

城市天然气计量仪表选型及技术现状

□ 天信仪表集团有限公司 (325800) 叶朋 陶朝建 潘友芝 董文润 王荣晓 孙治鹏

摘 要: 随着天然气在城市应用的迅猛发展,作为贸易计量的流量计,因涉及供需双方的贸易公平及其经济利益,所以了解各种流量计的性能特点,做到科学选型与使用,加强管理是保证贸易公平避免纠纷的关键。本文通过介绍目前主要天然气计量仪表的优点和局限性,结合国家和行业的有关标准,提出了仪表选型的建议,并对一些新技术流量计和传统流量计的技术发展提出一些看法,以供参考。

关键词: 天然气计量 气体涡轮流量计 气体腰轮(罗茨)流量计 气体超声流量计 气体热式质量流量计 热式涡街气体流量计

1 前言

天然气作为重要的洁净能源,近几年在城市中的应用迅猛发展。同时天然气作为一种商品,贸易计量的公平与否直接影响到供需双方的经济利益。燃气企业希望能采用可全量程实现计量的理想流量计以降低输差的想法可以理解,但可能会因对仪表工作原理和特点缺乏了解,选型不科学,从而可能引起贸易纠纷,或者出现大批仪表因选型错误需要淘汰改造的局面。因此,如何正确了解各种流量计的性能特点,做到科学选型,合理使用,强化管理,是燃气企业计量工作的关键。

目前,我国天然气贸易计量是在法定要求的质量指标下以体积或能量的方法进行交接计量,因受技术发展的限制,目前还是以体积计量为主。但是,实现能量计量,进一步提升天然气贸易的公平合理将是天然气计量技术发展的方向。

2 几种常用流量计的特点

每种气体流量计,因其工作原理和结构的不同,

均有它的优点和局限性,随着科学技术的发展,尤其是电子技术、传感器技术和信息技术的飞跃发展,多种流量计的性能已今非昔比,但目前尚没有可适用于全部使用场合的理想流量计。

2.1 孔板流量计

自1903年美国开始孔板流量计测量天然气流量试验至今,试验数据、试验内容涉及制造、安装和使用各方面。自美国煤气协会(AGA)在1930年出版了AGA No.1报告《孔板流量计计量天然气及其它烃类气体》以来,陆续出版了几份报告,世界各国也相应进行大量的实验并掌握大量数据。因此,它的技术标准成熟,应用数据充足。

孔板流量计主要特点是:检测件标准化,易于准确复制;结构简单牢固,性能稳定可靠;使用期限长;价格低廉;无须实流校验即可投用;测量重复性、准确度在流量计中属中等水平。

孔板流量计的主要局限性:量程比窄,一般低于1:10;测量准确度不高;现场安装要求高,需较长的前后直管段;导压管易发生故障,安装维护麻烦;开孔孔口易钝化,使测量准确度下降;压损大,导致能源浪费。

2.2 气体涡轮流量计

涡轮流量计作为通用型流量计,发展历史超过半个世纪,在天然气领域为法定的计量器具,具有完备的标准法规,如1981年美国AGA No.7报告《用涡轮流量计测量燃气》、1993年ISO 9951《封闭管道气体流量测量 涡轮流量计》、1998年欧盟标准PrEN 12261《气体涡轮流量计》等。

涡轮流量计的主要特点是:准确度高,准确度一般为1.0级、0.5级,最高可达0.2级;重复性好,一般为0.1%~0.2%;范围度宽,中大口径一般为1:20及以上,小口径一般1:10;压力损失小,常压下一一般为(0.1~2.5)kPa;结构紧凑,体积轻巧,安装使用比较方便,流通能力大。

涡轮流量计主要局限性:要长期保持校准特性,需要定期校准;需要定期加油;特性易受密度影响,与温度、压力关系密切;受流场分布影响较大,需要直管段;不适合于存在较强脉动流的场合,也不适于混相流的测量;对介质洁净度有要求,需按要求在上游安装过滤器。

