

基于单片机的施药监测系统设计与试验*

翟长远 朱瑞祥 黄胜 薛文斌 马永兵 刘遇哲

(西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100)

【摘要】 基于 STC12C5A60S2 单片机, 采用串口通信技术、数据库技术、VS2008 软件编程技术, 设计并实现了施药监测系统。该系统具有可扩展性, 可支持 8 路模拟传感器和 2 路数字脉冲式传感器, 以采集压力、流量和速度等各种施药参量, 并通过 LCD 显示器实时显示; 系统可将各施药参量存入 SD 卡中, 同时通过 RS232 串口传给 PC 机; PC 机将接收到的数据存储在数据库中, 并以表格和图形方式向用户显示施药参量。试验表明: 采样周期为 1 s 时, 速度经一次校核后测量平均精度达 97.7%; 测试平台试验和喷药机试验的压力测量平均精度分别为 99.3% 和 98.7%, 流量平均测量精度达 99.3%。

关键词: 变量施药 监测系统 单片机

中图分类号: S49 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)08-0070-05

Design and Experiment of Pesticide Application Monitoring System Based on MCU

Zhai Changyuan Zhu Ruixiang Huang Sheng Xue Wenbin Ma Yongbing Liu Yuzhe

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract

A pesticide application monitoring system was designed by using serial communication technology, database technology and VS2008 software programming technology based on MCU STC12C5A60S2. The system could collect information from eight analog sensors and two pulse sensors at the same time. The pesticide application parameter data from sensors (pressure sensor, flow sensor, speed sensor, etc.) would be displayed on LCD monitor, stored in SD card and transmitted to PC through RS232 serial port. Then the data will be stored into database and showed to users in the term of tables and graphs on PC as well. Experiments showed that while the sampling period was 1 s, the average measuring accuracy of speed was 97.7% after the system calibration, the average measuring accuracy of pressure in “test-bed experiment” and “sprayer experiment” was 99.3% and 98.7%, and the average measuring accuracy of flow was 99.3%.

Key words Variable pesticide application, Monitoring system, MCU

引言

我国农药利用率仅 30%, 比发达国家低 20 个百分点, 造成环境污染甚至人畜中毒, 严重影响了农产品安全, 施药机械、施药技术和施药观念的落后是造成这种现象的重要原因^[1-3]。精准施药技术作为

未来的发展方向, 是在获取农田病虫害差异性信息的基础上, 采取技术上可行、经济上有效的施药方案, 准确地在每一个小区上喷洒农药。其中使用多种传感器, 实时获取施药参量数据是精准施药的必要环节^[4-12]; 长期积累施药参量数据是缩短施药机械开发周期和进行农艺研究的基础。

收稿日期: 2011-01-13 修回日期: 2011-03-07

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD89B16)、陕西省农机局重点项目(陕农机发[2000]064)、陕西省科技计划项目(2011K02-05)和西北农林科技大学国家级大学生创新性实验计划项目(091071235)

