

刘艳昌,左现刚,李国厚. 基于可编程逻辑控制器(PLC)的猪舍环境参数监控系统[J]. 江苏农业科学,2015,43(2):377-380.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.02.121

# 基于可编程逻辑控制器(PLC)的猪舍环境参数监控系统

刘艳昌,左现刚,李国厚

(河南科技学院信息工程学院,河南新乡 453003)

**摘要:**为解决生猪规模化养殖企业对猪舍环境参数较难控制问题,设计了一种以可编程逻辑控制器(PLC)、传感器、无线模块和执行机构为硬件核心,以 Kingview 6.53 为软件开发平台的实时环境参数监控系统。该系统通过无线模块将 PLC 采集到的猪舍参数值传到上位机,并对其采集值进行分析和处理,实现了数据采集、处理、显示、存储及控制等功能,最终实现对猪舍环境参数的自动控制。测试结果表明,该系统能实时准确地采集现场猪舍参数,在保证猪舍内所需温湿度基本恒定条件下,能使气体浓度保持在适应范围内,证实系统的可行性和实用性。

**关键词:**猪舍;环境监控;可编程逻辑控制器(PLC);组态软件

**中图分类号:** TP277.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)02-0377-04

目前,现代养猪业主要采用集中管理方式实现规模养殖,以提高生猪的产量和质量<sup>[1]</sup>。猪舍环境参数对猪的生产水平、健康状况等有重要影响,它主要受气候、猪舍地理位置等外界条件和猪舍生活环境影响较大<sup>[2]</sup>,因此如何保证猪舍环境参数正常至关重要。目前,我国养猪场对猪舍环境参数控

制多采用工作人员主观判断和人工控制来实现,调整各参数的机械设备存在调节滞后、误判率高、生产效率低、占用人力资源多且不能满足当前养猪数字化、信息化的需求<sup>[3-6]</sup>,笔者设计了一种基于可编程逻辑控制器(PLC)的猪舍环境监控系统。该系统不仅可以实时采集与分析猪舍参数(温湿度、氧气、二氧化碳、氨气和硫化氢),还可以根据测量值与设定值的分析结果,将控制指令以无线传输的方式传输给 PLC,来控制驱动各机械设备对猪舍环境参数迅速作出调整,完成智能化的现场管理,进一步提高养殖效益。

## 1 系统总体方案

猪舍环境监控系统的结构如图 1 所示,系统硬件主要由上位机、PLC 控制器、传感器、现场控制设备、无线收发模块等组成。

收稿日期:2014-03-27

基金项目:国家级大学生创新训练计划(编号:201310467043);河南省科技攻关(编号:132102310030);河南科技学院高层次人才科研启动项目(编号:209010611001)。

作者简介:刘艳昌(1979—),男,河南鹤壁人,硕士,讲师,主要从事智能控制与信息检测技术研究。E-mail:523401923@qq.com。

通信作者:李国厚,博士,教授,主要从事计算机控制、无损检测、信号处理技术研究。E-mail:liguohou6@163.com。

少初期投入,另一方面需要温室采用更好的保温措施以减少热能的消耗,进一步减少运行费用。在种植品种上,需要选择效益更高的作物,如精品蔬菜、花卉苗木等,增加单位面积的产值,以降低生产成本,这也是扩大地源热泵系统应用的可能途径之一。

## 参考文献:

- [1] 万学遂. 我国设施农业的现状和发展趋势[J]. 农业机械,2000(11):4-6.
- [2] 马丹,须晖,韩亚东,等. 日光温室专用燃煤热风炉加温效果分析[J]. 农业工程技术·温室园艺,2007(5):13-14.
- [3] Zheng D. Modeling of standing column well in ground source heat pump system[D]. Stillwater:Oklahoma State University,2004.
- [4] Michopoulos A,Bozis D,Kikidis P,et al. Three-years operation experience of a ground source heat pump system in Northern Greece[J]. Energy and Buildings,2007,39(3):328-334.
- [5] 刘照华. 我国地源热泵空调系统发展前景分析[J]. 江苏建筑,2013(1):100-102.
- [6] 徐伟,刘志坚. 中国地源热泵技术发展与展望[J]. 建筑科学,2013,29(10):26-33.

