

文章编号:1671-251X(2015)09-0015-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.09.005

宗伟林,李佳,张亚健,等.一种新型装载机动态定量装车系统设计[J].工矿自动化,2015,41(9):15-18.

一种新型装载机动态定量装车系统设计

宗伟林¹, 李佳¹, 张亚健¹, 尚应民², 王业超², 裴毅², 陈德同²

(1.中国矿业大学 江苏省煤矿电气与自动化工程实验室,江苏 徐州 221116;

2.山东能源淄博矿业集团有限责任公司 许厂煤矿,山东 济宁 272173)

摘要:针对现有煤炭装运方式存在装载效率低的问题,根据煤炭企业的实际情况,设计了一种新型装载机动态定量装车系统,介绍了该系统的硬件、软件设计及数据处理方法。该系统无需中途停斗计量,在装载机作业的过程中即可完成称重作业,并可实时准确显示货物质量;利用组态软件还可实现多机协同装载,提高了装载机的装载效率。

关键词:装载机;动态称重;多机协同装载

中图分类号:TD529.3 文献标志码:A 网络出版时间:2015-08-29 15:38

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150829.1538.005.html>

Design of a new type of dynamic quantitative loading system of wheel loader

ZONG Weilin¹, LI Jia¹, ZHANG Yajian¹, SHANG Yingmin²,

WANG Yechao², PEI Yi², CHEN Detong²

(1.Jiangsu Province Coal Mine Electrical and Automation Engineering Laboratory,

China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2.Xuchang Coal Mine, Shandong Energy Zibo Mining Group Co., Ltd., Jining 272173, China)

Abstract:For the low efficient of existing coal shipment method, a new type of dynamic quantitative loading system of wheel loader was designed according to actual situation of coal enterprises. The hardware, software designs and data processing method of the system were introduced. The system don't need stop wheel loader to meter in midway, and coal weight could be weighed and shown on the screen during the loading operation. Multi-machine cooperative loading could be implemented by using configuration software, and the loading efficiency of loading machine was improved.

Key words:wheel loader; dynamic weighing; multi-machine cooperative loading

0 引言

煤炭企业在煤炭销售中,用汽车装运煤炭是一种非常普遍的方式。目前,针对落地煤都是由装载机进行装载,在现有的作业过程中,装载机司机仅凭经验对所铲煤量进行估计,容易造成车辆超载或欠载,装载不准的车辆需要反复卸载或补装,致使储

煤场车辆拥堵,装载效率降低^[1]。另外,现有装载模式经常发生错装煤种的行为,这使煤炭企业蒙受了很大的经济损失。为了解决上述问题,笔者根据煤炭企业的实际情况,设计了一种新型装载机动态定量装车系统。该系统可准确显示货物质量,无需中途停斗计量,即在装载机作业的过程中完成称重作业,提高了装载机的装载效率和一次装车的成功率。

收稿日期:2015-05-08;修回日期:2015-06-15;责任编辑:张强。

基金项目:江苏省普通高校研究生科研创新计划项目(SJLX_0632);2014年山东省第三批技术创新项目(201430803025)。

作者简介:宗伟林(1963—),江苏常州人,副教授,主要研究方向为电力电子与电气传动、矿山自动化、数字化矿山,E-mail:cumtzw1@126.com。

通信作者:李佳(1989—),江苏徐州人,硕士研究生,主要研究方向为电力电子与电气传动、数字化矿山,E-mail:984306799@qq.com。

1 装载机动力学模型分析

目前,在动态测量领域,各种随机干扰、惯性冲击等因素都会对测量精度带来不同程度的影响,尤其是装载机作业环境复杂、影响因素较多,这都会导致称重精度的下降^[2-3]。另外,对于现有的装载机动态定量装车系统,一台装载机只能对一辆车进行装载,无法实现多台装载机对一辆车同时进行装载,即无法实现装车质量数据的共享,这降低了装载作业的效率。新型动态定量装车系统通过采集装载机液压缸进出油口的压力信号,利用装载机动力学模型,间接计算出装载机铲斗所举升重物的质量,在实现单车称重数据显示的基础上,利用工业 WLAN 装置把实时称重数据和司机作业视频传输到后台服务器中存储,所有司机均可通过车载工业计算机上安装的力控组态软件,实时从后台服务器调取同一车辆的相关装载信息,实现了多台装载机对同一车辆装载信息的共享,提高了装载作业的效率。

装载机在举升重物时,其动臂举升高度的不同会导致动臂液压缸内压力的不同,装载机动力学模型如图 1 所示^[4-5]。

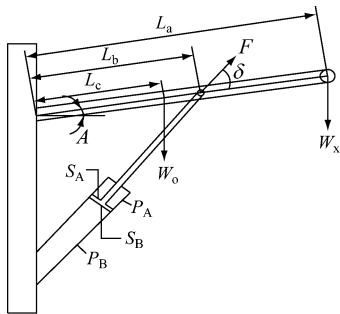


图 1 装载机动力学模型

P_A, P_B 分别为装载机动臂在举升过程中,液压缸向上推举动臂时,液压缸上部出油口和液压缸下部进油口的压强; S_A 为液压缸上部出油口压强所承受的面积; S_B 为液压缸下部进油口压强所承受的面积; W_x 为装载机铲斗所载的货物质量; W_0 为装载机动臂和铲斗的自身质量; F 为动臂液压缸进出口的压力差; L_a, L_b, L_c 为机架结构的几何尺寸; δ 为动臂与液压缸压力方向的夹角; A 为动臂在升举过程中某时刻与水平面的夹角^[4]。

