

平养蛋鸭种蛋智能收集和标记系统设计与试验

李久熙^{1,2,3}, 王春山^{2,3,4}, 吕继兴^{3,4}, 史智兴^{3,4}, 陈辉^{3,5*}, 李国勤⁶

(1. 河北农业大学机电工程学院, 保定 071001; 2. 美国华盛顿州立大学建筑与工程学院, 普尔曼 99163; 3. 农业部肉蛋鸡养殖设施农业工程重点实验室, 保定 071001; 4. 河北农业大学信息科学与技术学院, 保定 071001; 5. 河北农业大学动物科技学院, 保定 071001; 6. 浙江省农业科学院畜牧兽医研究所, 杭州 310021)

摘要: 目前平养蛋鸭只能采用家系选育法而不能采用个体选育法, 这是因为在平养条件下很难实现蛋鸭与所产蛋的准确对应。蛋鸭家系选育法的主要缺点是复杂, 劳动强度大, 准确度低, 严重影响选种的精度和效率。在平养环境下实现蛋鸭个体选育法的关键在于找到一种智能化无应激的精确识别和标记蛋鸭个体与其所产种蛋的方法。该文以蛋鸭为研究对象, 提出了一种新型的平养蛋鸭种蛋智能收集和标记系统设计框架, 给出了上位机和下位机的组网拓扑图和逻辑控制算法。该系统采用射频技术和光电传感器技术融合, 实现了蛋鸭产蛋个体的准确识别, 识别正确率为100%。利用非接触式喷码打印技术将蛋鸭个体编号信息记录在其所产种蛋蛋壳上, 解决了蛋鸭个体与所产鸭蛋对应关系的无应激自动记录难题。设计并实现了集种蛋收集和标记于一体的新型集蛋装置。该装置由集蛋区、调整区和喷印区3部分组成。集蛋区采用梯形凹槽结构和EVA海绵弹性触面设计, 消除了种蛋在加速滚落过程中积累的动能, 种蛋的破损率低于1%。调整区采用滑触式种蛋姿态导向设计, 种蛋姿态调整的合格率达到99.80%, 保证了蛋壳长轴截面作为喷印面, 使喷印的字符最大程度保持完整性。喷印区采用连续式油墨喷码机完成蛋鸭个体与种蛋对应关系的标记, 喷码标识清晰可读合格率为98.2%。该研究可为蛋鸭生产过程中个体产蛋行为分析和种蛋信息的自动收集提供参考。

关键词: 自动化; 识别; 在线系统; 产蛋跟踪; RFID; 喷码标记; 姿态调整

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.17.018

中图分类号: S126; TN919.72

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2017)-17-0136-08

李久熙, 王春山, 吕继兴, 史智兴, 陈辉, 李国勤. 平养蛋鸭种蛋智能收集和标记系统设计与试验[J]. 农业工程学报, 2017, 33(17): 136-143. doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.17.018 <http://www.tcsae.org>

Li Jiuxi, Wang Chunshan, Lü Jixing, Shi Zhixing, Chen Hui, Li Guoqin. Design and implementation of duck egg smart collection and marking system of floor rearing laying duck[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(17): 136-143. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2017.17.018 <http://www.tcsae.org>

0 引言

中国是蛋鸭生产和消费大国, 2015年全国蛋鸭存栏量2.69亿只, 出栏量1.75亿只, 鸭蛋总产量达317.73万t, 占禽蛋总量的14%~20%, 并为纺织工业提供近5万t的鸭羽绒^[1]。随着农业供给侧改革的不断深入, 消费者对鸭产品的需求量越来越大, 蛋鸭养殖业成为仅次于养鸡业的第二大家禽养殖产业, 蛋鸭产业是中国农村经济的主要组成部分^[2-3], 市场需要育成期短、性成熟早、产蛋量高、饲料消耗少、抗病力强的蛋鸭新品系。目前蛋鸭育种主要采用家系选育方法, 该方法采用自由活动的小群家系进行种鸭产蛋记录, 由于鸭子产蛋集中在凌晨1:00~3:00之间, 因此很难准确识别蛋鸭个体及其后代, 依靠人工的方式进行产蛋记录工作复杂且强度大, 这大大降低了种鸭选育的准确度、减缓了育种进展^[4-6]。采用平养

本交条件下的个体选择法育种, 既可以充分地利用生物特性和动物本能, 又可以将产蛋量作为关键指标遗传下去, 缩短选育的世代间隔, 相比家系选育有明显的优势^[7-9]。平养本交条件下个体选择法实施的难点在于: 平养条件下很难准确识别记录蛋鸭个体及其所产的种蛋。因此亟待开发一种人工成本低、自动化程度高、能够智能识别、连续跟踪记录每只种鸭产蛋情况的智能系统。

随着信息技术的快速发展, RFID (radio frequency identification, 射频识别) 技术已经被应用于动物的识别和行为跟踪研究中^[10-11]。文献[12]采用UHF (ultra-high frequency, 特高频) RFID技术研究了福利化平养条件下蛋鸡的饲喂行为, 得出的数据为设计福利化新型笼具提供了科学指导。文献[13]采用RFID技术对种鹅进行身份识别, 采用人工回放视频数据的方式对马岗鹅个体产蛋行为规律进行了研究, 实现了小群散养鹅个体产蛋的跟踪记录。文献[14-15]应用传感器和物联网技术实现了笼养种鸡的生产参数自动记录。文献[16]研发了基于物联网的种鸡个体育种信息自动采集系统, 由人工利用手持机的方式采集种鸡个体的产蛋和育种信息。文献[17]系统归纳分析了利用信息技术在监测畜禽的发情、分娩行为, 体重和健康等方面的研究现状、进展和发展趋势。文献

