

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.08.035

双板差分冲量式谷物流量传感器性能试验*

陈树人¹ 杨洪博¹ 李耀明¹ 胡均万² 张林林¹

(1. 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;

2. 嘉应学院电子信息工程学院, 梅州 514015)

【摘要】 对双板差分冲量式谷物流量传感器的静态受力特性进行检测, 结果表明传感器的输出信号与静态力作用点的位置无关, 即传感器的线性度满足使用要求。室内标定试验和田间测产试验得到谷物流量在 0~2.0 kg/s 范围内信号与传感器输出电压信号的关系和标定系数 K 。田间水稻测产试验检测测产精度误差小于 3.8%。

关键词: 谷物 流量传感器 冲量式 静力特性 田间试验

中图分类号: S24; TH814. +6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2010)08-0171-04

Experiment of Dual-plates Differential Impact-based Grain Flow Sensor

Chen Shuren¹ Yang Hongbo¹ Li Yaoming¹ Hu Junwan² Zhang Linlin¹

(1. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education & Jiangsu Province, Jiangsu University, Zhenjian 212013, China 2. School of Electronic and Information Engineering, Jiaying University, Meizhou 514015, China)

Abstract

The dual-plates differential impact-based grain flow sensor of yield monitor systems was designed. The static force characteristics of sensor were experimental tested. Results indicated that the output signal of the grain flow sensor had nothing to do with the location of the point of application of the external force, and the linearity of the sensor could meet the application requirements. During the range of grain flow was 0~2 kg/s, characteristic of the flow sensor was tested through laboratory and field. The sensor output voltage signal of the coefficient was gotten. Calibration coefficient K was determined through test. The error of grain flow sensor was 3.8% for rice harvester.

Key words Grain, Flow sensor, Impact-based, Static force characteristics, Field test

引言

谷物流量传感器是构成精确农业测产系统的核心部件, 其性能直接影响测产系统的精度。因冲量式流量传感器结构简单、成本低、安装方便、对谷物品种不敏感、没有任何潜在污染等优点而广泛应用于联合收获机测产系统^[1-3]。如 Micro Track 公司、CASE IH 公司和 AgLeader 公司在联合收获机上安装的流量传感器均采用基于冲量式的谷物流量传感器^[4]; 在研究联合收获机测产系统这方面我国还处于起步阶段^[5-7], 至今尚无性能稳定、功能完善的成熟产品^[8]。

为消除联合收获机振动的影响, 胡均万设计了一种双板差分冲量式谷物流量传感器^[9], 可提高测产精度。本文研究该传感器的性能, 并进行田间试验。

1 谷物流量传感器

测产系统主要包括双板差分冲量式谷物流量传感器、内置 GPS 的 ARM 监视器与测产结果显示屏等部分。

1.1 谷物流量传感器结构

双板差分冲量式谷物流量传感器如图 1 所示。传感器固定于导流支架, 安装在联合收获机谷物升运器的出粮口, 传感器主要由双孔悬臂梁、电阻应变

收稿日期: 2009-09-03 修回日期: 2009-11-17

* “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A03)和国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2010AA101402)

作者简介: 陈树人, 教授, 主要从事精细农业测产技术研究, E-mail: srchen@ujs.edu.cn

片、检测板、传感器固定支架构成。两块检测板分别固定在双孔平行悬臂梁上,每个悬臂梁上贴有相同的应变片,组成 2 个惠斯登电桥,将应变信号转换成电信号。2 个悬臂梁通过固定螺杆安装在导流支架上,安装时要保证 2 块检测板相互平行且不接触。

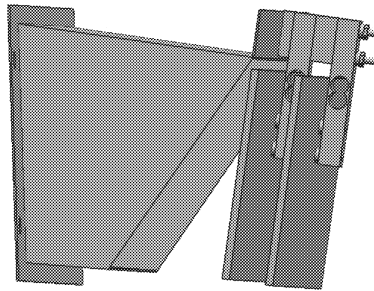


图 1 双板差分冲量式谷物流量传感器结构及安装示意图

Fig. 1 Structure and installing sketch of dual-plates differential impact-based grain flow sensor

