

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.11.041

基于以太网和移动平台的奶牛场环境远程监控系统

邹兵¹ 杜松怀¹ 施正香² 于静³ 李民赞¹

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083;
3. 天津梦得集团有限公司, 天津 300400)

摘要: 针对现有奶牛场环境远程监控系统移动性差、操作复杂、功耗高等缺点, 开发了一种基于以太网和手机微信开放平台的奶牛场养殖环境远程监控系统, 实现了奶牛场温度、湿度、CO₂浓度、H₂S浓度、SO₂浓度、NH₃浓度等环境参数的精确采集和远程实时监控。系统通过以太网进行数据传输, 利用 Kingview 6.55 工业组态软件开发了上位机监控软件系统, 将上位机监控系统数据库与微信公共平台有机融合, 实现了利用手机微信客户端完成对奶牛场环境远程监控的功能。经过实验室仿真试验及在奶牛场的实际运行试验证明, 该系统运行稳定可靠, 实时性好, 监控效果理想, 数据丢包率在 100 m 范围内最高仅 0.041%, 有效地解决了对奶牛场环境信息进行实时现场监控和远程监控的问题。

关键词: 奶牛场环境; 远程监控; 以太网; 微信开放平台

中图分类号: S823.9⁺1; S818.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2016)11-0301-06

Remote Monitoring System for Cow House Environment Based on Ethernet and Mobile Public Platform

Zou Bing¹ Du Songhuai¹ Shi Zhengxiang² Yu Jing³ Li Minzan¹

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

2. College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

3. Tianjin Mengde Group Co., Ltd., Tianjin 300400, China)

Abstract: The current remote monitoring system for the dairy farm environment is lack of mobility and too complicated to handle with high power consumption. Based on above, this paper developed a novel remote monitoring system for the dairy farm environment based on the Ethernet and the public platform with WeChat. The new system can realize the accurate acquisition and remote real-time monitoring with respect to the environmental parameters, such as the temperature, humidity, CO₂ concentration, H₂S concentration, SO₂ concentration, NH₃ concentration, etc. Ethernet was used to transmit the collected data. The industrial configuration software, Kingview 6.55, was adopted to develop the monitoring software system for the upper computer. The database of the aforementioned system was connected with the public platform with WeChat. A WeChat client was established on the smart phone to remotely monitor the environment of the dairy farm. Case studies were carried out on the simulation experiments of the laboratory and the actual operations of a dairy farm. It is shown that this novel monitoring system had high stability and reliability and good real-time performance with satisfactory monitoring effect. The data packet loss rate was lower than 0.041% in the range of 100 m. This system can effectively solve the problem of real-time and remotely monitoring the environmental information of a cow house.

Key words: cow house environment; remote monitoring; Ethernet; WeChat public platform

收稿日期: 2016-05-25 修回日期: 2016-08-14

基金项目: 现代农业(奶牛)产业技术体系建设专项资金项目(CARS-37)

作者简介: 邹兵(1986—), 女, 博士生, 主要从事农业电气化与自动化研究, E-mail: bingbingliang@126.com

通信作者: 施正香(1964—), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事畜禽养殖工艺与环境研究, E-mail: shizhx@cau.edu.cn

引言

奶牛场智能化管理中,奶牛场环境信息监控是非常重要的环节。奶牛对环境温度变化非常敏感,其生长、发育、繁殖、泌乳、免疫机能等均受环境温度的影响^[1-5]。奶牛最适宜的空气湿度为 55% ~ 80%^[6],空气湿度过低会导致粉尘漂浮在空气中,易引起呼吸道感染;湿度过高会造成奶牛机体抵抗力下降,使奶牛易患湿疹等皮肤病。奶牛处在低浓度氨的环境中体质会变弱,对某些疾病的易感性增强,采食量、日增重、生产力都下降^[7]。H₂S 会刺激牛的粘膜,引起眼结膜炎、鼻炎、气管炎、咽喉灼伤,甚至引起肺水肿。奶牛长期处在缺氧的环境中,会造成精神萎靡、食欲减退、体质下降、生产力降低、对疾病的抵抗力减弱,特别是对结核等传染病易于感染^[8]。因此对奶牛场内 NH₃、H₂S、CO₂、SO₂、温湿度等信息进行实时采集、监控,以方便管理者及时根据奶牛场环境对奶牛场进行及时通风,升温降温处理是非常有必要的。

