

曹会国 (泰山学院物理系, 山东泰安 271012)

**摘要** 针对设施栽培环境中土壤水分、空气温度、湿度等因子, 利用模糊控制思想设计了基于 51 单片机的检测与控制系统, 并对多个大棚网络化控制的实现进行了探讨。  
**关键词** 单片机; 设施栽培; 环境检测与控制  
**中图分类号** S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2006)07-1508-03

**Research on Environment Measure and Control of Facility Culture**  
**CAO Hui-guo** (Department of Physics, Taishan College, Taian, Shandong 271012)  
**Abstract** The environment factor such as the soil moisture, air temperature, humidity and so on in the facility cultivation was designed with the method of fuzzy control, based on 51 monolithic integrated circuits examinations and the control system.  
**Key words** One-chip computer; Facility culture; Environment measure and control

设施农业是集生物工程、农业工程、环境工程为一体, 跨部门、多学科综合的系统工程, 是在充分利用自然环境条件的基础上, 用人工控制环境因子如温度、光照、湿度、CO<sub>2</sub> 等的方法来获得作物最佳生长条件, 从而达到增加作物产量、改善品质、延长生长季节的目的。设施栽培的发展, 不仅有利于合理开发利用国土、淡水、气候等资源, 而且能不断提高劳动、技术、资金有机结合的综合集约经营程度, 从而获得最大的社会效益、经济效益和生态效益。

1 环境参数的获取及分析

设施栽培控制中的温度、空气湿度参数可直接通过相应传感器获得, 每个大棚内各有 1 个相应传感器, 各获得 1 个参数与相应条件下的标准值比较即可进行自动控制, 无须对参数做复杂处理。而土壤湿度参数需慎重处理, 因此一个大棚内可设多个土壤湿度传感器, 同时获得多个土壤湿度参数, 经综合分析以后, 得到关于设施内土壤湿度的客观信息。

**1.1 水势传感器特性曲线** 水势传感器特性曲线反映水分含量和电压输出关系, 是一个非线性关系曲线。土壤类型不同, 要通过实验分析, 采集一定数量的点进行曲线拟合。这里采用最小二乘法。拟合后的曲线表达式为  $Y=A/X^b$ 。式中,  $A$ 、 $b$  为与土壤相关的两个常数,  $Y$  为水分含量(%),  $X$  为传感器输出电压(mV)(或负压 kPa)。

为了避免进行  $X^b$  的复杂计算, 将拟合曲线选点作表, 用查表换算的方法, 将传感器电压转为水分含量。在设置较多点时(如 2 mV 一个点), 两点之间用直线代插值计算, 其公式为:

$$Y=Y_0-\frac{Y_0-Y_1}{X_1-X_0}(X-X_0)$$

式中,  $(X_0, Y_0)$ 、 $(X_1, Y_1)$  为表中两点的电压、水分含量值。图 1 为实测某土壤水分含量与传感器检测输出电压的关系曲线, 该曲线近于线性, 若相应数据多一些, 则线性会更好。

**1.2 供水开机时间模糊控制方法** 现有的控制理论(包括经典调节和现代控制理论)有一个共同特点, 即控制器的设计都要建立在被控对象精确数学模型的基础之上。但实际系统数学关系复杂, 难以确立精确的状态方程和传递函数。

所谓模糊是在该控制系统中, 象温度高了, 水分含量低了等。对模拟量(水分、温度、湿度等)的变化, 根据系统结构, 知道应该如何对输入量进行何种调节, 将这种调节总结为若干规则, 称为模糊控制规则。根据模糊决策去执行具体的动作, 而执行控制量是精确的。水分含量与标定值的差可以表示为模糊量的关系, 如表 1 所示。

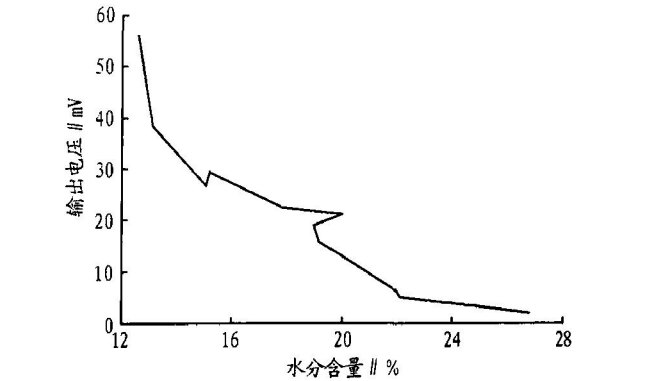


图 1 土壤水分含量与传感器输出电压的关系

其中: 在-3%附近称为负大, 用  $NL$  表示; 在-2%附近称为负中, 用  $NM$  表示; 在-1%附近称为负小, 用  $NS$  表示; 比零稍小附近称为零小, 用  $NO$  表示; 比零稍大附近称为零大, 用  $PO$  表示; 在+1%附近称为正小, 用  $PS$  表示; 在+2%附近称为正中, 用  $PM$  表示; 在+3%附近称为正大, 用  $PL$  表示。

