整合至该系统当中。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 压力容器: GB150—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [2] 杨文峰. 《固定式压力容器安全技术监察规程》的学习: 设计篇[J]. 中国特种设备安全, 2010, 26(8): 34—36.
- [3] 崔龙, 周启明, 江文瑞. 基于 ARM 的实时测控系统开发平台[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2003, 3(1): 47—50.

- [4] 赵兴华. 液压试验装置电气控制系统的设计与实现[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010: 29—32.
- [5] 单静波. 计算机控制技术及网络通信的发展应用[J]. 数字技术与应用, 2014(5): 11.
- [6] 杨晓欣, 孟永彪. 车用 CNG 钢瓶水压试验远程监控系统设计[J]. 机床与液压, 2012, 40(10): 142—144.
- [7] 蒲洁, 张华全, 陈凡. 耐压及气密性试验系统的研制[J]. 液压与气动, 2003(3): 27—30.
- [8] 钱献德. 气瓶水压试验数字化液压试验系统的研制与开发[D]. 大连: 大连理工大学, 2001: 21—27.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 固定式压力容器安全技术监察规程: TSGR0004—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [10] YU Yongquan, HUANG Ying, MIAO Huaixing, et al. The hydraulic test system of steel pipe controlled by neural fuzzy PID controller [C]// Proceedings of 2005 IEEE Conference on Control Applications. Toronto: IEEE, 2005: 266—271.
- [11] 陈先锋, 舒志兵, 赵英凯, 等. 数据采集系统在压力容器试验中的应用[J]. 南京工业大学学报(自然科学版), 2005, 27(1): 41—45.
- [12] 温卫中. 微型计算机控制系统及其发展趋势[J]. 教学与管理(理论版), 2005(12): 91—92.