国内外关于禽畜舍环境监控的研究很多,美国学者 TIMMONS 等设计了一套禽类养殖专家系统,该系统有效地将家禽生物学模型和鸡舍环境控制模型结合在一起,继而对环境进行准确判断和控制^[9]。日本学者研究的环境调控集群控制系统引入了专家系统,不仅能起到环境调控的作用,还能诊断出发病畜禽^[10]。在我国,韩静等^[11]通过 AT89S52 单片机和无线数据传输实现了奶牛场无线智能环境采控,闫丽等^[12]通过无线网络技术 ZigBee 和 GPRS 实现了奶牛场内环境参数和图像的全方位监测及奶牛生活状态的视频记录。叶云等^[13]基于无线传感器网络、网络通信等物联网技术,设计了规模化免场生产监管系统,王廷江等^[14]构建了由协调器、路由器、传感器节点等组成的以 ZigBee2007 协议栈为支撑的无线网络系统,实现了规模化奶牛场舍内环境多种参数无线自动监测、自动调节,韩静等^[15]利用 PLC 通过 RS-485 总线与触摸屏结合实现了对奶牛场环境信息的采集,王玲等^[16]将 RFID 射频识别、ZigBee 无线通信与 ARM 嵌入式技术相结合,研制了一套羊场养殖信息管理手持终端集。综合各研究,虽然都实现了对禽畜舍环境信息的采集,但是由于普遍存在系统移动性差、开发周期长、操作复杂、功耗高等缺点,所以实际应用不多。近年来,国内关于使用微信开放平台进行信息监控的研究陆续增多,但在奶牛场信息监控领域尚无实用性成果。因此本文根据奶牛场实际运行管理情况,开发一种基于工业以太网和微信移动开放平台的奶牛

场养殖环境远程监控系统以便于奶牛场管理者使用,避免传统监测系统开发周期长,软硬件成本高昂,需要复杂布线,难以维护,软件操作复杂等缺点。

1 监控系统架构

根据对奶牛场环境信息进行监控的功能要求,整个系统由传感器节点/采集器、以太网多功能采集模块、上位机监控系统及用户手机微信 APP 客户端组成。系统设计整体思路如图 1 所示。

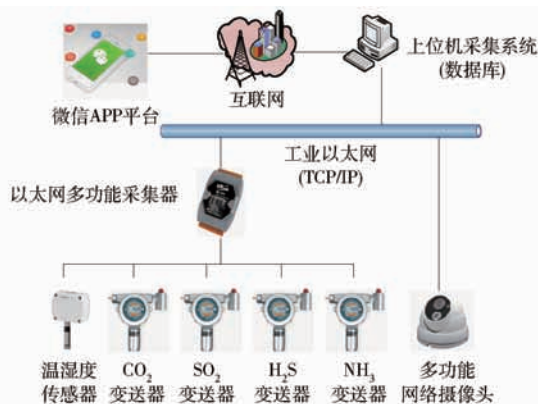


图1 系统整体设计图

Fig. 1 Overall design diagram of system

传感器/采集器节点负责对信息(温度、湿度、CO₂浓度、H₂S浓度、SO₂浓度、NH₃浓度)的采集、处理和发送,以太网根据 ModbusTCP 协议,将所有数据信息传送给上位机监控软件,上位机将收到的通信数据进行奶牛场环境数据的实时更新和数据库存储,方便后期的查询、统计分析,并且对采集到的参数设置阈值,超过阈值后报警,提示进行处理。另外由网络摄像头通过以太网接入上位机,上位机监控软件可以实时显示现场视频,方便管理者远程观察现场情况。为方便用户微信客户端查询实时数据,将本地计算机搭建服务器对接微信公共平台,用户微信关注公众号后,发送关键字或代码即可查询环境数据。