根据相应计算公式推导可得^[4,6]

$$W_x = \frac{W_t - W_u}{F_t - F_u} (F_x - F_u) + W_u \quad (1)$$

式中: W_u 为铲斗空载质量; F_t 为铲斗装载已知质量为 W_t 时对应动臂液压缸液压变送器的压力采样

值; F_u 为铲斗空载时对应动臂液压缸压力变送器的压力采样值; F_x 为铲斗装载未知质量为 W_x 时对应动臂液压缸压力变送器的压力采样值^[4]。

2 动态定量装车系统硬件结构

新型装载机动态定量装车系统的硬件组成如图 2 所示。

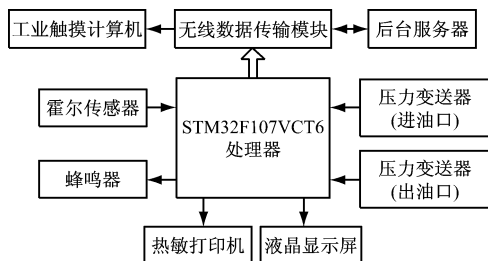


图 2 新型装载机动态定量装车系统硬件组成

2.1 信号采集模块

信号采集模块由压力变送器、霍尔传感器等组成。其中包括 2 个压力变送器,分别安装在装载机动臂液压缸的进油口和出油口,用于将装载机动臂液压缸的油压信号转换为标准电压信号输出。霍尔传感器则决定了动臂在举升过程中系统对压力值采样的区段,当装载机动臂通过下位霍尔传感器时系统采样开始,当装载机动臂上升至上位霍尔传感器时系统采样结束。

针对装载机作业环境的复杂性,压力变送器选择 PPM-241A 电压型溅射薄膜压力变送器,这种变送器具有精度高、抗电磁干扰能力强和温度补偿等优点。

2.2 数据处理模块

数据处理模块采用 STM32F107VCT6 高性能 32 位微处理器,该处理器采用低功耗工艺,控制单元内部具有 64 kB SRAM 和 256 kB Flash,支持看门狗定时器,具有多通道 DMA、存储控制器、普通 I/O 口、2 个 CAN 接口、JTAG 调试接口等^[9]。

实际工作时,装载机铲斗的压力、作业现场路面不平以及车身振动等因素都会使压力变送器的采样值夹杂着噪声数据(随机误差),造成称重精度和系统的稳定性下降^[6,10]。为确保采样数据的真实性和准确性,需对采样数据进行相应滤波处理。这里采用限幅滤波、算术平均滤波和加权滤波的数字滤波方法处理压力采样值,以减小外界干扰所带来的系统误差,提高称重精度^[6]。

2.3 功能扩展模块

功能扩展模块主要包括称重数据显示与人机交

互模块、无线数据传输模块、系统报警模块等。数据显示与人机交互模块选用 240 mm×128 mm 液晶显示屏和工业触摸计算机,以完成单车称重数据显示和同一车辆信息共享,同时附加工业金属键盘,方便司机使用工号登录进行操作。利用力控组态软件绘制的某煤矿装载系统车辆装载界面如图 3 所示。

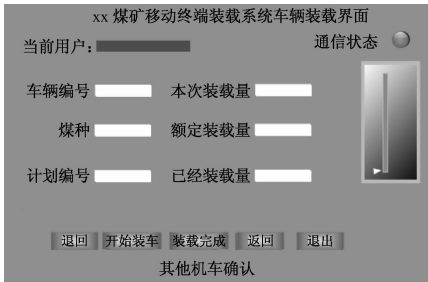


图 3 车辆装载界面

综合考虑系统构建成本、日常维护成本、传输距离等因素,本文选择基于 WiFi 的无线传输方案以解决数据传输问题。WiFi 无线数据传输模块采用 AWK-1121-EU-T 型工业 WLAN 装置。该装置工作温度为 -40~75 ℃,采用 IP30 防护等级设计和特殊加硬的安装工具,能够适用于装载作业现场复杂的装载环境。另外,针对在装载过程中可能会出现系统异常和超装等情况,利用蜂鸣器发出报警声来提醒作业司机。

3 系统软件设计

系统软件流程如图 4 所示^[10]。系统在开机上电初始化后进行硬件自检,主要检查传感器通信是否正常、无线数据传输模块通信是否正常,若存在故障则蜂鸣器发出警报。工作时,装载机司机通过外接的金属键盘完成工号登录后,通过运销系统服务器提供的待装车辆信息完成对待装车辆及所需作业信息的选择。当硬件完成自检后,系统采用循环方式运行。首先读取司机输入的键盘信息、所需装载车辆的相关信息以及各传感器信号参数等;然后由处理器根据相关算法进行数据处理计算,并将计算后的称重数据实时显示出来,同时将相关称重数据和视频信息通过交换机经无线收发装置发送到运销系统后台,以完成称重作业的实时监督和称重数据的存储。

