



综述

文章编号:1671-251X(2013)12-0029-05 DOI:10.7526/j.issn.1671-251X.2013.12.008

李萍,王彦文.煤炭在线动态称重系统研究[J].工矿自动化,2013,39(12):29-33.

煤炭在线动态称重系统研究

李萍^{1,2}, 王彦文¹

(1. 中国矿业大学(北京)机电与信息工程学院, 北京 100083;

2. 北京工业职业技术学院, 北京 100042)

摘要:分析了目前煤炭在线动态称重系统即胶带秤动态称重系统、矿车衡动态称重系统和箕斗秤动态称重系统的称重原理及优缺点,提出了一种具有高计量精度的基于图像处理技术的矿车衡称重系统;研究了煤炭在线动态称重系统中的关键问题,即标定方法、称重传感器、动态数学模型、数据处理算法和上位机系统软件,指出在提高标定精度的同时降低标定难度是煤炭在线动态称重系统标定方法的研究方向;振弦式称重传感器是称重传感器未来发展方向;先进的技术和理论是动态数学模型和数据处理算法的研究方向。

关键词:煤炭;在线动态称重;动态计量;信号采集;标定方法;称重传感器;数据处理

中图分类号:TD67

文献标志码:A

网络出版时间:2013-11-28 17:20

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20131128.1720.008.html>

Research of online dynamic weighing system of coal

LI Ping^{1,2}, WANG Yan-wen¹

(1. School of Mechanical Electronic and Information Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China; 2. Beijing Polytechnic College, Beijing 100042, China)

Abstract: The paper analyzed weighing principle and advantages and disadvantages of current online dynamic weighing system of coal, namely dynamic weighing system of belt scale, mine car scale and skip scale, and proposed a weighing system of mine car scale based on image processing technology with high measurement precision. It researched key problems of online dynamic weighing system of coal, namely calibration method, weighing sensor, dynamic mathematical model, data processing algorithm and software of upper computer system, and indicated that improving calibration precision and reducing calibration difficulty would be research direction of calibration method of online dynamic weighing system of coal; vibration string weighing sensor would be development direction of weighing sensor in future; advanced technology and theory would be research direction of dynamic mathematical model and data processing algorithm.

Key words: coal; online dynamic weighing; dynamic measurement; signal collection; calibration method; weighing sensor; data processing

收稿日期:2013-08-20。

基金项目:北京市教委科技计划面上项目(KM201210853002);北京市教委创新平台项目(PXM2012_014225_000024)。

作者简介:李萍(1978—),女,吉林蛟河人,讲师,博士研究生,研究方向为控制理论与控制工程,E-mail:lpzwm@sina.com。

0 引言

在煤炭工业生产现场,人们期望在不影响正常生产的情况下完成自动称重工作,并对产量数据进行管理和使用。煤炭在线动态称重系统从生产根源上加强了对煤炭产量的计量与监督,进一步规范了煤炭企业的生产秩序,其称重结果还可以作为相关税务部门实现“以产定税”的可靠依据。因此,对煤炭在线动态称重系统的研究逐渐成为计量领域的热门课题之一。

随着科学技术的不断进步,自动在线称重技术有了很大提高。当前的煤炭在线动态称重系统不只是实现称重功能,而是越来越趋向于集称重、视频监控、远程传输、自动控制和信息处理等多功能于一体的综合性应用系统。本文旨在对煤炭生产线上散状物料的动态称重技术及系统的研究现状进行论述,并对系统研究的关键问题进行分析和探讨。

1 煤炭在线动态称重系统研究现状

现有的煤炭在线动态称重系统结构如图 1 所示。信号采集与处理模块是指系统的前端称重衡器,不同的称重系统其称重原理不同,称重衡器的构成也有所区别。有些称重现场直接通过称重仪表进行显示输出,而有些称重现场不适合就地显示,数据需要上传到监控中心或者局域网内,因此,数据传输模块实现系统与上位机和其他设备等的通信功能,主要有 RS232、RS485、以太网和 GPRS 等通信接口^[1-3]。上位机数据处理模块对上传到计算机的数据进行二次处理,以便满足多层次用户对数据的不同需求。本地显示模块和显示输出模块都可实现数据显示、数据统计、打印报表等功能,区别在于经过计算机处理后的显示输出还可以提供远程数据浏览、4~20 mA 输出及吨脉冲输出等。用户可根据实际要求选择本地显示输出(如通过称重仪表)、通过上位机系统软件显示输出或者二者兼而有之。