收稿日期: 2017-04-24 修订日期: 2017-08-02

基金项目: 国家蛋鸡产业技术体系(CARS-41-K18); 浙江省科技计划项目(2014C32063); 河北省高等学校科学技术研究项目(QN2017339)

作者简介: 李久熙, 副教授, 主要从事畜牧机械产品设计。

Email: lijuxi@163.com

*通信作者: 陈辉, 博士, 副教授, 主要从事动物营养与饲料科学方面的研究。Email: chenhui@hebau.edu.cn

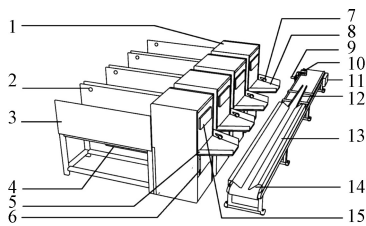
[18-21]采用 RFID 和传感器融合技术分别实现了山羊、奶牛和猪的个体识别和行为监测，验证了射频技术在畜禽识别与监测中的可行性。文献[22-23]则采用了机器视觉技术分析了蛋鸡运动、饮水、采食、修饰、抖动、休息、等行为，实现了长期自动追踪蛋鸡的活动情况及运动轨迹，为蛋鸡个体行为分析提供了新的技术手段。

本文提出了一种基于物联网的蛋鸭种蛋智能收集和标记系统，能够智能化的识别蛋鸭及其所产种蛋并加以标记。系统可以在种鸭无应激的情况下连续地自动记录蛋鸭个体产蛋行为，自动收集各个种蛋箱中的蛋并进行识别与喷码标记。以期为平养本交条件下实现蛋鸭个体选育、提高蛋鸭高产与低产个体筛选的准确率提供技术支持。也可以推广到其他禽类育种生产中，促进种禽养殖服务业优质、高效、安全生产，提高经济效益和社会效益。

1 系统结构及工作流程

1.1 系统结构

系统结构如图 1 所示。产蛋箱采用分体式独立设计，满足不同数量种鸭的分群需要，易与实际饲养工艺结合。



1.产蛋箱 2.鸭感应红外光电传感器 3.通道挡板 4.RFID 读卡器 5.产蛋箱活动底板 6.电推杆 7.蛋感应红外光电传感器 8.缓冲垫 9.喷码触发传感器 10.喷码打印头 11.喷码打印下位机 12.滑触型种蛋姿态调整装置 13.梯形凹槽集蛋区 14.传送带 15.产蛋箱下位机
1.Laying nest 2.Duck inductive photo interrupter sensor 3.Channel baffle 4.RFID reader 5.Laying nest activity floor 6.Linear actuator 7.Duck egg photo interrupter sensor 8.Cushion 9.Printer trigger sensor 10.Printing head 11.Printer control slave computer 12.Slip-type egg posture adjustment device 13.Trapezoidal groove structure duck egg collection area 14.Conveyor belt 15.Laying nest slave computer

图 1 蛋鸭种蛋智能收集和标记系统结构图

Fig.1 Duck egg smart collection and marking system structure

1.2 工作流程

工作流程主要分为 4 个环节：蛋鸭个体识别、产蛋行为判断、是否产蛋识别以及种蛋标记。具体过程如下：每个产蛋箱下位机通过鸭感应红外光电传感器和 RFID 读卡器，实时检测是否有鸭进入产蛋箱并停留 10 s 以上，产生有鸭无鸭的标记并且在有鸭时记录鸭的标签值；上位机每秒轮询每个产蛋箱下位机，询问是否有鸭。如果有鸭，上位机按固定顺序依次向有鸭的产蛋箱发出落蛋指令。产蛋箱下位机执行落蛋指令后，根据蛋感应红外光电传感器产生有蛋无蛋的标记。上位机在发出落蛋指令之后，按固定顺序依次向询问落蛋的产蛋箱是否有蛋。有蛋的产蛋箱下位机向上位机回复有蛋信息并上传产蛋鸭的编号（标签值）。上位机按顺序向喷码打印下位机发送喷码的编号队列。喷码打印下位机利用喷码触发红外光电传感器的信号逐个完成种蛋的标记。

1.3 控制逻辑

本系统采用上位机与下位机的主从式逻辑控制结构。下位机分为 2 类，一类是产蛋箱下位机，该下位机由 RFID 读卡器、鸭感应红外光电传感器、产蛋感应传感器、电推杆和一个单片机组成^[24]。另一类是喷码打印下位机，由位置触发传感器和喷码打印头构成。上位机通过 Com1 与产蛋箱下位机通信，通过 Com2 与喷码打印下位机连接，通过 Com3 与传送带控制器相连，网络拓扑结构如图 2 所示。每个产蛋箱下位机拥有一个 2 字节的地址，与产蛋箱一一对应，且按照与喷码打印机的距离由近及远编号为 $i, i=1, 2 \dots n$ (n 为产蛋箱个数)。上位机以轮询的方式发送查询报文到产蛋箱下位机，下位机将是否有鸭，是否有蛋的信息上传至上位机。上位机根据控制算法与喷码标识下位机通信，完成种蛋的标识操作。上位机控制逻辑算法流程如图 3 所示。