- [7] Kozai T. Thermal performance of an oil engine driven heat pump for greenhouse heating[J]. Journal of Agricultural Engineering Research,1986,35(1):25-37.
- [8] Ozgener O,Hepbasli A. A parametrical study on the energetic and exergetic assessment of a solar-assisted vertical ground-source heat pump system used for heating a greenhouse[J]. Building and Environment,2007,42(1):11-24.
- [9] 郭月明,张春月,王珂. 地源热泵研究文献综述[J]. 中国科技博览,2013(22):2.
- [10] 张晓慧,陈青云,曲梅,等. 地源热泵空调系统在日光温室中的加温效果[J]. 上海交通大学学报:农业科学版,2008,26(5):436-439.
- [11] 柴立龙,马承伟,张义,等. 北京地区温室地源热泵供暖能耗及经济性分析[J]. 农业工程学报,2010,26(3):249-254.
- [12] 田丰果,贺莹,孙铁弓,等. 水源热泵在温室大棚温度调节中的应用[J]. 北方园艺,2008(12):91-93.
- [13] 方慧,杨其长,孙骥. 地源热泵在日光温室中的应用[J]. 西北农业学报,2010,19(4):196-200.
- [14] 王吉庆,张百良. 水源热泵在温室加温中的应用研究[J]. 中国农学通报,2005,21(6):415-419,442.

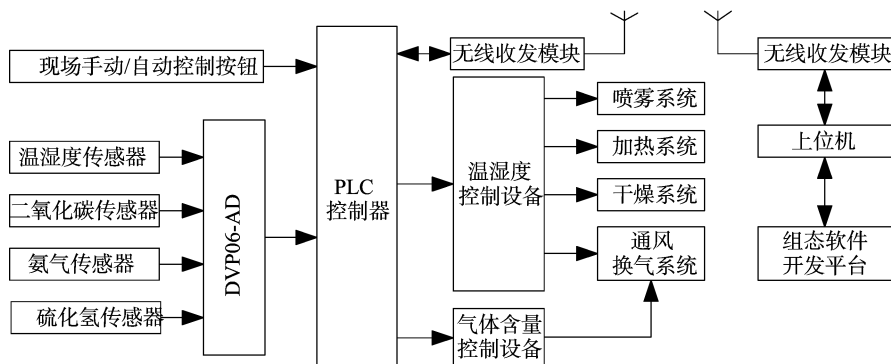


图1 系统结构框架图示

本系统由手动和自动 2 种工作模式,在手动工作模式下,工作人员可以随时对各个控制设备进行调试,并在紧急情况下对设备进行操作。在自动模式下温湿度传感器、气体( $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ )传感器负责将猪舍中的测量参数值转化为可识别的电信号,再把电信号经 A/D 模块转换为数字信号,送给 PLC 进行数据量程转换处理,然后通过 RS485 串口将数据传给无线收发模块,无线收发模块通过天线以无线方式将采集到的数据传给上位机,上位机通过 Kingview 6.53 软件编制的处理程序将用户设定值与现场值进行比较,确定是否启动温湿度和气体含量控制设备,最后将相关启停控制设备指令通过天线以无线方式传给 PLC 来控制现场设备,实现猪舍温湿度和气体含量的自动控制。

## 2 系统硬件结构

### 2.1 PLC 控制器

为了能够稳定、快速地采集和控制猪舍内各环境参数,较好满足猪舍每个监控点的需求,该系统下位机控制器采用台达 DVP-14SS2 型 PLC,该型号属于经济型基础产品,其外观轻巧,适合安装在小型控制箱内,其主机点数 14(输入:8 点,输出:6 点,继电器输出),内置 RS232 与 RS485 通信口,支持 MODBUS、ASCII/RTU 通信协议,可以很方便地与计算机进行通信,也可与自带 RS485 接口的无线模块之间自由通讯,而不需要任何通信模块。

### 2.2 温湿度传感器

温湿度传感器的作用主要是将猪舍内温度和湿度物理量转换为模拟量,并以电流形式输出,以便满足 A/D 转换器输入端电气参数的要求。系统温湿度传感器采用华图公司生产的温湿度一体式传感器 HE4000A-EX。它采用 1-Wire 总线接口,测量温度范围  $-30 \sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,精度为  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,测量湿度范围  $0 \sim 100\%$ ,精度  $\pm 3\%$ ,外置线长 3 m,输出电流范围  $4 \sim 20\text{ mA}$ ,且实用性和可靠性高,能够满足猪舍的温湿度测量要求。温湿度传感器的硬件连接如图 2 所示。

