

# HPPP法检定高压天然气流量计

黄坤<sup>1</sup> 赵孟卿<sup>1</sup> 王劲松<sup>2</sup> 陈涛<sup>3</sup>

(1. 西南石油大学, 成都 610500; 2. 西气东输管道公司南京计量测试中心, 南京 210058;  
3. 川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院院长庆分院, 西安 710018)

**摘要:**天然气贸易交接计量在天然气贸易中起着重要作用, 天然气流量计的准确度直接影响企业的经济效益, 然而高压天然气流量计的精确检定仍是一个难题。高压活塞式(High Pressure Piston Plover简称HPPP)气体流量标准装置具有流量稳定、准确度高特点。研究HPPP法原理并将其应用于天然气检定站场的检定工艺流程和量值传递溯源。

**关键词:**HPPP气体流量标准装置; 量值溯源

中图分类号: TE927

文献标识码: A

文章编号: 1673-1980(2011)03-0119-03

天然气作为一种优质、高效、洁净的能源和化工原料, 已经成为世界三大能源支柱之一。进入21世纪, 我国天然气工业得到了迅速发展。天然气贸易交接计量在天然气作为商品的流通环节中起着举足轻重的作用。随着我国“西气东输”、“川气东送”、“海气登陆”、“俄气南下”和“液化天然气上岸”等多条跨地区、跨国界的天然气输气干线工程的实施和建设, 天然气贸易量每年在成倍增长。因此, 随着天然气贸易交接计量工作量的增加, 天然气流量计量的准确性愈加成为关注的焦点<sup>[1]</sup>。由此针对校准气体流量计准确度的检定标准装置的研究工作也愈发显得重要。

## 1 常见气体流量标准装置

气体流量标准装置是能够提供确定准确度, 用于校准工作流量计或流量计量系统, 并在国家计量部门授权的检定装置上检定(或校准)其准确度的成套装置。气体流量标准装置结构各异, 但至少应具备压源、测试管路、流量计量标准器具、流量调节阀及控制设备五个部分。通用的气体流量计量标定装置一般以空气为介质, 而天然气流量计量标准是以天然气为介质。

气体流量标准装置的主要作用如下:

(1) 作为流量量值统一与传递的标准设备, 复现气体流量标准值;

(2) 进行流量仪表的性能测试, 确定仪表的准确

度、稳定性等计量性能;

(3) 开展气体流量计量技术、检定方法等有关的试验研究。

根据原理、准确度等级和现场条件等的不同, 检定天然气流量计的气体流量标准装置的主要形式有钟罩式气体流量标准装置, PVTt法气体流量标准装置和HPPP法气体流量标准装置。

### 1.1 钟罩式气体流量标准装置

钟罩式气体流量标准装置在国内外较常采用。它是一个上部有顶盖下部开口的容器。液槽内由于盛满不易挥发的油(或水)而形成液封, 因而钟罩内形成了一个密封的、可储气的容器空间。为了避免晃动, 钟罩两边和钟罩内下部都装有导轨, 立柱上也有导轨, 通过滑轮配重物来平衡钟罩内的压力。当钟罩下降时, 随着钟罩浸没在液体中深度的增加, 钟罩所受浮力也增大。钟罩计量器上一般都有一个补偿机构使钟罩内的余压不随钟罩侵入水中或油中的深度而改变, 保证钟罩计量器内气体的流动为定常流动。这样便可由钟罩下降距离求得与之对应排出气体的体积 $\Delta V$ , 再由下降这段距离所需要的时间 $\Delta t$ 计算出通过流量计的流量。

钟罩式气体流量标准装置具有精度高、流量范围适中, 原理和结构简单等优点, 但它的工作压力较低(一般小于10kPa), 不能满足高精度或大流量以及压力损失较大场合的要求。目前, 世界上最大的钟罩装置的标准容积可达64m<sup>3</sup>, 国内钟罩的最大容积为

收稿日期: 2010-12-20

作者简介: 黄坤(1965-), 男, 教授, 西南石油大学设计研究院副院长, 研究方向为油气储运及储运地面工程设计。

20m<sup>3</sup>。钟罩装置的气体国家基准的流量范围是(0.13~120)m<sup>3</sup>/h,不确定度为0.12%。

### 1.2 PVTt法气体流量标准装置

PVTt法气体流量标准装置是指某一段时间间隔 $\Delta t$ 内,气体流入或流出容积为 $V$ 的容器,根据容器内压力 $P$ 和热力学温度 $T$ 的变化,求得气体流量的标准装置,其结构简图如图1所示。

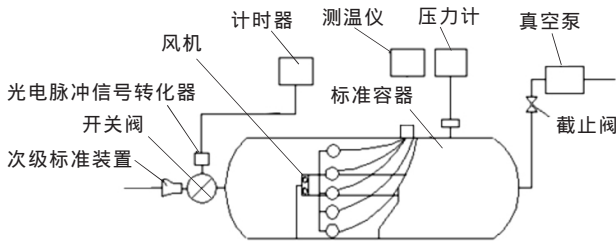


图1 PVTt法气体流量标准装置结构简图

PVTt法气体流量标准装置按使用时气体进出标准容器的方向,可分为流入式和流出式。所谓流入式是指气体通过被检计量仪表进入标准容器;流出式是指使用标准空气充气,并达到一定的压力,然后通过被检仪表向外排放。假如采用流出法,先向标准容器中充气,待温度稳定后读取容器内气体的压力 $P_s$ ,温度 $T_s$ ,然后用标准容器通过被检仪表放气,经过一段时间 $\Delta t$ 后,关闭放气阀。待标准容器中气体的温度稳定后再读出标准容器内气体的压力 $P_e$ ,温度 $T_e$ 。若标准容器内的温度 $T_s, T_e$ 与室温一致,便可由理想气体方程式得到:

$$q = \frac{P_s - P_e}{P} \times \frac{V}{t}$$

式中: $P$ —被检流量计上游侧压力; $q$ —被检流量计的流量。

PVTt法气体流量标准装置的关键是如何精确标定标准容器的容积。使用气标法标定容器的容积,不确定度可以控制在0.105%以内。PVTt法装置的准确度优于0.11级,其国家基准的流量范围是(0.11~1 300)m<sup>3</sup>/h,不确定度为0.105%( $k=2$ )<sup>[2]</sup>。

