

Research on Thermal Mass Flow Detection Method and System Based on MEMS Technology

Liang Ding

Chongqing University of Science and Technology, Chongqing, 401331, China

Abstract

MEMS technology is a new micro system based on IC integrated technology and micro mechanical technology. It is an intelligent micro system technology. It is not only referred to as silicon micro processing technology, but also the integrated form of system chip. With MEMS technology, any data information can be integrated on a single chip to form a new device, such as: computing system, chemical analysis system, wireless system, mass flow detection system, etc., which can cover multiple disciplines, and has many advantages such as high cost performance, excellent performance, wide application, etc., with good development and application prospects. This paper describes the research background of thermal mass flow detection based on MEMS technology, briefly analyzes the traditional mass flow detection methods, MEMS technology and thermal mass flow detection methods, and makes an in-depth study and construction of thermal mass flow detection system based on MEMS technology.

Keywords

MEMS technology; thermal mass; flow detection; system research

基于 MEMS 技术的热式质量流量检测方法及其系统研究

丁亮

重庆科技学院, 中国·重庆 401331

摘要

MEMS 技术是在 IC 集成技术与微机械技术的基础上产生的一种全新的微系统, 是一种智能化的微系统技术, 不仅仅代指归为硅微加工技术, 还是系统芯片的集成形式。利用 MEMS 技术, 能够在单个芯片上集成任何数据信息, 形成全新的装置, 比如: 计算系统、化学分析系统、无线系统、质量流量检测系统等, 其能够覆盖多个学科, 且具有性价比高、性能优异、应用广泛等多种优点, 具有良好的发展及应用前景。论文阐述了基于 MEMS 技术的热式质量流量检测研究背景, 简要分析了传统质量流量检测方法与 MEMS 技术及其热式质量流量检测方法, 对 MEMS 技术的热式质量流量检测系统研究与构建进行深入探究。

关键词

MEMS 技术; 热式质量; 流量检测; 系统研究

1 引言

质量流量计量与监测是现阶段中国工业测控领域中的重要构成, 是工业测控系统中的关键环节。随着中国社会科学技术的快速发展, 质量流量检测技术不断变化, 从原有的封闭管道(明渠)流量计量、差压式流量计检测、速度式流量计检测、容积式流量计检测等发展到现今的 MEMS 技术热式质量流量检测系统, 其检测精度不断提高, 且 MEMS 技术的应用大大提高了流量质量检测的准确度、可靠性与量程水平, 具有良好的发展前景。

2 基于 MEMS 技术的热式质量流量检测研究背景

在工业领域中, 技术人员需要对流体的流量与质量进行计量与控制, 通过检测, 能够清晰了解到流体的流动过程, 能够提高工业生产线上工艺技术的自动化水平, 优化具体参数, 提高耗能控制效率, 强化成本管理, 可以说, 流量检测与耗能效率、产品质量与成本等具有直接关联^[1]。

在工业领域的电力部门中, 流量检测技术不仅仅能够优化电厂的运行效率, 提高资金利用率, 更能够保障电厂整体

系统的运行安全,提高电力系统的稳定性与可靠性。以火电厂为例,若主蒸汽流量累计误差大于3%,则会引起大量的煤耗计算误差,对企业造成严重的经济损失,不利于企业的良性发展。同样,流量检测能够使用于冶金业、化学工业、石油工业及轻工业等多个行业,通过有效检测与控制流量,能够提高能源利用率,避免造成不必要的浪费,能够在一定程度上解决中国能源紧张的问题。结合上述论证,流量检测是工业测控领域中的热门技术,在MEME技术背景下,其显示出更广阔的发展前景,具有较大的开发潜力^[2]。

3 传统流量检测方法

传统流量计量与检测的方法类型较多,若按照测量场合划分,则可以分为明渠流量计量检测与封闭管道流量计量。明渠流量计量主要是用于测量明渠、暗渠等开放式的渠道中的流量的主要方法,结合不同的测量场合,明渠计量检测设备可以分为U字形、圆形、梯形、矩形等多种形状,能够用于市政供水引水渠、排水渠、电厂引水渠、污水治理排放渠等多个场景。

