

土壤墒情信息采集与远程监测系统*

杨绍辉^{1,2} 杨卫中³ 王一鸣³

(1. 集美大学机械工程学院, 厦门 361021; 2. 福建省清洁燃烧与能源高效利用工程技术研究中心, 厦门 361021;
3. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083)

【摘要】 为提高传输距离和进行不间断连续监测, 开发了土壤墒情信息采集与远程监测系统。详细讨论了系统的结构和原理, 给出了系统的软硬件设计方案。系统利用太阳能进行充电, 通过 GSM 网络进行土壤墒情数据无线传递, 利用 GPS 系统进行采样点的卫星定位。通过 GIS 软件, 系统能实时监测大面积区域内的土壤墒情状态并做出土壤墒情空间分布图。应用结果表明, 该系统结构合理, 可以为防旱、抗旱提供可靠的依据。

关键词: 土壤墒情 远程监测 GIS GPS GSM

中图分类号: S237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)09-0173-05

Remote Collecting and Monitoring System of Soil Moisture Content Information

Yang Shaohui^{1,2} Yang Weizhong³ Wang Yiming³

(1. College of Mechanical Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China

2. Cleaning Combustion and Energy Utilization Research Center of Fujian, Xiamen 361021, China

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

Abstract

In order to heighten transmission distance and continuous monitoring, a remote collection and monitoring system of soil moisture content information was developed. Its structure and principle were described in detail, and the software and hardware design were given. The system can be charged by solar energy. Wireless transmission and satellite location of sample stations was realized by GSM net and GPS system. The large area real-time soil moisture content state was monitored and the spatial distribution map of soil moisture was drawn by a GIS software. The application results show that the proposed system is efficient. The established remote monitoring system provides reliable and foundation for fighting for drought.

Key words Soil moisture content, Remote monitoring, GIS, GPS, GSM

引言

中国是一个严重缺水, 干旱的农业大国。有效防旱、抗旱, 减少旱灾造成的各项损失, 已成为防汛抗旱各级部门最主要的任务之一^[1]。对土壤墒情进行信息采集并进行快速监控, 是防止和控制旱情发展的有效手段。如今, 对土壤墒情进行采集的仪

器仪表有很多, 大多只能对某个单独的地点或者对小面积的农田进行测量, 不能在大面积的区域内 (如对大面积灌区、农田, 某个市或者某个省) 进行土壤墒情监测^[2]。另外, 很多需要进行土壤墒情监测的地点都处于荒郊野外, 人烟罕至, 在这些地点进行土壤墒情监测用现有仪表将难于进行长期固定的连续观测^[3]。因此, 将土壤墒情监控系统增加无线

收稿日期: 2009-09-04 修回日期: 2009-10-23

* 福建省青年科技人才创新资助项目(2009J05127)和集美大学创新团队基金资助项目(2009A002)

作者简介: 杨绍辉, 副教授, 福建省清洁燃烧与能源高效利用工程技术研究中心工程师, 主要从事智能化检测与控制研究, E-mail: yangshaohui1979@163.com

通讯作者: 杨卫中, 副教授, 主要从事智能化检测与控制研究, E-mail: yangweizhong@263.net

通信功能和太阳能连续充电功能是新的切入点^[4-7]。本文设计开发的土壤墒情信息采集与远程监控系统,通过 GSM 短信息进行土壤墒情信息传递,利用太阳能充电,实现墒情信息的远程连续监测。同时,利用在多个采集点设置带有 GPS 装置的固定监测站,并通过上位机 GIS 软件实现大面积区域的土壤墒情实时监测。

