

气体超声流量计在长庆气田的应用

王 东 赵毅刚 白 岩 袁旺军
(中国石油长庆油田公司天然气计量站)

王东等.气体超声流量计在长庆气田的应用.天然气工业,2007,27(5):118-120.

摘 要 长庆油田第一采气厂 79 座集气站、3 座净化厂、2 座配气站的天然气计量系统中以孔板流量计为主,但由于受天然气气质、生产条件及外界条件的影响,在使用中经常出现标准孔板附着脏物、损伤、取压管路堵塞或泄漏等情况,导致维护工作量较大,也影响天然气的准确计量。为了提高天然气贸易计量的准确度,通过对各类流量计的性能优选,长庆气田 2003 年在“西气东输”天然气贸易计量系统中首次尝试应用 Instromet、Daniel 两种气体超声流量计,并开展孔板流量计的对比分析研究,大大提高了贸易计量管理水平及贸易计量准确度,取得了较好的应用效果及经验。为此,简述了气体超声流量计的工作原理、工作性能特点,气体超声波流量计量值溯源,探讨其应用中的不足,以期 为气体超声流量计的现场应用提供参考。

主题词 气体 超声波流量计 计量 应用 长庆气田

在天然气贸易交接计量中,气体超声流量计快速发展,自二十世纪 80 年代进入我国工业生产和计量领域,其测量范围宽、精度高、重复性好、稳定性高、压损小、不受被测介质、安装的影响,逐渐取代传统孔板流量计作为天然气贸易交接的计量仪表。

一、长庆气田计量现状

长庆油田第一采气厂天然气计量系统中以孔板流量计为主,现有的 79 座集气站、3 座净化厂、2 座配气站大量使用孔板流量计,但工作状况受外界因素的影响较大,在使用过程中逐步显现出以下不足。

- (1)量程比为 1 : 3~1 : 5,合理使用的流量仅在满量程的 30% ~80% 之间,无法满足天然气的调配。
- (2)气流通过孔板流量计或内部阻流件,压力损失大(可达 25% ~50%),导致计量过程中损耗大。
- (3)由于气体条件的差异,气流易造成孔板表面脏物、损伤或变形,同时造成取压管路堵塞、积液,使信号迟滞及畸变。据统计,由于引压管线堵塞、泄漏、冻结、积液等引发仪表故障达 90% 以上。

(4)安装条件要求高。管线、孔板阀安装必须严格保持同轴,且前后直管段要长(据 SY/T6143 要求:弱扰动至少为前 14D、后 6D;强扰动至少为前 40D、后 6D),占地面积大。

孔板流量计的理论精度可达 1% ,但由于受诸多

因素的影响,使天然气输送计量误差大于 1% 。

二、气体超声流量计的应用

为减少计量纠纷,确保贸易双方计量交接公正、公平,经过大量的实地调研工作,在“西气东输”贸易计量管线上使用精度高、稳定性强的多声道气体超声流量计,均经国家原油大流量计量站成都天然气流量分站检定合格,精度优于 0.5 级,大大提高了贸易计量的准确性。

1.原理

气体超声流量计检测系统主要由本体、流量计算机、上下游计量管段、温度变送器、压力变送器等组成(见图 1)。其工作原理采用绝对数字时间差法,根据声波在气体中顺流传播和逆流传播的时间差与气体流速成正比这一原理来测量气体流量(见图 2)。

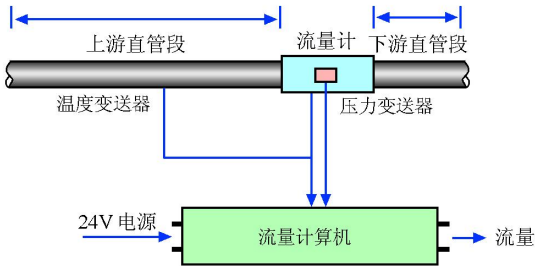


图 1 气体超声波流量计检测系统的组成图

作者简介:王东,1977 年生,工程师;2000 年毕业于宁夏大学,从事计量管理和科研工作。地址:(718500)陕西省靖边县长庆基地第一采气厂计量站。电话:(029)86505631。E-mail:mll_zry@sohu.com

