

牛萍娟,张浩伟,田海涛. 基于 GSM 和 NRF24L01 的无线温室环境监测系统[J]. 江苏农业科学,2017,45(13):181-185.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.13.050

基于 GSM 和 NRF24L01 的无线温室环境监测系统

牛萍娟^{1,3}, 张浩伟^{2,3}, 田海涛¹

(1. 天津工业大学电气工程与自动化学院/天津市电工电能新技术重点实验室, 天津 300387;

2. 天津工业大学电子与信息工程学院, 天津 300387; 3. 大功率半导体照明应用系统教育部工程研究中心, 天津 300387)

摘要:设计一种植物工厂环境监测系统。采用 AT89C52 单片机完成采集终端设计,通过 NRF24L01 无线模块将采集到的环境参数传输到接收端,在接收端液晶显示屏实时显示,并通过 RS232 总线与 PC 机通信,定义通信协议,采用 VC 6.0 开发上位机界面,通过全球移动通信系统(GSM)模块实现环境参数的无线传输,随时随地获取植物工厂环境参数。利用该系统对植物工厂环境进行检测,用户可以根据植物生长的需要,选取适当的控制参数,实现对植物工厂的环境管理。

关键词:温室;环境监测;GSM;无线采集

中图分类号: TP274 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)13-0181-04

温室栽培最早起源于我国,在 2 000 多年前就能够利用保护措施种植多种蔬菜^[1],至 20 世纪 60 年代,我国的设施农业始终处于小规模、低水平、发展速度缓慢的状态^[2]。20 世纪 70 年代初地膜覆盖技术引入我国,80 年代初期出现了塑料大棚和日光温室^[3],很多温室大棚以人力监视为主,温室环境的各项参数是否符合植物生长全凭工作人员的工作经验去判断,造成大部分温室的生产率、效益低下。

近几年,随着科学技术的不断发展,植物工厂应运而生,植物工厂是通过设施内高精度环境控制实现农作物周年连续生产的高效农业系统^[4],系统利用计算机对植物栽培的温度、湿度、光照、CO₂ 浓度以及营养液等环境条件进行自动控制,使设施内植物栽培不受或很少受自然条件制约的省力型生产。董乔雪等开发的温室计算机分布式自动控制系统实现了温室内温度分段精确控制^[5];李莉等设计的基于蓝牙技术的温室环境监控系统,实现了无线温室环境信息采集^[6];王荣辉等开发了由 W78E58B 单片机及 WMMOD2B GSM 模块构成的温室生态健康系统,实现了环境参数的短信通知,方便了用户对温室环境的及时控制^[7];何世钧等设计了一种智能温室控制系统,较好地实现了对温度、湿度、CO₂ 浓度等外界环境的控制,为作物创造出适宜的生长环境^[8]。我国植物工厂建设起步晚,技术也相对落后,如何准确地获取植物生长所需的光照度、CO₂ 浓度、温度、湿度等参数,并实现自动化控制,对提高我国温室生产水平有着重要的意义^[9-11]。传统的温室环境监测系统大部分是有线方式,布线繁琐,不利于布局和维护。因此,本研究利用单片机、NRF24L01 无线模块、GSM 模块等设计了一种无线的植物工厂环境监测系统。

收稿日期:2016-03-17

基金项目:2014 年国家级中小企业创新项目(编号:14C2621120031)。

作者简介:牛萍娟(1973—),女,河北石家庄人,博士,教授,主要从事新型半导体发光器件、LED 驱动电路和半导体照明应用系统等方面的研究。E-mail:niupingjuan@tjpu.edu.cn。

通信作者:张浩伟,硕士研究生,主要从事半导体照明智能控制研究。

E-mail:15620528009@163.com。

1 系统整体设计

本研究的系统主要由采集端、接收端、上位机模块 3 个部分组成,系统的总体框架如图 1 所示。

采集端主要由温湿度传感器、光照传感器、无线发送模块、电源模块、GSM 模块等组成,用于采集温室内的环境参数,并通过无线模块发送出去,当温度、湿度低于或高于设定值时就发出警报,并通过 GSM 模块通知用户。