2 系统硬件设计

整个系统硬件设计根据其架构及实现的功能分为 3 层结构:传感器及网络摄像头构成感知层,实现对奶牛场环境参数的采集和视频信息的采集,将获得的信息送到网关设备,并转发从网关设备获取的控制信息给终端的传感器和视频设备;传输层由网关和以太网构成,负责将感知层传递来的信息可靠地传递到用户处理中心;应用层硬件主要指上位机服务器和用户手机。

2.1 系统感知层硬件设计

2.1.1 温湿度传感器选型

选择西门子的 QFA3171 型传感器作为温湿度

传感器,本传感器通过传感元件电容值随湿度的变化和电阻值随温度的变化分别获取环境的相对湿度和温度数据。该传感器体积小、质量轻、可方便安装在奶牛场的各个位置,湿度测量范围可以达到 0 ~ 100%,输出信号为 4 ~ 20 mA,可以与 ModbusTCP 采集器要求的输入信号相匹配。传感器相关性能参数如表 1 所示。

表 1 QFA3171 型传感器性能参数

Tab.1 Performance parameters of QFA3171

参数	工作	温度测量	温度信号	湿度测量	湿度度信号
	电压/V	范围/(°)	输出/mA	范围/%	输出/mA
数值	13.5 ~ 35	-40 ~ 70	4 ~ 20(DC)	0 ~ 100	4 ~ 20(DC)

2.1.2 气体浓度传感器选型

奶牛场中 CO₂ 相对浓度较高,因此 CO₂ 气体浓度传感器选用 MOT300 - CO₂ - IR 型无线气体探测器,该传感器基于红外检测技术。红外检测技术是气体浓度检测技术中常用的一种。大部分有机和无机多原子分子气体在红外区都有自己的特征频率的吸收频率。当红外光穿过待测气体时,气体分子就会吸收自己特征频率的红外光能量,其吸收关系服从朗伯-比尔定律,即

$$A = \lg \left(\frac{1}{T} \right) = Kbc \quad (1)$$

式中 A——吸光度

T——透射比,即透射光强度与入射光强度之比

K——摩尔吸收系数,它与吸收物质的性质及入射光的波长 λ 有关

c——吸光物质的浓度

b——吸收层厚度

将式(1)转换为求气体的浓度

$$c = \frac{A}{Kb} \quad (2)$$

因此只要通过光线入射前后能量的变化求出吸光度,由式(2)就可以计算出气体的浓度。

MOT300 - CO₂ - IR 型传感器响应快,测量精度高,稳定性和重复性好,测量范围 0 ~ 3 928 mg/m³,分辨率为 1.96 mg/m³,检测精度为 $\pm 3\%$,输出信号为 16 位精度的 4 ~ 20 mA 信号,符合对 CO₂ 传感器的要求。

NH₃、H₂S、SO₂ 浓度传感器选用 MOT300 系列的 MOT300 - NH₃ 型、MOT300 - H₂S 型、MOT300 - SO₂ 型传感器,这一系列传感器采用电化学检测原理,通过与被测气体发生反应并产生与气体浓度成正比的电信号来检测气体浓度,其既能满足检测中对灵敏度和准确性的需要,又具有体积小、操作简单、携带

方便、可用于现场监测且价格低廉的优点^[17]。所选择的 MOT300 系列气体浓度传感器测量范围为 0 ~ 196 mg/m³,分辨率为 0.2 mg/m³,检测精度为 $\pm 3\%$,输出信号为 16 位精度的 4 ~ 20 mA 信号,符合 ModbusTCP 采集器要求的 4 ~ 20 mA 输入信号标准。如图 2 所示,在牛棚内选取中间位置安装 4 个气体浓度传感器与温湿度传感器。



