

# 基于虚拟仪器的农田信息采集与处理系统

裘正军, 宋海燕, 何 勇, 林丽兰

(浙江大学 生物系统工程与食品科学学院, 浙江 杭州 310029)

**摘 要:** 基于虚拟仪器技术开发了精细农业空间信息及属性信息的快速采集与实时处理系统. 该系统由传感器、全球定位系统 (GPS) 接收机、数据采集 (DAQ) 卡与计算机等组成. 软件平台的设计采用 LabVIEW. 利用多种传感器采集农田的属性信息, 输出信号经数据采集卡传输到计算机; 利用全球定位系统获取空间信息, 经由串行端口接入计算机, 由软件平台分析和处理. 结果表明, 该系统可实时同步地测量和分析农田的多源信息, 并利用数据库系统管理测量数据, 测量项目易于扩充, 为精细农业田间信息快速采集和处理设备的开发以及与地理信息系统 (GIS)、管理信息系统 (MIS) 的联结奠定了基础.

**关键词:** 农田信息; 数据采集; 虚拟仪器; LabVIEW; GPS

**中图分类号:** TP391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1008-973X(2006)11-1931-06

## Farm field information collection and processing system based on virtual instrument

QIU Zheng-jun, SONG Hai-yan, HE Yong, LIN Li-lan

(College of Biosystems Engineering and Food Science, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

**Abstract:** A virtual instrument system capable of rapid acquisition and processing of farm field spatial information and property information was developed. This measurement system consisted of sensors, global position system (GPS) receiver, data acquisition (DAQ) card and computer. The software was developed by graphical programming language LabVIEW. The property information was acquired using various sensors, with the sensors output signal transmitted to computer via DAQ card. The spatial information was acquired using GPS receiver and its signal transmitted to computer via serial port. All information acquired was analyzed and processed on the system software. The results show that this system can in real-time and synchronously measure and analyze farm field information, and that the database can effectively manage the test data. This work provides key technology for the development of equipment for rapid information acquisition and processing and the combination of geographic information system (GIS) and management information system (MIS) in precision farming.

**Key words:** farm field information; data acquisition; virtual instrument; LabVIEW; GPS

精细农业根据实施过程来分包括农田信息获取、信息的管理与决策和变量作业 3 个环节, 其中获取准确可靠的农田信息是实施精细农业的重要基础. 目前精细农业实施的最大障碍是农田信息的高

密度、高速度、高准确度、低成本获取技术的研究<sup>[1-2]</sup>. 也就是说, 精细农业的关键问题是如何快速有效地获取农田信息. 农田信息可分为 2 类: 1) 农田的位置信息, 包括地块的边界信息、采样点的经度和

收稿日期: 2005-05-15.

浙江大学学报(工学版)网址: [www.journals.zju.edu.cn/eng](http://www.journals.zju.edu.cn/eng)

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30671213); 高等学校优秀青年教师教学科研奖励基金资助项目(02411); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20040335034).

作者简介: 裘正军(1971-), 男, 浙江嵊州人, 博士, 副教授, 从事农业信息化与自动化方向的研究. E-mail: [zjqiu@zju.edu.cn](mailto:zjqiu@zju.edu.cn)

通讯联系人: 何勇, 男, 教授. E-mail: [yhe@zju.edu.cn](mailto:yhe@zju.edu.cn)

纬度、地块中沟壑的位置等地理位置信息;2)田间相应点的属性信息,如水分、pH值、电导率、有机质、氮、磷、钾等土壤属性信息及子粒产量、小穗数、生物产量等相关属性,这类信息只有在位置信息确定后,才能进一步实现。

目前采用的土壤和作物状态因子的田间快速测定仪器存在的问题有:1)只能测定各状态因子的数值,不能确定所测样本的空间位置,如YN型快速土壤肥料养分测定仪、土壤电导现场检测仪、土壤水分速测仪、土壤介电常数测量仪等;2)只能测量单一属性信息,不能实现多源信息的统一测量;3)各种测试仪器的数据输出方式和格式各不相同,难以直接被管理信息系统或地理信息系统所接受。为满足精细农业的需要,要求既能测量测点的位置信息,又能测量测点的多种属性信息,并能进行多元信息的融合和转化。近年来,传感器技术和全球定位系统(global position system, GPS)技术的发展使田间数据的实时快速采集成为可能,而虚拟仪器技术的发展为多源信息的实时采集提供了平台<sup>[3]</sup>,且易于满足精细农业对数据测试、存储、分析、控制及实时修改采样计划等的需要<sup>[4]</sup>。本文研究了基于虚拟仪器技术的农田信息快速采集与实时处理系统,开发了通用化的农田信息测试和分析平台。

