

基于虚拟仪器的籽棉残膜分离装置测试系统^{*}

张若宇 丁竹青 李晓良 坎 杂 李 硕 张亚欧
(石河子大学新疆生产建设兵团农业机械重点实验室, 石河子 832003)

摘要: 基于虚拟仪器技术并结合各种传感器,设计了籽棉残膜分离装置的测试系统,并将系统采集数据和四通道智能压力风速风量数据采集仪及手持式激光转速计测量的数据进行对比分析。试验结果表明:大、小滚筒转速采集数据的最大相对误差为0.68%,风速采集数据的最大相对误差为8.95%。系统测试精度满足对风速和转速的测量要求。

关键词: 机采籽棉 残膜分离 虚拟仪器 测试系统

中图分类号: S24; TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)10-0097-06

引言

由于新疆棉花特殊的铺膜种植模式,机采过程中易造成大量残留地膜混入^[1-6]。为有效实现籽棉中残膜的机械化分离,本文在前期研制了正压气流与网状滚筒式机采籽棉残膜分离装置^[7-8]。但研究发现,残膜分离效果很大程度上取决于大、小网状滚筒转速和分离室风速等因素的影响^[9-10]。若要获得较理想的分离效果,须准确获取上述参数,以便通过精确的流场仿真分析,进而优化和完善残膜分离装置结构和工作参数。

传统获取转速和风速的方法大多根据经验估算或采用简易仪表测量,难以保证长时间精确稳定地获取数据,且无法实现多点实时自动采集。虚拟仪器技术凭借着界面友好,处理能力及可移植性强和操作方便等优点为数据的自动采集和实时测试提供了一种理想解决方案。随着现代农业向自动化发展,该技术在我国农业系统监测中得到初步应用^[11-19]。

为实时准确获得残膜分离装置运行时各关键区域的风速和大、小网状滚筒转速,本文基于虚拟仪器技术设计一套可满足机采籽棉残膜分离装置运行时风速和转速等参数的多点实时采集与处理的测试系统,并以研发的机采籽棉残膜分离试验装置为平台,验证系统数据采集与处理的准确性和可靠性。

1 测试系统设计

1.1 总体设计

1.1.1 系统原理结构

测试系统由风速传感器、转速传感器、直流24 V稳压电源、SCB-68接线端子、SHC68-68-EPM屏蔽线、PXI-6251高速数据采集卡和显示器等组成,系统原理结构如图1所示。安装固定好风速和转速传感器,用直流24 V稳压电源对其供电,传感器输出信号线接入SCB-68接线端子,信号经调理后由SHC68-68-EPM屏蔽线传送至PXI-6251高速数据采集卡,数据经分析处理后显示在人机交互界面中。

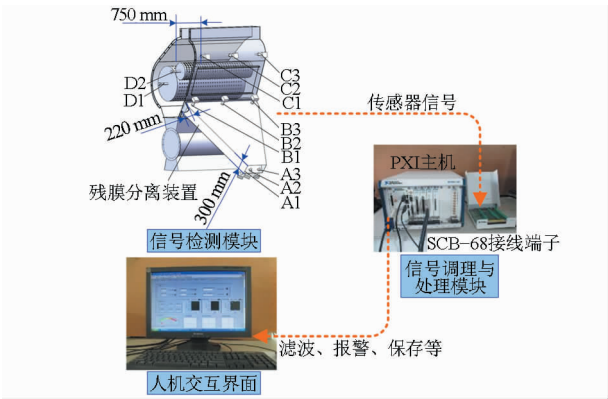


图1 系统结构图
Fig.1 System structure

1.2 系统硬件组成

1.2.1 风速传感器选型及布设

(1) 风速传感器选型

根据测量原理选用能感受风力并转换成有一定

收稿日期: 2013-10-18 修回日期: 2014-01-10
^{*} 国家自然科学基金资助项目(51265047)和“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2009BADB0B01)
作者简介: 张若宇,副教授,主要从事农产品智能化无损检测技术与装备研究,E-mail: ry248@163.com
通讯作者: 坎杂,教授,主要从事农牧机械装备研究,E-mail: kz-shz@163.com

