

联合收获机粮食产量分布信息获取技术^{*}

张小超 胡小安 张银桥 苑严伟

(中国农业机械化科学研究院, 北京 100083)

【摘要】 针对精准农业田间信息获取技术的研究,提出了一种基于称重法的联合收获机粮食产量分布信息测量方法,可以提高联合收获机粮食流量监视的准确性。利用传统联合收获机的粮食传输特点,采用螺旋输送称重式原理组成联合收获机产量流量传感计量,解决了计量系统与动力直接传输相结合的技术问题,借助于GPS定位信息实现了联合收获机粮食流量动态计量以及田间粮食产量分布信息的测量。

关键词: 精细农业 粮食产量 分布信息 全球定位系统 小波滤波 流量传感器

中图分类号: S127; TB937

文献标识码: A

Yield Distribution Information Measurement for Grain Combine Harvester

Zhang Xiaochao Hu Xiaohan Zhang Yinqiao Yuan Yanwei

(Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract

In order to acquire field information in precision agriculture, a new measurement method of grain yield distribution is suggested based on weighing device. The new method could increase the accuracy of grain flow monitoring. According to grain transmission characteristics of the traditional combine harvesters, a new kind of grain flow sensor is developed with spiral propulsion weighing device. The device solves the several problems in present measurement system of grain flow such as direct power transmitting and effective signal detecting. Together with GPS positioning information, dynamic measurement of yield distribution information for grain combine harvester is realized.

Key words Precision agriculture, Grain yield, Distribution information, GPS, Wavelet filter, Flow sensor

引言

联合收获机粮食流量计量方法主要有冲击式/力传感技术、容积式测量法和动态称重法^[1]。冲击式/力传感测量方法的精度不仅与粮食质量有关,还取决于籽粒提升器的速度、谷物的类型和粮食的湿度。容积法精度取决于标定精度、谷物密度和光电器件对污染的可靠性程度。动态称重法难以直接安装到现有的联合收获机上,动态分辨率较低^[2]。

针对精细农业田间粮食产量分布的测量,提出一种基于称重法的联合收获机粮食产量分布信息测量方法。采用螺旋输送称重式装置组成联合收获机

产量流量传感计量,结合GPS定位信息实现联合收获机粮食流量动态计量以及田间粮食产量分布信息的测量。

1 粮食流量测量方法

为提高联合收获机粮食流量监视的准确性和系统的实用性,简化安装、降低成本,采用了螺旋输送称重式装置组成的联合收获机产量流量传感计量方法。测量装置由机载计算机、测量放大器和接口电路、称重传感器在线式粮食水分传感器以及螺旋输送装置组成。螺旋输送称重式装置由驱动装置、联轴器、输送器壳体、螺旋输送机、水分测量装置、重力

收稿日期: 2009-07-27 修回日期: 2009-08-01

^{*} 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2006AA10A305)和“十一五”国家科技支撑计划资助项目(2006BAD11A17)

作者简介: 张小超,研究员,博士,主要从事农业机械自动控制与智能化仪器研究,E-mail: zxc@caams.org.cn

传感器、机架和减震平台组成。采用动态称重方法可保证粮食流量的计量精度,采用螺旋输送方法可解决现有联合收获机的安装问题。

粮食经刮板式籽粒提升机送入螺旋输送机中,该螺旋输送机由原驱动装置驱动粮食沿水平方向进入粮箱。一侧由绞链方式链接;螺旋输送机、驱动装置和动态的粮食质量由另一侧重力传感器来计量。经高精度放大器放大后,通过模拟量到数字量转换接口将质量信号转为数字信息送入机载计算机进行信号滤波处理,并将测得的粮食质量按螺旋输送器的转动时间计算流量,同时进行水分修正。积分后可以测得粮食产量,配合 GPS 定位系统用于绘制粮食产量分布图^[3]。

