DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2012.04.030

基于 PSTN 和 PLMN 的果园泵房智能监控系统*

代秋芳[1]　洪添胜[2]　宋淑然[1]　张锦炀[3]　阮耀灿[3]　张　丞[3]

(1. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术教育部重点实验室, 广州 510642;
2. 华南农业大学国家柑橘产业技术体系机械研究室, 广州 510642; 3. 华南农业大学工程学院, 广州 510642)

【摘要】 为解决果园泵房偏僻、难以防盗且需人工操作灌溉与喷雾设备的问题,设计了果园泵房智能监控系统。该系统以单片机为核心,结合双音多频远程数据传输技术,实现了电话拨号报警和远程控制两大功能。在选定果园对系统进行实地测试,系统功能成功率为 96.5%,报警平均响应时间为 4.58 s,远程控制平均响应时间为 23.27 s,每次通信成本为通话费用。试验结果表明,该系统能实现其设计功能,满足果园泵房内防盗和远程控制灌溉与喷雾设备的要求。

关键词: 果园　泵房　智能控制　远程控制

中图分类号: S126　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-1298(2012)04-0162-06

Intelligent Monitoring System for Orchard Pump House Based on PSTN and PLMN

Dai Qiufang[1]　Hong Tiansheng[2]　Song Shuran[1]　Zhang Jinyang[3]　Ruan Yaocan[3]　Zhang Cheng[3]

(1. *Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machinery and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*
2. *Machinery Laboratory of Research System, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*
3. *College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*)

Abstract

For finding a way to guard against theft and operate irrigation and spray equipment automatically of remote orchard pump house, an intelligent monitoring system was developed and tested. The system can accomplish two functions, including telephone dialing alarm and remote control with micro controller unit as the core, with dual-tone multi-frequency remote data transmission technology. The system was tested in the given orchard and it proved that the successful rate of accomplishing the functions was 96.5%, the alarm average response time was 4.58 s, the remote controlling average response time was 23.27 s, and every time the cost of communication was the normal telephone fee. Experiments show that the system can accomplish its functions and satisfy the requirements of guarding against theft and remote controlling irrigation and spray equipment of orchard pump house.

Key words　Orchard, Pump house, Intelligent control, Remote control

引言

近年来,随着果业生产快速发展,果园机械化程度也得到快速提高。在果树种植及生产管理中,水肥灌溉和农药喷雾作业量占果园管理作业较大的比重,而用来放置灌溉和喷雾设备的泵房也变得更为

收稿日期: 2011-06-24　修回日期: 2011-07-31

* 国家现代农业(柑橘)产业技术体系建设专项资金资助项目(农科教发[2011]3 号)和国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(200903023)

作者简介: 代秋芳,讲师,博士生,主要从事喷雾技术及电子信息技术研究,E-mail: daiqiufang@scau.edu.cn

通讯作者: 洪添胜,教授,博士生导师,主要从事机电一体化和信息技术在农业中的应用研究,E-mail: tshong@scau.edu.cn

重要。

在面积大的果园进行灌溉和喷雾作业时，由于作业人员远离灌溉和喷雾设备，对灌溉和喷雾设备的开启或关停需要远距离奔忙，或需要专门人员值守，效率低而吃力[1]。

基于全球移动通信系统、基于通用分组无线业务以及基于短信群发系统的监控系统功能强大，其方法已经成为应用的主流，但部分山区信号差，甚至有些偏僻果园移动无线网络还没有覆盖，这些因素成为此类系统走向果园的障碍[2~5]。

基于公用电话交换网（public switched telephone network，简称 PSTN）和公共陆地移动电话网（public land mobile network，简称 PLMN）的双音多频（dual-tone multi-frequency，简称 DTMF）远程传输技术目前主要应用于家庭安防和智能家电等领域[6]，但还很少见将该技术应用在偏僻果园监控的报道。

为了能实现果园泵房的自动化和无人化管理，本文以单片机为核心，开发设计基于 PSTN 和 PLMN 的果园泵房智能监控系统，实现电话拨号报警和对灌溉、喷雾设备的远程控制。系统不需进行专门布线，不占用无线电频率资源，遥控距离不受限制，且通过语音提示，可使操作者及时了解受控对象的有关信息。系统还具有密码验证、密码在线修改功能，只有输入正确的密码才能控制灌溉和喷雾设备，从而提高系统的安全性。