2.3 气体腰轮(罗茨)流量计

气体腰轮流量计是一种典型的应用广泛的容积式流量计,在天然气贸易计量应用历史超过半世纪,在欧美国家仅次于孔板流量计、涡轮流量计,具有完备的标准法规。

气体腰轮流量计的主要特点:长期测量准确度高,小口径腰轮流量计可替代商用膜式流量计;流量计特性不受流动状态的影响,也不受雷诺数大小的限制;安装要求低,上下游不需安装直管段;测量范围度宽:约1:40~1:250;流量低,一般小于 $0.1\text{m}^3/\text{h}$;压力损失小,一般小于0.6kPa。

气体腰轮流量计的局限性:机械结构较复杂,大口径流量计体积比较大,且价格较高;转子卡死将给下游用户带来供气不足;要求洁净的天然气,颗粒、脏污会卡死流量计;运行噪音较大,必要时采用隔音措施。

2.4 气体超声流量计

气体超声流量计20世纪90年代推出使用,由于它的突出优点,已在门站贸易交接场合得到广泛应用。

气体超声流量计的主要特点:可以在不妨碍流体运动的情况下测量流速,无压力损失,无可动部件;

测量准确度高,一般为0.5级,可达0.2级;量程比特宽,可达1:300或更大;适用于高低压、大口径、高准确度计量。

近年来,随着气体超声流量计使用量的增加,通过对现场使用数据的研究,气体超声流量计有如下局限性:易受噪声影响,当气流噪声(如调压阀、整流器)的频率与流量计工作频率范围一致时,将使流量计测量准确度降低,误差甚至达 $\pm 2\%$;上下游直管段长度要求高;换能器表面易受脏污,并导致测量的准确度和稳定性降低。

2.5 热式气体质量流量计

热式气体质量流量计是通过测量流动的流体与热源之间热量交换关系来检测流量的仪表。20世纪60年代在美国推出,我国约在70年代投入研究开发。近年来,随着MENS技术的发展,热式气体质量流量计已实现低功耗电池供电。

热式气体质量流量计的主要特点:没有旋转活动部件;测量结果为质量单位;响应速度快,可测量瞬时流量;压力损失小;流量范围度宽,一般大于1:50;始动流量极低,可用于测量微小流量。

热式气体质量流量计局限性:以体积量作为结算单位的现状,导致计量准确度受气体组分和密度的影响;检定的仪表系数随气体组分变化,检定介质和被测介质的不同将影响测量值,且被测介质变化也将影响测量精度;传感器表面灰尘和水分的脏污影响测量准确度;采用MENS传感器时,传感器保护层难于承受灰尘、颗粒的冲刷,可靠性、安全性较低。

2.6 热式涡街流量计

热式涡街流量计是将热式质量流量传感器与涡街流量计整合成一体复合型的流量计,在小流量段由热式质量流量传感器测量,当流量超过设定值时切换到涡街传感器检测,由配套修正仪实现测量的自动切换,并将小流量段的质量流量换算到体积流量,以及完成温度、压力的修正,也有人称之为“全量程流量计”。

热式涡街流量计具有以下特点:在测量小流量时具有优势,始动流量很低,大大提高了流量范围度;无可动部件,可靠性较高;在中大流量段才由涡街传感器测量,避免了传统涡街流量计抗干扰能力差的问题。

但它的局限性也是显而易见的，主要有：在由热式传感器负责测量的小流量段，具有热式气体质量流量计具有的全部局限性；在涡街负责检测的流量段，稳定性受流场畸变影响大，直管段要求高；涡街传感器还对机械振动敏感，强烈的管道振动影响计量准确度。

3 仪表选型依据与主要优选仪表

3.1 计量仪表选型与配置的主要标准依据

仪表选型可依据的计量系统标准，主要有GB/T 18603-2001《天然气计量系统技术要求》、GB/T 17167-2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》、GB/T 22723-2008《天然气能量的测定》。