设 $t(i)$ 时刻,螺旋输送装置有效称量段 L 上的物料质量为 $w(i)$,物料螺旋输送速度为 v 不变,则在 $t(i+1)$ 时刻,通过 $\Delta t = t(i+1) - t(i) = L/v$ 时间段物料流出的质量为 $p(i) = c_1 w(i)$,其中 c_1 为校正系数。因为 Δt 为常量,所以单位时间的物料流量为 $q(i) = c_2 w(i)$,其中 $c_2 = c_1 v/L$ 为单位校正系数。由于测量称重传感器输出电压 $V(i)$ 与质量 $w(i)$ 成正比,则螺旋推进装置单位时间输出量为

$$q(i) = c_2 c_3 V(i) \quad (1)$$

式中 c_3 ——电压 $V(i)$ 与质量 $w(i)$ 之间的换算系数

对式(1)积分有

$$W = c_4 \int_{t_1}^{t_2} q(t) dt \quad (2)$$

式中 c_4 ——标定常数

式(2)即为联合收获机在 Δt 时间段内粮食流量计算公式。

利用称重方法计量谷物流量可以获得较高的测量精度,原理样机的设计采用了单点支撑传感器测量方法,所有螺旋输送器和外筒都成为计量部分,螺旋输送机上安装有刷子,如图 1 所示。这样螺旋输送机内不存料,零点不会随粮食流量而变化。其中计量机构尾部用轴承支撑。

2 产量测量系统硬件

联合收获机粮食产量测量系统由流量传感器、水分传感器、转速传感器、行走速度传感器、GPS 接收机、机载计算机等部分组成。测产装置通过产量流量计的拉力传感器数据来计算粮食流量,分别进行滤波、水分补偿、转速补偿和行走速度补偿,得到实时的产量流量数据,由此绘制出产量随时间的变化曲线。GPS 接收到的原始数据经处理后得到经

度和纬度坐标,借助 ESRI 公司的 Map Objects 组件,实时显示动态轨迹。割台的高低可以判断联合收获机是否处于收获状态,结合坐标信息,得出收获面积。系统结构如图 2 所示。

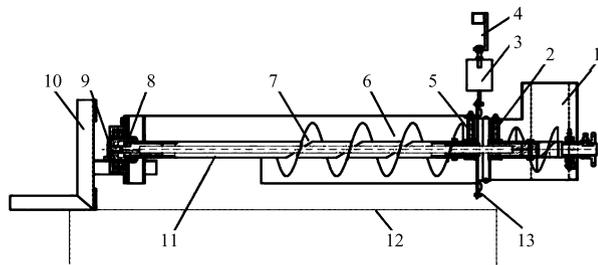


图 1 单端螺旋称重式谷物收获质量动态监视装置结构示意图

Fig. 1 Structure of grain harvest single screw weighing device for dynamic monitoring weight

1. 喂料端(机头) 2. 机头支撑 3. 悬挂式称重传感器 4. 悬挂架
5. 称重端螺旋轴支撑 6. 称重端筒体 7. 称重端螺旋轴
8. 尾部支撑(螺旋轴与软轴连接) 9. 支撑 10. 尾座 11. 软轴
12. 机架 13. 软连接

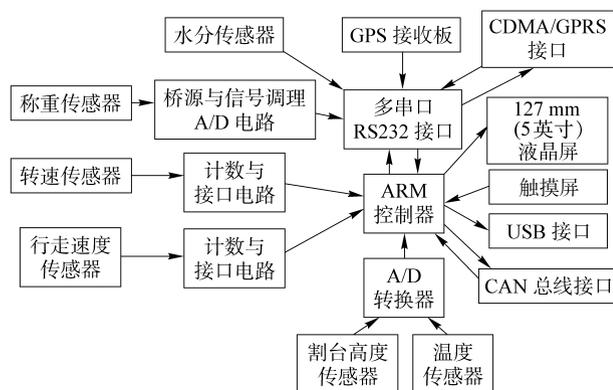


图 2 联合收获机智能测产系统结构框图

Fig. 2 Frame of the yield detection system

3 产量测量系统软件

系统采用嵌入式硬件平台,开发了特定功能的 Windows CE 系统。作为一种紧凑、高效、可伸缩的操作系统,WinCE 广泛应用于各种嵌入式设备中。它是许多可组装模块的集合,包括 4 个基本模块:内核(kernel)模块、对象存储(object store)模块、GWES(用户、应用程序和操作系统之间的图形用户界面)模块和通信(communication)模块。其中 kernel 模块是 WinCE 操作系统的核心。

测产软件的程序框图如图 3 所示。整个框图可分为:行走速度计算、粮食流量计算、谷物含水率计算、GPS 定位数据计算、地图与投影、收获面积与总产量统计和产量分布图的输出。