1　系统整体设计

系统具有两大功能：①电话拨号报警功能，若检测到泵房有盗贼闯入，系统将自动开启摄像头并拨打用户电话进行语音报警。②远程控制功能，用户可根据需要通过固定电话或移动电话拨打果园泵房内的固定电话，输入正确密码后发送指令，控制灌溉和喷雾设备执行相应的开关动作[7]。具体分为以下 7 个模块，系统框图如图 1 所示。

（1）单片机主控模块：完成各种信号的处理和控制协调各单元模块的工作。

（2）模拟摘挂机模块：模拟电话机的摘机和挂机动作。系统进行 DTMF 信号的发送或接收前摘机，发送或接收信号完毕之后挂机。

（3）警情探测模块：监测警报信息，一旦出现警情则自动开启摄像头并向单片机发送中断请求信号[8]。

（4）振铃检测模块：当用户拨打固定电话进行远程遥控时，可以自动检测到振铃信息并向单片机发送来电振铃信号。

（5）DTMF 收发模块：在单片机的控制下将电话号码转换成 DTMF 信号并发送出去完成拨号，以及检测电话线上传送回来的 DTMF 信号并转换成对应数字信号传送给单片机[9]。

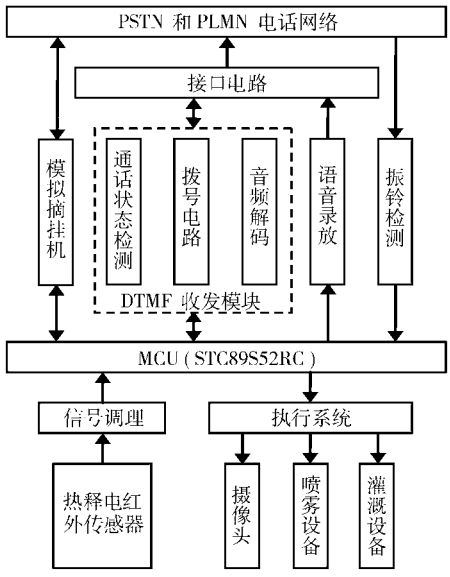

图 1　系统框图

Fig. 1　System block diagram

（6）执行系统：在远程控制中，单片机根据相应的数字信号控制摄像头、灌溉和喷雾设备执行相应的开关动作。

（7）语音录放模块：报警和远程控制过程中语音提示的录制以及播放。

2　系统硬件电路设计

系统硬件电路主要包括单片机主控电路、模拟摘挂机电路、警情探测电路、振铃检测电路、DTMF 收发电路和语音录放电路。

2.1　单片机主控电路

由电源电路、晶振电路和复位电路组成的单片机最小系统构成单片机主控电路。其中单片机各引脚对应连接关系及其意义如表 1 所示。

表 1　单片机各引脚对应连接

Tab. 1　Corresponding connections of MCU pins

MCU 引脚	对应引脚	对应引脚功能
P1.0 ~ P1.3	$\overline{M1}$ ~ $\overline{M4}$	APR9600 语音段选开关 1 ~ 4
P1.4	CE	模拟摘挂机控制端
P1.5 ~ P1.7	CTRL1 ~ 3	摄像头、灌溉和喷雾设备控制端
P3.2	DETECT	警报信号输出端
P3.3	$\overline{IRQ}$/CP	MT8880 中断请求信号输出端
P3.4	RING	振铃信号输出端
P2.0 ~ P2.3	D0 ~ D3	MT8880 读/写数据线
P2.4	R/$\overline{W}$	MT8880 读/写选择端
P2.5	RS0	MT8880 内部寄存器选择控制端

2.2 模拟摘挂机电路

在拨号报警功能中,模拟摘挂机电路在拨号前实现模拟电话机的摘机动作,报警完成之后实现模拟电话机的挂机动作;在电话远程控制功能中,如果出现了 3 次响铃且无人接听,模拟摘挂机电路实现模拟电话机的摘机动作,单片机接收完线路上送来的各种控制指令后实现模拟电话机的挂机动作。

