

仔猪自动精细饲喂系统设计与试验

张 伏^{1,2} 王亚飞¹ 吕 美³ 王 俊¹ 许子和¹ 陈新辉¹

(1. 河南科技大学农业装备工程学院, 洛阳 471003; 2. 机械装备先进制造河南省协同创新中心, 洛阳 471003;
3. 河南河顺自动化设备股份有限公司, 登封 452470)

摘要: 针对目前仔猪养殖成本高、自动化程度低的问题, 设计了仔猪自动精细饲喂系统。系统包括机械本体和控制系统两部分, 机械本体主要由下料电动机及下料螺旋装置、搅拌电动机及搅拌刀片和供水系统组成; 控制系统主要由移动控制终端、控制器控制面板及控制器组成。系统控制部分可根据液位传感器、光电传感器和电动机编码器信号对自动精细饲喂装置的下料电动机、搅拌电动机和上水水泵进行实时控制, 实现仔猪饲喂过程中的配料、搅拌、喂料、冲洗料桶和食槽的自动化。系统测试结果表明: 系统运行稳定可靠, 能够实现干湿料的精细混合和均匀搅拌; 以电动机转速为 150 r/min 为例进行试验, 自动精细饲喂系统的落料量与电动机的运行时间成正比关系 ($r^2 = 0.9994$), 实际落料量与理论计算的落料量一致, 其误差小于 5%; 测量饲喂系统螺旋装置转速分别为 50、100、150、200、250 r/min 时的下料量, 结果表明下料量不随旋转输送装置转速的增加而无限增加, 在转速为 200 r/min 时达到最大值, 为 0.133 t/h; 该自动精细饲喂系统现场试验表明第 2 周与第 3 周喂养仔猪平均日增长量约为人工喂养的 2 倍。

关键词: 仔猪; 自动饲喂; 控制系统

中图分类号: S817.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2018)07-0039-07

Design and Experiment of Auto-precision Feeding System for Piglets

ZHANG Fu^{1,2} WANG Yafei¹ LÜ Mei³ WANG Jun¹ XU Zihe¹ CHEN Xinhui¹

(1. College of Agricultural Equipment Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China
2. Collaborative Innovation Center of Machinery Equipment Advanced Manufacturing of Henan Province, Luoyang 471003, China
3. Henan Heshun Automation Equipment Co., Ltd., Dengfeng 452470, China)

Abstract: The automatic feeding system was designed in order to solve the problems of high cost and low automation. The system was composed of mechanical body and control system. The mechanical body mainly consisted of the feeding motor, feeding screw device, the stirring motor, mixing blade and the water supply system. The control system was composed of mobile control terminal, controller control panel and controller. The control part of the system can control the mechanical body of automatic fine feeding device based on liquid level sensor and photoelectric sensor, which can realize real-time control of the blanking motor, feeding motor and water pump and automation of ingredients, stirring, feeding, and washing buckets in process of pig feeding. Automatic feeding device included dry mixing motor, controller, profile, angle code, dry silo, mixing blades, water pump, hopper, discharge chute, mixed mixing blades, hybrid motor, feeding trough, spiral blade, arrange ushering bearing, carbon pipe, coupling and other parts. The results showed that the system was stable and reliable, and the mixing of dry and wet materials was realized. The drop of the feeding system was proportional to the operation time of the motor, and the determination coefficient of the relationship of positive proportional function was 0.9994 with motor at the speed of 150 r/min in the test. The actual amount of falling material was the same as that of theoretical calculation, and its error was within 5%. The rotation speed of the feeding system was measured at 50 r/min, 100 r/min, 150 r/min, 200 r/min and 250 r/min. The results showed that the quantity of the lower material reached the maximum at 200 r/min, and the rate was 0.133 t/h. Pig farms in Henan Province were taken as the test subject, totally 90 piglets were randomly divided into

收稿日期: 2017-12-05 修回日期: 2018-01-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(61771184)、河南省产学研合作项目(162107000026)、河南省高等学校重点科研项目(14B416004、14A416002)和河南省高等学校青年骨干教师培养计划项目(2017GGJS062)

作者简介: 张伏(1978—), 男, 教授, 博士, 主要从事农业装备智能化与信息化技术研究, E-mail: zhangfu30@126.com

three groups of 30 piglets in the experiment. The average daily increment of piglets fed in the second and third weeks by the system was approximately twice of that of normal feeding.