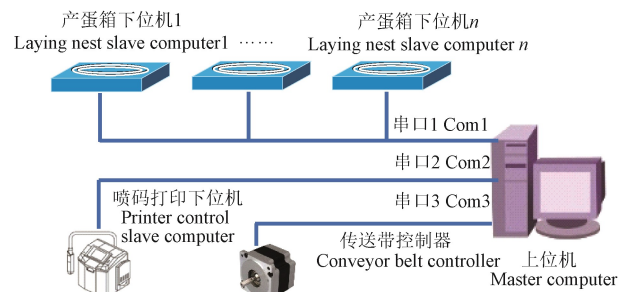


图 2 鸭种蛋智能收集和标记系统网络拓扑图

Fig.2 Duck egg smart collection and marking system network topology

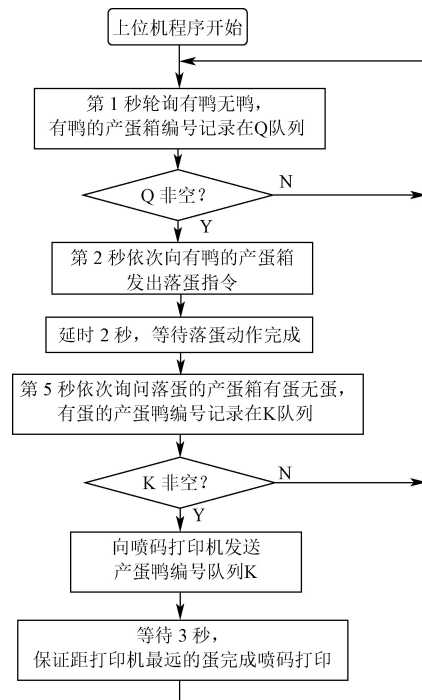
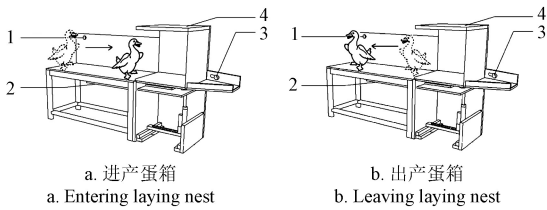


图 3 上位机控制逻辑流程图

Fig.3 Control logic flow of master computer

产蛋箱下位机的主要功能：负责识别记录进出产蛋箱的种鸭编号、根据上位机指令执行落蛋操作、记录是

读取数据的先后时间判断出种鸭的行进方向,是进入产蛋箱还是离开产蛋箱。



1.鸭感应红外光电传感器 2.读卡器 3.蛋感应红外光电传感器 4.产蛋箱
 1.Duck inductive photo interrupter sensor 2.RFID reader 3.Duck egg photo interrupter sensor 4.Laying nest

图 5 进出产蛋箱判断
 Fig.5 Judgment of in or out the laying nest

具体判断算法：产蛋箱下位机以每秒 2 次的频率读取走廊式通道上所布置的鸭感应红外光电传感器和 RFID 读卡器的信号。种鸭经过走廊式通道进入产蛋箱，首先触发鸭感应红外光电传感器的信号（状态 1），然后触发产生 RFID 的信号（状态 2）；种鸭进入产蛋箱停留一定时间（本系统的判定阈值为 10s）离开产蛋箱时，会再次触发 RFID 读卡器（状态 3），然后触发鸭感应红外光电传感器（状态 4）。每当出现状态 4，产蛋箱下位机产生“有鸭”标记并且记录鸭子的编号。

如果种鸭经过通道进入了产蛋箱但很快又离开（10s 以内），认为是没有产蛋，所以不予记录。如果种鸭在通道内犹豫徘徊，没有进入产蛋箱，产蛋箱下位机会持续读取到鸭感应红外光电传感器或者 RFID 读卡器的信息，系统就一直处于状态 1 或状态 2，不会出现状态 3 和状态 4，就不予记录。走廊式通道的长度以及通道上所布置的鸭感应红外光电传感器和 RFID 读卡器的距离是保证算法实现的重要条件。

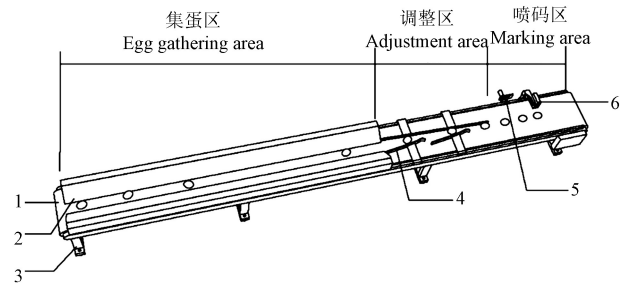
2.2 种蛋识别

2.2.1 种蛋识别过程

种蛋识别部分由产蛋箱箱体、活动式底板、电推杆、缓冲垫、蛋感应红外光电传感器组成。产蛋箱是蛋鸭进行产蛋行为的场所，采用分体式结构，可以根据不同规模和数量的需求自由组装。分体式产蛋箱在靠近出蛋口处的底板下方安装电推杆，使活动底板可以前高后低倾斜，令种蛋向出蛋口方向滚落。活动式底板伸出产蛋箱部分逐渐变窄，其最窄处为 80 mm，仅容一枚鸭蛋滚落通过；两端设有种蛋运动导向挡板，保证种蛋沿着限定路线滚动。当种蛋滚落时，出蛋口处安装的蛋感应红外光电传感器会对其滚落时间进行记录。

