



基于 LabVIEW 的道路硬度检测系统设计

徐晶晶, 杨世凤, 何 静, 郭 淳
(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘 要: 针对混凝土试块构件的强度测量实验, 设计了基于 LabVIEW 虚拟仪器技术和单片机技术的道路硬度检测系统. 系统主要由压力传感器、信号调理电路、单片机及计算机组成. 实验表明: 系统具有实时数据采集和处理功能, 且测试可靠, 可为道路硬度数据分析提供有效参考.

关键词: 道路硬度; 单片机; LabVIEW; 参数采集

中图分类号: TP274 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2010)05-0060-04

Design of the Road Rigidity Detecting System Based on LabVIEW

XU Jing-jing, YANG Shi-feng, HE Jing, GUO Chun

(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222, China)

Abstract: On the basis of the strength measuring experiment of concrete block, the rigidity of roads detecting system was exploited with LabVIEW which combined with the computer system integration and single chip technology. The system was based on the pressure sensor, signal conditioning circuit, MCU and computer. Results show that the system test has the function of real-time data acquisition and processing. Simultaneously it is reliable which provide an effective reference to data analysis of the road rigidity.

Keywords: road rigidity; MCU; LabVIEW; parameters acquisition

道路硬度作为道路检测系统的重要性能参数, 成为道路检测系统的关键环节和评价指标^[1]. 工程设计行业认为, 硬度是变形应力的度量, 同时强度也作为道路承载力的有效因素^[2], 二者存在一定的线性相关性. 常用的结构或构件混凝土抗压强度的检测方法主要有回弹法、超声波法和钻芯法. 其中, 回弹法使用方便、无破损, 适用于匀质性检测, 但误差较大且受混凝土表层质量的影响, 因而难以精确推定混凝土的内部强度; 钻芯法的精度较高, 但代表性差^[3]; 而超声回弹综合法实验复杂度高, 且对道路硬度检测不具有模拟性. 本文按照国家标准规定, 采取立方体水泥混凝土试件的抗压和抗弯拉的实验方法, 具有普遍性和广泛性, 并且能够最大程度模拟试样受力过程.

目前的道路检测设备功能单一, 系统造价昂贵, 实时性与可靠性较差, 并且对数据的分析与处理往往需借助三方软件, 限制了系统的功能. 本文将 LabVIEW 虚拟仪器技术、AVR 单片机技术与传感技

术相结合, 实现了道路硬度检测过程中不同参数的采集处理与分析显示, 在提高工作效率的同时, 优化了系统成本.

1 系统工作原理

水泥及水泥混凝土实验中采集试件要严格按照道路施工标准^[4], 本实验从总体样本中抽取部分样本试件 (150 mm×150 mm×150 mm) 进行强度测定. 在温度为 (20±2) °C, 相对湿度大于 50% 的情况下, 按照一定的混凝土原材料混配比养护试件, 成型后将试件编号, 在 1、2、3、7、28 d 不同的龄期内, 对试件进行强度实验.

测量系统结构如图 1 所示. 动力机构通过电动机驱动压力传动机构, 从而带动检测装置运动, 采用传感器等速加压测试原理, 由连接在道路硬度加载装置上的拉压力传感器把对待测试件的作用力转换为

电信号,通过 16 位 AD7705 模数转换芯片转换为数字信号,通过 C 语言编程控制 ATmega16 单片机对所得信号进行分析处理,通过液晶模块进行显示,进而通过键盘输入完成对不同要求的功能控制。

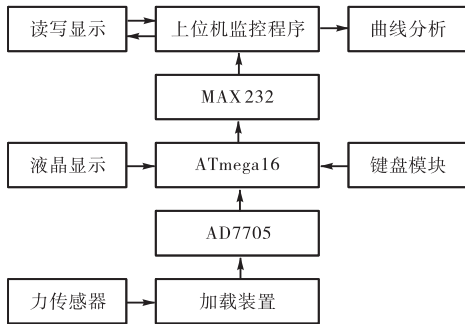


图 1 道路硬度检测系统整体结构

Fig.1 Integral structure of the road rigidity detection system

上位机通过 RS-232 串口与 ATmega16 单片机系统连接,采集的压力数据通过串口传输到上位机.上位机采用 LabVIEW 虚拟仪器平台开发,可以进行数据的读写、显示和曲线分析,从而求出被测道路硬度曲线和峰值.借助虚拟仪器软件框架(VISA)驱动向导,实现上位机与下位机之间的交互和管理,可以保存多次实验的数据,便于数据的分析和处理。