图 2 传感器现场安装图

Fig.2 Sensor site installation diagram

2.1.3 现场视频设备

在奶牛场安装视频设备,可以随时查看奶牛场内的状况,及时发现牛场异常情况并进行处理,减少奶牛场管理者进出奶牛场的次数,提高生产效率,还可以将视频录像进行存储,方便日后查看。视频监控设备选择海康威视生产的 DS - 2CD4165F - (I) (Z) 型 600 万像素日夜型半球型网络摄像机,该摄像机最高分辨率可达 600 万像素 (3 072 像素 \times 2 048 像素),可以直接通过以太网与服务器连接获取视频信息。使用时首先将摄像机与服务器连接,使用海康威视提供的 SADP 软件进行激活后,可通过浏览器方式登陆出厂前默认的内部 Web 服务器设置网络摄像机的 IP 地址、子网掩码、网关等信息,保持设备 IP 地址与服务器 IP 地址处于同一网段内。在服务器上注册海康威视提供的 OCX 控件,启动运行亚控科技开发的组态软件,调用海康视频 OCX 控件,即可实现对奶牛场视频信息的实时显示。图 3 为在牛棚内安装的摄像头,由于牛棚分为左右 2 部分,考虑到兼顾 2 个区域的视野,一个安装在牛活动区域的正上部分,另一个摄像头调整角度对准其它区域。



图 3 摄像头现场安装图

Fig.3 Camera site installation diagram

2.2 系统传输层硬件设计

传输层是连接感知层和应用层的关键环节。传输层的主要任务是将现有的各种通信网络(如移动通信网、互联网等)与感知层的传感器网络相融合,实现底层传感器采集信息的传输与广泛互联^[18]。Modbus 协议是一种已广泛应用于当今工业控制领域的通用通信协议。通过此协议,控制器相互之间或控制器经由网络(如以太网)和其它设备之间可以进行通信,可以支持多种通信接口,如 RS-232、RS-485 等,可以在各种介质上传送,如双绞线、光纤、无线等。Modbus 的帧格式简单、紧凑,通俗易懂。用户使用容易,厂商开发简单。TCP/IP 是一种几乎可以适用于所有底层通信技术的网络传输协议,在网络层实行 IP 协议,在传输层使用 TCP 协议,ModbusTCP 协议集成 2 种协议的优点,将 ModbusRTU 协议与 TCP/IP 协议结合,数据传输量更大、实时性更好。图 4 所示为 Modbus 通信协议栈。

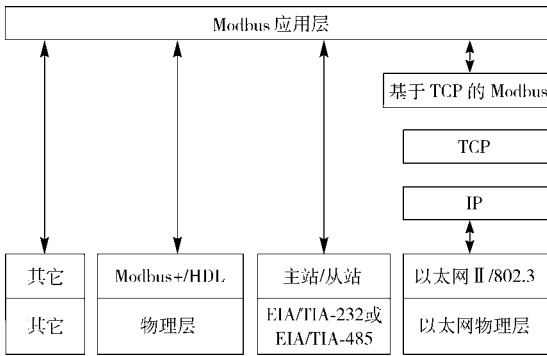


图 4 Modbus 通信栈

Fig. 4 Modbus communication stack

选择泓格 PET-7217 模块作为 ModbusTCP 采集器,本模块是一个以网页为基础的以太网 I/O 模块,可经由网页浏览器进行模块组态设定和 I/O 监控,有 8 路输入模拟信号,输出 4 路数字信号,用 1 个模块就可以满足 5 个传感器 5 路模拟信号输入的需要。另外本模块符合 IEEE802.3af 以太网供电标准(POE),能由以太网络获得供电,无需额外的电源插座就可使用,降低了对电源的要求。

PET-7217 模块与上位机 Kingview 软件之间采用 ModbusTCP 协议进行通信,PET-7217 作为服务器,在 Kingview 开发模式下,选择 Kingview—设备—com—新建设备,选择莫迪康设备下 Modbus TCP 协议,设定 IP 地址、端口、COM 口校验码等完成通信配置。

2.3 系统应用层硬件设计

该层主要有上位机监控中心和远程客户端两部分。上位机监控中心是布置在奶牛场现场的服务

器,远程客户端指的是安装有微信的用户手机。服务器选择联想的扬天 T4900v-00 型计算机,其选择利用 Kingview 软件和微信数据库的连接,对传递来的数据进行处理、显示、存储、分析,实现对远程物理设备的管理、控制,完成人机交互功能。

