

阵列式压电晶体传感器谷粒清选损失监测仪设计*

倪军 毛罕平 李萍萍

(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】 设计了由阵列式压电晶体传感器、阵列信号调理系统及单片机监测系统组成的谷粒清选损失监测仪,并制作了仪器样机。测试试验结果表明,阵列式压电晶体谷粒清选损失监测仪对损失谷粒响应时间在1 s以内,测量误差小于5%,且对实际收获工况中各种干扰能有效地抑制。

关键词: 联合收获机 清选损失 在线监测 压电晶体阵列 设计 试验

中图分类号: S255.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)08-0175-03

Design of Intelligent Grain Cleaning Losses Monitor Based on Array Piezocrystals

Ni Jun Mao Hanping Li Pingping

(Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province,
Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

The array piezocrystals sensor and the conditioning circuit of array signal were designed. The software and hardware of monitoring system were completed based on the single chip microcomputer, and the instrument of monitoring grain cleaning loss was realized. Experimental data showed that the response time of the intelligent monitor for grain was less than 1 s, and the measurement errors were less than 5%. The system effectively cancelled all kinds of interference during harvesting, and could monitor grain cleaning loss on line with high accuracy.

Key words Combine harvester, Cleaning losses, On-line monitoring, Piezocrystals array, Design, Experiment

引言

在联合收获机的性能测试中,谷粒清选损失是一项重要指标,它直接影响着收获机的生产效率和作业质量^[1]。然而在收获过程中,清选筛抛出的谷粒相比茎秆和草少得多,用传感器检测到的谷粒损失信号非常微弱,几乎淹没在联合收获机、清选筛强振动噪声中,加之茎秆、草的干扰,使得谷粒信号的检测变得极其困难^[2]。目前国内对清选损失谷粒的在线检测研究较少,基本上集中在实验室静态试验阶段,忽略了恶劣的实际收获工况对清选损失谷粒信号的影响,实用性较差。由此本文设计一种基

于阵列式压电晶体传感器的谷粒清选损失监测仪,同时进行田间试验测试其性能。

1 监测仪系统设计

1.1 总体设计

阵列式压电晶体谷粒清选损失监测仪系统如图1所示,由阵列式压电晶体传感器系统、阵列信号调理系统、单片机监测系统和电源系统组成。

1.2 阵列式压电晶体传感器

谷粒清选损失采用压电晶体探测阵列进行检测,从多区域、多角度获取信息,不仅减小了信息的不确定度,而且传感器之间的冗余数据和互补数据

收稿日期:2009-09-23 修回日期:2009-11-26

*“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A03)和江苏大学博士研究生创新基金资助项目(CX08B_05x)

作者简介:倪军,博士生,主要从事系统监测与智能控制研究, E-mail: nijun1218@163.com

通讯作者:毛罕平,教授,博士生导师,主要从事系统监测与控制、计算机视觉研究, E-mail: maohp@ujs.edu.cn

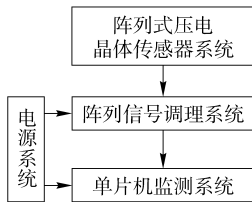


图1 谷粒清选损失监测仪系统总体框图

Fig.1 System of grain cleaning losses monitor

增强了系统的可靠性,扩展了单个传感器的性能^[3]。阵列式压电晶体传感器设计关键是探测阵列的布局,既要保证增强谷粒信号,又使得敏感元件在整个范围内灵敏度分布趋于均匀。探测阵列敏感元件是清选损失谷粒直接作用的对象,在材料选择、结构设计上对谷粒信号的获取与识别有重要的影响^[4]。选用的敏感元件结构参数为^[5]:平板型,奥氏体不锈钢304号,尺寸(长×宽×厚)300 mm×200 mm×1.5 mm。为了提高敏感元件对谷粒冲击信号的分辨率,利用3块薄板全宽分布进行检测;压电探测阵列敷贴于敏感元件背面,并密封于支架上;敏感元件正面敷贴一层弹性薄膜,用于降低谷粒撞击时在敏感元件内部产生的弯曲波^[6]。传感器结构如图2所示。

