

液压万能材料试验机测控系统研究^{*}

陈文雅, 王冬云^{*}, 许智强, 杨磊

(浙江师范大学 工学院, 浙江 金华 321005)

摘要:为解决材料试验机测控系统功能单一、扩展试验复杂等问题,将基于 Delphi 语言的软件技术与基于单片机的自动控制技术结合应用到万能材料试验机的控制系统中。开展了针对通用材料拉伸、压缩等试验标准的分析,建立了万能试验机测控系统软、硬件与试验标准规程之间的关系,提出了模块化的上、下位机软件及硬件的设计方法;在建立测控系统上位机软件及下位机软、硬件平台的基础上,对提出的模块化实验设计方法进行了评价,并进行了多目标持荷试验、水泥胶砂抗压试验以及金属拉伸试验。研究表明,基于 Delphi 与单片机的上、下位机模块化试验系统方案能够满足各种材料试验标准需求,具有试验规程编制简单灵活的特点,解决了万能材料试验机功能单一、试验扩展复杂的缺点。

关键词:材料试验机;测控系统;试验标准

中图分类号:TH87;TH39

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2012)07-0769-04

Control system of hydraulic universal testing machine

CHEN Wen-ya, WANG Dong-yun, XV Zhi-qiang, YANG Lei

(Engineering School, Zhengjiang Normal University, Jinhua 321005, China)

Abstract: The material test machine measurements have disadvantages of mono-function and complexity for adding new testing programs. In order to solve these problems, the Delphi language based software development technology and microcontroller based automatic control technology were applied in the machine universal testing machine control system. The experimental standard for tension and compression of common materials were analyzed, and the requirement of the experimental procedure for universal testing machine was investigated. Based on these, the modular software and hardware design method was proposed to establish the upper computer software and lower computer hardware and software platform. Based on the platform, the multi-objective holding test examination, the compression tests of cement mortar and metal tensile test were experimented. The results show that the proposed modular design technology for the control system of the universal testing machine could solve the problem mentioned above and achieve a simple and flexible control system.

Key words: material testing machine; control system; test standard

0 引 言

材料试验机是一种常用的力学试验设备,用于测试各种材料的力学性能^[1]。随着各行业对新材料的需求越来越广泛,材料的力学性能测试已成为关键^[2]。传统试验机只能靠试验人员观察,根据经验加以手工调整^[3],通过指针表盘的读数计算得到材料性

能数据,操作复杂。按照现行的材料测试标准,传统试验机无法达到要求,也将逐渐被淘汰。因此,本研究将基于 Delphi 语言的软件技术与基于单片机的自动控制技术相结合,应用于万能材料试验机的控制系统中,通过对通用材料拉伸、压缩等试验标准进行分析的基础上,建立万能试验机测控系统软硬件与试验标准规程之间的关系,提出模块化的上、下位机软件及硬件的设计方法。

收稿日期:2011-10-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51075371);金华市科技计划资助项目(2010-1-053);浙江师范大学大学生科技创新活动计划资助项目(201103)

作者简介:陈文雅(1992-),女,浙江温州人,主要从事力学试验系统方面的研究. E-mail:cwy@zjnu.cn

通信联系人:王冬云,男,博士,副教授. E-mail:zsdwy@zjnu.cn

本研究在建立测控系统上位机软件及下位机软件、硬件平台的基础上对所提出的模块化实验设计方法进行评价,同时进行多目标持荷试验、水泥胶砂抗压试验以及金属拉伸试验,以期解决万能材料试验机功能单一、试验扩展复杂的缺点。

1 测控系统硬件设计

本研究以 AVR 单片机为核心,基于硬件模块化设计的思想,实现了测控系统的硬件结构,其主要包含 6 个子模块,系统结构如图 1 所示。

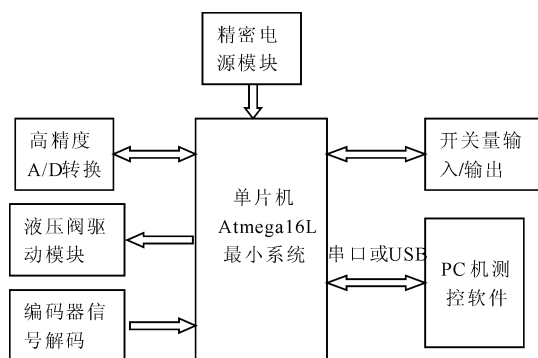


图 1 测控系统硬件结构图

1.1 单片机最小系统

该系统采用 AVR 系列单片机 Atmega16L,其最小系统由单片机、电源、晶振以及复位电路组成^[4]。复位电路是在进行系统硬件设计中常见的一种电路,而一个系统复位电路设计的好坏,直接影响到整个系统工作的可靠性^[5]。故该系统复位电路根据 AVR 单片机的低电平复位特点,直接由 10 k Ω 上拉电阻实现,简单可靠。晶振电路采用陶瓷晶体与双 30 pF 电容组成,频率 8 MHz。

