

# 气液两相流量仪表的原理与应用

耿洁 范旭 刘世界 夏凯旋 林建伟

中海油能源发展股份有限公司采油服务分公司 天津 300452

**摘要:** 本文主要探讨气液两相流量仪表的工作原理, 类型及其特性, 应用以及创新和未来发展。首先详细解析气液两相流量仪表的基本工作原理和关键组件及其功能。然后对各种类型的气液两相流量仪表进行分类, 并分析它们的特性和适用场景。接着探讨气液两相流量仪表在工业、研究和其他领域的应用, 最后讨论当前的创新趋势和未来的发展预期。

**关键词:** 气液两相; 流量仪表; 原理; 应用

## Principle and application of gas-liquid two-phase flow meter

Jie Geng, Xu Fan, Shijie Liu, Kaixuan Xia, Jianwei Lin

Cnooc Energy Development Co., LTD. Oil Production Service Branch, Tianjin 300452

**Abstract:** This paper primarily explores the working principles, types, characteristics, applications, as well as innovation and future development of gas-liquid two-phase flow meters. The paper begins by elaborating on the fundamental working principles and key components, along with their functions, of gas-liquid two-phase flow meters. It then categorizes various types of gas-liquid two-phase flow meters and analyzes their characteristics and suitable scenarios. The paper subsequently delves into the applications of gas-liquid two-phase flow meters in industrial, research, and other fields. Finally, it discusses current innovative trends and expectations for future development.

**Keywords:** Gas-Liquid Two-Phase; Flow Meter; Principle; Application

### 引言:

气液两相流量仪表在许多工业和科研领域都有广泛的应用, 如化工、石油、环保等领域。它们能够准确地测量和控制气液两相流的流量, 对于保证生产过程的稳定运行和提高生产效率具有重要的意义。然而, 由于气液两相流的复杂性, 如何选择合适的流量仪表以及如何准确地测量和控制流量仍然是一个挑战。本文将详细介绍气液两相流量仪表的工作原理类型及其特性, 应用以及创新和未来发展以期对相关领域的研究和应用提供参考。

### 一、气液两相流量仪表的工作原理

#### 1. 基本工作原理

气液两相流量仪表是用于测量气体和液体同时存在的混合流体中的气体和液体的流量的设备, 其基本工作原理是根据混合流体的动力学特性和流体力学原理进行测量。在气液两相流体中, 气体和液体以不同的方式相互作用, 气体通常以气泡形式存在于液体中, 而液体以液滴或液膜的形式存在于气体中。仪表通过对气液两相

的运动特性进行分析和测量, 来确定气体和液体的流量。

一种常见的工作原理是利用声速差异来测量气液两相流量, 当气体和液体以不同速度通过管道时, 它们在流体中传播的声波速度也不同。通过在流体中发送声波信号并测量其传播时间, 可以计算出气体和液体的速度从而确定两相的流量。另一种常见的工作原理是利用压力差异来测量气液两相流量。在气液两相流体中气体和液体的密度和压力分布不同。通过在管道中设置压力传感器, 并测量气体和液体的压力差异可以推断出两相的流量<sup>[1]</sup>。

#### 2. 关键组件和其功能

流量传感器是气液两相流量仪表中至关重要的组件, 它们用于感知气液混合流体中的速度或压力差异, 并将这些物理量转换为相应的电信号。不同类型的流量传感器在气液两相流量测量中具有不同的工作原理和适用范围。

常见的流量传感器包括旋转式流量计、涡街流量计、超声波传感器和压力传感器等。旋转式流量计通过测量

旋转轴的转速或转角来确定流体速度, 并进一步计算出流量。涡街流量计则利用流体通过管道时产生的涡街效应, 通过测量涡街的频率或压力脉动来测量流体速度和流量。超声波传感器则利用声速差异来测量流体速度和流量, 通过发送超声波信号并测量其传播时间和接收到的回波强度。压力传感器则用于测量气液两相流体中的压力差异, 推断出流体速度和流量。其次信号处理单元是气液两相流量仪表中的另一个重要组成部分, 该单元接收流量传感器输出的电信号, 并进行一系列的处理和转换以获得准确的流量数据。