模拟摘挂机电路如图 2 所示。当执行摘机动作时,单片机通过 CE 端向光耦 4N25 提供低电平,光耦接通,LED 灯亮,三极管 2N9013 的 CE 端导通,继电器两端电压为 5 V,继电器闭合使电话线两端接进整流桥进行极性校正,通过整流桥上并联的 300 Ω 电阻实现模拟摘机。当执行挂机动作时,单片机通过 CE 端向光耦提供高电平,使光耦断开,继电器不导通,电话网络断开,从而实现模拟挂机。

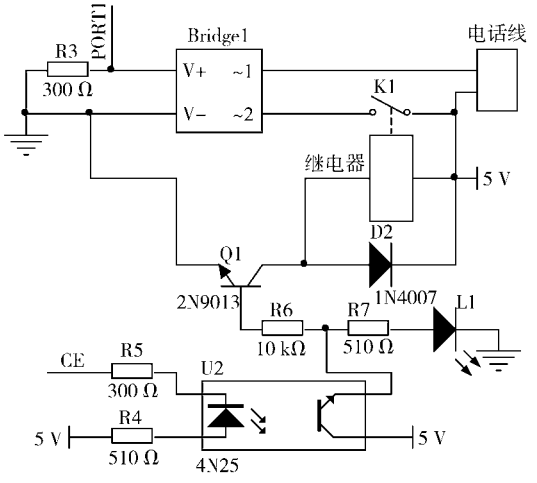

图 2 模拟摘挂机电路

Fig. 2 Simulating pick up or ring off the telephone circuit

2.3 警情探测电路

选用热释电红外传感器进行警情检测。在通常情况下,监控系统处于休眠状态。当用户出门时,用户启动监控系统使其处于真正的布防状态。传感器探测距离最远可达 15 m,感应角度为水平 90° ~ 140°和垂直 15° ~ 30°。只要有人在传感器检测范围内经过,传感器输出信号引脚(经反向器从低电平变为高电平)立即向单片机发出报警信号(外部中断请求信号$\overline{\text{INT0}}$变为低电平)。接到警情后,单片机立即进行确认(多次巡检中断信号),确认无误后,开启摄像头并自动拨打用户预先设置的报警电话号码进行远程拨号报警。待用户摘机后,启动语音电路,将预先录制好的语音信息通过电话线传给用户[10]。

2.4 振铃检测电路

在检测铃流信号时,以 3 次响铃为准,即 3 次振铃后无人摘机,便由单片机控制自动模拟摘机。振铃检测电路如图 3 所示。

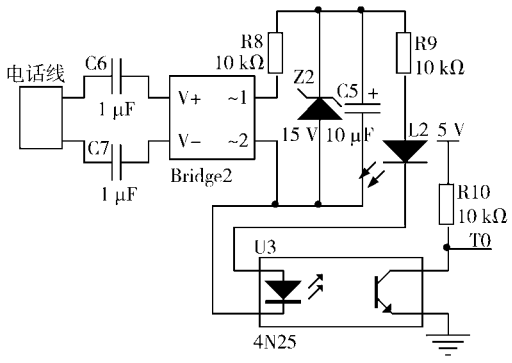

图 3 振铃检测电路

Fig. 3 Detecting ring circuit

在没有铃流信号时,电话线路由交换机为其提供 48 ~ 60 V 的直流电压。在提机后,其电压仍为直流,但降为 11 V。当用户被呼叫时,电话交换机发来铃流信号 ,振铃为(50 ± 3)V 的正弦波,谐铃失真不大于 10%,电压有效值(90 ± 15)V。振铃以 5 s 为周期,即 1 s 送,4 s 断。根据系统设计需要 TTL 电平,故将振铃信号送入桥堆整流,再用稳压二极管进行稳压,并用 RC 滤波,然后输入光电耦合器。经过光耦的隔离转换,输出是标准的 5 V 方波信号,送入单片机 T0 端口,由程序对振铃信号计数[11]。