Key words: piglet; automatic feeding; control system

0 引言

仔猪的存栏量、成活率以及生长状况不仅直接影响生产者的经营效益,更影响到每个地区乃至国家猪肉的有效供给水平^[1-3]。断奶时,仔猪面对与母猪分离——无乳可食,无温暖、舒适安全的社群环境可依的挑战^[4-5]。此外,饲料形式和成分改变对其有强烈的负面影响,采食不足使仔猪没有足够的能量去对抗应激^[6-7]。研究表明:给断奶仔猪饲喂粥料能够提高仔猪采食量、提高饲料转化率、减少各种疾病发生,有利于仔猪从母乳饲喂平稳过渡到干饲料饲喂,显著提高仔猪生长性能^[8-10]。且早期迅速增重会让肉猪在屠宰前始终保持较快的生长,最多可提前 14 d 出栏^[11]。另外,使用粥料还有助于饲养来自高产母猪的“多余”仔猪^[12-13]。

目前,猪只的饲喂方法主要有人工饲喂和设备自动饲喂。如熊本海等^[14-15]以哺乳母猪为试验对象设计了一种哺乳母猪自动饲喂控制系统,与人工饲喂对比,能显著促进哺乳母猪采食量的增加。朱军等^[16]研究的可用于种猪自动供料的精细饲喂系统,实现了自动精确的投放饲料,在一定的范围内投放饲料,其最大误差为±2%。刘金浩等^[17]基于嵌入式 ARM 一体机对一般生猪饲喂系统进行改进并在猪场试验应用表明,系统运行稳定,可以降低饲养的料肉比,提高饲料转换率,提升猪场效益。舒娟等^[18]研究的基于 RFID 的生猪自动饲喂控制系统,利用无线射频识别技术(RFID)实现生猪身份的识别,提高了生猪饲喂自动化水平。而关于仔猪的饲喂,大型猪场为减少人力成本、提高收益,主要用自动的干料槽给仔猪饲喂干料,中小型养猪场采用传统的人工饲喂方法,给仔猪饲喂粥料;但人工饲喂成本较高,且未能完全达到定时、变量饲喂,影响刚断奶仔猪的体质量^[19-20]。基于此,本文设计一种仔猪自动精细饲喂系统,该系统以 STC89C52RC 芯片为核心,结合液位传感器和光电传感器以及其他元器件,实时对料箱的检测,为仔猪自动提供粥料。

1 系统结构及工作原理

1.1 系统结构

仔猪自动精细饲喂系统由 2 部分组成:饲喂装置机械本体,主要包括下料电动机及螺旋输送装置、搅拌电动机及干湿料搅拌刀片、供水系统;控制系统

部分以 STC89C52RC 芯片为核心,有控制面板和远程移动控制终端两种工作模式,可分别控制饲喂系统。该自动精细饲喂系统以机械本体为基础,以控制部分为支撑,实现干湿料的适量精确投放和搅拌。控制系统总体结构如图 1 所示。

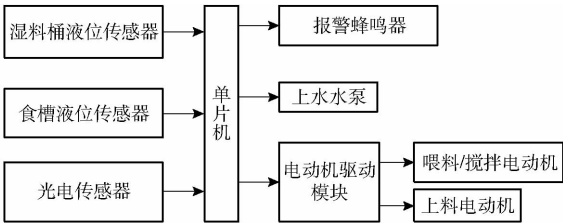


图 1 控制系统结构框图

Fig. 1 Structure diagram of control system

1.2 工作原理

为提高仔猪自动精细饲喂系统的自动化水平及落料精确性,系统工作原理为:①采用移动控制终端和控制面板两种控制方式,提高系统的自动化水平。②利用步进电动机的精准控制优势及编码器构成闭环反馈系统,实现干料的精准投放和干湿料的匀速搅拌。③利用液位传感器实时检测食槽内粥料容量和湿料桶内湿料容量,用光电传感器实时检测干料桶内干料容量。仔猪自动精细饲喂系统在机械本体和控制系统的配合下,实现系统功能。具体工作原理如图 2 所示。

2 系统机械本体设计

2.1 机械本体总体结构

图 3 为仔猪自动精细饲喂装置机械本体总体结构图。

2.2 下料装置设计

下料装置是整个仔猪自动精细饲喂装置的核心部件,根据设计要求,下料装置所用的螺旋轴要竖直安装即在垂直方向上输送饲料,考虑到输送距离短,采用满面式、等螺距结构,如图 4 所示。

在仔猪饲喂过程中要求对下料量进行精确控制,即当单次 10 s 内完成下料量 300 g(装置要求下料误差在±5%内)时,立即停止给料。

在饲料输送过程中,若忽略螺旋直径截面对整机输送能力的影响,则

$$Q=3\ 600F\lambda v\varepsilon$$

(1)