2 硬件设计

硬件系统组成框图如图 2 所示.通过加压装置和拉压式传感器进行压力、时间、位移等参数的测量.系统硬件主要包括单片机、信号调理、键盘、液晶显示、通信、存储及供电等模块。

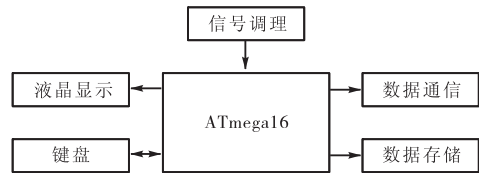


图 2 硬件系统组成框图

Fig.2 Block diagram of hardware system

2.1 加载装置与传感器

加载装置与传感器如图 3 所示.驱动装置可采用自动与手动两种不同方式,按照设定的速率加载.传感器采用 LTR-1 型拉压力传感器,其为高精度的箱式应变计,灵敏度和分辨率高,承载能力和测量范围大。



(a) 加载装置 (b) 传感器

图 3 加载装置与传感器

Fig.3 Load devices and sensors

2.2 调理与控制模块

采用 16 位 $\Sigma-\Delta$ A/D 转换器 AD7705 对压力信号进行 A/D 转换,将转换后的数值送入单片机 ATmega16 中.控制程序根据设定和键盘输入执行相应操作,将采集的数据通过液晶进行显示,通过 I²C 总线传输到存储芯片,通过串口发送到上位机,进行波形显示和曲线分析.图 4 为 AD 转换电路原理图。

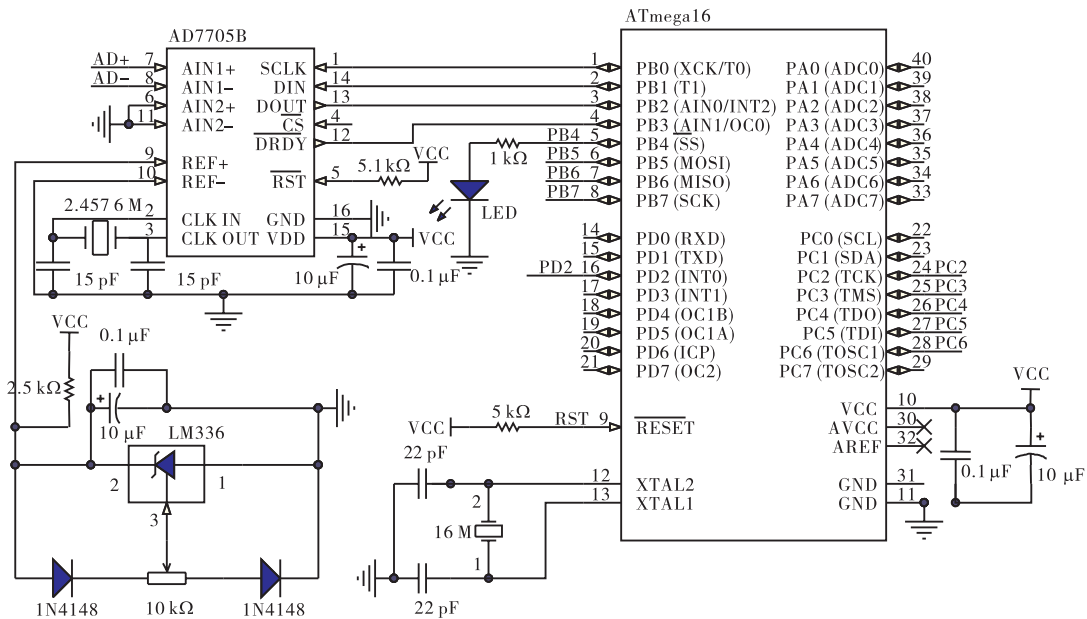


图 4 A/D 转换电路原理图

Fig.4 Diagram of A/D conversion circuit

3 软件设计

系统软件设计主要包括:下位机单片机系统软件设计及上位机基于虚拟仪器平台的软件设计.

