

# 基于超声气泡传感技术的气泄露在线监测智能阀门定位器

蹇开任, 钟盛辉, 刘小强, 范耀峰, 谭浩

(重庆川仪调节阀有限公司, 重庆 400707)

**摘要:** 提出了基于超声气泡传感技术的阀门填料函处 VOC 气体泄露在线监测方法。利用传感器识别 VOC 气体泄漏产生的气泡并输出低电平的原理, 设计了超声气泡传感器, 通过与智能阀门定位器集成, 对接收的低电平信号进行解析, 形成可量化、可识别的标准信息, 通过智能阀门定位器的显示模块进行显示和报警, 并利用通信功能把相关信息及时上传至控制系统, 以实现阀门填料函气泄漏的实时在线监测功能。

**关键词:** 超声气泡传感器;智能阀门定位器;在线监测

## Intelligent valve positioner for online monitoring of air leakage based on ultrasonic bubble sensing technology

Jian Kairen, Zhong Shenghui, Liu Xiaoqiang, Fan Yaofeng, Tan Hao

(Chongqing Chuanyi No.11 Factory Co., Ltd., Chongqing 400707)

**Abstract:** An online monitoring method of VOC gas leakage at valve stuffing box based on ultrasonic bubble sensing technology is proposed. Based on the principle that the sensor can identify the bubbles generated by VOC gas leakage and output low level signals, an ultrasonic bubble sensor is designed. By integration the ultrasonic bubble sensor with an intelligent valve positioner, the received low-level signals can be analyzed to form quantifiable and identifiable standard information, which can be displayed and alarmed through the display module of the intelligent valve positioner, and then relevant information would be uploaded to the control system through the communication function timely, so as to realise the real-time online monitoring function of the gas leakage of the valve stuffing box.

**Keywords:** Ultrasonic Bubble Sensor; Intelligent Valve Positioner; Online Monitoring

### 1 传感器设计背景和应用价值

中国作为全球制造业大国，全国 VOC 每年排放量高达 3000 多万吨，且排放量呈快速增长态势，其中，工业源是 VOC 的重点排放领域，其排放量占总排放量的 55%。而工业气体污染中阀门的泄漏占到 60%，其中绝大多数是阀门填料处的泄漏所造成的。

在石油化工行业、精细化工企业、军事领域等应用有控制阀的地方，因为缺少阀门填料泄漏的实时检测技术，所以饱受由泄露所造成的安全和环保问题的困扰。目前，专门对阀门填料气泄漏检测的仪器均为进口产品，且价格昂贵、检测复杂，不具备对普通控制阀填料气泄漏实时检测能力。由于每台气动控制阀均配有智能阀门定位器实现比例、精准控制，因此，把阀门填料气泄漏检测技术与智能阀门定位器集成，研制出阀门填料气泄漏检测功能的智能阀门定位器，可真正实现对填料气泄漏不间断的实时监测。

气泄漏在线监测智能阀门定位器是一款集成阀门智能控制功能和阀门填料处气泄漏检测、分析、报警功能为一体的产品。产品可适用于石油化工、精细化工和军事领域中除水蒸气外的各种气体检测工况，旨在确保阀门安全、稳定运行，最大程度降低阀门泄露监测成本，也填补了我国在阀门外泄露在线监测领域的一大技术空白。

## 2 创新点与优势

目前，国内外针对阀体泄露检测的方案有很多，但基本上都是针对整个阀门的，使用上不仅精度低，而且都有着极大的局限性，专门针对填料处泄露检测的还比较少。声发射检测可以在阀体使用中进行检测，但此方案成本高，不能实时监控。与之对比，超声气泡传感器检测技术优势明显。

产品将超声气泡传感器检测技术与智能阀门定位器控制、通讯、监控技术集成，通过阀门定位器对控制阀状态实时检测和数据收集，超声气泡传感器检测信息及时被采集和解析，实现控制阀对填料函处泄漏的在线监测和报警。

产品填补了国内阀门填料处泄漏检测的空白，该技术能实现在线实时检测，检测下限低，精确度高，成本低，同时，产品还具有体积小、防护性好，抗干扰性强等特点，可适用于石油化工、精细化工和军事领域中除水蒸气外的各种气体检测工况。

主要功能：

- 1) 实现在线实时检测
- 2) 泄漏检测下限低、精度高：可实现 0.1ml/min 的气体泄漏的检测，精度为±5%
- 3) 对气体无选择性：可实现各种气体介质（水蒸气除外）阀门的泄漏检测
- 4) 适合于高温和低温气体阀门的检测

- 5) 与智能阀门定位器控制功能集成
- 6) 安装简单，无需专门技能和工具

### 3 实现方案简介

#### 3.1 设计原理

超声气泡传感器原理:传感器左侧的超声波发射电路发射超声波信号，穿过中间离子液体管后，经右侧超声波接收电路接收。当离子液体管内无气泡时，超声波信号通过离子液体管，经接收电路接收并输出高电平；当离子液体管内存在气泡时，超声波信号经过气泡散射，经接收电路接收后输出低电平，实现气泡计数功能（图 1）。

