

基于温湿指数的牛舍喷淋降温系统的控制

张世功^{1,2}, 梁荣嵘³, 张红丽^{1,4}, 张性雄¹

(¹福建农林大学, 福州 350002; ²青特集团有限公司, 山东青岛 266109;

³哈尔滨工业大学(威海), 山东威海 264209; ⁴青岛理工大学, 山东青岛 266106)

摘要:针对夏季高温对奶牛的不利影响,对适合应用于牛舍的喷淋降温系统的控制部分进行了研究。根据奶牛的生理特性,该控制系统以温湿指数(THI)为主控参数,结合时间控制参数等,编制的定时控制喷淋降温模式,能使奶牛生活环境得到更为合理的控制,能更加有效的减轻奶牛热应激。作者对该控制系统软硬件设计的主要内容进行了阐述。该控制系统主要采用单片机技术来完成对喷淋降温设备的控制,其研究主要包括单片机控制单元和动力驱动单元的设计。单片机控制单元以AT89S52单片机为核心,通过设计的外围电路及编写的功能程序实现对动力驱动单元的控制;动力驱动单元通过线路的设计布置,实现喷淋模式中降温设备的交替运行功能,从而对喷淋降温设备进行直接控制。

关键词:奶牛;热应激;喷淋降温;温湿指数;自动控制

中图分类号:S815.9

文献标识码:A

论文编号:2009-1646

Control of Sprinkling System Based on THI for Cooling Dairy Cows

Zhang Shigong^{1,2}, Liang Rongrong³, Zhang Hongli⁴, Zhang Xingxiong¹

(¹Fujian Agricultural and Forestry University, Fujian Fuzhou 350002,;

²Qingte Group Limited Corporation, Qingdao Shandong Qindao 266109;

³Harbin Institute of Technology in Weihai, Weihai Shandong Weihai 264209;

⁴Qingdao Technological University, Qingdao Shandong 266106)

Abstract: Against the bad effects of high temperature to dairy cows, this paper makes a further study on the control of sprinkling system for cooling dairy cows. According to the life style of dairy cows, this study realizes the control of sprinkling system through controlling mode, which uses temperature-humidity index (THI) as a chief control parameter, also adding time parameter, thus efficiently reducing cow's heat stress. This paper presents main part of hardware and software design of the controlling system. The control system was developed with Single-Chip Microcomputer technology, consisting of controlling part and power driving part. The MCU of controlling part adopts AT89S52 microcomputer, and the peripheral circuits include power supply, data gathering and memory, AD converter, real time chip, LED display, keyboard scanning and relay driving module; The power driving part mainly designs the alternate-running sprinkling mode, realizing the direct control of cooling equipment..

Key words: dairy cows; heat stress; sprinkling system; temperature-humidity index; automatic control system

基金项目: 国家科技支撑计划(奶业专项)“现代奶业生产技术集成及产业化示范”(2006BAD04A12); 福建省科技重大专项“畜禽现代饲养模式关键技术研究与示范”(2006NZ0003-1)

第一作者简介: 张世功,男,1980年出生,工程师,主要从事专用汽车设计研究。通信地址:266109 山东青岛青特集团有限公司, E-mail: 25135195@qq.com。

通讯作者: 张性雄,男,1946年出生,教授,主要从事农业工程教学科研。通信地址:350002 福建福州福建农林大学机电学院, Tel: 0591-83789374, E-mail: zxx46@sohu.com。

收稿日期: 2009-08-13, **修回日期:** 2009-10-08。

0 引言

在日益集约化的奶牛养殖业中,牛舍环境对奶牛生产潜力的发挥和机体健康起着重要的作用,特别是牛舍的湿热环境更是至关重要,因此牛舍的环境效果引起了人们的极大关注。自20世纪80年代以来,在中国一些城市为了适应大规模、集约化奶牛生产的需要,相继建造了一些以低投资为特征的奶牛棚舍,但在牛舍环境控制方面还不很完善。

针对高温气候对奶牛热应激的影响,国内外研究机构对此已提出了多种降温方法,就目前国内在降温方法上的研究情况来说,喷淋降温是一种比较适合应用于南方奶牛养殖业的降温方法。笔者对该种喷淋降温系统的自动控制进行了研究,研制了一套以环境温湿指数(THI)为主控制参数来减轻奶牛热应激的控制系统。

