

智能化精准饲喂系统设计以及采食分析

——以定位栏生产母猪为研究点

刘 昭

深圳数影科技有限公司,广东 深圳 518000

摘要:首先阐述了母猪栏智能化饲喂系统的国内外现状,对智能化喂饲系统的技术机理进行解读;然后对一种基于独立悬挂承重与智能化采食识别技术的智能饲喂系统的设计思路进行了分析,并对软件操作设计环节产生的需求问题与对应的解决方法进行了总结。该系统在显著提高母猪饲喂精度的同时,还可以最大程度降低母猪生产的人力劳动成本,可推动我国农业畜牧业生产的“无人化”模式的开展。

关键词:生产母猪;智能化;精准饲喂;系统设计

中图分类号:S831.4

DOI: 10.3969/j.issn.2097-065X.2023.01.013

1 国外与国内定位栏母猪智能化饲养现状

所谓智能化精准饲喂设计,就是指通过定位栏安装机械设备的方式,在精确控制喂食用量的前提下,实现自动化出料饲喂功能的喂饲系统。

智能化饲喂系统最早始于荷兰的睿保乐公司,其主要研究方向为基于动物行为学理论的智能化猪场管理平台,通过人工测背膘,手持读卡器识别身份以及精准定量投喂设备实现精准饲喂运行的方式,结合母猪前期后期吃料情况进行分析。其投入猪群定位栏应用的 Velos 系统,主要是通过“少食多餐”的方式来解决不同猪只饲喂用量不同的问题的,在该系统的自动饲喂模式下母猪的产乳能力将会极大提升,但该系统的主要缺点就是只能实现定量饲喂,不能根据猪只背膘进行个性化饲喂,同时设备系统化的安装成本极高,且实际投用的过程中维护也极其不便。2018年英国皇家国际畜牧技术展览会上,英国 Herdsy 畜牧信息有限公司公布了一款“自动化精准环境控制系统”产品,整个产品应用情景主要围绕着肉牛、奶牛(羊)以及生猪、蛋鸡4个养殖品种,意在通过改造禽畜养殖圈栏的环境监测条件实现智能化饲养功能。其中在饲喂系统的单元设计方案中,主要包括配置电子识别、自动称量、精准上料、自动饮水等设备,实现精准饲喂与分级管理。

而国内农机设备的研究进展则主要表现在智能化饲喂系统的进料动作机构优化与健康疾病状态分析两个方面。例如2011年由武汉中畜智联的谭春林等人研发的“智能母猪生产饲喂管理系统”中,饲喂装置主要是由气动卸料门、电子料斗秤以及螺旋体进料装置3部分构成,其中电子料斗秤部分采用的是应变片传感器制作而成的压敏电阻,因此在进料供给精度上可以确保控制在误差不高于2.5%~3%水平^[1]。

其他国内以牧原为代表的农牧科技企业,也基本是采用无称重的料筒,利用绞龙定流量下料模式来实现母猪的精准饲喂,其成本相对较低,但是饲喂精度需要根据不同的饲料进行校准,颗粒料与粉料的下料误差大,对整体误差计算影响较大,同时也无法控制料线进料量。

同时,更应重视定位栏生产母猪智能化精准饲喂设计方案,通过对称重组件、储料组件,饲喂组件以及进料组件的分析,掌握其中存在的权利要求,明确饲喂设备在应用过程中的基本表征,通过拆卸安装的方式,将食物传输到饲喂设备之外。

2 主要研究内容和研究意义

2.1 主要研究意义

母猪饲养是我国农业畜牧业经济中重要的组成部分,在全年畜牧业产值中占约24%。然而当前来看,我国母猪生产水平与发达国家仍然存在较大差距,这主要是因为母猪饲喂技术仍然是以人力生产为主的生产模式,且市场环境中可供选择的农机设备较为落后,严重制约了母猪生产的质量与效率提升。由于妊娠期的母猪在采食行为、状态与平日中存在极大差异,而以往采用定位栏定量投喂的母猪饲喂技术,并未关注到饲喂母猪个体之间的采食差异问题,很容易因饲喂用量选取不当而造成母猪饥瘦或积食,严重影响母猪的繁衍产量。