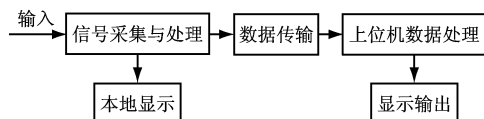


图 1 现有的煤炭在线动态称重系统结构

目前煤炭在线动态称重系统主要有胶带秤动态称重系统、轨道式矿车衡动态称重系统和箕斗秤动态称重系统^[4]。

1.1 胶带秤动态称重系统

煤炭生产中应用的胶带秤可分为电子胶带秤、

核子胶带秤,近几年出现了基于激光检测胶带上物料厚度的胶带秤(简称激光秤)。

电子胶带秤利用压力传感器测定胶带上物料的质量,一般由承载器(即秤架)、称重传感器、位移传感器和数据采集装置等组成^[5]。承载器是力传递装置,它把物料通过胶带作用在称重托辊上的力传递给称重传感器;称重传感器是力转换装置,它把作用力转换成电信号输出;位移传感器用来检测胶带运行的行程,将对应给定长度的位移信息转换成电信号输出;数据采集装置接收称重传感器传来的质量信号和从位移传感器传来的位移信号,放大后按积分法或累加法运算得出瞬时流量值和累积流量值。电子胶带秤精度较高,但由于是接触式测量,测量结果势必受到胶带张力、刚度、自重及胶带安装角度等因素的影响,为保证计量精度,需频繁校准,实际使用中维护工作量大。

核子胶带秤是利用物质对射线的吸收原理而制成的。伽玛射线通过被测物质时,其强度的衰减与介质的组分、密度和射线方向上物料的厚度成指数关系,通过对载有物料时的射线强度进行连续测量,并与空载时的射线强度进行比较,再对胶带的运行速度加以测量,最后经计算机计算出单位载荷、瞬时流量、累计产量等参数。核子胶带秤采用非接触式测量技术,具有可在高温等恶劣环境下工作、安装方便、维护量小等优点,但存在形状误差^[6],即对同种物料,如果堆积形状不同,会得出不同的结果,所以测量精度较电子胶带秤差。

激光秤实际上是基于结构光的机器视觉技术在称重领域的一个应用,其测量原理是把在线称重问题转化成物料堆积厚度检测和物料堆积密度检测 2 个问题^[7]。利用激光图像分析得到物料的厚度,然后计算体积,再通过伽玛射线辐射测量物料堆积密度,结合这 2 种非接触式测量技术,实现对胶带秤上散状物料的称量。该测量方法结构简单、维护方便,所采用的射线束宽度比较窄,可以忽略不计形状误差的影响,从而使测量精度得以保证。但无论是普通的核子胶带秤还是激光秤,由于采用放射性物质做测量,其辐射对人体和环境所带来的安全隐患不容忽视。

近来也有人提出基于超声测距技术的动态称重系统(简称超声秤),其原理与激光秤类似,利用超声测距技术测量输煤胶带上的物料厚度,采用超声多普勒技术测量物料传送带运行速度,应用电容传感器技术检测物料密度变化,并对平均密度进行修正。

超声测距技术是通过超声波换能器向输煤胶带发出一串超声波信号,超声波遇到胶带上的物料产生反射波(回波),接收电路接收到回波,计算出从发射到接收的时间间隔,就可以得到超声波换能器到物料的距离,继而得到输煤胶带上物料的瞬时厚度^[8]。超声波是一种声波,测量不稳定,经常会出现无测量或者测量错误的现象,且超声波的波速取决于传播媒质的特性、温度、压力和密度,受环境影响较大。因此,超声秤的计量精度和稳定性都还有待实践检验。

从测量方式、使用精度、安全性、稳定性与维护工作量等几个方面对上述几种称重系统进行综合比较,结果见表 1。

表 1 煤炭在线动态称重系统性能比较

设备	指标			
	测量方式	使用精度/%	安全性	稳定性与维护工作量
电子胶带秤	接触式	0.5	安全	较稳定,需频繁标定,维护量大
核子胶带秤	非接触	1	有辐射	稳定,无需频繁标定,维护量小
激光秤	非接触	0.5~1	有辐射	稳定,无需频繁标定,维护量小
超声秤	非接触	有待验证	安全	不稳定,维护量大