### 2.3 气体传感器

系统气体传感器采用 JL\_900 型号的固定式气体( $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$ )变送器来实现,其中  $\text{H}_2\text{S}$  的量程范围为  $0 \sim 132\text{ mg/m}^3$ , $\text{NH}_3$  的量程范围为  $0 \sim 66\text{ mg/m}^3$ , $\text{CO}_2$  的量程范围为  $0 \sim 2\,550\text{ mg/m}^3$ ,精度均  $< (\pm 5\%) \text{ F.S.}$ ,采用三线制  $4 \sim 20\text{ mA}$  标准信号输出或 485 信号输出,传输距离  $> 1\text{ km}$ ,

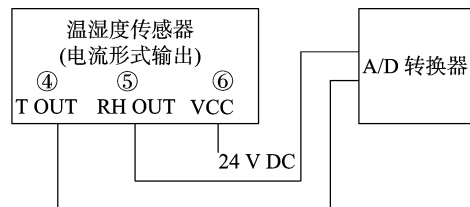


图2 温湿度传感器硬件连接示意图

且工作稳定、可靠,能够满足猪舍气体浓度测量要求。气体传感器的作用主要是将猪舍内  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$  的浓度转换为模拟量,并以电流形式输出,以便满足 A/D 转换器输入端电气参数的要求。气体传感器的硬件连接如图 3 所示,其中 V 接  $12 \sim 24\text{ V}$  直流电源,G 接地,S 为对应气体传感器输出  $4 \sim 20\text{ mA}$  的标准电流信号。

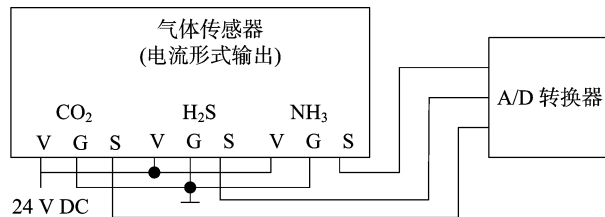


图3 气体传感器硬件连接示意图

### 2.4 A/D 转换器

采用型号为 DVP06AD-S 的 A/D 转换器,它是一款 6 路 14 位模拟量采集模块,既可单独使用,也可以作为 PLC 的功能扩展,模拟输入电压范围  $\pm 10\text{ V}$ ,对应数字转换范围为  $\pm 8\,000$ ,模拟输入电流范围  $\pm 20\text{ mA}$ ,对应数字转换范围为  $\pm 4\,000$ ,综合精度  $\pm 1\%$ ,具有精度高、响应速度快的特点。本控制系统中该模块可将所收集的温湿度值和气体( $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{NH}_3$ )含量值转换为 14 位数字信号,以便于 PLC 通过主机程序以指令 FROM/TO 来读写模块内的数据。

由于本系统 A/D 转换模块采用电流模式输入,与各传感器采用电流输出量程不一致,因此要上位机监控画面上显示猪舍各参数实际值,必须进行量程转换。假设  $A_m$ 、 $A_0$  为传感器输入测量范围的最大值和最小值; $D_m$ 、 $D_0$  是根据 A/D 模块输入电流范围  $-20 \sim 20\text{ mA}$  对应数值为  $-4\,000 \sim 4\,000$  的线性关系,将传感器输出电流信号  $4 \sim 20\text{ mA}$  转换为对应数字量为  $800 \sim 4\,000$ ;  $D_x$  为现场测量值经 A/D 转换后对应的数

字量,  $A_x$  为  $D_x$  对应现场测量值。由于模拟量标准电信号与 A/D 转换后的数字量为线性关系, 则函数关系式为

$$\frac{A_x - A_0}{D_x - D_0} = \frac{A_m - A_0}{D_m - D_0};$$

$$\text{即 } A_x = \frac{A_m - A_0}{D_m - D_0} (D_x - D_0) + A_0。$$

以温度为例加以说明, 温度测量范围  $-30 \sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 即  $A_m = 70$ ,  $A_0 = -30$ , 对应输出电信号为  $4 \sim 20\text{ mA}$ , 则其经 A/D 转化后对应  $D_m = 4\ 000$ ,  $D_0 = 800$ 。将其代入上式可知实测猪舍温度为

$$A_T = [70 - (-30)] \frac{D_x - 800}{4\ 000 - 800} + (-30) = \frac{D_x - 1\ 760}{32}。$$

