

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2016.07.005

超声波流量计在天然气计量上的探索与应用

□ 上海金山天然气有限公司(200540) 孔令云

摘 要: 计量差管理是燃气企业一项重要工作。本文首先介绍了超声波流量计的计量原理、测量范围以及安装要求等,并与涡轮流量计作对比。在此基础上,结合我公司对公共卫生临床中心的试点实例,探索了使用超声波流量计开展燃气计量的效果,并得出相应结论。

关键词: 天然气 超声波流量计 流速 计量

The Exploration and Application of Ultrasonic Flowmeter in the Metering of Natural Gas

Kong Lingyun Shanghai Jinshan Natural Gas Co.,Ltd

Abstract: Management of metering error is an important work of natural gas enterprise. In this paper the measuring principle, measuring range and installation requirements of ultrasonic flowmeter was introduced firstly, and compared with the turbine flowmeter. So the advantages of ultrasonic flowmeter was illustrated. According to our company pilot example of Shanghai public health clinical center, the use of ultrasonic flowmeter in gas metering was explored successfully. The practice has shown that using ultrasonic flowmeter in gas metering can result in significant economic benefits, also the target of drop and efficiency in gas metering can be realized.

Keywords: natural gas ultrasonic flowmeter velocity gas metering

1 实施背景

天然气计量是其使用过程中的一个重要环节,流量计量是天然气供需双方贸易结算时的一个非常重要的依据,同时也是天然气生产方的一个关键的技术和产能指标。流量计量在企业生产和经营管理的过程中,是一项关键的技术性工作。准确的天然气计量结果,能够保证贸易结算的公平性,并且在一定程度上能够改进天然气生产工艺,降低生产成本,确保天然

气的安全生产,提高社会效益和经济效益。然而天然气行业中却一直存在着计量差现象,计量差问题已经成为制约行业发展的重要因素。我公司近几年来逐步加大计量增效力度,例如实施门站一级和二级计量管理、户内无线远程计量、大用户流量计实施SCADA管理等。通过采取上述的计量改进措施,为公司创造了经济效益,改善了公司的经营业绩。但是从管理实践中发现,仅采取上述的措施还远不够。为深化改进燃气计量差管理工作,我们在各管网进行等级计量的前提

下,采用超声波计量表对各区域开展计量试验,缩小计量数据误差,从而实现燃气计量的降差、增效目标。

2 不同流量计的对比

目前天然气管网上使用的大流量计以涡轮流量计为主,为了测试超声波流量计与涡轮流量计各自的性能,我们从测量原理、测量范围等方面进行了对比分析。

2.1 计量原理

涡轮流量计是一种速度式流量仪表,测量本体是涡轮流量传感器,主要由叶轮和磁感应线圈组成,叶轮轴心与管道中心相同,可以自由转动,其叶片与气体流动方向成一定角度。在流体冲击下,涡轮沿管道轴向旋转,其旋转速率随流量变化而不同,流速越高,动能越大,涡轮的转速也越高。涡轮的转速经电磁感应转换器转换为相应的频率电脉冲,通过显示仪表进行积算和显示,如图1所示^[1]。

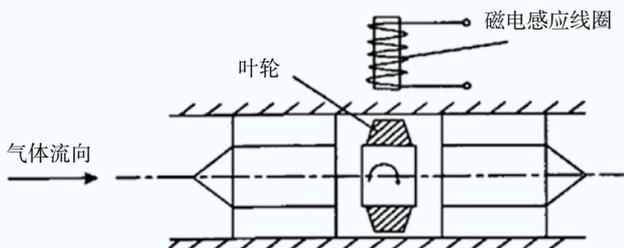


图1 涡轮流量计工作原理示意图

超声波流量计采用时差法进行流量测量^[2],工作原理如图2所示。利用两个相向的传感器,收发超声波,每一个传感器都具有信号发射以及信号接受功能,超声波脉冲能量在管壁、流体中,以一定的角度在两个传感器之间相互传播;流体流速会在一定程度上影响到超声波脉冲在两个传感器之间的传播,从上游传感器向下游传感器,声速度和流体速度混合而变快,从下游传感器到上游传感器,声速度中抵消了流体速度而变慢,造成上游和下游传播时间的净时间差和流速成正比例。由于时差法测量系统不存在内在惯性,所以时差法流量计有很强的灵敏性,同样适用于低流速和低流量。