从表 1 可看出,每种称重系统各有利弊。目前,在大型的国有煤矿企业,实际使用的称重系统仍以电子胶带秤最为广泛。

1.2 矿车衡动态称重系统

矿车运输原煤不用修建煤仓,节省成本,是用于小型煤矿井口计量的主要设备。云南、贵州等地的地质条件特殊,出产的煤基本上都是“鸡窝煤”,只能建小煤矿进行开采,因此,采用矿车运输原煤最为适合^[9]。轨道式矿车衡主要由称重显示器、称重传感器、承载器(即秤架)、信息数据收发系统等组成。

传统矿车衡动态称重系统采用称重传感器称重,并通过阈值法^[10]来区分煤和矸石。首先称重传感器对一节矿车称重,当箱式矿车驶过衡器时,通过秤台将力准确地传到高精度传感器,传感器将该质量信号转换成等比例的电信号,模拟信号通过分线盒汇总后传给质量显示仪表,并由表内的数据采集系统对该信号进行准确测量、滤波处理、AD 转换,最后经微处理器处理成数字式称重信号。在得到矿车和原煤的总质量数据后,核心处理硬件自动扣除矿车的皮重得到一节矿车装载物料的质量。借助多

组红外、霍尔、超声波等辅助传感器对一节矿车进行计数并判断矿车的运行方向,通过分析数据就可得到一节运输矿车的产量数据。但是,采用上述原理的称重系统,设备多且连线复杂,辅助传感器易受外界干扰,容易产生错误信号造成误判,而且由于矿井环境恶劣及人为因素影响,任何部件损坏都会造成系统计量不准确,存在运行不稳定、产量数据可靠性较差等问题。

目前关于矿车衡动态称重系统的研究还很不足,笔者所在团队正在研究由工业摄像头、激光标线器、轨道式传感器和主控箱组成的基于图像处理技术的矿车衡称重系统^[11]。该系统利用机器视觉技术,通过图像分析获取矿车内物料体积;根据统计数据,大多数情况下同一种物料的平均堆积密度是恒定的,所以根据堆积体积和密度可计算出被测物料的质量。得到的物料质量与称重传感器计算得到的质量进行比较,再经过计算机处理,达到提高整个系统计量精度的目的。目前该系统正在进行试验阶段,前期试验结果基本达到要求,证明可行,其结构如图 2 所示。

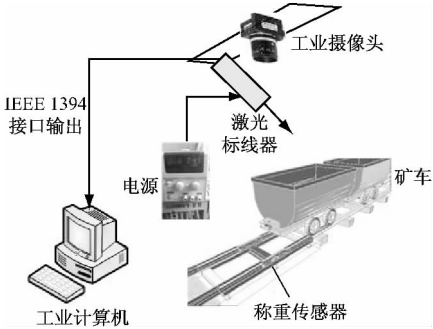


图 2 基于图像处理技术的矿车衡称重系统结构

1.3 箕斗秤动态称重系统

箕斗秤主要用做竖井煤矿提升质量的计量仪器。中国煤矿的主井箕斗装载大多采用人工观察或者采用时间继电器等组成的定时装载控制系统,由于受人为因素影响,存在装载不稳定、计量精度较差等问题^[12]。为了提高精度,目前有些采用箕斗装载的称重系统提出利用电子胶带秤对井下的装仓原煤进行动态计量称重,当装仓原煤达到装载定量时,自动停止装载,并发出箕斗提升信号请求,再通过计算机控制,实现较为准确的箕斗秤定量装载。

2 煤炭在线动态称重系统关键问题研究

计量准确度和稳定性是煤炭在线动态称重系统的首要目标。国家标准对胶带秤准确度等级有明确

规定,共分为 3 个级别,即 0.5 级、1 级、2 级。对应各准确度等级,胶带秤自动称量的最大允许误差见表 2。矿车衡和箕斗秤的准确度等级国家没有明确规定,但在实际使用中参照了胶带秤的标准,即最高可达 0.5 级。

表 2 胶带秤自动称量的最大允许误差

准确度等级	累计载荷质量的百分数/%	
	首次检定、后次检定	现场检验
0.5	0.25	0.5
1	0.50	1.0
2	1.00	2.0

由于被称重物料和称重环境均处于非静止状态,在有一定速度的前提下如何获得较高的系统准确度和稳定性是在线动态称重系统研究的关键问题。保证称重准确度和计量稳定性,首先称重系统本身必须是精确的,即在动态称重系统安装完成后、实际使用之前需要对系统本身进行标定,并需在使用过程中经常对系统进行校准。