## 2.4 无线收发模块

采用型号为 DTD433MC 无线收发模块, 它提供透明的 RS232/RS485 接口, 无线可靠传输距离可达  $3\text{ km}$ , 无线数据终端中心频率为  $433\text{ MHz}$ , 同时提供 8 个信道供用户选择。具

体通信时只需将 PLC 的 Modbus 通信速率与无线传输模块的波特率设置一致即可, 本系统通信格式设置为  $9\ 600\text{ bps}$ ,  $8 - \text{E} - 1$ , RTU。为了保证通信距离, 提高通信质量, 天线采用型号为 BYD433 的车载吸盘天线, 该产品工作频率为  $428 \sim 438\text{ MHz}$ , 带宽  $10\text{ MHz}$ , 增益  $5.5\text{ dBi}$ , 最大功率  $50\text{ W}$ , 能够满足监控室到猪舍监测点半径为  $3\text{ Km}$  范围的数据传输及控制实现。

## 3 系统软件设计

### 3.1 下位机软件设计

下位机通过台达 WPLSoft 软件对 PLC 进行软件编程, 下位机 PLC 在系统中主要完成对猪舍温湿度、气体浓度进行数据采集、处理, 经 A/D 转换后将数据以无线传输方式传给上位机, 以及接受上位机传来的控制指令来驱动温湿度控制设备和气体含量控制设备, 从而实现猪舍环境参数的自动控制。图 4 为猪舍环境现场参数采集控制程序流程。