安装于割台上方的传感器,可以实时给出联合

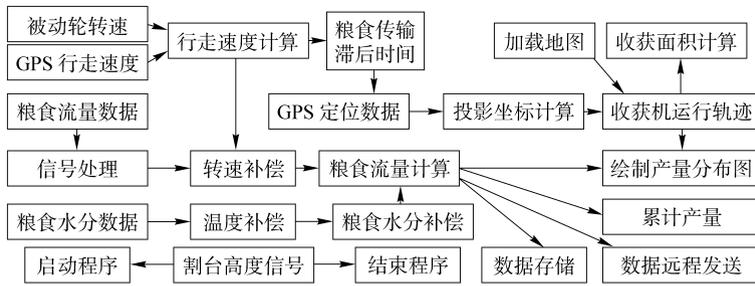


图3 产量分布信息处理系统的数据流程

Fig.3 Data flow of grain yield information

收获机是否工作的信息。根据联合收获机行走速度和作业幅宽可计算作业面积。由 GPS 获得对应小区的空间地理位置数据。流量传感器获得单位面积的产量数据。ARM 控制器接收这些数据,完成数据处理和转换、数据保存、显示和绘图的功能。DGPS 接收地理坐标数据后进行投影变换,结合对应点的产量值信息,用不同颜色代表不同产量高低,在屏幕上输出各个点的产量。收获过程中,实时绘制出抽样点的产量分布点图。之后对离散点进行产量的插值处理,得到连续的产量分布图。

机载计算机上安装粮食产量分布信息数字化软件 DigitizeYield-V1.0。收获过程中,机载计算机实时显示收获机的行走轨迹,记录经、纬度坐标以及对应的单位区域内粮食的产量信息。对实测数据进行空间分析,得到准确的粮食产量分布图。图 4 是 ARM 控制器界面。



图4 ARM 控制器界面

Fig.4 Interface of the ARM controllarr

4 传感器信号处理技术

考虑联合收获机测产传感器在试验过程中有振动干扰信号,首先对原始信号进行频谱分析,进行 4 096 点傅里叶变换(FFT),获取功率频谱图如图 5 所示。由图可知,在 6.987 Hz 处有单一强振动信号,这一信号实际上就是驱动螺旋输送机转速约为 419 r/min 引起的振动。在时域波形中可以清晰地看到振动频率波形。

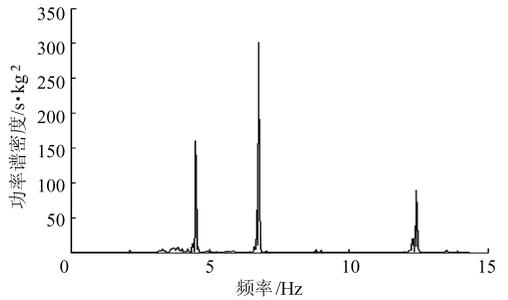


图5 传感器信号频谱分析

Fig.5 Spectrum analysis of sensor signal

实际田间振动频率更为丰富,信号处理采用滤波方法解决。小波(wavelet)滤波的工作原理是通过小波变换将信号分解为一系列小波函数簇的叠加,采用多尺度分析(multi-scale analysis)方法将被分析信号分解到不同尺度上,通过分层信号处理再重构以达到信号处理的目的。取 Daubechies(db9)小波,利用分解的第 8 层小波系数进行重构,与原始传感器波形进行对比,可以提取出传感器测量信号的动态过程。图 6 为田间试验原始信号。

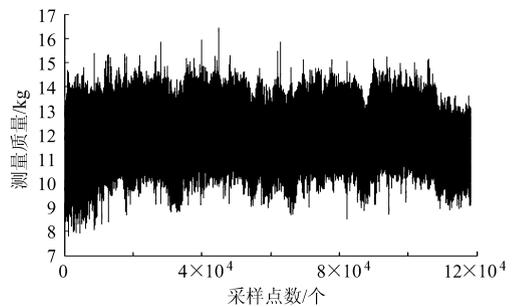


图6 传感器原始信号

Fig.6 Original signal of sensor

小波包分析(wavelet packet analysis)技术不仅对信号低频系数进行了进一步的分解,而且还对高频部分进行了进一步分解,从而提高了时频分辨率。快速离散小波包分解公式为^[4]:由 $\{d_l^{j+1,n}\}$ 求 $\{d_l^{j,2n}\}$ 与 $\{d_l^{j,2n+1}\}$ 。

$$\begin{cases} d_l^{j,2n} = \sum_k h_{k-2l} d_k^{j+1,n} \\ d_l^{j,2n+1} = \sum_k g_{k-2l} d_k^{j+1,n} \end{cases} \quad (3)$$

