

联合收获机智能控制试验台设计与试验*

陈进¹ 顾文龙¹ 李耀明²

(1. 江苏大学机械工程学院, 镇江 212013; 2. 江苏大学现代农业装备与技术省部共建教育部重点实验室, 镇江 212013)

【摘要】 针对联合收获机在田间作业环境下不便对测控系统调试与试验的情况,设计了联合收获机智能控制试验台。试验台在实验室环境下能够对联合收获机的多种智能控制算法进行模拟仿真。试验台集成了智能控制器、声光报警器、液晶显示器等模块,并配合使用用于速度、损失量等检测传感器,能够实时采集试验数据。试验表明,试验台能够在实验室环境进行智能控制算法试验,缩短了联合收获机智能控制装置的研发周期,为实现联合收获机的智能控制打下基础。

关键词: 联合收获机 试验台 智能控制 设计

中图分类号: S225.31 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)S0-0078-04

Design and Experiment of Intelligent Control Test-bed for Combine Harvester

Chen Jin¹ Gu Wenlong¹ Li Yaoming²

(1. School of Mechanical Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China 2. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

Considering that it's inconvenient to the experiment of measure and control system for combine harvester in the field, design and experiment of intelligent control test-bed for combine harvester was developed. Test-bed could simulate lots of intelligent control arithmetic on the environment of laboratory. Intelligent controller, sound-light alarm equipment, LCD screen, sensor used on speed and losing measuring were integrated on the test-bed, these sensor could collect the data of experiment in time. The test showed that test-bed could make the experiment of intelligent control arithmetic on laboratory, reduce the research cycle of intelligent control device and lay the foundation of intelligent control for combine harvester.

Key words Combine harvester, Test-bed, Intelligent control, Design

引言

联合收获机收获质量与机器本身的工作状态、驾驶员的操作水平、作物种类及地形地貌等密切相关。与此同时,联合收获机在实际使用过程中也会有很多问题,如:当联合收获机的前进速度与喂入量不协调时,脱粒滚筒与输送槽等易发生堵塞。由此可见,研究联合收获机的动态性能,并根据喂入量、损失量、地势以及谷物生长情况等外界条件对联合

收获机进行自动控制,保证其始终处于最佳的工作状态十分必要^[1~2]。

国内相关单位在联合收获机智能控制系统方面开展了一系列研究^[3~4]。上述研究的检测试验都是在田间或在实验室的试验台架上用真实物料进行的,其工作量大,耗费大量人力、物力,且其试验周期较长,受季节的影响比较大,给生产和科研带来极大的不便。本文在分析联合收获机各部分的结构组成和工作原理的基础上,设计联合收获机智能控制试

收稿日期: 2011-07-30 修回日期: 2011-08-26

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2010AA101402)、江苏省科技支撑计划资助项目(BE2011333)、江苏高校优势学科建设工程资助项目(苏财教(2011)8号)和江苏省农业装备与智能化高技术研究重点实验室资助项目(BM2009703)

作者简介: 陈进,教授,博士生导师,主要从事现代农业装备监测与控制技术研究,E-mail: chenjinjd126@126.com

通讯作者: 李耀明,教授,博士生导师,主要从事农业装备关键技术的基础理论及产品开发研究,E-mail: ymli@ujs.edu.cn

验台,用于对联合收获机的多种智能控制算法进行模拟仿真。

1 试验台的总体结构与原理

联合收获机结构复杂,尺寸较大,各部分的相关性较强,这些特点在试验台设计过程中要充分考虑,并由此提出试验台的设计原则:①试验台的工作情况应与联合收获机实际相接近。②根据智能控制要求,合理布置相关模拟单元和传感器以及选择主控单元。③试验台要简单易行、维护方便、易于操作和使用可靠。

根据试验台的设计原则,结合联合收获机智能控制总体方案的设计要求,确定了本试验台总体结构方案,如图 1 所示。试验台结构尺寸为 2.7 m × 1.75 m × 1.75 m,整个试验台由试验台车和行走底盘组成,试验台的控制系统、声光报警系统、人机交互界面、传感器模块、模拟仿真模块等相关模块都安装在行走底盘上。试验台车是试验台的机械系统,它主要包括动力系统、传动系统、手动操作系统、电源模块以及轮系结构。动力系统主要为试验台提供试验所需的能源,试验台车采用履带式轮系,这为整个试验台试验过程提供了很好的稳定性。试验台车采用整体靠前的布局方式,这为安装在台车上的试验模块提供了更多的空间,能够为整个试验台提供更完善的控制系统。

