

热式气体质量流量测量方法分析

邹波涛,樊伟,孙忠湖

(四川泛华航空仪表电器有限公司,四川 成都 610500)

摘要:随着我国工业现代化建设进程的逐步加快,使工业领域对流量测量的精度要求越来越高。流量测量是一项涉及面广的技术,需要结合不同类型的流体,基于流体不同的工况条件来选择使用不同类型的测量方法。热式气体质量流量测量法是通过热传递原理来实现对流体质量流量测量的,具有测量范围广、测量准确度高、压损小等优点,适用于各个工业领域。基于此,本文阐述了热式气体质量流量测量原理,重点探讨了热式气体质量流量测量技术的应用,以期对热式气体质量流量测量方法的完善提供参考。

关键词:热式气体;流量测量;质量流量;多点测量

中图分类号:TE35

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)08-0293-02

0 引言

热式气体质量流量计具有测量范围广、测量准确度高、压损小等优点,适用于各个工业领域。在化工产业、能源传输、汽车制造等行业均能发现它的身影。但就目前而言,热式气体质量流量计在我国的应用依然处于探索阶段。因此,结合实际应用情况,对热式气体质量流量计的使用进行探析,对提高热式气体质量、流量计测量质量具有重要意义。

1 测量原理

传统形式的测量一般是采用电加热形式进行的,在进行液体流量的测量过程中,均会消耗超过测量气体流量需要的电功率,所以通常对液体流量进行测量的过程更加复杂。随着科学技术的不断发展,出现了基于流体与环境存在的温度差而完成测量的,不仅可以测量气体,还可以测量液体的质量流量。图1为热式气液质量流量计流量测量原理示意图。

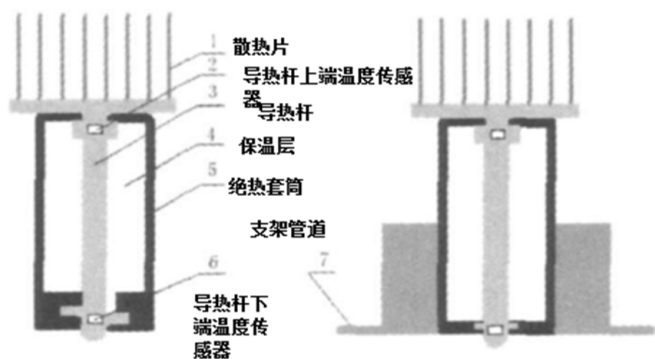


图1 热式气液质量流量计结构

其测量的原理主要是基于传热部件对流体与测量环境温度差进行测量,并通过上下两端所设置的温度测点,对传热量进行测量,根据热传量与流体速率间所形成的函数,求出管道内流体的速度,即加热功率等于气体强制热对流的热交换量。热式气体质量流量计能够测量极低流速的气体流量,测量过程中产生的压力损失较小,具有较高的可靠性且结构简单,便于后期的检修与维护。

2 测量技术

2.1 方法分析

图2为多点热式气体质量流量测试框架图。在测量的过程中,首先对每一部分的管道截面特征点质量流速进行测量,并以该部分的特征点质量流速为整体的平均质量流速,以求得的平均质量流速与截面面积相乘即可求出该部分的质量流量,将所有划分界面面积质量流量进行求解与求和,就可以求出管道整体部分的质量流量。使用该测量方法的关键是对特征点位置以及管道界面分布的数量进行确定。通常可以采用环面法、对数线性法等进行传感器的布设。图3为多点检测传感器位置平面图。

2.2 温度校正

利用热膜探头(传感器)与管道内流体间具有的温度差实现对气体质量流量的测量,所以在实际应用中,如果进行测量时,两者温度差较大,则会对测量结果的准确性造成不良影响,因此,在应用过程中,首先对质量流量计的温度做校正处理。常用的校正方法包括:分析校正法与自动校正法,其中分析校正法是指通过设置独立工作的温度传感器,对测量的环境温度进行检