	表 1 相对误差与模糊量关系						
	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
$PL$	0	0	0	0	0.2	0.5	1
$PM$	0	0	0	0	0.2	0.1	0.5
$PS$	0	0	0	0	1	0.5	0.2
$PO$	0	0	0	1	0.6	0.1	0
$NO$	0	0.1	0.6	1	0	0	0
$NS$	0.2	0.5	1	0.3	0	0	0
$NM$	0.2	0.7	0.2	0	0	0	0
$NL$	1	0.7	0.2	0	0	0	0

由模糊量转为控制量的准确值按“从属度大”的原则选取。供水系统运行时间与土壤水分含量的关系可简单表示为单输入单输出系统。

控制原则: 若水分含量低于下限, 则开机, 否则停机; 若水分含量太低, 则增大开机时间, 否则减小开机时间。设立



运行时间负大( $NB$ ), 负小( $NS$ ), 零( $O$ ), 正小( $PS$ )和正大( $PB$ )的模糊量(开机时间)与水分含量的变化相对应关系见表 2。

表 2 模糊量(开机时间)与水分含量的变化相互对应关系

从属度模糊量 $U$	$PB_u$	$PS_u$	$O_u$	$NS_u$	$NB_u$
4	0.5	0	0	0	0
-3	1	0.5	0	0	0
-2	0.5	1	0	0	0
-1	0	0.5	0.5	0	0
0	0	0	1	0	0
+1	0	0	0.5	0.5	0
+2	0	0	0	0.5	1
+4	0	0	0	0	0.5

表 2 是以上次开机运行时间和生长期水分含量下限为基础控制规划( $R$  = 当前水分一定标水分): 若  $e$  负大(缺水多  $NBe$ ), 则下次开机时间  $u$  增正大( $PBu$ ); 若  $e$  负小(缺不多  $NSe$ ), 则下次开机时间  $u$  增正小( $PSu$ ); 若  $e$  为零(不缺水  $Oe$ ), 则下次开机时间  $u$  增零( $Ou$ ); 若  $e$  正小(超标不多  $PSe$ ), 则下次开机时间  $u$  负小( $NSu$ ); 若  $e$  正大(超标太多  $PBe$ ), 则下次开机时间  $u$  负大( $NBu$ )。控制量  $u$  与  $e$  的关系:

$$u = e \circ R$$

其中,  $R = (NBe \times PBu) \cup (NSe \times PSe) \cup (PSe \times NSu) \cup (PBe \times NBe)$ 。

实际控制分别计算模糊矩阵  $NBe * PBe$ ,  $NSe * PSe$  等, 然后取最大的执行量控制。

因为供水系统的开机时间是灌溉系统的输入量, 土壤的水分含量是系统的输出量, 而且属于大滞后系统, 数学模型很难建立, 供水量与含水量并不能在短时间内测到。所以通过模糊控制系统, 自动修正控制过程的误差, 使系统运行在最佳状态, 达到节水最佳控制的目的。在实际运用中, 单片机将采取查表的方法来实现模糊控制。根据棚室环境的特点, 在模糊控制响应表的设计上, 选取控制量变化的原则是: 当偏差大或较大时, 选择控制量的大小以尽快消除偏差为主; 而当偏差较小时, 选择控制量要注意防止超调, 以使系统稳定为主要出发点。由于该系统的特殊性, 所有的环境控制设备都为开关量控制, 且多个设备启闭对某一环境要素都会产生影响, 因此设计输出控制量不是一个变化量, 而是一个位置量。

**2 设施栽培环境检测与控制系统方案** 设施栽培环境检测与控制系统以 51 单片机为核心构成主系统和分系统, 并通过信号转换器及传输线路组成主从分布式棚室控制系统。

**主系统:** 安装在主控室内, 主要以 8051 单片机为主构成, 利用单片机的串行通讯口构成一主从分布式计算机测控系统, 用于大型农场对  $N$  个棚室进行监控, 可以通过键盘人为设定和改变参数标准值, 具有报警、显示、打印和控制等功能。

