

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.02.011

双模自走式奶牛精确饲喂装备设计与试验^{*}

蒙贺伟¹ 郭跃虎² 高振江² 坎 杂¹ 李 辉²

(1. 石河子大学机械电气工程学院, 石河子 832003; 2. 中国农业大学工学院, 北京 100083)

摘要: 基于射频识别技术,设计了以计算机为信息管理平台,以单片机为控制平台,利用无线传输技术进行数据传输的双模自走式奶牛精确饲喂装备,实现了饲喂装备的双模行进、个体牛只饲喂信息无线传输以及精确饲喂。通过一个月的饲喂试验表明,该技术及装备可显著提高奶牛产奶性能,个体奶牛平均日单产奶量提高 3.0 kg,平均蛋白质质量分数为 3.1% ~ 3.3%。

关键词: 奶牛 双模自走式 精确饲喂 射频识别技术 无线传输 试验

中图分类号: S817.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2013)02-0052-05

Design and Experiment on Dual-mode Self-propelled Precise Feeding Equipment for Dairy Cow

Meng Hewei¹ Guo Yuehu² Gao Zhenjiang² Kan Za¹ Li Hui²

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, China

2. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the technology of RFID and wireless transmission, a kind of dual-mode self-propelled precise feeding equipment for dairy cow was designed. The computer was used as the information management platform and MCU was used as control platform. Using this equipment, the dual-mode moving, the wireless transmission of individual dairy cow information and accurate feeding was realized. One-month feeding experiment in the dairy cow farm showed that the milk production was increased by 3.0 kg per day, and the average fat content of the milk was 3.1% ~ 3.3%.

Key words: Dairy cow Dual-mode self-propelled Precise feeding RFID Wireless transmission Experiment

引言

为寻求合理的奶牛精确饲喂技术方案,国内外学者进行了大量研究,结果表明:奶牛瘤胃液 pH 值处于 6.4 ~ 6.8^[1~3] 时,奶牛对于饲料的消化率最优,也即奶牛生产性能与奶牛瘤胃 pH 值有直接关系,而精、粗饲料的同时供给以及精饲料饲喂精度又直接影响瘤胃 pH 值。因此,要实现奶牛生产性能最大化,合理的精确饲喂方案是对奶牛采取精、粗饲料同时饲喂,并保证奶牛精饲料的精确供给。为此,

在倪志江等^[4~8]研究基础上,设计一种基于个体奶牛生理特征进行精确饲喂的自走式设备,该设备可实现饲喂装备的双模行进,提高饲喂精度,扩大识别距离,同时可以对料位进行精确检测,利用无线数传模块,实现牛场奶厅和饲喂装备之间数据的无线传输,符合牛场分布式管理要求。

1 饲喂装备总体结构及工作原理

1.1 总体结构

自走式智能化奶牛饲喂装备如图 1、2 所示,主

收稿日期: 2012-02-15 修回日期: 2012-04-02
^{*} 国家农业科技成果转化资金资助项目(2010GB2G410603)和新疆生产建设兵团博士点基金资助项目(2006JC11)
作者简介: 蒙贺伟,讲师,主要从事奶牛智能饲喂技术研究,E-mail: mhw_mac@shzu.edu.cn
通讯作者: 高振江,教授,博士生导师,主要从事农产品加工及农业装备研究,E-mail: zjgao@cau.edu.cn

要由机械系统、控制系统组成。机械系统包括料仓、三螺旋输料装置、行走装置及机架等;控制系统包括无线射频识别系统、无线传输系统、信息管理系统等组成。

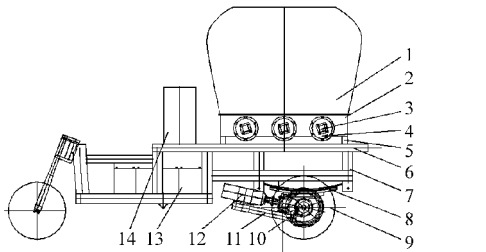


图1 精确饲喂装备主视图

Fig.1 Main diagram of feeding machine

- 1.料仓 2.料仓底座 3.步进电动机 4.步进电动机安装座
5.支架 6.工作台 7.车架 8.减震弹簧 9.轮胎 10.后桥
11.电动机安装板 12.电动机 13.蓄电池 14.控制箱