1.2 高精度 A/D 转换模块

该模块采集压力、变形等模拟信号,经滤波放大后输入 A/D 转换器,转换成数据信号,传递给单片机。放大器采用 OP07, A/D 采用 AD7710,均为模拟器件公司的高精度器件。

1.3 拉线编码器解码模块

拉线编码器用于测试工作台位移,包括方向解码和位解码,方向解码采用 74LS74,编码器的 A、B 相信号,经过光电耦合器隔离进入方向解码和单片机,方向信号也输入单片机,通过单片机进行计数和位移计算。

1.4 精密电源模块

电源模块给所有 IC 供电,其中最关键的是给

AD7710 提供精密电压源,精密电压源由 LM336 提供。

1.5 串口通讯模块

串口通讯实现下位机与上位机的数据通讯,下位机将采集到的信号传递给上位机,上位机则下发命令告诉下位机该执行的动作。在本研究中,通讯芯片采用 MAX232。

1.6 开关量输出模块

开关量的作用包括两部分:①实现对步进电机方向和脉冲输出控制;②输出实现系统的过载保护。

2 软件设计

2.1 上位机设计

目前万能试验机测控软件操作复杂,对实验员水平要求高。本研究通过软件架构的调整来解决这个问题。软件分成 3 大块:主程序、设备配置模块和试验模块,后两者均以 DLL 形式封装,前者用于支持不同机型,后者便于扩展新的试验方法。动态链接库 (Dynamic Link Library, DLL),它是一种函数或资源库,可以编写成与语言无关的方式,被应用程序或其他 DLL 文件调用^[6]。所以主程序支持在不同试验模块间的切换,当实验员切换到某个预置的试验模块,与该试验相关的控制过程、数据记录和结果分析方法都被完全定制,把实验员从专业、繁琐的参数设置中解脱出来。主程序将管理并呈现另外两个模块的信息,主程序结构如图 2 所示。

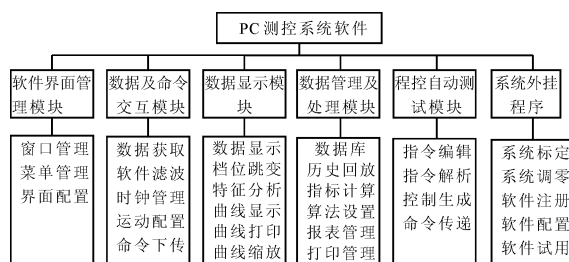


图 2 PC 测控软件主程序

2.2 下位机软件设计

下位机软件由数据采集程序、压力控制程序、通讯程序组成。数据采集程序实现单片机与 AD7710 的通讯,压力控制程序实现试验机加载控制,通讯程序实现上、下位机的数据交互及命令解析。在压力控制程序方面,采用单一经典的 PID 控制策略,往往不能达到理想的控制效果;采用单一模糊控制策略,虽然改善了动态特性和鲁棒性,但由于大量模糊控制规则的存在,影

响了控制的准确性^[7-9]。其中压力控制程序实现基于模糊PID的三闭环控制如图3所示,具体实现方法详见参考文献[10]。

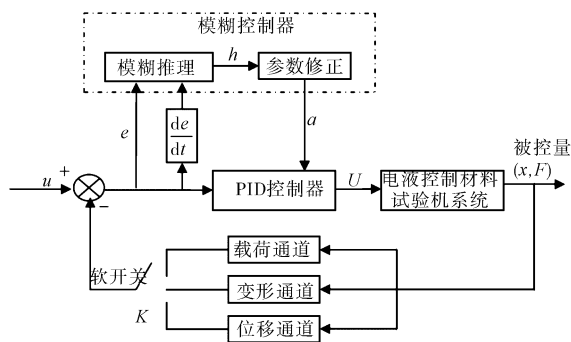


图3 基于Fuzzy PID的万能试验机三闭环控制

3 实验研究

本研究采用自行开发的万能材料试验机控制器对某公司生产的手动万能试验机进行改造,改造完成后的试验台如图4所示,可进行标准的材料性能测试相关试验。



图4 改装后的试验台

3.1 多目标持荷试验

多目标持荷试验的目的是测试该算法在匀速加载和目标持荷时的效果,以验证测试控制系统的基本性能。采用Fuzzy PID算法控制器的实验效果如图5所示。从图5中的实验曲线看,该算法达到了一级精度要求。