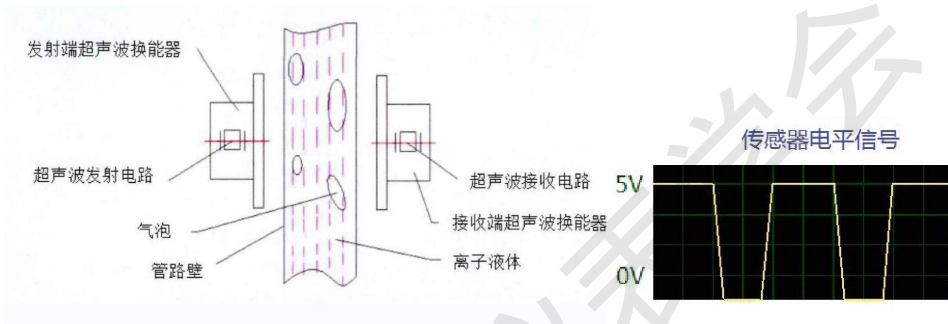


图 1 超声气泡传感器原理图

气泄漏在线监测智能阀门定位器原理：它采用两线制传输（即电源、4~20mA 模拟信号、双向数字通信信号同在两根线上传输），控制信号与反馈信号的比较是数字信号的比较。从控制室传来的 4-20mA 模拟控制信号经过 A/D 转换后进入微处理器，同时，阀位反馈杆将阀门开度信号通过位置传感器测量，并进行 A/D 转换后也送入微处理器，微处理器根据控制信号按照预先设定的性能特性关系进行计算，得出需要的阀门开度，并将其与阀位反馈杆反馈回来的实际开度值相比较，计算出偏差。如果偏差处于一定的误差范围内，则认为系统处于稳定状态，即阀杆已准确定位，此时 MCU 输出固定的逻辑控制电平，通过控制单元使得节气阀切断气源，阀杆位置固定。同时，智能阀门定位器采集超声气泡传感器信号，形成可量化、可识别的标准性息，通过智能阀门定位器的显示单元进行显示和报警，利用 HART 通信功能把相关信息及时上传至控制室（图 2）。

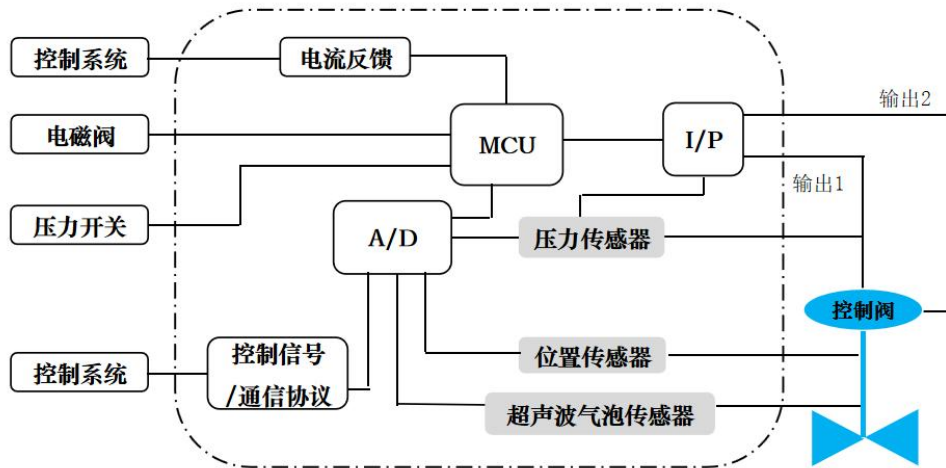


图2 定位器原理框图

### 3.2 设计方法

在阀门的阀盖处加工有泄漏气体收集结构，将泄漏的气体导入到液体管中（图3）。泄漏气体在液体中鼓泡，气泡上浮。液体管外壁安装有超声气泡传感器，当气泡经过传感器时，传感器识别气泡并输出低电平，实现气泡计数功能。通过有线通讯协议或者无线通讯协议，将信号传输到上位机。通过计量单位时间的气泡数量实现阀门外泄漏的实时检测，超声波气泡传感器技术信号发射电路发射超声波信号，通过无气泡离子液体管，经接收电路接收并输出高电平。

