

螺旋挤搓式自动玉米脱粒机的设计

Design of automatic spiral corn sheller by extruding and rubbing method

曾雄梅¹ 张 燕¹ 马 延²

ZENG Xiong-mei¹ ZHANG Yan¹ MA Yan²

(1. 海南大学机电工程学院, 海南 海口 570228; 2. 中国石油大学机电工程学院, 山东 青岛 266061)

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China;

2. College of Mechanical and Electrical Engineering, China Petroleum University, Qingdao, Shandong 266000, China)

摘要: 目前玉米脱粒机均为人工控制上料工作, 其上料速度的不均匀直接影响脱粒机的寿命及玉米脱粒程度, 同时传统的脱粒机都是采用打击原理设计, 对玉米籽粒伤害很大。针对上述情况, 提出一种基于 STM32 传感器控制的自动螺旋挤搓式玉米脱粒机的自动控制系统。该系统在 STM32 的控制下通过步进电机实现自动上料、螺旋挤压式玉米脱粒系统完成玉米的脱粒及籽粒与玉米芯的分离, 采用全自动化控制, 同时能有效地降低玉米籽粒的损伤率, 提高玉米的脱净率及玉米芯的完整度。

关键词: STM32; 步进电机; 玉米脱粒机; 自动化

Abstract: Presently, the feeding of the corn thresher is controlled artificially. The uneven feeding speed directly affects the life of machine and the degree of corn threshing. Meanwhile, the traditional corn threshers were designed basing on hitting principle, which would damage the corn grain significantly. In view of these factors, a kind of automatic control system which is based on STM32, is used to control the extrusion and rubbing on corn thresher. The system, controlled by STM32, achieves the automatic feeding through the stepper motor, accomplishes the corn threshing as well as the separation of grain corn and corn cob by screw extrusion, it adopts full automatic control. Simultaneously, it can effectively reduce the damage rate of corn grain, and improve corn threshing rate and the integrity of corn cob.

Keywords: STM 32; stepper motor; corn thresher; automation

中国是世界玉米第二生产大国。据统计^[1], 至 2014 年, 中国玉米生产总面积高达 3 600 万 hm^2 , 并呈递增趋势。然而对于玉米的脱粒工艺还存在很大的技术问题。目前大部

分玉米的籽粒设备都是采用传统的人工上料, 再利用高速旋转的钉齿或窄板齿打击玉米粒从而实现玉米粒的脱落^[2]。此方法不但浪费人力资源、降低脱粒机的使用寿命, 而且对玉米籽粒的损伤极大, 会大大降低玉米籽粒的发芽率。本研究拟在传统的玉米脱粒机的基础上进行改进, 利用螺旋挤搓的原理对玉米进行脱粒, 实现玉米粒在损伤率最小的情况下与玉米芯分离开来, 同时采用 STM32 对玉米的上料过程进行自动控制, 实现玉米全自动化的上料操作。

1 样机总体方案设计

螺旋挤搓式自动玉米脱粒机包括驱动传送带运送玉米果穗的步进电机系统、带传感器完成玉米脱粒的螺旋挤搓式脱粒系统, 以及 STM32 控制系统三大部分。通过三部分的协调和配合从而实现全自动的玉米脱粒过程。样机总体框架见图 1。

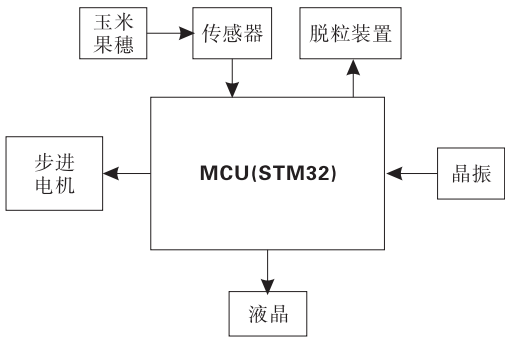


图 1 自动玉米脱粒机总体框架

Figure 1 The general framework of automatic corn threshing

2 样机整体结构和工作流程

样机的总体机械结构见图 2。工作流程: ① 人工将玉米果穗送入喂料斗 1, 在 STM32 的控制下喂料斗 1 通过合、分闸门 12 实现玉米果穗的进料。② 由喂料斗闸门进入的玉米