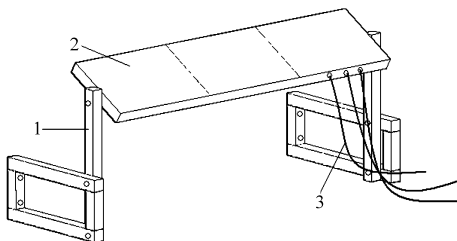


图2 阵列式压电晶体传感器示意图

Fig.2 Array piezocrystals grain losses sensor

1. 支架 2. 探测阵列敏感元件 3. 屏蔽电缆

1.3 阵列信号调理系统

阵列信号调理系统是由前置电荷放大器、高通滤波电路、灵敏度调节电路、灵敏度电压显示电路、脉冲整形电路等组成,其作用主要是从强振动噪声背景下分离微弱的清选损失谷粒信号,并对此进行放大、滤波、整形等处理,如图3所示。

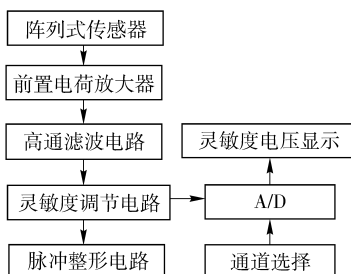


图3 阵列信号调理系统原理框图

Fig.3 Conditioning circuit of array signal

1.4 单片机监测系统硬件电路

谷粒清选损失智能监测仪是以80C52微型单片机为数据采集和监测中心,外加输入、输出接口电路,其原理如图4所示。

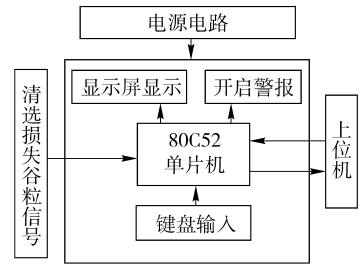


图4 单片机监测系统原理框图

Fig.4 Monitoring system based on SCM

单片机通过输入口采集谷粒清选损失信号,监控程序对采集到的谷粒清选损失信号进行计数、处理,并将结果实时显示在显示屏上,完成清选损失在线监测,如果谷粒损失量超出设定的极限值,报警指示灯点亮,指示机手采取相应措施。控制键盘提供了谷粒清选损失监测仪2种工作模式的切换(在线监测与历史查询)。作为监测系统的智能终端,监测仪标准串行接口与上位机进行实时数据传输,并接受上位机的远程管理。

1.5 软件系统

谷粒清选损失智能监测仪软件系统主要包括3部分:监控程序,用于系统的开机自检、初始化等;应用程序,用于清选损失量的计算、实时显示等;与上位机之间的通信程序。整个软件系统采用模块化设计,便于调试、移植和升级。

由系统的需求可知,软件系统主要功能为:实时采集数据、实时处理数据、实时显示数据、按键处理和通信。由于系统需要完成的任务较多,尤其对实时性有一定要求,所以程序宜采用中断方式实现,确保满足各模块的实时性要求。

2 谷粒清选损失监测仪工作方式

在在线监测方式下,系统采集谷粒清选损失信号,监控程序对采集到的谷粒信号进行处理、计算,并将结果实时显示在显示屏上,完成清选损失在线监测。谷粒清选损失量

$$a = 30N\delta$$

式中 N ——单位时间(s)内清选损失谷粒粒数

δ ——修正系数

对于刚收获的稻谷,由于含水率较高,因此取千粒质量30 g,即平均单个谷粒质量为30 mg;由于压电探测阵列敏感元件尺寸是一定的,不可能完全检测到各方位上所有的谷粒,因此需要在检测到的谷

