

机身倾斜导致谷物流量传感器零点漂移的补偿^{*}

胡均万^{1,2} 罗锡文¹ 陈树人³ 李耀明³ 杨洪博³

(1. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 广州 510642; 2. 嘉应学院电子信息工程学院, 梅州 514015; 3. 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】 当联合收获机倾斜时谷物流量传感器因发生严重的零点漂移而导致较大的测量误差。通过对单板冲击式谷物流量传感器的倾斜试验发现,传感器的零点电压与联合收获机的倾斜角度成线性关系,当联合收获机左右倾斜 15° 时,零点漂移电压达 25.4 mV ,可能导致 $-8.3\% \sim 28\%$ 的测量误差。为了消除倾斜导致的零点漂移,在单板冲击式流量传感器后面增加一个与冲击板结构相同的参考检测板,构成双板差分冲击式谷物流量传感器。倾斜试验发现,在联合收获机左右倾斜 15° 范围内,冲击板和参考板的零点电压的变化一致,使用差分算法补偿后的零点漂移从 25.4 mV 降低到 1 mV 。

关键词: 冲击式 谷物流量传感器 倾斜 零点漂移 补偿

中图分类号: S126; S237

文献标识码: A

Zero-drift Compensation of Impact-based Grain Flow Sensor for Tilted Combine Harvester

Hu Junwan^{1,2} Luo Xiwen¹ Chen Shuren³ Li Yaoming³ Yang Hongbo³

(1. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, Ministry of Education, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China 2. School of Electronic & Information Engineering, Jiaying University, Meizhou 514015, China 3. Key Laboratory of Modern Agricultural Equipment and Technology, Ministry of Education, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract

Zero-drift of the grain flow sensor leads to a significant error when the combine harvester tilted. The purpose of this paper is to study the effects of combine harvester tilt on the zero-drift of the impact-based grain flow sensor, and propose an innovated grain flow sensor that can stabilize zero-drift when combine harvester titled. With the single plate impact-based grain flow sensor fixed in a combine harvester, the zero-drift voltage of the grain flow sensor is recorded while the combine harvester tilted between -15° and 15° . The test result shows that there is a linear relationship between the zero-drift and the obliquity, and the zero-drift voltage is 25.4 mV when the combine harvester tilted at 15° . A dual-plate differential impact-based grain flow sensor is developed to compensate the zero drift. The tilt experimental results show that the zero-drift of the two plates are consistent each other, and thus the overall zero-drift voltage of the sensor is reduced from 25.4 mV to 1 mV .

Key words Impact, Grain flow sensor, Tilt, Zero drift, Compensation

引言

谷物联合收获机测产系统测量小区作物产量的

空间差异,用于反馈本季精准作业的效果并为下一季变量作业提供决策依据。其中,谷物流量传感器是测产系统的核心部件,其测量精度、抗干扰性能对

收稿日期: 2009-06-30 修回日期: 2009-07-18

^{*} 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2006AA10A307)和“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A03)

作者简介: 胡均万, 博士生, 嘉应学院实验师, 从事农业电气化与自动化研究, E-mail: hujunwan@tom.com

通讯作者: 罗锡文, 教授, 博士生导师, 从事农业电气化与自动化研究, E-mail: xwluo@scau.edu.cn

产量图的准确性有决定性的意义^[1],但是当联合收获机车身倾斜时测产系统的测量误差高达 6%~60.7%^[2~6]。为此,美国农业工程学会精细农业委员会制定了一个测产系统的检验标准 S578,该标准规定必须对测产系统进行左右倾斜和前后俯仰测试,俯仰测试的角度范围应尽量达到 0°~10°,倾斜测试的角度范围应尽量达到 0°~7°^[7~8]。为了研究联合收获机姿态影响规律,在保证联合收获机不发生侧翻的情况下,测试的角度范围可以大于该标准的要求,一般取 -15°~15°。为了减少联合收获机倾斜带来的误差,Colvin 等^[9]提出了一种用倾斜传感器测量联合收获机姿态的方法消除倾斜产生的误差,Fulton 等^[10]对 John deer 测产系统进行倾斜和俯仰试验发现,测产系统的误差与联合收获机的倾斜和俯仰角度成线性关系,使用倾角传感器修正后,系统产生倾斜误差显著降低,但是误差与倾角的线性相关系数 R^2 随流量大小变化显著。通过对 Fieldstar[®] 谷物测产系统倾斜特性的研究,Loghavi 等^[11~12]发现测产系统产生误差的原因,即倾斜导致谷物流量传感器产生了显著的零点漂移,在斜坡上重新校准零点可以减少倾斜误差,但是当联合收获机处于水平后需要重新调节零点。周俊等^[13]提出了一种动态零点算法,以解决平行梁冲击式谷物流量传感器的零点漂移问题,使田间实际测产的相对误差接近 10%。