## 1 系统的硬件结构

农田信息快速采集和处理系统由各种传感器、GPS接收机、数据采集(data acquisition, DAQ)卡以及PC机等组成,如图1所示。DAQ卡是本系统的硬件核心部分,它主要完成数据的采集、A/D转换和存储。考虑采样频率、输入精度、A/D转换速度与分辨率等技术指标,本系统选用NI公司PCI-6024E多功能DAQ卡。DAQ卡的模拟输入部分由

模拟通道开关、缓冲放大器、A/D转换芯片、通道控制电路等组成,能够连续、高速地获取数据,并大批量无遗失地传输数据。主要技术指标包括:16路单端或8路差分模拟输入通道,采样频率为200 kHz,输入增益为1、10或100,8个数字I/O口,输入低电平为0~0.8 V,高电平为2~5 V,2个20 MHz、24位计数器/定时器,12位A/D、D/A转换器等。

系统利用不同的传感器分别采集土壤和作物的属性信息,传感器输出的模拟信号经预处理后由DAQ卡的模拟通道传输到计算机。GPS接收机通过串口直接与计算机相联,将采集的农田定位信息传输到计算机。系统采集的所有信息都可以在软件平台上进行分析处理。

## 2 系统的软件结构

本系统软件采用模块化的设计思想,由3部分组成:1)采集模块,用于从DAQ卡获取传感器信号和从串口获取GPS数据;2)主控模块,用于管理整个系统的正常工作和执行所要求的分析处理任务,可调用采集模块进行参数设置和信号采集,还可以调用数据库管理模块实现与数据库的交互数据;3)数据库管理模块,用于存储和管理测量数据的数据库。

### 2.1 数据采集模块

数据采集是借助软件来控制整个DAQ系统,包括采集原始数据、分析数据、给出结果等<sup>[5-6]</sup>。采集信号分别从DAQ卡和串口获得,因此数据采集程序分为2类,基于DAQ卡的数据采集程序和串口数据接收程序。

2.1.1 基于DAQ卡的数据采集程序 基于DAQ卡的数据采集程序采集的是传感器的信号。在数据采集的过程中,可以按照虚拟仪器的参数进行设备和信道设置,在本采集程序中(见图2)使用了实用人工智能(AI)中的AI Waveform Scan.vi。

图2中通道设置和采样设置的数据类型均为簇,通道设置簇的成员为设备号和通道,采样设置簇的成员包括极性、采样点和采样率。其中,用一个寄存器存储上一次的簇值,当前簇的参数发生变化时,WAVE采集模块的数据缓冲区自动清零。采集的数据以二维数组的形式输出。

2.1.2 串口数据接收程序 本程序将从串口接收GPS输出的信息。LabVIEW共有5个串行通信节点,分别实现串口设置、串口写、串口读、检测串口缓存和中断功能。采用串口通信程序对端口进行初始化,规定串行通信协议:波特率、数据位、停止位、校