3 软件设计

3.1 上位机监控软件设计

上位机软件采用亚控科技的 Kingview 6.55 版本进行设计,利用组态软件搭建奶牛场信息监控系统的中心,负责整个监控系统的操作、处理与统计。软件系统分别从组建工具、数据库服务、监控终端 3 个层面进行设计,主要完成对奶牛场环境信息的采集、处理、存储,上位机及手机客户端监控。软件总体框架如图 5 所示。

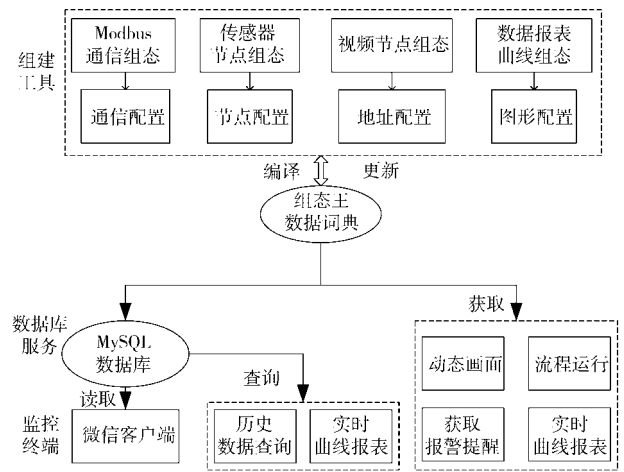


图 5 系统软件功能模块图

Fig. 5 Module diagram of system software function

上位机监控终端是整个奶牛场信息监控系统的中心,负责整个监控系统的操作、处理与统计。根据其功能要求,设计主画面为用户提供现场设备的工作状态及运行参数,以判断系统运行是否正常,为用户提供决策依据。主画面由环境状况、视频监控、数据曲线等部分组成。视频监控显示观察到的奶牛场实际情况,由环境数据可以观察到运行参数的实时数据,并可生成报表和趋势曲线,为下一步决策提供依据。

数据库是监控系统工程中最重要的一环,是联系上位机和下位机的桥梁,甲骨文公司(Oracle)开发和维护的 MySQL 数据库功能强大、灵活、有丰富的应用编程接口(API)以及精巧的系统结构,因此选择 MySQL 数据库作为奶牛场环境信息存储数据库,通过访问管理器的记录体来建立数据库表格字段与 Kingview 数据词典中变量之间的联系,同时也可以通过函数对数据库进行建表、删表等

操作,包括对记录进行插入、修改、删除、查询等操作^[19]。

本系统中用到的 MySQL 数据库有 2 种功能:用于后期统计分析、查询的数据存储,软件间隔时间将当前数据逐行存入数据库;用于微信查询系统对接实时数据库,系统定时更新数据库内环境信息数据。

3.2 微信开放平台设计

微信现在已经成为人们最常访问的 APP 应用软件,用户群庞大,然而其主要应用领域还是在社交和商业领域,在科技领域并没有得到深入的利用和开发。微信公共平台,是腾讯公司在微信基础上新增的功能模块,通过这一平台,个人和企业都可以打造一个微信公众号,即可获得唯一 ID 公共平台,该平台支持第三方应用软件对接^[20]。因此本文利用微信开放平台对奶牛场环境进行远程监控,既省去了开发手持式远程终端的时间和成本,又避免了在手机上开发新的 APP 可能带来的软件不兼容等问题。

开发微信监控系统需要配置的软件有 XAMPP WIN325.6.15、集成软件包(MySQL 数据库、PHP、Web 服务器 Apache)、花生壳内网穿透软件、Atom 代码编写器等。配置好微信公共平台与本地服务器通信链接,公众平台用户提交信息后,微信服务器将发送 GET 请求到填写的 URL 上,并且带上 signature(微信加密签名)、timestamp(时间戳)、nonce(随机数)、echostr(随机字符串)4 个参数。开发者通过检验加密签名对请求进行校验,若确认此次 GET 请求来自微信服务器,则原样返回随机字符串内容,则接入生效,否则接入失败。

