

奶牛个体智能化精料变量补饲系统设计与试验*

颜世涛 闫银发 宋占华 王冉冉 李法德

(山东农业大学机械与电子工程学院, 泰安 271018)

【摘要】 设计了一种以槽轮为计量机构、以嵌入式系统为控制系统的奶牛个体精料变量补饲系统。该系统利用无线射频识别技术识别奶牛身份,根据个体奶牛的基础日粮采食量及其产奶量的差异,实现4种精饲料的精准配料、自动计量、混合与投放。检测结果表明,该系统的投料响应时间为1.47 s、同步投料时间为15.15 s、门禁栏杆开启时间为3.92 s、系统读卡距离为52.3 cm、报警料位高度为21.5 cm,系统射频识别正确率为100%,并且4种饲料的混合质量良好,计量误差小于5%,能够满足奶牛的饲喂要求,同时具有奶牛补料数据在线查询和打印功能。

关键词: 奶牛 精量饲喂 变量补饲 无线射频识别

中图分类号: S818.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)02-0168-05

Design and Experiment on Intelligent Variable Concentrate Feeding System for Individual Dairy Cow

Yan Shitao Yan Yinfa Song Zhanhua Wang Ranran Li Fade

(Mechanical and Electronic Engineering College, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China)

Abstract

A variable concentrate feeding system for individual dairy cow was developed. The system identified the dairy cow with the RFID technology. According to the differences of the basic diet intake and the individual milk yield, the system could automatically and quantificationally discharge and mingle four kinds of the different concentrates feeds. The experimental results indicated that the response time was 1.47 s, the time for discharging compensated feeds was 15.15 s, the time to open the railing of the entrance guard was 3.92 s, the reading distance of the RFID reading system was 52.3 cm, the alarm level height was 21.5 cm, the identification accuracy of cow was 100%, and the four kinds of concentrates were mixed well, the measurement error was less than 5%, which could satisfy the demands of feeding. Moreover, the system can query and print feeding information online.

Key words Dairy cow, Precision feeding, Variable concentrate feed, RFID

引言

为了实现奶牛的高效、优质生产,必须根据奶牛基础日粮采食情况和产奶量等个体差异,适时、适量地补充不同配方的精饲料^[1-3]。西欧各国早在1983年就普遍使用由自动识别器、产奶量记录器、定量配料器和微处理机组成的自动饲料配给系统^[4]。中国目前仅有少数奶牛场使用奶牛精料自动饲喂系统,但多为进口产品,价格

昂贵^[5]。而在缺乏精料精确饲喂系统的奶牛养殖场中,精饲料只能依靠人工平均投放。因此,存在着劳动强度大,自动化、智能化程度低,不能根据奶牛差异实现按个体配方饲喂等缺点。针对上述问题,本文设计一种奶牛个体精料变量补饲系统,针对个体奶牛的基础日粮采食量及其产奶量的差异,实现4种精饲料的精准配料、自动混合与同步投放(即计量装置同时开始投料、同时结束投料)。

收稿日期:2010-04-11 修回日期:2010-06-25

*“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A09)

作者简介:颜世涛,硕士生,主要从事新型机械与机电设备研究,E-mail: yanshitao8243753@163.com

通讯作者:李法德,教授,博士生导师,主要从事农业工程、农产品加工工程和食品科学与工程研究,E-mail: li_fade@yahoo.com.cn

1 系统硬件设计

1.1 系统整体组成

系统的硬件结构示意图如图1所示,该系统主要由奶牛饲喂控制中心、奶牛身份识别系统、自动配料系统、料位监测系统、围栏门禁装置5部分组成。

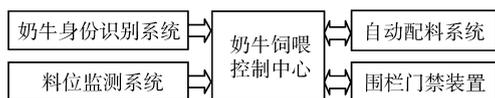


图1 硬件系统结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of hardware

以 Samsung S3C2440 微处理器和 WinCE5.0 操作系统的嵌入式系统作为奶牛饲喂控制中心;奶牛身份识别系统采用 RFID 无线射频识别技术对奶牛身份进行自动识别;自动配料系统通过 4 台步进电动机分别驱动 4 个计量装置,实现 4 种精饲料的配料、同步排料、混合;料位监测系统实时监测料仓内料位状况,当料仓内料位低于设定值时及时报警,提示加料;围栏门禁装置根据当前奶牛是否需要补料适时开闭,并防止正在补料的奶牛受到干扰。

