



混凝土空心砖材料冻融测试系统设计

王悦, 杨世凤, 郑李仁, 方镞
(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 基于 LabWindows/CVI 技术, 构建了混凝土空心砖材料冻融测试系统. 该系统由温度传感器、压力传感器、单片机、串口通信和计算机组成; 采用 LabWindows/CVI 编程实现了冻融测试程序, 可实现包括温度和液位数据的实时采集与分析、历史数据的储存与查询等系统功能. 该系统通过采集温度、液位数据, 根据设定程序对冻融测试环境进行自动控制. 根据国家标准对某空心砖进行规定次数的冻融实验, 根据实验结果确定其抗冻标号, 验证了系统的可靠性.

关键词: 冻融测试; 空心砖; LabWindows/CVI; 单片机

中图分类号: TP216 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2012)05-0061-04

Design of Freeze-thaw Testing System for Concrete Hollow Bricks Materials

WANG Yue, YANG Shifeng, ZHENG Liren, FANG Kai

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

Abstract: Based on LabWindows/CVI technology, a freeze-thaw testing system for concrete hollow brick materials was constructed. It was composed of temperature sensors, pressure sensors, a microcontroller, serial communication, and a computer. With LabWindows/CVI technology, the testing program of freeze-thaw was realized, which achieved the functions of real-time data collection and analysis of temperature, historical data storage and query, etc. By collecting temperature information and level data, it can control the testing environment of freeze-thaw automatically based on default rule. Experimental results of requisite hollow bricks tests showed that the frost-resistance mark was determined correctly. It shows that the freeze-thaw testing system is reliable.

Key words: freeze-thaw testing; concrete hollow bricks; LabWindows/CVI; microcontroller

我国北方地处严寒地带. 如果建筑材料的耐久性不能达标而过早地损坏, 不但需要昂贵的维修与重建费用, 还可能对人民的生命财产造成重大损失. 混凝土结构作为工程建设中最常用的建筑形式, 在北方地区因抗冻性能不达标而造成的破损是常见现象, 如果不能解决, 这种现象将长期危害建筑物的安全^[1].

混凝土抗冻性能是混凝土耐久性的一项重要检测指标, 无论是混凝土材料的研究部门, 还是建筑设计及施工部门, 对此项指标都很重视, 希望通过实验得出样本抗冻性能的量化数据, 从而对混凝土的抗冻性能进行正确的评价. 所以快速冻融测试系统就成了上述部门不可缺少的设备^[2].

混凝土空心砖作为一种新型墙体材料, 主要由水

泥、细骨料、粗骨料、轻骨料、重矿渣及掺合料构成. 由于具有轻质、隔热及高强等一系列优点, 已成为我国较为主要的可代替实心黏土砖的新型墙体材料, 在房屋开发建设中得到了越来越广泛的应用^[3]. 因此, 针对混凝土空心砖较易出现的质量问题, 特别是抗冻性方面, 要采取相应的有效措施. 目前, 国内的混凝土空心砖冻融检测设备逐渐向小型化、自动化、可靠化发展, 并且快速冻融测试设备也有了统一的标准^[4]. 但在实时数据传输和智能控制方面, 现有设备仍有一些不足之处, 一些快速冻融测试设备不能及时地将实验温度、水位等信息传送给上位机, 对于长时间的冻融测试, 通常需要人工操作, 易造成实验结果不准确.

本文运用 LabWindows/CVI 和单片机技术, 设计了混凝土快速冻融测试系统, 实现了冻融测试的实时控制与实时数据采集, 并能大量储存历史数据, 提高了其工作效率和可靠性.

1 系统结构及工作原理

本系统以 LabWindows/CVI 平台开发上位机控制系统, 通过 RS-232 串口与下位机 Atmega64 单片机进行通信, 并对 Atmega64 单片机采集和转换的数据进行处理.

下位机通过 A/D 转换芯片采集水温、水位(压力)信息, 并传输给上位机; 上位机根据采集的当前数据和设定值做出判断, 向下位机发出控制信息; 下位机根据上位机的控制信息, 通过光耦合器控制电磁泵, 从而分别控制冷水箱流进外槽和热水箱流进内槽的水量, 以及流出的水量, 达到控制实验温度的目的. 系统结构如图 1 所示. 冷水箱和热水箱拥有独立的电加热和制冷循环系统, 其内部温度一直保持为设定值(冷水箱 -18 °C, 热水箱 5 °C).

