

多相流量计在国内市场的应用及发展分析

朱增辉 (山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257026)

摘要: 目前有几种多相流量计实用性好, 国际市场占有率较高, 为此, 本文详述这几种多相流量计的原理和特点, 并对各项选型因素予以分析, 展望多相流量计技术发展趋势, 使其在国内市场应用更合理。

关键词: 多相流量计; 在线检测; 国内市场; 发展分析

近年来, 多相流量计量技术发展速度较快, 此类计量器直接安装于油气集输管线上, 油气水混合物流过瞬间, 能够在不分离情况下进行自动连续计量, 替代传统需要对混合物分离后计量的装置, 简化油气生产工艺流程, 实现降低管理、人工等多项成本目的。

1 多相流量计量方式

按照计量方式分为全分离式、取样分离式和不分离式类型: ①全分离式是油气水混合液流入计量装置以后, 先要进行油气分离, 然后对油、气两相流量分别计量, 再测出含水率, 分别计算得出油气水含量; ②在计量多相流总流量和平均密度基础上, 取样分离式仅需使用少量样品进行气体分离, 以此测定油气水各相含量占比, 计算得出油、气、水各相的流量; ③不分离式是技术主要发展方向, 无需对介质做任何分离处理, 即可实现油气水三相计量。

2 多相流量计的特点

较之传统计量分离器, 多相流量计有其独特的优点: ①被检测油、气、水的混合物无需提前进行分离, 同时结构紧凑, 仅占较小空间, 方便现场安装; ②实时、连续测量, 具有自动技术可实现无人值守, 降低人工成本; ③相对于常规分离器无任何可动部件, 几乎不需要维护, 一次投资和维护费用低; ④无需加热被计量介质, 节省能量成本。

3 多相流量计主要技术方法及影响因素

3.1 多相流量计主要技术方法

多相流量计量功能是非分离, 实现测量三相流体油、水、气的流量, 其基本原理是通过确定每一种组分的瞬时速度和截面占有率, 计算每一组分的量, 实现多相测量的关键技术要点, 是把油、水、气三相作为气液两相总量进行计量, 以及测量出各相分率。计量方法有: ①相关法是在管道上, 设置两个相距为 L 相同的传感器, 测定流体中尺寸分布、空间分布、各相含量等变化, 且随机监测流动噪声信号, 得出在时间上相差 t_0 的两个流动噪声信号, 建立两信号关联

函数, 得出平均流速 $v=L/t_0$; ②容积法利用一定容积的混合物, 应用 PD 表 (POSITIVE DISPLACEMENT METER), 测量其体积、压力、温度等; ③节流法。节流装置压力差与流体流量及分相含率等因素有关。可以利用孔板流量计、文丘里流量计等, 并结合密度计进行流量计量; ④涡轮流量计法基于流体的动量矩测量流速, 要结合其他仪表, 如利用密度计计量气、液流量; ⑤核磁共振法实质就是核对射频能的吸收。在气、液两相流测量中, 由于核磁共振信号强度与空隙率成线性关系, 因此在各种流型下均能精确测量空隙率。核磁共振法可以测出平均流速、瞬时流速、流速分布等; ⑥直接法主要应用于质量流量计测量。

在气、液两相流测量方面, 以上各种方法应用广泛, 但有时要结合密度计检测含气率。多相流计量其他技术主要应用方法是: ①基于辐射线吸收原理的 γ 组分表方式; ②电容法主要测出流过电容两极之间油、水混合流体的平均介电常数, 从而测定含水率; ③电导法通过测量流过探头两极间的油、水混合流体的平均电导率测量含水率; ④微波法测量组分, 主要通过油、水对微波的吸收测定, 比如速度、温度、黏度、盐度、密度、pH 值等因素, 都不会影响准确度; ⑤密度法主要是液相分相的组分不同, 密度不同以此测量组分; ⑥电磁波检测法利用原油和水存在较大的介电常数相差, 电磁波传播的相位常数取决于介质的介电常数和电导率, 通过测量电磁波在原油混合介质中的相位移量, 即可确定原油的含水率。

3.2 影响多相流量计精度的工艺因素

精确计量多相流的难度要比单相计量大得多。单相流计量可通过测量压力、流动黏度、压缩性和测量装置的几何尺寸, 从而测出流量值。多相流计量影响因素比较多: ①多相之间的相互作用, 会导致气体从溶液中析出, 或在液体中溶解, 同时蜡和水合物可能在流体中沉淀; ②各相并非混合均匀。水与油混合复杂, 当气体与液体分离、各相混合状态下, 测定结

果难以预料,黏度和总量会产生变化;③各相速度流动差异,各相之间存在界面效应和相对速度,且在时间和空间上相界面变化较大;④流动状态和特征参数复杂,取决于各相之间相对速度、流体特性、管路结构及流动方向。