蛋鸭离开产蛋箱之后，作为核心控制系统的上位机发出指令给下位机，后者控制电推杆带动产蛋箱底板向下翻转一定角度之后还原，在底板向下翻转的过程中鸭蛋在重力的作用下沿活动底板向集蛋传送带滚落，安装在产蛋箱出蛋口方向的蛋感应传感器能检测到是否有鸭蛋经过，下位机依据此传感器的信号判断该蛋鸭是否产蛋。若有鸭蛋落入梯形凹槽集蛋区，则由上位机与喷码打印下位机协同执行种蛋的喷码标识动作。

如图 6 所示种蛋在摩擦力的作用下随传动带依次经过集蛋区、调整区和识别喷码区。在种蛋行进方向距喷码打印机 200 mm 处有 2 段长 300 mm 的滑触式种蛋姿态调整装置。集蛋区采用梯形凹槽结构和 EVA 海绵触面设计，消除了种蛋在加速滚落过程中的积累的动能，种蛋的破损率低于 1%，同时保证了种蛋的长轴与传送带的中轴线基本平行。由于自然滚落到集蛋区的种蛋姿态具有随机性，为了保证喷码的最佳效果，在调整区需要对种蛋的姿态进行自动调整，其目的—是使种蛋长轴与传送带的中轴线保持平行，二是种蛋距离喷头的距离不大于 10 mm。因此，种蛋两次经过滑触式姿态调整装置的导向处理之后进入识别喷码区，此时其纵面与喷码打印机的喷头垂直，蛋壳可用打印面积达到最大值。

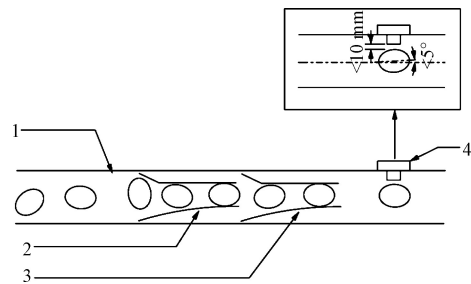


1.传送带 2.梯形凹槽集蛋区 3.支架 4.滑触型种蛋姿态调整装置 5.喷码触发传感器 6.喷码机喷头
 1.Conveyor belt 2.Trapezoidal groove structure duck egg collection area 3.Stand 4.Slip-type egg posture adjustment device 5.Ink-jet printer trigger sensor 6.Printer nozzle

图 6 新型集蛋装置结构图
 Fig.6 Structure of the new duck egg collection device

2.2.2 姿态调整装置数量确定

为了确定所需的滑触型种蛋姿态调整装置数量，分别测试了采用 1-4 个姿态调整装置的情况下，1 000 枚种蛋姿态调整率的达标情况。试验的目标是在通过不同数量的姿态调整装置之后，种蛋的长轴线与传送带的中轴线的平行吻合度为 $\pm 5^\circ$ 即为“调正”（如图 7）。试验结果如图 8 所示，在经过 2 个姿态调整装置之后，平行吻合度为 $\pm 5^\circ$ 的姿态合格率就达到了 99.80%，此后再增加装置的数量对提高姿态调正率没有显著影响，因此最终确定安装 2 个滑触型种蛋姿态调整装置。



1.传送带 2.第一个姿态调整装置 3.第二个姿态调整装置 4.喷码打印机
 1.Conveyor belt 2.The first posture adjustment device 3.The second posture adjustment device 4.Ink jet printer

图 7 种蛋姿态调正过程示意图
 Fig.7 Duck egg posture adjustment process

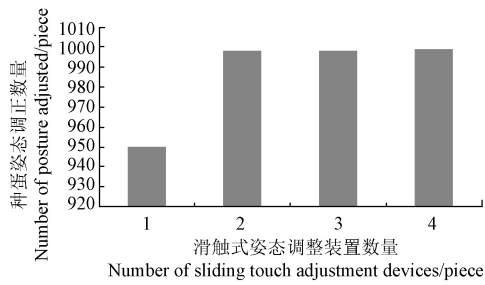


图 8 不同数量的调整装置下种蛋姿态调正率

Fig.8 Posture adjustment rate of different number of adjustment devices

2.3 种蛋喷码标识

种蛋标识是种鸭与其所产蛋实现准确对应关系的关键步骤。利用非接触式喷码机在蛋壳上标注出产蛋的蛋鸭编号,为下一步识别和筛选高产蛋鸭个体奠定基础^[28]。在油泵形成的推力作用下,油墨进入喷嘴,喷嘴内装有晶振器,通过振动使油墨喷出后形成固定间隔点,利用 CPU 的处理和相位跟踪,使通过充电极的一些墨点被充上不同的电荷,在经过几千伏的高电压磁场下发生不同的偏移,飞出喷嘴落在移动的种蛋表面,形成点阵式字符^[29]。其余的墨点不充电,不会发生偏移,直接射入回收槽,被回收再使用,如图 9 所示。