基金项目: 海南省自然科学基金项目(编号: 314060)
作者简介: 曾雄梅(1993—), 女, 海南大学在读本科生。
E-mail: 973508777@qq.com

通讯作者: 张燕
收稿日期: 2015-06-07

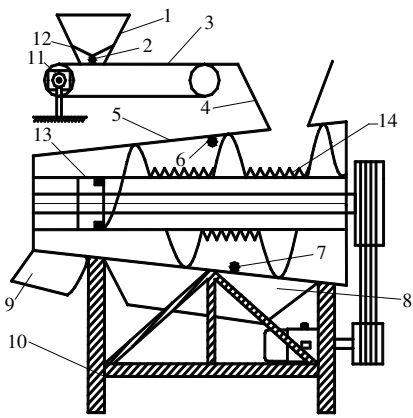
果穗在重力的作用下下落至传送带 3 上,当螺旋挤搓式装置中的传感器 6 检测到无料信号时,STM32 通过控制步进电机的旋转带动传送带运动,将玉米果穗送入螺旋挤搓式装置中进行脱粒。③ 经螺旋挤搓分离后的玉米籽粒和玉米芯分别从螺旋挤搓式装置的不同出口排出。

3 系统模块组成

3.1 步进电机系统

步进电机是一种输入脉冲信号而输出对应的角位移或直线位移的特种电机,它通过脉冲信号的作用实现特定角度的旋转,其运行速度和位移的变化可通过改变输入脉冲的数量和频率来实现^[3]。步进电机的显著特点是其可实现快速的启动和制动,输出的步矩角和转速不受输入电压纹波、不同负载及环境的影响。因此,步进电机被广泛应用于控制系统中^[4]。

在本系统中,主要结合传感器的检测功能,通过 STM32 的控制作用来操纵步进电机。手动打开控制步进电机上电的电源开关,当螺旋挤搓式装置中的传感器检测到无料信号时,STM32 便发出信号给喂料斗中闸门的执行机构实现玉米果穗的自动上料,同时 STM32 发出控制信号驱动步进电机带动传送带工作,由于步进电机的运行速度和位移的变化可通过改变输入脉冲的数量和频率来实现,所以步进电机能精确地控制传送带前进的位移和速度,同时步进电机能快速

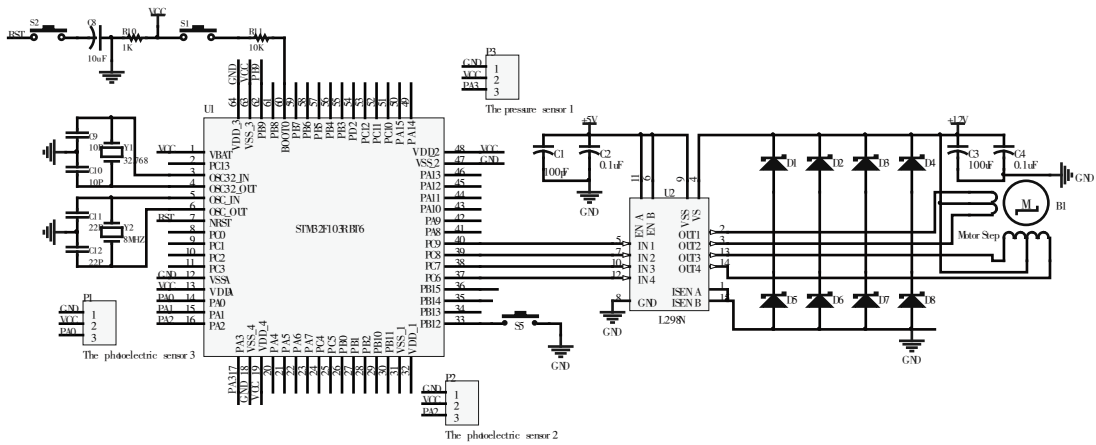


1. 喂料斗 2. 传感器1 3. 传送带 4. 进料口 5. 螺旋挤搓箱
6. 传感器3 7. 传感器2 8. 收粒斗 9. 排芯斗 10. 支架
11. 步进电机 12. 闸门 13. 齿笼 14. 板齿

