

文章编号:1671-251X(2019)05-0100-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2019010055

矿用带式输送机输送量测量方法现状及发展趋势

张少宾^{1,2}, 蒋卫良^{1,2}, 芮丰^{1,2}

(1. 煤炭科学研究总院, 北京 100013;
2. 中煤科工集团上海研究院有限公司, 上海 200030)



扫码移动阅读

摘要:对目前矿用带式输送机输送量的测量方法即电子胶带秤测量法、核子胶带秤测量法、超声波测距测量法、激光 CCD 图像测量法、激光扫描测量法进行了分析,并从测量精度、响应时间等方面对各种方法进行了对比分析。接触式测量法中,电子胶带秤测量法测量精度高,但响应速度较慢,稳定性较差;非接触式测量法中,激光扫描测量法测量精度较高,响应速度较快,稳定性较好。指出带式输送机输送量测量方法的发展趋势是提高测量精度、抗干扰性和适应性,非接触式测量法或融合多种技术的方法将逐渐成为主流的输送量测量方法。

关键词:带式输送机; 输送量测量; 接触式测量; 非接触式测量; 电子胶带秤测量法; 激光扫描测量法
中图分类号:TD634.1 **文献标志码:**A

Current status and development trend of measuring methods of
conveying capacity of mine-used belt conveyor

ZHANG Shaobin^{1,2}, JIANG Weiliang^{1,2}, RUI Feng^{1,2}

(1. China Coal Research Institute, Beijing 100013, China;
2. CCTEG Shanghai Research Institute, Shanghai 200030, China)

Abstract:Measuring methods of current mine-used belt conveyor were analyzed, which are electronic belt scale measuring method, nuclear belt scale measuring method, ultrasonic ranging measuring method, laser CCD image measuring method and laser scanning measuring method. Various methods were compared and analyzed from aspects of measurement accuracy, response time, etc. In contact measuring methods, electronic belt scale measuring method has high measurement accuracy, but response speed is slow and stability is poor. In non-contact measuring methods, laser scanning measuring method has high measurement precision, high response speed and good stability. It is indicated that development trend of measuring methods of conveying capacity is to improve measurement accuracy, anti-interference and adaptability; non-contact measurement method or a method combining various technologies will gradually become the mainstream measuring methods of conveying capacity.

Key words: belt conveyor; conveying capacity measurement; contact measurement; non-contact measurement; electronic belt scale measuring method; laser scanning measuring method

0 引言

带式输送机是煤矿生产的重要设备之一,可以实现长距离、大运量、连续运输。受采煤工作面地质变化及采集设备不稳定的影响,煤炭的产量会产生波动。这导致带式输送机输送量具有极大的不均衡性,对带式输送机的安全运行及智能控制产生很大影响^[1-2]。输送量大,会加剧输送带磨损和撕裂、溢

收稿日期:2019-01-14;修回日期:2019-04-12;责任编辑:胡娟。

基金项目:中国煤炭科工集团科技创新基金项目(2016MS006)。

作者简介:张少宾(1993—),男,河南许昌人,硕士研究生,主要研究方向为机械设计,E-mail:603589990@qq.com。

引用格式:张少宾,蒋卫良,芮丰. 矿用带式输送机输送量测量方法现状及发展趋势[J]. 工矿自动化,2019,45(5):100-103.

ZHANG Shaobin,JIANG Weiliang,RUI Feng. Current status and development trend of measuring methods of conveying capacity of mine-used belt conveyor[J]. Industry and Mine Automation,2019,45(5):100-103.

