

# 基于单片机的奶牛精确饲喂装备设计与试验<sup>\*</sup>

李继成<sup>1</sup> 高振江<sup>1</sup> 肖红伟<sup>1</sup> 蒙贺伟<sup>2</sup> 坎 杂<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 石河子大学机械电子学院, 石河子 832000)

**【摘要】** 设计了以计算机为信息管理平台,以单片机为数据处理和控制平台,利用无线射频识别技术进行个体识别的奶牛精确饲喂装备。建立了装备的工作参数并进行了精度验证。通过一个月的饲喂试验表明,该装备技术可显著提高奶牛产奶量及其品质,使奶牛平均日单产提高 3.9 kg,且牛奶平均脂肪含量为 3.74 g/(100 g),平均蛋白含量为 2.98 g/(100 g)。

**关键词:** 奶牛 精确饲喂 单片机 产奶性能

**中图分类号:** S817.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2011)01-0101-05

## Design and Experiment on Dairy Cow Precise Feeding Equipment Based on MCU

Li Jicheng<sup>1</sup> Gao Zhenjiang<sup>1</sup> Xiao Hongwei<sup>1</sup> Meng Hewei<sup>2</sup> Kan Za<sup>2</sup>

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

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832000, China)

### Abstract

Based on the technology of MCU, one kind of dairy cow precise feeding equipment was designed. This kind of equipment used computer as information management platform, MCU as data processing and control platform, and used the RFID technology to identify dairy cows. The working parameters of the equipment were established and the feeding accuracy of the equipment was verified. By using the equipment, one-month feeding experiment in the dairy cow farm was conducted. The results showed that the milk production per day was increased by 3.9 kg, and the average fat content of milk was 3.74 g/(100 g), the average protein content of milk was 2.98 g/(100 g).

**Key words** Cow, Precise feeding, MCU, Milk performance

### 引言

奶牛瘤胃的发酵状况直接影响产奶量及其品质,瘤胃 pH 值是评价瘤胃发酵状况的基本指标,其理想的酸度为 pH 值 6.4~6.8<sup>[1]</sup>。所以在奶牛的饲养管理中需要稳定瘤胃 pH 值。

我国奶牛传统的精、粗饲料分时分别饲喂法会导致瘤胃酸度波动较大,因此提出了将奶牛分群,精、粗饲料按一定配比进行饲喂的全混合日粮

(TMR)的概念。TMR 饲喂虽然可以稳定奶牛瘤胃 pH 值,但奶牛所需精饲料量因奶牛个体差异明显,该饲喂方法不能满足每头奶牛所需的精饲料。倪志江等<sup>[2]</sup>设计了一种智能化个体奶牛精确饲喂机并且进行了一个月的验证试验,结果显示使用此饲喂机可以显著提升奶牛产奶量,但该饲喂机易堵料,在工作时须携带计算机,成本较高、不便操作,且只进行了产奶量试验未进行品质检测试验。本文是在倪志江研究的基础上对机械结构和软件控制系统进行

收稿日期: 2010-03-19 修回日期: 2010-03-31

<sup>\*</sup> 新疆建设兵团 2009 年度师市科技计划资助项目(2009GY11)

作者简介: 李继成,硕士生,主要从事农业机电一体化研究, E-mail: ljc5263@126.com

通讯作者: 高振江,教授,主要从事农产品加工及农业装备研究, E-mail: zjgao@cau.edu.cn

改进,解决堵料问题,工作时利用单片机代替计算机实现脱机工作,同时扩大试验规模,对奶品质进行检测和分析。

### 1 总体结构与原理

#### 1.1 结构简图

奶牛精确饲喂装备简图如图 1 所示,主要由机械结构和软件控制系统组成。

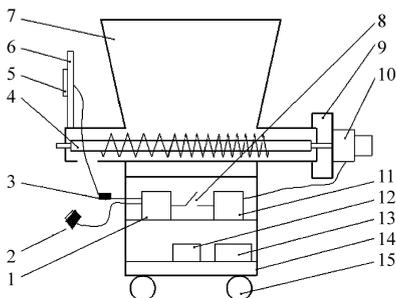


图 1 饲喂装备结构简图

Fig. 1 Schematic diagram of feeding machine

- 1. 单片机 2. 连接计算机的串口 3. RFID 接线端子 4. 螺旋送料装置
- 5. 射频识别系统 6. 射频识别系统安装板 7. 料仓
- 8. 开关 9. 电动机安装板 10. 电动机 11. 电动机调速系统
- 12. 电源转换装置 13. 蓄电池 14. 机架 15. 行走装置