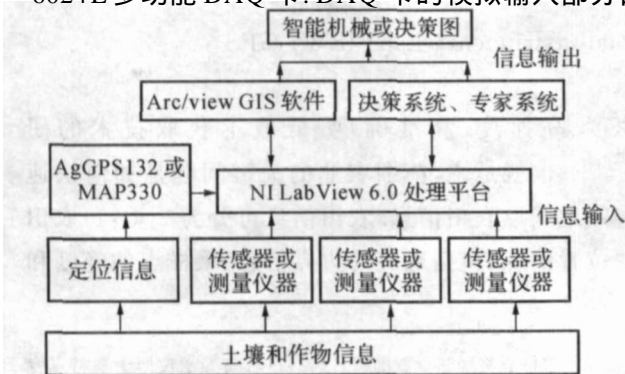


图1 系统组成的结构框图

Fig. 1 Structure block of system

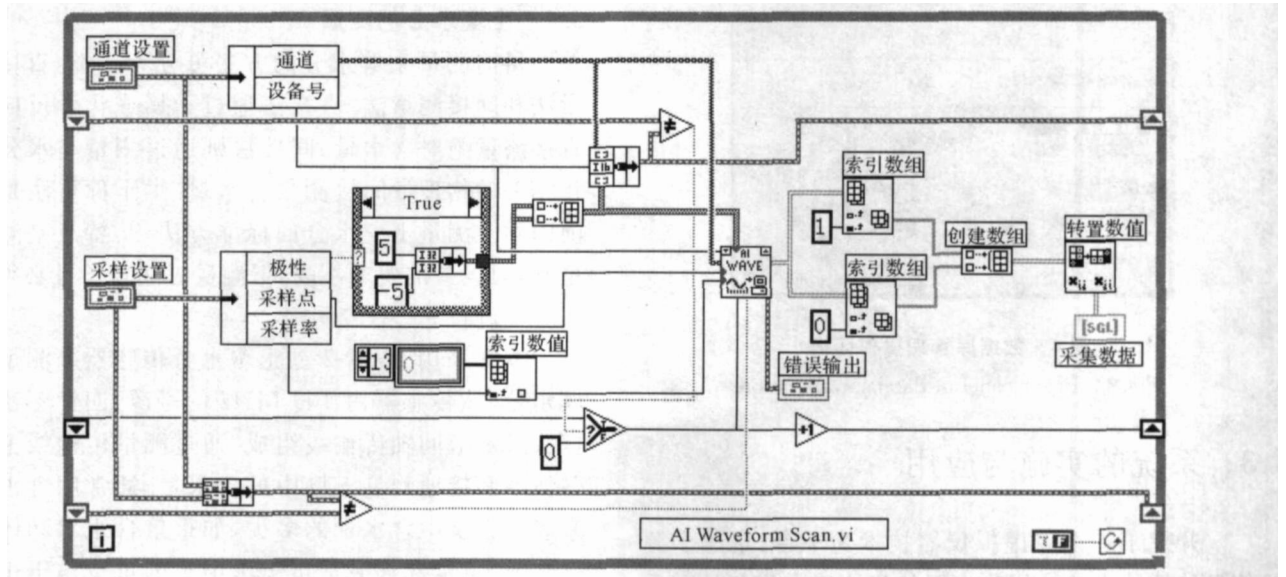


图 2 基于 DAQ卡的数据采集程序

Fig. 2 Data acquisition program based on DAQ card

验位等;利用串口读程序从串口读取 GPS 数据. 程序如图 3 所示,其中波特率的设置很关键,只有当与 GPS 传输波特率一致时才能正确接收 GPS 的信息. 本系统设置的波特率为 2 400、4 800、9 600 和 19 200 bit/s,可根据需要选择与 GPS 相匹配的波特率. 在本串口程序中必须设置的参数包括资源名(串口号)、波特率、数据位、校验位、停止位,以及每次接收字节数和接收超时等.

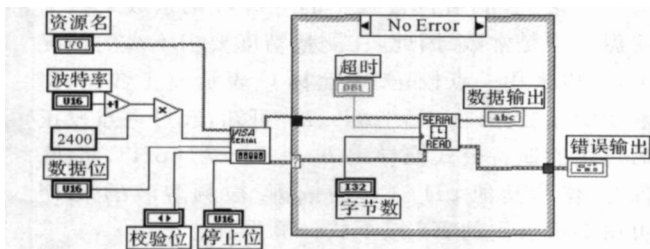


图 3 串口数据接收程序

Fig. 3 Program of receiving data from serial port

### 2.2 数据库管理模块

由于农田信息量丰富,采用数据文件的方式保存测量数据将会造成数据冗余,对于同一个采样点的不同属性信息之间难以联系起来. 为了便于对所测量的农田信息进行管理,必须统一数据格式并有效地合成多源信息,因此,建立农田信息数据库非常必要. 测量系统可充分利用数据库强大的数据存储、查询、调用等功能,并通过和通用数据库的连接实现与其他应用平台的连接<sup>[7-8]</sup>.