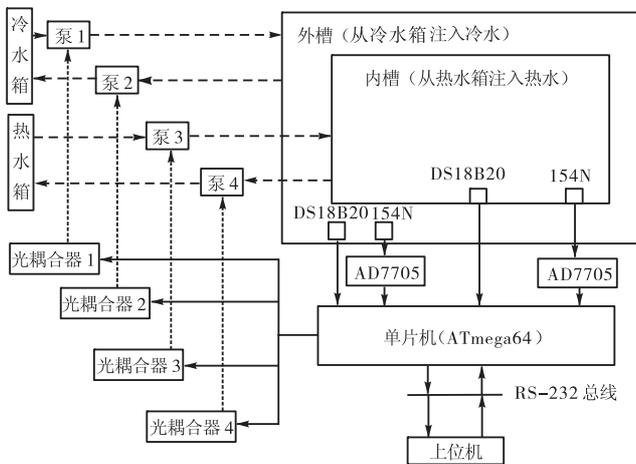


图 1 冻融测试系统结构

Fig. 1 Structure of the freeze-thaw testing system

2 硬件设计

硬件设计主要包括: 主控制器、温度传感器、用于液位采集的压力传感器和 A/D 转换芯片、串口通信芯片、光电隔离元件等的选型及接口电路设计.

2.1 主控制器及接口电路

主控制器采用 AVR 系列单片机 ATmega64. ATmega64 是一款高性能、低功耗的 8 位微处理器,

工作电压 4.5 ~ 5.5 V, 有 64 kB 系统内可编程 Flash、2 kB EEPROM、4 kB 片内 SRAM、64 B 可选外部存储空间, 可通过 SPI 接口对其进行系统内编程. 主控制器接口电路如图 2 所示. PC0—PC5 端口与 6 个温度传感器连接, 用于采集温度数据, 与 PC0 连接的温度传感器用于测量外槽水温, 与 PC1—PC5 连接的温度传感器分别测量内槽 5 个对应试件位置的水温. PB0—PB4 端口与 AD7705 连接, 用于采集 A/D 转换后的液位信息. PE0 和 PE1 端口连接 MAX232AESE 芯片, 用于与上位机 PC 通信. PB5—PB7 和 PE2 端口分别与光耦合器 MOC3041 连接, 用于输出电磁泵控制信号.

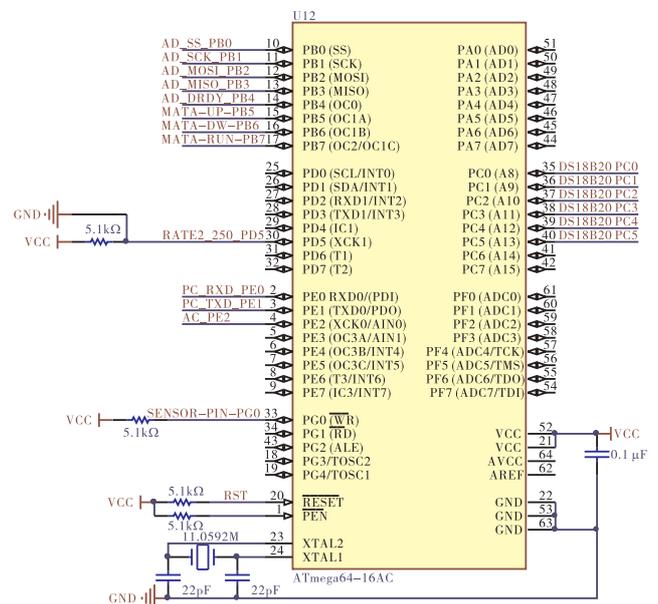


图 2 主控制器接口电路原理图

Fig. 2 Schematic circuit diagram of host controller interface

2.2 温度传感器

系统测量水温采用的是 DS18B20 温度传感器. DS18B20 的量程为 -55 ~ +125 °C, 固有测温分辨率为 0.5 °C, 默认最高 12 位的 A/D 转换精度为 0.0625 °C, 符合冻融实验中的温度变化 (-18 ~ +5 °C) 和精度 (±0.5 °C) 要求^[5].

DS18B20 芯片内部采用与绝对温度成正比 (proportional to absolute temperature, PTAT) 的半导体 PN 结传感器的测温原理. 通过芯片内部温度传感器模块中相关半导体元件的 PN 结, 将外界的温度信息转化为正比于绝对温度值的相应 PN 结组件的正向电压之差值, 该正向电压与温度间的温度系数为负值; 将这个电压值作为所测温度值的模拟信号电压使用. 该芯片内部设有 A/D 变换模块, 可以将模拟温度

信号电压转换为数字信号, 保存在芯片内部的温度寄存器中. 其使用单一总线 (DQ) 双向传输数字信息, 可以有效提高数字信号传输过程中的抗干扰能力, 提高可靠性, 更易于适应各种不利条件下的现场测温工作. 通过单总线 (DQ) 端子直接串行输出最高 12 位的数字温度信号^[6].