其中 $F=\pi\varphi D^2/4$ $v=sn/60$

式中 Q ——下料速度,t/h

F ——料槽内饲料层的横截面积,m²

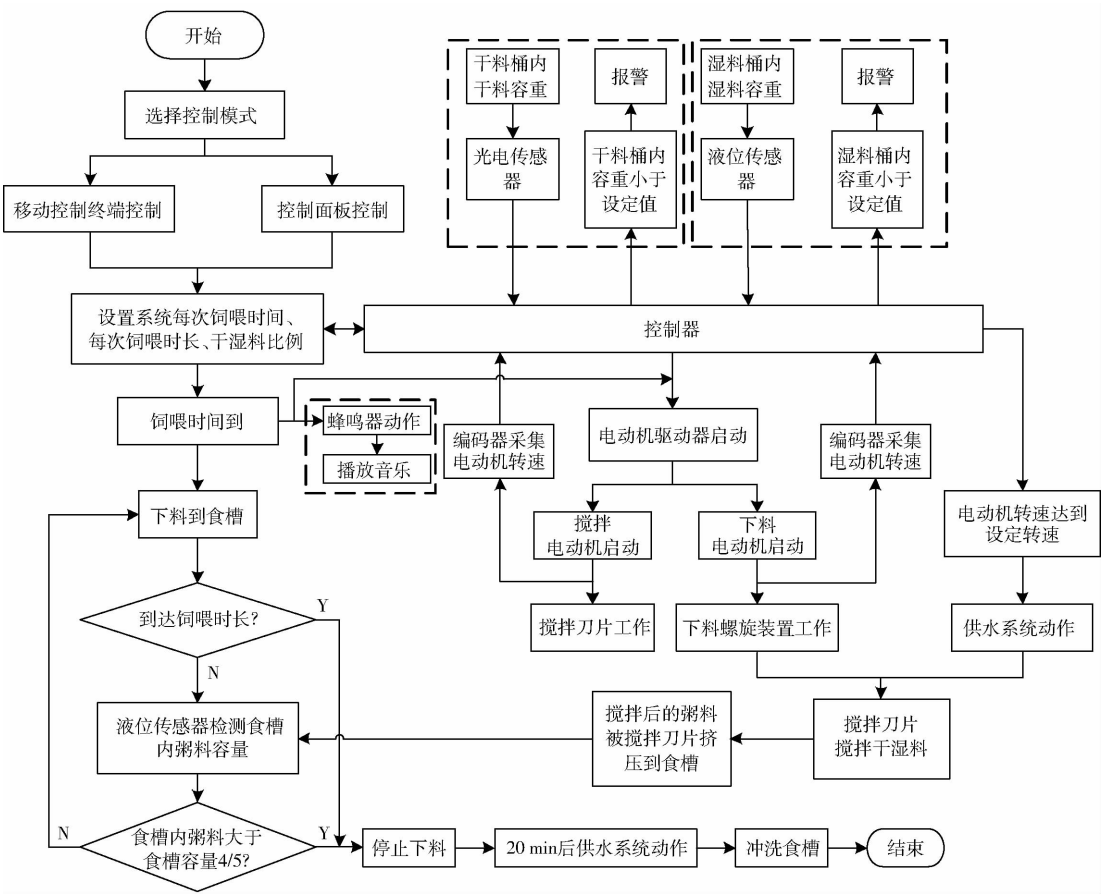


图 2 仔猪自动精细饲喂系统工作流程图

Fig. 2 Schematic diagram of auto-precision feeding system

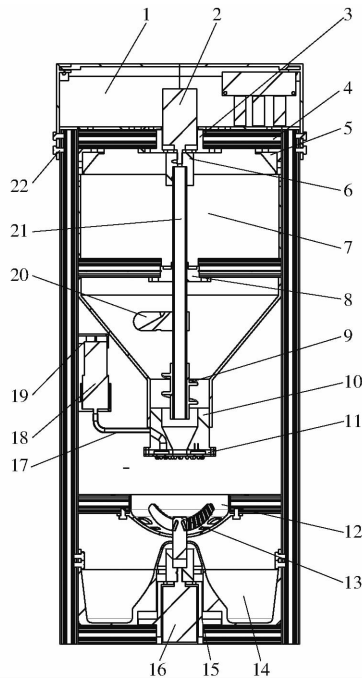


图 3 仔猪自动精细饲喂装置结构图

Fig. 3 Structure drawing of automatic feeding device

1. 控制器 2. 下料电动机 3. 下料电动机座 4. 型材 5. 角码
6. 联轴器 7. 干料箱 8. 带座轴承 9. 输送机 10. 限料口 11. 喷头
12. 搅拌室 13. 混合搅拌刀片 14. 料槽 15. 搅拌电动机座
16. 搅拌电动机 17. 管路 18. 水泵 19. 水泵座 20. 搅拌刀片
21. 碳素管 22. 螺钉