微信开放平台与用户自动交互的实现如图 6 所示。在网络处理单元中,主机(Web 服务器)为微信消息接口提供第三方服务器并与保存奶牛场环境数据的网络数据库连接,获取奶牛场环境数据信息。用户使用微信通过订阅号发送查询数据的信息时,数据请求首先经由用户端发送到微信服务器,然后微信服务器将数据包通过微信消息接口转发到作为 Web 服务器的虚拟主机,虚拟主机根据系统用户的需求执行 PHP 脚本查询数据库中数据并处理数据包,最终将用户所需的各类信息发送到用户微信客户端。



图 6 微信开放平台与用户交互原理图

Fig. 6 Interaction principle diagram between WeChat public platform and users

奶牛场管理者在微信客户端关注系统公众订阅号,发送代码或者关键词到订阅号,系统按照模糊设计,只要出现相关文字即返回相关环境数据,若用户错误发送命令则予以提醒,例如客户误发送图片信息。

4 远程监控系统测试与试验

本系统前期在中国农业大学信息与电气工程学院实验室内进行了为期 21 d 的运行测试试验,后期在天津市梦得今日健康乳业公司的奶牛场 1 号牛棚内进行了为期 14 d 的实际运行试验,对系统的稳定性和数据丢包率等进行了测试和验证。

4.1 数据丢包率测试

为测定通信距离与数据丢包率之间的关系,采用传感器节点在不同距离下的数据对传丢包率测试。选定距上位机通信距离分别为 1、5、25、50、75、100 m 的传感器节点,设置测试时间间隔为 60 s 进行一次发送和接收数据包的测试。测试的数据丢包率平均结果如表 2 所示。

表 2 网络数据丢包率统计

传感器 节点序号	距离/m					
	1	5	25	50	75	100
1	0	0	0	0	0.018	0.041
2	0	0	0.002	0.012	0.023	0.035
3	0	0	0	0.005	0.012	0.016
4	0	0	0.004	0.007	0.011	0.022
5	0	0	0	0	0.015	0.028

分析数据可以得知,在通信距离最长为 100 m 时数据丢包率最高为 0.041%,根据我国基于以太网技术的局域网系统的验收测评规范,在 100 M 以太网,流量负荷为 70% 时允许的丢包率应不大于 0.1%,可见本系统的数据丢包率满足国家要求。

4.2 系统稳定性试验

连续运行 14 d 的试验证明该系统运行稳定可靠,安装简单、检测精度高,实现了温度、湿度、CO₂ 浓度、H₂S 浓度、SO₂ 浓度、NH₃ 浓度的远程和本地的数据采集、趋势曲线绘制、数据库存储等功能,并且和微信公共平台实现了通信。上位机监控系统主界面和微信通信界面如图 7、8 所示。

5 结论

(1) 利用以太网为通信媒介,用组态软件进行了上位机监控系统的开发,并与微信开放平台进行对接,探索了利用第三方公共平台进行二次软件开发进而实现远程监控奶牛场环境信息的可行性。



图7 奶牛场环境信息监控主界面

Fig.7 Cow house environment information monitoring interface



图8 微信信息查询界面

Fig.8 WeChat information query interface

(2)试验结果表明,本系统组网简单,操作灵活,可扩展性强,升级和维护方便,数据丢包率符合国家技术规范,运行稳定。实际运行证明,该系统适用于奶牛场现场环境,较好地实现了对奶牛场环