离散小波包重构公式为:由 $\{d_l^{j,2n}\}$ 与 $\{d_l^{j,2n+1}\}$ 求 $\{d_l^{j+1,n}\}$ 。

$$d_l^{j+1,n} = \sum_k h_{l-2k} d_k^{j,2n} + g_{l-2k} d_k^{j,2n+1} \quad (4)$$

实际应用中采用 Daubechies(dbN)小波,域值采用强制消噪处理方法,将小波包分解结构中的 16 至 30 节点中的系数全部置为零。然后再对剩余多层信号进行重构。滤波后的测量信号如图 7 所示。

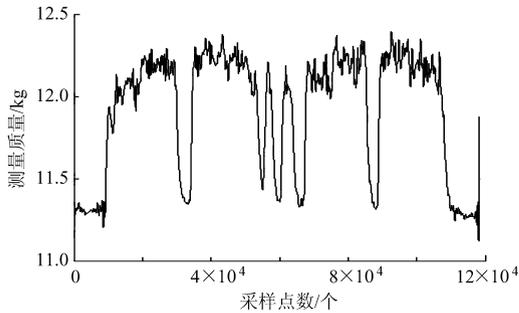


图 7 传感器噪声滤除后信号

Fig.7 Sensor signal noise filter

5 性能试验

传感器的性能试验包括传感器的标定与检测、室内台架试验和田间试验。单点支撑传感器的静态测量误差小于 0.2%。试验台架模拟测量误差小于 2%。

2008 年 6 月,在北京昌平中国农机院试验站的

小麦种植示范区进行了联合收获机测产系统的试验。结合 GPS 数据和联合收获机测产试验数据绘制了产量分布图,产量高低用颜色的深浅来表示。图 8 为收获区域的产量分布图。

从图中可以明显看出,东部及东南边界区域颜色呈浅色,产量普遍较低,这与两边地头作物受防护林树的影响有直接关系。其他区域产量差异也很大。

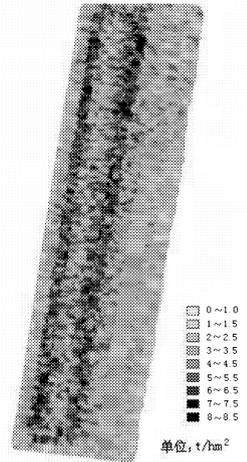


图 8 2008 年的产量分布图

Fig.8 Production distribution of 2008

6 结束语

基于称重法的联合收获机产量测定方法,可以对联合收获机粮食流量进行检测。利用传统联合收获机的粮食传输特点,采用了螺旋输送称重式装置,解决了计量系统与动力直接传输和有效信号提取问题,结合 GPS 定位信息实现了联合收获机粮食流量动态计量以及田间粮食产量分布信息的测量。试验表明该方法具有较好的测量精度。

参 考 文 献

- 汪懋华. “精细农业”发展与工程技术创新[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 1~4.
Wang Maohua. The development of precision agriculture and innovation of engineering technology[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(3): 1~4. (in Chinese)
- 张小超, 王一鸣, 方宪法, 等. 精准农业的信息获取技术[J]. 农业机械学报, 2002, 33(6): 126~128.
Zhang Xiaochao, Wang Yiming, Fang Xianfa, et al. Information acquisition techniques of precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2002, 33(6): 126~128. (in Chinese)
- 张小超, 胡小安, 任继平, 等. 精准农业关键技术与装备的研究进展[C]//2005 年中国农业工程学会学术年会论文集, 第 3 分册, 2005.
Zhang Xiaochao, Hu Xiaohan, Ren Jiping, et al. The research of precision agriculture key technology[C]//Proceedings of 2005 Chinese Agricultural Engineering Conference, Vol 3, 2005. (in Chinese)
- 成礼智, 王红霞, 罗永. 小波的理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- 王凤花, 张淑娟. 精细农业田间信息采集关键技术的研究进展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(5): 112~121, 111.
Wang Fenghua, Zhang Shujuan. Research progress of the farming information collections key technologies on precision agriculture[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(5): 112~121, 111. (in Chinese)