

在线振动管密度计在油库发油系统中的应用

余 非 (中国石化销售股份有限公司新疆哈密石油公司, 新疆 哈密 839000)

摘要: 本文介绍了在线振动管液体密度计的概念、结构组成及工作原理, 对 KDM 型在线密度计在油库发油系统中的应用情况进行了分类、总结, 对其在发油中的作用进行了举例, 重点分析了在线振动管密度计在使用中出现的典型问题, 同时介绍安装、使用和维护方面的注意事项。最后展望在线振动管液体密度计在油库发油系统中的深化应用。

关键词: 在线密度计; 振动管; 油库; 发油系统; 自动化; 应用

1 引言

密度是油库发油过程中极其重要的参数之一, 密度测量的准确可靠对油库数质量的管理具有重要作用。但目前部分油库还存在采用人工取样静态测量试温、视密度和查表换算的方法进行密度检测的情况, 同时部分油库采用储罐液位计测量, 冬季油品结蜡造成测量不准, 导致密度测量精度低、时效性差、测量效率低等问题。

而随着油库自动化、信息化技术的迅速发展, 测量仪器仪表的发展也日新月异, 特别是数字化仪表的出现和发展, 使传统的测量仪器仪表在原理、功能、精度、结构以及自动化水平等方面都发生了巨大的变化^[1]。目前中石化油库已基本实现定量装车发油, 因此油品密度必然也需要实现动态、高精度的在线测量并集成到油库发油系统中。

国家计量标准 JJG370-2019《在线振动管液体密度计检定规程》是国内唯一认可的在线密度计的检定规程, 其规定的在线振动管液体密度计作为自动化在线密度计的代表具有广泛的应用前景。高精度的在线振动管密度计的应用对油库实现高效率、自动化的密度测量具有重要意义。

2 在线振动管液体密度计的工作原理和结构组成

2.1 在线振动管密度计概念及工作原理

在线振动管密度计是指以振动管的谐振原理来进行密度测量, 并直接安装在管道上进行实时的密度显示的密度测量仪表, 其能很好的反映密度的当前状态以及变化情况, 甚至有些情况下可以用来进行密度变化趋势的预测。在线振动管密度计是由 2 根相互平行的振动管作为测量核心, 振动管的一端被固定, 而另一端是自由的, 这样的结构可以简化成一重物悬挂在弹簧上达到平衡而构成自由振动系统。一旦振动管被施加一定幅度的运动, 这个自由振动系统将在其谐振

频率上进行振动, 而这一谐振频率是与重物的质量有关的。对于振动管形成的振动系统, 振动管内油品的密度变化会引起振动管的振动重量发生变化, 进而改变自由振动系统的谐振频率。所以谐振频率只与振动管的等效弹性系数 k_0 和等效的质量 m_0 相关, 即密度与谐振频率的平方成线性关系, 因此, 只要能准确检测谐振频率, 即可实现密度的准确测量。

2.2 在线振动管密度计的结构组成

在线振动管密度计从结构上来说是由 2 部分组成, 分别是安装在管道上的传感器和主要进行运算、显示的变送器。

一是传感器部分。传感器从机械结构上来说, 主要由连接法兰、介质取样分流器、U 形振动管、驱动采样组件、温度测量单元以及外壳组成。二是变送器部分。油库中常见的在线振动管密度计变送器型号为 BPM-B, 最新型号的为 BPM-K 型变送器。变送器通过专用 10 芯屏蔽信号线缆与传感器连接, 主要作用是对传感器传来的频率、温度等信号进行计算, 并将计算结果显示在屏幕上供查看。最新的变送器还支持错误自检和报警代码提示, 方便随时查看设备工作状态。

3 在线振动管液体密度计在油库发油系统中的应用情况

3.1 在线振动管密度计在密度准确溯源及提高数质量管理方面的应用

2021 年某油库改造投用 2 套在线振动管密度计, 改造安装位置位于发油岛管线上, 一条 92# 汽油装车管线, 一条 0# 柴油装车管线。初期为了观察验证在线振动管密度计的密度准确度进行了为期 3 个月的数据跟踪记录。通过和罐车人工取样测量所获得的数据的比较, 了解设备在精度、实时性、有无异常数据等方面的表现, 进而评估设备计量性能。

每次取一辆公路槽车装车记录数据，数据内容包括在线振动管密度计显示标准密度，人工取样测量所得标准密度。根据数据可以看到 92# 汽油在 2 种测量方式下的标准密度的平均差值为 -0.1086kg/m^3 ，0# 柴油在 2 种测量方式下的标准密度的平均差值为 0.0537kg/m^3 ，偏差大小完全能满足油库日常发油交接所需的密度精度要求。