#### 1.2 工作原理

饲喂前,连接计算机,将前一日奶牛个体信息通过计算机的信息录入系统传送并储存到单片机中;饲喂时,断开计算机,将本饲喂装备置于奶牛饲槽前,当饲喂装备沿饲槽移动到奶牛正前方时,RFID 系统自动识别奶牛耳朵上的标签,饲喂装备停止前进,RFID 将识别到的标签号通过与单片机的通信传送到单片机,单片机调用先前存入的个体奶牛信息数据,按照已有的饲料饲喂模型<sup>[3]</sup>计算所需精饲料量和投料时间,启动螺旋送料装置,把每头奶牛所需的精饲料补充料洒在基础料上。投料结束后,饲喂装备继续前进,进行下一头奶牛的识别和饲喂。

### 2 机械结构及动力

#### 2.1 机械结构

饲喂装备机械结构包括 3 个部分:料仓、螺旋送料装置、行走装置。其中倪志江设计的饲喂机(原饲喂机)螺旋送料装置采用节距分别为 40 mm 和 70 mm 双螺旋进行送料,本设计采用 3 根变螺距螺旋进行送料以解决原有等螺距螺旋的堵料问题(图 2),提高了送料的连续性,从机械机构上保证了投料精度,每根 3 段螺距分别为 25、35、40 mm,工作时同时启停。

#### 2.2 动力系统

因该饲喂装备工作过程中需要在牛舍中进行移

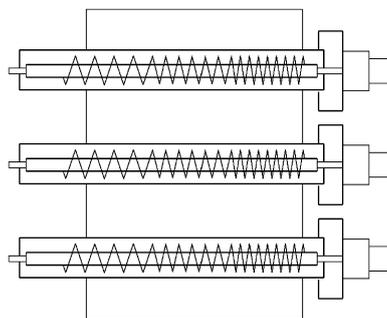


图 2 变螺距螺旋送料装置

Fig. 2 Variable-pitch screw feeding device

动,故自带 24 V 蓄电池电源供电,螺旋送料装置动力选用的是 24 V 直流电动机;另外,为控制饲喂装备的投料速度,该饲喂装备还配备了 PWM 型直流脉宽调速器,使其螺旋转速成为可调。

### 3 软件控制系统

#### 3.1 计算机信息录入系统界面设计

VB2005 编写信息录入系统的主要功能是通过与数据库的连接显示出奶牛个体信息数据,并自动发送到串口进行通信。界面如图 3 所示,该界面包括 4 个区域:个体奶牛信息录入区、数据传输状态区、数据更新时间区和工作引导区。



图 3 奶牛信息录入系统界面

Fig. 3 Interface of dairy information input system

#### 3.2 计算机与单片机的通信

饲喂装备在工作中利用单片机代替计算机进行奶牛信息的存储和数据的处理运算,因此要通过计算机与单片机的通信将奶牛信息数据传送并存储于单片机。

##### 3.2.1 声明 SerialPort 类的对象

在 Public Class Form1 与 Form1\_Load 之间添加代码“Dim RS232 As SerialPort”声明 SerialPort 类的对象:RS232,用于操作单片机与计算机的通信端口。

##### 3.2.2 建立通信端口

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 bit/s。在 Form1\_Load 事件程序区段中添加代码“RS232 = New SerialPort ("COM1", 9600, Parity. None, 8, StopBits. One)”建立通信端口。