2.5 DTMF 收发电路

DTMF 信号是一组由高频信号与低频信号叠加而成的组合信号。电话按键与相应的 DTMF 信号编码如表 2 所示。

表 2 电话按键与 DTMF 信号对应编码

Tab. 2 Phone keypad and corresponding DTMF signal code

电话按键	编码	电话按键	编码
0	1010	6	0110
1	0001	7	0111
2	0010	8	1000
3	0011	9	1001
4	0100	*	1011
5	0101	#	1100

DTMF 收发电路包括 DTMF 发送器与 DTMF 接收器,前者将电话按键转换成相应的 DTMF 信号实现音频拨号,后者接收电话线上传送回来的 DTMF 信号并转换成对应数字信号传送给单片机。本系统选择 MITEL 公司生产的 DTMF 收发芯片 MT8880 作为收发 DTMF 信号的核心。MT8880 是一个带有呼叫处理滤波器的单片 DTMF 收发器。DTMF 收发电路如图 4 所示。

在未接放大器的情况下,MT8880 TONE 端输出

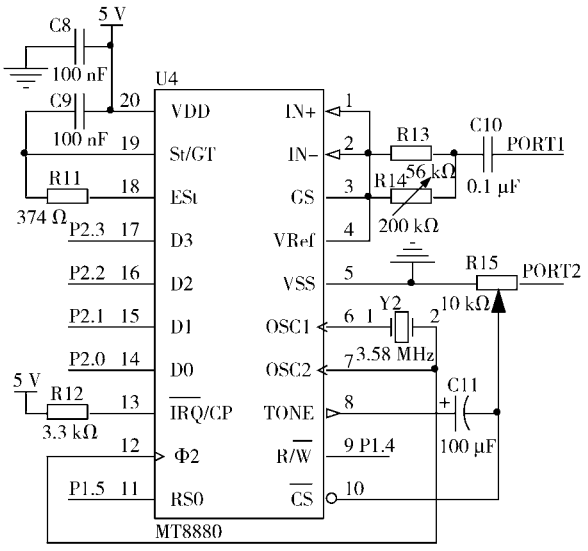

图 4　DTMF 收发电路

Fig. 4　DTMF signal transceiver circuit

的双音频信号的峰值为 2.4 V 左右，功率也很小，传送到电话线上的信号特别微弱，程控交换机无法识别。为了保证 MT8880 发出的 DTMF 信号正常输出，在输出端后续加入一个由 LM386 组成的音频放大电路，如图 5 所示。

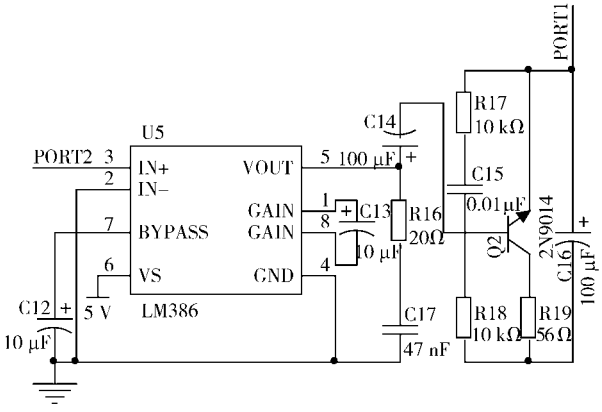

图 5　音频放大电路

Fig. 5　Audio frequency amplifier circuit

2.6　执行系统

在远程控制中，单片机根据相应的数字信号控制摄像头、灌溉和喷雾设备执行相应的开关动作。其中数字 1、2 控制摄像头开关，数字 3、4 通过开启或关停灌溉设备的电磁阀来控制灌溉设备开关，数字 5、6 通过开启或关停喷雾设备的电动机来控制喷雾设备开关。