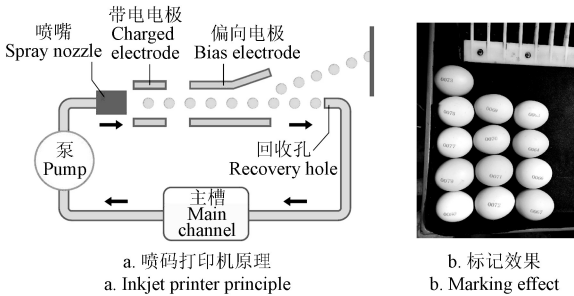


图 9 喷码打印机原理及效果

Fig.9 Principle of ink jet printer and effect

工业生产线上采用喷码机对产品或包装进行生产日期、商标等相对固定的内容进行喷印,一些商品鸭蛋上也有生产日期、厂商 LOGO 等信息的喷印,但是他们所用的喷码机都是事先将要喷印的内容经过编码软件编辑之后输入喷码机控制器中喷印,如果需要改变喷印内容,需要再次利用编码软件编辑之后再发至喷码机控制器中才可以实现^[30]。本系统采用的喷码机(型号: KP-16B, 厂家: 邢台科力普科技开发有限公司)与现有喷码机的不同之处在于,对种蛋的标识信息的喷印则要求喷码机实时受上位机的控制,喷码机喷印的内容是动态变化的。

3 平养蛋鸭种蛋智能收集和标记系统试验

3.1 试验条件

试验采用 160 日龄的白洋淀鸭,圈养在长方形平台上,平台高度与产蛋箱通道高度持平,便于种鸭进出产蛋箱,平台四周有围栏限制其活动范围。产蛋箱一部分

与集蛋传送带、喷码打印机以及上位机位于控制室内。将种鸭与集蛋、喷码等设备隔离开的目的是尽量减少噪音对种鸭的影响,同时也便于工作人员在不对种鸭产生应激的情况下观察设备运行状况。试验环境如图 10 所示。

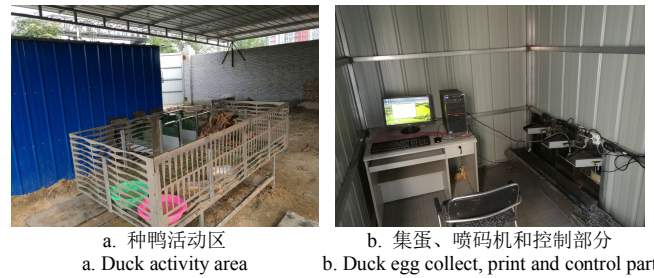


图 10 试验环境

Fig.10 Test environment

鸭舍内安装红外摄像头 2 个,一个摄像头记录鸭子进出产蛋箱的过程,一个用来记录传送带的集蛋情况,视频资料用于跟踪和分析试验过程中的异常情况。

3.2 试验结果与分析

试验用产蛋鸭 12 只,种蛋智能收集和标记系统一套,120 d 产蛋总数 812 枚,其中准确标记(经人工回放视频和标签数据确认为该种蛋为某种鸭个体所产)蛋个数为 736 枚。主要分析如下:

1) 蛋鸭正常产蛋识别准确率 100%,即蛋鸭进出产蛋箱时,读卡器均可以准确读到蛋鸭脚环的 RFID 标签编号。有蛋鸭在通往产蛋箱的通道上走动,但未进入产蛋箱,此时上位机根据 2.1.3 部分介绍的算法识别出这是非产蛋行为从而不执行产蛋箱底板的升降动作。

2) 喷码合格率 98.2%,喷码失败的原因主要是由于蛋鸭在产蛋过程中,会出现畸形蛋,比如蛋型过小导致姿态调整误差较大,喷码时蛋体长轴与传送带的中轴线偏离超过 10°,造成喷印面积过小字符喷印不完整。由于喷码后的种蛋是按照顺序放置的,因此对于喷码不清晰的种蛋,可以从上位机的数据库中读出喷码历史记录,重新手动标记该种蛋。

3) 蛋鸭的产蛋时间分布如下图 11 所示,产蛋时间集中在凌晨 1:00~3:00 之间,约占 92%,其中 1:30~2:30 是产蛋的高峰期,此时产蛋占比为 56%。

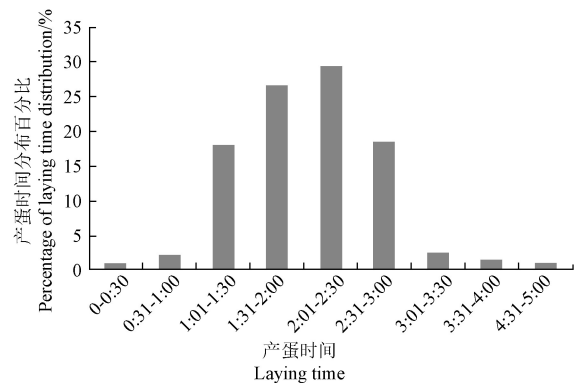


图 11 种鸭产蛋时间分布

Fig.11 Laying time distribution of ducks

4) 试验用鸭在试验开始阶段存在适应产蛋箱的过程, 在此过程中有 76 枚蛋产在了产蛋箱之外。产蛋箱的形状、地板的垫材、伺服电机的噪声对蛋鸭适应产蛋箱有影响, 影响程度的量化需要进一步研究。