4 国内外多相流量计的现状、产品特点及应用

4.1 国内多相流量计

相对来说,我国对三相计量技术的研究起步较晚,多相流量计从八十年代末才开始研制。现在兰州海默公司研制的 MFM2000 多相流量计、西安交大研制的 TFM-500 多相流量计,顺利达到现场试验状态,进入应用阶段。

4.1.1 MFM2000 系列多相流量计

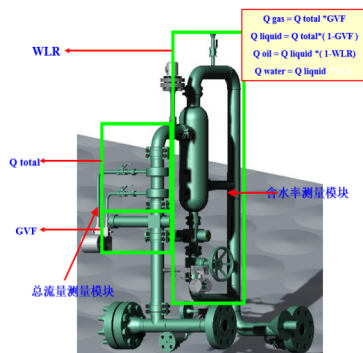


图1 海默公司-MFM2000 系列多相流量计

海默公司所研制 MFM2000 型多相流量计,目前在工业领域应用广泛,此技术主要依据“微扰”多相流理论,构成部件有:互相关流量计、流型调整装置和双能伽玛传感器。其中互相关测量方法是油气水三相混合液流经管道内壁,检测管道测量截面上三相的气速和液速。双能伽玛射线测定传感装置,测定管道截面区域油、气、水三相含水率和含气率,监测油气水三相流温度和压力。此时,对应的计算机软件可以根据测量值,得出通常情况下体积流量及质量流量。

在国内 MFM2000 型多相流量计的应用,在多处陆地与海上油田使用,在国内海上平台使用率名列前茅。另外曹妃甸、蓬莱、西江、秦皇岛 32-6 油田井口平台、SZ36-1 井口平台和海洋油田(ENI 公司)等井口平台总流量计量都使用这款多项流量计产品。

4.1.2 TFM-500 多相流量计

1994 年,西安交通大学多相流国家重点实验室成功研发国家专利 TFM-500 多相流量计,该流量计显著优点是安全无辐射、简单无运动部件。组成部分:静态混合器,用于测总流量的文丘里管、测量气液比的倒 U 型管等,以流体力学法测量气液比,应用热扩

散原理测量相分率。

该产品采用连续超声多普勒与电学含水率测量技术结合方法进行水平油气水多相流总表观流速和分相流速的检测;采用异侧连续波超声多普勒方法获取测试空间内水平油水两相流离散相真实流速,为水平液液两相流的流速检测提供一种高精度的非侵入检测手段;采用同侧连续波超声多普勒方法获取典型流动状态下水平气水两相流和油气水三相流离散相的真实流速,可用于水平气液两相流的高精度非侵入流速检测,并扩展至油气水三相流流速检测;单探头脉冲波超声多普勒获得水平油水两相分散中沿声束方向上的离散相流速剖面,结合电学含水率测量方法建立基于滑动流速的油水两相流速测量模型,实现油水两相分散流流速的估计。为水平液液两相流的流速检测提供一种高精度的非侵入检测手段。

4.2 国外多相流量计

4.2.1 Emerson 公司 Roxar MPFM2600 系列多相流量计

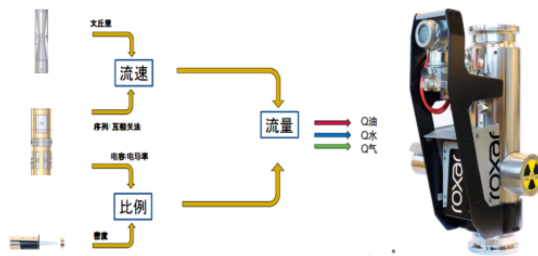


图2 Roxar 公司-MPFM2600 系列多相流量计

测量原理:①电容模式(测量油的连续流量),电容值与油、气、水混合物的介电常数相关。天然气和空气的介电常数约为 1,油通常为 2.0~2.4,水约为 70。电容值对于水分的含量非常敏感。含水率的增大会导致电容值升高,含气量的增大会使电容值减小。辅以 Gamma 密度计对密度进行测量,可以确定含气率,对油流体的电容测量可以得知油、水和气的分数;②电导率模式(测量水的连续流量),电导率是体现物质传导电流的能力,数值上等于电阻的倒数。电导率模式主要目的是测流体的含水率。采用专利的非 Gamma 算法或者 Gamma 密度计得出气液比,然后可以得出油、水和气的分数。

通过向电极加载已知大小的电流,测量电极之间的电压降来测得电导率。①模式切换:当流体是油的连续状态时采用电容阻抗测量,电导率元件被忽略。通常,只要含水率低于 60~70% 流体会处于油的连续状态,当含水率大于 70% 时,采用电导率测量。采用