接收端主要由无线接收模块、电源模块、12864 液晶显示模块、RS232 模块等组成,用于接收采集端传来的数据并显示,且实现与电脑的通信。

上位机主要由手机和电脑组成,电脑用于显示接收端传来的数据,并可以发出控制指令实现对下位机的管理;手机用于接收采集端 GSM 模块传来的环境参数和报警信息,实现远程环境参数的获取。

2 硬件部分设计

系统选用 AT89C52 为主控芯片,该芯片是一款低电压、高性能的 8 位微处理器,具有 4 K 字节的 flash 存储器,多达 32 个 I/O 口,可循环擦除 1 000 多次,数据可保存 10 年左右。很多工业级产品都采用该控制芯片。

系统主要包括温度采集模块、光照度采集模块、无线收发模块、继电器模块、液晶显示模块等,各模块分别与主控芯片直接或间接地连接在一起,完成系统相应的功能。

2.1 温湿度采集模块

温湿度传感器选用 DHT11,该传感器是一款应用数字模块采集技术和温湿度传感技术,含有标准校验功能,标准系数以程序的形式存储于动态口令(OTP)内存中,使该传感器具有很高的可靠性和稳定性;DHT11 与微处理器采用单总线数据格式通信,占用 I/O 资源少,每次通信时间约为 0.004 s,处理速度较快,1 次完整的数据输出为 40 bit,其测量范围广、精度高,满足本系统的测量任务,其与微控制单元(MCU)的连接如图 2 所示。

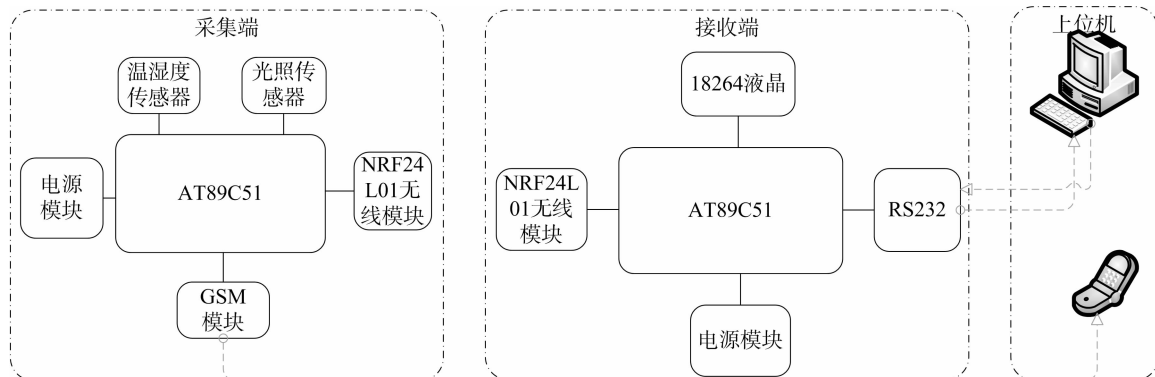


图1 系统总体框架

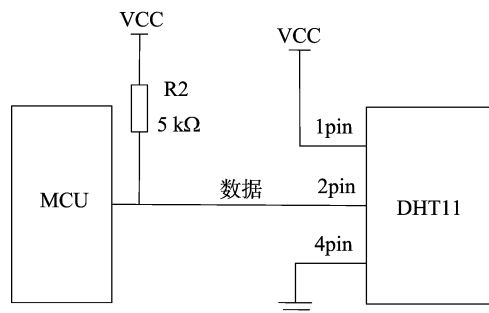


图2 DHT11 与单片机连接结构

2.2 光照度采集模块

光照度采集模块选用数字光强检测模块GY-30,该芯片内置16 bit AD转换器,可以省去复杂的计算,直接输出数字。测量范围广,工作电压3~5 V,可直接与单片机I/O口连接,满足本系统的测量任务。

