

音叉液位开关在成品油管道工程中的安装与维护

董珊珊 龙 辉（西安航天动力研究所，陕西 西安 710100）

牛道东（国家石油天然气管网集团有限公司华南分公司，广州 天河 510000）

杨 宇（广东宇成达通讯科技有限公司，广州 越秀 510000）

摘要：音叉液位开关因其可靠性、适应性和高精度，在成品油管道工程中得到了广泛应用。该设备基于音叉谐振原理，通过音叉振动频率的微小变化来实现对液位的精确监测，尤其适用于那些高温、高压以及具有强腐蚀性的环境。本文详细介绍了音叉液位开关在成品油管道工程中的安装与维护方法，包括准备工作、安装步骤、常见问题处理及日常维护和长期保养的操作要点。科学合理的安装与维护措施，可以确保音叉液位传感器长期保持稳定的工作状态，从而提升成品油管道系统的安全性与可靠性。

关键词：音叉液位开关；成品油管道；安装；维护

在成品油管道工程中，安全性的保障离不开精准的液位监控系统。音叉液位以其卓越的精确度和稳定性，在此类项目中得到了广泛应用。基于音叉谐振原理制成的音叉液位开关，即使在恶劣的工作条件下，如高温、高压或强腐蚀环境，也能够保持其监测的稳定性。正确安装与维护音叉液位开关对于管道系统的安全至关重要。本文将详细介绍音叉液位开关在成品油管道工程中的安装与维护方法，并对遇到的常见问题进行分析，提出处理措施，旨在提高设备的运行效率和安全性。

1 音叉液位开关的工作原理

1.1 音叉液位开关的基本原理

液位检测设备中的音叉液位开关是基于音叉谐振原理所设计的，常用于各类工业场合的液位测量。其核心部件是由压电晶体驱动的音叉振动器，当音叉受到外力激励时，它会以固有的谐振频率振动。音叉的固有谐振频率可以通过以下公式计算：

其中： f 是音叉的谐振频率（Hz）， L 是音叉臂的长度（m）， t 是音叉臂的厚度（m）， Y 是材料的杨氏模量（Pa）， ρ 是材料的密度（ kg/m^3 ）。公式显示，振动频率与叉体长度的平方成反比，与叉体厚度和材料的杨氏模量成正比。因此，可以通过调整音叉的长度、厚度以及材料密度，控制音叉的谐振频率。在空气中，音叉的振动保持在其固有频率；但当音叉浸入液体时，由于液体相比空气具有更高的密度和粘滞性，音叉的振动频率明显减少，这是因为液体介质提高了音叉的有效质量，从而使振动阻尼增大，谐振频率下

降。音叉液位开关正是通过侦测这种频率的改变来判断液位状态，一旦振动频率低于预设的阈值，系统便会发出一个控制信号，用于液位报警或自动控制系统。这种依靠物理振动原理的检测手段，因其卓越的稳定性，特别适合于液体密度波动大、存在泡沫或湍流等复杂工况下的液位检测。

1.2 音叉液位开关在成品油管道工程中的工作原理

在成品油管道工程中，音叉液位开关的工作原理是基于音叉振动频率的变化来精确检测液位。一旦液面触及音叉，由于成品油的高密度，音叉的振动频率会大幅度减少。内置的电子模块能够捕捉到这种频率的变动，并转化为控制信号，表明液位已达到预设高度。这一过程简单可靠，确保了液位监测的实时性和准确性。成品油管道工程的复杂环境要求液位检测设备具备极强的可靠性和抗干扰能力。音叉液位开关能够在各种外部因素（如气泡、波动或湍流）的干扰下稳定工作，这得益于音叉的独特设计，它对液体介质的变化极为敏感，并且具有很强的抗干扰能力。通过调整音叉的物理参数，如长度和厚度，可以使其谐振频率与成品油的特性相匹配，从而实现精确的液位检测。此外，音叉液位开关的设计还考虑了成品油的易燃易爆性，构造采用了防爆措施，并采用耐腐蚀材料，确保在恶劣的管道条件下能够长期稳定地工作。这不仅增强了设备的安全性，也延长了其使用周期，降低了维护成本。

2 音叉液位开关的技术特点

2.1 音叉液位开关的设计特点

音叉液位开关的设计融合了耐用的材质和智能控

制系统，确保其在复杂工作环境中的高效运行。核心部件音叉振动器由高强度、耐腐蚀材料制造，能够抵抗化学腐蚀并在极端温度和压力下保持稳定。音叉的长度和厚度经过严密计算，确保谐振频率与检测液体特性匹配，从而提升检测液位的精确度。其紧凑的设计便于在空间狭小的管道或容器中进行安装。外壳的设计具备防爆、防尘和防水功能，能适应各种恶劣环境。此外，对机械结构的改进增强了其对外界振动的抵抗力，进一步确保了检测过程的可靠性。

