

青贮玉米收获机打捆装置自动控制系统设计^{*}

丛宏斌¹ 李汝莘¹ 韩新月² 李明利¹ 范修文¹ 赵 何¹

(1. 山东农业大学机械与电子工程学院, 泰安 271018; 2. 三一集团索特传动设备有限公司, 苏州 215000)

【摘要】 青贮玉米收获机可在玉米摘穗的同时,将切碎的秸秆打成圆捆,以便于青贮。为提高作业效率、简化机手操作流程,设计了一套喂料与送绳自动控制系统,该系统由传感检测元件、控制电路及执行机构3部分组成。采用四路换向开关作为传感检测元件,并结合RS去抖电路,可有效提高控制系统工作可靠性。执行元件为两电磁离合器,接收控制电路的输出信号,完成对喂料和送绳过程的实时控制。试验表明:该系统工作安全、可靠,料捆成捆率达到100%;与手动控制方式相比,有效强化了料捆密度控制的准确性,使机具的作业效率提高20%。

关键词: 青贮 玉米 收获 控制系统 设计

中图分类号: S817.11⁺7; S126

文献标识码: A

Design of Automatic Control System on Baling Apparatus for Ensilage Maize Combine

Cong Hongbin¹ Li Ruxin¹ Han Xinyue² Li Mingli¹ Fan Xiuwen¹ Zhao He¹

(1. College of Mechanical and Electrical Engineering, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

2. Sany Group STE Transmission Equipment Co. Ltd., Suzhou 215000, China)

Abstract

Ensilage maize combine can ingather corn ear, as well as bundle and ensilage corn stalk when it is used for corn harvest. In order to enhance operation efficiency of ensilage harvester, and to reduce the operating burden of driver, an automatic control system on feedstock and rope-send was designed, composed of three parts, i. e., sensor detection element, control circuit and implementation mechanism. Four-way change-over switch was used as detection element of sensor, and combined with RS de-twitter circuit, to improve the reliability of the control system effectively. The implementation components that were composed of two electromagnetic clutches responded to the control circuit output, and ultimately actualized the real time control of feeding stalk and sending rope. Experiments show that the designed system can work accurately and reliably, with the baling rate to 100%, compared with manual control, the veracity of bale density control is strengthened effectively, and operating efficiency of the machine is improved by 20%.

Key words Ensilage, Maize, Harvest, Control system, Design

引言

青贮玉米收获机在收获玉米果穗的同时,完成玉米秸秆的切碎、收集及打捆,可提高玉米秸秆青贮作业效率、降低青贮作业成本^[1-2]。在打捆过程

中,料捆成形后要送绳和绕绳,这期间需终止饲料喂入,直至绕绳结束、开仓卸料后,进入下一个工作循环时喂入过程又重新启动。若依靠手动控制喂料与送绳过程的启、停,操作比较烦琐,而且会影响作业效率^[3-4]。本文采用机电一体化技术,设计一套实

收稿日期:2008-11-11 修回日期:2008-12-05

^{*}“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A0603)和山东省重大科技攻关资助项目(2004GG2209089)

作者简介:丛宏斌,博士生,主要从事农业机械设计及机构仿真研究,E-mail: dabinc123@163.com

通讯作者:李汝莘,教授,博士生导师,主要从事保护性耕作及农机装备研究,E-mail: rxli@sdau.edu.cn

用的自动控制系统。

1 青贮玉米收获机组成及其工作过程

青贮玉米收获机组成如图 1 所示,主要由收割台、碎茎秆抛送器、集料箱、喂料装置、打捆装置、果穗升运器以及果穗箱等组成。

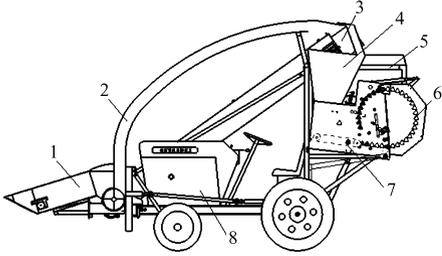


图 1 收获机结构示意图

Fig. 1 Sketch diagram of the combine

- 1. 收割台 2. 碎茎秆抛送器 3. 果穗升运器 4. 集料箱 5. 果穗箱
- 6. 打捆装置 7. 喂料装置 8. 拖拉机

收割台在摘穗的同时,将秸秆收集、切碎并输送到碎茎秆抛送器,然后由碎茎秆抛送器将其抛送到集料箱,并由集料箱下方的喂料装置将饲料喂入到打捆装置成捆室,进行打捆作业。

打捆作业流程如图 2 所示。目前,固定式圆捆打捆机,人工将饲料送至喂料口,然后由弹齿式捡拾器将饲料喂入成捆室;送绳机构主要由 2 个夹绳辊和 1 个牙嵌式机械离合器组成,手动控制送绳过程的启、停^[5~6]。