图 2 样机的总体机械结构图

Figure 2 The general mechanical structure diagram of the prototype

地实现启动和制动,因此在步进电机的控制下能将玉米果穗准确无误地送入螺旋挤搓式装置中。同理,当螺旋挤搓式装置中的传感器检测到装置中玉米果穗已满的信号时,STM32 则控制喂料斗中闸门的关合,同时制动步进电机。在玉米脱粒机运行过程中,步进电机则是以此过程不断地循环工作。控制步进电机的主电路图见图 3。



P1、P2、P3代表传感器,通过它们的引脚和单片机引脚相连

图 3 控制步进电机的主电路图

Figure 3 The main control circuit diagram of step motor

3.2 螺旋挤搓式玉米脱粒系统

螺旋挤搓式玉米脱粒机的主要结构见图 4。其设计是仿照人工挤搓原理来实现脱粒的。它包括螺旋滚筒、浮动齿、齿笼、外壳四大主要部分^[5]。螺旋滚筒 3 是其核心部件,螺旋滚筒上安装有板齿,板齿的高度为 13 mm,两个相邻板齿之间的夹角为 12°,齿根直径设计为 10 mm,使其满足受力要求,板齿的顶端使用圆弧过渡,以减少顶端对玉米粒损伤。板齿的结构示意图见图 5。滚筒的旋转带动板齿运动,板齿推动紧贴在其上方的玉米做螺旋运动,运动的玉米因受到板

齿施加的沿轴线方向的力而与锥形上外壳 2 或下外壳 7 充分接触产生摩擦力,玉米粒因摩擦力的作用而不断与玉米芯分离。浮动齿 4 与齿笼 8 主要用于玉米尖部和芯部残留玉米粒的脱落。浮动齿下连接有弹簧,其能根据玉米果穗的大小改变作用空间的大小,来避免玉米籽粒被挤破和保证玉米芯的完整。齿笼对浮动齿有很好的束缚和定位作用,它能随螺旋滚筒一起运动并承受剪切应力。外壳由上、下箱盖组成,其形状做成锥形,两侧及上部均开有孔分别用做出料口 13 和进料口 1。外壳与旋滚筒一起作用实现玉米果穗的脱粒工作。

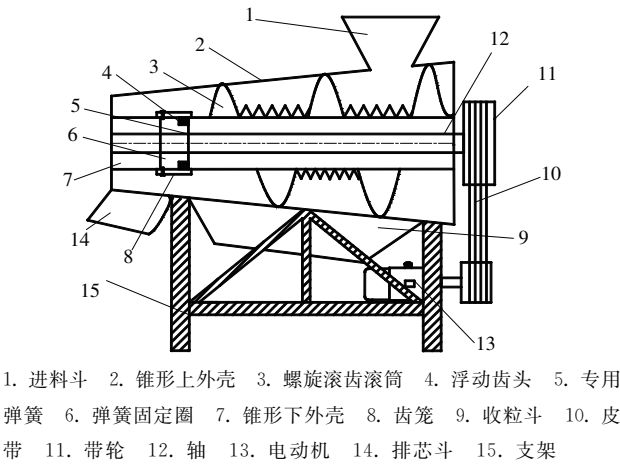


图 4 螺旋挤搓式玉米脱粒机的主要结构图
Figure 4 Helix crowded main structure diagram and rubbing type corn thresher