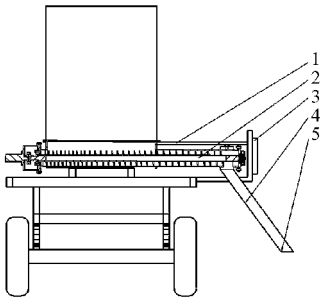


图2 精确饲喂装备侧视图

Fig.2 Side diagram of feeding machine

- 1.读卡器天线固定器 2.螺旋输送器轴 3.读卡器 4.下料口
5.下料板

1.2 工作原理

每日饲喂前,牛场奶厅控制计算机调用奶牛的生理特征数据,利用编写好的奶牛精确饲喂软件对前一日的奶牛生理特征数据进行计算,并将计算好的饲喂数据和奶牛标签号一并通过无线传输发送至精确饲喂装备控制系统存储器中。

饲喂时,首先拨动奶牛精确饲喂装备行进电动机控制开关,将饲喂装备调整至人工控制状态,该状态饲喂装备和普通电瓶车一样可以在牛场间自主行走。人工操纵饲喂装备行进至牛场料塔处进行加料,加料完成后将饲喂装备行驶至奶牛待饲圈舍,拨动饲喂装备行进电动机控制开关,将饲喂装备调至自动控制状态。饲喂装备开始自动行进,当饲喂装备沿饲槽自动行进至奶牛饲喂区域时,RFID系统通过佩戴在牛耳上的牛耳标实现个体牛只的自动识别,并控制饲喂装备停止前进,此时RFID将识别到的牛耳标号通过串口传送到单片机中,单片机将识别到的耳标号和存储器中的标签号进行比对,找到对应卡号后,调用奶牛饲喂数据,启动螺旋输料装置,把奶牛所需的精饲料投放到基础料

上。个体牛只投料结束后,饲喂装备继续前进,进行下一头奶牛的识别、定位及饲喂,整个圈舍饲喂结束后,将装备调整至人工控制状态,由工作人员将装备停至机具停放间,装备饲喂流程图如图3所示。

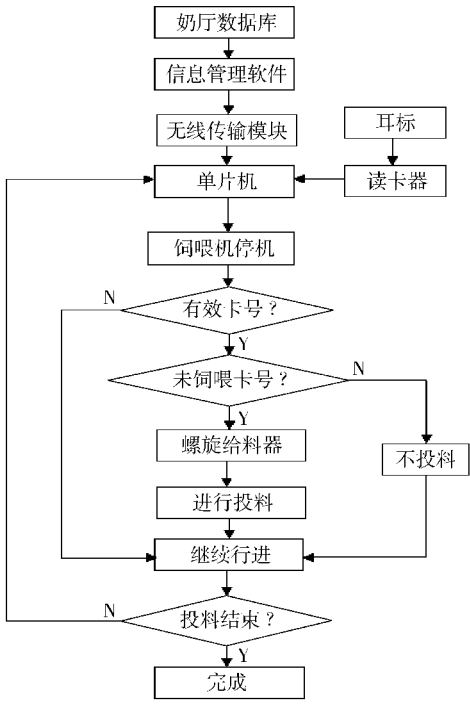


图3 饲喂流程图

Fig.3 Flow chart of feeding

2 机械系统

机械系统主要由料仓、车架、投料系统和行走机构等组成。

2.1 投料系统

精确投料系统由料仓、螺旋给料装置、机架、步进电动机及联轴器等组成。饲喂时,控制系统按照个体奶牛精饲料需求量,向步进电动机驱动器发送工作指令并驱动步进电动机运行,从而带动螺旋给料装置工作。系统在料塔处进行物料添加。

