

# Research on the Application of Ultrasonic Measurement Technology for Small Gas Users in the Low Pressure System of City Gas

Guozhang Wu Ji Yu

Zhuozhou Binhai Gas Co., Ltd., Zhuozhou, Hebei, 072750, China

## Abstract

In the process of natural gas supply and sales, accurate measurement is related to the trade settlement of both sides, and is a pivotal key link. With the popularization of natural gas as clean energy in recent years, trade disputes or gas supply accidents caused by metering disputes are increasing year by year. In order to improve the measurement management and avoid or effectively solve the measurement disputes through technical progress, many kinds of technical means have been introduced in recent years, such as volume measurement, flow rate measurement, echo measurement, etc., which are embodied in orifice plate measurement, turbine vortex street measurement, film measurement, ultrasonic measurement, etc., but there are some problems and limitations. This research mainly aims at the complexity and diversity of the existing gas environment of low-pressure users, puts forward effective technical means and feasible ultrasonic measurement scheme, uses ultrasonic flowmeter to improve the equipment measurement and correction function for different environmental conditions and standard conditions parameters, so as to achieve low-pressure accurate measurement. While improving the accuracy of measurement equipment, it also takes into account the safety of gas supply convenient maintenance and cost control, to achieve cost-effective technology applications.

## Keywords

natural gas; gas environment; accuracy; safety; ultrasonic

# 城市燃气的低压系统中对小气量用户使用超声波计量的技术应用研究

吴国章 于际

涿州滨海燃气有限公司, 中国·河北涿州 072750

## 摘要

在天然气的供应和销售过程中, 精准计量关系到双方的贸易结算, 是举足轻重的关键环节。随着近年来天然气作为清洁能源的普及推广, 因计量纠纷导致的贸易纠纷或供气事故呈逐年上升趋势。为完善计量管理, 通过技术进步避免或有效解决计量纠纷, 近年来引入了很多种技术手段, 如体积计量、流量流速计量、回声计量等, 具体表现为孔板计量、涡轮涡街计量、皮膜计量、超声计量等, 但均存在一定问题和局限性。本次研究主要针对低压用户现有用气环境的复杂性和多样性, 提出有效技术手段和切实可行的超声波计量方案, 采用超声波流量计对不同环境工况和标况参数, 完善设备计量、修正功能以达到低压精准计量, 在提高计量设备精准度的同时, 兼顾安全供气、维修便捷和成本控制, 实现高性价比的技术应用。

## 关键词

天然气; 用气环境; 精度; 安全; 超声波

## 1 引言

随着天然气的普及推广, 农村采暖和非居小气量用户越来越多, 安装和使用环境也呈现出多样性和复杂性, 现有燃气低压贸易计量的安装要求、计量精准度不能够满足部分用

户的需求, 需要改进。

## 2 现有低压计量设备类型分析

目前被广泛使用的流量计是: 气体涡轮流量计、气体罗茨流量计、皮膜流量计, 存在如下问题: ①涡轮流量计适用于大气量用户, 使用中对叶轮的轴承的要求很高, 安装过程中对计量前的直管段和水平度均有要求, 量程比窄, 容易受

【作者简介】吴国章(1964-), 男, 中国天津人, 助理工程师, 从事仪器仪表计量研究。

电磁干扰,在有气高峰和低谷的用户使用中会出现计量偏差,产生争议。②罗茨流量计使用中对其质的要求较高,灰尘和杂质均会影响计量,日常使用需要加注润滑油确保流量计的自洁,对温度、压力等物理参数敏感,大管径的罗茨表检定、校验较困难,且不能解体保养,不宜在大用户或不能停气的用户使用。③皮膜流量计适用于小用户和低压,使用中内部元件(橡胶皮膜)容易老化,不能适应温压变化大的用气场所,体积较大,安装不便。④超声波用于高中压的大计量较多,检定检测较复杂,使用中对其质要求较高,对应用场所的电磁干扰有限制要求,目前在低压用户气量计量中缺少应用数据分析。

综上,分析用气环境对计量准确性的干扰源影响并提出解决办法,科学选型是对复杂用气环境下准确计量的新课题<sup>[1]</sup>。

### 3 低压端测试的项目说明

为适应城镇燃气用户的用气环境的复杂性和多样性,规避不同类型的流量计的安装和使用限制,减少计量故障和争议、提高计量精度、降低维修养护成本,实现测量精度高、维护费用低、运行稳定的目的,模拟用户低压用气环境,引入小型超声波计量,对比不同流量计在低压端的计量数据,通过测试不同环境中的工况和标况的各项参数变化,分析并研究误差,完善设备的计量、修正功能,实现参数改进、推广应用的效果<sup>[2,3]</sup>。