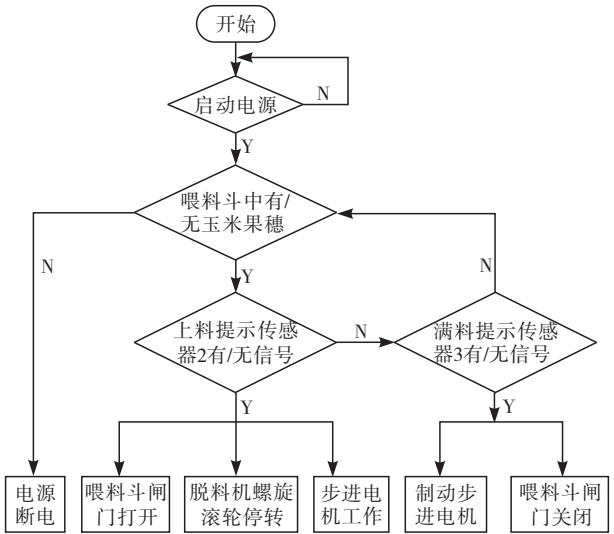


图 6 系统总体软件流程图
Figure 6 The overall system software flow chart

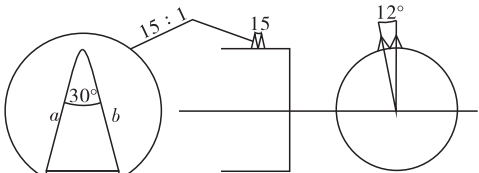


图 5 板齿结构示意图
Figure 5 Board of tooth structure diagram

4 系统软件设计

此系统软件部分是通过编写程序运行于 STM32 上来实现的,STM32 为本系统的控制核心,主要负责控制步进电机的驱动、喂料斗中闸门的打开与关断、传感器信号的采集与处理等,同时通过辅助功能实现人机交互界面的显示、按键控制等。系统的总体软件流图见图 6。

此单片机控制系统是以半导体公司推出的 STM32 系列中的增强型 STM32F103RBT6 为核心芯片组成的微控制器^[6]。STM32F103RBT6 具有 ARM32 位 Cortex-M3 CPU,最高工作频率可达 72 MHz,具有 64 个引脚,其 I/O 口资源丰富,可用于液晶显示、按键控制等辅助功能,并具有丰富的通信接口,如 SPI、USART 等^[7]。本系统中主要利用其丰富的 I/O 口资源,结合驱动芯片 L298N 控制两相四线式步进电机的运作、并完成辅助模块如蓝牙通信、按键控制开断、液晶显示工作状态等功能。各 I/O 口分配见表 1,主控电路图 7。

表 1 各 I/O 口分配表

Table 1 Each I/O port allocation table

编号	连接器件及其作用
X0	启动系统工作开关
X2	停止系统工作开关
X3	脱粒机装置控制开关
X4	压力传感器 1,用于检测喂料斗中是否有料
X1	步进电机控制开关
X5	光电传感器 2,用于检测脱粒机中物料是否低于设定值
X6	光电传感器 3,用于检测脱粒机中物料是否超过设定值

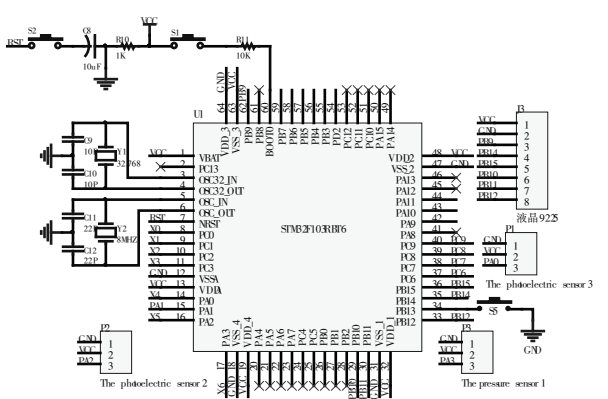


图 7 STM32 主控电路
Figure 7 STM32 main control circuit

5 步进电机及螺旋式玉米脱粒机主要参数

- (1) 步进电机:步矩角:1.8°;额定电流:6 A;额定电压:AC 18~80 V/DC 24~110 V;步距精度:±5%。
- (2) 玉米脱粒机:额定功率:1.1 kW;额定电压:220 V;额定转速:1 400 r/min;破碎率:≤1.5% (不含自然破碎);总损失率:<1.0%。