作者简介: 翟长远, 博士生, 讲师, 主要从事农业机械化工程技术研究, E-mail: zhaichangyuan@163.com

通讯作者: 朱瑞祥, 教授, 主要从事农业机械化工程技术研究, E-mail: zrxjdy2006@sohu.com

本文设计一套施药监测系统,以实时采集、显示并长期存储施药参量。

1 系统设计

1.1 施药监测系统总体设计

施药监测系统由数据采集分析模块、串口通信模块、SD 卡数据存储模块和上位应用软件 4 部分构成。系统总体框图如图 1 所示。

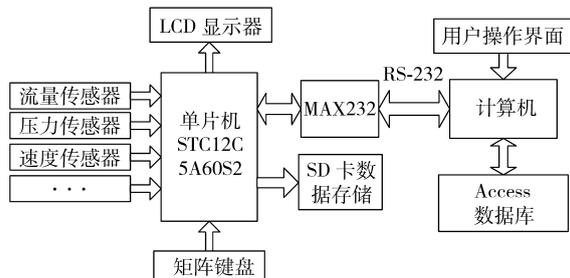


图 1 施药监测系统总体框图

Fig. 1 Block diagram of pesticide application monitoring system

数据采集分析模块包括单片机、传感器、键盘和 LCD 显示器。传感器实时采集施药参量数据,如:流量、压力、速度等,单片机对该数据进行分析处理并驱动键盘和 LCD 显示器为用户提供可视化操作,同时使用 SD 卡实时存储施药参量数据。串口通信模块以 MAX232 芯片为核心,用于完成单片机和 PC 机之间的通信;上位应用软件包括计算机上的数据库和用户操作界面,实现数据的实时显示,并提供施药参量数据的曲线图。

1.2 数据采集分析模块设计

1.2.1 硬件电路

硬件电路是以 STC12C5A60S2 单片机为核心的数据采集与分析系统,如图 2 所示,包含电源、单片机、键盘和 LCD 显示器 4 部分。

(1) 电源:硬件电路的供电电压为 DC5V,拖拉机电瓶电压为 DC12V,因此以 LM2576 芯片为核心设计了 DC12V - DC5V 的降压稳压电路。该电路实测输出电压准确且非常稳定。

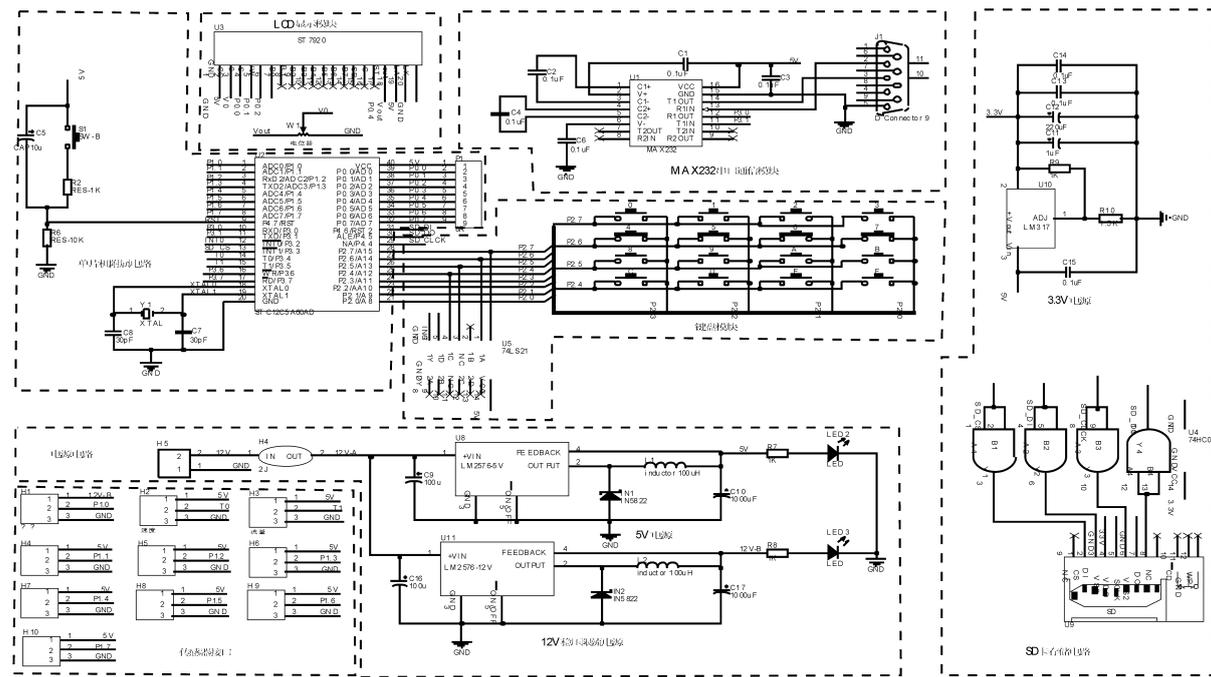


图 2 施药监测系统硬件电路图

Fig. 2 Circuit diagram of pesticide application monitoring system

(2) 单片机:单片机是本电路系统的核心,选用 STC12C5A60S2,它集成了 8 路数模转换器,支持串行通信。它对传感器采集到的数据进行分析处理,并将处理后的数据通过 MAX232 电路传输给 PC 机,同时驱动键盘和 LCD 显示器实现与用户的交互。

