

计量系统在油气贸易交接中的应用

刘松松 (山东莱克工程设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘要: 在油气贸易交接环节, 其计量系统的精确性极为重要。流量计作为整个系统中的核心部件, 在结构类型以及工作原理包括适用场景方面也各不相同。对此, 本文将以计量系统中流量计的类型为切入点, 针对计量系统中有关流量计精度方面的内容展开分析, 并阐述计量系统在整个油气贸易交接中的主要应用, 意在能够推动油气贸易公平而高效的开展。

关键词: 计量系统; 油气贸易交接; 流量计类型; 精度分析

中图分类号: TE973

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 012-0025-03

Application of Measurement System in Oil and Gas Trade Handover

Liu Songsong (Shandong Laike Engineering Design Co., Ltd., Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: The accuracy of the metering system is extremely important in the oil and gas trade handover process. As the core component of the entire system, flow meters have different structural types, working principles, and applicable scenarios. This article will take the types of flow meters in the measurement system as the starting point, analyze the accuracy of flow meters in the measurement system, and explain the main applications of the measurement system in the entire oil and gas trade handover, aiming to promote fair and efficient development of oil and gas trade.

Keywords: measurement system; Oil and gas trade handover; Flow meter type; accuracy analysis

伴随着如今全球能源需求量的不断增长, 油气贸易在整个国际经济交流中占据的比例越来越高。从本质上来说, 尤其贸易交接必然会涉及较大的经济利益, 其准确的计量无疑是确保交易公平性、公正性的核心技术。而计量系统中的流量计作为其关键计量的设备之一, 在其类型选择、精度保障等多个方面都将与贸易双方的利益紧密相连。对此, 要更为深入的探究计量系统在整个油气贸易交接领域中的应用, 这样才能为整个行业发展奠定基础。

1 计量系统中流量计类型

1.1 容积式流量计

容积式流量计在原理上是通过机械测量元件, 将流体分割成已知固定体积部分, 之后依测量元件转动次数精确计算总体积, 其测量精度可达 $\pm 0.2\% \sim \pm 0.5\%$, 在部分小流量测量中表现良好。而基于容积式流量计的应用选择, 其优势在于精度高, 能适应各类清洁液体, 包括高粘度液体。但缺点是结构复杂、体积大、对杂质较为敏感, 需装过滤器, 且机械磨损影响精度, 需定期进行维护校准。

1.2 涡轮流量计

涡轮流量计在结构上以涡轮、磁电转换装置、导流器以及外壳所构成。在运行中, 流体的冲击涡轮叶片能够实现旋转, 其转速与流速成正比例, 磁电转换装置则是能够将转速转变为电脉冲信号, 通过该装置的处理, 能够得到流量。该流量计在运行中的精度能够达到 $\pm 0.2\% \sim \pm 1.0\%$ 之间, 比较适用于一些低粘

度、清洁的液体与气体, 譬如天然气、石油等; 其量程比例可达 10:1~20:1、甚至是会更高; 工作运行温度在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$ 之间。其优点在于体积小、重量轻、结构简单、量程宽、响应速度快、精度高。而缺点就在于其对流体清洁度要求较高, 当杂质磨损叶片时, 必然会影响其精度与运行寿命。

1.3 超声波流量计

超声波流量计主要是利用超声波传播的特性设定流量, 一般分为传播速度差法、多普勒法、波束偏移法等。其中的传播速度差法应用最为频繁, 通过顺逆流传播时间长可算出流速并获得流量。该计量在精度方面一般维持在 $\pm 0.5\% \sim \pm 1.5\%$, 其非接触式精度更低, 可有效测量不同类型的液体与气体, 特别是适用一些大口径管道管径, 能够从几十毫米舒展到数米, 并不受流体电导率、粘度等性质的影响, 也可以根据需求测量特殊流体。该流量计安装便利, 能外加是安装, 且不会阻碍流体, 整体压力损失较小, 能够实现双向测流。但其对于流量环境要求极高, 需要流体充满、流速均匀, 还很容易受到管道振动噪声等因素的干扰。

1.4 科里奥利质量流量计

科里奥利质量流量计的应用将以科里奥利力原理为基础, 流体在振动测量管中流动受科里奥利力, 使测量管扭曲, 扭曲程度与质量流量成正比, 检测扭曲程度算流量。在运行精度方面可达 $\pm 0.1\% \sim \pm 0.2\%$, 能够直接测质量流量, 还无需修正密度、温度参数。

表 1 各类流量计精度以及适用场景

流量计类型	精度范围	适用场景
容积式流量计	0.2%~0.5%	对精度要求较高的清洁液体测量
涡轮流量计	0.2%~1.0%	工业环节中的低粘度、清洁流体测量
超声波流量计	0.5%~1.5%	大口径管道、对安装要求较高的流体测量
科里奥利质量流量计	0.1%~0.2%	高精度质量流量测量和流体性质变化较为敏感的测量场景