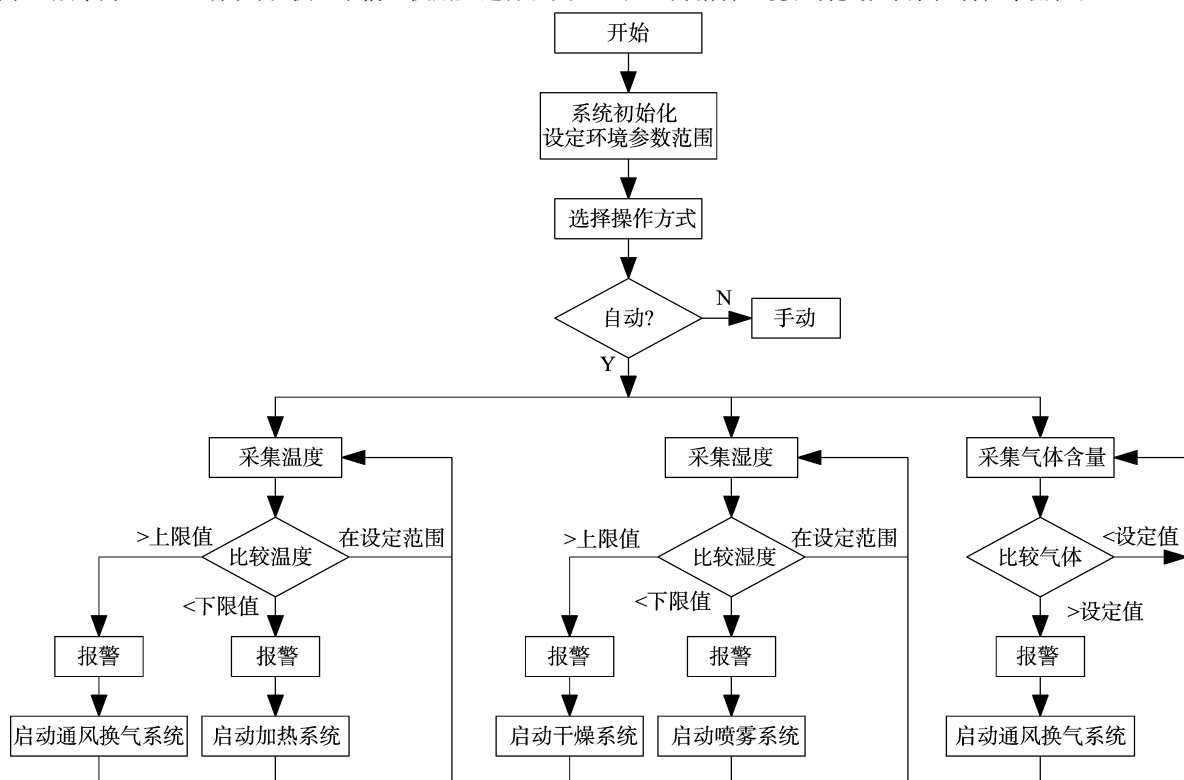


图4 采集控制程序流程图示

### 3.2 上位机软件设计

上位机采用 Kingview 6.53 软件编制相应程序, 实现对工艺流程图和测量数据的显示, 建立猪舍环境智能控制监控画面, 能够准确实时再现被控对象的真实状态。管理人员可以通过监控界面上的操作方式选择按钮实现对猪舍环境监控系统的手动和自动控制, 手动操作方式主要是通过鼠标点击单个按钮实现可控设备的启/停控制, 自动操作方式是根据参数设定值与采集值进行比较后, 通过控制指令实现系统的启/停、运行、参数超限报警及数据存取等整个过程的自动运行及在线监视。同时, 管理人员还可以根据室内外气候及环境条件调节各参数设定值和采集值, 并将这些需要控制的各项参数以无线传输方式送入下位机指定地址内, 实现新的自动控

制。猪舍环境智能监控系统如图 5 所示。

## 4 结果与分析

为了验证该系统的可行性、有效性和实用性, 本系统以河南谊发牧业有限责任公司的某繁育猪舍为对象, 对猪舍内温湿度和  $\text{NH}_3$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  气体浓度进行自动控制测试和数据分析。室内控制参数选择如下: 室内温度设定值  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度设定为  $70\%$ ,  $\text{CO}_2$  浓度  $510\text{ mg/m}^3$ ,  $\text{NH}_3$  浓度  $10.56\text{ mg/m}^3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  浓度  $1.98\text{ mg/m}^3$ 。在  $24\text{ h}$  内猪舍环境参数变化情况如表 1 所示。

从表 1 温度采集数据可知, 在自动控制方式下猪舍内平均温度为  $18.02\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最大值为  $19.20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 最小值为  $17.33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

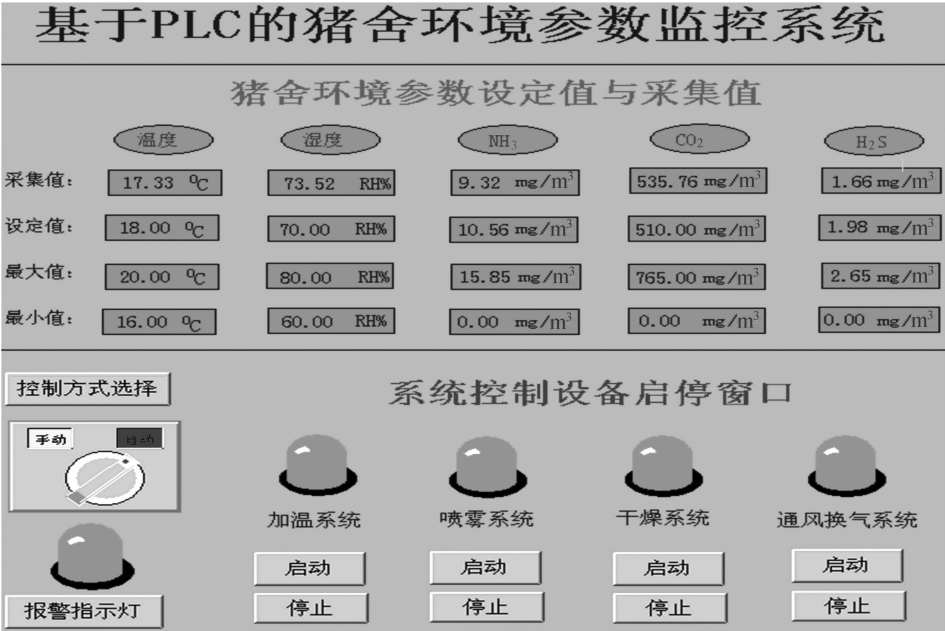


图5 猪舍环境智能监控系统界面

表 1 24 h 内猪舍环境参数日变化

时刻	温度 (℃)	湿度 (%)	NH <sub>3</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	H <sub>2</sub> S (mg/m <sup>3</sup> )
09:00	17.33	73.52	10.05	535.76	1.49
10:30	18.12	70.15	10.65	561.19	2.15
12:00	19.20	71.22	8.25	464.38	1.79
13:30	17.90	72.31	9.45	510.04	1.92
15:00	18.13	67.53	10.07	459.18	2.13
16:30	18.24	68.37	8.07	460.18	1.89
18:00	17.55	70.28	10.65	555.97	2.19
19:30	18.14	71.21	9.61	490.03	1.82
21:00	18.32	73.22	9.81	500.17	1.89
22:30	18.26	71.34	7.68	456.72	1.66
00:00	18.05	69.13	8.63	499.11	1.76
01:30	17.33	71.35	10.90	602.08	2.14
03:00	18.06	73.46	11.31	612.04	2.23
04:30	18.24	74.18	8.96	484.92	1.88
06:00	17.46	75.36	8.19	469.66	1.80
07:30	17.92	72.29	9.13	509.75	1.89
09:00	18.15	71.13	10.73	586.62	2.13