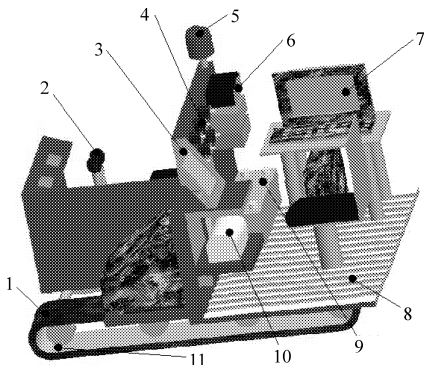


图 1 试验台总体结构示意图

Fig. 1 Overall structure of test-bed

- 1.履带轮 2.手动操作系统 3.液晶显示器 4.电动机模块
- 5.声光报警器 6.模拟仿真模块 7.上位机 8.行走底盘
- 9.电源 10.智能控制器 11.传感器

试验台开机初始化后,模拟仿真模块工作,智能控制器采集传感器模块的信号,并通过液晶显示模块进行数据显示,同时判断当前数据是否为正常,决定是否启用声光报警模块,若正常则选择相应的智能控制算法,进行前进速度智能控制试验。其中,模拟仿真模块主要由电动机模块、喂入量与损失量模拟模块组成,电动机模块用于模拟联合收获机的滚

筒、输送槽、割台螺旋输送器等转速;智能控制器用于对试验台的各传感器信号进行数据采集、智能算法的选择以及进行相关的控制;液晶显示模块用于数据显示;声光报警模块为试验台提供报警功能;传感器模块由霍尔传感器、压电晶体矢量传感器以及其他一些敏感元件组成。

2 试验台控制系统

2.1 控制系统硬件设计

联合收获机智能控制试验台的控制系统硬件组成如图 2 所示,该系统主要由智能控制模块、信号采集模块、数据通讯模块、参数设定模块、液晶显示模块、声光报警模块以及相关的调理电路组成。该控制系统主要用于控制试验台车的前进速度、采集模拟滚筒以及螺旋输送器等多路转速信号、并能够进行报警和显示。智能控制模块选用 FX3U - 64MT 型 PLC^[5],它内部集成了控制系统所需的几乎所有模拟和数字外设及其他的功能部件,同时它还具有强大的通信功能;信号采集模块采用多个相应的传感器经过对应的调理电路输入到控制器中完成信号的采集;液晶显示模块采用 HD104MK 型显示器,声光报警模块通过蜂鸣器和 LED 灯的闪烁来提示故障的类型;参数设定模块通过 6 个按键“自动”、“手动”、“屏控”、“+”、“-”和“确认”来进行参数的设定。

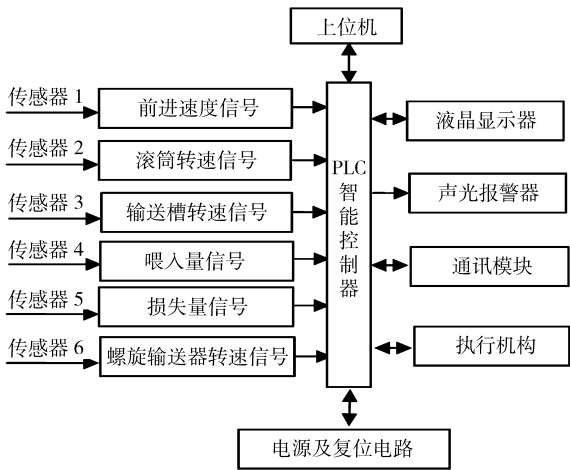


图 2 控制系统硬件组成框图

Fig. 2 Hardware components of control system

2.2 控制系统软件设计

控制系统软件由主程序和用于转速控制、数据采集等不同部分的试验子程序组成。控制系统软件能够设定联合收获机运行时各部分的参数,实时显示测量数据,并可以通过可视化的曲线来观察特性参数的变化趋势,从而进行直观的对比分析,初步判断试验的有效性。控制系统采用基于 GX Developer