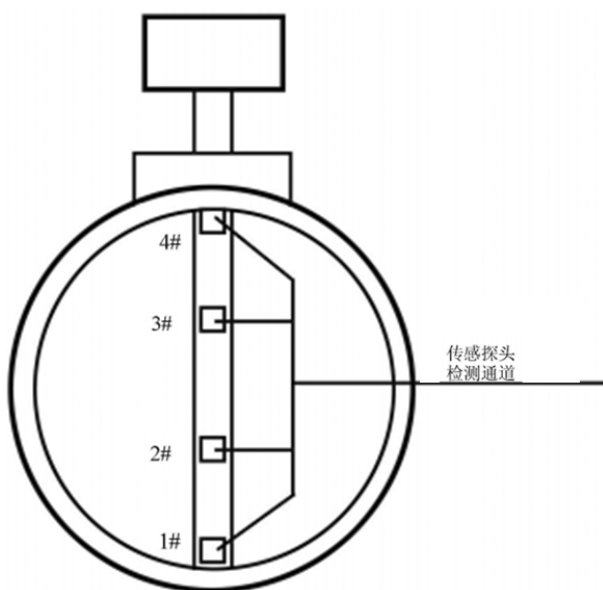


图2 多点热式气体质量流量测试框架

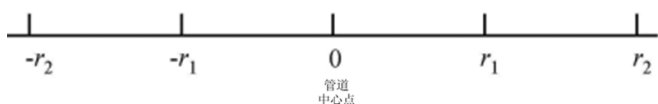


图3 多点检测传感器位置平面

测,检测值为 T_a ,将检测得出的环境温度值代入相应的热传递计算公式中,求得热传递值。使用分析校正法时,需要确保检测的热膜探头一直处在恒定的温度环境条件下。进入 21 世纪以来,计算机技术以及各种微电子传感技术的应用,促进分析校正法的发展,目前采用分析校正法对质量流量计进行温度的校正。分析校正法的关键是确定热传递函数,具体而言是指需要确定相应的输出信号与风速、温度之间所具有的关系。目前我国学者针对风速计温度校正的研究多集中在对热传导公式的推导。图 4 为自动补偿装置测量电桥电路。

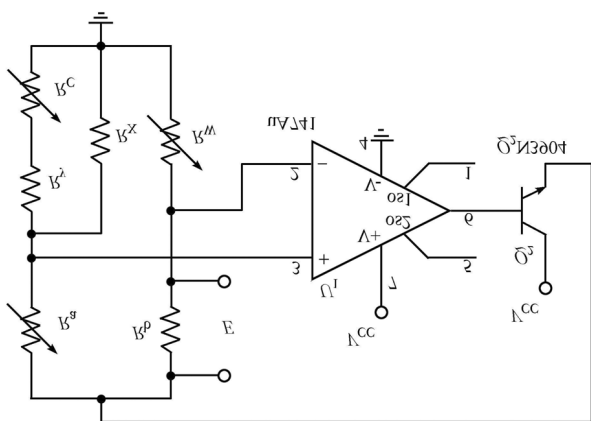


图4 自动补偿装置测量电桥电路

2.3 影响因素分析

在设计状态下,本文针对不同类型的流体,在不同的流速条件下的流场与性能进行数值模拟。通过对流体的速度分别为 $V=0.1\text{ms}$ 、 0.5ms 、 1.0ms 、 1.5ms 时导热杆温度分布情况的分析,可以

得出当管道内流体的流速逐渐增加时,则导热杆两侧之间所产生的温度差值越大;管道内的流体与导热杆下端进行热传导时,导热杆下端温度随着管道内流速的增加而增加,且流速增加的速度越快,则导热杆下端温度上升的越快。这表明管道内的流速与温度两者间的关系呈现正相关关系,这也表明了测量温度、流量方法的可行。且经过对测量误差与管道流速两者间的关系分析可以得出,管道内流体的流速保持在 $0.1\sim 1.5\text{ms}$ 时,测量误差为出现明显的浮动变化,基本保持在 2%,测量精度达到 98%;当测量的速度过小(小于 0.1ms)、过大(大于 1.5ms)时,所求得的测量误差出现明显的线性变化,且变动幅度较大,具有明显的折线突变。究其原因,当管道内流体流速低于 0.1ms 时,因为管道内的流体流动状态处在层流状态,则进行热传递的效果不明显,导致测量误差分布失衡情况明显;当管道内流体流动状态流速超过 1.5ms 时,因为管道内的流体会冲击到管道内的探针,产生较大的漩涡,造成测量结果误差较大。从以上的分析中可以得出,流量计的有效量程为 $0.1\sim 1.5\text{ms}$,且具有较大的口径测量范围。

3 实际应用与评价

当处于大电流条件时,面对不同工况,其电阻温度特性依然呈现较好的线性,且当处于恒流条件下,测量的工作与环境温度之间的差值并未出现明显的变化。当为进行温度校正时,质量流量计的输出信号出现明显的温漂现象,当进行温度校正后,则系统的温漂系统得到明显的改变,性能得到提升,且多点测量方法出现的测量结果误差,明显低于单点测量,测量精度得到明显提升。此外,经对比分析发现,当采用自动校正法取得的温度校正效果优于分析校正法。

4 结论

热式气体质量流量测量法是通过热传递原理来实现对流体质量流量的测量的,具有测量范围广、测量准确度高、压损小等优点,适用于各个工业领域。热式气体质量流量装置的应用,较好地解决了系统温漂问题,有效提高了测量精度,具有较强的应用与推广价值。

参考文献

- [1] 朱碧玉,陈超,宋进.特殊工作状态下热式气体质量流量计校准方法的研究[J].计量与测试技术,2020,47(11):52-54.
- [2] 王乃民,马思瑶,吴鑫,等.液化天然气接收站流量计选型设计与应用研究[J].工业仪表与自动化装置,2020(5):101-104,110.
- [3] 刘锴,李鹏.气体小流量标准装置研制[J].计量技术,2019(12):17-19.
- [4] 徐颖,许金泉,杨宗伟,等.CPR1000核岛仪用压缩空气流量测量仪表换代研究及实践[J].自动化仪表,2019,40(10):7-12,17.
- [5] 江航成,沈彬彬,光梦元,等.改进取压方式提升音速喷嘴气体流量标准装置的准确度[J].工业仪表与自动化装置,2019(4):77-80.

收稿日期:2021-01-08

作者简介:邹波涛(1983—),男,汉族,湖北汉川人,高级工程师,本科,研究方向为机载燃油测量与控制、企业信息化建设。