GB/T22723-2008《天然气能量的测定》，主要参考标准ISO 15112: 2007，它将天然气输送划分6个界面，常见的输送方式如图1：

在1-6界面中，推荐使用的以体积为计量单位的流量计如表1所示：

根据GB/T 17167-2006《用能单位能源计量器具配备和管理通则》，主要次级用能单位能源消耗量限定值天然气为10 000m³/a，平均约为28m³/d，除居民用气（界面4）外，图1的其它界面均应满足标准中规定流量计准确度等级为2.0级（温度、压力补偿修正

表1 推荐使用的体积流量计

类型	推荐的界面配置					
	1	2	3	4	5	6
膜式流量计	N	N	N	R	N	R
气体腰轮流量计	N	N	N	R	R	R
气体涡轮流量计	N	R	R	N	R	R
孔板流量计	R	R	R	N	R	R
气体超声波流量计	R	R	R	N	R	N
旋进旋涡流量计	N	N	N	N	R	R

注：N-不推荐；R-推荐

后），同时应符合GB/T18603-2001附录A和附录B的要求。

GB/T 18603-2001《天然气计量系统技术要求》标准，是参考欧洲标准EN1776：1998《供气系统天然气计量站功率要求》和国际法制计量组织(OIML)流量计量技术委员会气体计量分技术委员会OIML TC8/SC7《气体燃料计量系统》国际建议1998年10月第三版而编制的。标准附录A对仪器仪表配备指南如表2、表3所示。

天然气用流量计的主要国家和行业标准，如表4所示。

3.2 城市天然气计量的优选仪表及配置

从表1可以看出，门站（界面3）一般采用涡轮流

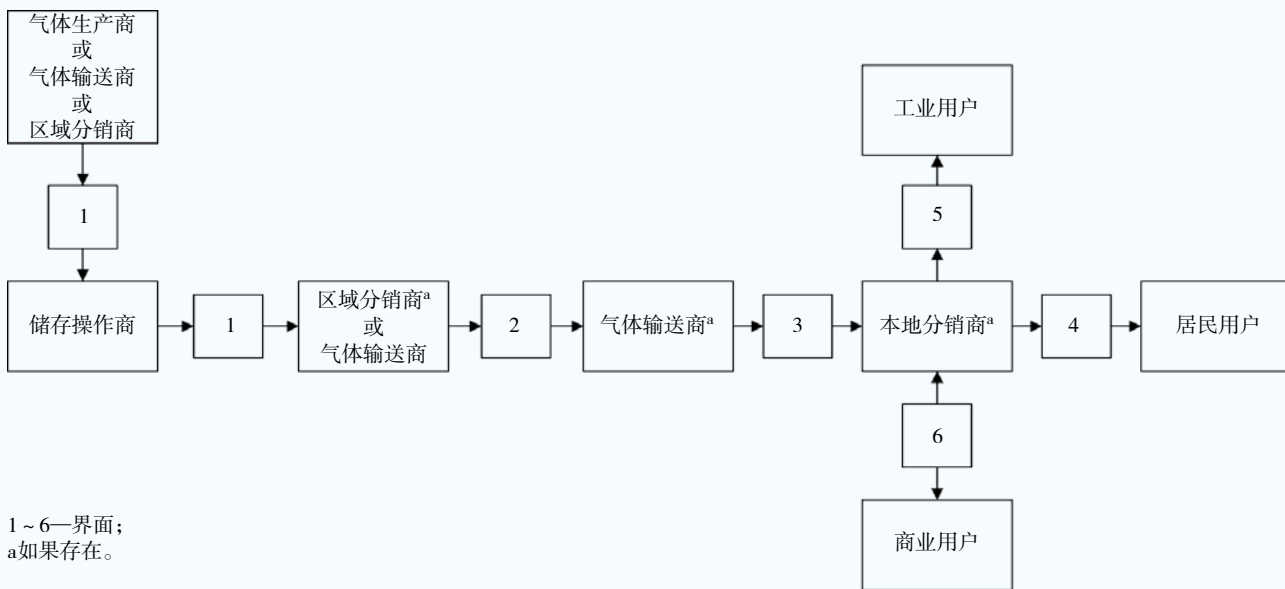


图1 从生产商到终端用户（包括气体储存）之间的可能界面

表2 不同等级的计量系统

设计能力 q_{nv} (m ³ /h) (标准参比条件)	$500 \leq q_{nv} < 5000$	$5000 \leq q_{nv} \leq 50000$	$q_{nv} \geq 50000$
1. 用于测量的校验系统 例如: 串联标准流量计			√
2. 温度转换	√	√	√
3. 压力转换	√	√	√
4. Z-转换	√	√	√
5. 发热量和气体质量的确定			√
6. 每一时间周期的流量记录		√	√
7. 密度测量(代替2.3.4)			√
准确度等级	C级(3.0)	B级(2.0)	A级(1.0)

