

黏土渗透性能测试系统设计

杨世凤, 唐培成

(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 基于 LabVIEW 虚拟仪器技术开发平台, 构建了黏土渗透性能测试系统. 该系统由压力传感器、单片机、串口通信和计算机组成, 采用 LabVIEW 编程实现数据实时采集与分析、历史数据的储存与查询等系统功能. 将压力数据转换为液位数据, 通过计算得到黏土的渗透系数. 实验表明, 该系统稳定可靠, 可为工程建设提供有效数据参考.

关键词: 黏土渗透性; LabVIEW; 单片机

中图分类号: TP216 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2011)05-0057-04

Design of Permeability Testing System for Clay

YANG Shi-feng, TANG Pei-cheng

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

Abstract: Based on the platform of LabVIEW virtual instrument technology, the clay permeability testing system was constructed. It was composed of pressure sensors, microcontroller, serial communication, and computers. By LabVIEW technology, it achieved the functions of Real-time data collection and analysis, historical data storage and query. It changes pressure data into Level data, and achieves permeability coefficient of clay by the formula. Results show that the system is reliable and can provide effective data for project construction.

Keywords: permeability of clay; LabVIEW; microcontroller

随着我国经济的迅猛发展, 国家在沿海地区进行了大规模的港口和基础设施建设. 我国沿海地区的土层多属于近代沉积层. 黏土广泛分布在我国东南沿海、环渤海以及部分内陆地区. 这些地区的许多工业与民用建筑、港口码头和水利工程等不得不兴建在黏土地基上^[1]. 由于黏土一般具有含水量高、强度低、压缩性大和透水性小等不利的工程性质, 在其上建造建筑物时, 容易发生各种工程事故^[2]. 黏土的渗透性参数是保证建设施工方案安全可靠和经济合理的重要指标. 因此, 对黏土渗透性的深入研究具有重要的现实意义.

土体的渗透系数可以通过室内渗透实验测定^[3]. 测定 t_1 和 t_2 时刻的水头高度 h_1 与 h_2 , 经计算可得到土体的渗透系数. 目前, 在室内渗透实验中, 一般需要人工记录各个时刻试管的液位. 对于同时进行多组实验的情况, 这种方法不仅需要消耗大量的人力物力, 同时还造成测量结果的精度不高. 本系统运用

LabVIEW 与单片机技术实现了渗透系数数据的实时采集与分析, 并能大量储存历史数据, 同时大大提高了工作效率.

1 系统结构及工作原理

测试系统整体结构如图1所示.

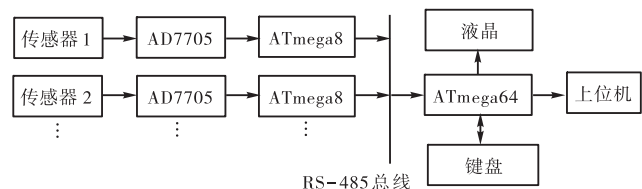


图 1 系统整体结构图

Fig.1 Structure of the whole system

采用放置于实验试管底部的压力传感器将压力转化为电信号, 通过 A/D 转换为数字信号, 经过单片

机进行处理. 每一个采集装置通过 RS-485 总线与主控单片机相连, 实现数据的集中采集和循环显示. 同时, 主控单片机通过串口与上位机 PC 相连. 上位机采用 LabVIEW 虚拟仪器开发平台, 进行数据的读写显示和曲线分析, 以及查看历史记录. 这样就实现了上位机与下位机的交互和管理.

根据压力传感器采集的数据, 通过试管底部的压力变化来获取试管液位的变化. 在液体容器为规则均匀的柱体容器的前提下, 压强为

$$P = F/S = \rho gh$$

所以, 液位与压力的关系为

$$h = F/\rho gS$$

从而, 将压力数值转换为液位数值.