线性对应关系输出信号的风速传感器,风速传感器有三杯式、热式和超声波式等几种,根据残膜分离装置输棉管道及分离室的空间尺寸等实际情况,选用KV621系列带显示的热式风速传感器(天津凯士达仪器仪表有限公司),量程为0~40 m/s,工作电压为24 V,响应频率为0~4 Hz,分辨率为0.01 m/s。

(2) 风速传感器布设

根据风速传感器和斜筒入口、出口及小滚筒前侧壁轴线方向的尺寸,在斜筒入口和出口的断面及小滚筒前侧壁轴线方向各均布3个孔作为风速传感器安装位置,如图1所示A1、A2、A3、B1、B2、B3和C1、C2、C3。为获取每个布点不同深度处的风速,在斜筒入口3个布点处,从上到下方位依次选取280、150和20 mm深度处作为上、中、下3层的测试点;在斜筒出口3个布点处,从上到下方位依次选取200、110和20 mm深度处作为上、中、下3层的测试点;在小滚筒前侧壁轴线方向3个布点处,从里往外方位依次选取750、500和250 mm深度处作为前、中、后3层的测试点。

1.2.2 转速传感器选型及布设

(1) 转速传感器选型

转速测量采用光电式检测方法,忽略输送带与轴的相对速度。测试系统选用ISC5208型增量式轴编码器(海德公司)测量转速,量程为0~5 000 r/min,工作电压为24 V,响应频率为0~100 kHz,分辨率为0.002 r/min。

根据ISC5208型增量式轴编码器测量转速原理,转速为

$$n = \frac{60fM_1}{NM_2}$$

(1)

式中 n ——转速 f ——时钟频率
 N ——编码器每转产生脉冲信号个数
 $M_1、M_2$ ——编码器脉冲和时钟脉冲进行计数的计数值

(2) 转速传感器布设

根据大、小滚筒转轴的直径和编码器轴的直径,制作固定编码器的联轴器 and 侧板,分别将转速传感器固定在D1、D2的位置(图1)。

1.3 系统软件设计

系统软件是基于LabVIEW软件平台开发的,由前面板和程序框图两部分组成。前面板是图形化的人机交互界面,可以设定整个系统的功能,程序框图则是一种图形化的框图结构,通过图形化的编程语言对前面板的控制量和显示量进行控制。

1.3.1 前面板界面

前面板是系统与用户交流信息的窗口,具有相

应的输入、输出功能,如数据采集参数的设置、采集信号波形的实时显示、采集电压值的显示、数据存储路径的选择以及超限报警等。在该系统中所有功能模块放在一个选项卡中,用户可以根据需要进行切换,如图2所示。

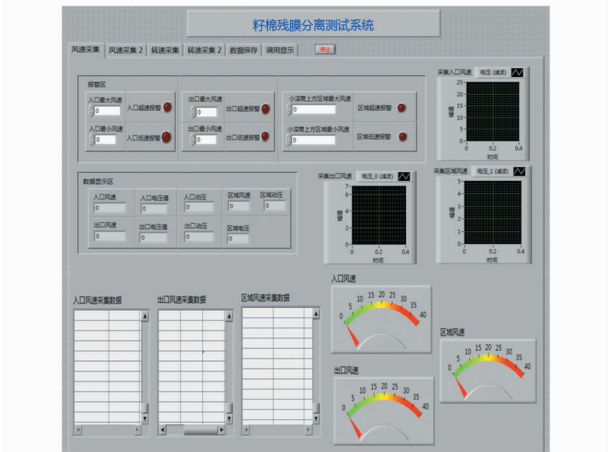


图2 前面板界面

Fig.2 Front interface panel

1.3.2 系统程序

程序框图是按照系统的功能要求,采用模块化、层次化设计以实现数据实时采集、处理、显示、存储、回放及超限报警等功能。系统软件主要由4个模块组成,如图3所示。

(1) 数据采集模块

系统中利用MAX进行DAQ硬件的配置及测试,通过DAQ助手进行系统硬件测试、接线端配置、采样模式、采样通道、采样率和采样次数以及输入信号量程范围的设置,利用PXI-6251数据采集卡(NI公司)对各传感器信号进行采集。

