

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.10.022

联合收割机高位卸粮自动化控制系统设计*

蒋建东¹, 李聪聪¹, 毛智琳², 章恩光¹

(1. 浙江工业大学 特种装备制造与先进加工技术教育部重点实验室, 浙江 杭州 310017;
2. 星光农机股份有限公司, 浙江 湖州 313000)

摘要:针对联合收割机高位卸粮机构自动化操控问题,对联合收割机的机械结构、手工操纵流程、电路配置进行了研究。进行了卸粮二自由度机构及运动原理分析,并针对联合收割机工作效率低下问题进行了归纳,提出了一种联合收割机高位卸粮自动化控制系统;进行了二自由度机构作业任务操作逻辑次序优化,以及最小数量位置感应传感器系统和傻瓜式自动操作控制算法的设计,完成了相关软硬件设计和软件的开发,并进行了星光 4LZ-5.0Z 履带式自走全喂入联合收割机现场测试与作业的对比实验。研究表明:自动卸粮机构操作用时 5.3 s,相比于人工调节用时降低了 4 倍,提高了卸粮效率,并具有卸粮操作简单、安全性好等优点。

关键词:高位卸粮;联合收割机;自动化

中图分类号:TP273;TH39;TS210.3

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)10-1133-04

Ddesign of combine harvester high discharging automatic control system

JIANG Jian-dong¹, LI Cong-cong¹, MAO Zhi-ling², ZHANG En-guang¹

(1. Key Laboratory of Special Purpose Equipment and Advanced Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310017, China;
2. Thinker Agricultural Machinery Co., Ltd., Huzhou 313000, China)

Abstract: Aiming at the problem of automated control of high-level grain unloading mechanism in combine harvester, the mechanical structure, manual control process and circuit configuration of combine harvester were studied, mechanism structure and movement principle analysis of unloading grain and two degrees of freedom were carried out, and the problem of inefficiency of combine harvester was summarized. A high automated unloading system control system of combine harvester was put forward to operate logic of two-order optimization, the minimum number of position sensor system and the fool automated control algorithm design, the completion of the relevant hardware and software were designed and development, and Star 4LZ-5.0Z crawler self-propelled full-feed combine harvester field test and operation comparison were done. The results indicate that the automatic unloading mechanism takes 5.3 s, compared with the manual adjustment time reduced 4 times, increase unloading efficiency, and has unloading grain simple operation, and so on.

Key words: high grain unloading; combine harvester; automatic

0 引 言

在联合收割机作物过程中,卸粮是一个重要流程,其速度关系着联合收割机的工作效率。高位卸粮主要是卸粮筒和内部的旋转搅龙配合,将收割机粮仓内的谷物输送到一定高度的卸粮口处,通过卸粮口对准卸粮平台输出谷物。相对传统卸粮方式,高位卸粮有卸

粮范围大、角度多、支持行走卸粮等优点。

近年来,国内外开展了联合收割机高位卸粮自动化系统的研究^[1-7]。孙新华、孟宪成等人^[8]提出了一种散装汽车卸粮平台,根据作业需要调节高度和控制流量,有效减少了粮食的落地和抛撒;郭兴、王海鹰等人^[9]提出一种基于 PLC 的大型散粮筒仓控制系统,提高了散粮筒仓控制系统的通用性和可靠性。当前的联

收稿日期:2018-01-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51375456)

作者简介:蒋建东(1974-),男,四川广安人,博士,教授,主要从事机电系统设计与控制方面的研究。E-mail:jiangjd@zjut.edu.com

合收割机卸粮的自动化水平低,大多采用复杂的人工手柄式操作,卸粮效率和准确性低。

为实现联合收割机卸粮的自动化,本文提出一种联合收割机高位卸粮自动化控制系统,进行二自由度机构作业任务操作逻辑秩序优化、最小数量位置感应传感器系统和傻瓜式自动操作控制算法设计以及高位卸粮自动化控制系统设计开发^[10],并通过控制实验验证。