1 系统结构

土壤墒情信息采集与远程监测系统由 SWR 土壤水分传感器、土壤墒情数据采集器、土壤墒情数据接收器和土壤墒情远程监控计算机组成,如图 1 所示。SWR 型土壤水分测量是一种基于驻波原理的土壤水分快速测量方法。它具有较稳定的测量精度和广泛的使用范围^[8]。传感器埋入土壤中,直接获取地表下 0~100 cm 各个深度处的土壤水分信息,并将其转化为 0~5 V 模拟电压信号。土壤墒情数据采集器一方面用于接收传感器的土壤水分信息,另一方面利用 GSM 无线短信将土壤水分信息传递给安装于监控中心的土壤墒情数据接收器。在一个土壤墒情监控系统中,根据需要,土壤墒情数据采集器可以有多个,每个采集器可以作为一个土壤墒情固定监测站,分布在区域内不同的特征点处进行土壤水分信息采集。而一个系统中,土壤墒情数据接收器只有一个,循环接收不同采集器发送的信息,并将土壤水分信息通过 RS232 串口通讯协议传递给土壤墒情远程监控计算机。监控计算机中以 Super GIS 为二次开发平台进行软件开发,对所有土壤墒情信息进行分析统计,进而对区域内的土壤墒情进行监控。

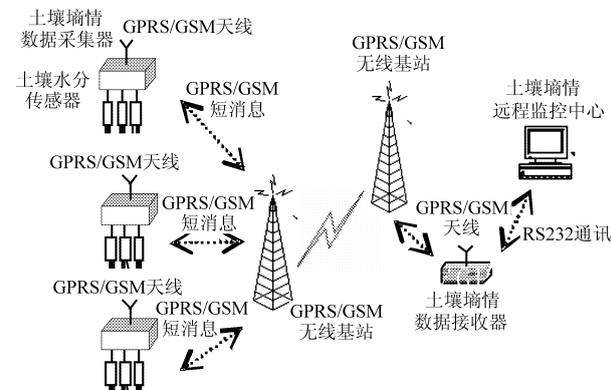


图 1 系统结构

Fig. 1 System hardware structure

2 系统硬件设计

2.1 土壤墒情数据采集器

土壤墒情信息采集器可以直接测量并实时保存

土壤水分的容积含水率,其单位为: $\% (\text{m}^3/\text{m}^3)$,测量精度为: $\pm 2\% (\text{m}^3/\text{m}^3)$ 。

采集器主要由 80C552 微控制器、GSM 模块、GPS 模块、LCD 液晶显示屏、TL16C554A 串口扩展器、62256 时钟芯片、27C512 内存、A/D 转换器和太阳能电源回路等几部分构成。图 2 为采集器的硬件结构图。

(1) 80C552 微控制器是一种适合于高集成度、低成本,可以满足多方面性能要求的微控制器。它本身具有一个 10 位的 A/D 转换器,自带一个 RS232 串口,能够满足仪表的要求,大幅减少外围电路的设计,微控制器是采集器的核心部分。

(2) GSM 模块选用 ZXGM18 模块。该模块主要为语音传输、短消息发送和数据业务提供无线接口。ZXGM18 集成了完整的射频电路和 GSM 的基带处理器。模块的数据通信接口为标准的 9 线 UART 串口,波特率为 300~115 200 b/s。采集仪主要利用 GSM 模块的 AT 指令对土壤墒情信息以短消息的形式进行发送和接收。

(3) GPS 模块选用 CCA-450 J 模块。主要运用 GPS 模块来采集墒情站采样点的经度、纬度值。在模块启动完成自检初始化后,它将自动接收来自天线的 GPS 的射频信号,将此信号进行变频、放大、相关、混频等一系列处理后,完成对其天线所监测范围内几颗卫星的连续跟踪,经过算法解译出 GPS 卫星所发送的导航电文,最后经过标准的 NMEA-0183 协议输出定位数据,定位精度为 10 m。

(4) 时钟芯片选用 MC12887,它是 CMOS 实时时钟/日历芯片,可以产生秒、分、时、星期、日、月、年等 7 个时标,系统通过编程读取和修改这些时标,用于获取所采集土壤水分的时间信息。

(5) 采集器的显示通过一个 128×64 的点阵型 LCD 液晶图像显示控制器完成,系统通过汉字取模软件,将汉字设定为 8×8 的点阵,一屏可显示 32 个汉字。通过仪表上的按键,在液晶显示器上选择菜单,就可以方便地对仪表进行操作。