2.2.1 LabVIEW 与数据库的连接 在现有的 LabVIEW 软件版本中还没有提供与通用数据库直

接接口的方法. 这一问题的解决方法有<sup>[9]</sup>: 1) 利用 LabVIEW 的 ActiveX 对象中, ActiveX 数据对象 (ActiveX data object, ADO) 接口的各种对象, 进行数据库的访问<sup>[10]</sup>; 2) 利用中间文件存取数据, 先将数据存入文件中, 在需要时再将数据导入数据库中; 3) 通过其他语言如 Visual C++ 编写动态链接库 (DLL) 程序访问数据库, 再利用 LabVIEW 所带的 DLL 接口间接访问该数据库. 本文使用 LabVIEW 的工具包 SQL Toolkit 与数据库进行连接, 实现数据交换. SQL Toolkit 利用 Microsoft ADO 为 LabVIEW 提供的连通性, 实现与任何采用结构化查询语言 SQL 命令并兼容开放式数据库互联 (open database connectivity, ODBC) 的所有数据库类型直接通信, 如 SQL Server、Oracle、Pervasive、Access 等. LabVIEW 应用程序与数据库之间的数据交换需要通过编写 SQL 命令和调用 SQL 执行模块来实现.

2.2.2 数据库管理程序的设计 数据库管理模块实现 2 大基本功能: 数据存储和数据库查询. 选用具有代表性的 Access 数据库, 采用在同一个数据库中存储多个表格的方式. 数据库操作的主界面如图 4 所示. 首先在面板上指定数据库名称, 建立与数据库的连接. 当进行数据存储时, 需要输入数据表格的名称, 选择各表格所需的字段名称, 则与字段名相对应的测量数据将被动态实时地存放到表格中. 如果要查看某个表格的数据, 同样使用数据库查询功能将表格中的数据项目索引出来, 显示在一个表格中.

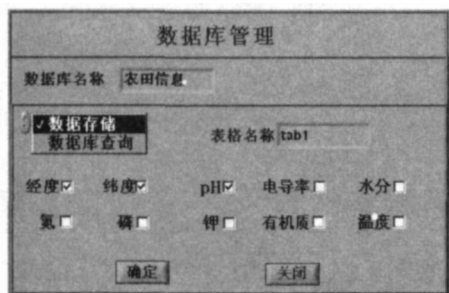


图4 数据库管理操作面板

Fig. 4 Front panel of database operation

### 3 系统的实施与应用

开发了一个以虚拟仪器技术为平台,集成多源信息传感技术的通用化农田信息快速采集和处理系统,包括土壤水分、pH值、电导率、温度、土壤和植物养分信息和定位信息的采集。

#### 3.1 GPS定位信息的测量

GPS接收机以NMEA-0183标准格式输出GPS定位数据,它提供了多种语句格式,如GPGGA、GPGSA、GPGSV、GPRMC、GPVTG等。在精细农业定位信息测量中,通常使用GPRMC语句格式,它包含了常用的GPS定位信息<sup>[7]</sup>。GPRMC语句包含多个数据项,数据项之间以逗号分隔,语句以回车(CR)和换行(LF)符结尾。GPRMC语句格式为

\_\$GPRMC,184804,A,3016.6297,N,12011.2745,

E,0.7,8,323.7,3.1,1002,0.4,W,5

常用数据项的意义如下。语句标识符:\$GPRMC; 世界标准时间(UTC):184804; 接收机状态标志:A有效定位状态; 纬度:3016.6297; 纬度方向:N; 经度:12011.2745; 经度方向:E。

在GPRMC语句中,其长度和数据项位置是固定的,如纬度数据在第16~24字节,经度数据在第28~38字节,读取特定位置的数据就可从语句中分离出所需的定位信息。定位数据分离程序如图5所示。

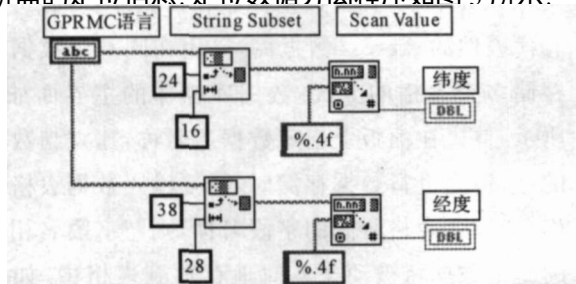


图5 定位数据分离程序

Fig. 5 Program of position data separation

#### 3.2 土壤水分的测量

目前测量土壤水分的方法可分为2类:直接测量法和间接测量法。直接法通过干燥或化学反应后直接测量绝对含水量,间接法则通过测量与水分变化相关的物理量间接测量含水量。烘干称重法是目前国际上测量土壤水分的标准方法,其特点是测量精确,对设备的要求不高,但测量时间较长且必须在实验室进行<sup>[10-11]</sup>。