(3) 键盘:采用 4 × 4 矩阵键盘,共 16 个键,分别表示数字 0 ~ 9 和功能 A ~ F,键盘访问采用扫描方式。

(4) LCD 显示器:LCD 实时显示施药参量数据,其内容有汉字和数字,其汉字为 16 × 16 点阵,数字为 8 × 16 点阵。本电路用的是 LCD 的串口接法,串口接法只需 4 根线就可以实现数据传输,节省了 I/O 口资源。

1.2.2 单片机软件模块

采用 C 语言进行编程,通过 Keil 编译器编译生成二进制文件,通过串口将程序固化到 STC1205A60S2 的 EEPROM 中。系统的主程序流程

如图3所示。

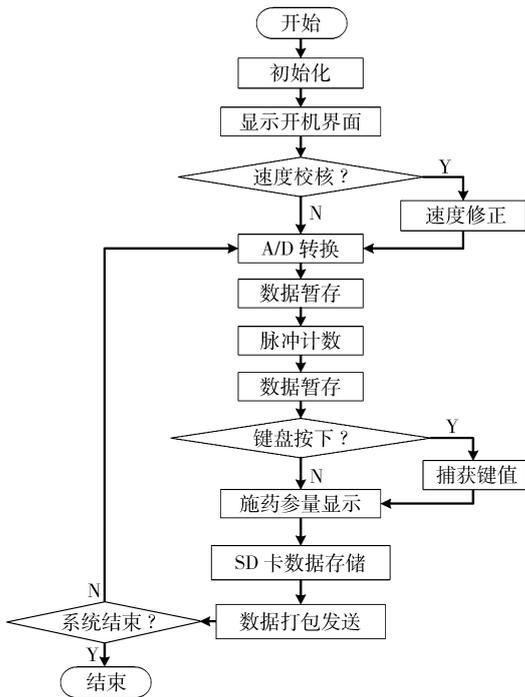


图3 主程序流程图

Fig. 3 Flow chart of main program

主程序首先对系统进行初始化(其中包括串口初始化、LCD初始化等),并调用显示子程序显示开机欢迎界面;其次根据用户输入进行速度修正;启动A/D转换对模拟信号进行转换处理并暂时存储,对数字信号进行脉冲计数,将所得数据暂时存储;然后判断是否有按键触发,如果有触发得到其键值并根据输入修改显示内容,无触发根据默认值显示;最后将数据打包通过串口发送给PC机。如果系统不结束,继续上述数据发送循环。单片机软件实现的主要功能有:①对传感器采集来的数据进行处理,对模拟量进行A/D转换(A/D转换通过单片机自身集成的转换模块来完成),数字量进行脉冲计数,并求出其实际值。②将所得各个结果在LCD上进行显示,单片机与LCD之间通过串行通信方式进行通信,LCD采用带中文字库的12864显示器,是一种具有4位/8位并行、2线或3线串行多种接口方式,内部含有国标一级、二级简体中文字库的点阵图形液晶显示模块。③通过键盘操作,控制LCD显示单片机的工作状态以及各传感器的数据采集状态。

1.3 MAX232 串口通信模块设计

串行通信模块实现单片机与上位机的通信,本系统通过基于串口方式1的通信方式实现单片机与PC机之间的数据交换,波特率为9600 baud,使用RS-232标准接口,采用全双工通信方式。单片机的串口使用TTL电平标准,它的逻辑“1”电平是5V,逻辑“0”电平是0V;而PC机串行口使用

RS-232的电平标准,对于数据(信息码),逻辑“1”电平是-3.3V,逻辑“0”电平是3.3V。因此必须通过电平转换电路实现电平转换,使通信双方的电平匹配。以MAX232芯片为核心设计了串口通信电路,电路如图2所示。MAX232芯片R1OUT与T1IN分别与单片机的RXD和TXD连接,T1OUT与R1OUT分别与DB9接口3和2连接,然后通过串口线连接到PC机。