本文通过研究联合收获机姿态变化对冲击式谷物流量传感器零点漂移的影响规律,利用双板差分方法设计一种不受姿态影响的谷物流量传感器。

1 倾斜对流量传感器零点电压的影响

1.1 试验设备

试验设备包括单板冲击式谷物流量传感器、信号调理电路、联合收获机、数字万用表和数字罗盘等。单板冲击式谷物流量传感器如图 1 所示。

信号调理电路如图 2 所示,由仪表放大芯片 AD623 及其外围电路构成,放大倍数由 R_{W1} 调节为 500 倍,零点电压由 R_{W2} 调节为 1 V。

谷物流量传感器安装在久保田 481 型半喂入式联合收获机上。数字万用表为 Flurck,测量电压的分辨率为 1 mV。电子罗盘

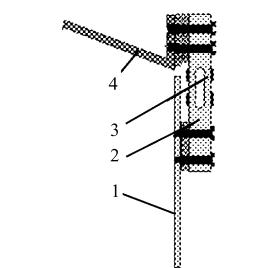


图 1 单板冲击式谷物流量传感器
Fig.1 Single plate impact-based grain flow sensor
1. 冲击板 2. 弹性梁
3. 应变片 4. 支架

采用 Honeywell 公司生产的 HMR3000 型组合数字罗盘,该罗盘内两轴倾斜传感器可以测量 ±40°范围内的俯仰和倾斜,分辨率为 0.1°。将电子罗盘水平安装在联合收获机的驾驶台上,X 方向指向联合收获机的右侧,Y 方向指向联合收获机车头方向,可以同时测量联合收获机左、右倾斜和前、后俯仰的角度。

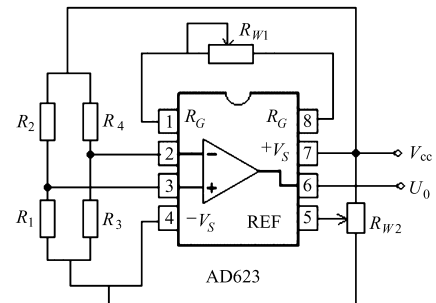


图 2 信号调理电路图
Fig.2 Instrument amplify circuit

1.2 试验方法

为了分析左、右倾斜导致零点漂移的规律,首先将联合收获机开到不同坡度的斜坡上,使收获机在 ±15°内左、右倾斜(此时前、后俯仰不超过 1°),测量不同倾斜角度时传感器的零点电压。然后调整车身姿态,使联合收获机在 ±15°范围内俯仰(此时左、右倾斜不超过 1°)。测量并记录传感器的零点电压,以分析前、后俯仰对传感器零点电压的影响。

1.3 试验结果与分析

试验数据表明,零点漂移主要由联合收获机车身左、右倾斜引起,与车身的俯仰无关。车身左、右倾斜时,谷物流量传感器的零点电压变化如图 3 所示。

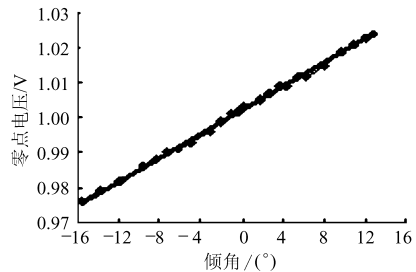


图 3 零点电压与倾角关系图

Fig.3 Zero point voltage vs roll degree

零点电压与倾斜角度的回归方程为

$$U_0 = 1 + 0.001695\theta \quad (1)$$

其中 $\theta = -15^\circ \sim 15^\circ$

当联合收获机处于水平状态时,谷物流量传感器的零点为 1 V。当联合收获机右倾时,零点电压大于 1 V,如果系统仍以初始零点计算,则漂移的电压将被误认为是谷物冲击信号;当车身右倾 15°时,