境的远程监控。

参 考 文 献

- 1 史彬林, 阎素梅. 奶牛耐热性评定指标的研究[J]. 中国奶牛, 1996(2):20-22.
SHI Binlin, YAN Sumei. Study on evaluation index of heat resistance of dairy cattle[J]. China Dairy Cattle, 1996(2):20-22. (in Chinese)
- 2 李建国, 桑润滋, 张正珊, 等. 热应激对中国荷斯坦牛血液生化指标及产奶性能的影响[J]. 中国畜牧杂志, 1999, 35(2):25-26.
LI Jianguo, SANG Runzi, ZHANG Zhengshan, et al. Effect of heat stress on blood biochemical indexes and milk performance in China Holstein cattle [J]. Chinese Journal of Animal Science, 1999, 35(2):25-26. (in Chinese)
- 3 蔡亚非, 李莲, 刘庆华, 等. 热应激奶牛外周血淋巴细胞凋亡和 bax- α 基因表达[J]. 南京农业大学学报, 2005, 28(1):66-70.
CAI Yafei, LI Lian, LIU Qinghua, et al. Analysis of apoptosis and expression of bax- α of lymphocytes in peripheral blood of dairy cows[J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2005, 28(1):66-70. (in Chinese)
- 4 MOORE R B, FUQUAY J W, DRAPALA W J. Effects of late gestation heat stress on postpartum milk production and reproduction in dairy cattle[J]. Journal of Dairy Science, 1992, 75(7):1877-1882.
- 5 FUQUAY J W. Heat stress as it affects animal production[J]. Journal of Animal Science, 1981, 52(1):164-174.
- 6 NY/T 388—1999 畜禽场环境质量标准[S]. 1999.
- 7 张文龙, 王建彬, 周景明. 畜牧业生产中的污染及治理对策[J]. 家畜生态, 2001, 22(3):51-55.
ZHANG Wenlong, WANG Jianbin, ZHOU Jingming. Pollution and control countermeasures in animal husbandry production[J]. Ecology of Domestic Animal, 2001, 22(3):51-55. (in Chinese)
- 8 齐贺. 寒区某高产奶牛场饲养管理和环境管理的调查与分析[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2013.
QI He. Investigation on feeding management and barn environment of dairy farm in cold region[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2013. (in Chinese)
- 9 HAMSCHER G, PRIE B, NAU H. Determination of phoxim residues in eggs by using high-performance liquid chromatography diode array detection after treatment of stocked housing facilities for the poultry red mite[J]. Analytica Chimica Acta, 2007, 586(1-2):330-335.
- 10 丛希, 胡晓丽, 袁洪印. 国内外畜禽舍环境监控系统研究现状[J]. 农业与技术, 2012, 32(6):106-107.
CONG Xi, HU Xiaoli, YUAN Hongyin. The domestic and foreign research status of livestock and poultry house environmental monitoring system[J]. Agriculture and Technology, 2012, 32(6):106-107. (in Chinese)
- 11 韩静, 王熙, 王福丽, 等. 规模化养牛场全自动无线智能环境采控器研究[J]. 农机化研究, 2014(12):19-23.
HAN Jing, WANG Xi, WANG Fuli, et al. Research of large-scale cattle farm automatic wireless intelligent environment controller [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2014(12):19-23. (in Chinese)
- 12 闫丽, 韦春波. 寒区奶牛牛舍无线监测系统研究[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(5):358-360.
- 13 叶云, 胡月明, 赵小娟, 等. 规模化兔场生产监管系统的设计与实现[J]. 农业工程学报, 2015, 31(22):229-234.
YE Yun, HU Yueming, ZHAO Xiaojuan, et al. Design and implementation of production supervising system for largescale rabbit farm[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(22):229-234. (in Chinese)