(2) 数据处理模块

对DAQ数据采集卡读取的信号进行处理,根据需要选择滤波器的类型,设置截止频率等,将采集到的电压信号转换为测量的物理量信息。处理转速时,依据前期研究滤波器类型采用平滑滤波中矩形窗函数,其主瓣宽度较窄但易于分辨,在不考虑幅值精度,只要求读出主瓣频率的精确值时较常使用,符合本文试验采集转速的要求,试验时其半宽移动平均设为5个采样。矩形窗函数时域形式

$$w(l) = \begin{cases} 1 & (0 \leq l \leq L-1) \\ 0 & (\text{其他}) \end{cases}$$

(2)

式中 $w(l)$ ——窗函数
 L ——窗口长度,即截断点数
 l ——单位时间变量

处理风速时,依据前期研究滤波器类型采用低通截止频率为20 Hz,2阶Bessel(贝塞尔)滤波。当

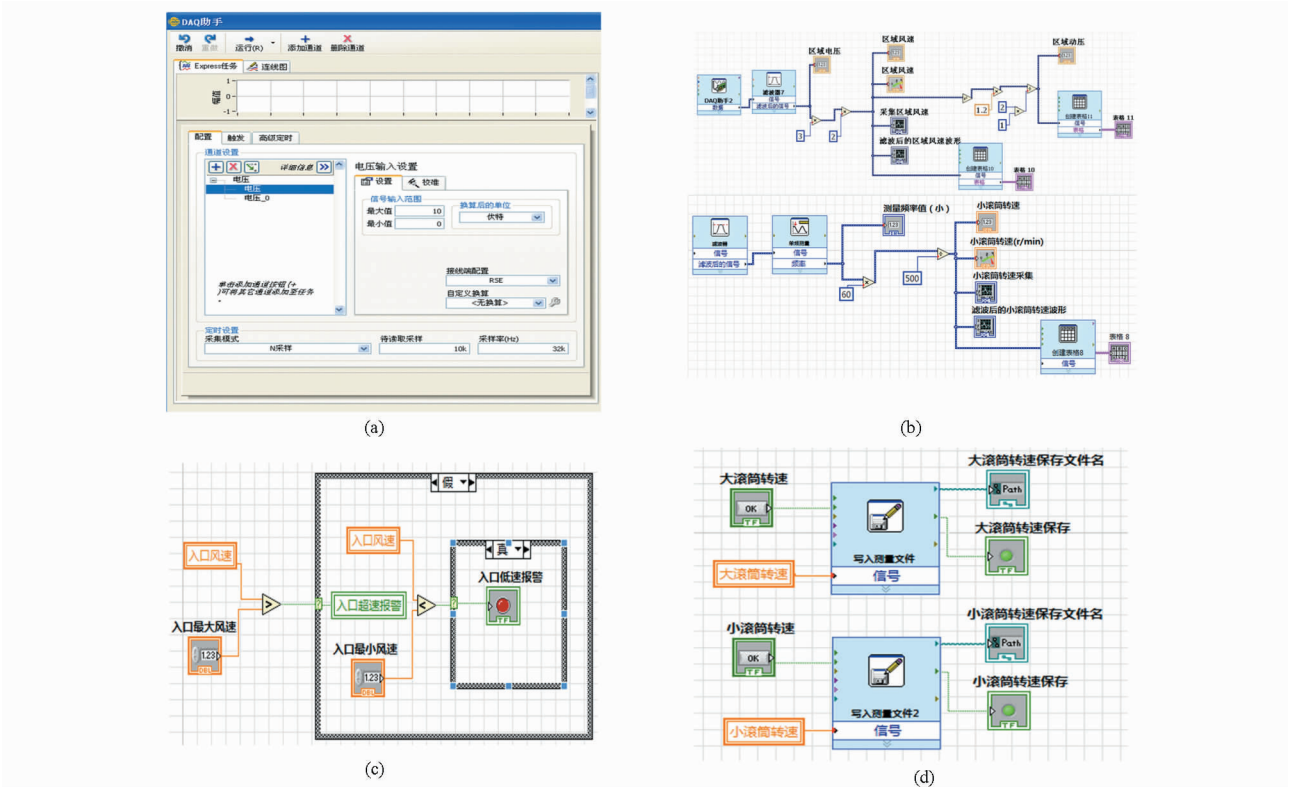


图 3 系统软件主要模块

Fig. 3 Main modules of system software

(a) 数据采集模块 (b) 数据处理模块 (c) 数据报警模块 (d) 数据管理模块

频率从 0 到 $f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$ 时,它有一个非常接近线性的相位响应和恒定时间延迟。贝塞尔滤波器具有最佳的线性相位特性。2 阶 Bessel (贝塞尔) 滤波器传递函数为

$$H(s) = \frac{3\omega_0 G}{s^2 + 3\omega_0 s + 3\omega_0^2} \tag{3}$$

式中 $H(s)$ ——滤波器传递函数
 G ——增益 s ——复变量
 ω_0 ——滤波器自然角频率

(3) 数据报警模块