D ——螺旋叶片直径, m

φ ——填充系数

λ ——饲料的单位容积质量, t/m^3

v ——饲料在料槽内的轴向移动速度, m/s

s ——螺距, m n ——螺旋轴转速, r/min

ε ——倾斜输送系数

在满足输送量要求情况下,螺旋转速不应过高,且不允许超过其许用转速,即

$$n \leq n_{\max} \quad (2)$$

其中

$$n_{\max} = A/\sqrt{D}$$

式中

$n_{\max}$ ——螺旋轴的许用转速, r/min

A ——物料的综合特性系数

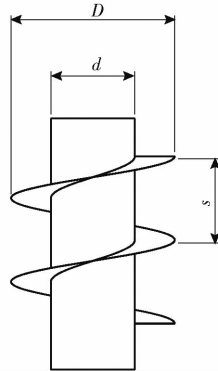


图 4 螺旋输送装置

Fig. 4 Spiral conveyor

将式(1)代入式(2)中得

$$D \geq \left(\frac{Q}{47K_l A \varphi \lambda \varepsilon} \right)^{\frac{2}{5}} \tag{3}$$

其中, K_l 为螺距与螺旋叶片直径的比例系数, 由于 $Q = 0.108 \text{ t/h}$, 查资料 $\varepsilon = 0.46$, $\varphi = 0.3$, $A = 46$, $K_l = 0.8$, $\lambda = 0.5 \text{ t/m}^3$, 把以上参数代入式(3)得 $D \geq 60.6 \text{ mm}$, 取 $D = 70 \text{ mm}$, $s = 56 \text{ mm}$ 。

则螺旋轴转速为

$$n = \frac{Q}{47D^2 s \varphi \lambda \varepsilon} = 121.4 \text{ r/min} \tag{4}$$

取 $n = 140 \text{ r/min}$, 对填充系数 φ 进行验证。

$$\varphi = \frac{Q}{47D^2 s n \lambda \varepsilon} = 0.26 \tag{5}$$

对所选试验饲料的容重进行测量, 采用港森电子秤测量饲料的质量, 该电子秤的称量范围为 $0 \sim 500 \text{ g}$, 精度为 0.01 g , 误差范围是 $\pm 0.05 \text{ g}$, 起称质量为 0.05 g ; 用容量为 $1\,000 \text{ mL}$, 刻度为 10 mL 的量筒测量饲料体积, 对测量数据处理得出试验饲料的容重为 651.5 g/L , 查找资料知小麦容重为 $610.2 \sim 626 \text{ g/L}$, 玉米容重为 626.2 g/L , 通过对比可知所选试验饲料的容重与小麦、玉米的容重相近, 且小麦、玉米的填充系数范围是 $0.25 \sim 0.30$, 计算的实际 φ 值在此范围内, 说明螺旋叶片直径 D 和转速 n 取值合适。

一般螺旋轴直径的计算公式为

$$d = \alpha D \tag{6}$$

其中, α 取值为 $0.2 \sim 0.35$ 。

已确定 $D = 70 \text{ mm}$, 所以螺旋轴直径 d 的取值范围为 $14 \sim 24.5 \text{ mm}$, 综合加工成本和加工方法, 取 d 为 20 mm 。