适用于测量各种流体，如高粘度和含固体颗粒流体，测量范围广，工作温度在 -200°C ~ 400°C ，压力等级适配多种工业场景。

2 计量系统中流量计精度分析

2.1 影响精度的因素

2.1.1 流体特性

流体的密度、温度、黏度以及压力等特性会影响其流量计的精度。从密度方面来看，密度的变化将对以体积测量为核心的流量计产生极大影响，譬如涡轮流量计，需要对密度变化进行相应的补偿才能确保最终的测量精度；高粘度流体则会导致容积式流量计测量元件的转动阻力不断增大，最终影响精度，因此测量时要选用合适的量程与型号；温度的变化也可导致流体的体积迅速膨胀或收缩，这将改变流体密度与粘度。当应用超声波流量计时，声速传播会受到转变，进而导致测量精度降低；在其压力变化方面，也将影响流体密度，特别是气体，当压力波动时，会导致流量计测量的误差持续增大。

2.1.2 流量计结构性能与安装使用环境

类型不同的流量计结构差异也会影响其精度。当容积式流量计测量元件磨损时，就会导致其计量室的容积发生变化，从而精度降低，又如涡轮流量计的涡轮叶片发生磨损变形时，也会导致其转速与流量关系发生改变。而流量计本身的制造工艺、材质选择也是影响精度的一项重要因素。一般高精度加工工艺能够减少内部间隙，降低其泄漏量。部分耐腐蚀、耐磨损的材质则可以延长整体的使用寿命。

此外，从安装使用环境层面分析，如果安装方式不当则同样会引发精度误差。以超声波流量计的安装为例，若其安装位置在管道内的流体未充满或是流速分布不均匀时，测量精度就会明显受到影响。而其他一些类型的流量计也会因安装使用环境受到不同程度的影响。

2.2 精度等级划分与适用性

当对流量计的精度等级划分与适用性分析时不难发现，流量计的精度等级将按照允许误差大小进行划分。目前常见的精度等级有多个级别，在其不同的应

用场景中各自发挥着不同的功能作用。常见的精度等级包括 0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.5 级等。其中 0.1 级和 0.2 级属于高精度流量计，比较适用于贸易结算、科学研究等对精度要求较高的场合中；0.5 级以及 1.0 级精度的流量计则比较适用于现代化的工业生产环节控制，其对流量测量精度有要求但并非极高的场景；1.5 级与 2.5 级的精度相对较低，主要用于精度要求并不高的常规性测量场景内。当从整个适应性角度来看，不同类型的流量计也是配着不同的精度等级。而各类流量计精度以及适用场景详见表 1。

3 计量系统在油气贸易交接中的应用

3.1 原油贸易交接

在其原油贸易交接过程中，计量的准确性将关系到交接双方的经济利益。而根据原油贸易交接的特性，选择科里奥利质量流量计将更显优势。原油通常具有着高粘度与密度的特性，并且成分十分复杂，科里奥利质量流量计能够直接测量其质量流量，并无需对原油的物理性质进行复杂的修正，这也显著减少了因为密度和温度变化所造成的误差影响。

在实际应用过程中，将优先在原油输送管道上合理安装科里奥利质量流量计。安装位置的选择一般要远离弯头、阀门等可能会引发流体流动状态不稳定的管件区域，以确保流体能够在测量时一直处于相对平稳的层流状态，这样将全面提高测量时的精度。紧接着，还需配套安装温度以及压力传感器，这样能够实时动态化的监测原油的温度与压力情况。尽管，科里奥利质量流量计对于这些参数的变化并不敏感，但在贸易交接过程中，这些数据依旧能够作为参考记录。

3.2 天然气贸易交接

天然气的贸易交接过程中的计量系统整体相对复杂，由于天然气本身就具有着可压缩特性，其体积与密度会受温度压力影响。因此，在流量计选择方面，要以超声波流量计为首选，这是因为该类型的流量计能够适应大口径管道的测量工作。

在具体应用环节，一般是在长距离天然气输送管道上，每隔一定距离就安装超声波流量计。这些流量计大多会选用多声道流量技术，用于提高测量时的精

准度，还能适应不同流速分布下的运行情况。在这之中，为了有效消除温度与压力对于天然气流量所造成的负面影响，一般会在流量计的上游与下游安装高精度的温度传感器及压力传感器。之后以天然气温度与压力的实时测量下，通过气体状态方程可对测量所得到的体积流量进行修正处理，便能够得到标准状态下的体积流量或者是质量流量。