1 高位卸粮机构机械结构及运动分析

高位卸粮机构的 3D 结构示意图如图 1 所示。

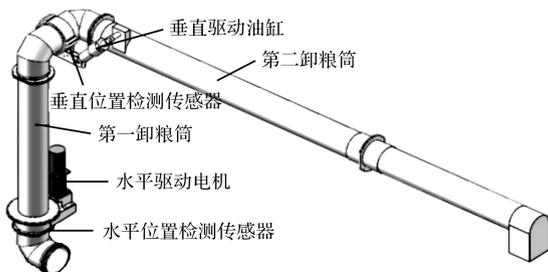


图 1 高位卸粮机构 3D 示意图

整个卸粮机构的运动模式可以简化为具有两个自由度,水平旋转角度和升降倾角。当联合收割机粮仓储满或者有卸粮要求时,通过工作人员的控制自动或者手动使出粮口到达指定位置,将粮食输送到卸粮平台,完成载粮任务。

高位卸粮机构运动原理图如图 2 所示。

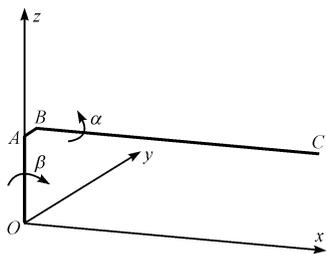


图 2 高位卸粮机构运动原理图

以整个卸粮机构最低点(即与粮箱接触点)为原点,杆 $O-A-B-C$ 就是整个卸粮机构在三维坐标系中的简化杆, OA 垂直于 AB , AB 垂直于 BC , $OA = 1\ 644\text{ mm}$, $AB = 420.5\text{ mm}$, $BC = 3\ 755\text{ mm}$, C 端是卸粮口。在此坐标系中,卸粮口 C 的理想位置用坐标来表示为 $(X, Y, Z) = (3\ 755, 420.5, 1\ 644)$ 。整个机构有两个方向的自由度:(1) BC 杆提升角度 α ;(2) OA 绕 Z 轴旋转角度 β 。

实际简化结构如图 3 所示。

初始位置的机构为 $O-A-C$, $OA = 420.5\text{ mm}$, $AC = 3\ 755\text{ mm}$,交 Y 轴于点 N , $\angle AON = 10^\circ$ 为实际机构初始偏转角度, $\angle AOB = 100^\circ$ 即为机构所定的旋转角 β 。

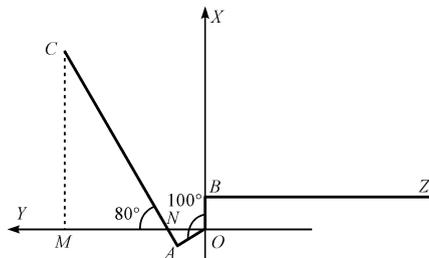


图 3 高位卸粮简化结构

C 点为卸粮口初始点,其坐标($Z_C = 1\ 644$)为:

$$\begin{aligned} |ON| &= |OA| / \cos(\angle AON) = 420.5 / \cos 10^\circ = 427 \\ |AN| &= |OA| \cdot \tan(\angle AON) = 420.5 / \tan 10^\circ = 74 \\ |NC| &= |AC| - |AN| = 3\ 755 - 74 = 3\ 681 \\ |MN| &= |NC| \cdot \cos(\angle MNC) = 3\ 681 / \cos 80^\circ = 639 \\ |MC| &= |NC| \cdot \sin(\angle MNC) = 3\ 681 / \sin 80^\circ = 3\ 625 \\ X_C &= |MC| = 3\ 625; Y_C = ON + MN = \\ &427 + 639 = 1\ 066 \end{aligned} \quad (1)$$

卸粮位置的机构为 $O-B-Z$, $|OB| = 420.5\text{ mm}$, $|BZ| = 3\ 755\text{ mm}$,显然 Z 点作为卸粮口目标点其坐标为 $(X_Z, Y_Z) = (420.5, -3\ 755)$ ($Z = 1\ 644$)。所以,可得目标点与初始点的距离为:

$$\begin{aligned} |ZC| &= \sqrt{(X_C - X_Z)^2 + (Y_C - Y_Z)^2 + (Z_C - Z_Z)^2} = \\ &\sqrt{(3\ 625 - 420.5)^2 + (1\ 066 + 3\ 755)^2} = 5\ 789 \end{aligned} \quad (2)$$