6 试验效果分析

以传统的打击式玉米脱粒机和本设计中的螺旋挤搓式自动脱粒机为操作对象进行试验,分别比较两者的籽粒破碎率、脱粒损失率、工作效率及使用成本。从数据及分析结果可知,螺旋挤搓式自动脱粒机的使用改善了玉米籽粒的性能、延长了机器使用寿命(延长了 1~2 年),同时比起传统的玉米脱粒机,此螺旋挤搓式自动脱粒机由于实现自动化的上料操作,减少了人力的投入,使得使用成本降低。具有市场利用价值。

7 结束语

本系统在 STM32 的控制下,结合步进电机的特性、螺旋挤搓的工作原理及传感器的检测作用,设计了自动玉米脱粒

(下转第 129 页)

2.4 失重率的变化

果实贮藏过程中由于蒸腾作用和呼吸作用,造成果实贮藏过程中失重,其中蒸腾失水起主要作用。由图 4 可知,冷藏后室温货架 7 d 的秋富红苹果失重较冷藏的明显。冷藏果实第 126 天后失重率明显上升,贮藏结束时果实失重率为 1.07%;冷藏 98 d 后室温货架 7 d 的果实失重率显著上升,贮藏结束时果实失重 1.43%。

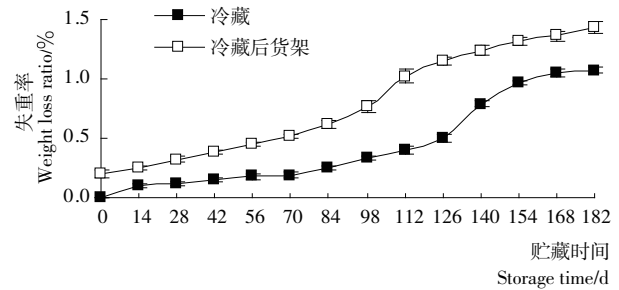


图 4 冷藏及冷藏后室温货架期秋富红果实失重率的变化
Figure 4 Changes in weight loss ratio of ‘Qiu fuhong’ under cold storage and shelf life

3 结论

温度是影响果蔬呼吸速率的最重要因素,决定着果蔬贮运保鲜和货架期保鲜效果^[18,19]。在果品采后贮藏研究中,货架期的研究是果实经低温贮藏后最后一个环节,也是最关键的一环^[5]。本试验通过对秋富红苹果冷藏及同期冷藏后室温货架 7 d 果实品质及生理活性变化进行研究,结果显示:秋富红苹果存在呼吸跃变,果实呼吸高峰出现于冷藏期第 98 天,及冷藏 70 d 后室温货架 7 d 时;呼吸高峰过后,果实 PPO 和 POD 活性达到高峰,与同期冷藏后室温货架果实相比,冷藏果实的 PPO 活性低、POD 活性高,有利于减缓果实品质的下降;呼吸和 PPO、POD 活性高峰过后,冷藏和冷藏后室温货架存放 7 d 果实品质迅速下降,固酸比和失重率急剧上升。因此,秋富红苹果冷藏适宜贮期为 126 d,需室温货架存放 7 d 的果实冷藏贮期不宜超过 98 d。秋富红苹果属于苹果新品种,对其贮藏期生理品质的研究填补了其采后保鲜研究的空白,但本试验只对其冷藏及同期室温货架期果实品质变化规律进行研究,为深入研究秋富红苹果贮藏特性及保鲜措施,今后重点和切入点是探讨贮期果实乙烯释放量及相关酶活性的变化规律,并与保鲜剂种类筛选、处理浓度及处理时间等结合应用的研究。

参考文献

1 罗桂杰. 中小型苹果采后贮藏生理特性的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2008.