**分系统:** 以 89C51 为主构成, 可安装在每个大棚内, 通过各传感器对大棚内的温、湿度进行 24 h 实时检测, 经 CPU 分析处理后, 输出结果经固态继电器、电磁阀控制风机、水

泵, 对温、湿度自动调节, 并由显示器实时显示棚内温度湿度和湿度值。同时将环境数据贮存在备有后备电源的 RAM 中, 在上位机需要时将数据传输至上位机。

**信号转换器:** 是为各传感器与分系统距离较远时而设计的, 以保证传感器采集到的微弱信号经信号转换器处理后能顺利到达距离较远的控制室。考虑到上位机与下位机间的距离可能较远, 两者之间需要有较高的传输速率, 因此棚室环境智能控制系统采用 RS485 串口实现数据通讯。

系统总体结构见图 2。

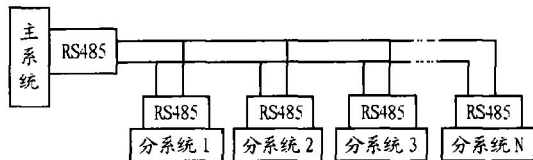


图 2 环境检测与控制系统总体结构

**2.1 主系统硬件设计** 设施栽培检测与控制系统主系统的基本硬件可由 5 部分组成, 完成系统控制、超限报警、数据显示和打印等功能。其组成分别是: 中央处理单元, 即 CPU; 存储器, 包括可编程存储器 EEPROM 和随机读写存储器 RAM; 键盘显示打印电路; 输出控制报警电路; 串行通信电路。

主系统硬件结构如图 3 所示。

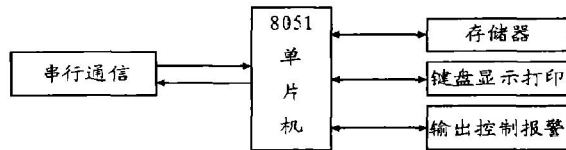


图 3 主系统硬件结构

**2.2 分系统硬件设计** 各分系统结构见图 4, 完成信号采集、分析、控制和显示功能。

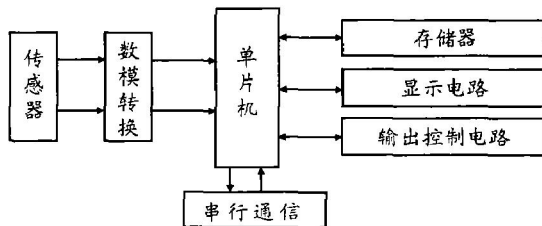
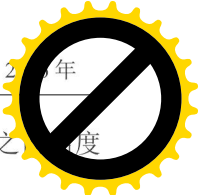


图 4 分系统结构

各分系统硬件组成相同, 基本组成: 中央处理单元, 即 CPU; 存储器; 传感器; 模数转换电路; 串行通信电路; 显示控制电路等。

**2.3 传感器的选取** 土壤湿度传感器选用由中科院南京土壤研究所设计的 FJA-10 型压电式水势变送器, 作用是检测设施内土壤水分含量, 获得土壤水分参数。温度传感器选用 LM135 温度传感器, 用以获取设施内及土壤温度参数。LM135 系列温度传感器是一种电压输出型精密集成温度传感器。它工作类似于齐纳二极管, 其反向击穿电压随绝对温度以  $+10 \text{ mV/K}$  的比例变化, 工作电流为  $0.4 \sim 5 \text{ mA}$ , 动态阻抗仅为  $1 \Omega$ , 便于和测量仪表配接。这种温度传感器具有测量精度高, 应用简单等优点。空气湿度传感器采用北京赛亿凌科技有限公司生产的 HM1500(湿度传感器及变送器), 输出可直接送往微机数据采集系统。其应用范围为





HVA 环境测控、洁净空间、蔬菜大棚、粮食仓储等湿度监测。

另外主系统和分系统均需设置硬件看门狗电路,可选用 MAX1232 硬件监控芯片构成看门狗定时器,定时时间在 0.2~1.6 s 可调,可设置复位时间,在系统受到干扰使程序跳飞时,能自动恢复正常,提高系统运行的可靠性;此外还具备上电复位和电源监控功能。

### 3 具体功能和工作过程

**3.1 参数设置** 在第 1 次开机或参数修改时使用,一方面选择土壤,以使系统具有广泛的应用性;另一方面完成生长期与定标参数设制,针对不同的作物,设置满足作物正常生长的环境参数,作为标定值使用。当要求条件发生变化时,还可根据作物需要修改标定值。

**3.2 检测功能** 各分系统对设施环境参数:土壤含水量、空气湿度、温度进行巡回检测,可每 10 s 刷新一次 LCD 显示。若检测湿度、温度超上限,则声光报警,在 LCD 上提示有关内容,并且开启通风设备降温(根据具体情况可以不要);若检测到的湿度、温度低于下限值,则只报警提示,不开启通风设备;若检测到的水分含量低于下限值,报警提示延时 1 min 后开启供水系统。