### 4 实验数据

① 2.8m<sup>3</sup>/h 灶具满负荷 24 小时温度试验:使用独立测量方式调节温度测量表具在不同温度下的精准度。为家用灶满负荷温度试验见表 1,家用灶满负荷温度试验折线图见图 1。

表 1 为家用灶满负荷温度试验

0.76m <sup>3</sup> /h 家用灶满负荷 24 小时试验				
项目	超声波流量计	皮膜表	罗茨流量计	涡轮流量计
20℃	18.24	18.24	18.24	18.24
10℃	18.08	17.93	18.07	18.1
-5℃	18.00	17.79	18.00	17.92

② 8m<sup>3</sup>/h 双眼大灶两台满负荷 24 小时噪音试验:采用串联方式,测量不同分贝对计量设备的影响。

两台双眼大灶 24 小时满负荷噪音试验见表 2,两台双眼大灶 24 小时满负荷噪音试验折线图见图 2。

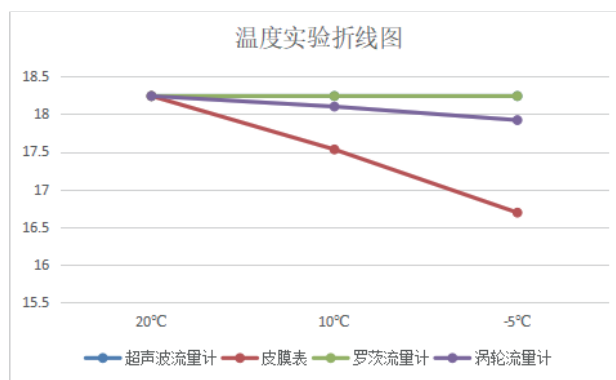


图 1 家用灶满负荷温度试验折线图

表 2 两台双眼大灶 24 小时满负荷噪音试验

2 台双眼大灶 24 小时满负荷实验				
	超声波流量计	皮膜表	罗茨流量计	涡轮流量计
40dB	384.42	385.57	385.81	385.34
60dB	384.81	385.61	385.34	385.42
80dB	384.08	385.92	385.61	385.27
120dB	384.58	385.46	385.57	384.96

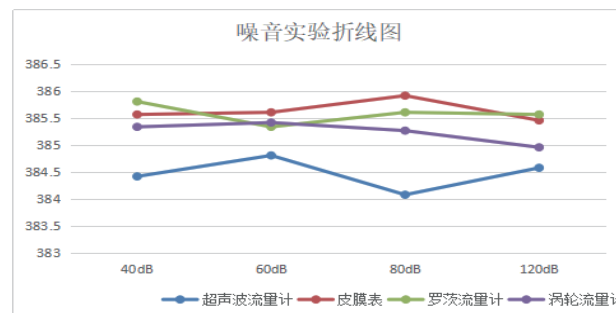


图 2 两台双眼大灶 24 小时满负荷噪音试验折线图

③ 5m<sup>3</sup>/h 单眼大灶一台满负荷 24 小时压力试验:采用串联方式,测量不同压力对计量设备的影响。一台单眼大灶 24 小时满负荷压力试验见表 3,一台单眼大灶 24 小时满负荷压力试验见图 3。

表 3 一台单眼大灶 24 小时满负荷压力试验

一台单眼大灶 24 小时满负荷压力试验				
	超声波流量计	皮膜表	罗茨流量计	涡轮流量计
2kpa	120.25	120.41	120.18	120.31
4kpa	120.31	120.4	120.41	120.43
6kpa	120.26	120.38	120.35	120.25
8kpa	120.33	120.29	120.32	120.38

2.8kw168 小时空间(80m<sup>2</sup>)磁干扰试验,壁挂炉出口温度恒定 50℃:使用独立测量方式对表具进行噪音测试(日均用气量 12m<sup>3</sup>)。