注: 1. 规模较小的计量系统使用上述功能不受限制;
2. “√”建议配套内容。

表3 计量系统配套仪表准确度

参数测量	计量系统配套仪表准确度		
	A级(1.0)	B级(2.0)	C级(3.0)
温度	0.5℃	0.5℃	1℃
压力	0.2%	0.5%	1.0%
密度	0.25%	0.75%	1.0%
压缩因子	0.25%	0.5%	0.5%
发热量 ¹⁾	0.5%	1.0%	1.0%
工作条件下体积流量	0.75%	1.0%	1.5%

1) 当供用气双方用能量流量交接时需要配套的项目。

表4 天然气计量用流量计标准

序号	标准名称	主要参考标准
1	GB/T 21446-2008《用标准孔板流量计测量天然气流量》	AGA No.3
2	SY/T 6658-2006《用旋进旋涡流量计测量天然气流量》	ISO/TR 12764
3	SY/T 6660-2006《用旋转容积式流量计测量天然气流量》	EN 12480
4	GB/T 18604-2001《用气体超声流量计测量天然气流量》	AGA No.9
5	GB/T 21391-2008《用气体涡轮流量计测量天然气流量》	EN 12261

流量计、孔板流量计、超声波流量计;居民用户(界面4)一般采用膜式流量计,或小口径腰轮流量计;而工业用户(界面5)推荐使用腰轮流量计、涡轮流量计、孔板流量计、超声波流量计、旋进旋涡流量计;商业用户(界面6)推荐使用腰轮流量计、孔板流量计、涡轮流量计、膜式流量计。

但综合多年的经验,我们认为工业用户(界面5)除非是采用中压供气且流量较稳定的场合可以选用孔板流量计和旋进旋涡流量计外,应主要选用气体涡轮流量计和腰轮流量计,在大口径大流量供气时可选用气体超声流量计。商业用户(界面6)应避免使用孔板流量计,而主要选用气体腰轮流量计和膜式流量计,且在投资允许情况下,尽量选用气体腰轮流量计而不用膜式流量计,因为膜式流量计难于保持其计量特性曲线,且随时间推移,计量曲线会逐步往负偏差移动。

表2根据供气能力将计量系统分成A、B、C三个不同准确度等级,表3给出了相应的配套仪表的准确度配置。根据目前实际情况,城市天然气计量主要由图1中的界面3、4、5、6组成。界面3、5、6应满足准确度等级B级要求,对于一体化带温度、压力修正的流量计或由流量计、温度变送器、压力变送器组成的计量系统,其流量计(或基表)、压力、温度三者的最大误差都应满足表3规定的相应配套仪表准确度的要求,如选用一体化气体腰轮流量计,基表应为1.0级,压力最大误差为 $\pm 0.5\%$,温度最大误差为 $\pm 0.5\%$,且应带压缩因子修正,最大误差为 $\pm 0.5\%$,准确度为1.5级的一体化流量计可满足要求。对于图1中界面4,准确度等级可为C级,并应符合表3规定的相应配套仪表准确度的要求。

3.3 几种新技术流量计的发展现状

目前,几种新技术流量计仍处于试验阶段,难于满足天然气贸易领域对高精度、高可靠和有标准可依之要求。热式气体流量计虽已在纯净气体、风速、烟道气、汽车尾气检测等方面得到较成熟应用,且具有低流速测量的优势,但如上所述,目前我国以体积为计量单位且天然气品质不很理想,组分变化较大的条件下,仍难于满足高精度高可靠计量的要求。