3.1 下位机软件设计

下位机采用 C 语言对单片机进行编程^[5],实现的功能主要有数据采集、A/D 转换、液晶显示、按键控制、数据传输及数据存储等. 开发环境选择 ICC-AVR 编程平台. 单片机主程序流程见图 5.

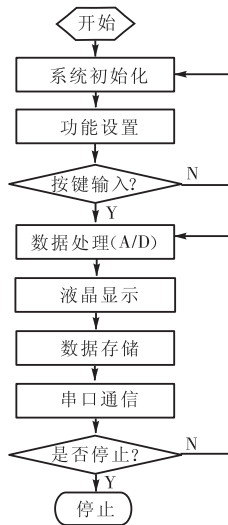


图 5 单片机主程序流程图

Fig.5 Main program flow chart of MCU

3.2 上位机软件设计

上位机软件设计采用 LabVIEW8.6 虚拟仪器软件开发环境,用户只需设计有关的应用软件就可以实现相应的测试分析功能,方便地组建和设计自己专用的虚拟仪器. 在本系统中,上位机软件设计是关键,主要负责接收单片机发送来的数据和数据处理,并对数据进行显示、存储操作和相关的数据分析.

3.2.1 数据通信

此部分的程序主要用于接收单片机通过串口传输的数据,并将其显示到窗口中. 串口通信采用 NI 公司开发的用来与各种仪器总线进行通信的高级应用编程接口——NI-VISA^[6].

VISA 是虚拟仪器系统的 I/O 接口软件,不受平台、总线和环境的限制,可用来对 USB、GPIB、串口、VXI、PXI 和以太网系统进行配置、编程和调试. 基于自底向上结构模型的 VISA 创造了一个统一形式的 I/O 控制函数集,在应用形式上简单方便,又提供了非常强大的仪器控制与资源管理功能.

3.2.2 人机交互

人机交互主要包括:系统设置模块,起到和下位机进行串口通信和握手的作用,并对串口通信进行参数设置;数据显示模块,将读写的数据通过对话框及压力表显示;数据存储模块,存储读取数据及管理历史数据,生成文件报表等.

人机交互主要通过图 6 所示检测监控界面实现. 一方面,操作人员通过界面对串口通信进行参数设置,包括流量控制、延时、波特率、数据位、奇偶校验、停止位的设置等,向计算机发出命令进行数据传输;另一方面,计算机通过串口上传采集到的数据,并在窗口中进行显示.

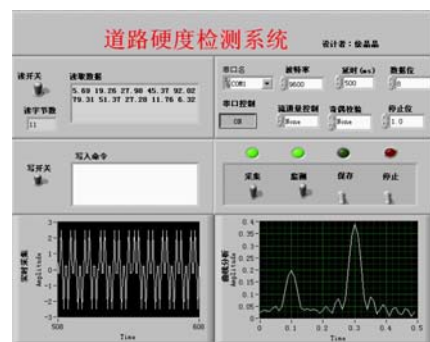


图 6 检测监控界面

Fig.6 Interface of inspection and monitoring

3.2.3 软件设计实现

系统对采集的数据进行显示、存储和曲线分析. 具体程序流程为:先初始化,再设置波特率、数据位等参数,然后程序判断是否接收到操作开关的指示,如果采集开关关闭,则对上一次缓存中的数据进行处理;如果采集开关打开则接收数据并进行读取,进行数据显示和存储.

4 实验

4.1 实验原理

根据国家标准对公路工程水泥及水泥混凝土实验的规定,要对同一温度、湿度条件下,各个不同龄期的试件进行实验,分别测得混凝土立方体试件的抗压强度,以及更换接触面板后测得混凝土试件抗弯拉强度两种不同类型的强度值,通过回归分析二者之间的关系,从不同角度综合评定混凝土的强度值.

从试件接近破坏而开始迅速变形时,直至试件破坏,记下破坏极限荷载 F , 有

$$P_{cu} = \frac{F}{A}$$

式中: P_{cu} 为混凝土试件抗压强度, N/mm^2 ; F 为极限荷

载, N ; A 为上压板面积, mm^2 .