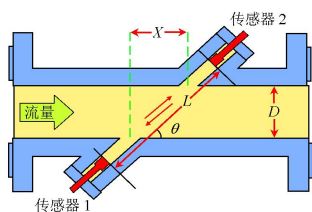


图2 时差式工作原理图

当管道中有气体流过时,传感器1、2所发射的超声波脉冲分别被传感器2、1接收,由于超声波脉冲在气流中传播速度受到气流的影响,导致超声波脉冲顺流传播的速度比逆流时快,在超声波声道长度内,其顺流、逆流方向的传播时间分别为:

$$t_s = \frac{L}{c + v \cos \theta} \quad t_n = \frac{L}{c - v \cos \theta}$$

沿声程测得的被测气体的平均流速为:

$$v = \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{t_s} - \frac{1}{t_n} \right)$$

式中: v 表示被测气体的平均速度,这是沿声程平均的线性加权的气体流速,需进行气体流速的修正,得出计算气体流量的方程式:

$$\begin{aligned} q_f &= AKv = \frac{\pi D^2}{4} K \frac{L}{2 \cos \theta} \left(\frac{1}{t_s} - \frac{1}{t_n} \right) \\ &= \frac{\pi D^2}{4} K \frac{L}{2 \cos \theta} (t_n - t_s) \end{aligned} \quad (1)$$

式中: q_f 为工况体积流量, m^3/s ; A 为管道流通面积, m^2 ; t_s 为超声波顺流传播的时间, s ; t_n 为超声波逆流传播的时间, s ; D 为管道内径, m ; L 为传感器1、2之间传播途径上的声道长度, m ; θ 为管轴线与传感器声程之间的夹角; K 为速度分布剖面的修正系数。

利用压缩因子和温度/压力信号对气体超声流量计的体积流量信号进行修正,从而得到标准状况下的体积流量(质量流量、能量),进行贸易计量交接。

2. 气体超声流量计的特点

“西气东输”管线安装的 Instromet、Daniel 气体超声流量计于2003年10~12月试运行,并于2004年1月1日正式投用,供气管路的工作压力约4.7 MPa,流量约为 $280 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其工作性能稳定、可靠,能适应压力、流量具有一定波动幅度的工况条件,保障了贸易气量的准确计量。

通过现场应用,气体超声流量计的精度、重复性高,量程比可达1:40~160,无压损,可测脉动流,测量双向流,可过载45%计量。除此之外,时差式气体超声流量计还具备以下优势。

(1) 流量测量独立于声速、温度及气体状况

气体超声流量计的流量计算方程包括表体的物理尺寸和传播时间,与声速无关,使被测气体流量的测量独立于被测气体的性质(如压力、温度和气体组分等),消除因气体状况对气体流量计量的影响,提高了流量计的测量精度和重复性。

(2) 优良的干扰抑制特性

气体超声流量计运用数字化处理技术,其中自动增益控制电路及信号增强软件,对因压力和流量等气体特性变化导致的流动干扰进行修正补偿,优化、降低对流动干扰的敏感性,且设计多个高强度超声波探头可对信号进行反复检测来确保信号的质量。

(3) 超强的故障自诊断能力

测量系统具有强大的自检测与自诊断功能,通过流量计算机对水平增益值、增益限值、采样率、接受率、温度、压力等进行实时检测。当流量计发生故障时,流量计算机发出警报,以便操作、维护人员及时有效进行设备维护检查,提高了工作效率。

(4) 鲜明的人机对话

流量计流量信号上传至流量计算机,流量计算机根据气体组分数据和温度/压力数据对流量信号进行体积修正,从而得到标准状况下的体积流量和累计量,再通过流量计算机可直观、详尽地查看现场气体的工况/标准状况下瞬时量/累积量、流速、压力、温度、故障报警等参数。配备的多个通讯口,可与气体超声流量计、笔记本电脑、上位机等进行串行通讯,方便操作,简化计算程序。

(5) 引入尖端电路技术

使用尖端电路技术使计时精度达毫微秒级(ns),使测量的分辨率达1 mm/s,提高了测量的自动化程度,采用智能技术及高速数字处理系统,减少信号传输时损失,实现贸易气量的高精度计量。

(6) 独有的超声波通道网络

多声道气体超声流量计是以能发射又能接受超声波脉冲的传感器作为检测元件,将人工智能技术引入到超声波传感器中,多对传感器组成了一个独特封闭的超声通道网络,在不同范围内,单反射在管道整个横截面对平均流速进行测量,双反射对气体产生的涡流强度进行分析,减少或基本消除流速分布、涡流对流量影响,确保检测信号不受干扰,实现对速度分布剖面的层析,确保检测信号的质量,从而获取精确的气体平均流速(见图3)。