(6) 采集器电源系统由一个 40 W 太阳能电池板、8.8 A 太阳能充电控制器和一个 12V65AH 免维护蓄电池组成。通过该电源系统可以对采集仪进行不间断野外供电。

(7) TL16C554A 是一个串口扩展器。它能够将 80C552 微控制器的 1 个串口扩展为 4 个,用于接收来自 GPS 模块的地理位置数据和 GSM 模块的短消息发送。

2.2 土壤墒情远程监控中心

土壤墒情远程监控中心主要安装远程监控计算

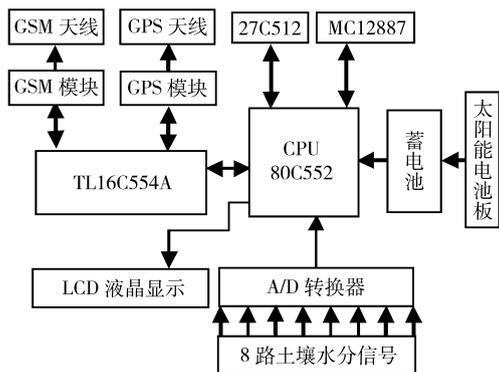


图 2 土壤墒情信息采集器硬件结构

Fig.2 Hardware structure of soil moisture data measuring instrument

机和土壤墒情数据接收器。如图 3 所示,土壤墒情数据接收机仍以 80C552 微控制器为核心,利用 TL16C554A 串口扩展器进行串口扩展。接收机一方面可以接收采集器通过短信传递来的土壤水分信息,并利用 RS232 串口将信息传递给监控计算机,另一方面可以将监控中心的控制指令传递给采集器,实现信息的交流。远程监控计算机中运行土壤墒情监控软件。该软件可以对区域内的土壤墒情信息进行分析 and 统计。

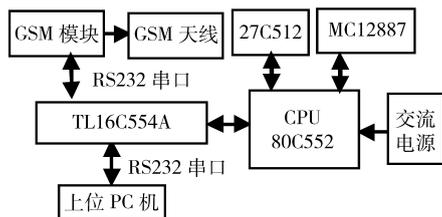


图 3 土壤墒情信息接收器硬件结构

Fig.3 Hardware structure of soil moisture data receiving instrument

3 系统软件设计

根据系统实现逻辑功能的要求,可以将系统软件分为土壤墒情采集器软件、SQL 数据库设计和监控中心软件等几部分。

3.1 采集器软件

土壤墒情采集器和接收器软件利用单片机 C 语言开发。负责土壤墒情数据,位置信息,时间信息的采集、保存和无线通讯等工作。

(1) AT 指令

GSM 模块提供标准的 AT 命令(AT commands)进行短消息收发及其他控制。AT 指令集通常是由一个特定的“指令前缀”开始,以回车 <CR>“指令结束标志”结束。常用的 AT 指令如:① AT + CMGF:用于设置短消息的格式。短信格式有文本(TEXT)格式和协议数据单元(PDU)格式两种,0 为

PDU 模式,1 为 TEXT 模式。本文采用目前手机普遍支持的协议数据单元(简称 PDU)模式并利用 UCS2 编码格式进行远程数据传输。② AT + CMGS:用于发送短消息。③ AT + CMGD:用于删除已收到的短消息,进行数据维护。④ AT + GSMR:用于读取短消息。⑤ AT + CSCA:用于设置短消息中心。