信号处理单元的功能包括: (1) 信号放大: 将传感器输出的微弱电信号放大到适当的范围, 以便后续处理和测量。(2) 滤波: 使用滤波技术去除电信号中的噪声和干扰, 提高测量的精确性和稳定性。(3) 线性化: 对传感器输出的非线性电信号进行线性化处理, 以便更准确地计算流量。(4) 数据处理和计算: 根据传感器类型和仪表的工作原理, 对信号进行适当的数据处理和计算, 从而得出气液两相的流量值。最后, 显示器或记录仪用于实时显示或记录经过处理的流量数据, 以供用户进行监测和分析。这些设备通常配备数字显示屏或图形界面, 可以直观地呈现气液两相流量的数值信息。

## 二、气液两相流量仪表的类型和特性

### 1. 常见的气液两相流量仪表类型

在气液两相流量测量领域存在多种类型的流量仪表可供选择, 每种类型都具有特定的工作原理和适用范围。其中, 旋转测量仪表是常见的一类, 它包括旋转式流量计和涡街流量计。旋转式流量计通过测量旋转轴的转速或转角来确定流体速度, 并进一步计算出流量, 这种仪表适用于较大流量范围和较高流速的气液两相流体测量。涡街流量计则利用流体通过管道时产生的涡街效应, 通过测量涡街的频率或压力脉动来测量流体速度和流量, 涡街流量计具有结构简单、可靠性高的特点, 适用于多种气液两相流体测量场景。声速测量仪表是另一类常见的类型, 它利用声波传播的特性来测量气液两相流体的速度和流量。超声波传感器是常用的声速测量仪表, 它通过发送超声波信号并测量其传播时间和接收到的回波强度来测量流体速度和流量。超声波传感器具有非侵入性、无泄漏和易于安装的优点, 适用于广泛的气液两相流体测量范围<sup>[2]</sup>。

### 2. 各类型仪表的特性和适用场景

不同类型的气液两相流量仪表具有各自独特的特性和适用场景, 下面将对其进行详细说明。

(1) 旋转测量仪表: 旋转测量仪表包括旋转式流量计和涡街流量计, 它们适用于不同的应用场景。

(2) 旋转式流量计: 旋转式流量计可用于较大流量范围和较高流速的气液两相流体测量。这种仪表具有结构简单、响应速度快、可靠性高的特点。常见的旋转式流量计包括涡轮流量计和涡街流量计。涡轮流量计利用流体通过涡轮叶片时的转速来测量流速。涡街流量计则基于流体通过管道时产生的涡街效应来测量流速。这两种仪表适用于液体中含有气泡或颗粒物的气液两相流体测量。

(3) 声速测量仪表: 声速测量仪表通过利用声波传播的特性来测量气液两相流体的速度和流量。超声波传感器是常用的声速测量仪表, 它通过发送超声波信号并测量其传播时间和接收到的回波强度来测量流速和流量。声速测量仪表具有非侵入性、无泄漏和易于安装的优点。由于其不受流体成分的影响, 超声波传感器可适用于多种气液两相流体的测量, 包括液体中含有气泡、颗粒物或高浓度悬浮物的情况。

(4) 压差测量仪表: 压差测量仪表利用气液两相流体中的压力差异来推断流体速度和流量。常见的压差测量仪表包括差压传感器和静压传感器, 差压传感器通过测量管道两侧的压力差异来推断流速和流量, 通常与孔板、喷嘴或管流元件等组合使用。静压传感器则测量管道某一侧的静压, 并结合流体密度的变化来计算流速和流量。压差测量仪表适用于较小流量范围和较低流速的气液两相流体测量<sup>[3]</sup>。

### 3. 选择仪表的关键因素

在选择适合的气液两相流量仪表时, 需要确定所需的流量范围。根据实际应用需求确定测量的最小和最大流量值。不同类型的仪表适用于不同的流量范围, 因此选择能够覆盖所需范围的仪表至关重要。还需确定测量精度, 根据应用的精度要求选择具有足够精度的仪表。不同类型的仪表具有不同的精度水平, 因此要确保所选仪表能够满足实际需求。再者, 流体性质也是选择仪表的重要考虑因素, 考虑气液两相流体的成分、温度、压力、含气率和粘度等特性。不同类型的仪表对流体性质的适应能力有所差异, 因此需要选择适合特定流体性质的仪表。最后环境条件也需要考虑在内, 考虑安装位置和环境条件, 如温度、压力、振动等, 选择能够适应所处环境条件的仪表, 以确保其能够稳定运行。