1.2 奶牛饲喂控制中心

奶牛饲喂控制中心主要由嵌入式处理器、SD 卡、LCD 触摸屏、通信接口等组成,如图2所示。奶牛饲喂控制中心按执行功能不同可划分为识别模块、饲喂模块、料位监测模块、门禁模块、查询打印模块、通信模块,各模块配合相应的执行机构以实现对应功能。饲喂控制中心有单机版和网络版,单机版可以独立运行,也可与上位机联机运行。奶牛个体补料量由奶牛养殖场使用的奶牛饲料及配方管理软件根据该奶牛个体的基础日粮采食量、产奶量及其泌乳曲线等相关信息计算得出,而基础日粮采食量可通过奶牛采食量检测仪测定^[6]。单机运行时,奶牛个体补料量可通过人工输入或由 SD 卡读取,补料次数及其补料时间间隔可由人工设置。当与上位机联机使用时,上述数据可直接从上位机通过通信模块得到。

1.3 奶牛身份识别系统

奶牛身份识别系统主要完成奶牛身份的识别,并通过 RS485 总线将奶牛身份信息传输到饲喂控



图2 饲喂控制中心示意图

Fig.2 Schematic diagram of feeding control center

制中心。该系统采用北京完美 WM-18 系列无线射频识别系统,主要由读卡器和射频识别卡组成。读卡器发射频率为 125 kHz,最大读卡距离为 100 cm^[7];射频识别卡佩戴在奶牛颈部,是无源、被动式的 ID 卡。

1.4 自动配料系统

自动配料系统主要包括排料子系统和饲喂槽。排料子系统可以根据实际需要设置为 1~4,每个排料子系统主要由料仓、计量装置、机架、出料漏斗、步进电动机及驱动器、联轴器等组成^[8],其结构如图3所示。每个料仓可以盛放能量饲料、蛋白质饲料、维生素饲料和矿物质饲料等。当奶牛需要补饲精饲料时,饲喂控制中心将按照该奶牛个体的饲料配方要求向步进电动机驱动器发送工作指令驱动步进电动机转动,并通过联轴器带动计量装置工作。

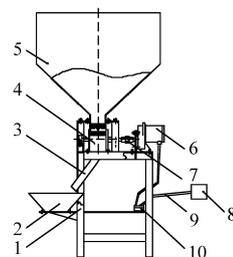


图3 智能化奶牛个体精料变量补饲系统主机示意图

Fig.3 Main body sketch of the intelligent variable compensated feeding system for individual dairy cow

1. 机架 2. 饲喂槽 3. 出料漏斗 4. 计量装置 5. 料仓 6. 步进电动机 7. 联轴器 8. 饲喂控制中心 9. 信号线 10. 步进电动机驱动器

在工作过程中,4 个计量装置同时启停,从而实现精饲料的同步投放,4 种饲料在下落过程中通过两次相互冲击,实现均匀混合。

目前,对散粒物料(颗粒状或粉状)来说,常用的计量装置可分为容积式计量装置和重量式计量装置。重量式计量装置计量精度虽然较高,但结构复杂、成本高、且易受环境因素如振动、撞击等影响;容积式计量装置结构简单,成本低廉,操作方便^[9],计量精度能满足饲喂要求,因此本设计采用容积式计量装置。

设计了 2 种容积式计量装置,方案 1 采用螺旋式计量装置,螺旋直径为 80 mm,节距为 60 mm,螺旋长度为 360 mm。方案 2 采用槽轮式计量装置,槽轮直径 100 mm,槽数 12 个,槽轮工作长度 112 mm,两种计量装置的试验结果如图4所示。

由图4可以看出,尽管两种计量方式的相对误差没有显著性差异($p = 0.05$),但除在 1 500 g 的设定质量时,槽轮式计量装置的相对误差的均值和方差均低于螺旋式计量装置。此外试验中还发现,螺旋式计量装置易造成颗粒饲料破碎,从而影响计量精度;与槽轮式计量装置相比,螺旋式计量装置因有输送段,故排料速度较慢。因此,最终确定采用槽轮

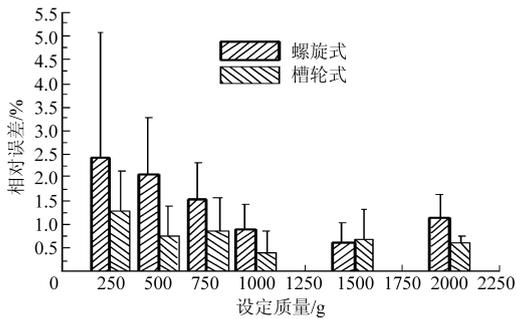


图4 螺旋式、槽轮式计量装置计量误差的比较图

Fig.4 Relative errors of screw and flute-wheel measurement device

式计量装置,该计量装置的结构如图5所示,主要由排料盒、计量槽轮、排料轴、毛刷、计量槽轮固定盘等组成^[10]。计量槽轮可根据投放饲料量的多少和颗粒饲料的尺寸进行更换。图5中箭头所示方向为计量槽轮工作时的转动方向。