1.2 传感器工作原理

当谷物联合收获机工作时,传感器前置检测板检测谷物籽粒冲击信号和机械振动信号,后置检测板检测机械振动信号。两块检测板的振动信号是一对共模信号,使用差分算法可有效消除机械振动的干扰信号。由传感器输出的电压信号在一定范围内与谷物流量信号呈线性关系^[10],可以计算出实际的谷物质量。用测产系统内部采集电路以 1 000 Hz 的频率采集,可得

$$Q = \frac{K}{1\,000} \sum_0^{999} U \quad (1)$$

式中 Q ——瞬时流量,kg/s

U ——电压,V K ——标定系数

位置传感器利用压电效应检测粮箱内的谷物位置。当谷物超过设定位置时,系统及时停止测量数据和收获,防止传感器被粮箱内累积的谷物挤压变形而影响测量的精度。

2 测产系统软件设计

测产系统以 AVR mega16 单片机作为核心处理单元,当有谷物冲击时,传感器输出的信号经由 2 个仪表放大器 AD623 组成的双通道数据采集电路差分,再由截止频率为 50 Hz 的巴特奥斯滤波器滤波后,输入到 AVR mega16 单片机,由测产软件计算产量,测产系统的软件流程图如图 2 所示。

3 试验与分析

3.1 传感器静态试验

针对传感器检测板的不同位置进行测量试验,各作用点的位置如图 3 所示。在外力大小、方向相同,作用点不同的情况下,测量传感器输出信号的变

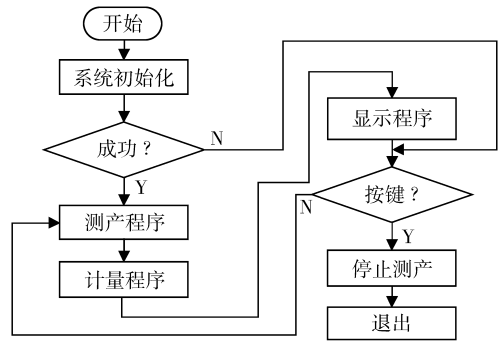


图 2 测产系统软件流程图

Fig. 2 Flow chart of yield monitor program

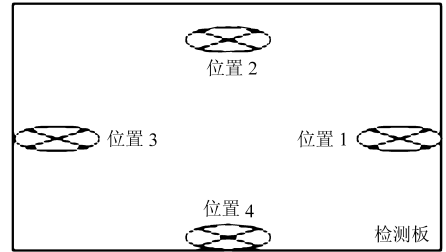


图 3 作用点的位置

Fig. 3 Role of the point location

化情况,传感器 4 个位置的信号测量结果如表 1 所示。

表 1 传感器静态数据

Tab. 1 Sensor static data

作用力 /N	输出/mV			
	作用点 1	作用点 2	作用点 3	作用点 4
9.466	1 603	1 603	1 604	1 604
12.622	1 799	1 780	1 799	1 800
15.778	1 994	1 996	1 994	1 996
18.933	2 189	2 191	2 189	2 193

由表 1 中传感器的试验数据可知,传感器的输出信号与外力的作用点位置无关,静态受力特性如图 4 所示。在作用力大小、作用点位置不同时,传感器输出电压信号与受力之间的关系为

$$U_0 = 0.062F + 1.017 \quad (2)$$

式中 U_0 ——输出电压,V

F ——作用力,N

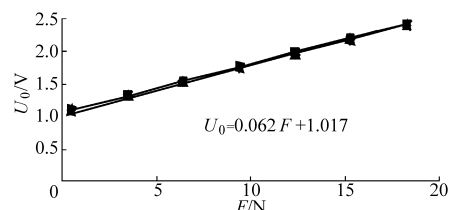


图 4 传感器的静态受力特性

Fig. 4 Static force characteristics of sensor

3.2 传感器标定试验

3.2.1 标定方法

根据联合收获机田间正常工作时的谷物流量设

定试验时的标定流量。标定流量范围为 0 ~ 2 kg/s, 并分为 10 个流量挡位, 每个挡位流量为 0.2 kg/s。试验时, 用不同的流量挡位把谷物从粮仓倒入螺旋输送机, 同时启动收获机并测量。为了保证测量的准确性, 每个挡位重复 3 ~ 5 次, 并且记录和计算每次 ADC 值。不同标定流量范围的 ADC 值变化数据如表 2 所示, 传感器的标定数据如表 3 所示。