煤、洒煤等现象发生;输送量小,会造成资源浪费。因此,有效测量带式输送机输送量,对带式输送机的安全运行及智能控制具有重要意义^[3]。

1 带式输送机输送量测量方法现状

带式输送机输送量测量方法可分为接触式测量法和非接触式测量法。接触式测量法通过测量单位有效称量段的煤料质量,与带速相乘得出瞬时输送量,一段时间内瞬时输送量的积分为该段时间内带式输送机的输送量。非接触式测量法通过测量单位长度内煤料体积,与煤料密度、带速相乘得出带式输送机的输送量。接触式测量法主要是电子胶带秤测量法,非接触式测量法包括核子胶带秤法、超声波式测量法、激光 CCD(电荷耦合器件)图像测量法及激光扫描测量法^[4]。

1.1 电子胶带秤测量法

电子胶带秤测量法使用的设备主要有称重框架、称重传感器、速度传感器和工控机等。当煤料从秤体通过时,输送带和称重托辊作用于称重传感器,得到单位称重参数的压力信号,同时速度传感器同步检测到输送带的瞬时速度信号,将 2 个信号转换为模拟电压或电流,经传输电缆和数据通信接口输送到地面工控机进行计算处理^[5]。

采用电子胶带秤测量法时,输送量 Q_{12} 计算公式为

$$Q_{12} = \int q(t)v(t)dt \tag{1}$$

式中: $q(t)$ 为 t 时刻单位长度输送带上煤料的质量; $v(t)$ 为带式输送机速度。

称重传感器是电子胶带秤测量法的核心,也是电子胶带秤测量法的研究重点,其灵敏度、准确性、抗干扰性都会对测量结果造成很大影响。煤炭行业中常用的是电阻应变式称重传感器,这种传感器容易受到外界环境、负载等因素影响。若温度过高,传感器会出现塑性变形,使得测量结果高于实际质量;若输送带负载过大,会使得传感器灵敏度降低,导致测量误差增大,响应速度降低。

GB/T 7721—1995《电子皮带秤》规定,目前 4 个等级的电子胶带秤使用误差分别为 $\pm 0.25\%$, $\pm 0.5\%$, $\pm 1.0\%$, $\pm 2.0\%$ 。矿井应用中,在安装精度高、维护良好的情况下,电子胶带秤测量法可以达到 $\pm 0.5\%$ 或更高的准确度^[6]。

1.2 核子胶带秤测量法

核子胶带秤测量法是根据 γ 射线穿过煤料后的衰减程度来计算输送量的一种方法。其测量原理是

利用煤料对 γ 射线束的吸收,通过前置放大器把 γ 射线强度转换成电压信号,计算出单位长度输送带上煤料的质量,进而完成带式输送机输送量的连续测量^[7]。

根据比尔定律计算 γ 射线强度:

$$I(t) = I_0 \exp(-upa(t)) \tag{2}$$

式中: $I(t)$ 为 t 时刻穿过煤料后的射线强度; I_0 为穿过煤料前的射线强度; u 为煤料的质量吸收系数; ρ 为煤料密度; $a(t)$ 为 t 时刻煤料厚度。

采用核子胶带秤测量法时,输送量 Q_{12} 计算公式为

$$Q_{12} = A \int v(t) \ln \frac{U_0(I,t)}{U(I,t)} dt \tag{3}$$

式中: A 为带式输送机负载系数; $U(I,t)$ 为空带时的输出电压; $U_0(I,t)$ 为运煤时的输出电压。

煤矿中,输送带上的煤料包含煤、矸石及一定的水分,标定比较复杂,煤料的质量吸收系数难以确定。此外, γ 射线具有放射性,在运输、储存和使用中有很大的不便,不易检查和维修。

1.3 超声波测距测量法

超声波测距测量法通过测量输送机上物料高度得到近似物料体积,并根据物料密度、输送机速度计算得到瞬时输送量^[8]。超声波测距测量法有相位检测法、声波幅值检测法和往返时间检测法等多种。相位检测法适合小范围、高精度的测量,声波幅值检测法受环境影响较大,煤矿中一般采用往返时间检测法。往返时间检测法原理:检测发射器发出的超声波经介质传播到接收器的时间与超声波速度的乘积是超声波传输的距离,所测距离 L 是超声波传输距离的一半,根据测得的距离能得到煤料的大概高度,由煤料高度得到近似煤料体积,并根据煤料密度、带速计算得到输送量。 L 计算公式为

$$L = \frac{vt_1}{2} \tag{4}$$

式中: v 为超声波的速度; t_1 为超声波往返时间。

超声波速度与传播介质有关,空气密度、湿度、温度等都会对其产生影响,此外,超声波测距仪的测量准确度较低,也会导致测得的煤料高度误差较大^[9]。因此,超声波测距测量法很少作为主要的输送量测量技术,一般作为辅助性测量技术,用来监测有煤、无煤及煤多、煤少的情况。