1.4 上位应用软件设计

1.4.1 数据库

本系统使用的数据库开发平台是Access数据库,其以文件形式保存,文件的扩展名是MDB。本文在数据库中创建了一个主表和数据表。主表中包括“施药名称”、“日期”和“备注”字段,数据类型分别为“文本”、“日期/时间”、“备注”。数据表中包括施药名称、日期、流量、压力、速度和扩展预留字段,其中流量、压力、速度和预留字段类型为“数字”。每一次施药都会在主表中增加1行以记录施药名称和相关信息,同时数据表记录该次施药的详细施药参量数据。

1.4.2 界面

Visual Studio作为开发Windows应用程序的主流开发工具,支持面向对象的C#语言,具有功能强大的.NET Framework 2.0类库,System.IO.Ports命名空间包含了控制串口重要的SerialPort类,该类提供了同步I/O、事件驱动的I/O、对管脚和中断状态的访问以及对串行驱动程序属性的访问。

本文采用C#语言,在.NET开发平台上开发了上位软件,该软件包括串行通信接口、数据实时显示和图形化显示以及数据的存储等功能,界面如图4所示。该软件可以显示流量、压力和车速的实时数据,并提供调用设置界面、数据库访问界面和参数监测图绘制界面的链接。设置界面实现软件和串口的参数配置功能,数据访问界面实现Access数据库中数据的访问以及操作功能,参数监测图绘制界面完成各个施药参量数据的曲线图绘制。

2 监测试验与结果分析

为了验证系统设计的可行性和可靠性,根据上述设计,在搭建的施药监测系统平台上,实施速度、压力和流量等参量的监测试验,并对试验结果进行分析。

2.1 速度试验

速度试验目的是测试系统所得施药机械行走速度测量值与实际速度值的误差。其中速度测量值来源于系统存储的数据;实际速度根据秒表记录施药

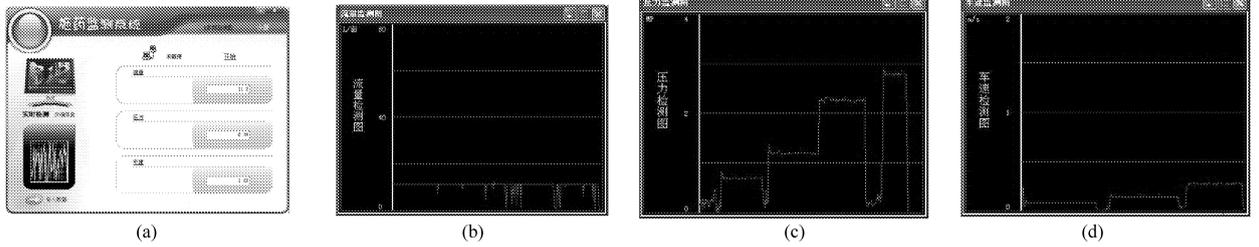


图 4 上位机软件界面

Fig. 4 Interface of host computer software

(a) 主界面 (b) 流量监测图 (c) 压力监测图 (d) 车速监测图

机械行驶 80 m 的时间计算得出。试验在车载式施药机械上进行,采用 E6B2 - CWZ6C 型旋转变码器来实时测量施药机械的行进速度信号,根据施药机械实际作业速度(2 ~ 5 km/h),本文测量了施药机械在 0.6 ~ 8 km/h(校核前)和 0.8 ~ 6.5 km/h(校核后)范围内以不同显示速度通过 80 m 的实际速度和系统测量速度。由于施药机械作业过程中存在打滑现象,故需要对车速测量值进行修正,即根据校核前的误差,计算出修正系数,将修正系数输入程序中,采用测量结果乘以修正系数进行校核。试验结果如表 1 所示。