由于风速和转速的波动都会影响残膜分离装置正常的分离效果,故需根据残膜分离装置的技术参数指标,手动设置风速和转速的阈值范围,为残膜分离装置异常运行时实时报警。

(4) 数据管理模块

为了后续对系统采集的数据进行深入分析,该模块具有数据文件实时保存、历史数据查询和图形显示等功能。

2 系统试验与结果分析

2.1 试验方法

选用 OriginPro 8.5 及 Excel 2003 数据分析软件^[20]对系统采集的数据和 JX1000-1Q 型四通道智

能压力风速风量数据采集仪(测量精度 0.01 m/s)及 DT6234B 型手持式激光转速计(测量精度 0.1 m/s)测量的数据进行对比分析。根据前期试验研究得到的风速和转速分别标定好 5 个风机频率和 10 个电动机频率,设置数据采集点,手持式激光转速计和智能压力风速风量数据采集仪在每个点、每层和每个频率下采集 50 次,并取其平均值作为该点测试值。系统采集的转速与 DT6234B 型手持式激光转速计测量数据进行比较分析;系统采集的风速与 JX1000-1Q 型四通道智能压力风速风量数据采集仪测量数据进行比较分析。

2.2 结果分析

2.2.1 大、小滚筒转速

根据误差对比分析,系统大滚筒转速采集数值相对误差小于 0.43%,标准偏差小于 0.97 r/min,平均相对误差为 0.29%,平均标准偏差为 0.43 r/min;小滚筒转速采集数值相对误差小于 0.68%,标准偏差小于 3.28 r/min,平均相对误差为 0.26%,平均标准偏差为 2.46 r/min。

2.2.2 风速

(1) 斜筒入口处

根据误差对比分析,系统 A(A1、A2 和 A3)处风速采集数值相对误差小于 2.74%,标准偏差小于 0.74 m/s,平均相对误差为 1.30%,平均标准偏差为