(2) 数据通讯协议

为了实现系统中来自不同采集点的各类数据和指令信息的有效传输和识别,需要定义整个系统统一遵循的通信规则,建立应用层通信协议。如表 1 所示的采集器数据的通信协议,其中:采集器编号表示该采集器在系统中的编号顺序;墒情站名称表示采集器所在的站点名称,最多 4 个汉字,占用 8 字节;8 通道土壤水分值,表示采集器的 8 个采集通道传递来的实时土壤水分值,每个水分值占用 4 字节,共 32 字节;采集时间表示发送土壤水分数据时的时间,格式为 YYYYMMDDHHMMSS 如 20090918123000 表示 2009 年 9 月 18 号 12 点 30 分;终端状态包括:正常、故障、报警,占 1 个字节,定义为“0”正常,“1”故障,“2”报警。每条短信息共 73 个字节,所有数据能够利用一条短信息进行发送。

表 1 采集器通讯协议

Tab.1 Protocol of the measurement instrument

采集器编号	墒情站名称	8 通道土壤水分值	采集时间	经纬度	采集器状态
8	8	32	16	8	1
字节	字节	字节	字节	字节	字节

(3) 串口通讯

由于采集器和 GSM 模块通过串口连接,所以该程序要实现数据的发送、接收、存储等功能以及和 GSM 服务有关的拨号、应答和数据传输等功能都要通过串口来完成。其数据接收和发送流程如图 4 所示。采集器开机后,程序在主函数中运行,TL16C554A 串口扩展器和 ZXGM18 通讯模块分别进行初始化。当有数据进行通讯时,采集器通过 AT 指令进行拨号,若此时接收器处于开机状态,则监控中心可以及时获得土壤墒情信息,并将信息区分后,分别保存至 SQL 数据库,提供监控中心进行统计和分析。

3.2 SQL 数据库

土壤墒情数据库的设计是软件建设的一个重要环节。本系统数据库分为 3 大类型的数据:土壤墒情信息数据、GIS 地理信息数据,气象数据。数据的

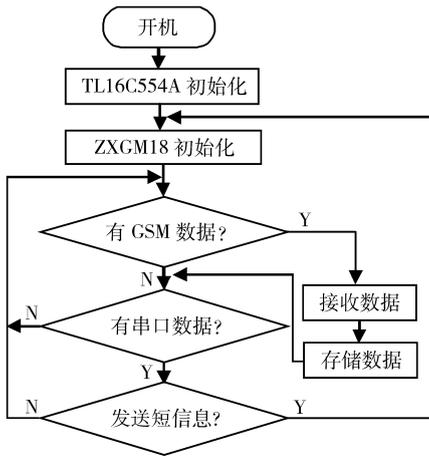


图 4 采集器通讯流程图

Fig. 4 Communication program flow chart of measurement

读写利用 ADO 技术进行设计开发。利用 ADO 可以方便、高效地实现数据库的访问与存储。

数据库包含一系列数据表。通过信息采集器得到的土壤水分数据及具体地理位置数据存入土壤墒情信息表中。各个土壤墒情站的采集号码信息,设备管理信息以及站点联络人信息等存入站点信息表中。气象数据包括从各个气象部门获得的气象数据,如降雨量、日照时间、气温和空气湿度等。其他信息包括一些土壤墒情预报模型的参数和土壤类型及采集点周围环境等信息也都由相应数据表进行保存。

GIS 地理数据不同于其他数据,它并不保存在 SQL 关系型数据库中,而是直接保存在专门的地理信息系统数据库中,数据内容包括矢量图、栅格图等。GIS 地理数据只能通过 GIS 二次开发组件进行读取、保存和修改。图 5 所示为系统数据库结构。