2.3 无线收发模块

系统选用NRF24L01无线收发模块,该模块工作在2.4 G全球开放ISM频段,免费许可使用;支持6通道数据接收和125个频点,可以实现多点数据采集;工作电压在1.9~3.6 V之间,可以和一些单片机直接相连;在空中的传输速率高达2 Mbit/s,传输速率较高,减少了传输中的碰撞现象。

2.4 GSM 模块

GSM模块选用SIM900,该模块功耗低、支持RS232和TTL接口控制,与PC机、单片机连接较方便。此模块通过串口与单片机连接,实时地传输采集的环境参数,当环境温度、湿度、光照度低于或高于设定值时,向用户发送报警信息。

2.5 液晶显示模块

液晶显示是控制机器人交互的重要部件,用于实时显示采集的温度、湿度、光照度等环境参数,当无线连接不稳定时会提示故障信息。本系统选用12864液晶屏作为显示窗口,该显示器显示分辨率为128×64,具有蓝光背光。显示器带有中文字库,能够显示数字、字母、汉字等,具有4行/8行并行,2线或3线串行多种接口方式。本系统采用8位并行接入微处理器,并串联1个电位器用于调节显示器的亮度。

2.6 继电器模块

本系统采用12 V、10 A的超大功率继电器,继电器模块用于控制加湿器、加热器、风扇等电器设备,单片机通过控制继电器来实现各种电器设备的开关。

2.7 按键电路

按键电路采用4×4的矩阵键盘电路,是用户与采集端控制器交互的直接工具,按键电路主要用于设置用户电话号码和不同植物的温湿度阈值。其中,1个系统复位按键、1个参数确定按键、10个数字键用于设定用户信息,另外4个按键用于设定温度、湿度阈值。

2.8 硬件电路设计

系统的硬件电路设计采用Altium Designer 09软件,部分控制电路原理如图3所示。硬件电路设计包括采集端电路设计和接收端电路设计,两部分均采用单片机做主控芯片,其中单片机的时钟频率为11.0 592 MHz。在采集端电路设计时,温湿度传感器DHT11的数据口与单片机的P20接口电气连接,光照传感器的时钟引脚和数据引脚分别和单片机的P10、P11口连接,用于采集环境参数。无线发射模块NRF24L01各引脚分别与单片机的P12~P17接口连接,控制环境参数的数据发送。GSM模块的引脚与单片机的TX和RX引脚连接,实现报警和移动端接收采集数据的功能。在接收端电路设计中,无线接收模块NRF24L01各个引脚与单片机的连接同采集端一样,液晶显示器12864控制端口RS、RW、EN分别和单片机的IO口P05、P06、P07连接,数据端口和单片机的P20~P27端口连接,用于接收发送端传来的数据并在液晶显示屏显示。单片机的P10~P14分别于继电器控制接口相连,用于控制各个电器设备。