本文采用SWR-2型土壤水分传感器来测量土壤水分。该传感器由100 MHz信号源、四针不锈钢探头及一节同轴传输线组成,通过测量传输线上的驻波率间接地测量土壤中的含水量。通常用含水率来表示土壤中含水量的多少,如重量含水率和体积含水率。重量含水率是指土壤中水的重量与干土重量的百分比,体积含水率是指土壤中水所占的体积与土壤总体积的百分比。SWR-2传感器测量的是土壤中水分的体积含水率,传感器输出电压与土壤含水率相关。

#### 3.3 土壤pH值的测量

土壤pH值的测量采用电极电位分析法。使用2个电极构成一个化学电池,根据电化学分析原理,两电极之间的电压差遵循能斯特方程:

$$E = E_0 + k \times \text{pH}. \quad (1)$$

式中:  $E$  为电极电位,  $E_0$  为标准电极电位,  $k$  为电极转化系数。

理论上,能斯特公式中的电极转化系数  $k$  在一定温度下是常数。因此,在测量精度要求不高的情况下,可以采用一点校正。用上标  $C$  表示校正数据,  $M$  表示测量数据。由于  $k$ 、 $\text{pH}^C$ 、 $E^C$  可知,经过一点校正后可由能斯特公式推导出  $E_0 = E^C + k \times \text{pH}^C$ , 将  $E_0$  保存,作为其他pH测量的依据。被测溶液的  $\text{pH}^M$  可由测量得到的  $E^M$  按下式计算得到:

$$\text{pH}^M = (E_0 - E^M) / k. \quad (2)$$

实际上,电极转化系数  $k$  在一定温度下受多种因素影响而并非是一个常数。因此,在测量精度要求较高的情况下,应该采用两点校正法,得到的数据同样也可以经过能斯特公式处理得到:

$$E_0 = \frac{E_1^C \cdot \text{pH}_2^C - E_2^C \cdot \text{pH}_1^C}{\text{pH}_2^C - \text{pH}_1^C}, \quad (3)$$

$$k = \frac{E_1^C - E_2^C}{\text{pH}_2^C - \text{pH}_1^C}. \quad (4)$$

本系统采用高性能pH复合电极ASP2101获取土壤的pH值,测量范围为0~14,温度范围为0~110℃,可用于实验室及各类工业场合。

#### 3.4 土壤电导率及温度的测量

通常采用电导电极测量溶液的电导率。电导是

电阻的倒数,只要计算出电极的电阻就可以得到相应的电导率值。最常用的电导率测量方法有惠斯顿电桥法和电阻分压法<sup>[11]</sup>。

本文采用电阻分压法,其测量电路如图 6 所示。选取  $R_m = 100 \text{ k}$ ,为防止直流电源引起的极化现象影响测量精度,采用交流信号源,信号源的频率一般为 50 Hz,幅值为 6~10 V。当电导率较高时,宜采用 1 000~2 500 Hz 的高频信号源。

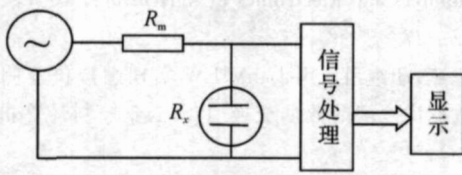


图 6 电导率测量电路

Fig. 6 Measuring circuit of EC

若已获取信号源的电压  $U_0$  和电导电极两端的电压  $U_1$ ,根据电阻分压电路可求出电导电极两端的电导为

$$G = \frac{U_0 - U_1}{R_m U_1} \quad (5)$$

再计算出所测溶液的电导率为

$$= G \times K \quad (6)$$

式中:  $G$  为电导,单位为  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ;  $K$  为电导池常数,单位为  $\text{cm}^{-1}$ 。

由于温度的变化对电导率影响较大,在测量电导率时要求溶液温度尽可能接近 25,并在测量过程中保持稳定。如果无法实现溶液温度稳定在  $(25.0 \pm 0.5)$ ,应对测定结果进行温度校正。通常,利用如下溶液电导率与温度的关系可将溶液电导率换算成在 25 时的值:

$$_{25} = \frac{G_t \times k}{1 + (t - 25)} \quad (7)$$

式中:  $_{25}$  为在 25 时溶液的电导率,  $t$  为溶液的温度,  $G_t$  为在温度  $t$  下测得的溶液电导,  $k$  为温度校正系数,约为 0.02。