0.56 m/s。由图 5 和表 1 可得,斜筒入口处中、上层风速大于下层风速,且在风机频率大于 33.06 Hz

时,系统测量的相对误差增大。这可能是由于频率增大时风速变大,导致传感器出现微小抖动。

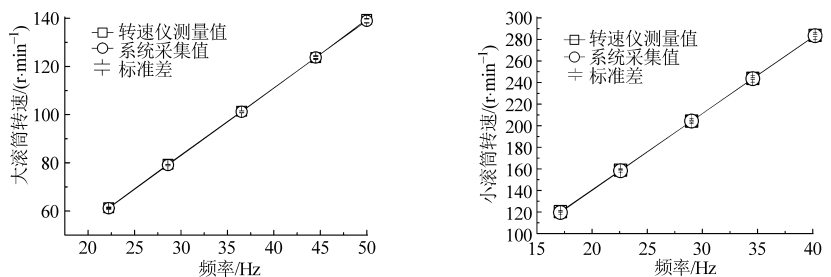


图 4 大、小滚筒转速测试结果

Fig. 4 Test results of rotate speed of big and small mesh rollers

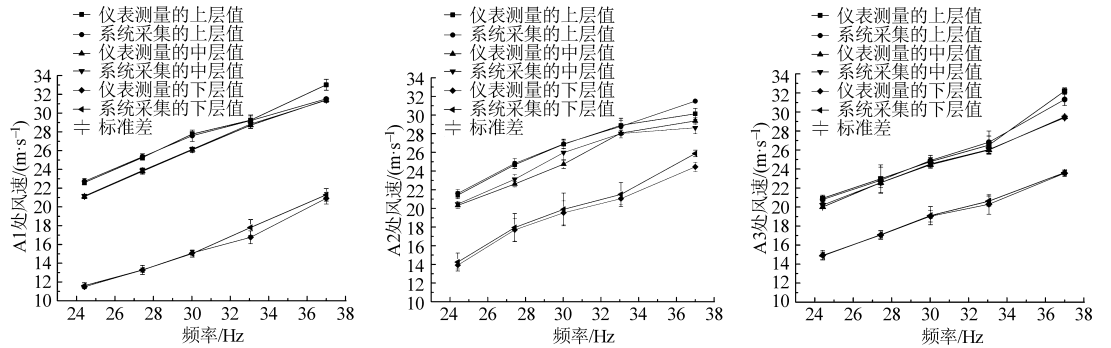


图 5 A 处风速测试结果

Fig. 5 Test results of A wind speed

表 1 A 处风速的相对误差和 SD

Tab. 1 Relative error and SD of A wind speed

位置	A 处风速的相对误差/%				SD/(m·s ⁻¹)
	上层	中层	下层	平均值	
A1	1.25	0.30	1.91	1.15	0.40
A2	1.30	2.12	2.74	2.05	0.71
A3	1.13	0.39	0.58	0.70	0.57
平均值	1.23	0.94	1.74	1.30	
SD/(m·s ⁻¹)	0.54	0.39	0.74		0.56

(2) 斜筒出口处

根据误差对比分析,系统 B (B1、B2 和 B3) 处风速采集数值相对误差小于 2.46%, 标准偏差小于 0.41 m/s, 平均相对误差为 1.34%, 平均标准偏差为 0.35 m/s。由图 6 和表 2 可得,斜筒出口处中、下层风速大于上层风速,同样在风机频率大于 33.06 Hz 时,系统测量的相对误差增大。其原因同样可能是由于频率增大时风速变大,导致传感器出现微小抖动。