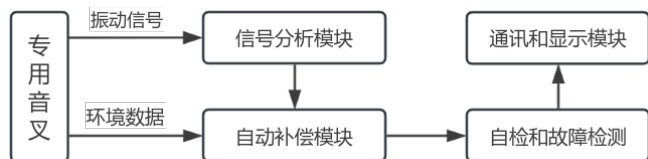


图1 智能控制系统

智能控制系统是该设计的核心，集成了振动信号分析、自动补偿、自检和故障检测功能。振动信号分析功能能够实时处理数据，准确判断液位变化，并在液位达到预设阈值时发出警示信号。自动补偿功能依据外界温度波动和介质密度的改变，自动修正检测数据，以保持检测的精确性。自检和故障检测功能持续监控设备状态，一旦发现异常便会立即发出警告，从而降低停机风险。系统还配备了通讯和显示模块，以便与超级计算机系统进行数据交互，同时展示液位状况及系统运行信息。操作人员可以通过显示器直接查看设备状态，便于进行系统管理和维护。音叉液位开关通过上述设计特点，在复杂工作环境中的表现卓越，保证了设备的长期稳定运行。

2.2 音叉液位开关的性能表现

音叉液位开关在成品油管道工程中的性能表现尤为突出，特别是在精度、可靠性和适应性方面。其检测精度高，一般可控制在 $\pm 1\text{mm}$ 范围内，即便在介质密度波动较大、存在泡沫或湍流的复杂条件下，也能输出稳定的检测数据。音叉液位开关对环境变化的适应力极强，能够在宽范围的温度和压力条件下正常运行，特别适用于高温、高压、腐蚀性强的环境。其抗干扰能力同样优异，在电磁干扰或机械震动的影响下仍能保持工作的稳定性。音叉液位开关设计中集成的自检和故障检测功能能够对设备状态进行实时监控，及时上报潜在问题，降低停机风险，保障系统的稳定运行和安全。综上所述，音叉液位开关完全符合成品油管道工程对液位监测的严格要求，是监测液位的理想选择。

3 音叉液位开关的安装

3.1 准备工作

安装音叉液位开关前，必须进行周密的准备工作，以确保设备能顺利安装并正常运行。环境条件的确认是关键，特别是成品油管道的防爆、防腐要求，以及温度和压力条件是否符合设备的工作标准。设备的型号和技术参数也要细致审核，确保所选择的音叉液位开关型号与成品油的特性和工程需求相匹配。安装所需的工具和配件应提前准备妥当，并确保其状态无碍。管道或储罐内部的清理也很重要，要清除所有可能干扰设备安装和工作的杂质或沉积物，保障安装位置的适宜性，以便设备可以精确地监测成品油的液位高度。

3.2 安装步骤

音叉液位开关在成品油管道工程中的安装必须严格按照规范操作，以保证其测量准确性与运行安全。选择安装位置时，应考虑对液位波动反应敏感的区域，尽可能规避可能受到液体扰动、气泡或其他干扰的地方。安装时，务必保证接合部位的稳固可靠，尤其在高压作业条件下，应采用如 PTFE 胶带等防爆密封材料来防止油品泄漏。紧固部件的拧紧力度应均匀分布，防止由于拧得过紧或过松造成的设备松动或密封不严。完成结构装配后，便进行电气连接操作。电气连接必须严格按照防爆电气标准执行，确保接线准确无误，并进行周密的绝缘处理，以防止短路或漏电事故。所有连接作业完成后，应进行初步通电测试，检查设备是否能够正常启动并输出稳定的信号，验证设备的可靠性。最后执行整个系统的综合调试，确保音叉液位开关与上位机或控制系统之间的通信正常，液位测量数据精确可靠，符合成品油管道工程的安全要求和运行规范。

3.3 常见问题处理

安装音叉液位开关的过程中，经常会遭遇一系列问题，如果不及时处理这些问题，可能会影响设备的正常运行和测量精度。安装位置选择不当会导致液位测量不准确或信号输出不稳定，遇到这种情况时，需要对设备的安装姿态或位置重新评估和调整，确保音叉能够准确感应成品油的液位变化，并避免流速变化或湍流等干扰因素的影响。机械连接松动或密封不严可能导致成品油泄漏或设备晃动，影响设备的稳定运行。在这种情况下，需要对各个固定点进行检查，并重新使用防爆密封材料或更换老化的密封部件，以确保连接处的密封性和可靠性。电气连接方面，如果设

备不能正常启动或信号输出存在波动,可能是因为接线错误或接触不良,此时应仔细核对每一处接线,保证所有连接准确无误且接触紧密,特别是要严格遵守防爆电气连接的规范。在设备调试阶段,如遇信号大幅波动或频率异常,可能与外界电磁干扰或内部参数配置错误有关,这时应检查设备设置及其周边环境,并在必要时采取屏蔽措施,重新对设备进行校准,确保系统的安全可靠运行。