渗透系数 K 综合反映土体的渗透能力, 其数值的正确确定对渗透计算有着非常重要的意义. 影响渗透系数的因素很多, 主要有土体颗粒的形状、大小、不均匀系数和水的黏滞性等. 采用变水头法, 在测试过程中保持温度 20°C , 由达西定律可得

$$K = 2.3 \frac{A_1 L}{A(t_2 - t_1)} \lg \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

式中: K 为试样的渗透系数; A_1 为变水头管的断面积; A 为试样断面积; L 为渗透路径长度; h_1 为 t_1 时刻的水头高度; h_2 为 t_2 时刻的水头高度^[4]. 在具体实验中, A_1 、 A 、 L 均已知, 只需记录 t_1 时刻的水头高度 h_1 和 t_2 时刻的水头高度 h_2 , 利用式(1)便可求得试样的渗透系数.

2 硬件设计

2.1 传感器

系统采用的是 154N 型压力传感器. 它是一种经过补偿, 且与介质兼容的硅压阻式传感器, 其外壳采用 316 不锈钢封装结构. 外界压力通过 316 不锈钢膜片及内部灌冲硅油传递到传感器的敏感元件上. 154N 型压力传感器可应用于低压力场合, 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.

2.2 信号调理和 A/D 转换模块

传感器的输出信号一般为 mV 级的差分信号, 传统的信号调理电路是在 A/D 转换前增加一级或多级高精度的放大电路和滤波电路, 这样不但增加成本, 电路也较复杂. 而 AD7705 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, 然后串行输出, 无需使用外部仪表放大器, 极大地简化了电路设计.

AD7705 是应用于低频测量的 2 通道的模拟前端, 用于智能系统、微控制器系统和基于 DSP 的系统. 其串行接口可配置为三线接口. 增益值、信号极性以及更新速率的选择可用串行输入由软件来配置. 该器件还包括自校准和系统校准选项, 以消除器件本身或系统的增益和偏移误差. AD7705 接线图见图 2.

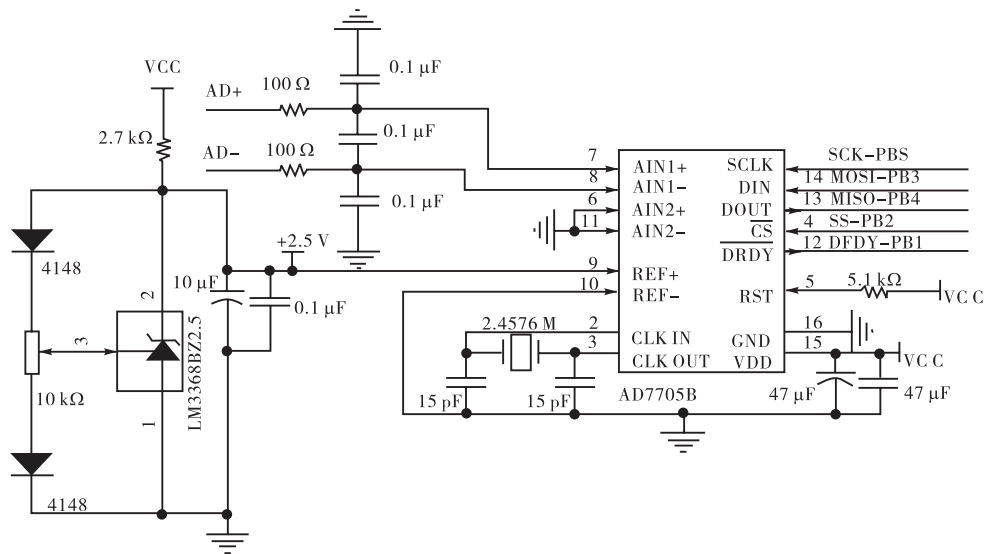


图 2 A/D 转换接线图

Fig.2 Diagram of A/D conversion

2.3 单片机控制模块

采用 AVR 系列单片机 ATmega64 作为中心控制单元. 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. 具有 64 kB 的系统内可编程 Flash, 2 kB 的 EEPROM, 4 kB 片内 SRAM, 64 B 可选外部存储空间. 可通过 SPI 接口进行系统内编程^[5]. 采集面板上的芯片采用 ATmega 8, 其实现的功能是将传感器输出的数据信息采集到单片机, 并通过 485 总线将数据传输给主控单片机.

2.4 上位机

上位机 PC 用于接收并存储单片机发送的数据. 通过可视化界面, 用户可以在 PC 上观察数据的实时变动情况和查看历史记录.

