

科里奥利质量流量计的研究与应用

吴鹤男

中国石化塔河炼化有限责任公司 新疆 阿克苏 842000

摘要: 科里奥利质量流量计以其直接测量质量流量的特点,成为近年来发展最为迅速的流量仪表之一,已经成为贸易结算的首选计量器具。虽然科里奥利质量流量计的测量精度很高,但是其存在零点漂移的缺陷,降低了仪表的长期稳定性。本文分析了传感器的各阶模态对于工作频率的响应,以此建立了传感器的初始相位模型。

关键词: 科里奥利; 质量流量计; 幅频特性; 相频特性

作为一种在工业生产贸易领域常用的计量工具,科里奥利质量流量计包含了传感器和变送器两个部分。科里奥利质量流量计具有高精度、宽量程、低压损、长寿命等优点,被广泛地应用于石油、化工、医药、食品、能源、生物工程等领域,也是贸易结算首选流量计量器具。

尽管科里奥利质量流量计拥有相较传统流量计更为突出的优点,但同时也存在明显的不足,既是仪表的零点易受介质变化或者安装条件的影响,产生较为严重的漂移,从而降低测量精度。为了减少零点漂移,须用被测介质充满流量计,然后定期对流量计进行零点调整。对于一些特殊的被测介质,如液化天然气(LNG),首先,由于低温介质的易气化特性,需要持续流动以保证介质的单相性,因此,无法为流量计提供低温静止的调零条件;其次,国产科里奥利质量流量计尚未建立传感器零点的数学模型,也就无法提供对于零点的修正。在实际工作中,只能以空气状态下的零点代替低温时的零点。显然,室温时的空气和低温时的LNG具有完全不同的物理性质,因此,传感器的零点变化必然会对流量计的精度产生影响,使得国产科里奥利质量流量计无法在重要的贸易交接中替代进口产品。科里奥利质量流量计的零点由传感器的机械零点和变送器的电零点共同组成,其中变送器部分的电零点特性已有比较充分的认识和解决方案。国内外对于传感器的机械零点特性以结构和动态特性分析为主,比如不同管型的结构建模、不同介质下的密度效应、高压气体介质测量时的节流效应、测量管非线性振动、动态响应特性和工艺缺陷的影响,而缺乏对于传感器零点更深入的理论模型研究,这就导致无法提出有效的、普适的零点漂移控制策略。本文以典型的U型振动管传感器为例,从分析振动管各阶振动模态的幅频和相频特性入手,建立了传感器的初始相位模型,并通过样机测试和实例应用,验证了理论模型的正确性,明确了理论计算精度和适用范围。

1 计量原理及难点

各种多项流量计的计量原理基本上都是相同的,即测量产出流体的混合密度、总流量,以及含水率(有时是气产量)。这样就能联立三个方程,求得油、气、水的分别产量($Q_{油}$ 、 $Q_{气}$ 和 $Q_{水}$)。实际上,在施工中,“解方程”的计

算过程是通过数据采集系统(DAS)来实时完成的。需要测得的三个参数中,含水率可以利用高精度的含水仪来测得,混合密度的可靠计量方法也比较多。而总流量的计量则面临一定的困难,主要的难度在于总流量的范围比较大。油的日产量从不到1方到数千方不等。天然气的日产量则范围更大,从日产几千方到几百万方不等。因此,目前还没有一个在不使用放射源的情况下同时满足测量量程足够大和准确性足够高(特别是小流量工况下的准确度)这两个要求的计量方法。多相流量计的研制科式力质量流量计是根据科里奥利力原理设计的一种流量计,这种流量计可以同时测量流体的混合密度和总流速这两个物理量。将这种流量计使用在多相流量计上,可以实现在不使用放射源的情况下,对流量相对较小的流体进行准确计量。

2 科式力质量流量计的工作原理

科式力质量流量计也叫科里奥利质量流量计。该流量计是一种利用被测流体在振动管道中流动时,产生与质量流量成正比的科里奥利力原理来直接测量被测流体的质量流量的装置。科式力质量流量计让被测量的流体通过一个振动中的测量管,流体在管道中的流动相当于直线运动,测量管的振动产生一个有着固定的频率角速度。流体为了反抗这种强迫振动,给管子一个与其流动方向垂直的反作用力(也就是科里奥利效应力)。这样管子的震动不同步了,上游处与下游处在振动的时间先后会出现差异,(差异是由于入口段和出口段流体流向是相反的),这叫做相位时间差。这种差异与流过管子的流体质量流量的大小成正比。通过电路能检测出这种时间差异的大小,则就能确定质量流量的大小。科式力质量流量计均由流量传感器以及信号转换处理器两部分组成,二测量管则有多种不同形式:比如双直管、双U形管、双S形管、双 Ω 形管等。现在就以双U形管科式力质量流量计为例,说明一下其工作原理。双直管形双直管形科式力质量流量计是由两根测量管,一个驱动线圈,上游传感器和下游传感器构成的。当仪表工作时,驱动线圈驱动测量管振动,产生正弦波。正弦波通过上游传感器和下游传感器检测。当液体或气体流过测量管,科式力效应在正弦波上产生相位差,并通上下游传感器检测。由于相位差和质量流量