2.2 测量范围

涡轮流量计的测量范围是 $20\text{m}^3/\text{h}\sim 400\text{m}^3/\text{h}$ 。

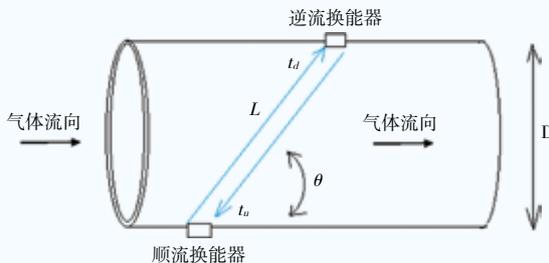


图2 超声波流量计工作原理示意图

超声波流量计的测量范围为 $2\text{m}^3/\text{h}\sim 300\text{m}^3/\text{h}$ （始动流量 $0.7\text{m}^3/\text{h}$ ）。

2.3 安装要求及维护

涡轮流量计对管输天然气的流态非常敏感,而流量计入口前端的阻流设备(分离除尘、管道弯头、旋风分离器和过滤器等)可能使流态改变而影响转子的旋转。为此,一般推荐在涡轮流量计入口和出口端各加接一直管段,其入口端长度不小于10倍管段内径,出口端长度不小于5倍管段内径。若安装空间不能满足上述要求时,可在阻流设备与涡轮流量计之间安装整流器。另外,变送器电源线需采用金属屏蔽线,且接地良好可靠。涡轮流量计的测量元件是转动的叶轮,并使用了轴承,在使用过程中还应勤于加油,定期维护。

超声波流量计的安装要求如下^[3]:

(1) 超声波流量计传感单元安装时需管道停运状态完成,一般设计为两路支线分别切换进行安装;

(2) 测量仪表的传感单元尺寸必须与管输内外径相一,其误差应控制在 $\pm 1\%$ 以内,以免安装产生偏差;

(3) 为了能够有效避免换能器声波表面受颗粒或空气干扰,超声波流量计传感单元最好选在与水平方向 45° 的范围内安装,尽量避免干扰。此外,在天然气含液较多的场合,气体超声波流量计及其计量管段的安装位置不应低于其上下游管道,使得天然气中凝析出来的液体能够随气流被带走,不在气体超声波流量计处堆积,造成计量故障;

(4) 上下游应保证有必要的直管段,上游直管段最少 $10D$,下游直管段至少为 $5D$;

(5) 超声波流量计安装需要前后避开阻力构件如(弯头、阀门、变径处),如在垂直管道安装,其换能器的安装位需在上游弯管的弯轴平面内,以获得弯管流场畸变后较接近的平均值;

(6) 换能器安装处和管道壁反射处必须避开接口和焊缝;

(7) 换能器安装处的管道衬里和垢层不能太厚,衬里和管壁间不能有间隙,同时内壁做好清锈工作;

(8) 换能器工作面与管输器壁间应选用合适的耦合剂,保证连接面无杂质颗粒或空气存在,避免超声波传输过程中引入不同传播媒介而产生的误差。

在维护方面,由于超声波流量计结构简单,无可动部件,日常维护量几乎为零,从而提高了产品耐用性,降低了人工成本。

表1为超声波流量计和涡轮流量计性能综合对比。

3 应用实例

为探索超声波流量计在实际应用过程中的可靠性和先进性,公司于2013年3月对公共卫生中心调压器(PRS-300-1SB-2/3)实施区域计量改造。公共卫生临床中心的天然气使用地点较为分散,从总表房延伸出的各分支管道,在每个用气点都有分表计量。例如食堂、煎药房、手术室等均采用G2.5的皮膜表计量,另有焚烧炉间采用G40腰轮表计量。

本次试点过程中,用1台超声波流量计取代现有管道上的14台计量分表(12台膜式燃气表、2台腰轮

表)。同时在该超声波流量计后串联一台涡轮流量计,进行超声波流量计和涡轮表计量对比分析。该试验点如图3所示:

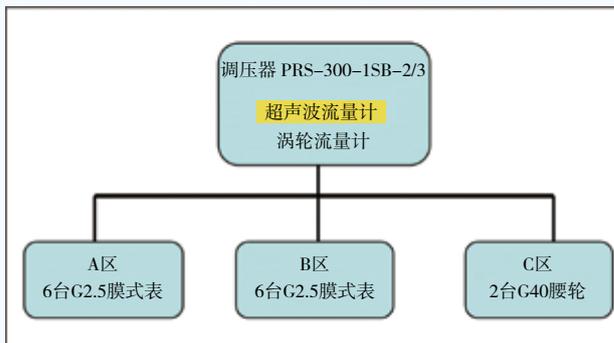


图3 公共卫生临床中心试点前燃气表使用分布简图

在调压器出口配置1台精度等级为1.0级的智能一体型超声波流量计,作为区域计量总表。

为了取得最佳的测试效果,本项目采取了整体设计组装施工,尽量降低由于安装不当而产生的相对误差。

根据现场调压设备的使用情况,在进气口阀门后加装了整流器,超声波流量计前直管段 $>3D$,后直管段 $>2D$,超过安装整流器必须的直管段距离100%,确保天然气流场充分、流速平均。