### 3.2.3 发送数据

RS232. Write(Data, 0, Count),其中 Data 为所传送的数据,类型为 Byte;Count 为 Data 的长度。

## 3.3 RFID 与单片机的通信

原饲喂机用 RFID 与计算机通信来传递数据,

通过计算机管理软件依据奶牛个体信息计算投料时间值,然后将时间值发送到单片机从而实现延时控制,因此该机器在饲喂过程中须携带计算机。

利用维根协议实现 RFID 与单片机的直接通信,RFID 采用 P231 型远距离读卡器,搭配 1334 卡片工作,识别距离可达 (50 ± 5) cm,使用维根 (wiegand 50) 格式输出;单片机采用 STC89C52 芯片,利用外部中断读取数据直接通信,使该装备在工作过程中可动态识别,实现脱离计算机工作。程序框图如图 4 所示。

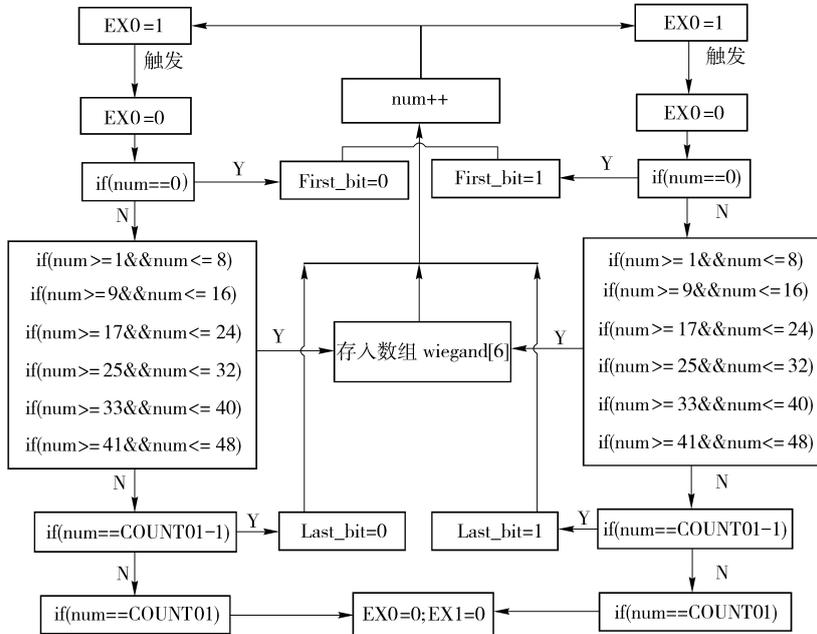


图 4 外部中断程序框图

Fig. 4 Frame diagram of external interrupt program

## 3.4 单片机延时控制

单片机经过计算得出投料时间,通过启动延时程序控制螺旋启停。该程序控制时间精度为 0.1 s,从软件上保证了饲喂装备的投料精度。

## 3.5 单片机主控程序设计

单片机通过串口中断接收并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;调用与识别到的卡号相对应的奶牛个体信息数据并进行处理运算,得出投料时间;通过延时函数控制电动机的启停。单片机程序框图如图 5 所示。

## 4 饲喂装备参数的确定

### 4.1 转速的设定

分别测得螺旋转速在 100、120、150 r/min 时 4、5、6、7、8、9、10 s 的投料量,各进行 10 次重复试验,试验材料为西部牧业新疆畜牧业有限责任公司生产的 561-H 型泌乳期奶牛精料补充料。经计算<sup>[4]</sup>

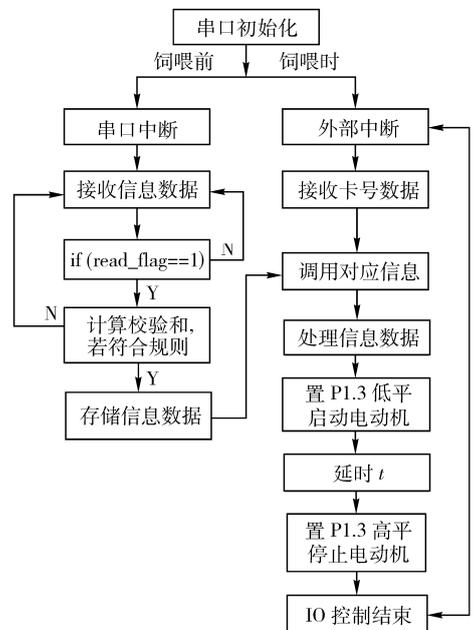


图 5 单片机程序框图

Fig. 5 Frame diagram of MCU program

得 150 r/min 转速下该装备投料稳定性最佳,故本装备螺旋的转速设定为 150 r/min。

#### 4.2 投料模型

由于电动机的启动和停止有加速和减速的过程,因此需要确定投料量和投料时间的函数关系,拟合出 150 r/min 转速下的投料模型,并写入单片机程序以计算螺旋运行时间。在转速设定试验中,得到投料量与时间关系曲线如图 6 所示。