## 三、气液两相流量仪表的应用

### 1. 工业应用

在化工过程中涉及到气体和液体的输送和混合, 例

如气体吸收、液体喷淋和反应器控制等。气液两相流量仪表用于监测和控制气体和液体的流量,以确保生产过程的稳定性和产品质量的一致性。在石油和天然气开采、输送和加工过程中,需要准确测量气液两相流体的流量<sup>[4]</sup>。气液两相流量仪表用于监测气体和液体的产量、管道流量和压降等参数,以确保安全运营和优化生产效率。在火力发电和核能发电等领域,需要测量燃料和冷却介质的流量。气液两相流量仪表用于监测和控制燃料和冷却介质的流量,以确保发电过程的稳定性和效率。

## 2. 研究应用

在环境科学领域,研究人员关注大气和水体中的气液交换过程,如大气降水、河流流量和海洋表面的气泡运动等。气液两相流量仪表被广泛用于测量和分析这些过程中的气液交换速率和通量,从而帮助科学家更好地理解 and 预测自然环境的变化。在能源领域,研究人员关注能源转化和传输过程中的气液两相流动,如燃料电池中的气体和液体传输、石油储运管道中的多相流动等。气液两相流量仪表用于测量能源系统中的气体和液体流量,以评估系统性能并优化能源转化效率。在材料科学领域,研究人员研究液体中的气泡和颗粒物的行为,以及气液界面的相互作用。气液两相流量仪表被应用于测量和分析气体和液体相互作用的力学特性和传输行为,从而促进新材料的设计和制备。

## 3. 其他领域的应用

气液两相流量仪表在许多其他领域也有着广泛的应用,首先环境监测,气液两相流量仪表可用于监测大气和水体中的气体和液体的流量和通量。在大气环境中它们可以用于测量空气中的气体浓度、气体交换速率和大气颗粒物的沉降速率。在水环境中这些仪表可以用于监测水体中的气泡和悬浮颗粒物的运动和输送过程,帮助研究水体生态系统和水污染控制。其次在生物工程和生命科学领域,气液两相流量仪表用于测量和控制培养基中气体和液体的流量,以支持细胞培养和生物反应过程。这些仪表还可以用于研究微生物的生长和代谢过程,以及生物反应器中的气体传递和氧化还原反应。再次,在食品和饮料生产过程中,气液两相流量仪表用于测量和控制液体和气体的流量,以确保产品的一致性和质量。

例如,在饮料生产中,这些仪表可以用于测量碳酸饮料中二氧化碳的流量,以控制饮料的起泡程度和口感。

## 四、气液两相流量仪表的创新和未来发展

气液两相流量仪表领域正不断推进创新,以满足不断变化的需求,并迎接未来的挑战。随着传感器技术的进步,研究人员致力于开发更高灵敏度、更快响应速度和更广测量范围的传感器。新型传感器的研发将提高气液两相流量仪表的测量精度和稳定性。其次智能化和自动化技术的应用将推动仪表的发展,结合物联网、大数据分析和人工智能等技术,气液两相流量仪表将变得更加智能化和自动化。这将使得仪表具备远程监控、自适应控制和故障预警等功能,提高测量的效率和可靠性。

多参数测量的集成将成为未来的趋势,通过整合液体和气体流量测量以及其他相关参数的测量,如温度、压力和含气率等,可以提供更全面和准确的流体特性分析,为各行业的应用提供更多有价值的信息。研究人员还将关注气液两相流体流动的微观机制和相互作用,以更好地理解和模拟多相流动的行为。通过深入研究气泡、颗粒物和液滴等复杂流体结构的测量与建模,可以提高对多相流体行为的预测和控制。最后,环境友好型和可持续发展将成为未来仪表的重要方向。减少能源消耗、降低环境影响和采用可再生材料是气液两相流量仪表设计中的关键考虑因素。研究人员将致力于开发更环保和可持续的仪表解决方案,以适应低碳经济和可持续发展的要求<sup>[5]</sup>。

## 参考文献:

- [1]韩晨,张红欣,乔立亮等.叶轮转速对搅拌器内部气液两相流动特性的影响[J].科学技术创新,2023(15):26-30.
- [2]田梦林.气液两相流超声波流量测量技术研究[D].西安石油大学,2022.
- [3]赵俊雨.基于视觉传感器的气液两相泡状流实时测量系统研究[D].河北大学,2022.
- [4]郭伟.基于热扩散的气液两相流流量测量方法研究[D].北京科技大学,2021.
- [5]余闯.气液两相流热式传感器与电导传感器组合测量方法研究[D].天津大学,2021.