表1 超声波流量计和涡轮流量计对比(同为80口径时)

内容	涡轮流量计	超声波流量计	比较结果
工作原理	速度式	速度式	同
量程比	1:30	1:400	优
最小始动流量	16m ³ /h	0.7m ³ /h	优
实验室精确度	±1.0%~1.5%	±1.0%~1.5%	同
重复性	好	好	同
压损	较小	无	良
温压补偿	一体式	一体式	同
测双向流	不能	可以	优
维护量	定期维护	无需定期维护	优
机械磨损	有	无	优
超量程运行	长时间运行零件损坏	可以	良
直管段要求	前3D后2D	前10D,后5D	同
		(加整流器)前3D后2D	

4 实施成效

4.1 计量管理成效

分析2013年5月10日的数据记录可知：当压力值在102.2kPa~103.1kPa之间，温度值在16℃~21.3℃之间。超声波的瞬时流量显示值和涡轮表修正仪的瞬时流量显示值相差在1.2%左右，对比各自的累计流量数据，却发现数据累计差值较大。见表2。

从试验数据中观察到，当瞬时流量达到20m³/h以上时，两个流量计的显示值相差并不大。但在整点分段进行累计流量对比时，它们之间的输差平均在5%左右。此测试是作为区域总表方式与涡轮流量计进行的对比测试，后面有多个用气点，用气波动大，出现累计流量误差大的原因，主要是天然气流量较小时涡轮流量计无法计量。表2的数据记录反映：17:00~17:30这个时间段医院的用气量最小，超声波流量计显示用气量为0.8m³，而涡轮流量计没有任何计量，显然属于漏计状态。

表2 2013年5月10日超声波流量计和涡轮流量计流量数据对比

时段	超声波流量计显示用气量 (m ³)	涡轮流量计显示用气量 (m ³)	差值 (m ³)	输差
10:00-11:00	87.4	83.0	4.4	5.0%
11:00-12:00	54.5	52.0	2.5	4.6%
12:00-13:00	26.3	25.1	1.2	4.6%
13:00-14:00	62.1	58.9	3.2	5.2%
14:00-15:00	71.6	67.7	3.9	5.4%
15:00-16:00	42.3	40.3	2.0	4.7%
17:00-17:30	0.8	0.0	0.8	100.0%
合计	352.2	334.2	18	5.1%

4.2 直接经济成效

探索超声波流量计在燃气计量上降差、增效的新途径，此举措不仅在计量表的选型及日常维护上有优势，而且此次试点结果表明已取得了显著的经济效益，计量情况如表3和图4所示。

表3 公共卫生临床中心区域计量报表

		2013年	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	累计
用气量	超声波流量计计量量 (m ³)	136 493	13 997	12 263	10 704	12 360	11 681	9 773	12 043	10 403	11 653	9 743	251 113
	涡轮流量计计量量 (m ³)	130 669	13 367	11 754	10 113	11 666	11 153	9 337	11 498	10 066	11 293	9 488	240 404
	区域分表合计用气量 (m ³)	128 222	13 035	11 348	9 748	11 365	10 967	9 196	11 317	9 828	10 932	9 065	235 023
超声波与涡轮对比	超声波与涡轮计量差量 (m ³)	5 824	630	509	591	694	528	436	545	337	360	255	10 709
	超声波与涡轮计量差率 (%)	4.27%	4.50%	4.15%	5.52%	5.61%	4.52%	4.46%	4.53%	3.24%	3.09%	2.62%	4.26%
	超声波与涡轮计量差金额 (元)	21 805	2 633	2 128	2 470	2 693	2 049	1 692	2 115	1 308	1 397	1 040	41 329
超声波与区域分表对比	超声波与区域分表合计计量差量 (m ³)	8 271	962	915	956	995	714	577	726	575	721	678	16 090
	超声波与区域分表合计计量差率 (%)	6.06%	6.87%	7.46%	8.93%	8.05%	6.11%	5.90%	6.03%	5.53%	6.19%	6.96%	6.41%
	超声波与区域分表合计计量差金额 (元)	30 938	4 021	3 825	3 996	3 861	2 770	2 239	2 817	2 231	2 797	2 766	62 261
涡轮表与区域分表对比	涡轮表与区域分表合计计量差量 (m ³)	2 447	332	406	365	301	186	141	181	238	361	423	5 381
	涡轮表与区域分表合计计量差率 (%)	1.87%	2.48%	3.45%	3.61%	2.58%	1.67%	1.51%	1.57%	2.36%	3.20%	4.46%	2.24
	涡轮表与区域分表合计计量差金额	9 131	1 388	1 697	1 526	1 258	777	589	702	923	1 401	1 726	21 119