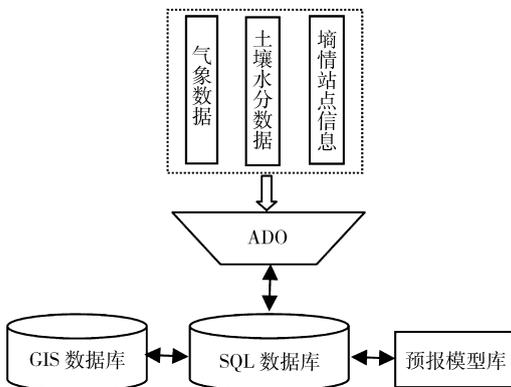


图 5 SQL 数据库结构

Fig. 5 Structure of the database

3.3 监控中心管理与分析软件

土壤墒情监控中心管理与分析软件是整个系统的核心部分。在 Windows 操作平台下,系统以 Visual C++ 为编程语言,选择超图公司的 Super

GIS 作为系统的二次开发平台。软件主要功能为:墒情数据的采集和接收,墒情数据库的设计,墒情数据的查询和修改,墒情直观显示,墒情分析与预测预报,墒情信息发布等。如图 6 所示。在监控中心得到各个土壤墒情监测站的土壤水分数据后,系统利用 GIS 组件的 2 种插值方法:IDW 法和普通 Kriging 法,能实时绘制出土壤墒情空间分布图,完成区域内土壤墒情的实时监测功能;若结合土壤墒情预报模型,可实现区域内土壤墒情的预测预报功能。系统可根据需求分别使用增退墒模型、神经网络模型和时间序列模型进行土壤水分预报^[10]。

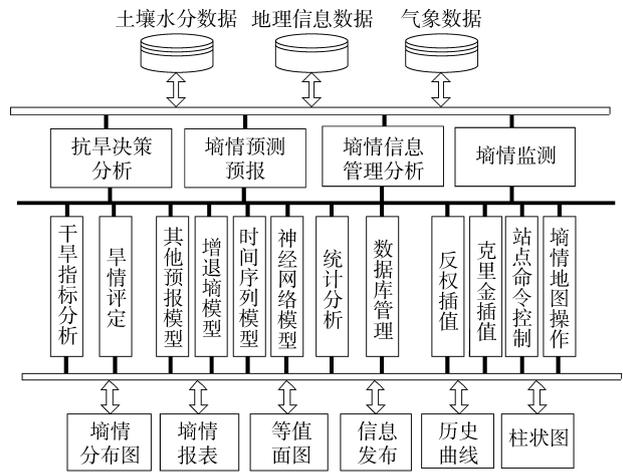


图 6 系统软件功能图

Fig. 6 Function of system software

4 系统应用

系统经过多年研究和开发,目前各项技术已经基本完善,在全国多个地区得到了广泛应用。如北京市共建 38 个土壤墒情监测站,分布在北京 13 个区县的山区与平原,覆盖面积达 16 800 万 km²,据北京水务局估算,每年减少灾害损失约 5 000 万元。在河南省焦作市广利灌区,灌区作物为小麦,灌区面积约 3.4 万 hm² 也建立了 30 个土壤墒情监测站为灌区的防旱抗旱提供依据。土壤墒情监测站的建设需要大量资金且建设周期较长,因此,在北京每个区县都建立合理数量的土壤墒情固定站需要一个长期的过程。在土壤墒情变化剧烈的地区应该尽可能多地布置监测站,才能够更为客观地反应整个区域的土壤墒情变化规律^[11]。各土壤墒情监测站通过无线通讯的手段将土壤水分数据每隔 4 h 向监控中心发送一次。在获得各监测站的数据后,监控中心可利用 GIS 插值方法绘制出区域内土壤墒情空间分布图,如图 7 所示为某天北京市土壤墒情分布图,在土壤墒情分布图中,不同的颜色代表不同的土壤水分值范围。结合土壤墒情的预测预报模型,系统还