针对传统螺旋给料装置存在的“死区”及排料不稳定等现象,设计了基于等径变螺距的三螺旋给料装置^[9],有效解决了等螺距搅龙的堵料及排料不稳定现象,并通过采用步进电动机精确控制螺旋输送机转数,提高了给料精度。设计出的3段螺距分别为25、35和40mm,给料系统步进电动机选用110byg 250-115型,其静转矩为12.7N·m,两相四线制,步进电动机驱动器选用2HD8080A/B型。三螺旋给料装置如图4所示。

2.2 行走机构

饲喂装备的行走机构主要包括电源、直流电动机、后桥和控制系统。其中电源为48V蓄电池;直

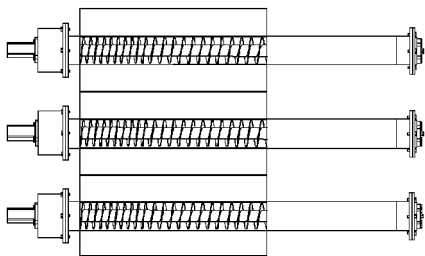


图 4 三螺旋给料装置

Fig. 4 Transporting device made by three sections of spiral

流电动机功率为 700 W,额定转速为 3 000 r/min,减速比为 8:1;后桥由减速装置、差速器、外壳和传动轴组成,后桥减速器减速比为 65:11。该饲喂行走机构采用双模行进方式,即饲喂装备在牛场行进、上料以及停放时采用人工控制模式,在对奶牛进行饲喂时采用 MCU 自动控制模式,通过转换开关控制双模行进机构两种模式之间切换。其中人工控制模式时速度为 0~6 m/s,MCU 控制模式时速度为 0.4~2.0 m/s。

3 控制系统及软件设计

3.1 控制系统组成

控制系统的结构示意图如图 5 所示。该系统由单片机控制系统、射频识别系统、无线传输装置、信息管理系统、双模行进机构、料位监控系统及精确投料系统组成。

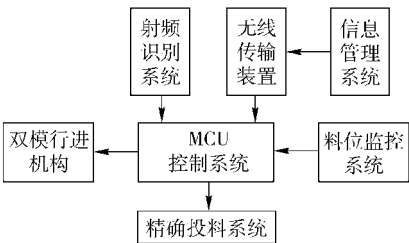


图 5 控制系统结构示意图

Fig. 5 Schematic diagram of control system

3.2 个体奶牛信息管理软件设计

使用 VB.net 编写信息管理软件,此软件为上位机工作软件。其主要功能是通过与牛场奶厅数据库的连接调用奶牛个体信息数据,对调用的数据进行分析、计算,最后将处理好的数据通过无线传输模块发送到饲喂装备下位机控制器。信息管理软件界面如图 6 所示。该界面包括 4 个区域:个体奶牛信息编辑区、数据传输状态显示区、数据更新时间区和工作引导区。

3.2.1 奶牛信息编辑区设计

奶牛信息编辑区包括数据加载、添加、编辑、删除、更新以及记录移动 6 部分。

正常状态下,只有加载按钮处于激活状态,点击

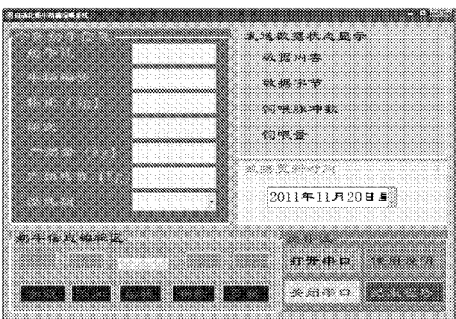


图 6 奶牛信息管理软件界面

Fig. 6 Interface of dairy information software

加载后,信息管理软件通过“DAO”引用和牛场数据库相连,此时,添加、编辑、删除按钮被激活;点击这些按钮,可进行相应的操作,同时更新按钮被激活;操作完成后,点击更新按钮,相应数据变更保存到与界面相连的数据库中。点击记录移动的相关按钮,可以实现界面奶牛信息向前、向后、第一个、最后一个的移动。