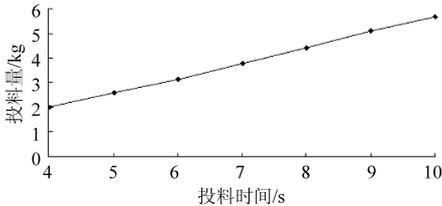


图 6 投料量与投料时间关系曲线

Fig. 6 Relationship of feeding amount and time

经计算得出该饲喂装备的投料模型为

$$M = -0.46 + 0.61T$$

式中  $M$ ——投料量,kg

$T$ ——投料时间,s

#### 4.3 精度验证

奶牛在精细饲养过程中,如果 1 d 按 3~5 次饲喂计算,则投料精度应小于量程 5% 时才能满足个体体况营养的需求<sup>[4]</sup>。

在实际生产中,每头奶牛每次饲喂的精饲料量在 2~6 kg 之间。该饲喂装备在 150 r/min 转速下,投放目标值为 2、3、4、5、6 kg 的物料,各进行 10 次重复试验,试验结果如表 1 所示。

经计算可知,在不同量程条件下均值对目标值的相对误差均小于 5%,该投料模型符合精度要求。

表 1 不同量程下质量测量值

Tab. 1 Measurements of the different ranges of weight

kg

目标值	试验序号										平均值
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2	2.030	2.066	2.058	2.080	2.042	2.038	2.042	2.058	2.030	2.058	2.050 2
3	2.978	2.970	2.944	2.992	2.974	3.012	3.002	3.004	3.028	2.998	2.990 2
4	4.018	4.004	4.046	4.000	4.008	4.018	4.044	4.028	3.992	4.016	4.017 4
5	4.970	4.990	4.916	4.986	4.968	4.980	4.958	4.988	4.976	4.974	4.970 6
6	5.940	5.960	5.916	5.968	5.958	5.952	5.946	5.948	5.976	6.002	5.956 6

## 5 试验设计与分析

为验证该饲喂方法对奶牛产奶量及产奶品质的影响,于 2009 年 7 月 25 日至 2009 年 8 月 24 日在新疆石河子西部牧业牛场进行了为期一个月的饲喂验证试验。

### 5.1 试验设计

从 2 号牛舍随机选择 70 头试验奶牛进行单独饲喂。在所选 70 头试验牛中,产奶量为 20~24 kg, 24~28 kg, 28~32 kg, 32~36 kg, 36 kg 以上的区间内各选择一或两头奶牛做产奶量的样本,共 10 头;在同样产奶区间内各选择一头奶牛做产奶品质的检测样本,共 5 头;仍从 2 号牛舍中选择 10 头产奶量和产犊日期与产奶量试验组样本大致相同的奶牛作为产奶量对照组。对照组按牛场原有的 TMR 方式进行饲喂,饲喂和挤奶的次数与时间均同试验组相同。

试验组和对照组均每天饲喂 3 次,挤奶 3 次。每 2 d 记录一次产奶量,对于试验组,前一次的奶产量作为下一次精饲料投喂量计算的参数;每天中午测定并记录 5 头品质检测组奶牛的牛奶品质。

### 5.2 试验结果

表 2 和表 3 分别列出了产奶量试验组和对照组的个体奶牛产奶量的变化情况。

表 2 试验组奶产量变化情况

Tab. 2 Milk amount increased table of the test group

kg

试验序号	原平均产奶量	现平均产奶量	增值
A1	22.8	22.3	-0.5
A2	22.8	25.6	2.8
A3	28.3	24.9	-3.4
A4	27.3	34.9	7.6
A5	30.4	32.0	1.6
A6	30.9	32.3	1.4
A7	31.0	38.2	7.2
A8	30.2	28.8	-1.4
A9	31.8	32.9	1.1
A10	36.2	37.6	1.4