此外，天然气贸易交接双方在具体应用规划方面会建立一套完善的计量数据管理与监控系统。该系统不但能够实时采集并处理流量计以及有关的传感器数据，还具有着远程监控管理的功能，交易双方可通过网络平台实时查看计量数据与设备当下的运行状态，同样也会定期对计量系统进行校准与比对。而采用标准气体对超声波流量计进行校准时，能够保障其测量精度一直维持在规定范围之内。更为关键的是，考虑到天然气贸易交接的特性，贸易双方还会提前制定一份应急预案，以便能够应对可能随时出现的设备故障或者是数据异常状况，这样才能够确保天然气贸易交接的连续性与精准性。

3.3 成品油贸易交接

面向成品油贸易交接过程来看，其涡轮流量计以及容积式流量计的应用均有涉及。例如，面对清洁、低粘度的成品油，像是汽油，可选用涡轮流量计，这是因为其响应速度快、量程比宽，在其成品汽油的交接过程中具有着显著的应用优势；而对于一些高粘度的成品油，譬如润滑油，选择容积式流量则更具优势。

在油库的成品油装车与卸车环节，一般会在管道的出口位置安装涡轮流量计或者是容积式流量计。在装车时，将依照交易订单量，优先设定好其流量计的累计流量值，当内部容量值达所设定一定标准之后，自动控制系统就会立刻关闭阀门，停止装车动作。并且，基于成品油的装车与卸车环节来看，会预先在流量计的前后位置安装过滤器，目的是防止部分杂质进入到流量计内，造成测量精度的降低以及使用寿命减少的情况。

此外，在成品油的长距离输送管道方面，同样会按照特定距离，在管道上安装相应的流量计。但为了确保计量的准确性，需要定期对流量计进行相应的校准与维护管理。在此期间，会根据需求引进先进的自动化控制系统，主要是针对长距离输送管道内的流量、温度、压力等参数展开实施动态化的监测与调节，这样才能够确保成品油在输送环节的整体质量与数量的稳定性。

3.4 特殊场景下的应用

从偏远地区的油气田简易计量角度来看。因为偏

远地区油气田的基础设施薄弱，加之电力供应不稳定，还存在着交通不便的情况，以至于无法采用复杂的计量系统。通常会选用一些简易且可靠的计量方案。比如说，在其原油计量方面，一般可以选用便携式的容积式流量计，这种流量计体积小、重量轻，便于携带和安装。在需要的情况下，可定期将其连接到井口或集输管道上进行计量，测量完成后取下保存即可。并且在该份方案中，还配备了简单的温度以及压力测量工具，但需要手动记录数据，后续将有专人负责计算并对流量进行修正；而面对于天然气计量，可有效采用膜式燃气表，因其结构简单，无需外部电源，仅依靠气体自身的压力便能够驱动计量机构的工作，将确切实际的满足偏远地区天然气的简易计量所需。

另外，通过探究部分海上浮式生产储卸装置（FPSO）的计量系统时。由于 FPSO 的计量系统会面临着来自海上诸多恶劣的环境挑战，譬如腐蚀、风浪等。因此，在其原油计量方面，大多会选用高精度的科里奥利质量流量计，为了能够有效适应海上平台的空间的局限性以及振动环境影响，大多会选用紧凑、抗震性优良的型号。在这之中，需要将流量计安装在具有减震以及防护功能的计量撬块内部，这样可显著减少因环境因素对其造成的波及；而在天然气计量层面，可有效选用超声波流量计，在配备冗余的传感器与数据处理系统，这样将全面提高计量时的稳定性。但由于海上平台的空间具有一定的局限，整个计量系统的数据采集与传输可能会受到一些不稳定因素的影响，因此需要有效引进并应用集成化设计，借助无线传输技术，将各项数据实时发送至中控室内，这样将便于操作人员对整个计量过程进行监控与管理。

4 结束语

综上所述，在新时期的发展环境下，计量系统在整个贸易交接领域中具有不可或缺的重要作用。尤其是类型不同的流量计能够在各自适应的场景中发挥出关键作用。当通过深入分析有关计量系统中流量计精度方面的内容，将有助于保障其计量的准确性。而在其原油、天然气、成品油贸易交接以及特殊场景中的应用下，计量系统也将会持续性的优化，以便能够适应更为复杂的环境需求。未来，随着各项科学技术的不断进步下，计量系统也将朝向更具智能、精准的方向发展，以便能够为现代化的油气贸易提供助力。

参考文献：

- [1] 吴维,石念军,刘相国.浅析原油计量交接提升改造系统应用现状[J].山东化工,2024(03):153-156.
- [2] 管桐,韩丹,王启波,等.油田管输交接计量系统的设计与应用[J].油气田地工程,2023,42(1):53-57.