2.2 主要研究内容

本文提出的智能化饲喂系统,主要是对现有母猪生产饲喂管理技术产品进行研究后,解决送料精度的技术问题。养殖场单位可能同时养殖上万头猪,因此,需要花费大量的人工管理。为了提高养殖效率,降低人工成本,大规模饲养的养殖场采用饲喂等设备以提高养殖效率。但是,饲喂设备使用过程中,不同直径的料管的孔径、开口大小以及开口形状

等存在差异,导致在下料时容易下得过多或者过少造成动物饮食不均衡,影响动物的发育与成长。且各个组件容易发生损坏及容易存在残余饲料或者污染物等,需将各个组件拆卸下来对其进行更换或者清洁。因此,本次智能化饲喂系统将当前市面上智能化母猪饲喂产品的优势综合,以独立悬挂称重体系为精确定量饲喂模块的核心,通过导轨上加装的阀门机构来控制饲喂仪进料,在健康状态与疾病预测信息的支持下灵活调节饲喂猪只的饲料供给量。

3 智能化饲喂系统相关使用技术和项目概述

3.1 智能精准饲喂项目概述

一是要适配大型养殖场的无人化管理业务需求,如今随着母猪养殖行业前景的不断发展,我国各地农村地区乡镇开始陆续出现养殖规模在万头以上的大型定位栏养殖场单位,而传统母猪饲喂则需要大量的人力管理劳动与物料搬运作业。因此采用智能化饲喂系统,其根本目的在于降低大、中型养殖场的人工劳动成本,提高养殖场的生产养殖效率。二是要充分发挥节能环保特点,在饲料资源节省方面发挥技术突出优势。以往传统饲喂模式下由于无法控制圈栏内的饲料投喂量,导致圈栏内卫生状况很难保证,在夏季高温潮湿环境下圈栏剩余饲料极易霉坏变质、滋生细菌,不仅会直接影响母猪的采食效率,还会使饲喂种群带来瘟疫、传染病等减产隐患问题。而部分养殖场虽然投入使用了现代化的饲喂装置,但由于器械机构过于简单,导致饲料极易堆积受潮结成块状,进而淤堵采食下料口。因此,智能化饲喂系统不仅要通过精准称量组件与电连接控制线路解决下料过多的问题,同时还应当采用可拆卸的模块设计以满足饲喂装置的定期内部清洗需要。

3.2 饲喂器下料技术和自由采食技术

智能饲喂器由料线阀门模组、称重模组、料筒模组、饲喂组件等组成,其中,料线阀门模组料线管联结,实现进料开关的自动控制,其中核心组件称重模组实时感知料筒内饲料重量,反馈给主板是否关闭料线阀门,料筒用于储料作用,通过饲喂组件来实现智能下料功能,这样的饲喂组件的核心是出料结构,进料管的一段设有开口,依靠进料结构壳体内侧的安装腔与运动导轨连接为一个整体结构,其中导轨机构在运动方向上设有一个开口,可以与料管出料口完成重合,使料管食物顺着开口下流入料筒。为了满足定期拆换清洗的使用要求,进料组件也需要由可拆卸的螺栓固定在远离储料组件的一侧,与称重组件一同被固定在同一侧的拆卸挡板上。在导轨

装置上套设安装有一个可活动的阀门装置,其动作机构与一个驱动件相连,依靠电信号实现对料管开口开放程度的灵活调节功能,这样就能够精准控制进料装置的下料速度了。而驱动料管开口阀门的驱动机构,主要是依靠中央控制单元生成的指令运动的,在悬挂称重模块的同步监测条件下,当料筒内的食物重量到达饲喂标准时,驱动件就会带动阀门机构相对于导轨作匀速运动,重新封闭料管开口完成饲料精准下料动作。