的梯形图语言进行程序的编写,该语言具有直观易懂的优点。控制系统软件的主程序流程如图 3 所示。

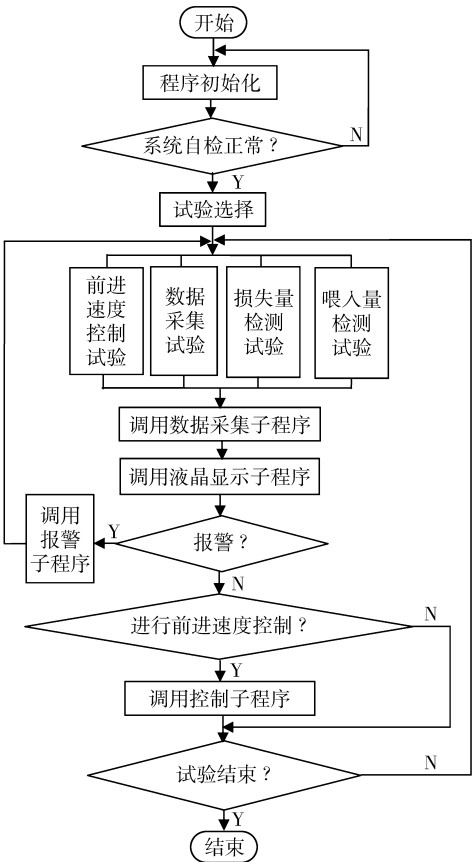


图 3 控制系统主程序流程框图

Fig. 3 Main program flow diagram of control system

试验台对于不同的试验采用不同的算法,能够进行算法的优化选择。图 4 为控制前进速度的多信息融合模糊控制算法子程序流程^[6],多信息融合模糊控制算法子程序依序为:调用输入量模糊化子程序、调用规则库和数据库、调用模糊推理子程序、调用输出量反模糊化子程序、调用多信息融合子程序和调用控制策略。然后根据算法结果判断是否需要

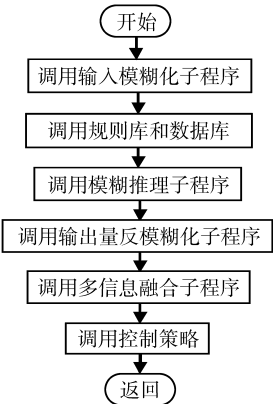


图 4 多信息融合模糊控制算法子程序流程图

Fig. 4 Program flow diagram of multi-signal combine fuzzy control arithmetic

调整前进速度,若需要调整前进速度,则调用步进电动机控制子程序对前进速度进行合理调控,从而完成对联合收获机前进速度的智能控制。同时,试验台对于同一试验还可以采取不同的控制算法,如前进速度还可以采用灰色预测模糊控制等算法^[7]。

3 典型试验结果

3.1 数据采集试验

表 1 为试验台正常工作情况下采集到的前进速度、输送槽转速、滚筒转速、割台螺旋输送器转速以及喂入量和损失率等参数。结果表明,试验台采集的数据准确、可靠。

表 1 数据采集结果
Tab. 1 Results of data collection

时间 /s	前进速度 /r·min ⁻¹	滚筒转速 /r·min ⁻¹	输送槽 转速 /r·min ⁻¹	割台螺旋 输送器转速 /r·min ⁻¹	喂入 量/ kg·s ⁻¹	损失 率 /%
0	0.4	710	310	150	4.0	0.50
1	0.4	710	310	150	4.2	0.50
2	0.4	708	309	145	4.0	0.51
3	0.4	712	305	148	3.8	0.50
4	0.4	710	315	150	4.1	0.52
5	0.4	706	312	158	4.0	0.48
6	0.4	710	312	160	4.0	0.52
7	0.4	711	310	162	4.2	0.46
8	0.4	675	308	158	4.1	0.50
9	0.4	680	314	156	3.8	0.56
10	0.3	685	311	157	3.9	0.48
11	0.3	685	311	158	4.0	0.48
12	0.3	710	310	155	3.8	0.50
13	0.3	709	315	156	3.8	0.52
14	0.4	712	306	150	4.0	0.56
15	0.4	710	308	152	4.0	0.49
16	0.4	708	310	150	4.2	0.48
17	0.4	712	312	148	4.0	0.50
18	0.4	712	310	150	4.0	0.50

3.2 前进速度控制试验

利用该试验台对联合收获机的前进速度进行智能控制模拟试验。前进速度是联合收获机的重要技术指标之一,性能良好的联合收获机应该在不超过额定喂入量和允许损失量的前提下,具有最大的前进速度^[8]。本组试验主要研究滚筒转速变化对联合收获机前进速度的影响以及观察智能控制的效果。