4 音叉液位开关的维护

4.1 日常检查

日常检查是维护音叉液位开关稳定运行的基础。定期检查设备外观,观察是否存在破损、生锈等异常情况。尤其是设备的外壳和接线箱,需检查其密封性是否良好,防止外部环境对内部元件造成损坏。操作人员应仔细检查设备的结构连接处,确保所有螺栓和紧固件牢固无松动。如有松动,要及时紧固,并检查密封材料是否完好,如需更换则立即处理,以防油品泄漏。在日常检查中还应对设备进行清洁保养,使用无尘布或专用清洁剂清除音叉表面和外壳上的灰尘、油污等杂质,以免影响设备运作。此外,操作人员需定期检查信号输出的稳定性,使用测量仪表或通过系统界面监控液位信号的准确性。如果发现信号波动或异常,应进一步检查电气连接,确认所有电缆和接线点牢靠,绝缘层完好。每次检查后,操作人员应将检验结果和发现的问题详细记录,并归档于设备维护日志,为后续的维护工作提供参考。

4.2 故障排查

音叉液位开关在运行过程中可能会出现一些故障情况,快速有效地排查这些故障是确保设备正常运行的关键。在故障排查时,操作人员应首先查看设备的故障报警记录和运行日志,以分析故障发生的时间和可能原因。若出现信号输出异常,可以使用万用表等检测工具验证电气连接是否完整,确保线路通畅且接线无误。如果发现信号丢失或不稳定,需要检查电缆是否存在断裂或接触不良的情况,确认电源电压是否在标准范围内。若设备无响应或频繁误报,可能是受到外部机械振动或电磁干扰的影响,此时需对设备周边环境进行检查,排除干扰因素,并实施相应的屏蔽措施。如果怀疑问题与设备内部参数设置有关,操作人员应使用手动校准功能重新调整参数,并记录校准过程和结果。如果经过上述步骤仍未解决问题,建议联系专业技术人员进行深入检查和维修,特别是对设备内部电路和元件的检查。故障排除完毕后,操作人员需详细记录故障类型、排查过程、处

理措施以及设备的恢复情况,这些记录对于后续的维护工作非常重要。

4.3 长期保养

长期保养是保障音叉液位开关在成品油管道工程中持续稳定运行的重要措施。首要任务是定期对设备进行彻底的清洁作业,特别是对音叉振动单元及其外护结构的清理,清除其表面的积尘、油污等杂质。至于设备的机械部分,比如固定底座和螺栓等,定期加注润滑油,使用符合设备要求的润滑剂,并按照设备维护手册中的周期进行保养,以防止设备因长期作业而出现磨损和松动。此外,定期对设备进行校准也是长期保养的重要组成部分。依照制造商的指导,使用标准液位模拟器或其他校准工具定期对校准音叉液位开关进行校准,以确保其检测精度。完成校准后,应详细记录校准日期、参数和结果,并将其归档于设备维护日志中,便于未来查阅。对于在极端条件下运行的设备,如高温、高湿或具有腐蚀性的环境,建议缩短校准和保养的周期,以保障设备性能不受环境影响。还应定期审查设备的使用和维修日志,以预测潜在的故障模式,并根据日志内容实施预防性维护措施。通过科学的长期保养,能够有效延长音叉液位开关的使用寿命,并确保其在成品油管道工程中的高效稳定运行。

5 结语

音叉液位开关在成品油管道工程中,凭借其音叉谐振原理和出色的技术性能,成为监测液位的核心角色。本文详细分析了该设备的工作原理、安装步骤及维护方法,指出了科学的安装和定期维护对于确保设备长期稳定运行的重要性。这不仅提升了液位测量的精确度,也进一步增强了管道系统的安全性与运行效率。展望未来,通过对安装与维护流程的持续改进,音叉液位开关将在成品油管道工程中发挥更加重要的作用,为工业液位监测提供更加坚实的技术支持。

参考文献:

- [1] 慕心. 音叉密度计校准方法及不确定度评定 [J]. 计量与测试技术, 2023, 50(6): 114-116.
- [2] 张艳华, 王喆, 于洋. 用于液体测量的音叉结构设计及其谐振特性研究 [J]. 仪表技术与传感器, 2022(12): 20-24.
- [3] 夏红杰, 朱蕴璞, 卜雄洙. 基于FPGA的音叉式油液传感系统设计 [J]. 仪表技术, 2023(5): 18-22.
- [4] 张咪, 陈德华, 刘树健, 等. 石英音叉传感器测量流体密度和黏度的研究 [J]. 仪表技术与传感器, 2022(001): 000.