4 讨 论

蛋鸭种蛋智能收集与标记系统的可靠性、成本和易用性是影响其推广应用的关键因素。在试验过程中, 尽量模拟了实际鸭场的恶劣环境, 测试了设备的抗粪便污染(耐酸碱腐蚀性), 防水性能, 并分别进行过设备抗高温和低温的稳定性测试。试验结果表明系统能够在实际鸭场的恶劣环境下可靠的工作。在成本方面, 系统经过几次的原型迭代设计, 目前产蛋箱的成本为 2 000 元/组。其维护成本主要涉及: 喷码打印机所使用的食品级油墨(200 元/200 mL, 可以喷印约 18 000 枚蛋), 鸭蛋姿态调整装置是弹性钢片材料, 使用次数 30 000 次后需要更换。其他诸如: 脚环、读卡器、伺服电机、计算机等属于耐用品(使用年限 5 a), 维护成本相对低廉。在易用性方面, 产蛋箱是独立设计的, 其数量可以根据场地和生产需要灵活组合, 满足不同数量种鸭的分群需要, 容易与实际饲养工艺结合。

5 结 论

本文以蛋鸭为研究对象, 提出了一种新型的平养蛋鸭种蛋智能收集和标记系统结构设计, 给出了上位机和下位机的组网拓扑图和逻辑控制算法。系统采用高频 RFID 进行种鸭个体识别, 利用多传感器信息融合判断种鸭的产蛋行为, 通过喷码打印技术将种鸭编号喷印在对应的种蛋上完成种鸭产蛋信息的无应激自动记录, 设计并建立了蛋鸭种蛋的智能收集和标记原型系统, 试验验证了系统的可行性。主要结论如下: 1) 独立设计的分体式产蛋箱, 可以根据鸭场大小和生产需要灵活组合, 能够满足不同数量种鸭的分群需要, 容易与实际饲养工艺结合。2) 为了保证蛋壳长轴截面作为喷印面, 使喷印的字符最大程度保持完整性, 设计了滑触式种蛋姿态导向装置, 该装置可以使种蛋姿态调整后, 种蛋的长轴线与传送带的中轴线的平行吻合度为 $\pm 5^\circ$ 的合格率达到 99.80%。3) 喷印区采用连续式油墨喷码机完成蛋鸭个体与种蛋对应关系的标记, 喷码标识清晰可读的合格率为 98.2%。4) 采用 13.56 MHz 的 RFID 标签和读卡器可以有效降低同频干扰, 使读卡器之间的距离最短可缩至 10 cm, 便于产蛋箱集中放置以减少集蛋传送带的长度, 节约了空间和成本。

平养蛋鸭种蛋智能收集和标记系统解决了平养条件下无应激蛋鸭个体与所产鸭蛋对应记录的难题, 为进一步统计每一只蛋鸭个体的产蛋性能奠定基础。从技术的角度实现了记录的自动化, 节省了人力, 提高了标记的准确性。从产业的角度, 丰富了蛋鸭选育的技术手段, 突破以往的蛋鸭选育的盲目性, 可以促进建成科学的现代化蛋鸭繁育体系, 为蛋鸭及其他家禽养殖过程中“大数据”的积累提供了可行的技术支持, 同时对农业信息化的深度应用具有良好的示范意义。

[参 考 文 献]

- [1] 赵丽平, 王雅鹏. 2015 年中国蛋鸭产业市场研究与预测[J]. 中国家禽, 2015, 37(6): 33-36.
Zhao Liping, Wang Yapeng. Forecast and analysis of laying ducks industry market in China in 2015[J]. China Poultry, 2015, 37(6): 33-36. (in Chinese with English abstract)
- [2] 侯水生. 中国水禽业发展现状[J]. 中国畜牧兽医文摘, 2016, 32(9): 2-3.
Hou Shuisheng. Current situation of waterfowl industry in China[J]. Chinese Abstracts of Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2016, 32(9): 2-3. (in Chinese with English abstract)
- [3] 吴瑛, 王雅鹏. 我国水禽产业化发展历程、趋势与对策研究[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2013(3): 89-94.
Wu Ying, Wang Yapeng. Study on development course, tendency and countermeasures of waterfowl industrialization in China[J]. Journal of Huazhong Agricultural University: Social Sciences Edition, 2013(3): 89-94. (in Chinese with English abstract)
- [4] 吴常信. 畜禽遗传育种技术的回顾与展望[J]. 中国农业科技导报, 2004(3): 3-8.
Wu Changxin. The retrospect and prospect of the biotechnology in genetic breeding for domestic animal and poultry[J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2004(3): 3-8. (in Chinese with English abstract)
- [5] 侯卓成. 水禽育种研究进展及未来发展趋势[J]. 中国禽业导刊, 2014(18): 30-31.
Hou Zhuocheng. Research progress and future development trend of waterfowl breeding[J]. Guide To Chinese Poultry, 2014(18): 30-31. (in Chinese with English abstract)
- [6] 陈国宏. 水禽遗传资源的现状与利用[J]. 中国家禽, 2010(20): 4-8.
Chen Guohong. Present situation and utilization of waterfowl genetic resources[J]. China Poultry, 2010(20): 4-8. (in Chinese with English abstract)
- [7] 张国栋, 李腾飞, 彭飞, 等. 蛋种鸡小阶梯式本交笼养设备养殖成本与收益及其影响因素[J]. 中国家禽, 2015(14): 35-39.
Zhang Guodong, Li Tengfei, Peng Fei, et al. Breeding cost and economic benefits of the little-step cage-rearing equipment used in laying breeder chicken with natural-service model and its influencing factors[J]. China Poultry, 2015(14): 35-39. (in Chinese with English abstract)
- [8] 刘玮孟, 张静, 卢立志, 等. 缙云麻鸭与绍兴鸭各品系的遗传距离分析[J]. 家畜生态学报, 2011(2): 8-12.
Liu Weimeng, Zhang Jing, Lu Lizhi, et al. Genetci structure analysis of Jinyun duck and Shaoxing duck poplulations[J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2011(2): 8-12. (in Chinese with English abstract)
- [9] 李慧芳, 李碧春, 陈宽维, 等. 中国地方鸭品种资源的分子遗传多样性[J]. 畜牧兽医学报, 2006(11): 1107-1113.
Li Huifang, Li Bichun, Chen Kuanwei, et al. Study on molecular genetic diversity of native duck breeds in China[J].