3 控制系统设计

3.1 控制系统移动控制终端设计

自动精细饲喂装置远程控制系统采用易微联 WiFi 模块, 在预设饲喂装置干湿料比例、下料速度

的情况下, 可通过手机远程控制自动精细饲喂装置工作, 也可根据需要设置定时、延时、循环定时方式控制装置工作。手机移动控制终端界面如图 5 所示。

3.2 控制系统硬件电路设计

在本系统中, 可通过控制器控制每次干湿料的比例、下料速度和下料时间, 也可通过远程手机控制终端控制系统的下料时间和循环定时, 以进行不同饲喂方式的试验。

图 6 为系统电路原理图。仔猪自动精细饲喂装置的控制部分以 STC89C52RC 芯片为核心, 结合 DJL-Y25-V 型非接触式液位传感器和 E18-D80NK 型光电传感器来实现对湿料桶和食槽内余料的检测, 实现对密闭容器内液位的非接触检测; 选用 YLJ-200 型潜水泵, 可实现清洗、干湿料混合等功能; 采用 L298N 型电动机驱动模块, 实现分别驱动上料和喂料/搅拌电动机。电源部分采用两种电源接口, 即外部电源经过电源座直接供电和 USB 接口供电。复位电路通过开关 RET 将单片机的复位引脚与 VCC 相连, 只需给 RET 引脚一个高电平信号即可实现单片机复位。报警选用无源蜂鸣器, 其作用为故障报警和播放音乐, 即当系统出现故障时报警长鸣, 当喂料电动机开始工作时, 同时播放音乐提高仔猪的食欲, 直到喂料结束时停止播放, 其接单片机 P1.5 口。采用继电器与水泵相连, 继电器的信号输入端接单片机的 P1.4 口。采用一个四位共阳极数码管, 数码管的前两位用来显示故障类型, 后两位用作模式选择显示。在电路中数码管的阳极均由三极管放大电路驱动, 三极管接单片机的 P1.0 ~ P1.3 口。数码管的阴极通过限流电阻与 P0 口连接。

