

# 土壤水分空间分布快速测试仪器的开发

杨绍辉 王一鸣 冯磊

(中国农业大学 信息与电气工程学院,北京 100083)

**摘要** 针对土壤墒情监测和指导田间变量灌溉的要求,研制开发了能同时测量采样点经纬度位置和土壤含水率(体积分数)的土壤水分空间分布快速测试仪。该测试仪由 80C552 微控制器、GPS 接收机、水分传感器等几部分组成。测量得到的数据经串口传到上位机经过处理和分析后,采用 GIS 软件对采样点试验数据进行分析,生成土壤水分空间分布图。对地表下 10 cm 深度土壤含水率的采样试验结果表明,2 组测量数据在小范围内空间变异系数 < 10%,说明仪器性能稳定可靠。该测试仪能为变量灌溉和墒情监测提供科学依据。

**关键词** 土壤水分;空间分布;GPS;GIS

**中图分类号** S 237

**文章编号** 1007-4333(2005)01-0023-03

**文献标识码** A

## Development of a quick-measuring instrument for soil moisture distribution

Yang Shaohui, Wang Yiming, Feng Lei

(College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** Aiming at the requirements of variable irrigation and soil moisture monitor in precision agriculture, an instrument for measuring soil moisture content and its spatial distribution was developed. The instrument is composed of a single-chip microcomputer, a GPS receiver and a SWR moisture sensor. The collected data were analyzed by a GIS software and then the soil moisture spatial-distribution maps were acquired. The experimental results indicated that the instrument provided a scientific basis for soil moisture monitor and variable irrigation.

**Key words** soil moisture; spatial distribution; GPS; GIS

随着现代信息技术的不断发展,全球定位系统、地理信息系统等技术已融合到土壤水分测量方法的研究中。目前从国外引进的快速水分测量仪,如 TDR 水分测量仪,价格昂贵,同时功能较单一,只能测量土壤含水率,不能反映测量点的位置信息<sup>[1]</sup>。中国农业大学传感器与检测技术研究所从精准农业测量土壤水分的要求出发,研制开发了 TSC 型智能化土壤水分空间分布快速测试仪(下简称 TSC 测试仪),可以完成 GPS 数据的接收与处理、土壤水分数据的采集与保存等工作。应用 GIS 软件对数据分析处理,即可生成土壤水分空间分布图,并可据此监测土壤水分墒情和指导田间变量灌溉。

## 1 系统设计

### 1.1 硬件设计

TSC 测试仪主要由 SWR 型土壤水分传感器、

GPS 接收机和快速测试仪表等组成。

1) SWR 型土壤水分传感器。由信号源、传输线和探针等构成,其中信号源为 100 MHz 的正弦波,传输线为特征阻抗 50 的同轴电缆,探针分布呈圆心四爪结构。传感器采用驻波原理,性能与时域反射仪(TDR)和中子仪(Neutron Probe)相当,并且有一定突破<sup>[2]</sup>。主要特点为:使用简单,直流输入输出,精度  $\pm 2\%$ ;响应在通电后 2 s 内进入稳定状态;多探头结构,易于互换。农作物根系深度一般在地表下 20 cm 之内,故传感器配有 4 种规格的探头:6, 10, 15 和 20 cm,用于测量不同深度土壤表层的土壤含水率(体积分数,下同)。

2) GPS 接收机。用户通过 GPS 接收机接收来自全球导航定位系统中卫星发出的无线电导航电文,并通过其确定卫星到 GPS 接收机天线间的距离。当同时接收到 3 颗以上卫星发射的导航电文后

收稿日期:2004-10-25

基金项目:国家高技术研究发展计划专项课题(2002AA6Z3071)

作者简介:杨绍辉,博士研究生;王一鸣,教授,主要从事土壤墒情、谷物品质检测和植物模型的研究。

即可进行三维定位,其精度取决于GPS接收机捕获导航电文的能力<sup>[3]</sup>。本仪表使用的是美国GARMIN公司生产的GPS接收机,定位精度10m。

3) TSC 测试仪仪表。采用80C552微控制器作为内核,采用菜单式的操作界面,操作简便快捷,每2s可测得1个采样点的数据。主要功能:

- a. 通过SWR型土壤水分传感器测量各个采样点的土壤含水率,测量精度为±2%。通过循环100次A/D转换,求取土壤含水率平均值,最后保存到仪表中。
- b. 通过GPS接收机采集各个指定点的经纬度及采样时间。
- c. 初步处理GPS经纬度,进行坐标转换。
- d. 存储所测各个指定点的土壤含水率和经纬度,并通过RS-232串行口传送给上位机保存与处理。