根据采集的数据,设定喂入量为 4 kg/s、损失率为 0、输送槽转速为 310 r/min、割台螺旋输送器转速

为 155 r/min,此时观察模拟滚筒转速对试验台前进速度的影响,如图 5 所示。前进速度为 0.4 m/s,在 7 s 时调节滚筒转速使其快速降低;8 s 时降至 675 r/min,通过试验台智能控制算法,在 9 s 时前进速度开始

自动降低,降低到 0.3 m/s,滚筒转速回升到正常值 710 r/min;12 s 时前进速度回升到 0.4 m/s。由此表明,试验台进行智能控制算法试验,达到了预期的效果。

4 结束语

设计了联合收获机智能控制试验台,用于分析联合收获机运行时各部件的工作情况以及相互关系。利用电动机模块模拟联合收获机的滚筒、输送槽、割台螺旋输送器等转动部件的转速,利用仿真模拟模块模拟喂入过程、损失过程,并进行了试验台前进速度智能控制算法试验,达到了预期的效果。

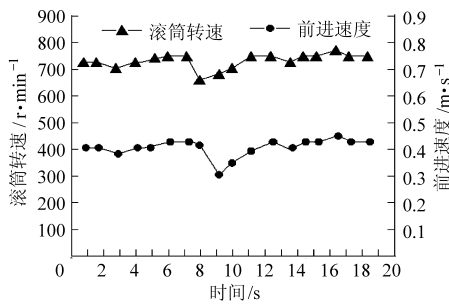


图 5 前进速度控制效果试验

Fig.5 Results diagram of forward control

参 考 文 献

- 1 李国栋,韩金仓,桑正中. 联合收割机脱粒滚筒恒速智能控制器设计[J]. 控制工程,2006(5):154~156.
Li Guodong, Han Jincang, Sang Zhengzhong. Design of intelligent controller of constant palstance of cvlinder of the combine [J]. Control Engineering, 2006(5):154~156. (in Chinese)
- 2 张认成,张英堂,桑正中. 联合收割机智能控制仿真器设计[J]. 农机化研究, 2000,22(8): 49~52.
Zhang Rencheng, Zhang Yingtang, Sang Zhengzhong. Design of a intelligent control simulator for combine[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2000,22(8): 49~52. (in Chinese)
- 3 闫兰娟. 联合收割机脱粒滚筒转速监控系统的设计[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
Yan Lanjuan. Monitor and control system for rotational speed of the threshing cylinder of combine[D]. Yangling:Northwest A & F University, 2007. (in Chinese)
- 4 张淑红,陈进. 联合收割机自动报警系统的设计[J]. 农机化研究,2002,24(3):72~74.
Zhang Shuhong, Chen Jin. A study on the auto-alarm system of combine harvester [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2002,24(3):72~74. (in Chinese)
- 5 陈忠平,周少华,侯玉宝,等. 三菱 FX/Q 系列 PLC 自学手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- 6 黄治根. 联合收割机负荷反馈系统多信号处理方法的研究[D]. 镇江:江苏大学,2010.
Huang Zhigen. Multi-signal processing method research of combine harvester load feedback system[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2010. (in Chinese)
- 7 董进泉. 基于灰色预测模糊控制的联合收割机负荷反馈装置的研制[D]. 镇江:江苏大学,2010.
Dong Jinquan. Development of load feedback equipment of combine harvester based on gray predictive fuzzy control [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2010. (in Chinese)
- 8 余利锋,肖新棉,兰海军. 国内外农业机械化现状与发展趋势[J]. 湖北农机化, 2007(6):36~37.

(上接第 137 页)

- 12 唐忠,李耀明,徐立章,等. 不同脱粒元件对切流与纵轴流水稻脱粒分离性能的影响[J]. 农业工程学报,2011, 27(3):93~97.
Tang Zhong, Li Yaoming, Xu Lizhang, et al. Effects of different threshing components on grain threshing and separating by tangential-axial test device [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(3): 93~97. (in Chinese)
- 13 潘静,邵陆寿,王轲. 水稻联合收割机喂入密度检测方法[J]. 农业工程学报,2010,26(5):113~116.
Pan Jing, Shao Lushou, Wang Ke. Detection method on feed density for rice combine[J]. Transactions of the CSAE,2010, 26(5):113~116. (in Chinese)
- 14 徐立章,李耀明,李洪昌,等. 纵轴流脱粒分离-清选试验台的研制[J]. 农业机械学报,2009,40(12):87~91.
Xu Lizhang, Li Yaoming, Li Hongchang, et al. Development on test-bed of longitudinal axial threshing-separating-cleaning unit[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(12):87~91. (in Chinese)