2.7　语音录放电路

选用 APLUS 公司生产的语音录放芯片 APR9600 实现语音录放功能。在拨号之后可利用该芯片实现语音报警功能，用户拨进电话后也可以利用该芯片实现用户和系统的交流。根据本系统功能需要，选择并行 4 段控制方式，设置每段录音时间最长为 15 s。此方式将芯片的 MSEL1 端置 1、MSEL2 端置 0、M8 端任意。将语音录放芯片的 $\overline{M1}$ ~ $\overline{M4}$引脚与单片机 P1.0 ~ P1.3 口连接，当系统拨打报警电话或者接收远程遥控时，系统在单片机控制下根据需要向对应引脚输出负脉冲即可开始或停止相应语音段的播放。

3　系统软件设计

系统软件部分主要包括主程序、警情处理子程序、拨号处理子程序、语音播放子程序和来电处理子程序。

3.1　主程序

系统首先进行初始化，然后系统循环检测警报标志位 Alarm flag 和振铃次数 Ring times，若 Alarm flag 为 1，系统关中断，延时 1 s 然后通过设置 CE 为 0 模拟摘机，再延时 1 s 之后调用拨号处理子程序，拨号完成后调用语音播放子程序播放报警信息，最后通过设置 CE 为 1 模拟挂机，开中断。若振铃次数 Ring times 减为 0，系统关闭中断响应，通过设置 CE 为 0 模拟摘机，然后调用来电处理子程序，再模拟挂机，最后重设振铃次数 Ring times 为 3 并开中断[12]。主程序流程图如图 6 所示。

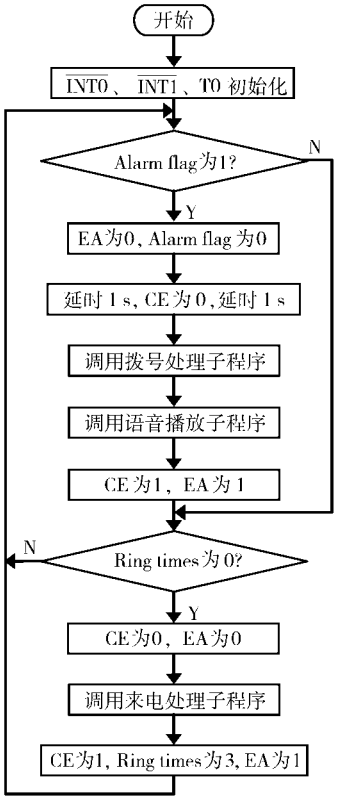

图 6　主程序流程图

Fig. 6　Flow chart of main program

标志位说明：

（1）Alarm flag 为警报标志位，$\overline{INT0}$响应时自动

置 1。

(2) CE 为摘机控制端,该位为 0 时摘机,为 1 时挂机。

(3) Ring times 为振铃次数标志位,初始值为 3,振铃 3 次后减为 0。

3.2 警情处理子程序

警情处理子程序为中断服务处理程序,用来检测传感器状态,一旦出现警情即向单片机发送中断服务请求信号。若 $\overline{\text{INT0}}$ 有效,则设置警报标志位 Alarm flag 为 1,同时关闭中断响应并等待[13]。

3.3 拨号处理子程序

拨号处理子程序用来设置 DTMF 收发芯片工作状态,完成特定号码的双音频编译和发送。程序首先对芯片进行初始化,然后将芯片的工作方式设置为 DTMF 双音频模式,延时 1 s 后,判断电话线路是否通畅,若线路忙则等待,否则开始拨号;拨号完毕后检测线路状态是否处于忙音、拨号及回铃状态,若是则继续等待,等待时间满 10 s 后挂机重拨;若电话接通,则拨号处理子程序结束。

3.4 来电处理子程序

来电处理子程序用来设置 DTMF 收发芯片工作状态,检测用户输入密码以及将用户输入的控制指令传送给单片机[14]。当调用来电处理子程序时,系统首先通过语音录放电路播放提示音提示用户输入密码,若密码错误,可重新输入,3 次输入全部错误则程序结束;若密码正确,系统调用语音提示用户输入命令控制摄像头、灌溉和喷雾设备执行相应的开关动作[15]。

4 果园试验

果园泵房智能监控系统在广东省惠州市龙门县土湖村山地果园进行了以下试验:

(1)遥控距离测试:在有 PSTN 和 PLMN 电话网络覆盖的区域,该系统的遥控距离不受限制。

(2)电路运行可靠性测试:电路功能实现的平均成功率为 96.5%。其中报警电路:拨打市内固定电话 50 次,成功报警 49 次,拨打手机 50 次,成功报警 48 次;遥控电路:市内固定电话遥控 50 次,成功 49 次,手机遥控 50 次,成功 47 次。用手机比用固定电话实现报警和遥控的成功率略低,原因是山地果园缺少基站导致手机信号较差。

(3)电路响应时间测试:报警电路平均响应时间(线路通畅情况下从检测到报警信号至拨号完成时间)为 4.58 s;远程控制平均响应时间(线路通畅情况下从检测到振铃信号至远程控制得到实施的时间)为 23.27 s(设定密码为 6 位,控制指令为 1 位,假定密码输入一次成功)。报警电路响应时间:拨打市内固定电话 20 次,平均响应时间为 4.06 s,拨打手机 20 次,平均响应时间为 5.09 s,拨打手机响应时间略长主要是因为手机比固定电话号码位数长 3 位所致,可通过减少主程序中延时时间提高报警响应速度;遥控电路响应时间:市内固定电话遥控 20 次,手机遥控 20 次,平均响应时间为 23.27 s,遥控电路响应时间较慢原因在于密码为 6 位且程序设定经过 3 次振铃无人接听后电路才模拟摘机(每次振铃所需时间即为 5 s),若要提高响应速度可将密码位数和振铃次数减小。若泵房内电话为此系统专用,可将振铃次数设为 1 次,则平均响应时间可达到 13.27 s。

(4)通信成本测试:通信成本较低,每次通信用时在 1 min 以内,仅需花费固定电话或手机的 1 min 话费。

5 结束语

系统采用单片机作为主控芯片,热释电红外传感器监测警情信号,DTMF 收发芯片完成 DTMF 信号的发送和接收,语音录放芯片进行语音提示信息的录放。该系统可以实现电话拨号报警和远程控制两大功能,从而使果园泵房的自动化和无人化管理成为可能。经果园试验测定,系统功能实现的成功率为 96.5%,报警平均响应时间为 4.58 s,远程控制平均响应时间为 23.27 s,通信仅需花费固定电话或手机的 1 min 话费。试验结果表明:系统运行稳定,遥控距离不受限制,能准确实现其功能,能满足果园泵房内防盗和远程控制灌溉、喷雾设备要求。

参 考 文 献

1 宋淑然, 阮耀灿, 洪添胜, 等. 山地果园喷药恒压控制系统设计[C]//第二届植保机械与施药技术国际学术研讨会论文集. 北京: 中国农业大学出版社, 2010.
Song Shuran, Ruan Yaocan, Hong Tiansheng, et al. Spray pesticide constant pressure controlled system design in mountainous orchard [C] // Proceedings of 2nd International Workshop of Plant Protection Machinery and Application Techniques. Beijing: China Agricultural University Press, 2010. (in Chinese)

2 赵英红. 基于 GPRS 的大棚智能监控系统的设计与实现[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(18): 7 931 ~ 7 932.
Zhao Yinghong. Design and realization of intelligent monitoring system for greenhouse based on GPRS [J]. Journal of Anhui

Agri. Sci. , 2008, 36 (18): 7 931 ~ 7 932. (in Chinese)

3 Erdal Bekiroglu, Nihat Daldal. Remote control of an ultrasonic motor by using a GSM mobile phone [J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2005, 120(2): 536 ~ 542.

4 方桃, 郑文刚. 基于 GIS 技术的远程灌溉用水管理控制系统[J]. 农业工程学报, 2008, 24(增刊 2): 54 ~ 57.
Fang Tao, Zheng Wen'gang. Remote irrigative water use management control system based on GIS technology [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(Supp. 2): 54 ~ 57. (in Chinese)

5 刘诗笺, 周晓国. 单片机控制手机短信报警系统[J]. 闽江学院学报: 自然科学版, 2006, 27(5): 78 ~ 80.
Liu Shijian, Zhou Xiaoguo. Microcontroller alarm system based on SMS [J]. Journal of Minjiang University: Science and Technology, 2006, 27(5): 78 ~ 80. (in Chinese)