粒数基础上乘上一个修正系数。

在历史查询方式下,系统调出当前工作时段内损失谷粒总粒数,用于评价此次收获作业质量状况,依此制定、改进收获方案。两种工作方式相辅相成。

3 试验结果与讨论

为了检验所设计的谷粒清选损失监测仪在实际收获工况下的性能,于2009年7月在安徽省南陵县宏成农场进行了水稻收获试验。试验在中机南方碧浪4LZ-2.0型全喂入式联合收获机上进行。试验前,压电探测阵列灵敏度电压均调至0.7V,联合收获机以正常的工作状态在空地上行进20m,往复2次,以测试机组振动、地面颠簸等外在干扰对谷粒清选损失监测仪的影响。观察清选损失监测仪显示屏,试验显示值非常小,基本上在2~3粒左右,对清选损失谷粒检测试验影响较小,表明监测系统能够抑制机组振动、地面颠簸等干扰信号。试验时,联合收获机以正常的工作状态进行收获,机组每行进20m作为一次测量点,共测量3次。为了达到精确测量,防止割台落粒、夹带损失混杂于清选损失中,试验中用油布兜住清选筛抛出物,然后人工分离谷草,计算出谷粒总数,数据如表1所示。

表1 田间稻谷收获试验数据

Tab.1 Measurement data of grain cleaning losses monitor

试验序号	测量值/粒	实际值/粒
1	1 692	2 118
2	1 404	1 806
3	1 552	2 020

比较表中数据,用稻谷总数实际值除以稻谷总数测量值,得到各次试验修正值:1.25、1.28、1.30。

取算术平均值为修正系数 δ ,则

$$\delta = \frac{1.25 + 1.28 + 1.30}{3} = 1.27$$

修正过的数据如表2所示。

阵列式压电晶体谷粒清选损失监测仪对损失谷粒信号响应时间在1s以内,从试验数据可以看出,系统的平均测量误差为1.71%。

表2 修正后的田间稻谷收获试验数据

Tab.2 Corrected measurement data of grain cleaning losses monitor

试验序号	稻谷测量值/粒	稻谷实际值/粒	误差/%	平均误差/%
1	2 148	2 118	1.42	
2	1 783	1 806	1.27	1.71
3	1 971	2 020	2.43	

2009年7月16日江苏省农业机械试验鉴定站对清选损失监测仪进行了田间鉴定。鉴定数据如表3所示。鉴定时,首先对监测系统进行了修正,然后启动联合收获机收获由鉴定人员指定的两块地的水稻,每块地面积约为20m²。

表3 清选损失监测仪鉴定记录表

Tab.3 Identification data of grain cleaning losses monitor

试验序号	稻谷测量值/粒	稻谷实际值/粒	误差/%	平均误差/%
1	2 128	2 203	3.40	
2	1 811	1 755	3.19	3.30

从现场鉴定数据可以看出,清选损失监测仪的平均测量误差为3.3%,监测系统具备了在线测量清选损失的能力,基本达到了实际应用的要求。

4 结束语

设计了阵列式压电晶体谷粒清选损失监测仪,并于2009年7月在安徽省南陵县宏成农场分别进行了水稻收获试验和江苏省农业机械试验鉴定站组织的田间鉴定。结果表明,该监测仪能实时在线监测收获过程中谷粒清选损失,平均测量误差为3.3%,且对收获工况中各种干扰能有效地抑制,基本达到了实际应用的要求。

参 考 文 献

- 北京农业机械学院. 农业机械学:下册[M]. 北京:农业出版社,1981.
- 毛罕平,倪军. 阵列式压电晶体谷物损失传感器有限元分析及试验研究[J]. 农业机械学报,2008,39(12):123~126. Mao Hanping, Ni Jun. Finite element analysis and measurement for array piezocrystals grain losses sensor[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. 2008,39(12):123~126. (in Chinese)
- 何友,王国宏,彭应宁,等. 多传感器信息融合及应用[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- Ni Jun, Mao Hanping. Kinetic model about sensitive plate of the grain losses sensor[C] // Proceedings of the 2007 International Conference on Agriculture Engineering, 2007:604~609. (in Chinese)
- Ni Jun, Mao Hanping. Study on array piezocrystals grain loss sensor[C] // ITES'2008, 2008,2:1 058~1 061.
- Ni Jun, Mao Hanping. Kinetic analysis and measurement for sensitive element of the grain losses sensor[C] // Proceedings of ISPMM2008, 2008: 7130. L-1~L-6.
- 王昊,李昕. 集成运放应用电路设计360例[M]. 北京:电子工业出版社,2007.
- 何立民. 单片机高级教程:应用与设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000.