- GUO Hao, WANG Peng, MA Qin, et al. Acquisition of appraisal traits for dairy cow based on depth image[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(Supp. 1):273-276,229. (in Chinese)
- 18 朱林,张温,李琦,等. 基于嵌入式机器视觉的羊体特征测量系统[J]. 计算机测量与控制,2014,22(8):2396-2398,2408. ZHU Lin, ZHANG Wen, LI Qi, et al. Measuring system of sheep body size based on embedded machine vision[J]. Computer Measurement & Control, 2014,22(8):2396-2398,2408. (in Chinese)
- 19 李卓,杜晓东,毛涛涛,等. 基于深度图像的猪体尺检测系统[J]. 农业机械学报,2016, 47(3):311-318. LI Zhuo, DU Xiaodong, MAO Taotao, et al. A pig dimension detection system based on depth image[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(3):311-318. (in Chinese)
- 20 田芳,彭彦昆. 生猪肉产量预测的非接触实时在线机器视觉系统[J]. 农业工程学报,2016,32(2):230-235. TIAN Fang, PENG Yankun. Machine vision system of nondestructive real-time prediction of live-pig meat yield [J]. Transactions of the CSAE, 2016, 32(2): 230-235. (in Chinese)
- 21 包鹏甲,裴杰,王宏博,等. 一种羊用野外称重保定装置:中国,201420110553[P]. 2014-10-29.
- 22 赵有璋. 羊生产学[M]. 北京:中国农业出版社,2005.
- 23 张丽娜,武佩,宣传忠,等. 羊只体尺参数测量及其形态评价研究进展[J]. 农业工程学报,2016,32(增刊1):190-197. ZHANG Lina, WU Pei, XUAN Chuangzhong, et al. Advances in body size measurement and conformation appraisal for sheep[J]. Transactions of the CSAE, 2016,32(Supp. 1):190-197. (in Chinese)
- 24 苏德斯琴,毕力格巴特尔,阿日贡其布日,等. 苏尼特羊育成羊屠宰性能研究[J]. 畜牧与饲料科学,2014,35(3):20-22.
- 25 苏琳,马晓冰,刘树军,等. 不同月龄巴美肉羊生长发育的研究[J]. 食品工业,2014,35(4):240-242.
- 26 上海恩艾仪器有限公司. 手把手教你在 LabVIEW 下使用 OPC. [EB/OL] (2012-11-21) [2016-02-05]. <http://www.ni.com/tutorial/7450/zhs/>.

~~~~~

(上接第 306 页)

- 14 王廷江,杨丽珊. 规模化奶牛场舍内环境监控系统设计[J]. 农机化研究,2015(2):210-213. WANG Tingjiang, YANG Lishan. Design of monitoring system for environment of large scale dairy farm in the shed[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2015(2):210-213. (in Chinese)
- 15 韩静,王熙,刘超,等. 基于 PLC 的规模化养牛场无线智能环境采控系统研究[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2016,28(1):88-92. HAN Jing, WANG Xi, LIU Chao, et al. Research on automatic wireless smart environmental controller based on PLC in large-scale cattle farm[J]. Journal of Heilongjiangbayi Agricultural University,2016,28(1):88-92. (in Chinese)
- 16 王玲,邹小昱,刘思瑶,等. 基于 RFID 与 ZigBee 的羊场养殖信息管理系统[J]. 农业机械学报,2014,45(9):247-253. WANG Ling, ZOU Xiaoyu, LIU Siyao, et al. Development of handheld terminal for sheep breeding information management based on RFID and ZigBee[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(9):247-253. (in Chinese)
- 17 陈长伦,何建波,刘伟,等. 电化学式气体传感器的研究进展[J]. 传感器世界,2004,10(4):11-15. CHEN Changlun, HE Jianbo, LIU Wei, et al. Research progress of electrochemical gas sensor[J]. Sensor World,2004,10(4):11-15. (in Chinese)
- 18 霍晓静. 基于物联网的奶牛场数字化管理关键技术研究[D]. 保定:河北农业大学,2014. HUO Xiaojing. The key techniques for dairy farm digital management based on internet of things [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei,2014. (in Chinese)
- 19 孟秀玉,曹巨江,田海滨. 组态王 SQL 数据库技术在滴丸灌装控制系统中的应用[J]. 机械设计与制造,2009(8):84-86. MENG Xiuyu, CAO Jujiang, TIAN Haibin. Application of kingview SQL database technology in pilule filling control system[J]. Machinery Design & Manufacture,2009(8):84-86. (in Chinese)
- 20 孔云,廖寅,资芸,等. 基于微信公众平台的图书馆移动信息服务研究[J]. 情报杂志,2013,32(9):167-170. KONG Yun, LIAO Yin, ZI Yun, et al. Research of library mobile information service based on weixinpublic account[J]. Journal of Intelligence, 2013, 32(9):167-170. (in Chinese)