哪种模式取决于对多相流电阻的测量,将信号转换为 AGC 电压信号上传给流量计算机来确定是否转换模式;
② Gamma 射线密度计: Gamma 射线衰减技术是基于 Gamma 射线穿过物体时被吸收,强度呈指数衰减的原理;
③流速测量:阻抗传感器的互相关时间序列信号来确定气体流速;文丘里流量计的差压测量确定液体的流速。备注:GVF $\leq 85\%$ 时,不需要 Gamma 射线源; $85\% < \text{GVF} \leq 95\%$,可以考虑加装或不加射线源; $\text{GVF} > 95\%$ 为湿气型多相流,不需要射线源,只需在流量计算机内加装湿气软件模块(注:GVF (gas volume fraction) 含气率),目前已在陆上油田、海上油田使用,国内番禺 4-2/5-1 海上等油田使用。

4.2.2 美国 AGAR 公司 MPFM-50 系列多相流量计

测量原理是由双文丘里动量流量计测量含气量、再用专用微波测量原油含水率;质量测量:Agar 改进的科氏力流量计和 MPFM 的其他仪表配合,可以精确的测量多相流质量流量;含水分析:AGAR 水含量分析仪用来测定在油相和水连续相水含量,从而计算出含水率;数据分析系统:AGAR 数据分析系统(DAS):用于执行在线分析上述子系统所获得数据,从而判断油、水、气及其整个流体流量值;应用情况:在国际上,陆上油田和海上油田都有使用记录。包含其他型号的多相流量计在壳牌公司、康菲、美孚和沙特阿美等石油公司已销售上百套。

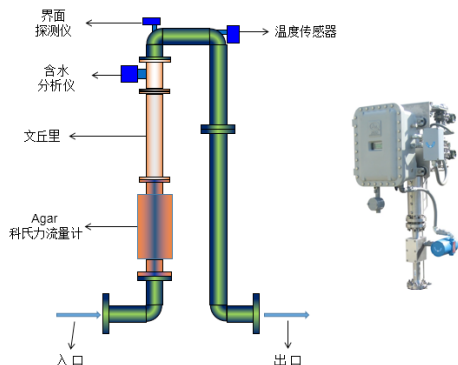


图 3 AGAR 公司 -MPFM-50 系列多相流量计

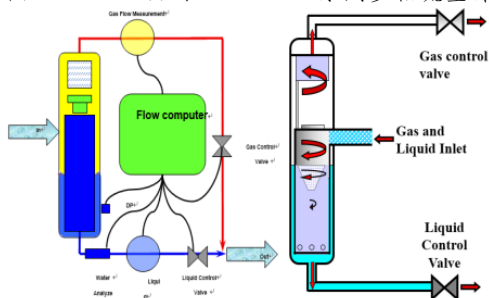


图 4 Phase Dynamics 公司 -CMM 系列多相流量计

4.2.3 Phase Dynamics (美国相动) CCM 多相流量计

测量原理:旋风分离器分离 (GLCC) 后分别计量,气相和液相均采用科里奥利质量流量计。GLCC 这项新型技术日渐成熟,体积、质量都要小,成本较低,在海上边际油田开发应用普遍(见图 4)。

5 多相流量计的发展及认证情况

5.1 国内外多相流量计发展

通过研究多相流量计的发展历程,了解该类流量计日趋小型化、智能化、高精度、低成本、适用广、安全性高等方面靠拢,而且兼具分析介质组分功能,包括蜡、水合物、化学组分等。应用的主要技术路线有:①在多相流量计中,运用了完善的单相流参数测试技术和先进的仪表,进而分析多相流整体的流动特征,由此得出各组分流量;②为了最大程度避免流动时计量受到干扰,应用了激光技术、微波技术、光谱技术、过程层析成像技术和核磁共振技术等各项新技术。

5.2 多相流量计的标准及认证

一般情况下,多相流量计安装于井口区域,通常来说,该区域危险等级较高,从而对产品的防护和防爆要求较高:防护级别应为 IP65 及以上;防爆等级应为 EEXdIIBT3 及以上,适用于可能出现爆炸性气体的环境。目前不管国外还是国内,多相流量计的研究工作仍在不断深入,暂时没有统一的国际标准和规范,可以按照三个标准选择合格的多相流量计:①具备权威机构的第三方试验室的测试和评价;②已经通过公正、独立的工业现场对比测量;③日常长久使用、批量工业实验及应用过程中受到一致好评。

6 结语

从理论提出到实践应用,多相流量计历时 30 多年,产品的技术原理越来越先进,性能也越来越优越,商业化水平也越来越高。但目前市面上现有每一类多相流量计,都有自己的最佳适用条件,而在任意多相流条件下,不具备完全符合标准要求的性能,相对限制了多相流量测量技术在油气生产实践的推广和应用。因此,我们下一步努力方向是提升多相流量计适用性与测量精度,使其更有助力智能油田油气生产物联网的建设。

参考文献:

- [1] 姚海元,宫敬.多相流量计及其标定装置[J].油气田地面工程,2004(09).
- [2] 海洋石油平台仪表设计手册 5[Z].360 文库.