温度变化最大值为 1.93℃,且温度偏离设定值的最大值为 1.2℃,最大相对误差为 6.7%,这说明温度变化范围较小,外界因素对其影响不大,温度比较稳定且在控制要求内。猪舍内相对湿度平均值为 71.53%,最大值为 75.36%,最小值为 67.53%,其最大值偏离设定值 5.36% 的数值,相对误差为 7.65%,最大值没有超出相对湿度适合范围的上限,能够保持在控制要求之内。猪舍内 NH<sub>3</sub> 浓度平均值为 9.54 mg/m<sup>3</sup>,最大值为 11.31 mg/m<sup>3</sup>,最小值为 7.68 mg/m<sup>3</sup>,其最大值偏离设定值的 0.75 mg/m<sup>3</sup> 数值,相对误差为 9.63%,其最大值没有超过 NH<sub>3</sub> 浓度的要求 15.85 mg/m<sup>3</sup>。舍内 CO<sub>2</sub> 浓度平均值为 520.53 mg/m<sup>3</sup>,最大值为 612.04 mg/m<sup>3</sup>,最小值为 456.72 mg/m<sup>3</sup>,其最大值偏离设定值的数值为 112.04 mg/m<sup>3</sup>,相对误差为 10.45%,其最大值没有超过 CO<sub>2</sub> 浓度的要求 765.00 mg/m<sup>3</sup>。舍内 H<sub>2</sub>S 浓度平均值为

1.94 mg/m<sup>3</sup>,最大值为 2.23 mg/m<sup>3</sup>,最小值为 1.66 mg/m<sup>3</sup>,其最大值偏离设定值的数值为 0.25 mg/m<sup>3</sup>,相对误差为 12.67%,其最大值没有超过 H<sub>2</sub>S 浓度 2.65 mg/m<sup>3</sup> 的要求。上述结果表明,该系统可实现精确获取舍内环境参数并能够精确控制各设备,在保证舍内合适温湿度基本恒定情况下,也能保持 NH<sub>3</sub>、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 的浓度在合适的控制范围内。

5 结语

针对猪舍环境参数较难控制问题,本试验在综合考虑猪舍内温湿度与气体浓度之间相互影响因素的基础上,设计一种以 PLC 控制器为核心的猪舍环境智能无线监控系统,该系统能够对环境参数进行实时监控,且一旦超出设置的环境参数范围,加温系统、干燥系统、喷雾系统和通风换气系统等控制设备能够自行启动调整环境参数。实例应用结果表明,该系统在保证猪舍温湿度基本恒定条件下,能使猪舍内气体浓度含量保持在设定的范围内,证实了系统的可行性和实用性,避免了人工操作的主观性和随意性,在农牧领域具有一定的应用前景和实用价值。

参考文献:

[1] 郑争兵. 基于 AVR 的猪舍温湿度监测系统研究[J]. 广东农业科学,2012,39(4):125-127.  
[2] 朱凤武,邹丽娜,涂川川,等. 基于 LabVIEW 的猪舍温度监控系统研究[J]. 中国农机化学报,2013,2(2):68-71.  
[3] 朱伟兴,戴陈云,黄 鹏. 基于物联网的保育猪舍环境监控系统[J]. 农业工程学报,2012,28(11):177-182.  
[4] 李立峰,武 佩,麻硕士,等. 哺乳母猪舍环境监控系统研究[J]. 农机化研究,2011,33(11):195-198,202.  
[5] 李立峰,武 佩,麻硕士,等. 基于组态软件和模糊控制的分娩母猪舍环境监控系统[J]. 农业工程学报,2011,27(6):231-236.  
[6] 张新柱,牛晓晨,马 博,等. 基于网络的猪舍环境监测预警系统[J]. 西安邮电学院学报,2013,18(4):109-112.