电导传感器采用 SDL-1 型电导电极,测量范围为 0.01~2.00  $\text{mS}/\text{cm}$ ,信号源输出频率为 50 Hz,幅度为 -5~5 V。温度传感器采用镍铬-镍硅 K 型热电偶,测温范围为 0~1 300,允许误差为  $\pm 3$ ,热电势和温度关系近似线性。

### 3.5 土壤和植物养分的测量

对于土壤和植物养分如氮、磷、钾等的测量,在通用化平台上已经进行通道的设计,预留了传感器接口。但由于目前缺乏快速有效的传感器,通常利用化学方法进行测量,测量信息可以通过人工输入到

软件平台。

### 3.6 多路信息的融合

对于系统的所有测量信息,可利用 Access 数据库统一其数据格式并将多路信息融合,以获得同一个采样点的属性信息之间的对应关系。本系统利用数据库强大的数据存储、查询、调用等功能,并通过数据库实现与其他应用平台的方便联结,如专家系统和决策支持系统等。

### 3.7 系统的初步实施

如图 7 所示,以土壤 pH 值、电导率、水分和定位信息的测量为例,pH 电极连接到 DAQ 卡的通道 1,通道设置选择对应的虚拟通道 ch-1。类似地,电导率和水分通道分别选择 ch-2 和 ch-3。采样数据实时显示在波形图中,可根据具体情况修改采样点和采样率。经度和纬度信息显示在数字型控件中,可选择串行端口和波特率。

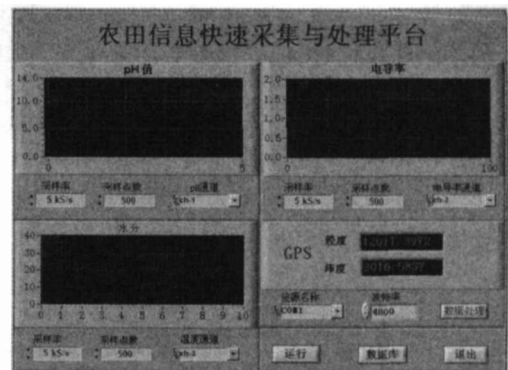


图 7 系统控制前面板

Fig. 7 System's front panel

## 4 结 论

(1) 本文应用虚拟仪器技术开发了通用化的农田信息快速采集与实时处理系统,该系统可实时同步地测量和分析农田的多源信息,包括位置信息和属性信息,测量项目易于扩充,是一个通用的信息采集和处理平台。

(2) 测量系统利用数据库合成多源信息,统一测量数据格式、系统的管理数据,为与地理信息系统、决策支持系统和专家系统的连接提供了接口。

(3) 设计了 GPS 接收机与计算机的软件接口程序,实现了 GPS 定位信息的计算机采集和数据处理。

### 参考文献(References):

[1] 汪懋华.“精细农业”发展与工程技术创新[J]. 农业工程学报,1999,15(1):1~8.