表 1 速度试验结果

Tab. 1 Results of speed experiment

校核前			校核后		
实际速度	测量速度	相对误差	实际速度	测量速度	相对误差
/km·h ⁻¹	/km·h ⁻¹	差/%	/km·h ⁻¹	/km·h ⁻¹	差/%
0.686	0.706	2.92	0.878	0.893	1.71
1.171	1.205	2.90	2.087	2.145	2.78
2.133	2.199	3.09	3.236	3.330	2.90
2.743	2.806	2.30	3.892	3.999	2.75
3.945	4.084	3.52	5.333	5.485	2.85
4.299	4.420	2.81	6.545	6.601	0.86
8.000	8.287	3.59			

由表 1 可知,系统校核前对速度测量的平均相对误差为 3.02%,其中相对误差绝对值最大为 3.59%,最小为 2.30%;经过一次校核后,平均相对误差为 2.31%,相对误差绝对值最大为 2.90%,最小为 0.86%。可见,经校核后,系统对速度的测量误差明显减小。

2.2 压力试验

压力试验由测试平台试验和喷药机试验两部分组成,分别用于测试在宽压力范围内和实际喷药过程中监测系统测量精度。测试平台试验高压部分(1.1 ~ 4.2 MPa)在 SYP - 3 型快速插接多功能液压气压教学试验平台上进行,低压部分(0.2 ~ 1.0 MPa)在国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心

的温室喷灌控制设备上进行。喷药机试验在车载式施药机械上进行。测量值来源于监测系统通过 PT500 压力变送器采集并存储的压力数据,实际压力值来源于试验装置上的标准压力表。试验结果如表 2 所示。

由表 2 可知,测试平台试验中,监测系统压力测

表 2 压力试验结果

Tab. 2 Results of pressure experiment

类别	实际压力/MPa	测量压力/MPa	相对误差/%
测试平台	0.2	0.208	4.00
	0.3	0.314	4.67
	0.4	0.413	3.25
	0.5	0.510	2.00
	0.6	0.613	2.17
	0.7	0.710	1.43
	0.8	0.790	-1.25
	1.0	1.020	2.00
	1.1	1.08	-1.82
	1.2	1.18	-1.67
	1.4	1.39	-0.71
	1.6	1.59	-0.63
	1.8	1.78	-1.11
	2.0	1.98	-1.00
	2.2	2.18	-0.91
	2.4	2.37	-1.25
	2.6	2.61	0.38
	2.8	2.80	0
3.0	3.04	1.33	
3.2	3.22	0.63	
3.4	3.42	1.00	
3.6	3.63	0.83	
3.8	3.85	1.32	
4.0	4.04	1.00	
4.2	4.29	2.14	
喷药机	0.2	0.191	-4.50
	0.3	0.287	-4.33
	0.4	0.389	-2.75
	0.5	0.510	2.00
	0.6	0.586	-2.33
	0.7	0.690	-1.43
	0.8	0.835	4.38

量平均相对误差为 0.71%, 相对误差绝对值最大为 4.67%, 最小为零; 喷药机试验中, 系统对压力测量的平均相对误差为 -1.28%, 相对误差绝对值最大为 4.50%, 最小为 1.43%。两部分试验数据均表明监测系统压力测量误差很小。

2.3 流量试验

流量试验目的是测试监测系统液体流量测量误差。其中实际流量由量筒测量得到, 系统测量的流量值由监测系统存储的数据计算得到。试验在车载式施药机械上进行, 采用 LWGY-25 型涡轮流量传感器来实时测量施药机械管道中液体的流量信号。根据施药量一般为 750~1500 L/hm² 以及施药机械实际作业速度和作业幅宽, 估算出施药机械施药量为 60~180 mL/s。本文选择在 60~200 mL/s 施药量范围内进行系统监测验证试验。试验过程中分别测量在相同时间段内的实际流量和系统测量的流量。试验结果如表 3 所示。

由表 3 可知, 在 60~200 mL/s 的流量范围内, 系统对流量的测量值与实际流量值的平均相对误差为 -0.71%, 其中相对误差绝对值最大为 5.13%, 最小为 0.22%。

