

新型气体流量测量技术对高炉煤气与转炉煤气检测的影响研究

丁亚洲 李文浩 张光勇

日照钢铁控股集团有限公司, 山东 日照 276800

[摘要]本研究着眼于高炉煤气和转炉煤气在工业生产当中所面临的复杂环境以及对精度方面的需求问题,对其新型气体流量测量技术的应用效果以及给检测过程带来的综合影响展开了系统分析。高炉煤气与转炉煤气是钢铁生产过程中的副产品,其流量检测的精准程度与能源利用效率以及环境污染控制有着直接关联。传统测量方式在面对高温、高粉尘以及腐蚀性介质等状况时,存在着明显局限,致使测量出现较大误差并且系统稳定性较差。此文概要阐述了超声流量测量技术、热式质量流量测量技术、差压式流量测量技术改进以及其他新型技术的基本原理与各自特点,并着重就这些新技术给煤气检测在测量精度、系统稳定性、介质适应性以及维护成本与使用寿命等方面所带来的积极作用展开探讨。

[关键词]高炉煤气; 转炉煤气; 气体流量测量; 超声技术

DOI: 10.33142/ec.v8i8.17786

中图分类号: TF544

文献标识码: A

Study on the Influence of New Gas Flow Measurement Technology on Blast Furnace Gas and Converter Gas Detection

DING Yazhou, LI Wenhao, ZHANG Guangyong

Rizhao Steel Holding Group Co., Ltd., Rizhao, Shandong, 276800, China

Abstract: This study focuses on the complex environment and precision requirements faced by blast furnace gas and converter gas in industrial production. It systematically analyzes the application effect of their new gas flow measurement technology and the comprehensive impact it brings to the detection process. Blast furnace gas and converter gas are by-products in the steel production process, and the accuracy of their flow detection is directly related to energy utilization efficiency and environmental pollution control. Traditional measurement methods have obvious limitations when facing high temperatures, high dust, and corrosive media, resulting in significant measurement errors and poor system stability. This article summarizes the basic principles and characteristics of ultrasonic flow measurement technology, thermal mass flow measurement technology, differential pressure flow measurement technology improvement, and other new technologies, and focuses on exploring the positive effects of these new technologies on gas detection in terms of measurement accuracy, system stability, medium adaptability, maintenance cost and service life.

Keywords: blast furnace gas; converter gas; gas flow measurement; ultrasonic technology

引言

钢铁生产过程中会产生副产煤气,主要包括焦炉煤气、高炉煤气和转炉煤气,为了更加高效地利用副产煤气,将三种煤气进行混合以满足用户端的热值要求,并通过风机加压将混合煤气送到用户端加以利用。副产煤气流量大小、煤气的品质和成分是波动的,会导致混合煤气的热值产生波动。煤气混合并加以利用有助于提高煤气资源的能源效益与环境效益。它不仅能够为企业节省能源成本,提升资源利用效率,还有助于企业实现绿色可持续发展。因此,实现高炉煤气的精准计量,对钢铁冶金企业的整体运营至关重要。

1 高炉煤气与转炉煤气特性及测量需求

1.1 煤气组成与物理性质

高炉煤气以及转炉煤气在组成方面以及物理性质上存在着颇为明显的差异,而这些差异无疑对流量测量技术的选择以及应用成效产生了直接的影响。高炉煤气主要是从高炉炼铁这一过程当中产生的,其典型的组成情况包含有一氧化碳、二氧化碳、氮气,另外还会有少量的氢气以

及甲烷,与此当中还含有相当高的比例的粉尘以及水分。如此复杂的组成状况致使它的密度、黏度还有温度都呈现出较大的波动幅度,进而给流量测量设备针对介质的适应性提出了比较高的要求。转炉煤气则是出自转炉炼钢这个环节,其中以一氧化碳作为主要成分,并且会伴随有少量像二氧化碳以及氮气这样的其他气体,其物理性质呈现出高温的特点,同时还具备高腐蚀性的特性,并且瞬时流量的变化极为剧烈,这就让传统的测量方法在精准地捕捉流量数据的时候面临着极大的难题。除此之外,这两种煤气所处的压力范围一般都属于中低压的状态,不过转炉煤气在产生的过程当中是有可能出现压力骤然发生变化的情况的,这又进一步加大了测量过程中存在的不确定性。