2 控制系统平台及硬件架构

卸粮机构的自动操作由操作人员控制水平驱动电机和垂直驱动油缸,实现机构空间运动及姿态,保证卸粮点 C 到达预定卸粮空间位置,完成卸粮任务。其中包括一键发出宏指令,实现卸粮口 C 自动运动到目标位置进行卸粮,以及一键收回宏指令集,实现卸粮结束后卸粮机构自动返回到初始位置和状态。

其控制系统硬件总体方案如图 4 所示。

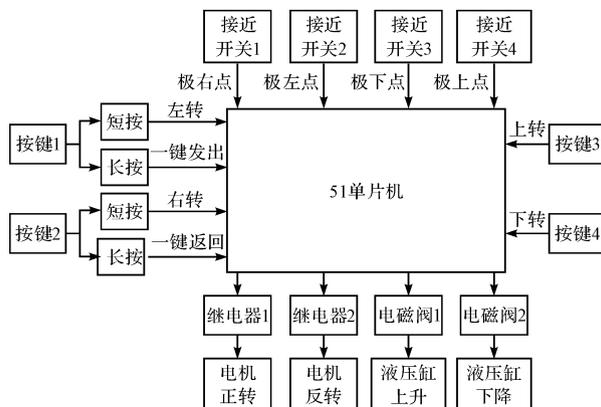


图 4 高位卸粮机构自动控制系统总体方案

笔者采用人工按键进行控制操作,并根据运动功

能分析,主要需要限制最高、最低、最左、最右 4 个机构的极限位置。本文采用 4 个接近开关(传感器),将其信号连接到 51 单片机上,4 个接近开关分别两两安装在能够测量到卸粮筒水平旋转和升降位置信息的适当位置。根据目标位置要求,通过预先设置好接近开关的位置参数,确定了卸粮筒的上、下、左、右 4 个极限位置,当运动到极限位置时,接近开关触发信息传入单片机分析处理,发出控制信息通过继电器控制电机或者电磁阀控制液压油缸启停工作而进行下一步过程,最终使得卸粮口停在指定位置。