表 2 试验数据

Tab. 2 Experimental data

流量范围/kg·s ⁻¹	ADC 值范围/mV
0 ~ 0.4	0 ~ 1 068
0.4 ~ 0.8	1 068 ~ 1 353
0.8 ~ 1.2	1 353 ~ 1 546
1.2 ~ 1.6	1 546 ~ 1 643
1.6 ~ 2.0	1 643 ~ 1 939

表 3 传感器标定试验数据

Tab. 3 Results of sensor calibration

流量均值 /kg·s ⁻¹	ADC 值	实测流量 /kg·s ⁻¹	时间 /s	系数 K
0.2	646	0.262 9	135	54.95
0.6	766	0.578 9	64	48.368
1.0	1 394	0.997 0	51	36.477
1.4	1 571	1.486 3	33	31.222
1.8	1 810	2.153 8	26	30.939

根据标定试验数据得出标定曲线如图 5 所示, 标定系数 K 与所示流量传感器 ADC 平均值函数关系为

$$K = 81.947T^{-0.2356} \quad (3)$$

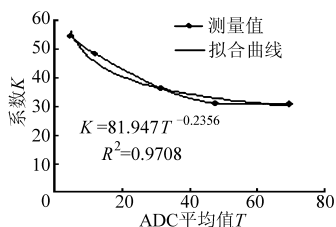


图 5 标定系数 K 与 U 的关系曲线

Fig. 5 Relationship between calibration coefficient and voltage

3.2.2 传感器检测试验

在碧浪 4LZ-2.0 型联合收获机上安装该传感器进行室内测试, 结果如表 4 所示。

受场地和试验设备限制, 室内测产试验时控制谷物流量范围在 0 ~ 1.0 kg/s 之间, 进行了 5 次试验。如表 4 所示, 最大误差为 0.45 kg, 最高测量精度为 1.12%, 数据累加后计算得出传感器精度为 2.13%, 满足使用要求。

表 4 试验数据

Tab. 4 Experimental results in laboratory

测量值/kg	称量值/kg	误差/kg	误差精度/%
8.90	8.80	0.10	1.12
9.75	10.15	-0.35	3.58
13.55	14.0	-0.45	3.21
21.17	20.98	0.29	1.38
20.80	20.40	0.40	1.96

4 田间试验

2009 年 7 月在安徽省南陵县宏成农场进行了田间试验。试验主要针对在实际收获条件下的谷物流量传感器性能进行测试。进一步检验测产系统工作的稳定性, 检验标定后系统的测量精度。测产系统试验平台为碧浪 4LZ-2.0 型全喂入式谷物联合收获机, 其性能参数为: 割幅 2 m, 喂入量 2 kg/s, 外形尺寸 4 600 mm × 2 600 mm × 2 700 mm。

田间试验测量的数据如表 5 所示, 因田间试验条件比较复杂, 受干扰因素多, 静电、谷物流量变化过大 (大于 2 kg/s) 都可能影响测产精度。该测产系统经江苏省农业机械试验鉴定站进行性能检测, 测产误差精度小于 3.8%。

表 5 田间试验数据

Tab. 5 Experimental results in field

测量值/kg	称量值/kg	误差/kg	误差精度/%
37.45	39.00	-1.55	3.97
45.20	43.40	1.80	4.14
75.08	72.35	2.73	3.77
39.14	39.53	-0.39	0.99
66.18	66.13	0.05	0.07