母猪智能化精准饲喂系统的自由采食功能,主要是通过含称重模块的饲喂器和自由采食开关两个部分构成的机构实现的。其中,称重模块主要是由传感器、承载件、密封部件以及装置盖板构成,承载件安装于盖板穿槽空间内,一侧与压敏电阻构成的称重传感器相连,另一侧与待称重的承载件相连,当饲料通过料筒出口下放至承载件时,就可以在饲喂机构前端显示出饲料的重量信息。考虑到母猪饲料含水量过大的问题,为了避免流体饲料或水蒸气从称重模块的孔隙中渗入,腐蚀称重传感器与其他电子元件,在承载件上还套设有橡胶材质的密封件用于阻隔饲料。

而自由采食开关由开关壳体、感应开关、自复位硅胶触头 3 部分构成,其中壳体固定于料槽上方下料铁口处,触头伸出铁管下方。当触头上下运动时会顶住感应开关动作,感应开关信息会通过信号线传递给饲喂器判断是否下料。整个采食系统可认为自由采食开关是猪只需要采食的信号传递处,饲喂器是储存饲料以及根据采食开关信号以及历史饲喂量以及猪只背膘来判断是否给母猪下料以及下多少料,来达到精准饲喂的目的。

4 定位栏生产母猪智能化精准饲喂器设计思路和采食实现

4.1 设计思路

饲喂器采用模块化设计思路,各模块相对独立,又相互关联,简单易拆,便于生产维护。进料组件采用直流 24 V 电机驱动阀门机构进行料线关闭,其转动扭矩 $T_{电机} = F_{阀门} \times D/2$;称重模组至于进料模组下方,用螺杆与进料机构进行硬连接,称重模组由多个微型压力传感器安装于同一平面,组成一个整体称重平台与秤体框架采用软密封,在保证精度的同时做到防腐蚀,其称重精度可达到 $\pm 5g/5kg$,称重组件为饲喂器最核心部件,采用独立悬挂式安装;称重悬挂平台与料筒上进料口之间采用硬连接,连接采用回型密封结构,防止灰尘、水的同时不干涉称重精度,同时料筒采用全透明设计,饲养员可只管查看

饲料是否满足,设备是否出现异常,料筒饲料重量:

$$G_{\text{饲料}} = G_{\text{sensor1}} + G_{\text{sensor2}} + G_{\text{sensor3}} - G_{\text{坏重}}$$

料筒底部为饲喂模组,饲喂模组由电机驱动二页桨及多页桨机构进行转到下料,其转速与下料机构决定下料速度,饲喂模组与料筒采用简易旋转连接方案,饲喂组件内置控制模组,显示屏以及操作按键。称重模组感知料筒饲料量实时上传控制中心,控制中心根据设定进料量决策进料阀门的开闭,自由采食开关感知猪只采食信号传递给控制板,控制板控制饲喂组件进行下料,利用减重法精确计算下料量,以达到精准下料的目的。