2 徐玉娟,温靖,肖更生,等. 荔枝果汁贮藏过程中理化指标和营养成分的变化[J]. 食品与机械,2011,27(4):123~125,145.

3 庞坤,胡文忠,姜爱丽,等. 鲜切苹果贮藏期间生理生化变化的影响[J]. 食品与机械,2008,24(1):50~54

4 李鹏霞,胡花丽,梁丽松,等. 不同贮藏时期李果实货架期品质的变化[J]. 江苏农业学报,2009,25(1):169~173.

5 王志华,姜云斌,王文辉. 低温贮藏后出库温度对货架期酥梨果实品质及生理指标的影响[J]. 果树学报,2014,31(6):1147~

1153.

6 武杰,张引成,李梅玲,等. 3 种处理方式对冬枣货架期品质的影响[J]. 食品科学,2012,33(6):278~282.

7 王文生. 国外果品贮藏保鲜概况[J]. 保鲜与加工,2002(1):3~5.

8 何全光,苏伟强,任惠. 影响果蔬货架寿命的若干因素[J]. 保鲜与加工,2008(6):1~4.

9 徐贵轩,温树英,何明莉,等. 苹果新品种—秋富红的选育[J]. 果树学报,2012,29(1):143~144.

10 何明莉. ‘秋富红’苹果新品种通过备案审定[J]. 北方果树,2010(11):6.

11 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:46~49,101~105.

12 郝建军,刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2001:101~103.

13 唐海波,韩明玉. 不同贮藏温度对“红香脆”与“新世界”苹果呼吸、乙烯产生及贮藏品质的影响[J]. 陕西农业科学,2007(6):98~99,215.

14 高华,鲁玉妙,王雷存,等. 不同贮藏温度对秦阳苹果采后生理的影响[J]. 华北农学报,2010,25(增刊):154~156.

15 鞠志国,朱产廉,曹宗与,等. 气调贮藏条件下 CO₂对莱阳茌梨果肉褐变的影响[J]. 园艺学报,1988,15(4):229~232.

16 陈小利,任小林,蒲飞,等. 蜂胶涂膜对红富士苹果贮藏品质和生理活性的影响[J]. 食品与发酵工业,2011,37(7):230~234.

17 牛敏锐,陈雀民,于蓉,等. 臭氧处理对红富士苹果生理变化及贮藏品质的影响[J]. 安徽农业科学,2009,37(8):3749~3751,3797.

18 Susana C F, Fernanda A R O, Jesus M F, et al. Modeling respiration rate of shredded Galena kale for development of modified atmosphere packaging[J]. Journal of Food Engineering, 2002, 54(4):299~307.

19 王鹏跃,陈忠秀,庞林江. 气调包装对椪柑贮藏及保鲜效果的影响[J]. 食品与机械,2014,30(6):124~127

(上接第 102 页)

机,该机械的实现能有效降低传统玉米脱粒机造成的玉米籽粒损伤率、脱粒损失率等。该设备实现了自动化上料操作,大大减少了人力投入,但仍存在籽粒破碎、效率低的缺点,这将是该机械后续的研究方向。

参考文献

1 李华. 玉米生产现状及高产栽培技术体系探讨[J]. 吉林农业,2014(20):36.

2 李清龙. 打击式玉米脱粒机脱粒过程试验研究及仿真分析[D]. 长春:吉林大学,2014.

3 张明. 步进电机的基本原理[J]. 科技信息,2007(9):83.

4 董桂菊. 步进电机控制系统研究[J]. 农机化研究,2002,24(3):57~59.

5 柳建安,李伟杰. 螺旋挤搓式玉米脱粒机的设计[J]. 农机化研究,2010,32(8):82~85.

6 彭刚,徐庆江,张崇金,等. 基于 STM32 单片机的 RS485 总线分布式数据采集系统设计[J]. 伺服控制,2011(2):64~67,84.

7 李涛. 基于 STM32 的 GPS 车载终端的设计[D]. 兰州:兰州交通大学,2013.