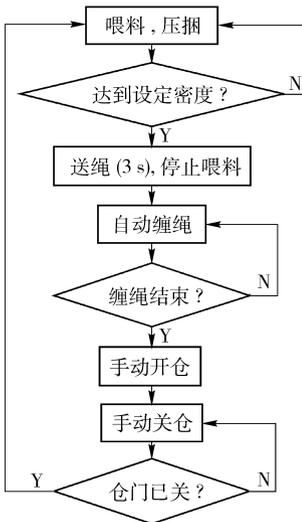


图 2 打捆作业流程图

Fig. 2 Flow chart of bundling operation

2 控制系统设计

2.1 控制系统组成

喂料与送绳控制系统如图 3 所示,主要由控制电路、送绳电磁离合器、喂料电磁离合器、密度调节机构及四路换向开关等组成。四路换向开关和密度

调节机构安装在成捆室固定仓外侧板上,且靠近仓门。送绳电磁离合器和喂料电磁离合器,分别与夹绳辊主动轴和饲料输送带主动轴联接。

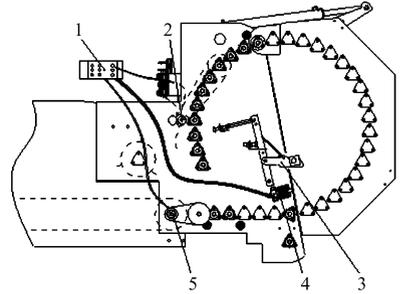


图 3 控制系统示意图

Fig. 3 Sketch of control system

- 1. 控制电路 2. 送绳电磁离合器 3. 密度调节机构 4. 四路换向开关
- 5. 喂料电磁离合器

该系统采用机电一体化技术,完成对喂料与送绳过程的闭环式自动控制,控制原理如图 4 所示^[7]。反馈信号经过四路换向开关,反馈到控制电路,进行信号处理与变换,然后控制 2 个电磁离合器。夹绳辊主动轴和饲料输送带主动轴作为执行元件,最终完成对送绳和喂料过程的适时控制。

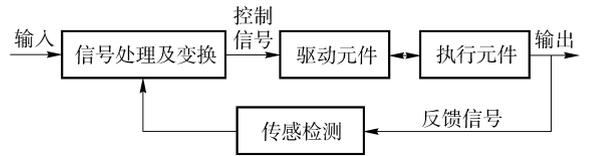


图 4 系统控制原理图

Fig. 4 Control system schematic diagram

2.2 四路换向开关及密度调节机构

四路换向开关作为控制系统的传感检测元件,其结构如图 5 所示,主要由铜垫片、尼龙垫片、滑动导杆、支架和挡圈等组成。4 个铜垫片与尼龙垫片交替安装,组成 4 个并行的换向回路,滑动导杆的移

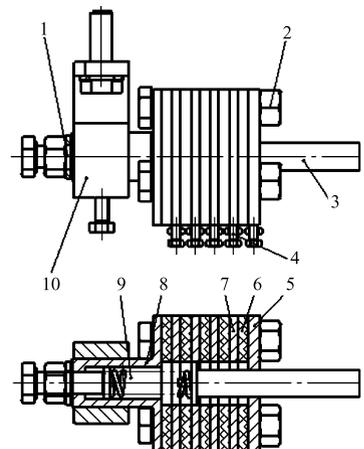


图 5 四路换向开关

Fig. 5 Four-way change-over switch

- 1. 调节螺栓 2. 尼龙螺栓 3. 滑动导杆 4. 压线螺栓 5. 顶端挡圈
- 6. 尼龙垫片 7. 铜垫片 8. 底端挡圈 9. 弹簧 10. 支架

动,可变换4个铜垫片与滑动导杆的接触形式,使电路换向。图中的弹簧为压缩弹簧,将滑动导杆压向顶端挡圈一侧,弹簧调节螺栓用于调节弹簧的预紧力。四路换向开关通过定位螺栓与支架固接,然后被安装到成捆室固定仓外侧板上,其外侧涂有绝缘保护层。4个铜垫片和顶端挡圈上装有压线螺栓,在仓门关闭的情况下,安装四路换向开关时,要确保滑动导杆被仓门侧板压向底端挡圈一侧。