3 结论

(1) 基于单片机设计的施药监测系统传感器接口具有优良的可扩展性, 最多支持 8 路模拟传感器和 2 路数字脉冲式传感器。

(2) 监测系统不仅能为施药机操作人员提供实时施药参量数据, 还能将这些数据存储在 SD 卡上或传到 PC 机上进行存储, 为施药机械的改进和农

表 3 流量试验结果

Tab.3 Results of flow experiment

实际流量/mL·s ⁻¹	测量流量/mL·s ⁻¹	相对误差/%
58.76	56.51	-3.83
76.33	72.96	-4.42
85.65	87.00	1.57
94.38	92.62	-1.86
113.31	108.70	-4.07
118.07	114.90	-2.68
127.79	121.70	-4.76
132.93	128.10	-3.63
143.07	139.10	-2.78
147.40	147.80	0.27
150.88	152.20	0.86
155.25	159.10	2.48
166.52	172.30	3.47
171.89	169.60	-1.33
180.96	187.80	3.78
183.00	182.60	-0.22
193.38	203.30	5.13

艺研究人员提供数据支持。

(3) 采样周期为 1 s 时, 速度经一次校核后平均精度达 97.7%, 最大相对误差为 2.90%, 最小为 0.86%; 测试平台试验和喷药机试验的压力测量平均精度分别为 99.3% 和 98.7%, 相对误差绝对值最大值分别为 4.67% 和 4.50%, 最小值分别为零和 1.43%; 流量平均精度达 99.3%, 相对误差绝对值最大为 5.13%, 最小为 0.22%。

参 考 文 献

- 傅泽田, 祁力钧, 王俊红. 精准施药技术研究进展与对策[J]. 农业机械学报, 2007, 38(1): 189~192.
Fu Zetian, Qi Lijun, Wang Junhong. Developmental tendency and strategies of precision pesticide application techniques [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(1): 189~192. (in Chinese)
- 卢秉福, 张祖立, 朱明, 等. 农业机械化发展关键影响因素的辨识与分析 [J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 114~117.
Lu Bingfu, Zhang Zuli, Zhu Ming, et al. Discrimination and analysis of key influencing factors for agricultural mechanization development [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(11): 114~117. (in Chinese)
- 翟长远, 朱瑞祥, 张佐经, 等. 精准施药技术现状分析 [J]. 农机化研究, 2010, 32(5): 9~12.
Zhai Changyuan, Zhu Ruixiang, Zhang Zuoqing, et al. Status analysis of precision pesticide application techniques [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010, 32(5): 9~12. (in Chinese)
- Slaughter D C, Giles D K, Fennimore S A, et al. Multispectral machine vision identification of lettuce and weed seedlings for automated weed control [J]. Weed Technology, 2008, 22(2): 378~384.
- Gerhards R, Oebel H. Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying [J]. Weed Research, 2006, 46(3): 185~193.
- Brown D L, Giles D K, Oliver M N, et al. Targeted spray technology to reduce pesticide in runoff from dormant orchards [J]. Crop Protection, 2008, 27(3~5): 545~552.

异系数范围为 0.115 ~ 0.139, 索道驱动链运行较为平稳; 采用非均衡挂载方式, 当负载数量为 2、4、8 时, 检测的张紧力变异系数分别为 0.227、0.217、0.203, 说明非均衡挂载方式引起的运行线路受力不均对索道平稳运行有一定影响。

(3) 张紧机构置于起始位置与终端位置时, 不同负载条件下张紧力均值差异变化范围为 105.929 ~ 164.641 N, 验证所设计的张紧检测装置能实现对索道驱动链张紧力实时检测。