呈线性关系,则可以计算出通过测量管流体的质量流量。同时,由于科式力质量流量计工作时需要对测量管施加一个共振频率,而共振频率与通过测量管的流体的总质量有关,因此可以从所测得的共振频率计算出通过测量管的流体总质量。真空管的体积是已知的,从而能测得通过真空管流体的混合密度。因此,通过一个科式力质量流量计能录取到两个参数:总产量和混合密度。在知道原油密度的情况下,只需要一个科氏流量计加一个温度传感器(进行温度补偿),就能准确计量油水两相流的油水各自产量。而对于油气水三相流来说,需要再测定含水量,通过含水量、混合密度、总流量三个参数就能确定油气水各自的产量。科式力质量流量计没有可活动部件(如涡轮等),不需要定期标定和保养清洁,是一种比较省心省力的流量计,同时还具有测量准确度高(0.1%~0.5%)、安装要求不高、应用范围广等优点。将此种流量计应用于多相流量计就能比较准确地录取到通过流体的总流量,从而可以比较准确地计算出油气水三相流体的各自产量。

3 使用科式力质量流量计的多相流量计研制

采用科式力质量流量计的多项流量计由气液两相质量流量计(液表)、原油含水率检测仪(含水仪)、双差压锥形孔板流量计(液表)、气相阀门、液相阀门、数据采集系统构成(图3)。为适用于不同的井况,该种多项流量计设计了上下两路管道。进行纯气测量时,只打开气相阀门,关闭液相阀门。进行纯液计量时,只打开液相阀门,关闭气相阀门。如果需要进行气液两相或者油、气、水三相计量时,需要将液相阀门和气相阀门均都开,并手动调节阀门使气液分离效果最佳。当进行油水两相流(不含气)计量时,只要预设所计量油的密度,通过质量流量计计量出混合密度和总流量,能很方便地计算出油水各自流量。

4 实例应用

4.1 油水两相流计量

庄1-9X井是冀中拗陷霸县凹陷郑州构造带庄1断鼻构造上的一口生产井。2017年9月21日采用工作压力为10MPa的使用科式力质量流量计的多相流量计进行计量。根据9月21日5:00-11:00的稳产数据定产,油压0.41~0.51MPa,井口温度27.5~29.6℃,产油2.84m³,折日产油11.36m³,产水0.54m³,折日产水3.24m³。整个施工过程仅用时10h,所获得的产量数据准确可靠。对于油水两相流的计量,该种流量计不但能用

科式力质量流量计很快速地计量出油、水产量,还能用含水仪验证所计量产量是否正确,确保数据的准确性。对油水两相流的计量,该种多项流量计具有施工时间短,数据准确,施工费用低的优点。在此井况下,使用使用科式力质量流量计的多相流量计可以完全替代传统的三相分离器。

4.2 油气水三相流计量岔

83-110X井是华北油田岔河集区块岔211断块的一口生产井,2017年9月27日采用工作压力为10MPa的使用科式力质量流量计的多相流量计进行计量。根据9月27日11:00-13:00的稳产数据定产:油压1.56~1.54MPa,井口温度24.8~24.7℃,产油1.49m³,折日产油17.88m³,产水0.35m³,折日产水2.80m³,产气73m³,折日产气876m³。从设备到井开始安装到施工结束仅用时8h,

如使用传统的三相分离器进行计量,则最少需要3d,大大地缩短了施工的周期。通过和传统的三相分离器的计量结果进行对比,其误差均小于5%,达到了计量作业的要求。

5 结论

使用科式力质量流量计进行总流量测量的多项流量计对中外低产量井况的计量有足够的准确度,其轻便、安装迅速、不使用放射源的特点使其可以在很多应用场景下代替三相分离器。

科式力质量流量计可以同时测量混合密度和总流量,很方便计量油水两相流体的流量。

此种多相流量计无法对较大的流量进行准确计量,同时其工作压力无法很高(35MPa以上),因而在勘探施工中具有较大的局限性,仍不能完全替代传统的三相分离器。

参考文献:

- [1]王力.科里奥利式质量流量计的改进设计[D].中南林业科技大学,2016.
- [2]叶石华.理论教学与实际相结合的教学实践和体会[J].中国科教创新导刊,2010,(13):97.
- [3]牛鹏辉,涂亚庆,张海涛.科里奥利质量流量计的数字信号处理方法现状分析[J].自动化与仪器仪表,2005,(04):1-3+6.
- [4].科里奥利式质量流量计[J].粮油加工与食品机械,2001,(11):11.
- [5]孔大鹏.科里奥利质量流量计在气田凝析油计量上的应用[J].石油工业技术监督,1999,(10):28-29.