4 饲喂系统试验

4.1 饲喂系统性能测试

图 7 为仔猪自动精细饲喂系统, 为测定仔猪自动精细饲喂系统的自动控制性能和饲喂精度, 对系



图 5 手机移动终端饲喂控制界面

Fig.5 Feeding control interfaces of mobile handset

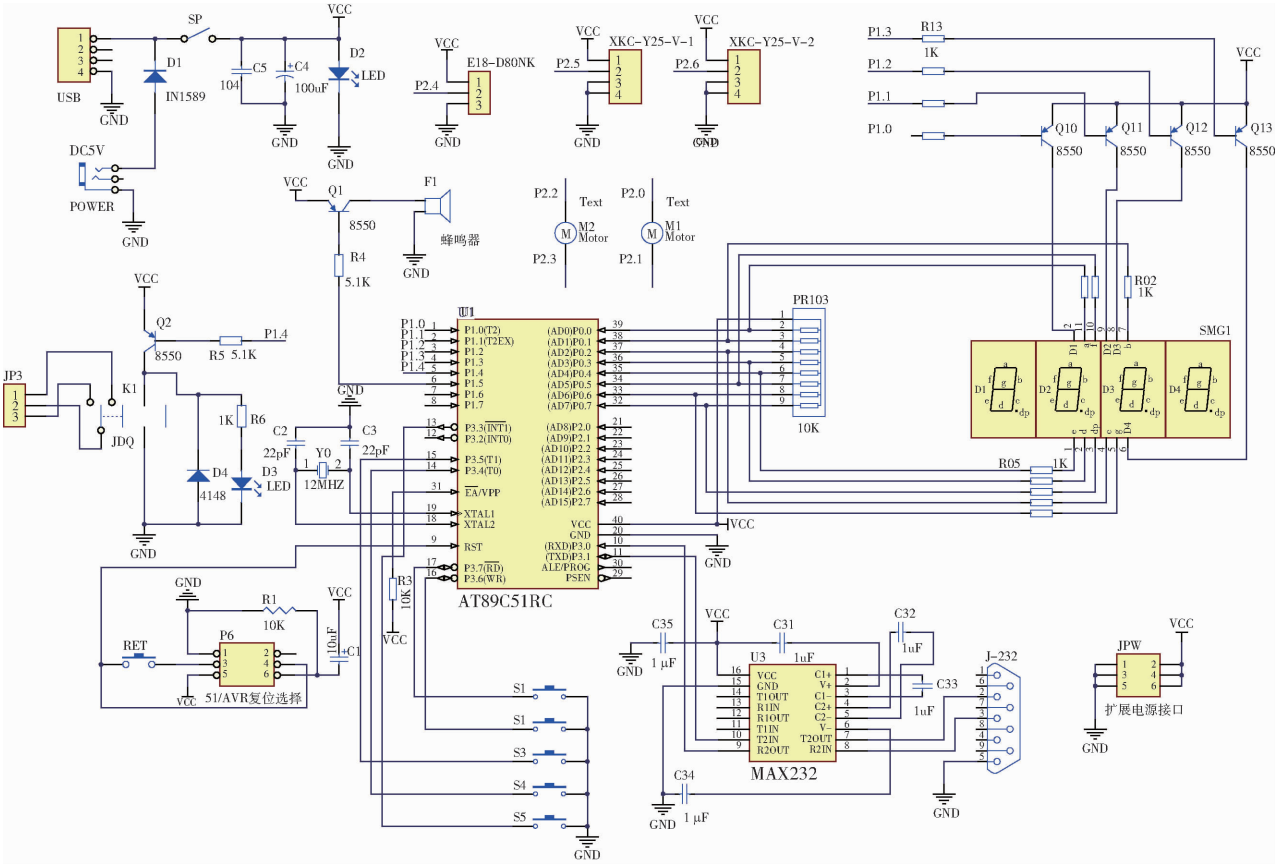


图 6 系统电路原理图

Fig.6 Circuit principle diagram of system

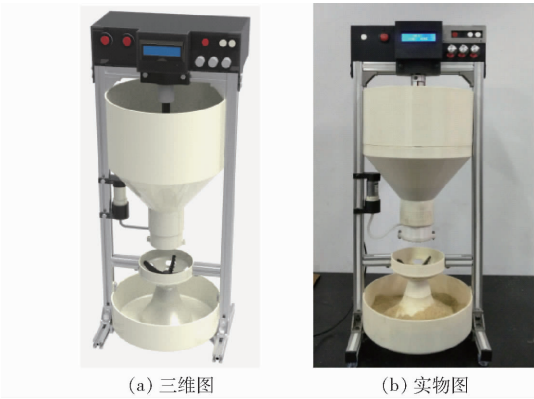


图 7 仔猪自动精细饲喂装置图

Fig.7 Automatic fine feeding device for piglets

统进行检测。

该饲喂装置下料电动机的转速设有 5 个挡位，分别为 50、100、150、200、250 r/min，挡位通过饲喂装置控制板上的电动机挡位控制旋钮进行调节，试验中以下料电动机转速 150 r/min 为例进行试验，分别设定不同的运行时间，把电动机运行时间与干料落料量相对应，得出落料量与电动机运行时间的关系，见图 8。由图 8 可知，落料量与电动机运行时间呈正比关系，其正比例函数的关系拟合度为 0.999 4。

通过试验分析，实际落料量与理论落料量之间的关系如图 9 所示。由图 9 可知，仔猪自动精细饲

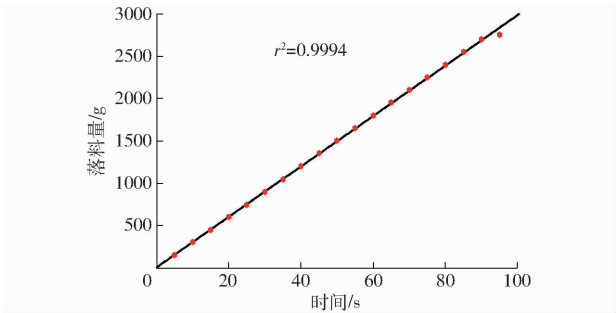


图 8 实际落料量与时间的关系

Fig.8 Relationship between actual volume and time

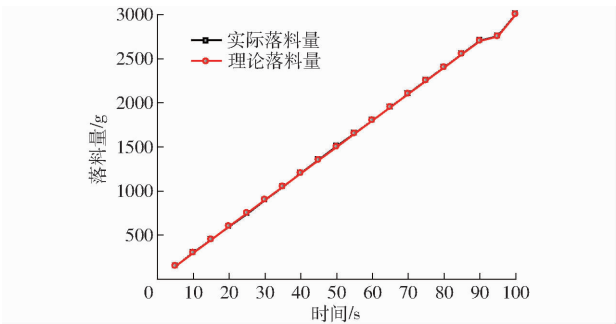


图 9 实际落料量与理论落料量的关系

Fig.9 Relationship between actual amount and theoretical drop

喂系统实际落料量与理论落料量基本一致，其误差小于 5%。

为测定仔猪自动精细饲喂系统的下料量与螺旋装置转速之间的关系,分别测量转速为 50、100、150、200、250 r/min 时的下料量,结果如图 10 所示。

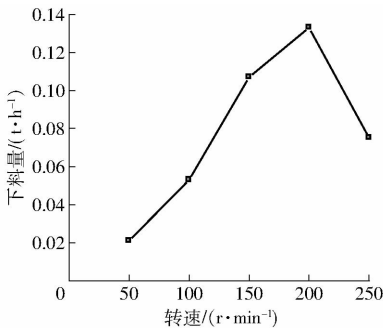


图 10 下料量与转速之间关系曲线

Fig. 10 Relationship curve between material quantity and speed

由图 10 可知,仔猪自动精细饲喂系统的下料量不是随着螺旋装置转速的增加而无限增加,螺旋装置的转速从 50 r/min 增加到 200 r/min 时,随着转速的增加下料量增加,原因是螺旋装置转速较低时,饲料对螺旋装置产生阻力;在转速为 200 r/min 时达到最大,下料量为 0.133 t/h;转速大于 200 r/min 后随着转速的增加下料量减少,原因是转速过大,饲料的离心力增大,饲料与壁之间的摩擦力增大。