参 考 文 献

- 1 洪添胜, 杨洲, 宋淑然, 等. 柑橘生产机械化研究[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12): 105 ~ 110.
Hong Tiansheng, Yang Zhou, Song Shuran, et al. Mechanization of citrus production[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(12): 105 ~ 110. (in Chinese)
- 2 嵇焕章. 单线循环式客运架空索道设计与研究[J]. 矿山机械, 2005, 33(2): 32 ~ 35.
Ji Huanzhang. Design and study to aerial ropeway for single-wire circular ski-lift conveyer [J]. Mining & Processing Equipment, 2005, 33(2): 32 ~ 35. (in Chinese)
- 3 杨义勇, 王延利, 王人成, 等. 单线循环索道站内驱动系统及检测装置设计[J]. 中国机械工程, 2007, 18(5): 514 ~ 516.
Yang Yiyong, Wang Yanli, Wang Rencheng, et al. Design for drive system and testing devices of circulating mono-ropeways [J]. Journal of China Mechanical engineering, 2007, 18(5): 514 ~ 516. (in Chinese)
- 4 石奉强. 关于单线循环式客运索道张紧系统的几个问题[J]. 工程设计与研究, 1995(2): 53 ~ 55.
Shi Fengqiang. Several problems on tension system for single-wire circular carrier ropeway [J]. Engineering Design and Research, 1995(2): 53 ~ 55. (in Chinese)
- 5 王柏德, 黄万吉. 架空索道缆索张力的动态分析[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 1993, 14(4): 393 ~ 396.
Wang Baide, Huang Wanji. Dynamic analysis of tension of overhead cable for ropeway [J]. Journal of Northeastern University: Nature Science, 1993, 14(4): 393 ~ 396. (in Chinese)
- 6 嵇焕章. 驱动机与拉紧装置设在同一座站房的架空索道的牵引计算[J]. 矿山机械, 2005, 33(3): 34 ~ 37.
Ji Huanzhang. Calculation for drawing force of aerial cableway where engine and tension apparatus are mounted in the same station house [J]. Mining & Processing Equipment, 2005, 33(3): 34 ~ 37. (in Chinese)
- 7 洪添胜, 苏建, 朱余清, 等. 山地橘园链式循环货运索道设计[J]. 农业机械学报, 2011, 42(6): 108 ~ 111.
Hong Tiansheng, Su Jian, Zhu Yuqing, et al. Circular chain ropeway for cargo transportation in mountain citrus orchard [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(6): 108 ~ 111. (in Chinese)

(上接第 74 页)

- 7 王利霞, 张书慧, 马成林, 等. 基于 ARM 的变量喷药控制系统设计[J]. 农业工程学报, 2010, 26(4): 113 ~ 118.
Wang Lixia, Zhang Shuhui, Ma Chenglin, et al. Design of variable spraying system based on ARM [J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(4): 113 ~ 118. (in Chinese)
- 8 王俊红, 傅泽田, 王秀, 等. 基于 AT89C52 单片机的变量喷雾控制器设计[J]. 微计算机信息: 测控自动化, 2006, 22(8): 8 ~ 10.
Wang Junhong, Fu Zetian, Wang Xiu, et al. Design of variable rate sprayer controller based on AT89C52 [J]. Microcomputer Information: Control and Automation Publication Group, 2006, 22(8): 8 ~ 10. (in Chinese)
- 9 翟长远, 朱瑞祥, 随顺涛, 等. 车载式变量施药机控制系统设计与试验[J]. 农业工程学报, 2009, 25(8): 105 ~ 109.
Zhai Changyuan, Zhu Ruixiang, Sui Shuntao, et al. Design and experiment of control system of variable pesticide application machine hauled by tractor [J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(8): 105 ~ 109. (in Chinese)
- 10 胡开群, 周舟, 祁力钧, 等. 直注式变量喷雾机设计与喷雾性能试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(6): 70 ~ 74.
Hu Kaiqun, Zhou Zhou, Qi Lijun, et al. Spraying performance of the direct injection variable-rate sprayer [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(6): 70 ~ 74. (in Chinese)
- 11 Gil E, Escola A, Rosell J R. Variable rate application of plant protection products in vineyard using ultrasonic sensors [J]. Crop Protection, 2007, 26(8): 1 287 ~ 1 297.
- 12 邱白晶, 李坤, 沈成杰, 等. 连续可变量喷雾系统响应特性试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(9): 32 ~ 35.
Qiu Baijing, Li Kun, Shen Chengjie, et al. Experiment on response characteristics of variable-rate continuous spraying system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(9): 32 ~ 35. (in Chinese)