1.2 传统测量方法的局限性与挑战

传统气体流量测量方法,比如孔板流量计以及涡轮流量计,在高炉煤气和转炉煤气检测方面的应用颇为普遍。这些方法在面对复杂工业环境的时候,明显呈现出一定的局限性以及诸多挑战。孔板流量计是依据差压原理来开展

测量工作的，它的结构相对简单，成本也处在较低水平^[1]。不过在高粉尘以及高湿度的介质当中，它很容易出现堵塞以及磨损的情况，如此一来，其测量精度便会随着时间推移而快速下滑，并且还不得不频繁地进行校准与维护操作，以此来维持其基本的功能状态。涡轮流量计是借助检测流体推动涡轮旋转的方式来计算流量的，它对于介质清洁度的要求颇高。在高炉煤气以及转炉煤气这类含有大量杂质的气体环境中，涡轮叶片特别容易出现积垢或者损坏的现象，进而引发测量误差，甚至还会导致设备出现故障。除此之外，传统方法在应对高温以及腐蚀性环境之时，通常都缺少行之有效的防护举措，这就使得传感器的使用寿命变短，并且系统的稳定性也很难得到保障。这些问题在长期的运行过程当中，会逐渐累积成高昂的维护成本以及生产中断的风险。

2 新型气体流量测量技术概述

2.1 超声流量测量技术

超声流量测量技术属于一种非接触式的测量手段，它借助发射超声波信号，然后检测该信号在气体介质里的传播时间或者频率方面的变化情况，进而以此来对流量加以计算。这种技术在针对高炉煤气以及转炉煤气展开检测的时候，展现出了颇为明显的优点。超声技术是依据多普勒效应或者时差法原理来运作的，它可以有效地规避因介质直接接触而引发的腐蚀以及堵塞方面的问题，特别适合在存在高粉尘以及高湿度的环境下对煤气流量进行测量^[2]。比如说，多普勒超声流量计会凭借气体当中悬浮颗粒物对超声波所形成的反射现象，来推算出流速，如此便能够精准地监测到脏污气体。而时差法则会通过将上下游超声波传播时间差拿来相互比较的方式，来对流量进行计算，这适用于较为清洁或者只是轻度受到污染的介质。超声流量测量技术还有着安装起来比较简单以及维护方面的需求比较低的优势，它的传感器一般会被安置在管道的外部，如此一来就能够减少设备出现磨损的情况以及降低停机所花费的时间，并且还能够给出具有高精度以及宽量程的测量结果。

2.2 热式质量流量测量技术

热式质量流量测量技术是以热传导原理作为基础的。它会检测气体流经加热元件之际的温度变化情况，进而依据这一变化来直接对质量流量加以计算。这种方法对于高炉煤气以及转炉煤气这类组成常常会发生变化的气体介质而言，是极为适用的。热式技术在运作的时候，会采用恒温差或者恒功率这样的模式。其传感器一般是由加热元件和温度传感元件共同构成的。当气体经过的时候，流速一旦出现变化，那么就会导致热损失存在差异，接着再通过校准曲线将其转化为流量数据。这种技术有一个很突出的优点，那就是它对于气体组成的那种变化并不怎么敏感，而且可以径直输出质量流量的具体数值，如此一来便避免了因密度以及压力补偿而产生的复杂状况，进而在高炉煤气与转炉煤气所处的那种复杂环境当中提升了测量的准确性。除此之外，热式质量流量计自身有着结构较为紧凑

的特点，而且其响应速度也很快，所以它可以实时地对流量波动予以监测，并且还能对过程控制给予及时的反馈信息。不过，在高温以及高粉尘的条件之下，它或许就需要采取一些额外的防护举措了，以此来防止传感器出现被污染或者是因过热而损坏的情况。热式质量流量测量技术具备的这些特性，让它成为了在煤气检测当中一种颇为高效并且经济的选择，特别是对于那些需要高精度质量流量数据的相关应用场景来说，更是如此。