2.8kw 壁挂炉 168 小时满负荷电磁干扰实验见表 4,2.8kw 壁挂炉 168 小时满负荷磁干扰试验折线图见图 4。

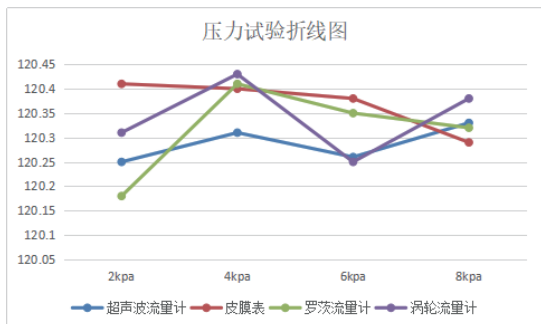


图3 一台单眼大灶 24小时满负荷压力试验

表4 2.8kw 壁挂炉 168小时满负荷电磁干扰实验

2.8kw、80m <sup>2</sup> 、168小时壁挂炉出水恒定50℃				
	超声波流量计	皮膜表	罗茨流量计	涡轮流量计
50kHz	84	84	84	84
150kHz	84.03	84	84.25	84
500kHz	84.08	84	84.29	84
1MHz	84.14	84	84.35	84
50MHz	84.19	84	84.4	84

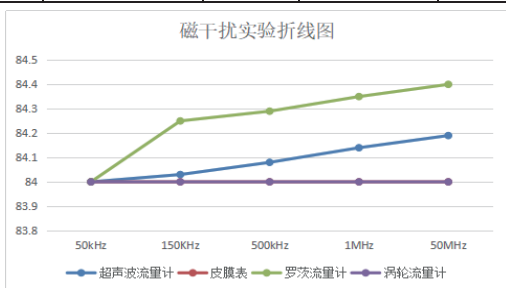


图4 2.8kw 壁挂炉 168小时满负荷磁干扰试验折线图

实验方式：将超声波流量计与燃气表、流量计串联连接，改变噪音、温度、压力、电磁干扰因素，记录不同条件下参数进行统计、分析。

第一步：用气环境噪音、管道压力电磁干扰为固定量，改变用气环境温度 -5℃、10℃、20℃，根据实验数据可得出皮膜表及涡轮流量计受温度影响导致表具计量出现误差。

第二步：用气环境温度、管道压力、电磁干扰为固定量，改变噪音 40dB、60dB、80dB、120dB，根据实验数据可得出四种流量计未受到噪音影响，计量数值符合国家标准。

第三步：用气环境温度、噪音、电磁干扰为固定量，改变管道内压力 2kPa、4kPa、6kPa、8kPa、10kPa，根据实验数据可得出四种流量计均受压力影响导致计量出现误差，但超声波流量计较为稳定误差在 0.275% 以内。

第四步：用气环境温度、噪音、压力为固定量，增加电磁干扰 50kHz、150kHz、500kHz、1MHz、50MHz，根据实验数据可得出超声波流量计及涡轮流量计因数据传输收到电磁干扰影响导致计量出现误差。实验现场如图 5、图 6 所示。