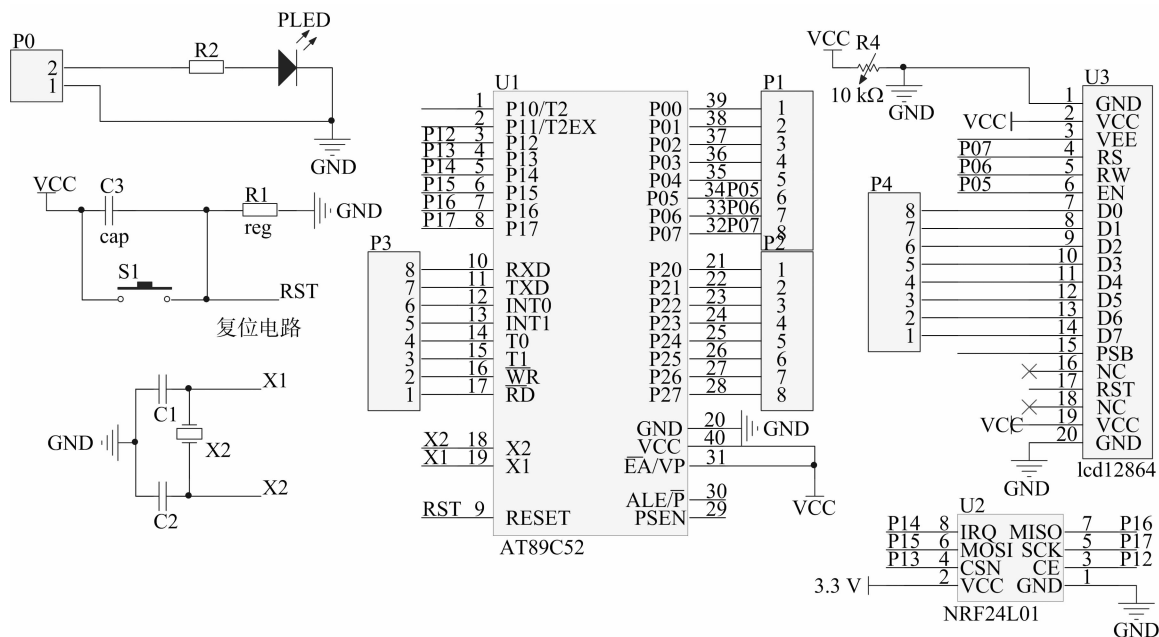
3 软件部分设计

软件部分的设计是整个系统设计的重中之重,包括采集端软件设计、接收端软件设计、上位机软件设计3个部分。

3.1 采集端软件设计

采集端软件设计主要用于控制温湿度传感器、光照传感器等采集环境参数,通过NRF24L01无线模块传输采集数据,通过GSM模块传输采集数据和发送报警信息。编程采用模块化的思想,将各个模块分开编程,最后整合到一起,这样便于调试和调用。采集端软件设计流程如图4所示。

采集端系统通电后,对系统进行初始化,通过传感器获取环境因子,在主函数中对无线模块进行初始化,设定NRF24L01为发送模式,并调用温湿度获取程序和光照度获取程序,获得环境参数,将发送的数据放置到寄存器内,等待发送,当发送命令到来时,将寄存器内的数据发送出去;设定GSM模式,使其能够打电话或发短信,将采集的环境参数分



别放置到指定的数组内,判断环境参数的数值,若超过或低于设定的阈值,就发出警报并打电话通知用户,且以短信的形式发送当前温室内的环境参数。

发送端程序的难点主要在控制 NRF24L01 发送模块, 设置 NRF24L01 为发送数据步骤如下: (1) 确定采集端身份地址, 写身份地址到寄存器 TX_ADD; (2) 为实现应答信号接收, 写通道 0 接收地址到寄存器 RX_ADDR_P0; (3) 设置模块为自动应答允许; (4) 设置模块 0 通道允许接收; (5) 配置系统自动重发次数; (6) 选择模块通信频道; (7) 配置模块发射功率、数据传输速率等发射参数; (8) 设置通道 0 有效的数据宽度, 即要传送数据包需要的长度; (9) 配置寄存器 CONFIG 到发送模块; (10) 将想要发送的数据写入到发送缓冲寄存器内; (11) 将 CE 位置“1”, 进入发送状态。

3.2 接收端软件设计

接收端软件主要用于控制单片机接收环境参数,通过液晶屏显示环境参数,并将接收的数据通过 RS232 串口传输给

PC 机,接收 PC 机发出的控制信号。当接收到 PC 机传来的打开电机信号时,通过 I/O 口控制继电器打开电机进行通风;当 PC 机发送加水命令时,通过单片机控制器控制水泵加水;当 PC 机发送加湿命令时,通过控制继电器打开加湿器进行加湿。接收端软件设计如图 5 所示。

接收端系统通电后,首先对系统进行初始化,然后初始化无线模块 NRF24L01,设定该无线模块为接收模式,接收发送端传来的数据。初始化 LCD 液晶显示器,控制液晶屏显示温室内环境因子数据,初始化串口,实现单片机和 PC 机双向通信。