1 喷淋降温系统控制原理

喷淋降温系统是目前最实用且有效的畜禽降温方法,它是将细水滴(非水雾)喷到牛背上湿润它的皮肤,利用风扇及牛体的热量使水分蒸发以达到降温的目的^[1-3]。

喷淋降温系统包括水路管网、水泵、电磁阀、喷嘴、风扇以及含继电器在内的控制设备。笔者所介绍的喷淋降温系统的控制是以环境的THI为主控制参数,同时结合奶牛的生理习性,即根据时间参数的要求,来控制降温设备的运转降低牛体温度,减轻奶牛热应激。

喷淋降温系统控制的实现,主要是利用单片机技术对应用于牛舍的喷淋降温系统的控制部分进行研究设计,包括控制单元和动力驱动单元。控制单元主要是设计选用一种适合在该环境下应用的温湿度传感装置,对舍内的温湿度进行采集处理,然后将其传送到单片机控制中心,由控制中心根据减轻奶牛热应激所要求的THI、喷淋模式和时间的要求,输出控制信号到动力驱动单元。动力驱动单元按控制信号传输各降温设备(电磁阀、风机及水泵的开闭和运转)所需的电力,同时实现喷水吹风设备交替运行的功能。其中喷淋模式是指喷淋降温功能启动后,喷水时间与吹风时间的交替控制,即电磁阀、水泵的动作时间与风扇的动作时间控制。

不同温度和湿度点的THI可根据下式^[4]计算:

$$THI = 0.81Td + (0.99Td - 14.3)RH + 46.3 \dots\dots (1)$$

$$\text{或 } THI = 0.72(Td + Tw) + 40.6 \dots\dots\dots (2)$$

$$THI = Td + 0.36Tdp + 41.2 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

RH为相对湿度(以小数计);

Td 为干球温度(°C);

Tw 为湿球温度(°C);

Tdp 为露点(°C)。

Ingraham等^[5-7]认为,当牛舍环境THI达到72左右时,奶牛进入轻微热应激状态;当THI达到79左右时,奶牛进入中度热应激状态;当THI达到89左右时,奶牛进入严重热应激状态;当THI上升到98左右时,奶牛就会死亡。此文所研究的控制系统就是以THI为主控制参数,按照奶牛进入不同热应激状态的临界曲线变化进行控制,即在奶牛进入轻微热应激状态时,吹半风(风扇开启一半)降温;在奶牛进入中度的热应激状态时,吹全风(风扇全部开启)降温;在奶牛进入严重热应激状态时,开始喷淋蒸发降温。此外,当环境相对湿度超过90%时,为了避免牛舍内湿度过大对奶牛热应激产生负面影响,应停止喷水,只采用吹全风降温的方法。

虽然THI没有考虑辐射、风、营养水平等因素的影响,不能精确表示机体的热负荷状态,但与单纯的温度指数相比仍然可以较好地表达在温湿环境中奶牛热应激程度的大小。所以,采用THI作为喷淋降温系统的控制参数,比单纯的采用温度或湿度等单个环境参数控制,能更有效地降低奶牛的热应激程度。

此外,此控制系统内部根据奶牛的生理习性,加入时间控制单元,使降温系统可根据奶牛的活动休息时间来工作,符合奶牛生理需要,也使整个系统更加智能化,节省了劳动力。

2 系统控制单元硬件设计

系统控制单元是以单片机系统主控模块为核心,其他外围电路主要包括:系统供电模块、数据采集转换模块、数据存储模块、时钟模块、LED驱动显示模块、键盘扫描模块及小继电器驱动模块。其结构框图如图1所示。