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, 其主要完成定时数据采集、存储及数据发送工作, 并通过键盘和液晶实现数据的查询和显示. 主程序流程如图 3 所示.

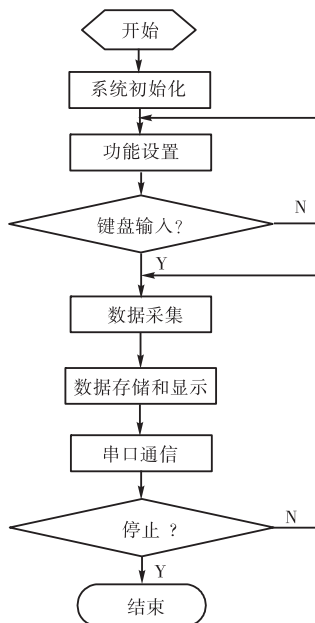


图 3 单片机主程序流程图
Fig.3 Main program flow chart of MCU

3.2 上位机程序设计

上位机的操作显示界面采用 LabVIEW 进行可视化编程. LabVIEW 是一种基于图形的虚拟仪器软件开发平台. 它具有强大的数据处理、可视化分析和仪器控制能力, 囊括了 PCI、GPIB、PXI、VXI 等各种仪器通信总线标准的所有功能函数, 使得开发者能够驱

动不同总线标准接口设备与仪器^[6].

3.2.1 数据通信

此部分的程序用于单片机与 PC 之间的通信, 通过串口传输数据. LabVIEW 的函数库中提供了串口通信函数, 因此, 用 LabVIEW 软件编写 PC 机与下位机的串口通信程序十分方便.

VISA 是应用于仪器编程的标准 I/O 应用程序接口, 是工业上通用的仪器驱动器标准 API(应用程序接口), 采用面向对象编程, 具有很好的兼容性、扩展性和独立性. 它还支持多平台工作、多接口控制, 是一个多类型的函数库^[7].

3.2.2 用户界面

用户界面把通过下位机采集的数据在 PC 上显示, 同时用户还可以通过界面设置参数和查询历史数据, 实现人机交互. 系统的用户界面包括试管液位的实时显示及变化波形图、历史数据查询、设置数据采集频率等. 如图 4 所示.

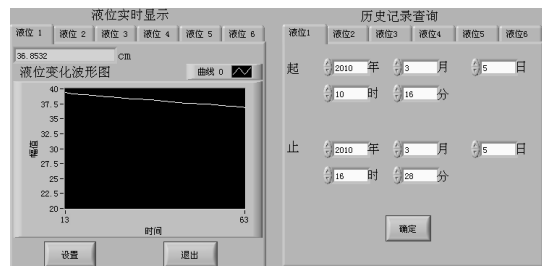


图 4 上位机界面
Fig.4 Interface of PC

4 实验

根据 GB/T 50123—1999《土工试验方法标准》进行实验. 结合天津港部分码头的工程地质资料, 选取了北疆码头 2 种典型土层(淤泥质黏土和粉质黏土)的土样作为研究对象, 通过开展室内常规渗透实验, 对不同土层进行渗透性能的研究. 试样为现场钻孔取得的原状土.

每种土层下制备 3 种不同压实干密度的试样. 压实干密度是通过在渗透环刀中压入不同质量的混合土样来控制的. 渗透用环刀的内径为 61.8 mm, 高为 40 mm, 对应的容积为 119.98 cm³. 分别向环刀中压入土样 167.9、179.9、196.7 g, 得到试样 1、试样 2 和试样 3, 它们对应的压实干密度为 1.40、1.50、1.64 g/cm³. 每个试样读取 5 组数据, 取平均值作为此混合试样的渗透系数. 通过本测试系统得到的实验结果见表 1.

表1 渗透系数测试结果

Tab.1 Results of permeability test

试样 编号	压实干密度/ (g·cm ⁻³)	渗透系数/(cm·s ⁻¹)	
		淤泥质黏土	粉质黏土
1	1.40	4.45 × 10 ⁻⁶	4.86 × 10 ⁻⁶
2	1.50	3.21 × 10 ⁻⁷	4.55 × 10 ⁻⁷
3	1.64	2.67 × 10 ⁻⁷	3.68 × 10 ⁻⁷

由表1可以看出,随着干密度的增大土样的孔隙率下降,且主要是贯通空隙逐渐减少,使渗透系数与干密度基本成反比例关系,渗透系数受干密度影响较大.因此,对于路基工程中的低压实度地区,小幅度地增加压实度就能显著地减小路基土体渗透系数.