1.4 激光 CCD 图像测量法

激光 CCD 图像测量法也称为激光 CCD 相机轮廓测量法,是基于机器视觉技术的测量方法。该测量方法采用 CCD 相机作为观测器件,将激光投射到

煤料表面,产生漫反射,并得到煤料图像。对得到的图像进行处理,利用计算机软件建立煤料三维模型,从而得到煤料体积,实现带式输送机输送量的测量。

采用激光 CCD 图像测量法时,输送量 Q_{12} 计算公式为

$$Q_{12} = \rho V(t_1, t_2) \tag{5}$$

式中 $V(t_1, t_2)$ 为 $t_1 \sim t_2$ 时段内煤料的体积。

目前激光 CCD 图像测量法在国内已有成熟产品,文献[10]利用同一测量面中上、下双视点的 CCD 相机测得煤料轮廓,测量准确率在 96% 以上。因为煤矿光照条件不佳,对煤料图像采集有很大影响,而且,图像处理时间较长,算法复杂,所以激光 CCD 图像测量法速度较慢。

1.5 激光扫描测量法

激光扫描测量法的基本原理与超声波测距法相似,但测量精度更高。其测量过程主要包括定向、测角、扫描和测距。激光扫描仪发出高精度、高频率的点激光,经反射棱镜反射,形成一定角度的扫描光束,获得扫描光束范围内煤料与发射中心的距离值,结合时间、相对输送带的位置可计算出煤料三维坐标数据。再结合输送带带速得到煤料的点云,经过对点的标定及函数拟合得到煤料截面轮廓^[11]。

由三角形面积累计方法或梯形面积累计方法得到煤料截面积 $S(t)$,则激光扫描测量法测得的输送量 Q_{12} 为

$$Q_{12} = \rho \int v(t) S(t) dt \tag{6}$$

文献[12]通过激光扫描法建立堆积体积测量模型,并用 Vissual C++ 和 OpenGL 函数完成软件设计和三维重建,实验结果精度较高,测量速度快。文献[13]采用激光扫描测量法对带宽为 200 mm、带速为 0.5~1.5 m/s 的槽型带式输送机输送量进行测量,数据重复性和相关性达到 98% 以上。

1.6 对比分析

对目前常用的测量方法进行对比分析,结果见表 1。可以看出,电子胶带秤测量法测量精度最高,但对日常维护和使用要求比较高,稳定性较差。激光扫描测量法和激光 CCD 图像测量法的精度和稳定性较好,但易受煤料粒度和密度的影响。

2 输送量测量方法的发展趋势

(1) 提高测量精度。提高测量精度的方法包括采用性能更好的测量设备、对设备的日常使用和维护进行严格要求、不断优化数据处理算法等。

(2) 提高抗干扰性。煤矿恶劣环境对各种测量

表 1 输送量测量方法对比

Table 1 Comparison of various measuring methods of conveying capacity

测量方法	测量精度	响应速度	稳定性
电子胶带秤测量法	高	较慢	较差
核子胶带秤测量法	较高	较快	较好
超声波测距测量法	低	较慢	较差
激光扫描测量法	较高	较快	好
激光 CCD 图像测量法	较低	慢	好

设备会产生一定影响。为了有效避免环境对测量结果的影响,使得这些测量方法具有更强的抗干扰能力,可采用特殊测量设备,如防爆防抖高速 CCD 相机等。

(3) 提高适应性。为了减少测量误差,适应不同的煤矿环境及输送量的大小,可将多种方法结合使用。比如双目视觉技术^[14]采用 2 个激光 CCD 摄像头,减小输送带上大块煤对测量结果的影响。此外,激光扫描测量法可和超声波测距测量法相结合,解决利用单一光线或声波进行测量时误差较大的问题。

3 结语

介绍了带式输送机输送量测量方法的现状并对各种方法进行了对比分析。接触式测量法中,电子皮带秤测量法测量精度高,但响应速度较慢,稳定性较差;非接触式测量法中,激光扫描测量法测量精度较高,响应速度较快,稳定性较好。随着人工智能、图像处理等技术的快速发展,非接触式测量法或融合多种技术的方法将得到快速发展并逐渐成为主流的输送量测量方法。

参考文献(References):

[1] 孙继平. 煤矿信息化与自动化发展趋势[J]. 工矿自动化, 2015, 41(4): 1-5.
SUN Jiping. Development trend of coal mine informatization and automation[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(4): 1-5.