控制系统单片机部分是整个控制电路设计的中枢部分,主要包括电源、信号输入、单片机 MCU、继电器输出以及状态信号等 5 部分,其原理电路和实物如图 5 所示。

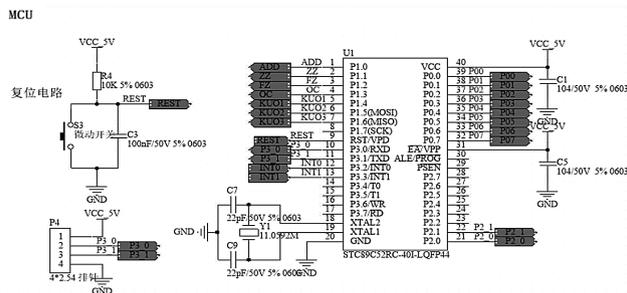


图 5 高位卸粮机构自动控制器电路原理

3 自动控制程序及流程图

控制系统分为手动控制和自动控制两种模式,其流程如图 6 所示。

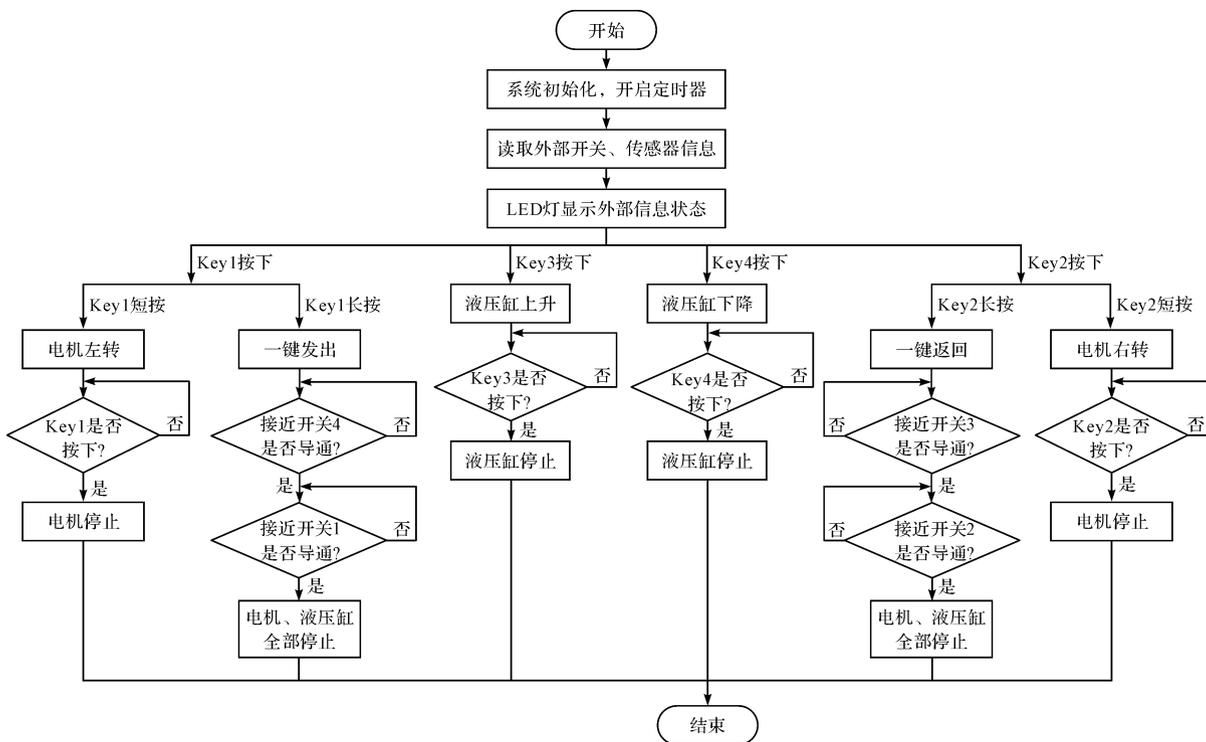


图 6 自动控制程序流程图

具体流程为:自动控制模式下分为一键发出和一键返回两种命令,一键发出命令发出后,首先控制器控制液压油缸运动,推动第二粮筒拾升,触发接近开关 4 发出信号,控制器接收信号后控制油缸停止运动,然后控制器再发出控制驱动电机运动的信号,驱动电机带动第一粮筒开始向左运转,直到触发接近开关 1。接近开关 1 发出信号,控制器接受信号后控制东区点击停止运转,高位卸粮筒到达工位点,开始卸粮工作。卸粮结束后,按下一键发出命令按钮,控制器控制驱动电机向右转动,带动第一、二粮筒转动,触发接近开关 3,接近开关 3 发出信号,接收器接收到信号后控制驱动电机停止运转,然后控制器发出信号控制油缸向下运动,带动第二粮筒运转,直到触发接近开关 2,接近开关 2 发出

信号,控制器接收到信号后,发出命令控制油缸停止运转,高位卸粮筒到达初始位置,完成整个卸粮过程。

根据实际情况,操作人员需要对粮筒的位置进行微调时,进入手动调节模式。向上抬升第二粮筒,触发接近开关 4 时无法继续向上运动;向下降低第一粮筒,触发接近开关 2 时无法继续向下运动;顺时针调节第一粮筒,触发接近开关 1 时无法继续顺时针运动;逆时针调节第一粮筒,触发接近开关 3 时无法继续逆时针旋转。以上功能是为了避免粮筒超调相撞造成机械损坏。

4 卸粮机构自动化控制系统测试

为了测定高位卸粮自动化控制系统的可靠性和稳定性,在星光 4LZ-5.0Z 履带式自走式全喂入联合收

割机进行实验验证。传感器采集的数据通过传输单元传输到上位机界面上,如图 7 所示。

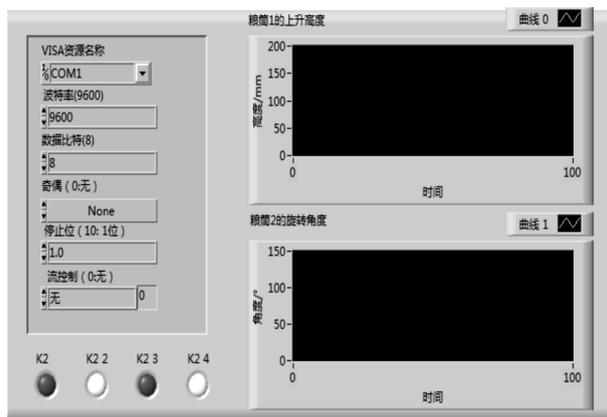


图 7 高位卸粮机构自动控制测试软件界面

传输单元数据通过串行通讯接口实时发送到上位机,在上位机软件界面上显示,并以文本的形式存储数据。上位机界面分别包括传输协议设定部分、粮筒 2 的上升高度、粮筒 1 的旋转角度、接近开关 1~4 的闭合状态等数据的显示。