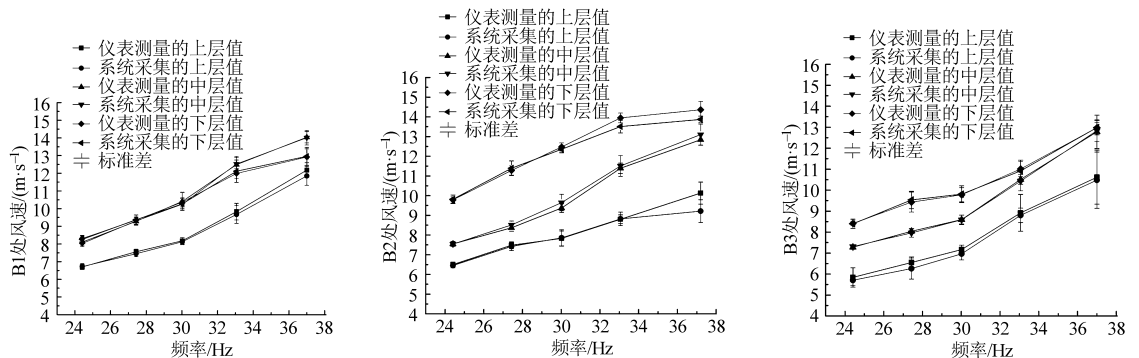


图 6 B 处风速测试结果

Fig. 6 Test results of B wind speed

(3) 小滚筒上方区域

根据误差对比分析,系统 C (C1、C2 和 C3) 处风速采集数值相对误差小于 8.95%, 标准偏差小于 0.31 m/s, 平均相对误差为 4.67%, 平均标准偏差为 0.25 m/s。由图 7 和表 3 可得,小滚筒上方区域前方风速最大,同样在风机频率大于 33.06 Hz 时,系

统测量的相对误差增大。这可能还是源于风机频率增大时风速增强,导致传感器出现微小抖动;系统采集小滚筒上方区域风速比采集斜筒入口、出口处风速时的相对误差和标准偏差稍大,或许是由于大小滚筒运转后,分离装置整体振动增大,造成传感抖动增强所致。

表 2 B 处风速的相对误差和 SD

位置	B 处风速的相对误差/%				SD/(m·s ⁻¹)
	上层	中层	下层	平均值	
B1	1.36	0.64	0.65	0.88	0.32
B2	2.44	1.57	1.78	1.93	0.32
B3	2.46	0.56	0.65	1.22	0.41
平均值	2.09	0.92	1.03	1.34	
SD/(m·s ⁻¹)	0.40	0.32	0.34		0.35

表 3 C 处风速的相对误差和 SD

位置	C 处风速的相对误差/%				SD/(m·s ⁻¹)
	上层	中层	下层	平均值	
C1	1.61	3.66	8.95	4.74	0.19
C2	1.31	5.34	7.35	4.67	0.26
C3	2.76	5.16	5.87	4.60	0.30
平均值	1.89	4.72	7.39	4.67	
SD/(m·s ⁻¹)	0.31	0.21	0.23		0.25