热式涡街流量计将两种测量技术整合为一体,克服了传统涡街流量计的一些致命缺点,可以说是一种

技术创新,在准确度要求不高、宽量程、高雷诺数的气体计量或检测领域可以是一种不错的产品,但同样具有热式流量计的缺点,在城市天然气贸易计量领域目前也难于满足计量的要求,且存在产品归类和周期检定等问题,有待进一步完善解决。

近来小口径经济型气体超声流量计样机已逐步进入人们视线,但要高精度大口径的气体超声流量计技术延伸到小口径气体超声流量计,且产品实现低功耗电池供电,性能稳定可靠能满足城市天然气贸易计量的需要,仍需经过3~5年的时间。

3.4 传统天然气计量仪表的技术进展

如上所述,目前成熟可靠地用于天然气计量的仪表仍是几种传统的流量计,但这并不意味着传统流量计技术水平裹足不前。近年来,随着新工艺新技术的发展,传统的天然气计量仪表在质量、技术、性能等多方面取得很大进展,技术质量水平已非昔日可比。

(1) 关键部件的材料、加工和表面处理工艺技术的发展,使传统流量计的一致性、稳定性、长期可靠性取得长足进步,国产产品可与国际先进水平相媲美。

(2) 传感器技术的发展,使传统流量计的性能得到提升。如高可靠旋转检测传感器的使用,大幅度提升了涡轮和腰轮流量传感器的可靠性水平,降低了始动流量;压力传感器和温度传感器的数字化,大大提高了配套体积修正仪的精度和电磁兼容性能,使国产的体积修正仪达到国际同类产品的先进水平。

(3) 信息技术和软件技术的发展,使传统流量计实现了网络化和智能化。目前,自带GPRS和短程无线通信功能的流量计已投入使用,满足了用户自动抄表及监控的需要,具有投资省、安装使用方便等优点,产品技术居于国际领先水平。

(4) 动态密码技术、事件记录技术、自诊断技术、抗强磁干扰技术、新型预付费技术等多项先进技术的采用,使传统的流量计功能不断完善,性能得到不断提升,安全性大幅提高,更适合于国内燃气计量管理的需要。

(5) 随着软件技术和通信技术的发展,传统的流量计将会逐步具备体积计量和能量计量的双重功能,促进贸易计量方法从体积计量向更公平合理的能量计量过渡。国家高技术研究发展计划(863计划)

已在实施中,必将加快此进程。

4 结束语

在城市天然气计量仪表选型时,大部分燃气企业会以气体涡轮和腰轮流量计做为工商业用户的主要计量仪表,这是比较科学合理的。但也有少部分燃气企业因缺乏了解各种流量计的特点,直接依据有些仪表厂家所宣传的“全量程”、“正偏差”、“零始动流量”的描述而选用不合适的流量计,从而导致企业计量工作进入被动局面。虽然科学技术的发展及创新会不断有新技术流量计出现,尝试使用新技术流量计也应得到鼓励,但是,做为城市天然气贸易计量的仪表,需要满足贸易双方的公平合理。因此,目前仍应以成熟可靠的流量计为主做为工商业用气的计量仪表。燃气企业虽应关注其它新技术流量计的发展,但在试验不充分情况下不宜大面积使用以免出现贸易纠纷或所选仪表需要淘汰改造的被动局面。其次,随着电子、信息技术的迅猛发展,传统流量计的性能和功能将会不断提升和完善,因此燃气企业应及时了解传统流量计的技术进步,加大计量管理和技术改造力度,促进城市天然气计量工作的不断提升。

参考文献

- 1 纪纲. 流量测量仪表应用技巧. 化学工业出版社, 2003: 8
- 2 蔡武昌, 应启夏. 新型流量检测仪表. 化学工业出版社, 2006: 1
- 3 杨有涛, 徐英华, 王子钢. 气体流量计. 中国计量出版社, 2007: 9

主办: 中国城市燃气协会信息委 咨询电话: 010-62032933



燃气 资讯

为促进会单位信息的交流和发展服务