4.2 系统框架设计

系统框架由前端用户交互层,后端数据分析层、数据传输层、数据获取层、执行终端等组成一个完整的智能饲喂系统平台。

用户交互层:运营平台、APP、Web展示页面、云服务平台,实现猪只数据的查看,营养模型的建立,饲喂计划的调整、下发,舍内终端远程控制,现场控制等。

后端数据分析层:云服务器,工控器,进行大数据的分析,包括采食量分析、背膘分析、产仔数分析、发情分析、疾病预测、营养模型计算分析等,输出一整套最优的饲养方案。

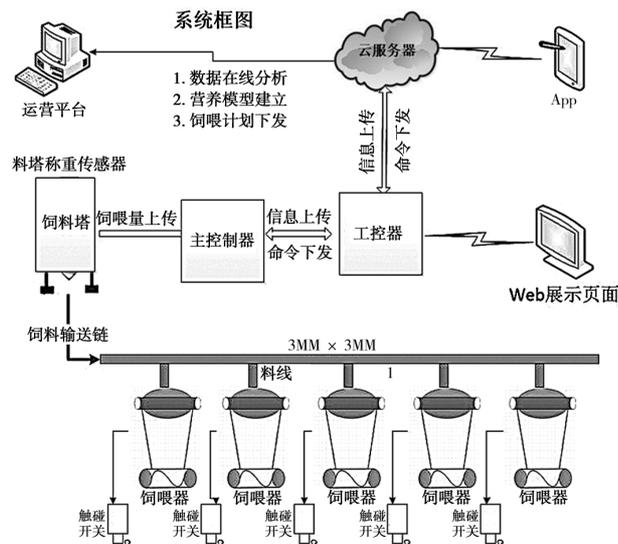


图1 智能饲喂系统框架设计

数据链路层:工控器、工控主板、数据传输光缆等,进行数据的上传下达。

执行终端:料塔、自动输送料线,饲喂器、自由采食开关;进行饲料的集中储存、输送、再储存、信号感知,精准饲喂等执行命令。

当用户根据云平台数据确认好饲喂计划,平台将会根据指令提前将饲喂计划下发至链路层,链路层有一定储存功能,并将信息透传至终端设备,终端

设备根据饲喂计划以及猪只信号进行定量以及定营养饲喂,以达到无人化、底料肉比等操作,同时可通过猪只采食行为判断猪只健康状态。

一些内部细节设计选摘如下:前端需求主要是可供饲养员查看的历史饲喂记录的保存程序设计,便于养猪场做好母猪引种的疾病防控工作,首先需要将D1400至D7399的所有标段字符设置为饲喂系统操作软件历史饲喂记录的数据保存区,这样就可以获得近1000条的饲喂历史记录容量。当操作系统的前端根据输入做出储存响应时,分析阻隔结构、出料结构、分料结构以及搅拌结构的运行装填,保证饲喂设备中的出料结构能够顺利安装于储料组件的一端,确保出料仓可以在最短时间内开口,保证阻隔结构可以起到第二开口的出料仓作用,同时还必须要先进行初始化操作,将数据指针转移到对应的数据区的首地址中进行封装处理。本次项目操作系统采用的指针共有Z0、Z2、Z4 3个指针,其中,Z0指针负责收集母猪耳标编号所对应的保存数据,Z2则负责与已完成饲喂量建立数据保存区的映射,最后由Z4指向历史饲喂量所形成的数据保存区。以此为基本架构形成对应的历史饲喂记录程序数据,每一个单条记录数据中,都会按照母猪个体得到编号不同来记录当日采食量以及日期信息。

后台功能则是指用于上位机饲喂的触摸屏以及其他用于数据输入的软件功能,本次项目主要是使用Coolmay触摸屏来作为饲喂装置的监控操作信息,因此在人机界面参数可以选择MT6403(480 * 271),而通信协议接口则选择COM1,最后将设备类型选择为Coolmay,点击确认后在工程视窗内选择以新建画面的方式来建立一个界面设计框。在这个界面设计框架内将此前所有与控制对象建立的映射关系全部输入PLC中的输入点与输出点后,接入一个内部寄存器来实现操作系统的数据后台修改功能。当最后被改变的控制对象为饲喂系统的控制机构工作参数时,Coolmay组态软件的触摸屏输入至少要具备如下几个不同模式:手动运作,可以手动实现对饲喂系统机构供水、供料动作的参数更改功能;自动运行,该模式下仅支持饲养员翻看查阅历史饲喂信息,所有的饲喂量都是根据单片机内设逻辑的预定值来进行投料参数调整的。

4.3 终端框架结构实现

传感器的顶部需要竖向安放一个用于支撑悬挂称量料斗的显示控制器外壳,当投料仓闸门打开时,可结合上盖结构以及下盖结构进行分析,了解对应的运动传感器的运行状态,通过上盖结构可拆卸地安装的方式,将其与下盖结构合并,确保两边的容置

腔可以联合贯通,促使料线结构能够满足容置腔要求,让料线结构起到连接作用,使容置腔可以从两端伸出,捕捉物料的运动信息,并将称重结果同步回传至可视化显示控制器上。当悬挂称量料斗量取到目标重量要求的物料时,就会向闸门发送一组电子信号关闭投料仓闸门,而后将悬挂称量料斗底部的下料门开启实现精准定量饲喂供料的功能。这样的给料系统的运动机构如今有许多种技术方案可以实现该功能,但考虑到后期成本的问题本次项目主要是采用了由电机驱动的螺旋给料门技术,这样的方案优势在于运动机构的响应速度较快,且与 PCL 控制系统的对接兼容性较强,利于实现自动化、无人化母猪生产养殖。