- Acta Veterinaria et Zootechnica Sinica, 2006(11): 1107—1113. (in Chinese with English abstract)
- [10] Ruiz-Garcia L, Lunadei L. The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 79(1): 42—50.
- [11] Fuller R. Cageless preference testing-RFID and the sensory evaluation of feline foods[J]. Petfood Industry, 2006: 14—15.
- [12] Lihua Li, Yang Zhao, Jofran Oliveira, et al. An UHF RFID system for studying individual feeding and nesting behaviors of group-housed laying hens[C]//Transactions of the ASABE, 2017.
- [13] 孙爱东, 秦清明, 尹令, 等. 马岗鹅个体产蛋行为规律的监控记录与分析[J]. 中国家禽, 2015(21): 64—67.
Sun Aidong, Qin Qingming, Yin Ling, et al. Monitoring and analysis of behavioral regularity of individual laying of magang goose[J]. China Poultry, 2015(21): 64—67. (in Chinese with English abstract)
- [14] 王春山, 李久熙, 黄仁录, 等. 蛋鸡生产参数自动监测系统设计与实现[J]. 农业工程学报, 2014, 30(16): 181—187.
Wang Chunshan, Li Jiuxi, Huang Renlu, et al. Design and implementation of automatic monitoring system for layers production parameters[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2014, 30(16): 181—187. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李丽华, 黄仁录, 霍利民, 等. 蛋鸡个体生产性能参数监测装置设计与试验[J]. 农业工程学报, 2012, 28(4): 160—164.
Li Lihua, Huang Renlu, Huo Limin, et al. Design and experiment on monitoring device for layers individual production performance parameters[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of CSAE), 2012, 28(4): 160—164. (in Chinese with English abstract)
- [16] 栾汝朋, 初芹, 刘华贵, 等. 种鸡个体育种信息自动采集系统的研究与应用[J]. 中国畜牧杂志, 2016(23): 18—21.
Luan Rupeng, Chu Qin, Liu Huagui, et al. Research and application of automatic collecting information system for individual hen breeding[J]. Chinese Journal of Animal Science, 2016(23): 18—21. (in Chinese with English abstract)
- [17] 沈明霞, 刘龙申, 闫丽, 等. 畜禽养殖个体信息监测技术研究进展[J]. 农业机械学报, 2014, 45(10): 245—251.
Shen Mingxia, Liu Longshen, Yan Li, et al. Review of monitoring technology for animal individual in animal husbandry[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(10): 245—251. (in Chinese with English abstract)
- [18] Cappai M G, Picciau M, Nieddu G, et al. Long term performance of RFID technology in the large scale identification of small ruminants through electronic ceramic boluses: Implications for animal welfare and regulation compliance[J]. Small Ruminant Research, 2014, 117(2): 169—175.
- [19] Jonsson R, Blanke M, Poulsen N K. Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 76(1): 6—15.
- [20] 尹令, 刘财兴, 洪添胜, 等. 基于无线传感器网络的奶牛行为特征监测系统[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 203—207.
Yin Ling, Liu Caixing, Hong Tiansheng, et al. Design of system for monitoring dairy castles behavioral features based on wireless sensor networks[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2010, 26(3): 203—207. (in Chinese with English abstract)
- [21] Maselyne J, Van Nuffel A, De Ketelaere B, et al. Range measurements of a High Frequency Radio Frequency Identification (HF RFID) system for registering feeding patterns of growing-finishing pigs[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2014, 108(8): 209—220.
- [22] 劳凤丹, 滕光辉, 李军, 等. 机器视觉识别单只蛋鸡行为的方法[J]. 农业工程学报, 2012, 28(24): 157—163.
Lao Fengdan, Teng Guanghui, Li Jun, et al. Behavior recognition method for individual laying hen based on computer vision[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(24): 157—163. (in Chinese with English abstract)
- [23] 劳凤丹, 杜晓冬, 滕光辉. 基于深度图像的蛋鸡行为识别方法[J]. 农业机械学报, 2017, 48(1): 155—162.
Lao Fengdan, Du Xiaodong, Teng Guanghui. Automatic recognition method of laying hen behaviors based on depth Image processing[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2017, 48(1): 155—162. (in Chinese with English abstract)
- [24] 林颂恩. RFID 及单片机应用于种鸡记录系统[D]. 台北: 中国台湾大学, 2009.
Lin Songen. RFID and SOC Application on Chicken Identification System[D]. Taipei: China Taiwan University, 2009. (in Chinese with English abstract)
- [25] 孙爱东, 尹令, 洪添胜, 等. RFID 智能种鹅产蛋监测系统的设计[C]//CSAE 2009 论文集. 中国农业工程学会, 2009: 4.
Sun Aidong, Yin Ling, Hong Tiansheng, Liu Caixing, et al. Design of RFID smart monitoring system for breeding goose[C]//CSAE 2009:4. (in Chinese with English abstract)
- [26] Sales G T, Green A R, Gates R S, et al. Quantifying detection performance of a passive low-frequency RFID system in an environmental preference chamber for laying hens[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2015, 114(8): 261—268.
- [27] Sabesan S, Crisp M J, Penty R V, et al. Wide area passive UHF RFID system using antenna diversity combined with phase and frequency hopping[J]. IEEE Trans. Antennas Propag, 2014(62): 878—888.
- [28] 陈永儒. 笼饲种鸡产蛋自动记录标识系统之研究[D]. 台中: 台湾中兴大学, 2008.
Chen Yongru. A Study on Automatic Recording and Marking System of Egg Production of Caged Breeders[D]. Taichung: Chinese Taiwan Chung Hsing University, 2008. (in Chinese with English abstract)
- [29] 刘雅敏. 基于 WinCE5.0 的高解析喷码机硬件平台 BSP 的