3.3 上位机软件设计

植物工厂关键技术在于环境因子的实时采集和控制,设计一款友好的上位机界面,用于实时显示采集数据,基于控制需要,上位机界面包括控制区域和数据显示区域 2 个部分。控制区用于向 PC 机发送控制命令,数据显示区用于显示环境因子。上位机设计流程如图 6 所示。

```

graph TD
    Start([开始]) --> Init[系统初始化]
    Init --> Next[ ]
  
```

```

graph TD
    A[输入用户名和密码] --> B{正确?}
    B -- Y --> C[进入主界面]
    B -- N --> A

```

```

graph TD
    A[串口初始化] --> B[发送数据到PC机]
    B --> C[启动接收数据]
    C --> D[显示当前环境参数]
    C --> E[控制环境参数]
    E --> F[发出控制命令]
    C --> G[退出程序]

```

图6 上位机设计流程

端口参数设置采用 VC 提供的 MSComm (Microsoft communication control) 控件, 利用该控件可以方便、快捷地实现串口通信。本系统选用波特率 9 600、8 位数据位、无奇偶校验、1 位停止位, 无流控制^[12-13]。由于采集到的数据是一连串的字符串发送的, 为了使数据分开, 在采集端发送数据时每个数据的结尾添加特定的字符, 上位机处理数据时使用分割函数通过区分特定的字符把数据分开放置到指定的编辑框内。

选用 RS232 与 PC 机进行通信, RS232 通信距离大约 20 m, 误码率低。采用基于对话框的方式, 在对话框中添加 MSComm 控件, 然后添加静态文本框、编辑框、按钮等控件, 调整各个控件, 使界面美观, 为各个控件添加处理程序, 使其能够完成相应的功能。

4 系统测试

4.1 无线收发模块可靠性测试

为检测无线收发模块的可靠性^[14-15], 在天津工业大学植物照明实验室内进行测试试验, 将采集端设备节点放置在植物照明实验室内距离地面 1.5 m 处, 将接收端设备节点放置在隔壁的研究室内, 两者相距约 10 m, 每隔 1 s 采集端发送 1 次采集数据, 记录 1 min 内接收端接收的数据个数。结果显示, 1 min 内收到数据个数为 58, 丢包率较低。

4.2 系统功能测试

在采集端通过按键电路设定好用户手机号码, 接收端接

收采集端数据并在液晶屏上显示, 通过手机接收采集的温度、湿度、光照度数据; 当温湿度高于或低于设定值时, 发送报警信息给用户。在上位机界面显示数据区域内看到的植物环境温度、湿度、光照度参数, 在控制区域内通过打开升温按钮控制单片机驱动继电器打开加热器开关, 升高室内温度; 点击打开降温按钮, 打开风扇进行降温; 点击加湿按钮, 打开加湿器对空气进行加湿, 打开水泵按钮就能够对植物进行加水。

上位机的主界面如图 7。

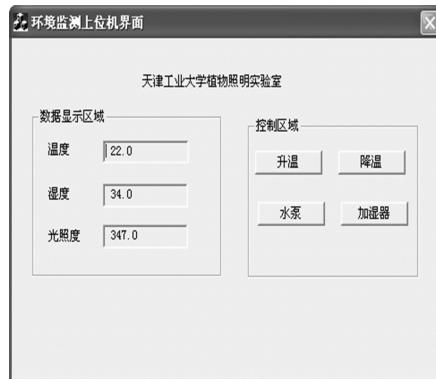


图7 上位机界面

本系统采集的数据稳定性好、可靠性强, 且系统的可控性好。在 VC 软件中, 通过 CFile 函数, 每隔一段时间将编辑框内的数据保存到 PC 机中的 dat.txt 文件中, 然后通过 Matlab 软件提取 dat.txt 中的数据并画成实时曲线 (图 8), 方便记录观察。