4.2 饲喂系统饲喂试验

在河南省伊川新大牧业发展有限公司对该系统进行了试验,图 11 为试验现场图。



图 11 饲喂系统试验现场图

Fig. 11 Experiment scene of feeding system

以该公司的仔猪为试验对象,仔猪的断奶日龄为 21 d,断奶时每头仔猪的平均基础体质量为 6.5 kg,试验所用饲料的主要成分有东北玉米、发酵豆粕、膨化大豆、进口果糖、巧克力粉、乳清粉、全脂奶粉、进口鱼粉、矿物质、氨基酸、多种维生素、有机微量元素等,饲料的主要营养成分见表 1。

对所选的 90 头健康的断奶仔猪进行试验,把 90 头仔猪随机分成 3 组,每组 30 头仔猪,把第 1 组仔猪命名为牛奶组,即用牛奶喂养仔猪,第 2 组命名

表 1 饲料主要营养成分含量

Tab. 1 Feed nutrients

饲料营养成分	质量分数/%
粗蛋白质	≥19.0
粗灰分	≤7.0
粗纤维	≤6.0
钙	0.70~1.10
总磷	≥0.50
氯化钠	0.30~0.80
水分	≤14.0
赖氨酸	≥1.35

为智能组,即用本文的自动精细饲喂系统喂养仔猪,第 3 组命名为商业组,即人工喂养,其中智能组和商业组用同种饲料喂养仔猪;对每组仔猪进行称量求取每日的平均日增长量,得到 3 组仔猪的平均日增长量与时间的关系如图 12 所示。

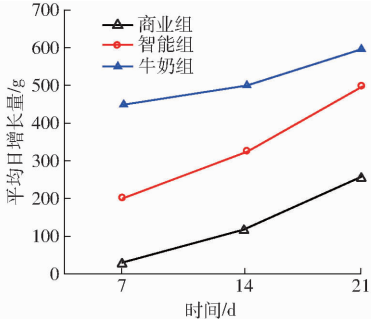


图 12 猪仔平均日增长量与时间关系曲线

Fig. 12 Relationship between average daily increment and time of piglets

由图 12 可知,3 组仔猪的平均日增长量都随着饲养时间的增加而增加,智能组的平均日增长量大于商业组小于牛奶组,智能组与商业组的平均日增长量的变化趋势大致相同,而随着饲养时间的增加牛奶组日增长量逐渐缓慢。在仔猪刚断奶时商业组的平均日增长量为 35 g 左右,是由仔猪不适应造成的,从整体上看,第 2 周与第 3 周智能组平均日增长量近似为商业组的 2 倍。

5 结论

(1)从饲喂装置和软件控制两方面实现了仔猪自动精细饲喂系统的设计,系统运行稳定可靠。

(2)以下料电动机转速 150 r/min 为例进行试验,试验结果表明:系统的落料量与电动机的运行时间成正比关系且拟合度为 0.999 4;实际落料量与理论落料量基本一致,其误差小于 5%。

(3)测量转速为 50、100、150、200、250 r/min 时的下料量,试验结果表明,在转速为 200 r/min 时下料量达到最大,为 0.133 t/h。

(4)现场试验表明:该系统喂养仔猪在第 2 周与第 3 周智能组平均日增长量近似为商业组的 2 倍,为仔猪智能化养殖提供了研究基础。

参 考 文 献

1 彭健. 丹麦猪营养与管理技术及其对中国养猪业的启示[J]. 饲料工业, 2016, 37(21): 1-8.
PENG Jian. Swine nutrition and management in Denmark and their enlightenments on Chinese pork production[J]. Feed Industry, 2016, 37(21): 1-8. (in Chinese)

2 陈俄建. 我国生态猪养殖现状与发展对策[J]. 乡村科技, 2017(21): 69-70.

3 罗千峰, 翁贞林, 付莲莲. 城乡居民口粮消费与猪肉消费互动关系的经济学分析[J]. 价格月刊, 2017(3): 6-11.
LUO Qianfeng, WENG Zhenlin, FU Lianlian. Economics analysis of interaction between ration consumption and pork consumption of urban and rural residents [J]. Prices Monthly, 2017(3): 6-11. (in Chinese)

4 王恬. 2009—2010 年度中国猪营养研究进展[J]. 饲料工业, 2011, 32(15): 1-9.
WANG Tian. China pig nutrition research progress from 2009 to 2010[J]. Feed Industry, 2011, 32(15): 1-9. (in Chinese)

5 SULABO R C, JACELA J Y, TOKACH M D, et al. Effects of lactation feed intake and creep feeding on sow and piglet performance[J]. Journal of Animal Science, 2010, 88(9): 3145-3153.