2.3 压力传感器和 A/D 转换模块

系统采用 154 N 型压力传感器测量液位. 它是一种经过补偿, 且与介质兼容的压阻式传感器, 其外壳采用 316 不锈钢封装结构. 外界压力通过 316 不锈钢膜片及内部的硅油传递到传感器的敏感元件. 该传感器可应用于高性能、低压力场合, 通过对陶瓷基座上的厚膜电阻进行激光修阻, 可以实现对传感器的温度补偿及零点偏差调整.

154 N 传感器输出信号为 mV 级的差分信号. 针对此信号的 A/D 转换模块采用了 AD7705, 其具有完整的模拟前端, 内置增益可编程放大器 (PGA) 和可编程数字滤波器, 能够直接对传感器输出的 mV 级信号进行调理、滤波、放大和 A/D 转换, 然后进行串行输出, 无需额外的信号调理电路, 可简化电路设计. 用于液位采集的压力传感器及 A/D 转换接口电路如图 3 所示.

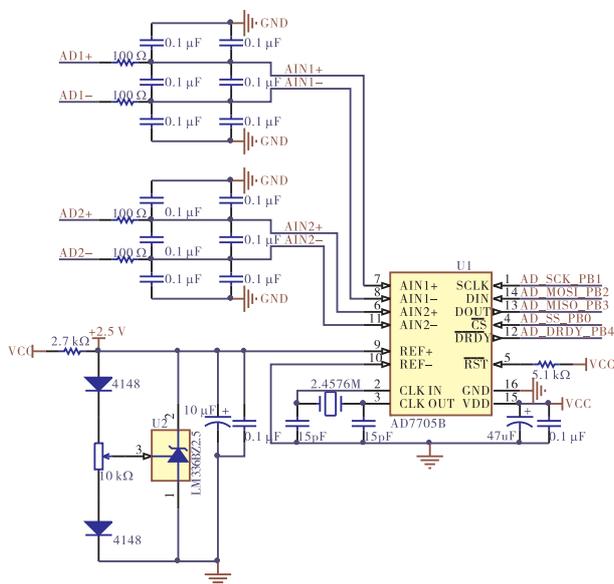


图 3 压力传感器及 A/D 转换接口电路原理图

Fig. 3 Schematic circuit diagram of pressure sensors and A/D conversion

2.4 串口通信

MAX232AESE 芯片是采用 RS-232 通信标准的单电源电平转换芯片, 使用 +5 V 供电, 其接口电路如图 4 所示.

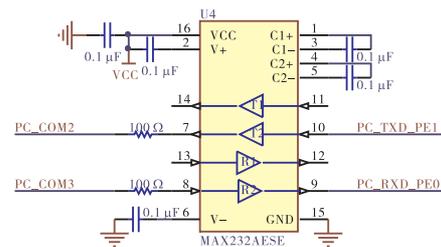


图 4 MAX232AESE 接口电路原理图

Fig. 4 Schematic circuit diagram of interface of MAX232-AESE

2.5 光电隔离

电磁泵控制信号与光耦合器 MOC3041 连接, 光耦合器利用发光二极管把输入的电信号转换为光信号, 再经光敏二极管转换为电信号输出, 从而控制对应的双向晶闸管 MAC97A6 的开关, 进而控制电磁泵工作. 由于没有直接的电气连接, 可以隔离干扰. 光耦合器的接口电路如图 5 所示.

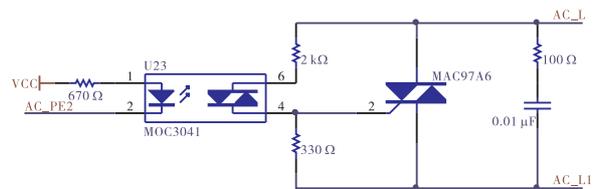


图 5 光耦合器接口电路原理图

Fig. 5 Schematic circuit diagram of optical coupler

3 软件设计

3.1 单片机程序设计

单片机程序采用 C 语言编写, 其主要完成温度和液位的采集、存储及数据发送工作, 并根据上位机控制信号控制电磁泵的开关.

3.2 上位机程序设计

上位机的操作显示界面采用 LabWindows/CVI 编程. LabWindows/CVI 作为一种虚拟仪器软件开发平台, 可以使用丰富的函数库来编写程序. 用这些库函数不仅可实现常规的程序设计外, 还可实现更加复杂的数据采集和仪器控制系统的开发. 仪器库是 LabWindows/CVI 的特殊资源, 它包括 GPIB、VXI 和 RS-232 仪器的驱动程序, 如示波器、多用表和函数发生器, 每个驱动程序都提供可编辑的源代码^[7].

在冻融实验中, 上位机通过冻融循环控制主程序和液位自调子程序对来自下位机的液位和温度信息进行处理、查询和显示, 并对下位机发出控制命令, 进而控制对应电磁泵, 完成冻融循环实验.