WANG Mao-hua. Development of precision agriculture

- and innovation of engineering technologies [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 1999, 15(1):1-8.
- [2] 何勇. 精细农业[M]. 杭州:浙江大学出版社, 2003:1-20.
- [3] 叶学松, 徐成华, 樊海涛, 等. 一种新型的声表面波液相检测系统研究[J]. **浙江大学学报:工学版**, 2004, 38(8):1051-1055.  
YE Xue-song, XU Cheng-hua, FAN Hai-tao, et al. Study of a novel surface acoustic wave liquid detection system [J]. **Journal of Zhejiang University: Engineering Science**, 2004, 38(8):1051-1055.
- [4] 罗锡文, 臧英, 周志艳. 精细农业中农情信息采集技术的研究进展[J]. **农业工程学报**, 2006, 22(1):167-173.  
LUO Xi-wen, ZANG Ying, ZHOU Zhi-yan. Research progress in farming information acquisition technique for precision agriculture [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, 2006, 22(1):167-173.
- [5] 关贞珍, 霍晓静, 钱东平, 等. 基于虚拟仪器的信号采集与分析系统[J]. **河北农业大学学报**, 2002, 25(3):84-87.  
GUAN Zhen-zhen, HUO Xiao-jing, QIAN Dong-ping, et al. Signal acquisition & data analysis system based on virtual instrumentation technique [J]. **Journal of Agricultural University of Hebei**, 2002, 25(3):84-87.
- [6] 张炳宁, 刘林旺. 基本农田信息系统的建立及其应用:耕地地力等级体系研究[J]. **土壤学报**, 1999, 36(4):510-521.  
ZHANG Bing-ning, LIU Lin-wang. The establish and application of basal farm field information: the research of infield class system [J]. **Journal of Soil**, 1999, 36(4):510-521.
- [7] 刘基余. GPS 卫星测量的坐标变换[J]. **导航**, 1999, 35(1):75-82.  
LIU Ji-yu. The transform of GPS secondary planet coordinate [J]. **Navigation**, 1999, 35(1):75-82.
- [8] NOBORIO K. Measurement of soil water content and electrical conductivity by time domain reflectometry [J]. **Computers and Electronics in Agriculture**, 2001, 31(11):213-237.
- [9] 孙海燕, 胡继胜. 用 LabVIEW 实现虚拟仪器测试系统与数据库之间的数据交换[J]. **工业控制计算机**, 2002, 15(3):61-63.  
SUN Hai-yan, HU Ji-sheng. The realization of data exchange between virtual instrument measurement system and database by using LabVIEW [J]. **Industrial Control Computer**, 2002, 15(3):61-63.
- [10] TORAN F, RAMIREZ D, NAVANO A E, et al. Design of a virtual instrument for water quality monitoring across the internet [J]. **Sensors and Actuators B: Chemical**, 2001, 76(1-3):281-285.
- [11] EIGENBERG R A, DORAN J W, NIENABER J A, et al. Electrical conductivity monitoring of soil condition and available N with animal manure and a cover crop [J]. **Agriculture Ecosystems and Environment**, 2002, 88(2):183-193.

## (上接第 1921 页)

- [4] CHOI H S, KIM I H, BAE Y C. Swelling behaviors of submicron-sized copolymer gel particles: the effect of physical crosslinking [J]. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**, 2001, 39(4):1928-1934.
- [5] MARCHETTI M, PRAGER S, CUSSLER E L. Thermodynamic predictions of volume changes in temperature-sensitive gels. 1. Theory [J]. **Macromolecules**, 1990, 23(6):1760-1765.
- [6] MOERKERKE R, KONINGSVELD R, BERGHMANS H, et al. Phase transitions in swollen network [J]. **Macromolecules**, 1995, 28(4):1103-1107.
- [7] CHIKLIS C K, GRASSHOFF J M. Swelling of thin films. Acrylamide-N-isopropylacrylamide copolymers in water [J]. **Journal of Polymer Science, Part A-2**, 1970, 8:1617-1626.
- [8] FLORY P J, ERMAN B. Theory of elasticity of polymer networks [J]. **Macromolecules**, 1982, 15(3):800-806.
- [9] LLMAIN F, TNANKA T, KOKUFUTA E. Volume transition in a gel driven by hydrogen bonding [J]. **Nature**, 1991, 349:400-401.
- [10] ROSS-MURPHY S B. Polymer network principles of their formation structure and properties [D]. New York & London: Blackie Academic and Professional, 1998.
- [11] ERMAN B, FLORY P J. Critical phenomena and transitions in swollen polymer networks and in linear macromolecules [J]. **Macromolecules**, 1986, 19(9):2342-2353.
- [12] ECKSTEIN A, SUHM J, FRIEDRICH C, et al. Determination of plateau moduli and entanglement molecular weights of isotactic, syndiotactic, and atactic polypropylenes synthesized with metallocene catalysts [J]. **Macromolecules**, 1998, 31(4):1335-1340.
- [13] 张先正, 卓仁禧. 快速温度敏感聚(N-异丙基丙烯酰胺-co-丙烯酰胺)水凝胶的制备及性能研究[J]. **高等学校化学学报**, 2000, 21(8):1309-1311.  
ZHANG Xian-zheng, ZHUO Ren-xi. Synthesis and properties of fast responsive, temperature sensitive P(NIPA-co-AA) hydrogel [J]. **Chemical Journal of Chinese Universities**, 2000, 21(8):1309-1311.
- [14] XUE W, CHAMP S, HUGLIN M B. Network and swelling parameters of chemically crosslinked thermoreversible hydrogels [J]. **Polymer**, 2001, 42(8):3665-3669.