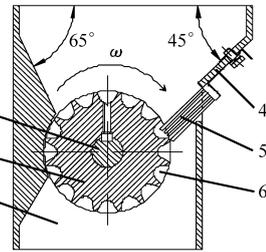


图5 计量装置示意图

Fig.5 Measurement device diagram

1. 排料盒 2. 计量槽轮 3. 排料轴 4. 毛刷固定板 5. 毛刷 6. 计量槽轮固定盘

1.5 料位监测系统

料位监测系统实时监测料仓内料位状况,当料仓内饲料不足时及时报警,提示管理员进行加料。料位监测系统主要由安装在料仓顶部的料位监测探头、LED灯光和蜂鸣器报警电路组成。

1.6 围栏门禁装置

围栏门禁装置的作用是根据当前奶牛是否需要补料适时开闭,并防止正在补料的奶牛受到干扰。国外学者对奶牛在自动补料站处的采食行为进行了研究,结果表明:42%的奶牛在补料过程中受到其他奶牛的干扰,受干扰的奶牛中有63%因被干扰而导致采食中止,饲料剩余^[11]。因此,需要门禁围栏装置保证奶牛补料过程的正常进行。

门禁围栏装置主要由带有制动器的门禁电动机、门禁栏杆、围栏、围栏侧门、两个奶牛位置检测探头、两个换向开关组成,

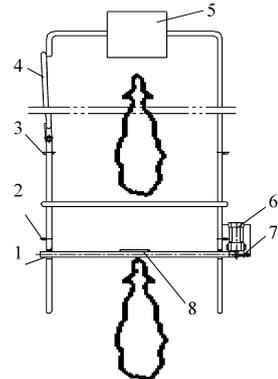


图6 围栏门禁装置平面示意图

Fig.6 Pen and entrance guard platform

1. 门禁栏杆 2. 奶牛位置检测探头 A 3. 奶牛位置检测探头 B 4. 围栏侧门 5. 主机 6. 门禁电动机 7. 换向开关 8. 读卡器

其结构如图6所示。奶牛位置检测探头用于检测奶牛在饲喂区的位置信息,以供饲喂控制中心及时发出控制指令,控制门禁电动机反转以关闭门禁栏杆,每个奶牛位置检测探头包括一个发射探头和一个接收探头,接收探头检测到奶牛时信号为高电平1,未检测到奶牛时信号为低电平0。接收探头信号与奶牛在围栏内的位置信息关系如表1所示。换向开关用于定位门禁栏杆的水平和垂直极限位置,以确保门禁栏杆完全关闭或开启。

表1 接收探头信号与奶牛位置信息的关系表

Tab.1 Relationship between receiving probe signal and dairy location

序号	探头 A	探头 B	奶牛位置信息
1	0	0	尚未进入围栏内
2	1	0	开始进入围栏内,遮住探头 A
3	1	1	在围栏内,同时遮住探头 A 和探头 B
4	0	1	采食精料,只遮住探头 B
5	0	0	已离开围栏门禁装置

2 系统软件设计

系统软件运行在 WinCE5.0 操作系统下,应用 EVC 开发设计,具有良好的操作性和人机界面。系统软件功能主要是精料投放校准标定、牛只射频识别解码、门禁电动机正反转、制动器启停、料位监测、精料精准投放、精料补饲数据库管理和数据查询报表等。

系统软件主要程序流程如图7所示。首先对计量装置进行精料投放校准标定,得出步进电动机每转一步计量槽轮排出的饲料量。当奶牛靠近补饲系统的饲喂区后,奶牛识别系统的读卡器读取奶牛配带的射频识别卡信息,系统软件解码识别卡信息,实现牛只识别,并从精料补饲数据库中检索牛只的补料量、补料次数和补料时间等信息。当奶牛满足补料条件时,饲喂控制中心向门禁电动机发布指令,打开门禁栏杆,让奶牛进入围栏。同时饲喂控制中心将根据奶牛的补料量自动计算步进电动机的转动步数,然后向自动配料系统发送信号控制步进电动机转动,实现精料的投放。饲料在下落的过程中相互冲击,自动混合。待补饲结束,奶牛从围栏侧门走出后,门禁栏杆关闭,开始下一头奶牛的补料过程。系统软件在补料的同时,可记录该牛只的补料量、补料次数、补料时间等信息,以供数据查询、打印报表等使用。