密度调节机构用于控制压实料捆的密度,其结构如图6所示,主要由卡板、槽板、挂钩、拉销及弹簧等组成。拉销与仓门侧板焊接在一起,卡板通过固定销铰接在成捆室固定仓外侧板上,挂钩通过挂接销与卡板铰接在一起,通过调整调节螺栓可改变料捆最终压实密度。弹簧Ⅱ可使挂钩可靠地卡在拉销

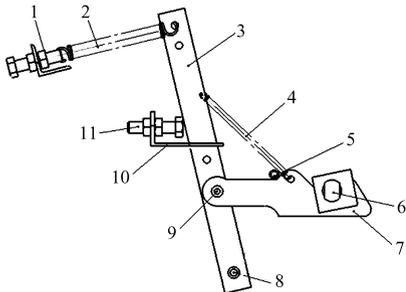


图6 密度调节机构

Fig. 6 Density regulation mechanism

1. 调节螺栓 2. 弹簧Ⅰ 3. 卡板 4. 弹簧Ⅱ 5. 挡销 6. 拉销
7. 挂钩 8. 固定销 9. 挂接销 10. 槽板 11. 定位螺栓

上,定位螺栓用于调节卡板位置,并方便机构的安装。

随着物料不断喂入,压实料捆的自身内应力使仓门克服弹簧Ⅰ的作用力向开启方向旋转,当仓门开启一定角度而挂钩尚未脱销时,四路换向开关的滑动导杆被弹簧压向顶端挡圈,通过变换4个铜垫片与滑动导杆的接触形式,电路换向。换向信号经控制电路处理后,输出到两电磁离合器。送绳电磁离合器通电并延时3s,将绳头送入成捆室,然后在料捆与压料辊的作用下自动绕绳;同时,喂料电磁离合器断电,停止饲料喂入。绕绳机构往复一个循环后,刀片自动将麻绳割断,报警蜂鸣器响起,手动操纵液压系统开仓卸料,卸料后手动操纵液压系统关闭仓门。仓门完全关闭时,换向开关的滑动导杆被仓门侧板压回至底端挡圈,电路再次换向,换向信号经控制电路变换后,使喂料电磁离合器通电,喂料装置对成捆室再次喂料。此时,挂钩与拉销挂接,打捆作业进入下一个循环。

2.3 控制电路

送绳电磁离合器和喂料电磁离合器由2个相对独立的电路控制,电路图分别如图7和图8所示^[8~9]。每个电路均包括RS去抖电路、控制逻辑电路和功率放大电路3部分。RS去抖电路用于增强机械开关换向时的稳定性和控制系统工作的可靠性。2个控制电路由5V直流电源驱动,2个执行电磁离合器由12V直流电源驱动。