3.2 水泥胶沙抗压试验

本研究在加载持荷实验基础上,进行水泥胶沙抗压试验,试验记录的力-时间曲线如图6所示。试验加载速度能够精确地控制在试验标准所要求的2.4 kN/s,证明了该算法及其控制器在精确力控制中的效果。

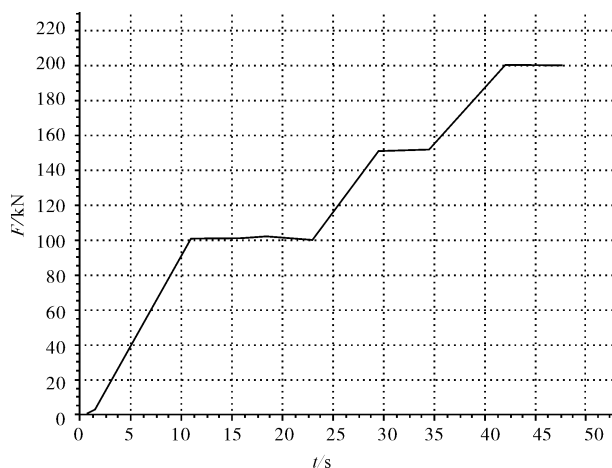


图5 匀速加载试验

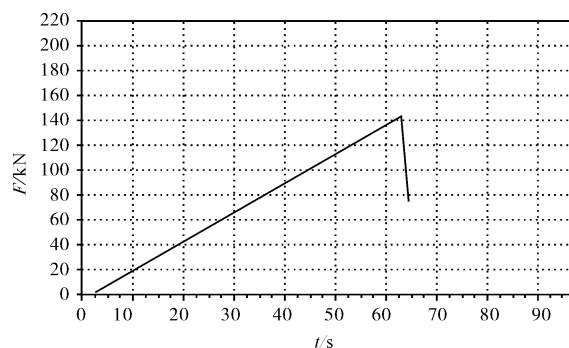


图6 水泥胶沙抗压试验曲线

3.3 具有明显屈服的金属材料拉伸试验

在前述试验的基础上,本研究对具有明显屈服材料进行拉伸试验。试验过程中采用力、变形、位移三闭环控制,所得力-变形曲线如图7所示。从试验数据计算得到的材料力学性能与该材料的理论力学性能基本吻合,反映了自适应PID算法在三闭环金属拉伸试验中的适用性。

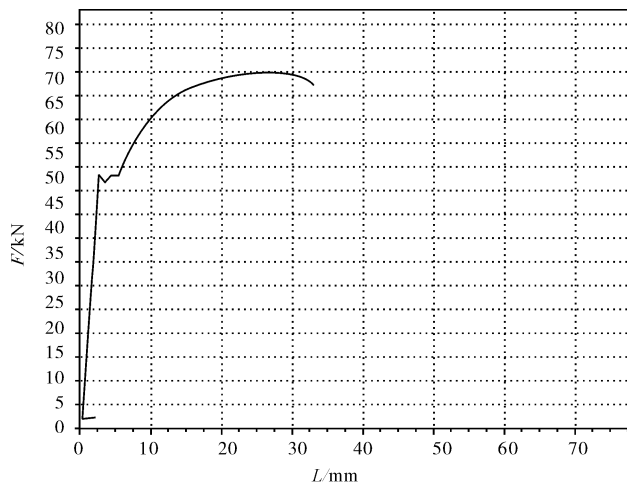


图7 金属材料拉伸试验曲线

4 结束语

本研究自主开发的材料试验机控制系统采用模块化设计思想,在软件和硬件两个层面实现了设计、操作及扩展的方便性,降低了试验员的工作强度,使集成新的材料试验标准也变得简单。

通过对多种材料及不同实验标准的集成及其实验表明,该系统在实现国家标准及操作简便性的同时,能便于试验扩展,且达到了较高的数据精度及系统控制精度。

参考文献 (References):

- [1] 乔焰辉,李建勇,周德坤,等. 液压万能材料试验机测控系统的改造[J]. 液压气动与密封,2009,192(5):62-64.
- [2] 隗幼鹏. 材料试验机的现状和展望[J]. 现代制造工程,2003,21(1):82-83.
- [3] 张 霖. 电子万能材料试验机闭环控制软件的研究[D].