更换接触面后(两个加载点),当断面发生在两个加载点之间时有

$$P_f = \frac{FL}{bh^2}$$

式中: P_f 为抗弯拉强度, MPa ; F 为极限荷载, N ; L 为支座间距离, mm ; b 为试件宽度, mm ; h 为试件高度, mm .

当系统运行后,传感器通过调理电路采集到的信号,经过 A/D 转换进入单片机,再通过串口将数据传送给 PC 机. 取同一龄期的多个试件的算术平均值为测定值,结果精确到 0.01 MPa . 通过虚拟仪器监控界面获取数据并实时显示.

在混凝土强度的对比检测试验中,为了将混凝土试件的抗压强度换算为抗弯拉强度,则需要找出两种实验数据变量之间是否相关,即进行回归分析^[7]. 采用最小二乘法准则,使因变量观测值与其曲线上的对应值的离差之平方和最小,从而得到对给定类型函数的最佳拟合曲线,故存在函数:

$$y = f(a, x) = \sum_{i=0}^n a_i f_i(x) = a_0 f_0(x) + a_1 f_1(x) + \dots + a_n f_n(x)$$

$$V_i = a_0 f_0(x) + a_1 f_1(x) + \dots + a_n f_n(x) - y$$

根据最小二乘准则, $\sum_{i=1}^n V_i^2$ 最小,求得参数

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_n.$$

4.2 回归分析结果

抗压强度与抗弯拉强度的回归分析曲线如图 7 所示.

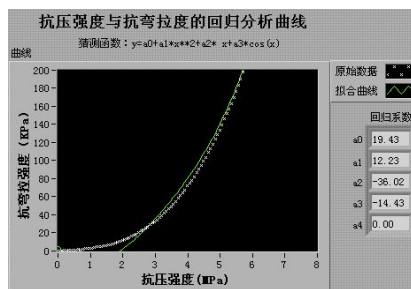


图 7 抗压强度与抗弯拉强度的回归分析曲线

Fig.7 Regression analysis curve of compressive strength and flexural strength

根据实验结果对道路质量的两个重要参数抗弯拉强度与抗压强度进行相关分析,采取幂函数与余弦函数的组合 $y = a_0 + a_1 x^2 + a_2 x + a_3 \cos x$ 进行回归计算,曲线拟合的效果最好. 经过软件编程求得回归系数, $a_0 = 19.43$, $a_1 = 12.23$, $a_2 = -36.02$, $a_3 = -14.43$. 通过回归计算,可得到混凝土道路系统的不同强度参数的相关换算,从而可为道路建设工程和道路管理系统提供评价依据.

5 结 语

本系统利用以 LabVIEW 为图形化编程语言的虚拟仪器技术及单片机技术设计道路硬度检测系统,实现了数据实时采集、操作软件控制、串口通信、数据处理、数据动态显示、特征值分析、数据文件存储等功能,现已投入实际使用,运行情况稳定.

该设计有效缩短了开发周期、提高了检测的效率,在功能完备、测量准确的基础上降低功耗、节约成本,成为对道路硬度分析的有益尝试.

参考文献:

- [1] 吴建波. 浅谈高速公路路面工程监理要点[J]. 山西建筑,2007(34):293-294.
- [2] 郭兰英. 车辆超载对路基路面强度和刚度的影响分析[J]. 路基工程,2006(1):8-10.
- [3] 田瑞华. 某工程中混凝土强度检测方法的探讨与应用[J]. 四川建筑科学研究,2009(35):96-97.
- [4] 交通部公路科学研究所. JTG E30—2005 公路工程水泥及混凝土试验规程[S]. 北京:人民交通出版社,2005.
- [5] 张军. AVR 单片机应用系统开发典型实例[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [6] 刘君华,贾惠芹,丁晖,等. 虚拟仪器图形化编程语言 LabVIEW 教程[M]. 北京:电子工业出版社,2001:141.
- [7] 邓和平,黄跃北. 数学回归方法在混凝土路面的强度试验中的应用[J]. 公路,1999(9):31.