3.2.2 工作引导区设计

工作引导区包括串口打开、串口关闭、使用说明、结束程序 4 部分。其中串口的打开和关闭,是控制上位机和单片机数据的传输;点击使用说明可以看到与此软件相关的操作说明,点击关闭程序,则退出该软件的应用。

3.3 计算机与单片机的通信

计算机与单片机的通信通过串口将信息发送到无线传输模块,同时下位机系统配对的无线传输模块将信息接收并存入到外扩存储模块。计算机与单片机的通信协议为:采用异步方式传送数据,无奇偶校验,8 位数据位,1 位结束位,传输的数据传输速率为 9 600 b/s。

3.4 RFID 与单片机的通信

RFID 采用 ID-240 型远距离读卡器,搭配 SMC-E1334 卡,使用 RS232 模式并利用中断方式通过 UART 与单片机进行数据交换。利用 CD4205 对单片机串口进行分时复用,实现单片机与上位机和读卡器的通信。

3.5 无线传输装置

无线传输装置的作用是实现上位机和单片机之间的无线通信,本文无线传输装置为 RFD5800 多通道微功率嵌入式无线数传模块,传输距离为 1 000 m,工作频率 470~510 MHz,设有 UART/TTL、RS485 和 RS232 三种接口。

3.6 单片机主控程序设计

单片机主控程序通过无线传输模块接收存储计算机传来的奶牛个体信息数据,通过外部中断与 RFID 通信接收识别到的卡号信息,调用对应卡号的

奶牛个体信息数据并进行处理运算,获取步进电动机需运转转数,继而控制执行机构运行,实现奶牛所需精饲料的精确供给。单片机程序框图如图 7 所示。

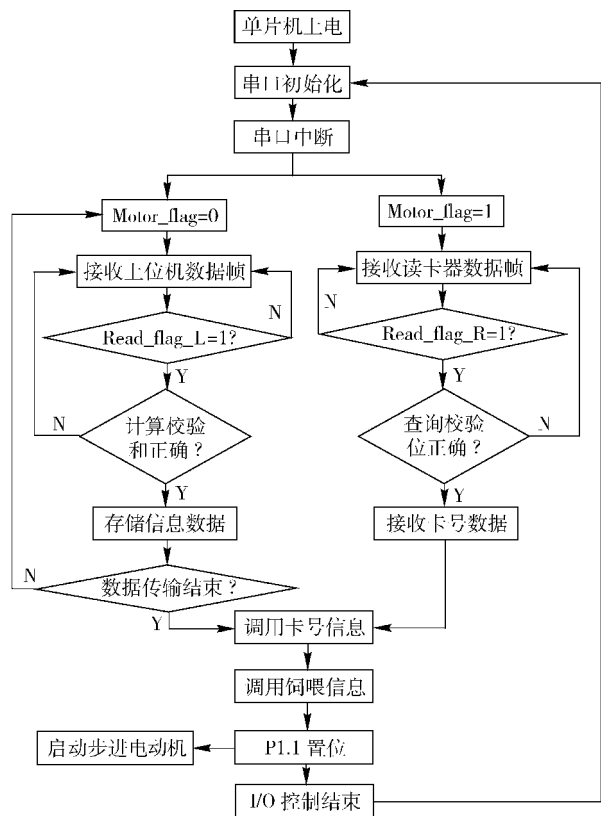


图 7 单片机控制系统流程图
Fig. 7 Flow chart of MCU program

4 性能试验

对饲喂装备进行投料精度试验,在投料过程中,分析不同水平组合对饲喂装备投料稳定性的影响。分别测得主轴转速在 40、60、80 和 100 r/min 下,螺旋输料装置转动 4、5、6、7、8、9 和 10 r 所投出精饲料量,每组各重复 10 次。