图5 实验现场（一）

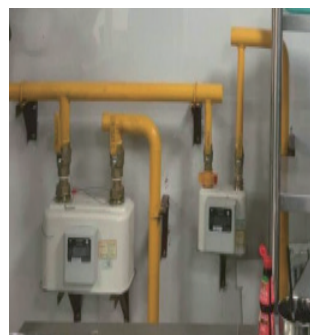


图6 实验现场（二）

## 5 实验数据整理分析

温度实验数据分析见图 7，噪音实验数据分析见图 8。

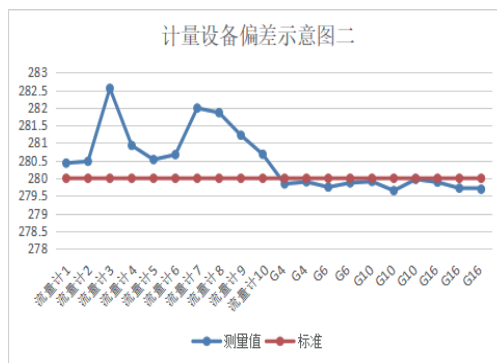


图7 温度实验数据分析图

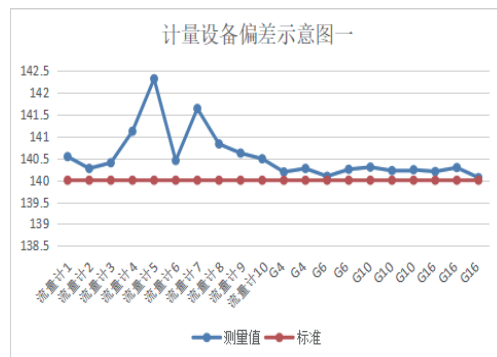


图8 噪音实验数据分析图

管道压力实验数据分析见图9,电磁干扰实验数据分析见图10。

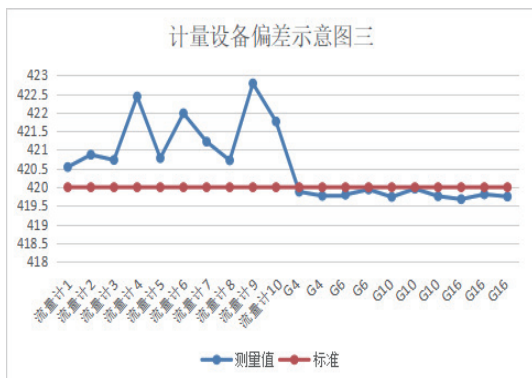


图9 管道压力实验数据分析图

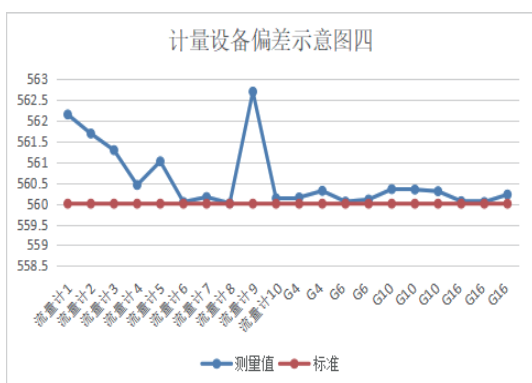


图10 电磁干扰实验数据分析图

经过实验数据整理、分析,超声波流量计计量误差在0.3%以内,计量误差低于其他类型计量设备。

## 6 实际项目成果

根据超声波时差法测量原理,对影响计量的温度、压力、噪音进行试验对比现有计量设备,超声波流量计计量精准度高于现有计量设备,且超声波流量计易安装,保养维护费用低。超声波流量计采用时差式测量原理见图11。

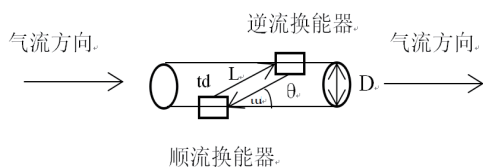


图11 超声波流量计采用时差式测量原理

其中,  $t_d$  为顺流速度;  $t_u$  为逆流速度;  $L$  为顺流换能器到逆流换能器之间的距离,超声波传播方向与气体流动方向夹角为  $\theta$ ,管线的内直径为  $D$ ,由于流体流动的原因超声波

顺流传播所用时间比逆流所需时间短,其时间差计算公式为:

$$T_d=L/c+V\cos\theta, t_u=L/c-V\cos\theta$$

$$\Delta t=t_u-t_d=L/c-V\cos\theta-L/c+V\cos\theta$$

$$=L \times 2V\cos\theta / C^2 - V^2\cos^2\theta$$

$$=2VL\cos\theta / C^2 - V^2\cos^2\theta$$

$$=2VX/C^2 / 1 - (V/C)^2\cos^2\theta$$

式中,  $X$  是两个换能器在管线方向上的间距。为了简化,我们假设,流体的流速和超声波在介质中的速度相比是个小量。即:

$$V \approx C \quad (V/C)^2 \approx 0 < 1$$

$$\Delta t \approx 2VX/C^2$$

$$V = C^2 \Delta t / 2X$$

由此可见,流体的流速与超声波顺流和逆流传播的时间差成正比。流量  $Q$  可以表示为:

$$Q = \pi D^2 / 4 \int v dt$$

比对不同工况环境下的流量值,研究复杂用气环境下影响计量的因子,筛查、分析压力、温度、噪音、压力对计量准确性的影响,比对流量计数据,分析不同选型的计量误差因素。

## 7 结语

近两年,随着气代煤项目的开展,天然气的使用率明显提高,对于计量设备的要求也越来越严格。超声波流量计虽受电磁干扰、气体气质影响,但电磁干扰可通过接地、防磁反射镀膜有效降低磁干扰,气体气质可通过加装两处过滤器(调压器一处、计量设备前一处)定期排污,可有效解决气体气质问题。超声波流量计体积小,便于安装和检查,且不受管径影响,计量准确,有效解决了受限空间内因温度、压力计量错误而产生的争议。

## 参考文献

[1] 蔡树荣. 超声波燃气表技术特性研究与分析 [J]. 计量与测试技术, 2019, 46(6): 30-32.  
 [2] 王秀桥, 黎红军, 赵晓军, 等. 智能超声波燃气表的技术研究 [J]. 煤气与热力, 2017, 37(8): 68-70.  
 [3] 杨国纲. 对超声波燃气表在家用燃气计量领域的适应性分析 [J]. 科学与财富, 2019(17): 258.