开发与系统定制[D]. 天津：河北工业大学，2015.
Liu Yaming. The Development of the Hardware Platform BSP of High-resolution Ink-jet Printer and System Customization Based on WinCE 5.0[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2015. (in Chinese with English abstract)

[30] 林珂. 一种嵌入式生产线喷码打印机硬件系统的设计与开发[D]. 重庆：重庆大学，2012.

Lin Ke. Design and Development of Hardware System of One Kind of Embedded Product-line Ink-jet Printer[D]. Chongqing: Chongqing University, 2012. (in Chinese with English abstract)

Design and implementation of duck egg smart collection and marking system of floor rearing laying duck

Li Jiuxi^{1,2,3}, Wang Chunshan^{2,3,4}, Lü Jixing^{3,4}, Shi Zhixing^{3,4}, Chen Hui^{3,5*}, Li Guoqin⁶

(1.College of Mechanical and Electrical Engineering, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 2.College of Architecture and Engineering, Washington State University, Pullman 99163, USA; 3.Key Laboratory of Agricultural Engineering for Broiler and Laying Hens Breeding Facilities, Ministry of Agriculture, Baoding 071001, China; 4.College of Information Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 5.College of Animal Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; 6.Institute of Animal Science and Veterinary Medicine, Zhejiang Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou 310021, China)

Abstract: Floor rearing natural mating technique can fully make use of the biological characteristics and animal instincts, in order to exert the genetic advantages and improve the quality of duck eggs. At present, only the pedigree breeding method, rather than the individual breeding method, can be used for floor rearing ducks. The reason is that under the floor rearing condition laying ducks has a large area to move around, and the time of laying duck egg concentrates between 1:00-3:00 in the morning, which makes it extremely difficult to track, identify and record individual laying behaviors and to accurately correlate an individual laying duck with its own eggs manually. The shortcoming of the traditional pedigree breeding method lies in complicated process, high intensity work, low accuracy, long intergenerational interval and slow genetic progress. As the performance of laying ducks is evaluated based on the overall family characteristics, it is hard to tell the difference between high yield individuals and low yield individuals, which negatively affects the precision and efficiency of duck selection. Cage breeding is one of the ways to achieve individual breeding, but this method is subject to a limited activity space and sacrifices the animal's welfare needs. Thus, ducks under such conditions cannot properly exert their biological characteristics and instincts, and the genetic advantage is weakened. Floor rearing provides activity space for laying ducks and effective exercises can enhance their physical quality. Therefore, the realization of the individual laying duck breeding method can not only fully exert the individual instincts but also take the amount of egg production as a key indicator to the future generations. A key to apply the individual breeding method is to find an intelligent and non-stress reaction method to accurately identify and label individual ducks and their duck eggs. For the purpose to investigate laying ducks, a new design framework for an intelligent collection and labeling system was proposed, in which the network topology and a logic control algorithm for both upper monitor and lower monitor were given. This system used the radio frequency (RF) technology and photoelectric sensor technology for information integration, which solved the label missing problem due to the same frequency interference when the RF readers were close to one another. In this way, an accurate identification of individual duck egg production behaviors was achieved. The non-contact inkjet printing technology was employed to label the laying duck identification on its egg shell correspondingly, which solved the problem of recording duck eggs correspondingly. Meanwhile, a new duck egg collection device was designed and implemented; it integrated the collection and marking function as a whole. This device consists of three modules, a collection module, a posture adjustment module, and a printing module. The collection module was designed with a Trapezoidal Groove structure and a flexible contact surface, which eliminated the kinetic energy of duck eggs accumulated in the process of accelerating rolling motion. Such design could reduce the duck egg breakage rate to below 1%. The posture adjustment module was designed with a touch-type duck egg guide. The coincidence rate of the long axis of the duck egg and the parallel axis of the conveyor belt is 99.80%, which ensure that the long axis section of the egg shell was used as the printing surface to maintain the integrity of the printed characters to the best extent. The printing module used a continuous inject printer to mark number on the duck egg and the clearly readable qualified rate of the number marked on the duck egg is 98.2%. The application of the intelligent duck egg collection and labeling system in the field of laying duck breeding will greatly reduce the workload and improve the production efficiency, so as to enhance the production performance and economic benefit of the duck breeding industry.

Keywords: automation; identification; online system; duck egg tracing; RFID; marking code; posture adjustment