试验结果显示:在 60 r/min 转速下投料稳定性最佳,在此转速下利用最小二乘法计算得出一元线性回归方程为

$$M = 0.524r - 0.004$$

式中 M ——投料量
 r ——螺旋输料装置转动的圈数

在此模型下分别以 1.0、1.5、2.0、2.5 和 3.0 kg 为目标值进行给料,每组重复测量 10 次,测得其给料量后对数据进行整理,得出测量值与目标值的相对误差如表 1 所示。

从表 1 中可知,在不同量程条件下均值与目标值的相对误差均小于 2%,符合奶牛养殖业精确饲喂要求。

表 1 测量值和目标值的相对误差
Tab. 1 Relative error between measured value and target value

目标值/kg	平均相对误差/%	误差上界/%	误差下界/%
1.0	-0.036	1.80	-1.60
1.5	-0.028	1.07	-1.50
2.0	-0.028	1.80	-1.70
2.5	-0.033	0.80	-1.44
3.0	-0.002	0.93	-0.87

5 牛场验证试验

牛场饲喂试验,目的是验证奶牛精确饲喂技术对奶牛产奶量及产奶品质的影响,为此,在新疆西部牧业股份有限公司中心牛场 3 号牛舍进行了试验。其中奶牛产奶量试验时间为 2011 年 9 月 8 日~2011 年 10 月 14 日,奶品质分析试验时间为 2011 年 9 月 19 日~2011 年 10 月 17 日。

5.1 试验安排

从 3 号牛舍中随机选出 80 头牛进行单独饲喂。在所选的 80 头奶牛中,奶牛产奶量大部分分布在 18~40 kg 之间,根据奶牛产奶量的分布情况,将奶牛划分为 24 kg 以下、24~28 kg、28~32 kg、32 kg 以上 4 个区间。在试验组中,选择上述 4 个区间中处于泌乳前期、泌乳中后期的奶牛各 4 头,共 16 头进行试验分析,仍从 3 号牛舍中选取产犊日期相近、产奶量区间相同的奶牛作为对照组。对照组采用 TMR 方式进行饲喂,饲喂时间、挤奶时间及挤奶次数与试验组相同。

试验组和对照组每天各饲喂 3 次、挤奶 3 次,并分别从试验组和对照组中各选取 5 头牛进行奶品质分析。

5.2 试验结果

根据产奶量数据得出试验组及对照组试验期间产奶量变化曲线如图 8 所示。

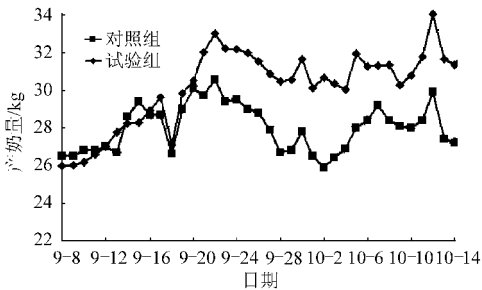


图 8 试验期间产奶量变化曲线
Fig. 8 Milk products variations during testing period

由图 8 可得:试验组奶牛产奶量平均每头每天比对照组提高 3.0 kg,而试验组奶牛平均每头牛每天比对照组多饲喂精饲料 2.8 kg。按照牛场饲料价

格 2.6 元/kg 和牛奶价格 3.7 元/kg 进行计算,平均每头牛每天可增值 3.82 元。

5.3 试验分析

5.3.1 奶牛产奶量分析

从图 8 可以看出,对照组的奶生产奶量变化基本不大,在 30 kg 以下波动,而试验组在经过 4~5 d 的适应期后,通过精确饲喂基本稳定在 30 kg 以上。此次精确饲喂试验主要针对中高产奶牛(产奶量在 26 kg 以下的奶牛饲喂量为零),说明精确饲喂试验对高产奶牛的产奶量有一定的提高。