6 王秀玲, 吴武臣. 基于 DTMF 的智能电话控制器设计[J]. 现代电子技术, 2007(20): 189 ~ 191.
Wang Xiuling, Wu Wuchen. Design of intelligent telephone control device based on DTMF [J]. Modern Electronics Technique, 2007(20): 189 ~ 191. (in Chinese)

7 张晓辉, 赵百通. 播种机自动补播监控系统的研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(7): 119 ~ 122.
Zhang Xiaohui, Zhao Baitong. Automatic reseeding monitoring system of seed drill [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24(7): 119 ~ 122. (in Chinese)

8 兰林俊, 黄继海, 陈胜军. 基于 GPRS 的远程家庭防盗监控系统设计[J]. 计算机安全, 2008(3): 65 ~ 68.
Lan Linjun, Huang Jihai, Chen Shengjun. Design for long-distance household guard against theft monitoring system based on GPRS [J]. Computer Security, 2008(3):65 ~ 68. (in Chinese)

9 Sonali Bagchi, Sanjit K Mitra. Efficient robust DTMF decoding using the subband NDFT [J]. Signal Processing, 1997, 56(3): 255 ~ 267

10 刘士光, 刘建民, 马继伟, 等. 基于拓扑结构的农业设施远程测控系统设计[J]. 农业机械学报, 2006, 37(1): 101 ~ 103, 117.
Liu Shiguang, Liu Jianmin, Ma Jiwei, et al. Design of long-distance measuring-controlling system based on topological structure for agricultural facilities [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(1): 101 ~ 103, 117. (in Chinese)

11 Yang Shuanghua, Dai Chengwei, Roger P Knott. Remote maintenance of control system performance over the internet [J]. Control Engineering Practice, 2007, 15(5): 533 ~ 544.

12 Subramanian V, Burks T V, Dixon W E, et al. Sensor fusion using fuzzy logic enhanced Kalman filter for autonomous vehicle guidance in citrus groves [J]. Transactions of the ASABE, 2009, 52(5): 1 411 ~ 1 422.

13 于海业, 马成林, 王振华, 等. 远程控制技术在温室环境控制中的应用现状分析[J]. 农业机械学报, 2003, 34(6): 160 ~ 163.
Yu Haiye, Ma Chenglin, Wang Zhenhua, et al. Present status and analysis of remote control of greenhouse environment via internet [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003, 34(6): 160 ~ 163. (in Chinese)

14 陈海生, 洪添胜, 吴伟斌, 等. 温室温湿度的远程监控系统[J]. 农机化研究, 2005(4): 124 ~ 127.
Chen Haisheng, Hong Tiansheng, Wu Weibin, et al. Remote monitor system for temperature moisture in greenhouse[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(4): 124 ~ 127. (in Chinese)

15 陈建恩, 王立人, 苗香雯. 温室数据采集系统远程通信接口设计研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(4): 259 ~ 263.
Chen Jian'en, Wang Liren, Miao Xiangwen. Research and development of remote communication interface for greenhouse data acquisition system [J]. Transactions of the CSAE, 2003, 19(4): 259 ~ 263. (in Chinese)

(上接第 196 页)

6 Singh C B, Jayas D S, Paliwal J, et al. Detection of insect-damaged wheat kernels using near-infrared hyperspectral imaging [J]. Journal of Stored Products Research, 2009,45(3):151 ~ 158.

7 Zhang H T, Mao H P. Image recognition and classification of the stored-grain pests based on support vector machine[C]// Proceedings of Information Technology and Environmental System Sciences, 2008:1 217 ~ 1 221.

8 张红涛. 基于可见光-近红外双目计算机视觉的鞘翅目储粮害虫检测研究[D]. 镇江:江苏大学, 2010.

9 韩绿化,毛罕平,张红涛. 鞘翅目储粮害虫振动筛分试验研究[J]. 农机化研究,2010,32(10):122 ~ 125.
Han Lühua,Mao Hanping,Zhang Hongtao. Research for the vibrating sieves property of the *Coleoptera* stored-grain pests[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2010,32(10):122 ~ 125. (in Chinese)