2.3 差压式流量测量技术改进

差压式流量测量技术作为传统方法经过改进，在高炉煤气以及转炉煤气检测当中重新受到关注，其改进主要聚焦于传感器设计、信号处理还有材料选择等方面。传统差压式流量计像孔板是依靠流体经过节流件所产生的压力差来推算流量的，然而在脏污介质里容易出现堵塞的情况，导致精度有所损失，改进之后引入了自清洁结构以及智能补偿算法，以此来减少粉尘积累所带来的影响^[3]。比如采用多孔平衡节流件，能够使压力均匀分布，进而降低涡流，提高稳定性和重复性，并且结合数字信号处理实时校正温度压力误差，让差压式流量计在高温高湿的环境当中表现得更加可靠。改进技术还借助新型耐磨耐腐蚀材料，像是陶瓷，以此来延长设备的使用寿命，并且通过模块化设计简化安装维护流程，成为一种成本效益比较高的选择。

2.4 其他新型测量技术

除了超声、热式以及改进差压式技术之外，还有像涡街流量计和科里奥利质量流量计这类新型气体流量测量技术，在高炉煤气以及转炉煤气检测方面呈现出了一定的应用潜力。这些技术各自有着不同的特点，还能够一定程度上弥补主流方法所存在的不足之处。涡街流量计是依据流体绕着阻流体流动时所产生的涡旋频率来对流量加以测量的，它的结构较为坚固，对于介质变化的适应性也很强。不过在低流速或者高振动的环境当中，其精度可能会出现下降的情况，这就需要借助阻尼设计或者是信号增强方面的措施来对其性能做出优化。科里奥利质量流量计则是凭借流体在振动管里面产生的科里奥利效应，直接输出质量流量的数据，它的精度非常高，而且不会受到气体组成的影响。然而该设备的成本相对较高，并且对于安装条件的要求比较严格，这就在很大程度上限制了它在大型管道当中的推广与普及。除此之外，像光纤传感以及微波测量等一些新兴技术，也逐渐开始在气体流量检测这个领域当中得到应用。它们依靠非接触式的原理，能够很好地避免介质污染的问题，同时还能够提供较强的抗干扰能力。不过这些技术目前还处在研发的阶段，所以还需要进一步去验证它们在工业环境当中的可靠性。

3 新型测量技术对煤气检测的影响分析

3.1 对测量精度的影响

新型气体流量测量技术给煤气检测精度的提升带来了极为深远的影响，它凭借先进的原理以及智能算法，有

效地大幅减少了传统方法所存在的各类误差源。超声流量测量技术是借助高频声波能够穿透介质这一特点来检测流速的变化情况,其非接触式的特性很好地避开了因传感器出现磨损或者堵塞而引发的精度方面的损失,并且还能够实时对温度和压力的波动加以补偿,进而使得测量误差能够被控制在相对较低的范围之内。热式质量流量测量技术可直接输出质量流量值,如此一来便消除了由于密度以及组成发生变化所带来的不确定性,在气体状况多变的情形下,该技术能够提供更为一致且准确的数据。改进后的差压式技术通过运用智能信号处理手段以及采取自清洁的设计方式,成功地减少了粉尘积累所造成的干扰,从而提升了其在长期运行过程中的精度稳定性。

3.2 对系统稳定性的改善

系统稳定性对于煤气检测而言是极为关键的,新型技术借助增强抗干扰的能力以及降低故障率,达成了颇为明显的改善效果,而这一切的根源在于结构方面的优化以及材料方面所取得的进步。超声流量测量技术采用了非接触式的传感器设计,也就是说该传感器并不会和介质直接接触,如此一来便能够防止因腐蚀或磨损而导致性能出现退化的情况发生,并且其配套的数字信号处理系统还能够自动对环境噪声加以过滤,从而保证在存在振动或者温度发生变化的这种环境下依然可以稳定地输出数据。热式质量流量测量技术运用了固态传感器并且还采用了冗余设计的方式,以此来将活动部件出现故障的风险减小,当处于高粉尘的条件之下时,凭借防护涂层便能够维持长期的稳定性,进而让系统在持续运行的过程中能够保持较高的可靠性。改进后的差压式技术借助多孔节流件再加上自适应算法,能够有效地降低涡流脉动所带来的影响,在那种流量会发生剧烈变化的场景当中,它能够给出较为平稳的测量结果,这些种种应用使得设备的维护周期得以延长,减少了出现意外停机这类事件的可能性,最终促使整个检测系统呈现出更为持久可靠的性能状态。