3 系统抗干扰设计

为保证系统能够连续、可靠地工作,必须要周密

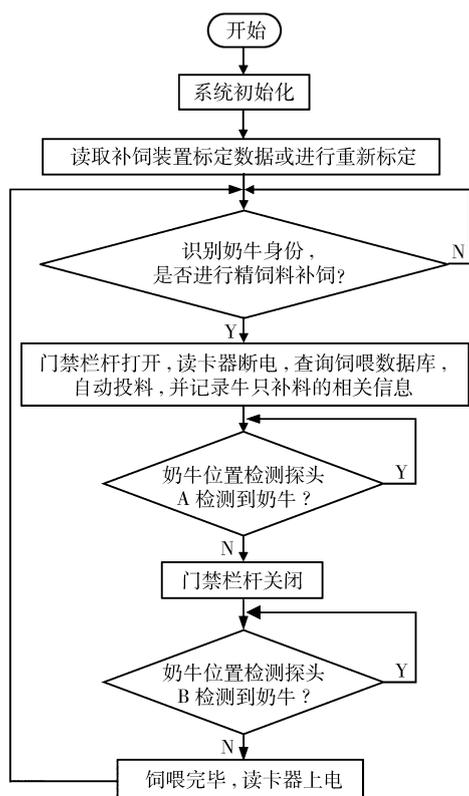


图 7 主程序流程图

Fig. 7 Flow chart of main program

考虑和解决干扰问题。为提高系统的抗干扰能力, 主要采取以下措施: 硬件方面, 输入信号与控制系统之间, 输出信号与执行机构之间均采用光耦隔离; 信号线均使用屏蔽线; 嵌入式系统通过隔离变压器单独供电。软件方面, 在输出程序中采用软件冗余, 防止执行机构误动作; 设置软件陷阱, 拦截跑飞程序, 将其引向指定位置; 采用软件看门狗技术, 确保程序

从死循环中恢复到正常运行^[12]。

4 试验

系统安装调试完成后, 首先在室内用颗粒饲料进行了试验, 投料质量用电子天平计量, 用秒表记录相关时间系统: 投料响应时间、投料时间和门禁栏杆开启时间, 用直尺测量系统读卡距离和报警料位高度。对系统射频识别正确率的检验, 随机选取 10 个射频识别卡, 每个识别卡检测 100 次。图 8 为饲料的计量误差随设定质量的变化情况。检测时, 混合饲料中能量饲料、维生素饲料、矿物质饲料、蛋白质饲料所占的比例分别为 54%、5%、5%、36%。从图中可以看出, 不论是单种饲料还是混合饲料, 其计量误差均在 5% 以内。最后, 经机械工业畜牧机械产品质量监督检测中心检测, 该系统的投料响应时间为 1.47 s、同步投料时间为 15.15 s、门禁栏杆开启时间为 3.92 s、系统读卡距离为 52.3 cm、报警料位高度为 21.5 cm, 系统射频识别正确率为 100%, 并且 4 种饲料的混合质量良好, 计量误差小于 5%, 能够很好地满足奶牛饲喂要求, 同时具有奶牛补料数据在线查询和打印功能。目前, 该系统已在山东泰安安康生态乳业公司进行了 4 个月的试运行, 各项指标均能满足奶牛的饲喂要求, 并且运行良好。