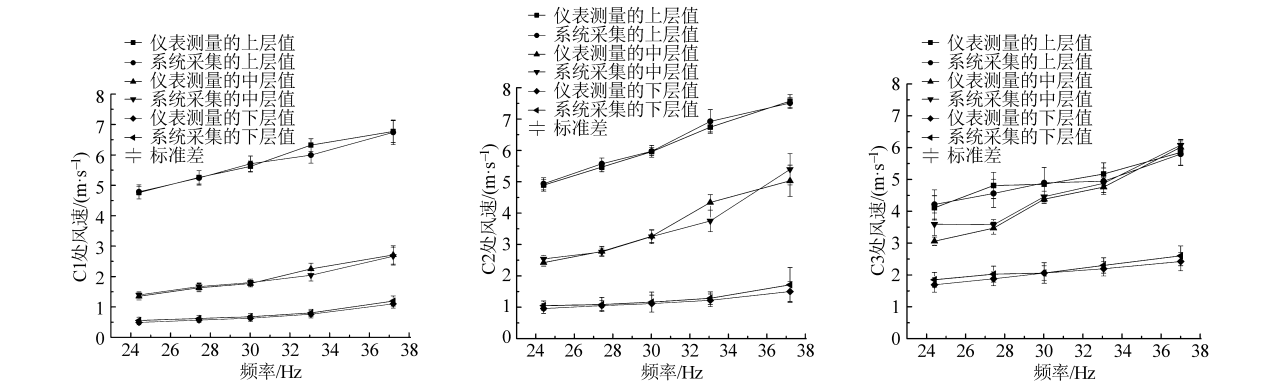


图 7 C 处风速测试结果
Fig.7 Test results of C wind speed

3 结论

(1) 建立了机采籽棉残膜分离装置测试系统, 实现了残膜分离装置工作过程中信号的实时采集、报警、数据保存和调用等功能,能实时、多点获取残膜分离装置工作时关键区域的风速和大、小滚筒转速,实现了对残膜分离装置运行状况的实时监测。

(2) 通过将系统采集数据与测量仪表数据对比

得到,大、小滚筒转速采集值的相对误差小于 0.68%,平均相对误差小于 0.29%;风速采集值的相对误差小于 8.95%,平均相对误差小于 4.67%。系统测试精度可以满足机采籽棉残膜分离装置流场在线分析测试的实际要求。

(3) 试验发现,当风机频率大于 33.06 Hz 时,由于风速增加以及大、小滚筒转动所引起的振动均引起测量误差的增大。

参 考 文 献

1 Pamuk S A G. Ultrasonic energy in the textile industry [J]. China Textile Leader, 2007(9): 112 – 114.

2 Wu M, Liu J. Principle and its processing property of the photo-electric foreign matter detector and cleaner [J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2007, 35(1): 17 – 19.

3 Li D, Yang W, Wang S. Classification of foreign fibers in cotton lint using machine vision and multi-class support vector machine [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 74(2): 274 – 279.

4 Zhang X, Li D, Yang W, et al. A fast segmentation method for high-resolution color images of foreign fibers in cotton [J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2011, 78(1): 71 – 79.

5 Ge L, Li D, Yang L, et al. Image segmentation of pseudo-foreign fibers in cotton on the basis of improved genetic algorithm [J]. Computer and Computing Technologies in Agriculture V, IFIP Advances in Information and Communication Technology, 2012, 369: 538 – 548.

6 Ji R, Li D, Chen L, et al. Classification and identification of foreign fibers in cotton on the basis of a support vector machine [J]. Mathematical and Computer Modelling, 2010, 51(11 – 12): 1433 – 1437.

7 石河子大学. 籽棉异性纤维清理机: 中国, CN101760811A[P]. 2010 – 06 – 30.

Shihezi University. Foreign fiber cleaning machine of seed cotton: China, CN101760811A[P]. 2010 – 06 – 30. (in Chinese)

8 坎杂,郭文松,张若宇,等. 网状滚筒式机采籽棉残膜分离机的设计[J]. 农业工程学报, 2011, 27(6): 95 – 99.

Kan Za, Guo Wensong, Zhang Ruoyu, et al. Design of mesh roller-type separator for machine-harvested seed cotton and film remnant [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(6): 95 – 99. (in Chinese)

9 张若宇,坎杂,郭文松,等. 机采籽棉残膜分离机籽棉带出机理仿真[J]. 农业工程学报, 2012, 28(1): 17 – 21.

Zhang Ruoyu, Kan Za, Guo Wensong, et al. Simulation on cotton dragout mechanism of mesh roller-type cotton and film remnant separator[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(1): 17 – 21. (in Chinese)

10 郭文松. 网状滚筒式籽棉残膜分离仿真分析与试验研究[D]. 石河子:石河子大学, 2012.
Guo Wensong. Simulation analyse and experimental study of mesh roller-type separator for machine-harvested seed cotton and film remnant[D]. Shihezi: Shihezi University, 2012. (in Chinese)

11 李雅茹. 虚拟仪器及其在农业现代化中的应用[J]. 陕西农业科学, 2009(2):131 – 132.