3.2 在线振动管密度计在油库发油过程中的应用

中石化油库发油使用储罐液位计测量密度做为 ERP 发油过账密度，过账后通过定量装车系统自助发油，但在一些恶劣条件下由于储罐和发油管线存在空间和时间上的差异，会出现储罐密度和管线密度不一致情况，例如冬季 0# 柴油首车管线油温与大罐油温差异较大，储罐内油品出现密度分层以及油品换类导致管道内混油等问题。

为了解决上述问题，某油库在发油台加装在线振动管密度计，以配合体积流量计实现发油的精准计量，使之成为储罐液位计测量密度的有效校验工具。在油库发油前通过储罐液位计采集发油密度数值输入 ERP 过账，通过定量装车系统发油，在线振动管密度计测量数据比对储罐液位计发油密度。在线振动管密度计具有流动状态检测功能，能检测发油起止点，从发油开始到结束能通过内置算法实时计算发油全过程密度的平均值，使得其在应对油品密度变化的状态下的计量具有无可比拟的优势，即便一车油品中包含了密度分层的多种混合油品，也能准确得到整车密度，实现每车发油密度的精确计量，同时数据具有可追溯性，便于油库及时发现发油数量存在问题，将数质量问题解决在库内，同时为解决油库与客户及承运商之间的数质量纠纷提供依据。

4 在线振动管密度计在实际使用过程中存在的问题及处理意见

4.1 在线振动管密度计在停止发油后出现振动增大，非正常噪音现象

中石化某油库安装在 6 号管线上的在线振动管密度计在发油结束后一段时间出现振动变大现象，并且伴随着非正常振动产生噪音。查看变送器显示界面出现红灯报警，报警代码显示为 DS，查看用户手册得知 DS 报警是密度短时间波动变化过大造成，进入变送器二级菜单查看实时密度波动明显，并且比正常值小很多。查验使用工况发现该鹤位是上装发油鹤位，由于现场管道距离地面较近，所以密度计选择上装安

装方式，前端手动阀打开状态，又检查后端阀门发现阀门未完全关闭。

经分析判断，在线密度计前后端阀门未完全关闭，造成发油完成后管道内油品出现部分回流，而在线振动管密度计上装方式使振动管处于高位，导致振动管内出现气穴及半管状态，最终气液两相的状态导致在线振动管密度计的振动不稳定，产生非正常的噪音。了解到液体介质使用在线振动管密度计推荐采用下装方式安装，但现场管线过低，无法满足下装要求，于是从工艺过程着手，改善后端阀门状态，使发油结束时处于完全关闭状态，维持在线振动管密度计满管状态。改善后通过持续观察，在线振动管密度计工作稳定，未再出现同样问题。

4.2 在线振动管密度计变送器通讯异常现象

中石化某油库在线振动管密度计改造安装后，静态调试状态正常，但在正式发油时出现显示屏变暗，通讯异常报警，停止发油后变送器显示即变为正常。以万用表查验传感器各路电阻显示在正常范围，各线圈对地阻值正常。考虑到停止发油时变送器工作状态稳定，怀疑供电或电磁环境干扰问题。于是在系统发油时测量供电电压显示 10.5V，未达到 24V 供电电压。查看配电柜线路，发现在线振动管密度计电源与其他设备共用一路 24V 供电，所有设备同时工作导致该路电源负载过高，无法满足供电需求。

经过对配电柜内电源进行排查，并无其他冗余 24V 供电存在，但存在 2 路 220V 交流供电电源冗余。考虑到 220V 交流电与通讯信号共线可能会导致信号干扰过大，于是厂家提供开关电源模块，以 220V 供电转 24V 供在线振动管密度计使用。改造完成后，再次进行发油测试，变送器异常消失，设备正常工作。

4.3 在线振动管密度计发油开始密度波动变大、密度值变小现象

中石化某油库在线振动管密度计在发油时会出现密度波动变大，密度值变小情况。现场检查发现密度波动与密度值变小是在开泵发油时发生的，在线振动管密度计安装位置在泵房中且在离心泵前端。经分析判断，离心泵在开泵瞬间会造成前端管线压力骤减，导致管内短时间形成负压状态，进而出现气穴现象，引起振动管内油品不稳定使密度变小，且随机波动过大。将在线振动管密度计安装位置进行调整，使其安装在离心泵后端，调整后观察发油过程整体密度稳定，设备工作正常。