[2] 孙继平. 煤矿信息化与智能化要求与关键技术[J]. 煤炭科学技术, 2014, 42(9): 22-25.
SUN Jiping. Requirement and key technology on mine informatization and intelligent technology [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(9): 22-25.

[3] 阴晋峰, 高颖. 基于煤流量监测的带式输送机调速控制[J]. 机械管理开发, 2018, 33(6): 84-85.
YIN Jinfeng, GAO Ying. Study on speed regulation

technology of belt conveyor based on coal flow monitoring [J]. Mechanical Management and Development,2018,33(6):84-85.

[4] 肖鸿亮. 带式输送机的输送量检测与节能控制系统的研究[D]. 沈阳:东北大学,2014.

[5] 毕思武. 煤矿在用电子皮带秤存在的问题与对策[J]. 衡器,2016,45(12):32-34.

BI Siwu. Problems existing and countermeasures in the coal mine in electronic belt scale[J]. Weighing Instrument,2016,45(12):32-34.

[6] 顾世双. 核子皮带秤和电子皮带秤的比较[J]. 衡器,2011,40(6):49-50.

GU Shishuang. Comparison between nuclear belt scale and electronic belt scale [J]. Weighing Instrument,2011,40(6):49-50.

[7] 李阳. 矿用核子皮带秤在线监测系统[D]. 西安:西安科技大学,2017.

[8] 陈湘源. 基于超声波的带式输送机多点煤流量监测系统设计[J]. 工矿自动化,2017,43(2):75-78.

CHEN Xiangyuan. Design of multipoint coal flow monitoring system of belt conveyor based on ultrasonic[J]. Industry and Mine Automation,2017,43(2):75-78.

[9] 赵珂,向瑛,王忠,等. 高准确度超声波测距仪的研制[J]. 传感器技术,2003,22(2):55-57.

ZHAO Ke, XIANG Ying, WANG Zhong, et al. Development of high accuracy ultrasonic range finder [J]. Journal of Transducer Technology,2003,22(2):55-57.

[10] 乔葳,靳宝全. 输送带运输物料双视点测量方法研究[J]. 煤炭技术,2018,37(3):250-252.

QIAO Wei, JIN Baoquan. Research of dual-field measurement method of material flow on conveyor belt[J]. Coal Technology,2018,37(3):250-252.

[11] 陶依贝,周宾,刘鹏飞,等. 基于 LabVIEW 的物料体积流量实时测量系统[J]. 仪表技术与传感器,2018(3):51-56.

TAO Yibei,ZHOU Bin,LIU Pengfei,et al. Real-time measurement system of material volume flow based on LabVIEW[J]. Instrument Technique and Sensor,2018(3):51-56.

[12] 姜志华. 基于激光扫描的堆料体积测量系统研究与设计[D]. 武汉:华中科技大学,2011.

[13] 曾飞,吴青,初秀民,等. 带式输送机物料瞬时流量激光测量方法[J]. 湖南大学学报(自然科学版),2015,42(2):40-47.

ZENG Fei, WU Qing, CHU Xiumin, et al. Measurement of material instantaneous flow on belt conveyors based on laser scanning [J]. Journal of Hunan University (Natural Sciences),2015,42(2):40-47.

[14] 代伟,赵杰,杨春雨,等. 基于双目视觉深度感知的带式输送机煤量检测方法[J]. 煤炭学报,2017,42(增刊2):547-555.

DAI Wei,ZHAO Jie,YANG Chunyu,et al. Detection method of coal quantity in belt conveyor based on binocular vision depth perception[J]. Journal of China Coal Society,2017,42(S2):547-555.