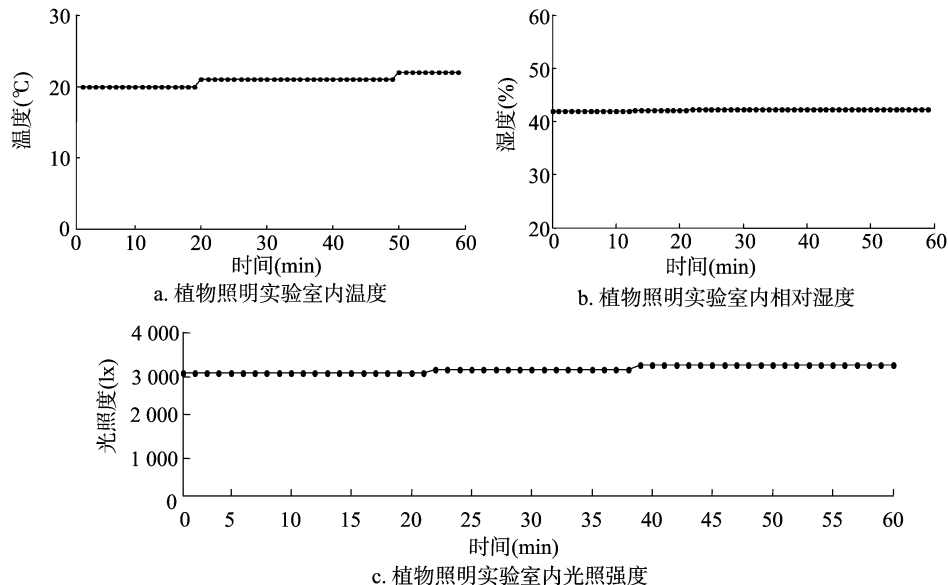


图8 生长室内温度、相对湿度、光照强度随时间变化的曲线

5 结束语

本研究利用单片机、NRF24L01 无线模块、GSM 模块等设计了一款植物工厂环境监测系统, 该系统具有结构简单、安装方便、价格便宜等特点。为测试该系统的可靠性, 对环境进行 24 h 监测, 结果表明, 该系统无线接收模块可以较好地接收数据, 丢包率低、稳定性高, 具有一定的使用价值, 且为温室的自动化控制技术提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 陈国辉, 郭艳玲, 宋文龙. 温室发展现状及我国温室需要解决的主要问题[J]. 林业机械与木工设备, 2004, 32(2): 11-12.
- [2] 张晓文. 设施农业的发展现状与展望[J]. 农机推广与安全, 2006(11): 6-8.
- [3] 葛志军, 傅理邸. 国内外温室产业发展现状与研究进展[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(35): 15751-15753.

陈 熔,丁 凯. 基于无线传感网络的智能畜禽舍环境控制系统设计[J]. 江苏农业科学,2017,45(13):185-188.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.13.051

基于无线传感网络的智能畜禽舍环境控制系统设计

陈 熔,丁 凯

(江苏农牧科技职业学院,江苏泰州 225300)

摘要:畜禽养殖在我国农业生产中占有十分重要的地位。为了确保畜禽产量,绝大多数采用封闭式的养殖方式,这种方式具有很多的优点,但畜禽养殖场的恶劣环境容易引起动物传染病,严重的会造成畜禽大面积死亡,给养殖户带来巨大的经济损失。基于无线传感技术,以畜禽养殖为例分析了影响畜禽生长的主要环境因素,将温度、湿度、氨气、硫化氢、二氧化氮等作为监控对象,设计了一套畜禽舍环境智能控制系统。该系统能够实时检测畜禽生长环境数据,实现对畜禽舍实时远程控制,具有组网灵活性好、可靠性高等特点,具有一定的应用和推广前景。

关键词:无线传感;畜禽舍;环境监控

中图分类号: S126;TP273 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)13-0185-04

我国是农业生产大国,畜禽种类多、数量大,畜禽养殖业在农业生产中占有十分重要的地位。为了保障农畜产品的供应,大量采用封闭式的养殖方式,这种方式具有很多的优点,但饲养风险却在成倍增加。封闭式畜禽舍中环境因素对畜禽的生长繁殖影响较大,直接影响畜禽的健康。因此,利用现代通信技术,根据畜禽舍环境特点,对畜禽生长环境参数进行准确、实时的监控是保障农产品供给安全,实现农业增效、农民增收的重要手段^[1]。