5 在线振动管密度计在安装、使用和维护中的注意事项

5.1 供电及电磁环境带来的影响

首先要保证在线振动管密度计的供电,严禁与其他设备共用电源负载,以免不同设备之间负载短时变化带来的过载,导致电压过低等问题。并且在线振动管的测量原理中,磁场是其正常振动的关键,大功率电磁环境会对其造成影响,大的电磁干扰可能会把在线振动管密度计检测到的微弱谐振信号掩盖掉,对密度精度造成影响。在线振动管密度计的安装应尽量远离变压器、变频器及大功率的电机等设备。

5.2 安装方式选择与振动的干扰

在线振动管密度计不同的介质种类对应不同的最优安装方式,防止出现气液两相或液固两相而影响设备精度。测量液体时在线振动管密度计应下装,防止振动管内集气,测量气体时优选上装,防止气体内水汽凝结积聚,测量浆液类介质则推荐旗式安装。

由于在线振动管密度计工作时处于振动状态,因此接近同频的振动会引起共振,导致振动状态的异常。因此安装位置应远离能引起管道机械振动的干扰源,如工艺管线上的泵等,也不推荐密度计在同一管线上串联使用,以避免由于共振而产生的相互影响。在线振动管密度计安装在工艺管线上时,应保证管道系统与密度计上下游两个位置的稳固支撑,夹紧工艺管道也有助于减弱潜在的振动干扰。

5.3 安装应力的影响

在线振动管密度计法兰两侧的管道不在同一水平面或不对中,管道法兰与管道不垂直,管道法兰与传感器法兰的螺栓孔不对齐等因素的影响都会产生安装应力。另外在线振动管密度计安装时应确保密度计附近工艺管线上的阀门和泵等有专门支撑物,大重量的悬空设备会使安装法兰受力,影响设备稳定运行。也禁止用密度计外壳支撑管道,任何外力作用在在线振动管密度计外壳上都会引起振动状态的变化,进而导致显示密度的变化。

5.4 日常使用中的其他注意事项

首先,当管道内介质出现气泡,团状流或气液两相运行时,将直接影响在线振动管密度计的密度测量。使用中要保证在线振动管密度计传感器中有一定的背压,防止被测介质汽化,产生气穴现象,要使油品始终充满传感器内振动管,避免出现不满管或气液两相导致的测量结果不准确。其次,要保证油品清洁,防止出现固体颗粒杂质进入到振动管内。在使用中可定

期检查前端过滤器功能是否完好,及时清理过滤器内部污物以保证在线振动管密度计的正常运行。最后,在露天和振动明显的环境长期运行的在线振动管密度计可定期检测接线端口及接线腔等处的密封是否完好,防止端盖、接头松动后进入雨水或冷凝水汽,影响正常工作。

6 在线振动管密度计在油库应用中的发展前景

在线振动管密度计已在油库发油系统中取得很好的应用效果,证明其密度精度和稳定性都十分出色,为打通油库全自动化发油的最后一道难关开辟了道路,值得推广应用。在线振动管密度计也要向更加智能化、人性化方向提升改进。

除了油库在公路发油系统中应用外,在线振动管密度计在油库其他密度测量方面也具有广泛应用前景,例如可以在铁路罐车发油时能替代人工取样测量密度,使每罐车的密度都能准确计量。在铁路罐车发油过程中为了能够准确交接,往往需要数量繁多的取样来确定发油的密度、温度,既短时间增加了巨大的工作量也影响了发油效率,但如果在发油管线加装在线振动管密度计,配合流量计使用即可实现每罐车的密度都能准确计量的目的,对于油库发油作业产生巨大的影响。另外,在线振动管密度计若用在船运发油时既能实时监测密度值,还能准确定位换油时混油界面位置,确保油品质量。甚至还可以在一些有含水风险的油品管道输送中进行含水监测和预警等。

7 结束语

密度作为油库发油重指标之一,是油库数质量管理的重要组成部分,但长期以来由于在油库发油过程中还存在人工手动密度测量或者采用储罐液位计测量的操作模式,严重降低了油库发油过程的自动化水平,对提高油库发油效率,提升数质量管理水平,提升油库智能化建设等方面形成了明显制约。

在线振动管液体密度计在油库发油系统中的应用则为解决上述问题,提升油库整体效率和数质量管理水平提供了很好的方向。目前在线振动管密度计已在油库发油系统配合大罐液位计密度进行过账校对,应对油品密度分层和管线混油时替代人工校验等方面取得不错的应用效果,随着在线振动管密度计产品的应用不断拓展和国家相关标准、规范不断完善,其应用前景和使用效果将更加凸显。

参考文献:

- [1] 彭玫瑜.浅谈油库智能化水平提升方案[J].科学管理, 2023(10):224-226