3.3 对介质适应性的提升

介质适应性在气体流量测量技术里属于极为关键的一项指标。新型的测量技术凭借创新性的设计,大幅度提升了其应对复杂介质的能力,成功突破了传统方法所存在的种种局限。超声流量测量技术能够很好地处理那种高粉尘且高湿度的介质,其利用声波信号可穿透杂质层这一特性,从而精准地检测流速,并且不会受到颗粒物积累所产生的影响,所以在高炉煤气这类脏污气体当中,该技术的表现十分出色。热式质量流量测量技术对于气体组成的改变并不敏感,它可以直接对质量流量进行测量,而不需要额外的补偿手段,因此特别适用于转炉煤气一氧化碳比例出现波动的场景^[4]。并且,该技术所使用的传感器在高温环境下依然可以正常工作,

借助冷却措施还进一步拓展了其应用范围。改进后的差压式技术通过提升材料等级以及优化结构的方式,增强了自身的耐腐蚀以及耐磨性能,比如采用陶瓷内衬来减少化学侵蚀,如此便能在腐蚀性介质中维持长期的准确性。

3.4 对维护成本与使用寿命的影响

新型气体流量测量技术给煤气检测维护成本以及使用寿命带来了积极的影响,它是通过降低故障率并且延长设备寿命来达成经济效益的提升的。超声流量测量技术有着非接触式的特性,其传感器不容易出现磨损和污染的情况,这使得清洁以及更换的频率大幅度地降低了,并且它还具备自诊断的功能,能够提前对潜在的问题发出预警,进而避免出现突发故障以及由此产生的高额维修费用。热式质量流量测量技术运用的是耐用的材料以及模块化的设计,如此一来,部件更换起来会更加便捷,而且成本也会更低一些,与此它还能凭借高精度的测量来减少重复校准的需求,从而节约人力以及时间资源。改进后的差压式技术借助自清洁结构以及智能监控系统,减少了维护干预的次数,比如说它有自动冲洗的功能,可以防止粉尘堵塞,在长期使用的期间,能够保持性能的稳定,进而延长设备的寿命。

4 结束语

本研究全面且细致地分析了新型气体流量测量技术给高炉煤气以及转炉煤气检测所产生的影响。经研究发现,这些技术在诸多方面都呈现出明显的改善效果,具体包括测量精度、系统稳定性、介质适应性,还有维护成本以及使用寿命等方面。超声流量测量技术、热式质量流量测量技术、经过改进的差压式技术以及其他一些新型方法,凭借其先进的原理以及精心的设计优化,成功地突破了传统测量方法所存在的种种局限性,进而为煤气检测给予了更为可靠且高效的解决办法。在未来的研究当中,需要进一步去探寻这些技术在更为广阔的工业环境里所具备的应用潜力,并且要结合当下的智能化发展趋向来着手开发集成式的解决方案,以此不断地推动气体流量测量这一领域持续向前发展。

[参考文献]

- [1] 兰龙慧,董旭,汤永刚.在线总硫分析仪在高炉煤气中的应用研究[J].自动化与仪器仪表,2024(5):265-271.
- [2] 罗蒙蒙.甲烷/煤气燃烧特性及其反应动力学研究[D].辽宁:沈阳航空航天大学,2024.
- [3] 孙浩,孟文浩,泮鹏程.探析现代高炉生产中的自动化仪表[J].冶金与材料,2024,44(11):83-85.
- [4] 李威.冶金企业高炉煤气计量补偿技术研究[J].中国设备工程,2025(2):207-210.

作者简介:丁亚洲(1989.8—),毕业院校:中国海洋大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就任单位:日照钢铁控股集团有限公司,职务:电气技工,职称级别:中级。