4 误差补偿及试验分析

一般情况下装载机动臂在举升重物时的举升速

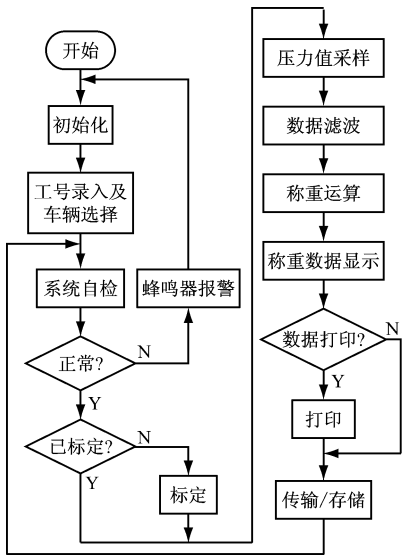


图 4 新型装载机动态定量装车系统软件流程

度是不同的,这会导致采集的压力值出现明显的差异。通过分析动臂举升速度对动臂液压缸压力的影响,装载机动臂在以不同速度举升同一重物时,油缸的压力会发生不同程度的偏移,这种偏移呈现出近似平移的关系,故当动臂以不同速度举升重物时,针对速度的不同进行分段建模,使装载机在不同举升速度下采用不同的数学模型计算,将不同动臂举升速度与存储器中存储的标定速度相比较,即可使用标定系统特性参数对实时称重质量进行不同数学模型的计算,以实现油缸压力的动态补偿^[4,7]。

针对速度的影响进行 3 种标定:低速、中速、高速,分别对应于装载机的小油门、中油门和大油门。小油门是装载机在低速工作状态下举升,中油门是装载机在半速工作状态下举升,大油门则是装载机在全速工作状态下举升^[4,8]。在这 3 种情况下分别举升多次,算出平均值,以进一步减小误差。这里利用磁铁经过上下 2 个霍尔传感器的时间和两者之间的固定距离获取速度信息,并利用速度公式计算准确速度。

为验证该装载机动态定量装车系统的有效性 & 称重的精确性,以某煤场 660B 型装载机为研究对象,分别使装载机在煤场正常作业情形下举升不同质量进行测试,测试内容包括称重数据准确性试验、称重数据传输稳定性试验、称重数据打印试验、称重数据存储试验以及司机操作作业实时监控试验等,其中称重数据准确性试验的部分结果见表 1。由表 1 可知,称重系统的精度基本稳定在 ±1%,达到了工程使用要求,同时验证了该系统的有效性和稳定性。

表 1 系统称重数据准确性试验结果

真实值/t	测量值/t	绝对误差/t	相对误差/%
4.211	4.239	0.028	0.665
3.115	3.131	0.016	0.514
2.452	2.473	0.021	0.856
1.905	1.879	-0.026	-1.365
1.152	1.163	0.011	0.955
0.851	0.837	-0.014	-1.645
0.539	0.551	0.012	2.226

5 结语

新型装载机动态定量装车系统在满足动态称重功能的基础上,通过采用动臂举升速度、采样滤波等措施获得了较好的称重精度,并通过现场安装测试验证了系统的精确性和可行性。同时通过 WiFi 无线数据传输的设计,该系统实现了对同一车辆装载信息的共享,并可将装载机的称重数据和作业状态实时传送到后台监控中心进行观测、统计和存储,以实现对整个装载作业的实时监督和调度,具有较为广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 孙小凌,孙仁军. 基于 ARM 的装载机智能称重装置

的设计[J]. 重庆工学院学报:自然科学版,2009,23(5):115-120.

[2] 朱婧,王益健. 装载机动态称重仪表的设计与实现[J]. 国外电子测量技术,2014,33(6):95-98.

[3] 王伟,王田苗,赵洪明,等. 装载机载质量动态测量偏差问题[J]. 机械工程学报,2007,43(5):106-110.

[4] 王凯. 装载机智能动态称重系统设计[D]. 郑州:中原工学院,2011:4-7.

[5] 刘传榕,李学忠. 装载机载重测量系统数学模型[J]. 工程机械,1997(1):11-12.

[6] 肖珊,鲁五一,吉艳平. 一种新型装载机动态称重系统的研制[J]. 可编程控制器与工厂自动化,2007(7):105-108.

[7] 杨波波. 装载机车载自动称重仪系统研究[D]. 西安:长安大学,2010:35.

[8] 马月辉,刘宁宁,廖兰荣,等. 装载机称重系统设计[J]. 工业计量,2008,18(5):27-29.

[9] 程小艳. 嵌入式 STM32F107VCT6 微处理器接口模块开发及应用研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2012:5-10.

[10] 王伟,王田苗,魏洪兴,等. 装载机载重动态测量动力学分析与实现方法[J]. 中国机械工程,2006,17(22):2333-2338.