5 结 语

本文以 LabVIEW 和单片机技术为基础,设计黏土渗透性能测试系统,实现了数据采集、分析以及存储的功能.应用此系统进行黏土渗透性测试实验,能满足实验的各项要求,提高了实验精度,并提高了工

作效率,可为工程人员提供可靠的实验数据.

参考文献:

- [1] 魏汝龙. 港口岩土工程十年发展概况[J]. 岩土工程学报, 1989, 11(6): 83-86.
- [2] 田双珠,李越松,及春宁. 天津港典型软粘土蠕变试验研究[J]. 水道港口, 2009(6): 440-443.
- [3] 谢康和,庄迎春,李西斌. 萧山饱和软粘土的渗透性试验研究[J]. 岩土工程学报, 2005, 27(5): 591-594.
- [4] 周健,陆志勇,贾敏才. 膨润土改性天然粘土渗透性的试验研究[J]. 岩土工程界, 2008, 11(12): 45-47.
- [5] 张梦麟,李念强,李萍. 基于 AD7677 和 MEGA64 高速数据采集系统的设计[J]. 自动化与仪表, 2008, 23(4): 51-53.
- [6] 朱建平,吕春峰. 基于 LabVIEW 的单片机串口通信实现[J]. 机械工程与自动化, 2008(4): 157-158.
- [7] 李晴. 基于 LabVIEW 的串口通讯应用[J]. 常州信息职业技术学院学报, 2009, 8(3): 8-10.

(上接第46页)

$$f_{La} = \frac{\sum(w_i x_i)}{\sum w_i} = \frac{w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n} \quad (3)$$

式中: x_i 为位置 i 处单位切割阻力; w_i 为位置 i 处单位切割阻力的权重系数.

将仿真结果与经验数据作比较,确定其可行性,表1为仿真结果.加权平均切割阻力为 127.3 N/cm,根据文献[2],粒度 0~100 mm 碎石的单位挖掘阻力 f_L 为 100~250 N/cm,可见仿真与经验数据相符.

表1 仿真结果

Tab.1 Result of simulation

位置 编号	单位切割阻力/ (N·cm ⁻¹)	权重系数	加权平均切割 阻力/(N·cm ⁻¹)
1	72.5	0.1	127.3
2	128.3	0.2	
3	115.6	0.2	
4	153.0	0.2	
5	172.5	0.2	
6	61.3	0.1	

4 结 语

本文根据离散单元法,对物料堆进行了简化,在多体动力学软件 RecurDyn 中建立了斗轮取料机铲斗挖掘物料模型,并进行了运动仿真,直观地观察了

铲斗在整个工作过程中的动态应力、应变等信息,获取铲斗危险点的受力等重要设计参考数据,从而获得铲斗的单位切割阻力,不但可以为铲斗的设计、优化和改型提供重要参考,而且还提供了一种测量不同物料单位切割阻力的新方法.

参考文献:

- [1] 邵明亮,于国飞,耿华,等. 斗轮堆取料机[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [2] 蒋琼珠. 连续运输机[M]. 北京: 人民交通出版社, 1986.
- [3] 于德宁,张金兴,田晋跃,等. 1500~2000 m³/h 斗轮挖掘机切割阻力的研究[J]. 工程机械, 1997(8): 8-10.
- [4] 罗旭. 6000 t/h 斗轮取料机挖掘阻力测试研究[J]. 矿山机械, 1992(10): 2-5.
- [5] Johnson L L, King R H. Measurement of force to excavate extraterrestrial regolith with a small bucket-wheel device[J]. Journal of Terramechanics, 2010, 47(2): 87-95.
- [6] 焦小娟,张潜渭,彭斌彬. RecurDyn 多体系统优化仿真技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010.
- [7] 王泳嘉,郭爱民. 单元离散法及其在岩土力学中的应用[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 1991.