经过多次的现场测试与调整,本文设计的高位卸粮机构自动控制系统能实现卸粮任务的自动化操作,并能实现卸粮机构的一键发出和一键收回的宏指令自动化操作。机构位置与自动执行时间测试数据如图(8,9)所示。

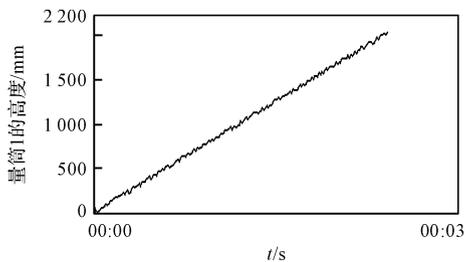


图 8 粮筒 2 的高度变化

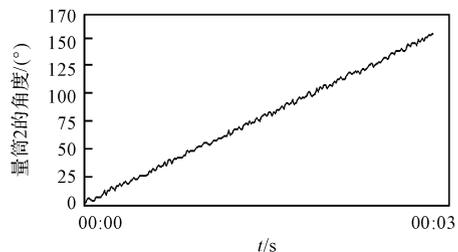


图 9 粮筒 1 的角度变化

通过机构一键式自动操作与人工机械手柄操作对比测试结果显示:控制系统发出一键发出命令后,粮筒 2 首先向上抬升,然后粮筒 1 顺时针旋转,粮筒 2 上升的高度约 2 000 mm,粮筒 1 旋转的角度约 150°,整个过程大约用时 5.3 s,相比于人工调节用时 25 s,时间降低了 4 倍,卸粮作业操作效率得到了较大的提升。

5 结束语

针对联合收割机人工卸粮效率低下问题,本研究提出了一种履带式联合收割机高位卸粮自动化控制系统,并针对系统的操作效果和稳定性,在星光 4LZ-5.0Z 履带式自走全喂入联合收割机上进行了实验验证。

实验结果表明:相比于人工调节用时,自动卸粮机构操作用时降低了 4 倍,且具有效率高、可靠性好等优点。

参考文献 (References):

- [1] 陈进,蔡阳阳.联合收割机多功能一体化操控手柄控制装置的研制[D].镇江:江苏大学机械工程学院,2016.
- [2] 李远良,陈欢.卸粮预紧机构的设计[J].农业科技与装备,2015,9(7):70-71.
- [3] 李林,郭晓剑,夏国英.新疆 4 联合收割机卸粮搅龙的设计[J].新疆农机化,2006(2):18-19.
- [4] 张务达.国外港口卸粮设备的新发展[J].粮食加工,2004,9(4):38-39.
- [5] 刘伟.收割机自动液压卸粮筒[J].农业知识,2015,10(9):14-15.
- [6] WEATHERLY E T, BOWERS J C G. Automatic depth control of a seed planter based on soil drying front sensing[J]. *Transactions of the ASAE*, 1997, 40(2):295-305.
- [7] JEYONG L, YAMAZAKI M, OIDA A., et al. Electro-hydraulic tillage depth control system for rotary implements mounted on agricultural tractor design and response experiments of control system[J]. *Journal of Terramechanics*, 1998, 35(4):229-238.
- [8] 孙新华,孟宪成,董守民,等.移动式散装汽车卸粮平台应用研究[J].粮油仓储技术通信,2006(4):25-26.
- [9] 郭兴,王海鹰.PLC 在大型散装粮仓控制系统中的应用[J].武汉理工大学学报,2009,10(31):712-715.
- [10] 蒋建东,赵颖娣.一种联合收割机高位卸粮智能控制器[P].中国:CN105144980B,2017-08-25.

[编辑:李辉]

本文引用格式:

蒋建东,李聪聪,毛智琳,等.联合收割机高位卸粮自动化控制系统设计[J].机电工程,2018,35(10):1133-1136.

JIANG Jian-dong, LI Cong-cong, MAO Zhi-ling, et al. Design of combine harvester high discharging automatic control system[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2018, 35(10):1133-1136.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>