**3.3 参数显示功能** 主要是历史参数。主机可按 2 h 记录一次历史参数存储。主要内容有:当日的温度、湿度、水

分变化曲线;本日之前水分含量的变化曲线;本日之湿度(每日定时取 1 个参数)的变化趋势。

**3.4 打印功能** 打印当日超限的有关参数;打印 1 d 内水势变化的参数(每日定时送 1 个);打印 1 d 内温度变化的参数(每日定时送 1 个);打印 1 d 内湿度变化的参数(每日定时送 1 个)。

### 4 结语

主要分析了单片机在设施内温度、湿度两个主要参数的检测和控制中的应用。利用单片机,选用合适的传感器和控制电路,还可对光照、CO<sub>2</sub>、肥料等参数进行检测和控制,完全做到设施内各环境参数的自动检测与控制,使农业生产工厂化。目前,一些发达国家的设施栽培检测与控制技术已经完全实现了自动化,并且能够实现用电话或网络在家中或旅游时实现遥控。我国国家在设施栽培检测与控制技术上还任重道远。

### 参考文献

- [1] 高东升,李宪利,耿莉.国外果树设施栽培的现状[J].世界农业,1997(1):30—32.
- [2] 魏勤芳.工厂化农业的发展现状与展望[J].农村实用工程技术,1999(8):2—3.
- [3] 申泰雄,姚玉林,包颖.设施农业的国内外现状与我省的发展对策[J].农机化研究,1999(1):5—10.
- [4] 陈殿奎.国内外温室园艺发展近况[J].农村实用工程技术,1987(2):39—40.

(上接第 1507 页)

上期刊数据库和网络光盘期刊;另一种为网上编辑发行的电子期刊。无论哪一种形式,在节省成本、方便检索、超文本链接等方面均具有传统期刊无法比拟的优越性,且第 2 种期刊的信息知识和传播速度之快,更是传统期刊所望尘莫及的,因此充分开发利用网上信息资源已成为必然。农业图书馆在做好本馆馆藏电子期刊管理的基础上,可根据用户的需求,将那些存放农业过刊信息的网站揭示出来,并对网络上特定领域内的农业过刊信息资源进行系统控制,并进行有效组织和加工整理,使之有序化,以利于用户方便地找到所需信息,在保证查准率的前提下提高查全率。

### 3 过刊服务人才素质的培养与创新

**3.1 技术素质** 网络环境下的过刊服务人员必须具备相关的计算机和网络知识。计算机是应用网络的硬件资源,工作人员要具有对设备的维护、更新和保养能力,既要会利用终端进行情报检索或编制一般程序的能力,又要具备设计情报系统和指导检索的能力。熟悉本馆常用数据库结构和检索语言以及本馆的服务软件,以便解决用户的技术问题,为读者的整个文献信息咨询过程提供指导。

**3.2 专业素质** 过刊服务人员除了必须拥有图书馆学专

业知识外,还必须具备农业专业的文化素质,能够对网络信息进行有效的重组浓缩和深加工,进一步开发新的信息产品,使用户获得信息精品。

**3.3 外语素质** 网络环境下的农业图书馆工作,将会与世界进行国际间交流与协作。各种过刊文献资料会大量出现,学习国外先进的科学技术,不懂外语知识是不行的,只有掌握较高的外语水平,才能适应现代社会发展的需要,才能熟练地查阅国外文献信息,并能准确地表达和传递信息内容,才能对信息技术的运用和外文资料的开发发挥更大的作用,为用户提供精品信息。

### 参考文献

- [1] 庞竹莲.试分析高校图书馆期刊管理工作的趋势[J].情报杂志,2001(10):93—94.
- [2] 谈春梅,汪令全.期刊多层网络化服务的开发与实现[J].大学图书馆学报,2001(6):21—26.
- [3] 孙延衡.信息素质——图书馆员继续教育的核心内容[J].中国成人教育,2002(6):71—72.
- [4] 刘守成.网络环境下高校图书馆期刊工作[J].情报科学,2002(4):370—373.
- [5] 华薇娜,许美琪.美国过刊数据库概况及对我国开发过刊数据库的思考[J].中国图书馆学报,2004(4):75—77.
- [6] 詹姆斯·肯德尔·霍斯默.图书馆管理员的作用[M]//詹姆斯·科塔达.王国瑞,译.知识工作者的兴起.北京:新华出版社,1999:45—51.

本刊提示 《安徽农业科学》是全国为数不多各大数据库同时收录的农业刊物之一。面向全国,融学术性、指导性于一体,既刊登作物育种与栽培、植物保护、土壤肥料、园艺、林业、蚕桑、烟草、茶叶、畜牧兽医、水产及其他农业相关科学的研究报告、综述、研究简报;也发表农业经济、农业科技管理、农业发展战略及农业产业化等方面的研究论文、调查报告和对策性文章等。