2.1 称重系统的标定研究

标定是检测、分析称重装置的设计、制造、安装质量,维护和保障使用精度的必须手段^[13]。从国内外实际情况看,最常用的基本标定方法可分为 2 种:① 模拟标定,包括挂码标定、链码标定和电子模拟标定等。其中挂码标定和链码标定可用作对整个系统的标定,而电子模拟标定多用于仪表的标定。② 物料标定,即采用实际物料进行标定。

挂码标定操作简单方便、速度快,适合在使用现场进行,但以砝码为载荷与实际输送过程中的物料载荷差异大等原因,标定误差相对来说较大,因此,挂码标定一般作为辅助方法。链码标定是采用特制的滚链为载荷来模拟物料载荷,比挂码标定更接近实际物料标定,尤其适用于胶带秤等长秤。但链码标定比挂码标定麻烦,滚链的制造、存放费用较高,且标定时一般需配用专用的吊装固定装置。物料标定是最有效的标定方法,标定精度较高,但设备在实际使用中会受到各种因素影响,需定期重新标定,多久进行一次标定也不确定。因此,物料标定就显得麻烦,占用人力物力较多,有些现场条件也难以进行物料标定。

当前煤炭动态称重系统在实际使用中,以实际物料标定为主:如果有砝码,先采用实际物料标定的方法进行标定,再用挂码进行标定,算出误差比例,以后的一段时期内就可以用挂码代替实际物料标

定,以达到降低标定复杂度,提高标定精度的目的。在提高标定精度的同时降低标定难度是煤炭在线动态称重系统标定方法研究的努力方向。

2.2 称重传感器研究

称重传感器是煤炭在线动态称重系统的核心部件,必须具有优良的瞬态特性和稳态特性,以保证整个系统的精度与稳定性。称重传感器从原理上分为电阻应变式、压磁式、振弦式等,其中电阻应变式称重传感器应用最为广泛^[14]。压磁式称重传感器输出功率大,过载能力强,可在高温、潮湿、多尘等恶劣环境条件下长期工作。振弦式称重传感器灵敏度高、抗干扰能力强;采用非位移式测量原理,测量过程几乎无位移发生,不影响秤架的校准状态,且有动态过载保护装置,最大传送距离长。因此,振弦式称重传感器是称重传感器未来发展的一个方向。

除了提高称重传感器本身性能之外,研究者也通过改善传感器安装与应用的方法来提高整个系统的精度,如采用多称重传感器技术和称重传感器的交错式安装技术^[15]。目前有研究者采用分路 AD 转换技术以解决多称重传感器衡器在称量过程中由于某一称重传感器出现故障或异常造成计量不准,而又不容易发现的难题,提高了系统可靠性。另外,在矿山环境下采用矿车计量,应用轮式称重比轴式称重方式更容易获得较高的称重精度。采用称重传感器交错式安装方法,系统不需要安装红外对射探测器或独立的方向传感器就能对矿车方向做出正确判别,减小了系统复杂性,从而也进一步提高了系统的稳定性。

2.3 动态数学模型及数据处理算法研究

现有的煤炭在线动态称重系统多采用“静态标定,动态使用”的方法来实现^[16]。实践证明,该方法不管称重传感器的精度多高,都存在称重传感器及其测量系统的动态特性和动态测量误差等问题。由于动态称重系统测量对象和环境都是运动变化的,建立恰当的数学模型并采用先进的数据处理方法以提高称重精度就显得至关重要。

目前所采用的称重算法主要是均值法、最大最小值法、多重积分法等。而应用较多的动态称重信号处理方法主要有滤波法、估算法和比较法。在建立称重系统动态数学模型时,加入知识维护功能,可提高模型的可靠性,增强系统的自诊断和智能化水平。在国内,系统理论、模糊控制理论、人工智能、神经网络、数字滤波、振动理论、阻尼技术等先进技术与理论正逐渐被应用在动态数学模型的建立和数据