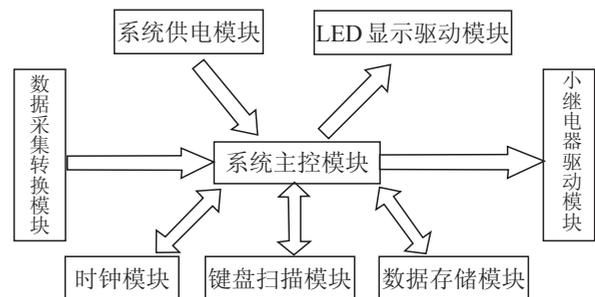


图1 控制单元结构框图

3 控制单元软件设计

此系统对牛舍喷淋降温系统的自动控制原理图如图2所示。

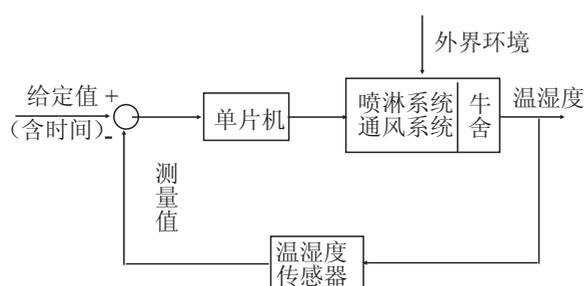


图2 牛舍喷淋降温系统控制原理图

控制系统软件程序模块主要包括:系统监控主程序模块、数据采集转换处理模块、时钟模块、显示驱动模块、系统键功能及数据存储模块以及比较运算输出模块。

3.1 系统监控主程序

系统监控主程序模块主要包括对系统中外围器件输入、输出口参数的初始化自检,看门狗的激活,多任务操作模块的调用(系统中的驱动显示、数据采集、键处理、时钟管理、比较运算处理模块),实时中断管理和处理模块等。其监控主程序流程图如下图3所示。

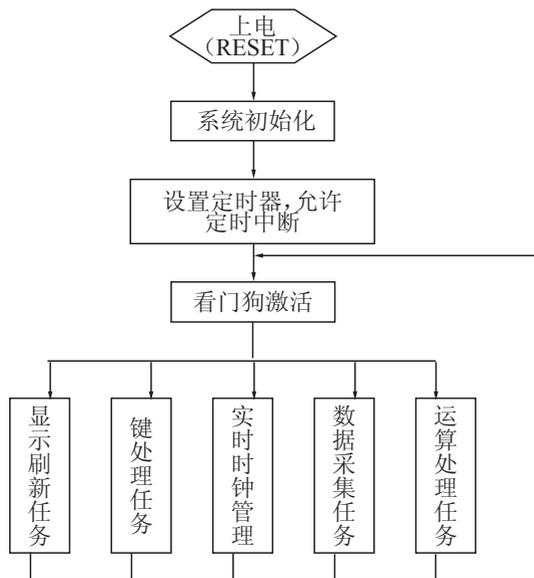


图3 监控主程序流程图

3.2 判断执行控制模块

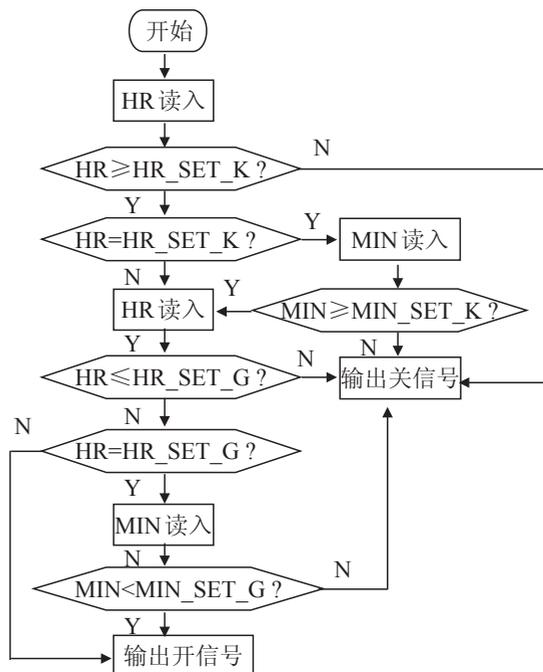
该判断执行控制模块为此系统控制部分最终的输出模块,也是整个控制的核心部分,通过该模块的输出信号完成对执行驱动单元的直接控制,并通过执行驱动单元完成对风扇、电磁阀等喷淋降温设备的控制。

根据此系统实际应用的需要,需将输出信号分为两组,两组控制应互不干涉。一组(奶牛休息区)主要实现对风扇的选择,控制吹风强度,另一组(奶牛采食区)除实现对风扇的选择,控制吹风强度外,还需实现对水泵、电磁阀的控制,达到喷淋降温的目的。各组都

采用 THI 作为主控参数,同时根据奶牛活动休息的时间设定,定时输出各区设备工作信号。此外第二组(奶牛采食区)喷淋设备的工作还受到环境湿度的控制,例如雨天或闷热,在环境相对湿度过高时,系统能自动停止喷水相关设备的运行,只采用吹风降温的方法,控制风扇的运行,使舍内湿度不至于继续上升,限制 THI 值的上升,减轻奶牛的热应激。

3.2.1 休息区的控制 受试验奶牛场所处地理环境气候的影响,为了保证奶牛休息区牛床的干燥,该区不进行喷淋降温措施,所以在该区主要是实现对风扇的控制。每组风扇的动作要受到时间以及环境 THI 的影响,在条件满足时,系统输出一指令信号来控制小电磁继电器的动作。