零点漂移 25.4 mV, 与谷物流量为 0.56 kg/s 的冲击信号的平均电压相当, 按满量程 2 kg/s 估算, 相对误差达 28%。当联合收获机左倾时, 漂移后的零点电压低于系统默认的零点电压, 导致谷物冲击信号失真, 被截去的冲击信号约占真实冲击信号的 1/12, 可能导致 -8.3% 的测量误差。

2 双板差分冲击式谷物流量传感器原理

为了消除联合收获机倾斜导致的零点漂移, 在单板冲击式谷物流量传感器的基础上增加了一个与冲击板结构完全相同的参考板, 构成了如图 4 所示的双板差分冲击式谷物流量传感器。安装在前面的冲击板用于检测谷物冲击信号, 安装在冲击板后面的参考板用于检测联合收获机的振动干扰和倾斜干扰。

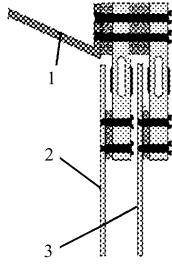


图 4 双板差分冲击式谷物流量传感器

Fig. 4 Dual-plate grain flow sensor

1. 支架 2. 冲击板 3. 参考板

振动试验表明, 该传感器抗振动性能优良^[14]。

传感器采用如图 5 所示的双通道数据采集电路, 包括两个仪表放大器和一个单片机。两个通道的仪表放大器均采用 AD623, 放大倍数 500 倍, 放大后的信号分别输入到 C8051F040 单片机的 ADC0 和 ADC1, 然后通过软件算法完成差分过程。分别调整 R_{W1} 和 R_{W2} , 使冲击板对应的仪表放大电路的静态电压为 1 V, 参考板对应的仪表放大器静态电压为 0.8 V。

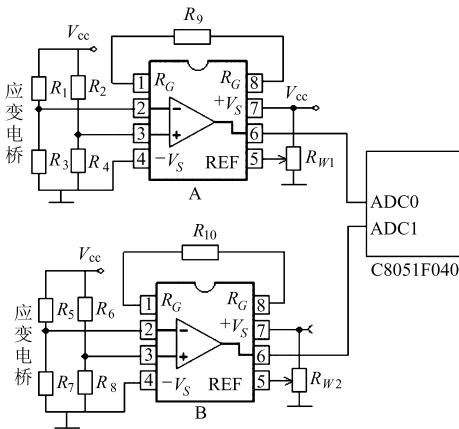


图 5 双通道数据采集电路

Fig. 5 Dual-CH data acquiring circuit

ADC0 通道采集的冲击板的电压信号包括谷物冲击信号、振动干扰、倾斜漂移等。ADC1 通道采集参考板的电压信号包括振动干扰和倾斜漂移。振动试验表明, 两个通道的振动干扰是同相等幅的, 可以

通过差分的方法消除^[14], 如果能证明两个通道的倾斜零点漂移规律具有一致性, 则可以采用差分的方法消除车身倾斜的影响。

3 双板差分倾斜试验

试验目的是分析两个通道零点漂移与车身倾斜的关系, 并检验双板差分冲击式谷物流量传感器的抗倾斜性能。

3.1 试验设备与方法

将前述试验设备中的单板冲击式传感器改为双板差分冲击式谷物流量传感器, 将单通道的信号调理电路换成双通道数据采集电路, 其余设备不变。试验方法和过程同上, 当联合收获机左、右倾斜时, 同时记录倾斜角度和与倾斜角度对应的 A、B 通道的零点电压, 以对比冲击板和参考板的零点漂移规律。按等比例计算差分后的零点电压, 以对比差分前、后的零点漂移。