处理算法上,这也是称重系统未来进一步深入研究的方向之一。

2.4 系统上位机软件研究

系统上位机软件是煤炭在线动态称重系统数据显示输出的重要组成部分,满足用户的多方面需求、实现人机友好交互是系统软件的主要目标,对整个系统的可靠性具有重要意义。目前,国内煤炭称重设备生产厂家众多,上位机系统软件多种多样,由于欠缺标准化^[17],各厂家的设备难以在同一系统平台下实现兼容,给管理和使用带来不便。因此,研制功能完善的、具有良好通用性的标准化系统上位机软件是煤炭在线动态称重系统研究的又一关键问题。国家相关部门已组织专门人员编写相应的技术规范——MT 1082—2008《煤炭产量远程监测系统通用技术要求》^[18],该规范对煤炭在线动态称重系统的软硬件组成及信息传输通信协议都做了详细规定。

3 结语

随着计算机技术、传感器技术、电子技术的快速发展,国内煤炭在线动态称重设备及系统性能有了很大提高,但与国外发达国家相比,无论从理论上还是实际应用上都还存在一定的差距。智能化、高精度、高稳定性和低维护量是系统发展的目标,今后研究机构和动态计量设备生产厂家应在实现真正的“动态标定、动态使用”的煤炭在线动态称重系统研究方面投入更多的精力。

参考文献:

- [1] 张瑜. 远程矿井动态称重系统的研究与开发[D]. 长沙:中南大学,2008.
- [2] 张廷虎. 基于 DSP 的智能动态称重技术的研究[D].

青岛:青岛科技大学,2012.

- [3] 侯建民. 矿用箕斗动态定量称重系统的研究[D]. 西安:西安科技大学,2009.
- [4] 唐煜. 煤炭产量监测管理中的称重计量[J]. 中国计量,2008(5):30-31.
- [5] 韩昱,李丽. 动态称重系统及数据处理算法的研究[J]. 电脑开发与应用,2006,19(6):31-33.
- [6] 苏毅. 可实现物料流量精确控制的自动核子皮带秤[J]. 中国测试,2012,38(6):57-59.
- [7] 高艳雯. 输送带在线动态实时称重系统的研究[D]. 兰州:兰州理工大学,2007.
- [8] 肖志红. 在线物料传送称重技术研究[D]. 西安:西安石油大学,2008.
- [9] 陈建,郑传行,陈建中. 煤矿动态轨道衡数据采集与处理[J]. 煤矿开采,2011,16(4):89-92.
- [10] LI Ping, WANG Yanwen, XU Cong. Research on dynamic measurement system for bulk material based on machine vision [C]//Switzerland: Transaction Technology Publications,2012.
- [11] 王文清,汪睦,任安祥. 基于图像处理的矿车计量监控系统:中国,ZL200910242876.6[P]. 2012-01-04.
- [12] 李胜. 料斗秤自动监控系统的开发[J]. 软件,2012,33(9):29-30.
- [13] 孙秉礼. 电子皮带称重和定量给料秤的标定[J]. 水泥,1985(9):18-21.
- [14] 张延温,武君婷,苏阳. 浅谈数字称重传感器的技术现状与发展趋势[J]. 综述论坛,2004,33(1):1-3.
- [15] 赵广平,孙雯萍,孙建军. 电子称重技术现状及发展趋势[J]. 仪器仪表与传感,2007(7):76-77.
- [16] 刘九卿. 动态和数字称重技术发展概况与研究课题[J]. 工业计量,2011,21(2):4-10.
- [17] 李萍,于明. 基于行业标准的煤炭产量远程监测系统软件开发[J]. 煤炭科学技术,2011,39(9):88-90.
- [18] MT 1082—2008 煤炭产量远程监测系统通用技术要求[S].

矿用绞车无线移动多媒体通信系统

矿用绞车无线移动多媒体通信系统由天地(常州)自动化股份有限公司研制推出。该系统由多媒体工作站、无线基站、信号装置、车载台、摄像仪、手机、电缆或光缆等组成,可实现绞车行车时必需的打点、通话、急停等功能,并可实时采集绞车移动过程中的视频信号。绞车司机通过多媒体工作站可实时查看绞车梭车沿线的视频图像信息并监听绞车运行时的声音,直观监视监听轨道情况、车辆状态等信息,同时绞车司机可通过手机、车载台、信号装置等随时向沿线工作人员发送打点、急停信号并与他们进行语音通话,保障绞车系统的高效安全运行。

(王树强)