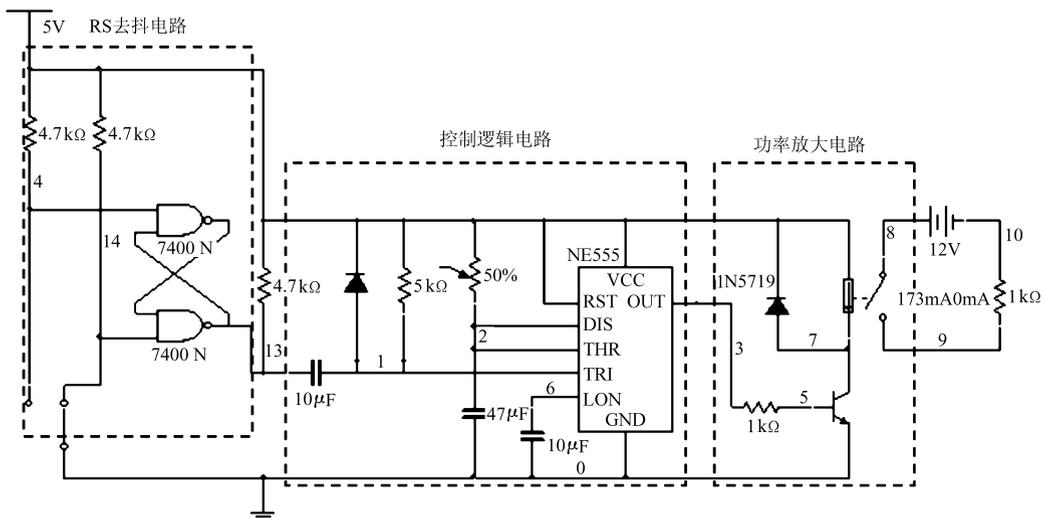


图7 送绳电磁离合器控制电路

Fig. 7 Control circuit with rope-send electromagnetic clutch

3 试验及结果分析

3.1 试验

为验证控制系统的可靠性与准确性,2008年10月,在山东巨明机械有限公司实验农场,进行了青贮玉米收获机样机性能试验。喂料和送绳过程采用手

动和自动2种控制方式,对收获机打捆作业效率、料捆密度控制的准确性和成捆率等进行了对比试验。

3.2 试验结果分析

试验结果表明:样机各项指标均达到了玉米收获机械和青饲料收获机械相关国家和行业标准要求^[10~11]。2种控制方式下料捆密度如表1所示,手

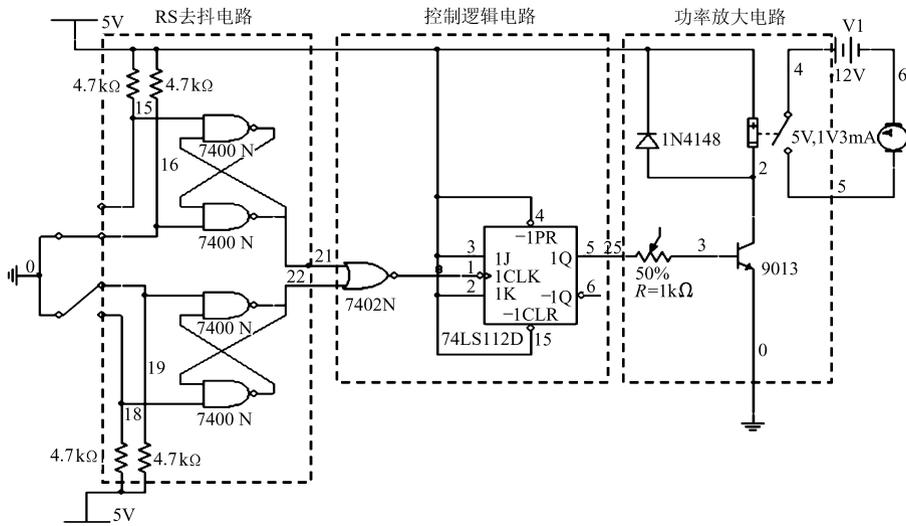


图 8 喂料电磁离合器控制电路

Fig. 8 Control circuit with feedstock electromagnetic clutch

动控制方式下,操作人员依据作业时间或经验控制料捆密度,不够准确,料捆密度分布松散;自动控制方式下,机具自动控制料捆密度,准确可靠,料捆密度分布相对集中。

表 1 两种控制方式下料捆密度分布

Tab.1 Density distribution of bales in two ways

控制方式	序号					变异系数/%
	1	2	3	4	5	
手动控制	455	504	513	487	520	5.23
自动控制	514	519	511	509	513	0.73

试验过程中,控制系统能够准确、可靠地控制 2 个电磁离合器启、停,打捆过程可按照设计的作业流程完成每个工作循环,四路换向开关和 RS 去抖电路,可有效克服作业过程中因机具颠簸对控制系统准确性和可靠性产生的不利影响。

与手动控制方式相比,压捆与绕绳质量没有明显区别,2 种方式下的成捆率均达到了 100%。但对比试验表明,自动控制方式下,机具的作业效率可提高 20%。送绳及喂料过程的自动控制,使机具只需在卸料时停止行进;而手动控制方式下,压捆完成后停止喂料和绕绳的全过程,机具均需停止行进。

4 结束语

依据压捆作业流程,采用机电一体化技术,开发了青贮玉米收获机喂料与送绳控制系统,应用四路换向开关作为其传感检测元件,结合 RS 去抖电路,实现了对喂料和送绳过程的准确、可靠控制;其机械部分机构简单,结构紧凑。

与手动控制方式对比试验表明,该系统使机具作业效率提高 20%,料捆密度控制准确性大大加强,且操作人员操作流程得以简化;压捆和绕绳质量与手动控制方式相当,成捆率达到 100%。

参 考 文 献

- 1 万霖,车刚,汪春,等. 4QZR-30 型青贮饲料收获机设计与试验[J]. 农业机械学报, 2008, 39(3): 187~190.
Wan Lin, Che Gang, Wang Chun, et al. Design and experiment for 4QZR-30 type of rubbing forage harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(3): 187~190. (in Chinese)
- 2 郝付平,陈志. 国内外玉米收获机械研究现状及思考[J]. 农机化研究, 2007(10): 206~208.
Hao Fuping, Chen Zhi. Actuality of domestic and foreign corn harvester[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(10): 206~208. (in Chinese)
- 3 丛宏斌,付静,杨启勇,等. 穗茎兼收型玉米收获机的发展分析[J]. 农业机械, 2006(7): 42
Cong Hongbin, Fu Jing, Yang Qiyong, et al. Development analysis of corn stalk and head combine harvester[J]. Farm Machinery, 2006(7): 42. (in Chinese)
- 4 丛宏斌,王克恒,李汝莘,等. 锥形式玉米秸秆揉搓装置的设计[J]. 农业机械学报, 2007, 38(12): 81~84.
Cong Hongbin, Wang Keheng, Li Ruxin, et al. Design of a corn stalk rubbing cone[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(12): 81~84. (in Chinese)