注：公共卫生中心结算单价：4月~11月 3.88元/m³；12月~3月 4.18元/m³；
2014年10月调价为：4月~11月 4.08元/m³；12月~3月 4.38元/m³

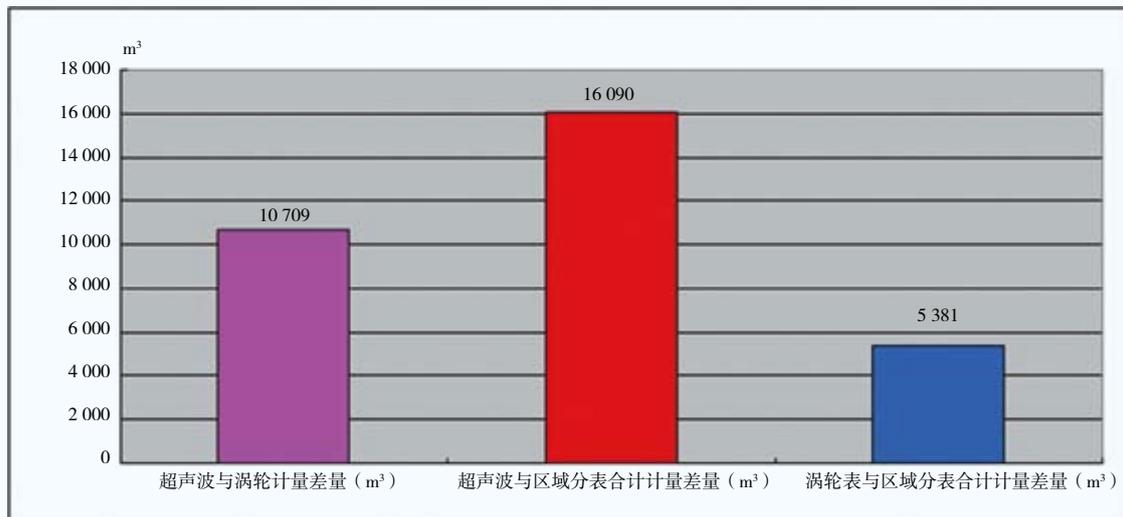


图4 公共卫生临床中心流量计量累差统计对比

表3反映出超声波流量计在燃气计量上,产生以下两个显著的效益。

(1) 超声波计量数据作为贸易结算直接增加的效益情况:

截止2014年10月采用超声波流量计作为公共卫生中心区域计量,直接减少差量1.61万m³,平均减少差量805m³/月,直接收益金额累计为6.22万元,平均增加3千元/月。

(2) 超声波流量计与涡轮表流量计在计量上增加的效益情况:

从表3同时可以看出超声波流量计与涡轮表数据上的优势,截止2014年10月,超声波流量计比涡轮表减少差量1.07万m³,增加收益金额为4.13万元。

5 结论

通过探索使用超声波流量计开展燃气计量,寻求燃气计量管理降差和增效新途径,实践表明:

(1) 在满足前后直管段条件下,单声道超声波流量计的性能得以体现,尤其在小流量计量方面比涡轮流量计有明显优势。并且随着时间的推移,涡轮、腰轮流量计的计量精度一定会随之下降,而超声波流量计在精度稳定性方面可以保持长期不变。超声波流量计有助于提高天然气计量水平,且在燃气计量上可产生显著的经济效益。

(2) 超声波流量计流量范围广,无论是新装用

户或是旧表改造,都可以灵活的用小口径超声波流量计来替代大口径皮膜表和涡轮流量计,比如DN50超声波流量计就可以达到DN80涡轮流量计的量程范围。相对在管道选配,阀门及其他零配件的选择上可以降低成本,同时因其结构简单,无可动部件,在后期使用中能做到基本免维护,省心省力。

(3) 超声波流量计因其有超大量程比,如果用作居民小区总表配合目前成熟的物联网数据远传技术,可以实现整个城区输差的实时动态显示。如果用作商业圈区域计量,可以进一步提高区域燃气计量差,实时了解整个城市的输差、以及用气高峰等数据,这为燃气公司管网运营调度管理、计量输差查找、管道泄漏安全等方面,提供实时的数据支撑,进一步解决现阶段无法实现的城市管网实时动态输差管理、管道破裂预知、调峰用气等难题。

参考文献

- 肖伟生,林敏,刘骁.天然气涡轮流量计的应用与故障分析.油气储运[J].2011;30(7):536~538
- 冯伟龄.浅谈气体超声波流量计在天然气流量计计量中的应用.实用科技[J].162~163
- 罗勇,薛海波,方利结等.超声波流量计在天然气长输管道上的应用研究.中国化工贸易[J].2014;6(26):176~178