系统程序在执行过程中首先判断环境 THI 与设定奶牛进入热应激状态的临界 THI 的关系。在 THI 上升的过程中,当检测到 THI 达到设定值时,程序转移到时间判断模块进行时间的判断处理,在时间也满足设定条件时,输出风扇工作信号,启动风扇工作。为满足实际需要,系统中设定4个工作时间段,在处于任意一个时间段时,就判定为时间条件满足。



HR: 系统时钟小时数; HR_SET_K: 设定开始时间小时数; HR_SET_G: 设定关闭时间小时数; MIN: 系统时钟分钟数; MIN_SET_K: 设定开始时间分钟数; MIN_SET_G: 设定关闭时间分钟数。

图4 时间控制流程图

时间比较判断可采用小时转化为分钟后再进行比较的方法,也可采用小时跟分钟单独进行比较的方法。此系统采用后一种方法,每个时间段的时间控制流程图如图4所示。

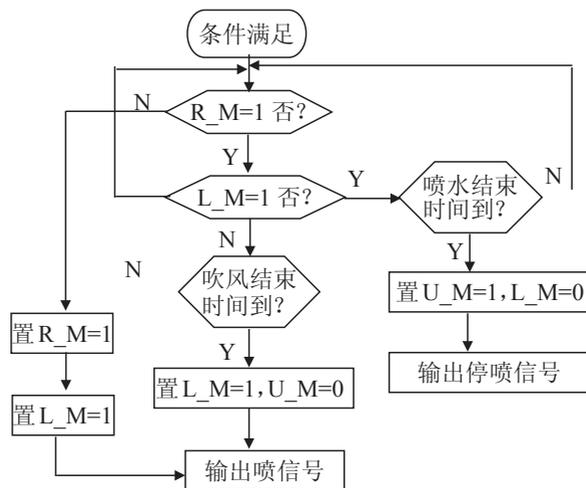
在环境 *THI* 下降的过程中,当检测到 *THI* 低于设定值时,应当输出停止信号,停止风扇的运行降温,但在

实际应用中,环境 *THI* 可能受到外界干扰发生突变。为了避免这一情况的发生,在此系统中采用对环境 *THI* 进行多次检测的方法,当连续检测 10 次(每次用时约为 1 s),每次检测结果都低与设定值时再输出停止信号。

3.2.2 采食区的控制 当环境 *THI* 未达到需开启电磁阀喷淋降温的设定值(*THI*=85 以上)时,系统对该区的

控制方法与休息区的相类似。当环境 *THI* 达到设定值时,系统转向对环境湿度进行单独的条件判断,在湿度值未超出设定范围的情况下,启动水泵、电磁阀与风扇协调工作,对牛体进行喷淋降温;当超出设定湿度值时,则停止喷水设备的运行。

电磁阀与风扇的工作需遵循一定的模式,即喷淋降温模式,该模式需要电磁阀与风扇交替工作,各自工作时间有外部输入设备进行设定修改。其模式构建的程序流程图如图 5 所示。



R_M: 条件满足时,此标志置 1; L_M: 处于喷水状态时,此标志置 1; U_M: 处于吹风状态时,此标志置 1。

图 5 喷淋模式构建程序流程图

4 动力驱动单元的设计

动力驱动单元是单片机控制单元与风扇、水泵、电磁阀等喷淋执行设备之间的重要连接部分。此系统中的动力驱动单元主要是根据控制单元输出的 5 路控制信号来实现动力箱执行部件的动作,通过执行部件的闭和及断开,控制风扇、电磁阀等设备的运行。

该系统要求控制试验奶牛场 A、B 两个区,其中 A 区为主区,B 区为从区,每个区中又分奶牛休息区与采食区两个分区,每个分区各安装风扇 10 台,线路连接分单偶数两路连接,所以此系统要控制风扇共 40 台。此外 A、B 两个区还应各加电磁阀 1 个,控制各区的供水,供水水泵安装在主区(A 区)。

根据试验场实际的需要,场内的 A、B 两区喷淋设备除水泵外应能够单独控制,每区都应能够独立工作,所以在设计时每区的三相动力电都接有单独的三相空气开关,控制部分除接有一总的单相控制开关外,每区的控制电还分别接有单独的单相控制开关,线路布置时要明确各自的对应关系。

喷淋模式要求风扇吹风与电磁阀送水是交替进行的。风扇与电磁阀的交替运行可通过控制电磁阀的交

流接触器的常开触点和常闭触点来实现,那么在控制信号部分,只要控制喷水输出信号的通断即可。

此控制部分的设计原理为:在布线设计时,使控制风扇的交流接触器 A 的线圈控制回路,串接经过控制电磁阀的交流接触器 B 的常闭触点。当接触器 B 不动作,电磁阀未打开时,风扇是正常运行的;当电磁阀打开供水,接触器 B 吸合时,B 的常闭触点断开,从而使接触器 A 的线圈控制回路断开,A 停止吸合,风扇停止工作。