表 4 列出了检测组的个体奶牛牛奶品质的平均脂肪含量和蛋白含量。

表3 对照组奶产量变化情况

Tab.3 Milk amount increased table of the control group

试验序号	kg		
	原平均产奶量	现平均产奶量	增值
B1	24.6	25.5	0.9
B2	24.2	22.6	-1.6
B3	27.0	28.0	1.0
B4	27.1	24.6	-2.5
B5	30.0	28.6	-1.4
B6	30.4	24.5	-5.9
B7	31.2	33.8	2.6
B8	33.0	26.6	-6.4
B9	31.9	26.6	-5.3
B10	37.5	30.1	-7.4

表4 试验组牛奶脂肪及蛋白含量

Tab.4 Fat and protein content of quality detection group

试验序号	产犊日期	产奶量 /kg	平均脂肪含量 /g·(100 g) <sup>-1</sup>	平均蛋白含量 /g·(100 g) <sup>-1</sup>
1	2009-02-28	23.8	3.76	3.07
2	2009-03-12	25.3	3.71	2.92
3	2009-02-28	31.8	3.99	2.94
4	2009-03-10	34.4	3.86	3.02
5	2009-03-07	41.9	3.46	2.96

## 5.3 试验分析

### 5.3.1 产奶量分析

从表2、表3可以看出,试验组奶牛除了A1、A3、A8这3头奶牛平均产奶量出现负增长外,其他奶牛平均产奶量均普遍提高,这说明奶牛摄取的精饲料普遍能够满足自身的生理及产奶的需求;对照

组奶牛平均产奶量普遍大幅下降,只有B1、B3、B7这3头奶牛产奶量略有提高,说明除了这3头牛外,其他奶牛所摄取的精饲料量均无法满足自身的生理及产奶需求,没有发挥奶牛个体的产奶潜力。

由此可见,试验组奶牛应用现有饲喂装备技术进行饲喂管理可提高泌乳高峰期奶牛的产奶峰值,也可提高泌乳后期奶牛的产奶量。对照组应用TMR分群饲喂的处于泌乳中后期的奶牛产奶量既没有提高,也没有维持在高峰期水平,而呈逐步下降趋势,这不利于提高奶牛单产水平。经计算得,试验组平均产奶量为31.0 kg/d,对照组平均产奶量为27.1 kg/d,试验组平均每头牛每天比对照组多产3.9 kg牛奶。

### 5.3.2 牛奶品质分析

从表4可知,5头奶牛随着产奶量的递增,平均脂肪含量和蛋白质含量并没有随之增加或降低,而是无规律变化,原因是奶牛生理特征复杂,牛奶品质因个体差异而相差悬殊,此外还与饲料成分、挤奶方式、挤奶时间、挤奶环境、气候等因素密切相关。

从检测组整体牛奶品质来看,5头奶牛本月所产牛奶的平均脂肪含量为3.74 g/(100 g),平均蛋白含量为2.98 g/(100 g),均高于国家规定的标准(脂肪含量3.10 g/(100 g),蛋白质含量2.80 g/(100 g))<sup>[5]</sup>。

## 6 结论

(1) 该饲喂装备以计算机为信息录入端口,以单片机为数据处理和控制平台,利用无线射频识别技术进行识别,实现了奶牛精确饲喂的自动化。

(2) 饲喂试验表明,采用该装备技术对奶牛进行饲养管理可有效提高奶牛产奶量,保证牛奶品质。

## 参 考 文 献

- 1 蒋万,张巧娥,杨库. 反刍动物的瘤胃消化生理及调控[J]. 黑龙江畜牧兽医,2005(9):26~27.
- 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 precise feeding machine for single dairy cow [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(12): 205~209. (in Chinese)
- 3 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' precision-feeding [D]. Beijing: China Agricultural University, 2008. (in Chinese)
- 4 方小明. 智能化移动式奶牛饲喂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)
- 5 GB 19301—2010 食品安全国家标准 生乳[S].  
GB 19301—2010 National food safety standard raw milk[S]. (in Chinese)