5 结论

(1) 智能化奶牛个体精料变量补饲系统采用槽轮式计量装置, 可实现 1~4 种精饲料的精准配料、同步投放。

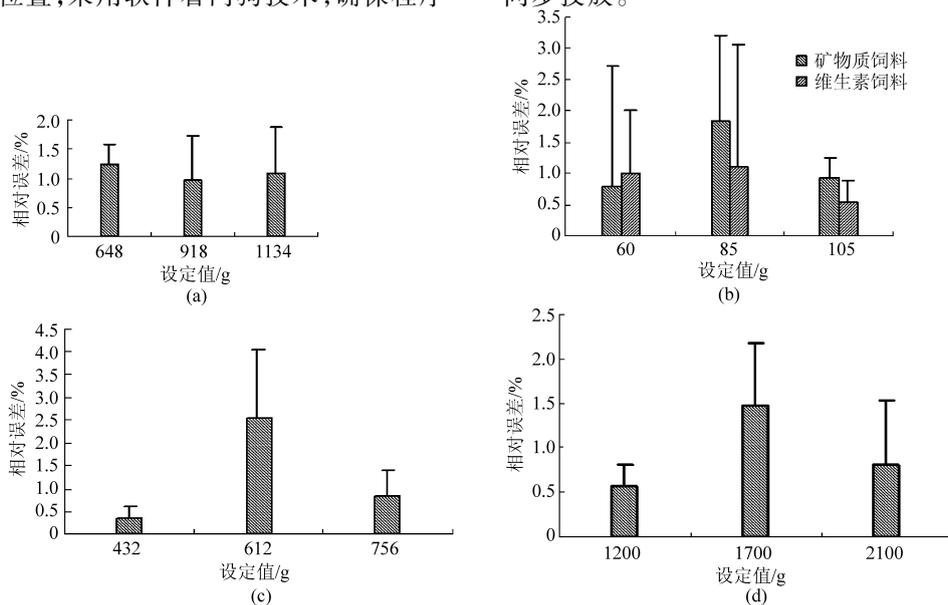


图 8 饲料计量误差变化情况

Fig. 8 Relative errors of feeds

(a) 能量饲料 (b) 矿物质、维生素饲料 (c) 蛋白质饲料 (d) 混合饲料

(2) 智能化奶牛个体精料变量补饲系统具有围栏门禁装置,可有效防止正在补料的奶牛受到干扰,保证采食过程顺利进行。

应时间为 1.47 s、同步投料时间为 15.15 s、门禁栏杆开启时间为 3.92 s、读卡距离为 52.3 cm、报警料位高度为 21.5 cm,系统射频识别正确率为 100%,饲料计量误差小于 5%,能够满足奶牛饲喂要求。

(3) 智能化奶牛个体精料变量补饲系统投料响

参 考 文 献

- 1 李法德,王中华,郭予伟,等. 奶牛数字化精准饲养装置:中国, CN200810013818Y [P]. 2008-07-09.
- 2 倪志江,高振江,蒙贺伟,等. 智能化个体奶牛精确饲喂机设计与实验[J]. 农业机械学报,2009,40(12):205~209.
Ni Zhijiang, Gao Zhenjiang, Meng Hewei, et al. Design and experiment on intelligent precising feeding machine for single dairy cow[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(12):205~209. (in Chinese)
- 3 范永存,张长利,董守田,等. 奶牛精量饲喂系统研究[J]. 农业机械学报,2009,40(增刊):65~68.
Fan Yongcun, Zhang Changli, Dong Shoutian, et al. Research on precise feeding system of dairy cattle[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(Supp.):65~68. (in Chinese)
- 4 熊本海. 奶牛精细养殖综合技术平台[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2005.
- 5 花俊国,周永亮,花俊治,等. 奶牛自动饲喂系统的研究与开发[J]. 农业工程学报,2006,22(2):79~83.
Hua Junguo, Zhou Yongliang, Hua Junzhi, et al. Development of the auto-feeding equipments for dairy cattles [J]. Transactions of the CSAE, 2006,22(2):79~83. (in Chinese)
- 6 田富洋. 奶牛采食量自动检测仪的研制[D]. 泰安:山东农业大学,2006.
Tian Fuyang. Design and research of testing instrument for cow's feed intake [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2006. (in Chinese)
- 7 Yan Yinfu, Wang Ranran, Song Zhanhua, et al. Study on intelligent multi-concentrates feeding system for dairy cow[C]// Proceedings of Joint International Agricultural Conference, Paper No. 12192, 2009.
- 8 Song Zhanhua, Yan Yinfu, Yan Shitao, et al. Design and experimental study on flute-wheel concentrate feeding mechanism for dairy cow[C]// Proceedings of Joint International Agricultural Conference, Paper No. 14086, 2009.
- 9 李法德,宋占华,颜世涛,等. 奶牛精料自动补饲装置的研究进展[C]//中国农业工程学会2009年学术年会论文摘要集,2009.
- 10 李法德,宋占华,颜世涛,等. 一种饲养精料自动补饲设备的槽轮式计量装置:中国, CN2009200195305; CN2009100142073 [P]. 2009-02-11.
- 11 Anu Katainen, Marianna Norring, Emmi Manninen, et al. Competitive behaviour of dairy cows at a concentrate self-feeder [J]. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A -Animal Sciences, 2005, 55(2): 98~105.
- 12 胡汉才. 单片机原理及接口技术[M]. 北京:清华大学出版社,2005.