3.2 试验结果与分析

A、B 两个通道的零点电压及差分后的零点电压与联合收获机倾角的关系如图 6 所示。

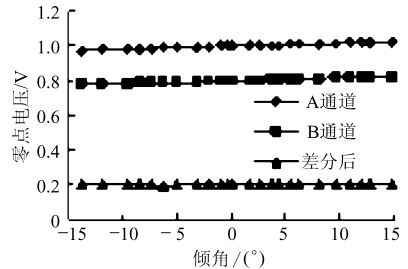


图 6 差分前后零点漂移图

Fig. 6 Zero point drift before and after differential

当联合收获机左、右倾斜时, A 通道和 B 通道的零点漂移回归方程分别为

$$U_{A0} = 1 + 0.001695\theta \quad (2)$$

$$U_{B0} = 0.8 + 0.001619\theta \quad (3)$$

将两通道的信号等比例差分后, 得到谷物流量传感器的零点电压为

$$U_0 = 0.2 + 0.000072\theta \quad (4)$$

根据式(4)计算差分后的零点漂移电压, 当联合收获机倾斜 15° 时, 差分后的零点漂移最大为 1 mV, 差分后的零点漂移约为差分前的零点漂移的 3.93%, 说明采用双板差分可以有效地抑制车身倾斜产生的零点漂移。

4 结束语

联合收获机车身倾斜导致传感器测量误差的原因是传感器在车身倾斜时产生了严重的零点漂移。

对谷物流量传感器的倾斜试验发现, 谷物流量

传感器的零点漂移与车身倾斜角度成线性关系。当车身右倾时,谷物流量传感器的零点变高,谷物流量传感器产生的零点漂移电压会产生虚假谷物流量;当车身左倾时,谷物流量传感器的零点电压变低,会导致谷物冲击信号失真;当车身左、右倾 15° 时,可导致谷物流量传感器产生 $-8.3\% \sim 28\%$ 的相对误

差。

采用双板差分冲击式谷物流量传感器的倾斜试验发现,传感器输出的两个通道的零点电压同时受倾斜影响,差分后的零点漂移电压从 25.4 mV 降低到 1 mV 。

参 考 文 献

- 1 Grisso R D, Jasa P J, Schroeder M A, et al. Yield monitor accuracy successful farming magazine case study[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2002, 18(2): 147~151.
- 2 Arslan S, Colvin T S. Laboratory test stand for combine grain yield monitors[J]. Applied Engineering in Agriculture, 1998, 14(4): 369~371.
- 3 Arslan S, Colvin T S. Laboratory performance of a yield monitor[J]. Applied Engineering in Agriculture, 1999, 15(3): 189~195.
- 4 Arslan S, Colvin T S. Grain yield mapping: yield sensing, yield reconstruction, and errors[J]. Precision Agriculture, 2002, 3(2): 135~154.
- 5 Sanaei A, Yule I J. Yield measurement reliability on combine harvesters[C]. ASAE, Paper No. 961020, 1996.
- 6 Kettle L Y, Peterson C L. An evaluation of yield monitors and GPS systems on hillside combines operating on the steep slopes in the Palouse[C]. ASAE, Paper No. 981046, 1998.
- 7 ASABE S578. Yield monitor performance test standard[S]. 2007.
- 8 Burks T F, Shearer S A, Fulton J P, et al. Combine yield monitor test facility development and initial monitoring test[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2003, 19(1): 5~12.
- 9 Colvin T S, Arslan S. A review on yield reconstruction and sources of errors in yield maps[C]// Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture, Bloomington Minnesota, 2000.
- 10 Fulton J P, Sobolik C J, Shearer S A, et al. Grain yield monitor flow sensor accuracy for simulated varying field slopes[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2009, 25(1): 15~21.
- 11 Loghavi M, Ehsani R, Reeder R. Development of a portable grain mass flow sensor test rig[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2008, 61(2): 160~168.
- 12 Loghavi M, Ehsani R. Performance of a grain yield monitor: varying flow rate and ground slope using a test stand[C]// Processings of 2004 ASAE Annual International Meeting, Ontario, 2004: 1~13.
- 13 周俊, 刘成良. 平行梁冲击式谷物质量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)
- 14 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)