在无线传感技术的基础上,设计了一种智能畜禽舍控制系统。该系统能实时检测环境因子,通过控制模块实时调节环境参数,为畜禽生长提供安全、健康的环境,实现了畜禽养殖的自动控制及高效管理,保障了畜禽养殖业的可持续发展^[2]。

1 畜禽舍环境对畜禽健康的影响

畜禽养殖与其所处的环境有着密不可分的关系,影响畜

禽生长的环境因素比较多,环境因素之间相互联系而又相互影响。畜禽舍环境控制常见标准见表1。

表1 畜禽舍环境控制标准

畜禽舍类别	温度(℃)	湿度(%)	二氧化碳含量(%)	硫化氢含量(%)	氨气含量(%)	照度(lx)
猪舍	10~29	60~85	0.35	0.001	0.003	30
羊舍	5~24	50~75	0.35	0.001	0.003	30
牛舍	2~24	50~75	0.35	0.001	0.003	50
鸡舍	10~29	50~80	0.25	0.001	0.003	30

适合畜禽生长的环境标准见表1,但在实际生产中,畜禽舍的环境随着季节的变化起伏很大,很难将环境维持在适合生长的状态下。为了营造畜禽健康生长的环境,就必须人为地对畜禽舍环境进行控制,最大限度地降低环境因素对畜禽生长的影响^[3]。

1.1 湿度

在畜禽舍内空气中的水分来自舍外的空气水分、畜禽自身分泌(如粪便、呼吸等)、舍内设备和设施表面蒸发产生的水汽(如水槽等)。在一般情况下,湿度对畜禽生长不会有太大的影响,但在特别潮湿的环境中,病原体极易繁殖,容易引起传染疾病流行。

1.2 温度

温度对畜禽的生长、繁殖、产乳、产蛋都有着巨大的影响。

收稿日期:2017-02-21

基金项目:江苏省科技支撑计划(编号:BE20134138);2014年江苏省“青蓝工程”优秀青年骨干教师培养计划。

作者简介:陈 熔(1975—),男,江苏泰州人,硕士,副教授、工程师,主要从事农业信息技术研究。Tel:(0523)86158089;E-mail:Rongc@163.com。

[4]魏灵玲,杨其长,刘水丽. LED在植物工厂中的研究现状与应用前景[J]. 中国农学通报,2007,23(11):408-411.

[5]董乔雪,王一鸣. 温室计算机分布式自动控制系统的开发[J]. 农业工程学报,2002,18(4):94-97.

[6]李 莉,刘 刚. 基于蓝牙技术的温室环境监测系统设计[J]. 农业机械学报,2006,37(10):97-100.

[7]王荣辉,沈佐锐. 基于短信息的温室生态健康呼叫系统[J]. 农业工程学报,2004,20(3):226-228.

[8]何世钧,张 路,张 弛,等. 智能温室自动控制系统的设计与应用[J]. 河南农业大学学报,2000,34(4):399-401.

[9]李 慧,刘 毅. 温室控制技术的发展方向[J]. 林业机械与木工设备,2004,32(5):4-7.

[10]杜尚丰,李迎霞,马承伟,等. 中国温室环境控制硬件系统研究进展[J]. 农业工程学报,2004,20(1):7-12.

[11]于海业,马成林,陈晓光. 发达国家温室设施自动化研究的现状[J]. 农业工程学报,1997,13(增刊1):260-264.

[12]曹卫彬. 虚拟仪器典型测控系统编程实践[M]. 北京:电子工业出版社,2012.

[13]王多辉,毛罕平,谢明岗. 植物工厂自动控制系统软件设计[J]. 江苏理工大学学报(自然科学版),1997,18(4):7-11.

[14]杨 玮,吕 科,张 栋,等. 基于ZigBee技术的温室无线智能控制终端开发[J]. 农业工程学报,2010,26(3):198-202.

[15]艾海波,魏晋宏,邱 权,等. 微型植物工厂智能控制系统[J]. 农业机械学报,2013,44(增刊2):198-204.