牛舍降温设备控制划分图如图 6 所示。

5 讨论与结论

作者对适合应用于牛舍的喷淋降温系统的控制部分进行了研究。以 *THI* 为控制参数,比单纯的温度控制更合理,可更有效的减轻奶牛的热应激;同时还加入了时间控制参数,使降温系统工作控制更加符合奶牛的生活习性。在系统的硬件及软件设计中,采取了针对性的抗干扰措施,经现场运行证实了系统具有很好的稳定性。控制系统的设计对于南方夏季有效地降低奶牛的热应激,创造奶牛生长的适宜环境,提高牛奶产量等具有重要的意义。

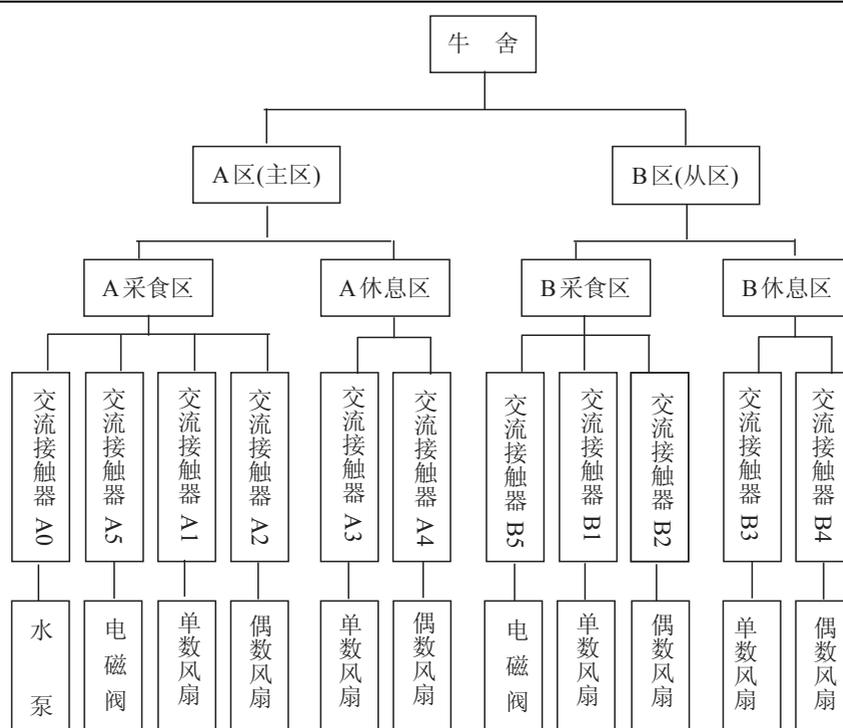


图6 牛舍降温设备控制划分图

此控制系统在与奶牛场已有的降温设备配套使用时,不需要对原有设备电路进行大的改动,以低成本实现了智能化控制。系统控制参数(THI 、湿度值、时间、喷水时间及吹风时间等)的数值可根据奶牛热应激程度的不同来设定,同时该系统设定参数修改后还可适合不同的奶牛品种或不同牲畜(如猪)的降温控制。

参考文献

- [1] Harner J P III, Smith J F, Brook M, et al. Sprinkler Systems for Cooling Dairy Cows at a Feed Line[M]. Kansas; Kansas State University, 1999.
- [2] Moghaddam A, Karimi I, Pooyanmehr M. Effects of short-term cooling on pregnancy rate of dairy heifers under summer heat stress [J]. Veterinary Research Communications, 2009, 33: 567-575.
- [3] 马承伟,黄之栋,李保明,等.农业建筑蒸发降温技术研究与应用现状及展望[J].农业工程学报,1995,3:95-100.
- [4] 李如治.家畜环境学[M].3版.北京:中国农业出版社,2003:42-43.
- [5] Ingraham R H, Gillette D D, Wagner W D. Relation of temperature and humidity to conception rate of Holstein cows in subtropical climate[J]. J Dairy Sci., 1974, 57: 476-481.
- [6] McDowell R E. Improvement of livestock production in warm climates[M]. USA: W.H. Freeman and Co., San Francisco, 1972: 66-110.
- [7] Bohmanova J, Misztal I, Cole J B. Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stress[J]. J Dairy Sci, 2007, 90(4): 1947-1956.