12 殷章桃, 坎杂, 江英兰, 等. 基于虚拟仪器的加工番茄自动分选试验台输送系统[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(3):374 – 377.
Yin Zhangtao, Kan Za, Jiang Yinglan, et al. The monitoring conveyor system of processing tomato automatic sorting test bench based on virtual instrument [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2013, 41 (3): 374 – 377. (in Chinese)

13 于洁. 基于虚拟仪器的番茄色选机测试与分析系统的设计研究[D]. 石河子:石河子大学, 2011.
Yu Jie. Design and research of tomatoes color sorter testing and analysis system based on virtual instrument [D]. Shihezi: Shihezi University, 2011. (in Chinese)

14 李江波. 基于虚拟仪器的设备综合性能测试系统研究[D]. 邯郸:河北工程大学, 2007.
Li Jiangbo. Study of test system of composite characteristic of devices based on virtual instrument [D]. Handan: Hebei University of Engineering, 2007. (in Chinese)

15 丁元法, 张晓辉, 李爱芝, 等. 虚拟仪器技术与农机测试[J]. 农机化研究, 2002(3):47 – 48.

16 李光提, 李汝莘, 侯存良, 等. 基于虚拟仪器技术的重力式种子精选机测控系统的研制[J]. 农业工程学报, 2004, 20(4):99 – 103.
Li Guangti, Li Ruxin, Hou Cunliang, et al. Development of testing and controlling system for gravitational seed selecting machine based on virtual instrument [J]. Transactions of the CSAE, 2004, 20(4): 99 – 103. (in Chinese)

17 陈海生, 洪添胜, 吴伟斌, 等. 温室温湿度的远程监控系统[J]. 农机化研究, 2005(4):124 – 127.
Chen Haisheng, Hong Tiansheng, Wu Weibin, et al. Remote monitor system for temperature and moisture in greenhouse [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2005(4): 124 – 127. (in Chinese)

18 袁媛, 李绍稳, 汪伟伟, 等. LabVIEW 软件平台在果园生态环境远程监测系统中的应用[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6):186 – 188.
Yuan Yuan, Li Shaowen, Wang Weiwei, et al. Application of LabVIEW to remote monitoring system for orchard environment [J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23 (6): 186 – 188. (in Chinese)

19 陈斌, 袁雪, 管国强, 等. 基于 LabVIEW 的生物发酵过程远程在线监控系统设计[J]. 农业工程学报, 2008, 24(8):174 – 177.
Chen Bin, Yuan Xue, Guan Guoqiang, et al. Remote monitoring and on-line control system of biological fermentation process based on LabVIEW [J]. Transactions of the CSAE, 2008, 24 (8): 174 – 177. (in Chinese)

20 王文健, 许荔, 钱海挺, 等. 试验数据分析处理与软件应用[M]. 北京:电子工业出版社, 2008.

Automatic Monitor System for Mesh Roller Type Unginned Cotton and Film Remnant Separator Based on Virtual Instrument

Zhang Ruoyu Ding Zhuqing Li Xiaoliang Kan Za Li Shuo Zhang Yaou
(Key Laboratory for Agricultural Machinery of Xinjiang Production and Construction Corps,
Shihezi University, Shehezi 832003, China)

Abstract: In order to real-time and accurately obtain the multi-point wind speed of all the key regions and rotate speed of the big and small mesh rollers during running of the mesh roller-type unginned cotton and film remnant separator, the automatic monitor system was designed and developed based on virtual instrument technology combining with a variety of sensors. Finally, the value acquired by system was compared with the measured data of the handheld laser tachometer and the four-channel intelligent pressure data collecting instrument for wind speed and volume. Experimental results showed that the maximum relative error of rotate speed of the big and small mesh roller was 0.68%, and the maximum relative error of wind speed was 8.95%. The result indicated that the monitor system met the measurement requirements for collecting wind speed and rotate speed and the system was reasonable and practical.

Key words: Unginned cotton Film remnant Virtual Instrument Monitor system