可对区域内土壤墒情进行预测和预报。

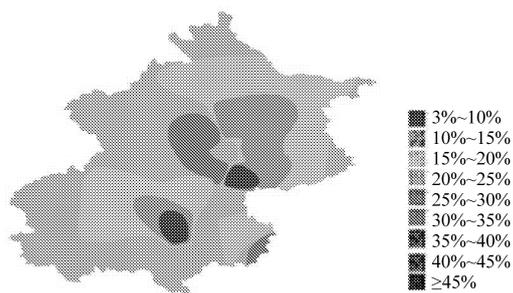


图7 北京土壤墒情空间分布图

Fig.7 Spatial-distribution map of soil moisture in Beijing

5 结论

(1) 本文设计的土壤墒情信息采集与远程监测系统,克服了传统有线传输方式布线的限制,能够满足对多点土壤墒情进行远程监测,具有较好的实用价值和应用前景。

(2) 通过对 GSM、GPS、GIS 现代科技的应用使系统具有灵活的扩充性和伸缩性,实际运用表明,系统能够实现对大面积区域的土壤墒情进行可靠的实时监测。

(3) 系统结构合理,软硬件设计可行。首次将太阳能电源引入到土壤墒情监测系统中,利用太阳能充电。因此,系统可实现无人值守并连续不间断运行,大大降低了系统人力的投入。

(4) 系统监测区域土壤墒情的效果是否良好,取决于该区域内土壤墒情站的数量。但建立较多的土壤墒情监测站,将会导致系统的投资偏大,因而会影响系统的推广。解决的措施,一方面系统可以和移动式土壤墒情测量仪表配合使用,建立土壤墒情巡测站;另一方面可以与遥感技术相结合,这样可以进一步减少土壤墒情固定监测站的投入,并提高系统的可靠性和适用性。

参 考 文 献

- 程晓陶. 加强水旱灾害管理的战略需求与治水方略的探讨[J]. 水利学报, 2008, 39(10): 197~1202.
Cheng Xiaotao. Strategic demand for enhancing flood and drought management and investigation on policies of water governance[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2008, 39(10): 197~1202. (in Chinese)
- 赵燕东, 王一鸣. 智能化土壤水分分布速测系统[J]. 农业机械学报, 2005, 36(2): 76~78.
Zhao Yandong, Wang Yiming. Intelligent system of measuring the spatial distributions of soil moisture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(2): 76~78. (in Chinese)
- 孙凯, 王一鸣, 杨绍辉. 墒情监测取样方法的研究[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4): 74~78.
Sun Kai, Wang Yiming, Yang Shaohui. Sampling method for soil moisture monitoring[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2004, 20(4): 74~78. (in Chinese)
- 郭志伟, 张云伟, 李霜, 等. 基于 GSM 的农田气象信息远程监控系统设计[J]. 农业机械学报, 2009, 40(3): 161~165.
Guo Zhiwei, Zhang Yunwei, Li Shuang, et al. GSM-based remote monitoring system of farm field meteorological information [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(3): 161~165. (in Chinese)
- 李莉, 张彦娥, 汪懋华. 现代通信技术在温室中的应用[J]. 农业机械学报, 2007, 38(2): 195~200.
Li Li, Zhang Yan'e, Wang Maohua. Communication technology for sustainable greenhouse production[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(2): 195~200. (in Chinese)
- Chwan Lu Tseng, Joe-Air Jiang, Ren-Guey Lee, et al. Feasibility study on application of GSM-SMS technology to field data acquisition[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2006, 53(1): 45~59.
- Joeair Jiang, Chwanlu Tseng, Fuming Lu, et al. A GSM-based remote wireless automatic monitoring system for field information; a case study for ecological monitoring of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 62(2): 243~259.
- 赵燕东. 土壤水分快速测量方法及其应用技术研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2002.
Zhao Yandong. Study on fast-measurement of soil water content and application technology [D]. Beijing: China Agricultural University, 2002. (in Chinese)
- 杨绍辉, 王一鸣, 孙凯. 基于土壤含水率垂向变化规律的水分传感器布设[J]. 农业机械学报, 2008, 39(5): 104~107.
Yang Shaohui, Wang Yiming, Sun Kai. Soil moisture content sensors placement based on the vertical variety law [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(5): 104~107. (in Chinese)
- 杨绍辉, 王一鸣, 冯磊. 土壤墒情(旱情)监测与预测预报系统的设计与开发[J]. 中国农业大学学报, 2007, 12(4): 75~79.
- 孙凯, 王一鸣, 杨绍辉. 区域内旱情监测站点的布设研究[J]. 水利学报, 2005, 36(2): 208~213.