- Wan Lin, Yi Shujuan, Ma Yongcai. Study on power consumption of single axial flow threshing and separation unit of paddy [J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2005, 17(2): 56~58. (in Chinese)
- 2 蒋亦元. 水稻联合收获机性能分析与选型[J]. 中国农机化, 2000(3): 5~7.
Jiang Yiyuan. Performance analysis and type selection for rice combine[J]. Chinese Agricultural Mechanization, 2000(3): 5~7. (in Chinese)
- 3 高焕文, 李问盈, 李洪文. 我国农业机械化的跨世纪展望[J]. 农业工程学报, 2000, 16(2): 9~12.
Gao Huanwen, Li Wenying, Li Hongwen. Prospects of China agricultural mechanization facing the 21st century[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2000, 16(2): 9~12. (in Chinese)
- 4 王岳, 曹扬, 夏晓东, 等. 双季稻区收获农艺及先进适用联合收割机型谱[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 68~71.
Wang Yue, Cao Yang, Xia Xiaodong, et al. Harvesting technology in double-harvest rice regions and R & D of combine harvesting machine[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2002, 18(2): 68~71. (in Chinese)
- 5 孟繁昌, 庞凤斌, 叶耘, 等. 联合收获机水稻收获性能对比试验[J]. 农业机械学报, 2005, 36(5): 141~143.
Meng Fanchang, Pang Fengbin, Ye Yun, et al. Contrast experiment on rice harvest performance of combine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(5): 141~143. (in Chinese)
- 6 Jiang Yiyuan, Xu Jiamei, Zhang Huiyou. et al. Rice (wheat) combine harvester with cutting and windrowing straw immediately after stripping[J]. Transactions of the CSAE, 2001, 17(1): 64~68.
- 7 Price J S. Evaluation of an approach to early separation of grain threshed by a stripping rotor[J]. Journal of Agricultural Engineering Research, 1993, 56(1): 65~79.
- 8 李耀明, 周金芝, 徐立章, 等. 水稻复脱分离系统脱粒分离性能的试验[J]. 江苏大学学报: 自然科学版, 2005, 26(1): 1~4.
Li Yaoming, Zhou Jinzhi, Xu Lizhang, et al. Experimental test of grain threshing and separating unit[J]. Journal of Jiangsu University: Natural Science Edition, 2005, 26(1): 1~4. (in Chinese)
- 9 衣淑娟. 钉齿式双滚筒轴流脱粒与分离装置的试验研究[J]. 机械设计与制造, 2006(5): 88~89.
Yi Shujuan. Experimental research on the spike tooth of double axial flow threshing and separating unit[J]. Machinery Design & Manufacture, 2006(5): 88~89. (in Chinese)
- 10 李耀明, 李洪昌, 徐立章, 等. 短纹杆-板齿式轴流脱粒分离装置性能试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(7): 88~92.
Li Yaoming, Li Hongchang, Xu Lizhang, et al. Performance test of short-rasp-bar of axial flow threshing and separating unit[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(7): 88~92. (in Chinese)

(上接第 45 页)

- 5 王德福, 张全国. 青贮稻秆圆捆打捆机的改进研究[J]. 农业工程学报, 2008, 23(11): 168~171.
Wang Defu, Zhang Quanguo. Improvement of round baler for rice straw ensiling[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 23(11): 168~171. (in Chinese)
- 6 镇江农业机械学院, 吉林工业大学. 农业机械理论及设计: 下册[M]. 北京: 中国工业出版社, 1961: 261~263.
- 7 邹慧君, 廖武, 郭为忠. 机电一体化系统概念设计的基本原理[J]. 机械设计与研究, 1999, 15(3): 14~17.
Zou Huijun, Liao Wu, Guo Weizhong. Basic principle of conceptual design of mechatronics system[J]. Machine Design and Research, 1999, 15(3): 14~17. (in Chinese)
- 8 杨素行. 模拟电子技术基础简明教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- 9 余孟尝. 数字电子技术基础简明教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- 10 NY/T 1355—2007 玉米收获机作业质量(农业行业标准)[S].
- 11 GB/T 14290—1993 圆草捆打捆机 试验方法[S].