1.2 软件设计

1) 单片机部分的程序结构。

a. 主控制模块。为整个单片机的入口和初始化部分,是程序运行的主体和总控制部分。主控制模块启动后通过事件模块循环获取各按键事件状态并执行该按键事件,事件执行模块则调用相应子功能模块来完成用户所需的功能。主程序流程见图1。

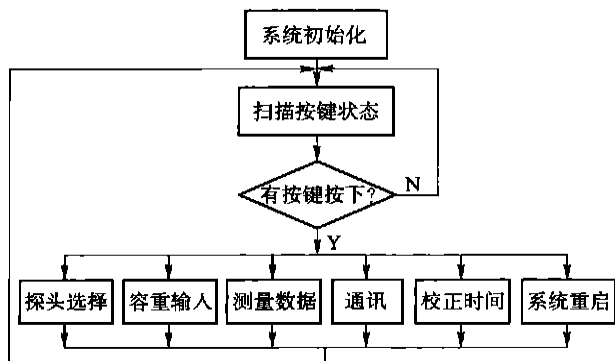


图1 主程序流程图

Fig. 1 Flow chart of main program

b. 测量模块。完成土壤含水率和地理信息数据的采集工作。SWR土壤水分传感器采集的是电压的模拟信号,通过电缆将模拟信号传给测试仪,然后通过12位A/D转换,将模拟信号转换成数字信号。同时通过RS232串口,从GPS接收机中获得采样的地理信息数据。值得注意的是,仪器得到的土壤含水率为体积分数,而传统的烘干法测量的土壤含水率为质量分数 $w$ 。为了与传统方法的结果对应,测试仪将测得的以体积分数计的土壤含水率自动换算为质量分数, $w = \text{体积分数} / \text{土壤容重}$ ;并将二者同时传

给上位机。壤土(砂壤、黏壤)容重一般为1.2~1.5 kg/m<sup>3</sup>。在容重未知的情况下,仪器采用默认容重1.40 kg/m<sup>3</sup>。

c. 上位机通讯模块。当测试仪完成了数据的测量与保存工作后需要向上位机传送各个指定点的数据,数据进入上位机后将做进一步的分析处理。单片机系统向上位机传送的数据格式为:

序号,日期,时间,探头长度,  $w$ , 经度, 纬度

2) 上位机程序设计。利用串口ActiveX控件完成数据的接收、保存和经纬度的坐标转换等工作。上位机程序首先通过RS-232串口将单片机中的测量序号、经纬度的大地坐标及土壤含水率等数据传输给上位机,然后对地理信息数据进行转换。上位机程序流程见图2。

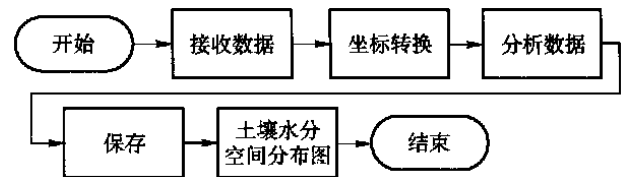


图2 上位机程序流程图

Fig. 2 Flow chart of epigynous computer

本研究采用高斯-克里格投影下的正解变换<sup>[4,5]</sup>,地面点位置用大地经度、大地纬度和大地高度表示,其公式为

$$\begin{cases} x = f_x(L, B) \\ y = f_y(L, B) \end{cases} \quad (1)$$

式中:

$$\begin{aligned} x &= S + L^2/2 \times N \times \sin B \cos B + L^4/24 \times \\ &N \times \sin B \cos^3 B \times (5 - t^2 + 9t^2 + 4t^2) + \\ &L^5/720 \times N \times \sin B \times \cos^5 B \times L^5/720 \times \\ &N \times \sin B \times \cos^5 B \times (51 - 58t^2 + t^4) \\ Y &= L \times N \times \cos B + L^2/6N \cos^3 B (1 - L^2 + \\ &^2) + L^5/120 \times N \times \cos^5 B (5 - 18t^2 + \\ &t^4 + 14t^2 - 58t^2 t^4) \end{aligned} \quad (2)$$

式中: $t = \tan B$ ;  $N = e^2 / (\cos^2 B)$ ,  $e^2 = (a^2 - b^2) / b^2$ ;  $L$ 和 $B$ 分别为经度和纬度测定值; $a$ 和 $b$ 分别为地球长短轴,这里采用的是克拉索夫斯基椭球模型;为地球长短半轴差比常数; $N$ 为卯酉圈曲率半径; $S$ 为赤道至纬度 $B$ 的经线弧长。

2 试验结果与分析

2.1 TSC 测试仪性能试验

2003-03-27 T17:00 在中国农业大学(东校区)