北京:北方工业大学机电工程学院,2007.

- [4] 杨泽林,刘大铭. 冻干试验机温度自适应模糊 PID 算法研究[J]. 微计算机信息,2007,23(10):106-108.
- [5] 项雷军. 基于 ARM 的万能材料试验机测控系统的研究[D]. 杭州:浙江工业大学机械工程学院,2005:25-27.
- [6] 汲书强. 液压式万能材料试验机数控化系统研究[D]. 保定:河北农业大学机电工程学院,2004.
- [7] 张将府,陶向阳,汪雄海. 材料试验机的控制策略研究及实现[J]. 机电工程,2007,24(9):59-62.
- [8] 周 鹏,王安福,袁清珂. 基于模糊免疫 PID 控制器的温度控制系统[J]. 机电工程技术,2010,39(4):94-95.
- [9] 王本术,龚宪生. 电液伺服扭振试验机模糊 PID 控制仿真研究[J]. 机械,2010,37(10):15-19.
- [10] LEI Yang, WANG Dong-yun, CHEN Wen-ya, et al. The application of fuzzy PID on hydraulic universal testing machine[J]. **Advanced Materials Research**, 2001, 305(9):335-339. [编辑:张 翔]

(上接第 758 页)

出现的电流和转矩脉动问题不能单独依靠某一种方法来解决,因此本研究考虑把无刷直流电机的整个运行过程分为中低速和高速运行,并分别考虑电机在这两个阶段运行时的脉动抑制方法。在低速区,功率开关管采用先脉宽调制后恒通最后再脉宽调制(PWM-on-PWM)的调制方法;在高速区,功率管采用 PWM 的重叠换向方式,以消除非换向期间非导通相上的续流现象和减小换向过程中的电磁转矩脉动。

理论和仿真结果表明,以上这种组合方法适用于永磁无刷直流电机在较宽的速度范围内运行时的脉动抑制。

参考文献 (References):

- [1] 夏长亮. 无刷直流电机控制系统[M]. 北京:科学出版社,2009.
- [2] 李悦溪,王 萌,祝长生. 飞轮储能系统用无刷直流电机驱动系统的设计[J]. 机电工程,2010,27(10):68-73.
- [3] BATZEL T D, LEE K Y. Commutation torque ripple minimization for permanent magnet synchronous machines with Hall effect position feedback[J]. **IEEE Transactions on Energy Conversion**, 1998, 13(3):257-262.
- [4] 许大中,贺益康. 电机控制[M]. 杭州:浙江大学出版社,2002.
- [5] WON C H, SONG J H, CHOY I. Commutation Torque Rip-

ple Reduction in Brushless DC Motor Drives Using a Single DC Current Sensor[C]. Power Electronics Specialists Conference, 2002.

- [6] 张相军,陈伯时. 无刷直流电机控制系统中 PWM 调制方式对换相转矩脉动的影响[J]. 电机与控制学报,2003,7(2):87-91.
- [7] 谭 成,冯水仙,张仲超. 无刷直流电机 H/L-PWM-ON 控制策略[J]. 机电工程,2007,24(5):74-76.
- [8] 王结飞,郭前岗,周西峰. 无刷直流电机回馈制动的 PWM 调制方式研究[J]. 微电机,2011,44(9):58-61.
- [9] 韦 鲲,任军军,张仲超. 应用于无刷直流电机的新 PWM 调制方式[J]. 电气传动,2005,35(2):37-40.
- [10] 孟光伟,李槐树,熊 浩. PWM 调制下无刷直流电机的转矩脉动抑制[J]. 电气传动,2011,41(1):26-30.
- [11] CARLSON R L, FAGUNDES M. Analysis of torque ripple due to phase commutation in brushless DC machines[J]. **IEEE Transactions on Industry Applications**, 1992, 28(3):632-638.
- [12] 邱建琪. 永磁无刷直流电动机转矩脉动抑制的控制策略研究[D]. 杭州:浙江大学电气工程学院,2002.
- [13] 许镇琳,江 伟,王秀芝,等. 无刷直流伺服电机换向转矩脉动的分析和消除[J]. 电气传动,1994,24(5):36-41.

[编辑:罗向阳]