6 闫振宇, 陶建平, 徐家鹏. 我国生猪规模化养殖发展现状和省际差异及发展对策[J]. 农业现代化研究, 2012, 33(1): 13-18.
YAN Zhenyu, TAO Jianping, XU Jiapeng. Scale production of live pig in China: provincial difference, problem and development countermeasure—analysis based on pig producing scale subdivision and measure of cost profit margin [J]. Research of Agricultural Modernization, 2012, 33(1): 13-18. (in Chinese)

7 徐利. 自动化生猪饲养管理系统的设计与实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2013.

8 丁国伟. 自动化供料系统在中小型生猪养殖厂的推广与应用[J]. 中国动物保健, 2013, 15(6): 69-70.

9 熊本海, 罗清尧, 赵峰. 中国饲料成分及营养价值表(2016 年第 27 版)制订说明[J]. 中国饲料, 2016(21): 33-43.
XIONG Benhai, LUO Qingyao, ZHAO Feng. Modification explaining on Chinese feed composition and nutritive value tables (2016' the twenty-seventh edition) [J]. China Feed, 2016(21): 33-43. (in Chinese)

10 季晨, 闫冲. 保育仔猪智能化饲喂技术[J]. 猪业科学, 2015, 32(9): 34-35.

11 GRAHAM B, 类维青, 刘增素. 仔猪自动化粥料饲喂系统[J]. 养猪, 2015(1): 24.

12 易烈运, 罗细芽, 彭安, 等. 基于 PLC 智能自动化生猪饲喂系统的研究设计[J]. 中国农机化学报, 2017, 38(3): 58-61.
YI Lieyun, LUO Xiya, PENG An, et al. Research and design of intelligent automatic pig feeding system based on PLC [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2017, 38(3): 58-61. (in Chinese)

13 方东阳, 杨永康, 赵凤霞, 等. 母猪精确饲喂系统的结构设计与优化[J]. 农机化研究, 2012, 34(9): 127-130.
FANG Dongyang, YANG Yongkang, ZHAO Fengxia, et al. The structure design and optimization of precise feeding system for sow[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2012, 34(9): 127-130. (in Chinese)

14 熊本海, 杨亮, 曹沛, 等. 哺乳母猪自动饲喂机电控制系统的优化设计及试验[J]. 农业工程学报, 2014, 30(20): 28-33.
XIONG Benhai, YANG Liang, CAO Pei, et al. Optimal design and test of electromechanical control system of automatic feeder for nursing sow [J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(20): 28-33. (in Chinese)

15 熊本海, 杨亮, 郑姗姗, 等. 哺乳母猪精准饲喂下料控制系统的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(20): 177-182.
XIONG Benhai, YANG Liang, ZHENG Shanshan, et al. Design and test of precise blanking control system for lactating sows [J]. Transactions of the CSAE, 2017, 33(20): 177-182. (in Chinese)

16 朱军, 麻硕士, 慕厚春, 等. 种猪自动精细饲喂系统设计与试验[J]. 农业机械学报, 2010, 41(12): 174-177.
ZHU Jun, MA Shuoshi, MU Houchun, et al. Design of auto-precision feeding system for pigs [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(12): 174-177. (in Chinese)

17 刘金浩, 林都, 鲜浩, 等. 基于 ARM 一体机的改进生猪智能饲喂系统设计[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(2): 97-100, 104.
LIU Jinhao, LIN Du, XIAN Hao, et al. Improved design of intelligent pig-feeding system based on ARM [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2016, 37(2): 97-100, 104. (in Chinese)

18 舒娟, 易烈运, 彭安, 等. 基于 RFID 的生猪自动饲喂控制系统的研究[J]. 中国农机化学报, 2017, 38(2): 73-75, 119.
SHU Juan, YI Lieyun, PENG An, et al. Research on intelligent feeding control system for pigs based on RFID [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2017, 38(2): 73-75, 119. (in Chinese)

19 中华人民共和国农业部. 猪饲养标准: NY/T65—2004[S]. 2004.

20 National Research Council(NRC). Nutrient requirements of swine[M]. 11th ed. Washington, DC: National Academic Science, 2012.