5 结论

(1) 传感器输出信号不受外力作用点位置的影响, 传感器线性度指标满足使用要求。

(2) 田间水稻测产试验表明冲击的谷物流量在 0 ~ 2 kg/s 范围内, 双板差分式冲量式谷物流量传感器的抗干扰能力稳定, 有效降低了机器振动产生的影响, 无零点漂移误差。

(3) 传感器测量结果受静电、谷物流量等因素影响, 使测产精度不稳定。当谷物流量大于 2 kg/s 时, 导致测产系统采集到的数据不连续, 会增大测量误差。

(4) 田间试验表明双板差分式谷物流量传感器的测量误差小于 3.8%。

参 考 文 献

- 1 Reynolds P, Missotten B, Ramon H, et al. Review of combine sensors for precision farming[J]. Precision Agriculture, 2002, 3(2) : 169 ~ 182.
- 2 Choung Koun Lee, Michihisa Iida, Toshikazu Kaho, et al. Development of impact type sensor for heading feeding combine [J]. Journal of the JSAM, 2000, 62 (4) : 81 ~ 88.
- 3 Koichi Shoji, Tsuneo Kawamura, Hisashi Horio. Impact-based grain yield sensor with compensation for vibration and drift [J]. Journal of the JSAM, 2002, 64 (5) : 108 ~ 115.
- 4 李民赞. 农作物产量自动监测技术及关键设备[J]. 农业网络信息, 2004(增刊1):34 ~ 38.
Li Minzan. The technique of crop yield monitor and key quipment[J]. Agriculture Network Information, 2004(Supp. 1) :34 ~ 38. (in Chinese)
- 5 周国祥,周俊,苗玉彬,等. 基于 GSM 的数字农业远程监控系统研究与应用[J]. 农业工程学报,2005,21(6) : 87 ~ 91.
Zhou Guoxiang, Zhou Jun, Miao Yubin, et al. Development and application on GSM-based monitoring system for digital agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(6) :87 ~ 91. (in Chinese)
- 6 陈树人,张漫,汪懋华. 谷物联合收获机智能测产系统设计和应用[J]. 农业机械学报,2005,36(1) :97 ~ 99.
Chen Shuren, Zhang Man, Wang Maohua, et al. Designing and application of grain combine yield monitor system [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(1) :97 ~ 99.
- 7 苑严伟,张小超,张银桥,等. 农田粮食产量分布信息数字化研究[J]. 农业工程学报,2006,22(9) :133 ~ 137.
Yuan Yanwei, Zhang Xiaochao, Zhang Yinqiao, et al. Digitization of grain yield and distribution information in farmland[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2006, 22(9) :133 ~ 137. (in Chinese)
- 8 介战,刘红俊,侯凤云. 中国精准农业联合收割机研究现状与前景展望[J]. 农业工程学报,2005,21(2) :179 ~ 182.
Jie Zhan, Liu Hongjun, Hou Fengyun. Research advances and prospects of combine on precision agriculture in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2005, 21(2) :179 ~ 182. (in Chinese)
- 9 胡均万,罗锡文,阮欢,等. 双板差分冲量式谷物流量传感器设计[J]. 农业机械学报,2009,40(4) :69 ~ 72.
Hu Junwan, Luo Xiwen, Ruan Huan, et al. Design of a dual-plate differential impact-based yield sensor[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(4) :69 ~ 72. (in Chinese)
- 10 周俊,刘成良. 平行梁冲量式谷物流量传感器信号处理方法[J]. 农业工程学报,2008,24(1) :183 ~ 187.
Zhou Jun, Liu Chengliang. Signal processing method for impact-based grain mass flow sensor with parallel beam load cell [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2008, 24(1) :183 ~ 187. (in Chinese)
- 11 王薄,李民赞,张成龙,等. 冲击式谷物流量传感器设计与性能试验[J]. 农业机械学报,2009,40(增刊) :52 ~ 56.
Wang Bo, Li Minzan, Zhang Chenglong, et al. Development of grain flow sensor for yield monitor system[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(Supp.) :52 ~ 56. (in Chinese)
- 12 胡均万. 双板差分式谷物流量传感器设计研究[D]. 广州:华南农业大学,2009.