若按照被检测的流体的物理量进行划分,则检测方法可以细化分为:差压式流量计检测、速度式流量计检测、容积式流量计检测等。

其中差压式流量计检测具有较长时间的发展历史,且在现代社会中应用较为广泛,具有标准化、多样化等特点,有可以细化分为音速喷嘴、文丘里管、孔板、匀速管等流量计;技术人员结合具体的方程原理,对管道中的流量进行检测与计算;这一方法具有安装要求较高、精度要求较高等使用难点,且不适用于脉动的流体测量^[3]。

速度式流量计检测主要是利用管道中的流体流动速度检测其中的流量,是当下主要的流体检测方法之一,且仍具有一定的发展前景,相较于上述的差压式流量检测,其能够利用平均流速进行流量计量与检测,但是对管路条件的要求较高,若分布不对称,则会影响检测结果,造成较为明显的误差,不能够满足工业测控领域对于流量检测的精度要求。

容积式流量计检测与现代社会生活中的容器计量液体体积具有一定的相似度,其主要是通过测量液体填充的计量空间体积,进行监测,随着被填充次数的增加,将其与体积参数进行计算,能够获取流量的总体积,实现检测目标,虽然

这一技术的应用较为广泛,但是其受到管道的影响较大,仍存在一定的弊端^[4]。

4 MEMS 技术及其热式质量流量检测方法

4.1 MEMS 技术概述

MEMS技术有称之为“微电子机械系统”,其主要是建立在纳米技术基础上的,主要是对纳米与微米材料进行设计、处理、加工、测量与控制,与驱动部件、光学系统、电控系统、机械零部件共同构成一个微型单元系统。这一技术不仅仅能够促使被应用的系统具备数据采集处理与传输的能力,还能够自主获取外部指令,做出动作。MEMS技术的工艺包括:外延生长、离子注入、测试、监测、封装,能够广泛应用于各个领域^[5]。现阶段,技术人员将MEMS技术运用到热式质量流量检测系统的建设中,优化流量检测技术,提高检测有效性,在一定程度上降低了流量检测收到外界因素干扰的程度,推动了工业测控领域的进步与发展。

4.2 MEMS 技术的热式质量流量检测方法

随着集成电路的快速发展,微系统技术逐渐出现在人们的事业中,对原有的流量检测技术造成影响,能够有效节省原料与能源,提高资源利用率,且能够实现多功能的高度集成,降低生产成本,成为工业测控领域中的全新发展思路。

在上述提到的传统流量检测中,一般都是选择接触式的测量技术,通过传感器介入流体,这种技术会受到较为严重的流体流动状态的影响,且促使固体与流体之间产生耦合效应,降低了流体的测量精度,不利于为工业测控领域提供精准参数。

技术人员将MEMS技术运用到流量传感器中,能够有效降低外界因素对流量检测的干扰,且提高传感器的质量惯性,提高其相应速度、集成效率与资源利用效率,实现低功耗、低成本的运行。

MEMS流量检测技术具体可以细化分为:热式微流量检测计、升力式检测计、差压式检测计、流体振动式检测计等,其中热式微流量检测计是出现较早的一种技术形式,可以细化分为热线式与传热式两种不同的形式,且能够根据热损失与分布情况,测量流量,这种流量检测方法不需要机械运动结构,具有较高的可靠性,且实用性较强,现已经应用于各个领域。

5 MEMS 技术的热式质量流量检测系统研究与构建

5.1 MEMS 技术的热式质量流量检测系统研究现状

热式质量流量检测技术是在原有的热力学基础上衍生而出的一种全新流量检测技术,其主要运用与热式质量流量计中,能够直接对流体质量流量进行测量;现阶段,其主要应用到工业生产控制中,尤其是气体流量检测中,其具体可以分为以下测量应用场景:

- (1) 运用于石油化工、火炬气体、采油气体质量流量检测中。
- (2) 运用于食品加工、饮品气体质量流量检测与控制中。
- (3) 运用于锅炉燃料气体的质量流量检测与控制中。
- (4) 运用于燃烧炉、燃气轮机氢气等专用空气质量流量检测与控制中。
- (5) 运用于催化剂等化学添加剂的质量流量检测与控制中。
- (6) 运用于水厂中的氯气等气体的质量流量控制中。
- (7) 运用于空调系统检测中。
- (8) 运用于保护泵控制系统、润滑油池泄漏等方面的流量检测中。
- (9) 运用于仪器仪表、氮气、工艺空气等气体的质量流量检测中。

5.2 热损失流量检测技术的应用

关于热损失流量检测,其最早的运用技术是热线风速计,其主要是结合热对流偏微分方程,进行求解,得出较为著名的公式—“King 公式”,就是在无限大的流畅中,对强迫发生的对流的无限长圆柱体的热损耗 H 与介质流速 U 进行平方根的换算,这一理论奠定了热线风速的基础理论。在 MEME 技术融入之后,在原有的热线风速检测基础之上,衍生成了热损失微流量计,技术人员在微系统中,搭建热线结构,完成流量测量检测,从而提高流量计的分辨率与精准率;这一技术仍然存在机械强度不强的问题,且应用范围较为狭窄,技术人员对其进行调整,引进微型管道,有效保护感应部件。在 MEME 的热损失流量计的使用过程中,技术人员可以针对流体的流速,选择恒功率或者恒温的加热方式,从而测量出质量流量数据,这种测量方式具有电阻较粗、不易受潮、耐

脏强度大等应用优势,既能够计量较宽的量程,又能够测量出高精度的数据参数。

5.3 热分布式质量流量检测技术的应用

热分布式质量流量检测技术是一种应用较广的热式流量检测技术,相较于上述的热损失测量方法,其能够根据流体流量对热量温度场分布的干扰情况进行测量,在使用该技术时,技术人员可以将热源放置在流体管路中,并且在热源的两端对称位置放置温度传感器,分别检测 T_1 、 T_2 处的温度,可以发现若流量为 0,则 $T_1=T_2$,若液体流动,则温度不再对称,且 $T_1 < T_2$,可以发现,液体的流体质量流量与 $T \Delta$ 之间具有一定的函数关系,通过检测 $T \Delta$,可以获取质量流量参数。随着 MEME 技术的发展,热分布式流量质量检测技术在应用的过程中,能够结合不同的产品结构,进行优化设计,通过检测经过发热源两侧的热量进行流量的检测与控制,且还能够对发热源的四周布置多个热堆,实现流动方向的测量与控制。

6 结语

总而言之,随着中国科学技术的快速发展,质量流量检测技术水平不断提升,其核心应用技术不断发生变化,整体准确率、精准度、可靠性与安全性大大提升,为现代社会工业测控领域的发展提供了可靠的技术支持。在 MEMS 技术的背景下,技术人员开发热式质量流量检测,就要把握 MEMS 技术的核心原理,研究其应用现状,灵活把握热损失流量检测技术、热分布式质量流量检测技术,构建性能良好的热式质量流量检测系统。

参考文献

- [1] 伍国伟,伍斯龙.MEMS 传感器技术发展现状及应用初探[J].中国设备工程,2019(17):200-201.
- [2] 胡梦飞,刘亚伟,杨露露,谷永先,胡国俊,吕品.基于 MEMS 技术热温差式流量传感器的设计与标定[J].传感器与微系统,2019,38(02):102-104.
- [3] 胡梦飞,杨露露,刘亚伟,谷永先,胡国俊,吕品.热式 MEMS 流量传感器的设计及测试[J].锻压装备与制造技术,2017,52(04):32-36.
- [4] 陈佩,赵玉龙,田边.MEMS 梁膜结构流量传感器设计与实现[J].实验流体力学,2017,31(02):34-38.
- [5] 胡纯,樊尚春,郑德智.微流量测量方法及其技术的发展[J].计测技术,2015,35(01):1-8.