(7) 独特的双向流测量

气体超声流量计流量测量只与声波在流体中的传播时间有关,对正反向的流动均有效,故可进行气

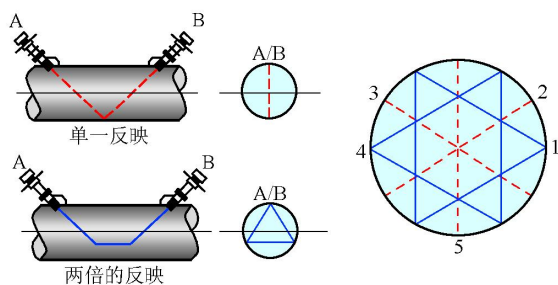


图3 超声波通道网络

体流量的双向测量,目前在各地储气库安装气体超声流量计进行储气/配气双向计量。

3. 气体超声流量计的维护

与其他流量仪表相比无可动部件,无节流件,无引压/引流管路的纯电子产品,不存在部件磨损和堵塞问题,因此维修工作量非常少,维修程序简便。而现场操作人员和工程技术人员可根据流量计算机自身具备的自诊断和报警显示功能,检查气体超声流量计故障所在。

(1)检查检测到的声速是否为一定范围内的稳定值,当声速发生突然的跳变(变化幅度大于 0.15 m/s)时,表明将发生故障。

(2)性能的显示值通常应接近 100% 。使用中传感器表面逐渐被污染,性能将呈缓慢递减趋势但不影响测量精度,当性能值低于设定值时,可在不断流情况下直接提升传感器探头进行更换、清洗。

(3)检查水平增益值是否稳定,因为其值主要受压力的影响,正常情况下,一对超声波传感器中的A与B之间水平增益没有明显的差别,当水平增益值与增益限值的比值小于2时,应及时调整输送工艺参数,排除仪表故障。

(4)定期检查信号处理单元及计时系统是否工作正常、声道有无故障、零流量测量是否准确等,检查装置有无漏气、漏水现象,以确保气体超声流量计的长期稳定运行。

4. 存在的不足

虽然气体超声流量计运行稳定、工作性能可靠,可适应压力、流量具有一定波动幅度的工况条件,但由于复杂的实际工况条件,使贸易计量产生不同程度的附加误差,影响流量的准确计量。

(1)随着西气东输供气量日益增大,供气上下游差压为 1 MPa ,导致气流冲击调节阀及汇管,造成管线强烈的震动及噪音,引起信号处理单元、超声波传感器等部件发生共振,致使流量测量大幅波动,影响流量计的平稳运行及流量的准确计量。

(2)工艺操作失误使气体的气质组分变化或附属物以及气流对管线的冲刷,导致流量计匹配的直管段内壁附着脏物、锈蚀或机械损伤,导致计量失准或损坏,引发贸易计量故障。

(3)在线运行的气体超声流量计当突发流量超常波动或异常情况时,无法开展流量计的现场核查等问题,影响贸易计量的可信度。应通过工艺改造,建立固定核查装置进行贸易流量计的核查,确保贸易计量的准确。

三、气体超声流量计的溯源

目前国内外天然气大流量贸易计量大量采用气体超声流量计,同时为了提供技术支持,相继出台了AGA No.9-1998《用多声道超声流量计测量天然气流量》、我国国家标准GB/T 18604-2001《用气体超声流量计测量天然气流量》等标准规范,但由于气体超声流量计检定技术尚未成熟,对流量值溯源产生一定的影响。

目前我国只有国家原油大流量计量站成都天然气流量分站可以开展小流量部分的离线实流检定,可确保流量计的精确度,但需对气体超声波流量计进行拆卸送检,将花费大量的时间、检定费用及人力,且影响正常的天然气输送。为此,利用我厂引进的在线实流检定装置建立气体流量量值溯源体系,可现场开展气体超声波量计的在线实流检定或核查,确保其计使用周期内的测量精度及重复性。

四、结束语

气体超声流量计技术突飞猛进,不断有新型气体超声流量计推向市场。许多长输管线都将采用气体超声流量计作为贸易交接仪表,逐步提高贸易计量的准确性。

参考文献

- [1] GB/T 18604-2001. 用气体超声流量计测量天然气流量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [2] 孙淮清. 气体超声流量计与孔板流量计在天然气工业中应用的比较[J]. 石油工业技术监督, 1998(6).
- [3] 王勇, 等编译. 多波束超声波气体流量计计量技术[J]. 天然气与石油, 1993, 9(2).
- [4] 王华青. 气体超声流量计测量原理、标定及维护[J]. 计量技术, 2006(1).

(修改回稿日期 2007-04-10 编辑 赵勤)