在实现精确用量称量时主要需要考虑到如下几个方面的参数问题:一是不同品牌的饲料容重,本次项目的采用的为繁殖母猪精饲料,容重为 0.64;二是物料的输送量,需要根据装置实际投用效果来权衡决定。

对于一个规模化的养猪场来说,不同母猪的发情期、妊娠期是完全错开的,为了便于母猪生产管理,需要将母猪个体的父系母系信息、出生日期、出生体重以及患病记录、怀孕时间、用药记录、生胎数量等信息完全记录下来,这些数据不仅决定了母猪个体在养猪场内的优胜劣汰,更是作为回查设定饲喂量的最终依据,也就是在母猪自由采食的管理模式下,需要根据个体的体重、生理阶段信息来精确计算母猪的饲喂量,例如妊娠期为了补充身体孕育的营养消耗,母猪此时的单次饲喂进食量约为平常状态下的 1.4~1.65 倍;而在发情期到来时,母猪则会因生理原因减少食欲精力,每次饲喂用量则不到平日进食量的 65%。

采用精准饲喂系统进行母猪种群管理的优势除了节省人力成本与物料成本以外,更关键的应用意义则在于母猪饲喂期间的健康状态以及疾病预测与防控。例如通过饲喂量的变化,饲养员可以得到管理单元内每一头母猪的发情曲线,进而得到最佳配种时间,以便提高整个单元的综合繁殖生产效率与生产质量。

4.4 结构实现效果分析

饲喂器截至目前已投入 6 万余台,服务母猪超 20 万头次,通过投产试验运行结果发现,本次设计悬挂称重饲喂器的称量误差每 5kg 不超过 10g,可以基本保证饲喂精度需求^[4],整机设备的月故障率

小于 5%以内,在业务方面,母猪的饲料浪费率减少 10%以上,场内人工刮料现象降低 90%,母猪背膘正常值大幅提高,产仔率以及存活率也相应提高,存在的缺陷是下料过程会有部分扬尘,导致个别相对潮湿场景存在局部发霉,设计也相应做好了设计优化调整,已上线千余套测试。

在使用此类装置后母猪饲养和生产过程实现了自动化和智能化的发展需求。并且在智能化精准思维系统支持下,可以选择储料塔+身份识别+背膘测量+自动下料+信息管理系统各个方式进行供料和投料,并且站在饲喂方面还可以实现人工投料和自动投料需求,由于系统内部配备了相应的装置,所有一旦饲喂工作出现了问题可以让饲养员第一时间发现,并且对其进行有效处理。各个环节之间的信息共享,可以分析出母猪生长的具体情况,并且还可将其绘制成为表格或者曲线图,结合图和数据实现对每一头母猪的管理和监控,保证母猪在管理后可以优化自身健康状况,保证有效解决饲养过程中出现的各种问题,同时也为母猪提供更为良好的饲养计划。在一定基础之上此类养殖饲喂器也保证了养殖工作趋向自动化,因此管理效率得到了提升。

5 结语

这种智能化饲喂系统包含有按照预定值控制投放量、自动识别以及采食健康分析监测功能,不仅机械结构相对简单,且完全符合大型猪群养殖场对于母猪的健康养殖与动物福利需求。因此它将会是未来母猪生产行业的主流趋势,可以从根本上解决饲料成本浪费的问题,进而降低现代规模化母猪生产养殖的难度。

参考文献:

- [1] 李常营,郑玉倩,曾兵,等.生猪智能化精准饲喂系统发展现状及展望[J].猪业科学,2021,38(9):48-51.
- [2] 程维波,吴德胜,李辉,等.母猪智能化精准饲喂系统研究现状及展望[J].农业工程,2021,11(3):37-42.
- [3] 钟日开.母猪智能化精准养殖关键技术与装备的研发及应用[D].广州:广东省现代农业装备研究所,2020.
- [4] 王京威.基于 4G 网络的妊娠母猪精准饲喂远程监控系统设计[D].南昌:南昌大学,2020.

作者简介:刘 昭,男,1989 年生,中级、硕士研究生。研究方向为畜牧行业、工业自动化、消费电子类智能设备产品设计。