5.3.2 牛奶品质分析

从试验组和对照组中随机选出 5 头奶牛进行取样,取样时间为每天中午,采用 Lacti-check 牛奶分析仪对所取样牛奶进行品质分析。选择蛋白质含量作为牛奶品质参考标准,统计结果如图 9 所示。

从图 9 可以看出,精确饲喂试验对牛奶蛋白质含量影响不大,试验组和对照组蛋白质质量分数为

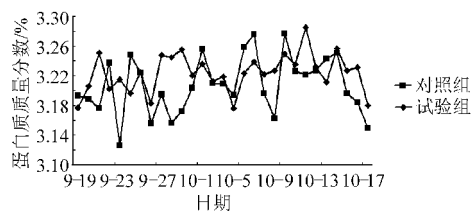


图9 试验期间蛋白质含量变化曲线

Fig.9 Protein content variations during testing period

3.1%~3.3%,均高于国家标准 2.85%^[10]。

6 结论

(1) 该饲喂装备以 PC 机为信息管理平台,综合运用单片机技术、无线射频技术、无线传输技术,实现了奶牛养殖的自动化、精细化、智能化。

(2) 通过一个月的饲喂试验表明,该技术及装备可显著提高奶牛产奶性能,个体奶牛平均日单产奶量提高 3.0 kg,平均蛋白质质量分数为 3.1%~3.3%。

参 考 文 献

- 1 杜鹃,包金花. 奶牛瘤胃微生物的调控[J]. 畜牧与饲料科学, 2008,29(4): 72~73.
- 2 谭春林,坎杂,曾明军,等. 奶牛饲喂技术与设备的现状分析[J]. 农机化研究,2007,29(12):240~245.
Tan Chunlin, Kan Za, Zeng Mingjun, et al. Analysis of the situation about cow-feeding technique and equipment[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007,29(12): 240~245. (in Chinese)
- 3 蒙贺伟,高振江,林海,等. 基于粗精给料奶牛精确饲喂装备给料系统的研究[J]. 石河子大学学报:自然科学版,2011,29(3):361~366.
Meng Hewei, Gao Zhenjiang, Lin Hai, et al. Dairy cow precising feeding device's feeding system based on coarse and precise feeding [J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2011,29(3):361~366. (in Chinese)
- 4 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)
- 5 方小明. 智能化移动式奶牛装置的设计及试验研究[D]. 北京:中国农业大学,2008.
Fang Xiaoming. Design and experimental investigation on the movable intelligent feeding machine for dairy cow[D]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- 6 高雪. 奶牛精确饲喂控制系统的设计研究[D]. 北京:中国农业大学,2008.
Gao Xue. Study on an auto-control system of dairy cows recision-feeding[D]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- 7 蒙贺伟. 移动式奶牛精确饲喂装置的设计研究[D]. 石河子:石河子大学,2009.
Meng Hewei. The research and design of the movable precision feeding device for the dairy cow[D]. Shihezi: Shihezi University, 2009. (in Chinese)
- 8 李继成,高振江,肖红伟,等. 基于单片机的奶牛精确饲喂装备设计与试验[J]. 农业机械学报,2011,42(1):101~105.
Li Jicheng, Gao Zhenjiang, Xiao Hongwei, et al. Design and experiment on dairy cow precise feeding equipment based on MCU [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(1): 101~105. (in Chinese)
- 9 蒙贺伟,高振江,坎杂,等. 等径变螺距奶牛精确饲喂给料装置设计与试验[J]. 农业工程学报,2011,27(3):103~107
Meng Hewei, Gao Zhenjiang, Kan Za, et al. Design and experiment on dairy cow precision-feeding device based on equal-diameter and variable-pitch[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2011,27(3):103~107. (in Chinese)
- 10 GB 19301—2010 食品安全国家标准 生乳[S]. 2010.
GB 19301—2010 National food safety standard row milk[S]. 2010. (in Chinese)