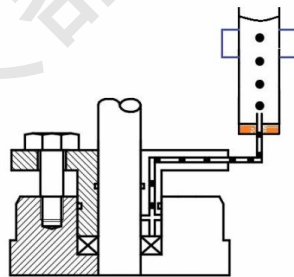


图3 泄露气体收集结构

在阀门的阀盖处加工有泄漏气体收集结构，将泄漏的气体导入到液体管中。泄漏气体在液体中鼓泡，气泡上浮。液体管外壁安装有超声气泡传感器，当气泡经过传感器时，传感器识别气泡并输出低电平，实现气泡计数功能。通过有线通讯协议或者无线通讯协议，将信号传输到上位机。阀门定位器控制单元对接收的标准信号进行解析，形成可量化、可识别的标准信息，通过智能阀门定位器的显示单元进行显示和报警，利用 HART 通信功能把相关信息及时上传至控制室。

对通信技术的数据链路层、应用层进行优化和测试，解决通信与中断请求等问题，实现

在线诊断信息的可靠、快速传输，提高产品抗瞬变群脉冲、射频、外磁场、静电的能力。

集成与试验主要针对泄漏、温度等传感器的集成应用，阀门极限工作位置的检测和传输，阀门始点、终点、始动量运行变化后的补偿，把以上参量，有效应用于整机的控制过程中。

### 3.3 实验验证过程

智能阀门定位器在进行流量测量前，需要通过气体质量流量控制器进行流量标定（图 4）



图 4 流量标定

在标定时，选择微流量、高精度的气体质量流量控制器作为流量标定依据，该设备采用先进传感器和温度补偿技术，因此产品精度可以达到设定值 1%以内，并且低温度系数可以保证产品适应不同的环境温度，通过流量控制器自带的上位机控制软件，可以快速、精准的控制回路中的气体流量。

为了保证智能阀门定位器泄漏值测量准确，采用两点标定，首先通过流量控制软件控制流量控制器产生一个较小流量，此时，观察记录智能阀门定位器上显示的流量数据，然后通过软件控制流量控制器产生一个较大流量，观察记录智能阀门定位器上显示的流量数据，将这两组数据通过通讯导入智能阀门定位器。

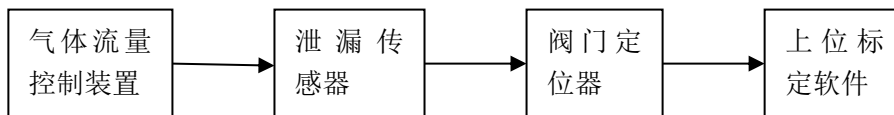
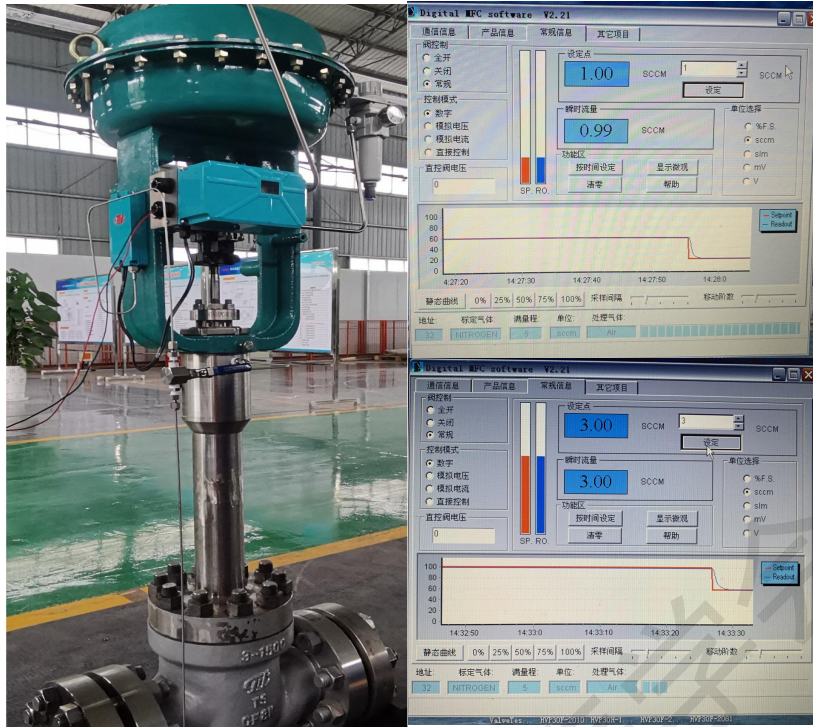


图 5 验证流程图

最后，通过控制软件依次设定流量控制器产生不同流量，检查智能阀门定位器测量的泄漏值与标准数据的误差是否在规定的范围以内。



## 4 总结

未来一段时间内，随着区域空气质量明显改善，污染防治攻坚战进入深水区，排放标准将更加严格，大气污染物减排空间也进一步收窄，治理难度越来越大。气泄漏在线监测智能阀门定位器将阀门填料气泄漏检测技术与智能阀门定位器控制技术集成，可实现除水蒸气以外的各种 VOC 气体介质泄露实时在线监测，以减少石油、化工、冶金、电力等领域 VOC 气体泄露造成环境污染的情况发生，为实现国家“碳达峰、碳中和”贡献一分绵薄之力。