3.2.1 液位自调子程序

在冻融实验过程中要保证外槽、内槽的液位在允许范围内,因此设计了液位自调子程序.液位自调子程序的流程如图6所示,其中“设定时间”在主程序调用时分别为3个不同的设定值:预热时间、冷冻时间、融化时间.

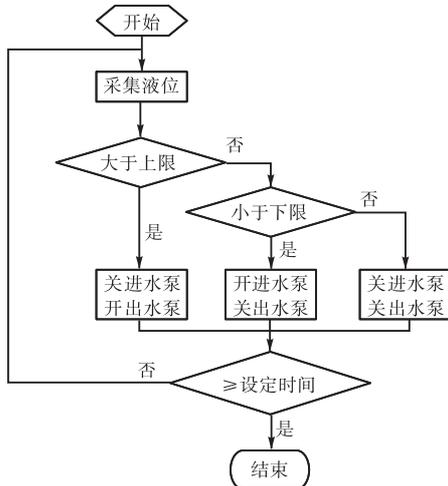


图6 液位自调子程序

Fig. 6 Subprogram of auto modulation of liquid level

3.2.2 冻融实验程序设计

根据文献[5]设计冻融循环程序,一次冻融循环过程的基本流程分为:预热→冷冻→融化,其基本流程如图7所示.

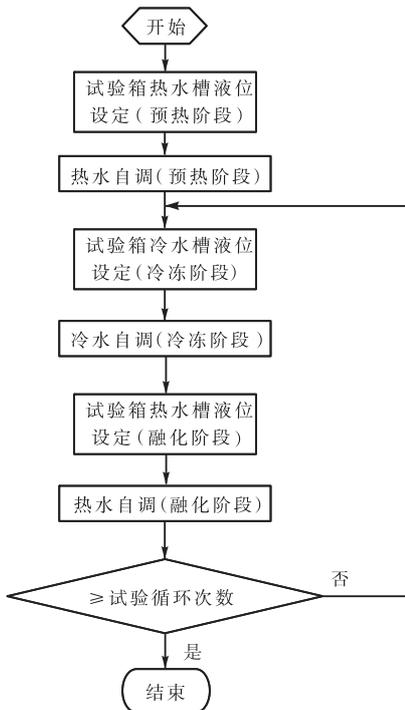


图7 冻融循环程序

Fig. 7 Freeze-thaw cycle

3.2.3 人机界面

人机界面中包括数据显示和系统控制模型,用户可以通过界面设置温度控制参数和查询历史数据,实现人机交互.上位机的人机界面如图8所示.

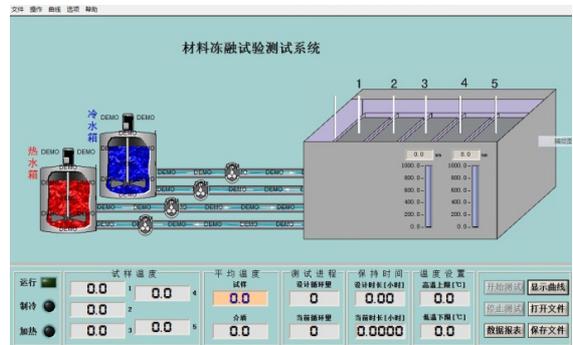


图8 上位机的人机界面

Fig. 8 Interface of PC

界面的左下角显示当前的运行状态,包括运行、制冷、加热.可以显示的数据包括试样温度、平均温度、测试进程、保持时间、设置温度等.此外,还可以显示试件的历史温度曲线和生成数据报表.

界面中包括可视系统模型,在系统运行时,能够显示冷、热水箱的工作情况,各电磁泵的工作情况以及内外槽的液位和试件的情况等.在特殊情况下,可以通过点击电磁泵的模型来手动控制电磁泵的开、关状态.

4 实验

根据文献[5]快速冻融实验步骤,采用已确定抗冻标号(F100)的某种混凝土空心砖试件进行实验.将试件放入试件盒后,将试件盒放入冻融箱内槽的试件架中,注入清水并使盒内水位高度应始终保持至少高出试件上表面5 mm,然后按如下要求实验:

(1)每次冻融循环在2~4 h内完成,融化时间不少于整个冻融循环时间的1/4.

(2)在冻融和融化过程中,试件中心最低和最高温度应分别控制在 $(-18 \pm 2)^\circ\text{C}$ 和 $(5 \pm 2)^\circ\text{C}$ 范围内.在任意时刻,试件中心温度不得高于 7°C ,且不得低于 -20°C .

(3)试件从 3°C 降温至 -16°C 所用的时间不得少于冷冻时间的1/2;试件从 -16°C 升温至 3°C 所用时间不得少于整个融化时间的1/2,试件内外的温差不宜超过 28°C .

(下转第78页)