## 2 HPPP法气体流量标准装置原理

HPPP法气体流量标准装置由具有恒定截面和已知容积的管段组成,活塞以自由置换或强制置换的方式在其内往复运动,根据活塞通过该管段所需时间可得到气体的标准体积流量。检测开关可确定活塞进入和离开标准管段的时间间隔,标准管段的容积采用水驱法由标准量器确定。

原级标准采用HPPP法首次应用于德国的Pigsar 检定站,其装置的不确定度为0.01%<sup>[3]</sup>。HPPP法气体流量标准装置的工作介质可以为空气、天然气等多种气体。装置的流量范围和工作压力同样取决于标准管段的容积及其压力等级。在装置工作时,要确保活塞在标准管段内平稳移动,以获得较为稳定的标准气体流量,其结构简图如图2所示。

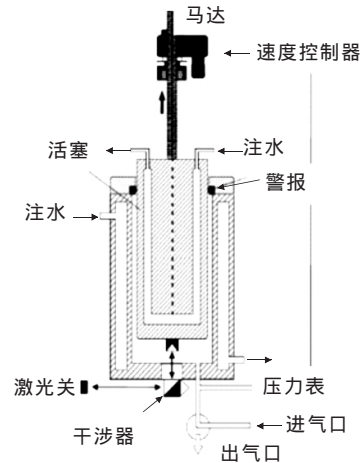


图2 HPPP法气体流量标准装置图

## 3 HPPP法检定工艺流程

由于HPPP法的不确定度较小,因此在实际天然气流量计检定站中常常被用作原级检定标准。当它作为原级标准装置检定次级标准装置(以音速喷嘴气体流量标准装置为例)时,其检定流程如下:

分输站(天然气支干线)来气 → 分离器 → 一级稳压 → 小流量二级稳压 → HPPP气缸 → 音速喷嘴气体流量标准,待检定结束后,经四通换向阀换向,活塞回位 → 压缩机 → 天然气支干线。

当它作为原级标准装置检定高准确度小口径流量计时,其流程如下:

分输站来气 → 分离器 → 一级稳压 → 小流量二级稳压 → HPPP气缸 → 高精度小口径流量计,待检定结束后,经四通换向阀换向,活塞回位 → 压缩机 → 天然气支干线。

HPPP法检定步骤如下:

关闭位于侧面的阀门,打开最下面的阀门,天然气经调压、稳流后流经气缸及检定管路,当温度达到稳定要求后,关闭最下面的阀门,打开侧面的阀门,电机推动活塞匀速前进(活塞前后压差很小),当活塞达到第一个控制点时,控制系统准备就绪,当活塞达到第二个控制点时,控制系统记录下当前时间,脉

冲记录设备开始记数,经过 $\Delta t$ 时间后,活塞达到第四个控制点时,控制系统记录下当前时间,脉冲记录设备停止记数,第二与第四控制点之间的体积为有效检定容积 $\Delta V$ ,由此可以计算出流经涡轮表的瞬时工况体积流量 $q_v = \Delta V / \Delta t$ ;活塞继续前进,当通过最后一个控制点后,打开位于右边的阀门,活塞停止前进,然后切换四通阀,天然气反向进入气缸,推动活塞回位,检定过程结束。

#### 4 HPPP法量值传递溯源

从计量学的基本原理看,溯源性与准确性、一致性一样,是计量结果的一种基本属性。常常将其定义为计量结果可以通过连续的、已知不确定度的溯源链与合适的国际或国家标准相联系。溯源性是指在要求进行的测量过程与被认为是“基准的”或“无可争议的”某个量值或一组量值之间存在的一条连续的、相互联系的并经验证的通道(即溯源链)。具有完整溯源性的测量数据应该可以清晰地追溯到SI制基本单位<sup>[4]</sup>。

然而由于天然气属于易燃、易爆的动态可压缩气体,因此天然气流量值溯源过程中安全性便成为首要约束条件,且天然气的流量值不易于复现。天然气属于多组分混合气体,组分的变化会引起相对密度、发热量、压缩因子、等熵指数、临界流函数等物性参数的变化,而这些参数直接参与天然气流量计算,对流量结果有直接影响。所以要保证天然气计量最终结果的准确可靠,必须保证天然气流量计量和分析测试两个方面均具有良好的溯源性<sup>[5]</sup>。

对于高压天然气其流量值溯源体系主要由原级标准装置(HPPP)、次级标准装置、工作级标准装置和核查标准装置组成。以采用三级标准检定,原级流量标准装置采用HPPP(流量范围8~480m<sup>3</sup>/h,不确定度 $U=0.06\%$ );次级流量标准装置采用音速喷嘴气体流量装置(流量范围8~1460m<sup>3</sup>/h,不确定度 $U=0.16\%$ );工作标准采用涡轮标准流量计(流量范围8~14000m<sup>3</sup>/h,不确定度 $U=0.25\%$ );超声流量计(流

量范围20~14000m<sup>3</sup>/h,不确定度 $U=0.25\%$ )作为核查标准为例,测量数据经过溯源最终可以追溯到时间和长度两个SI基准。其检定过程的量值传递溯源图如图3所示。

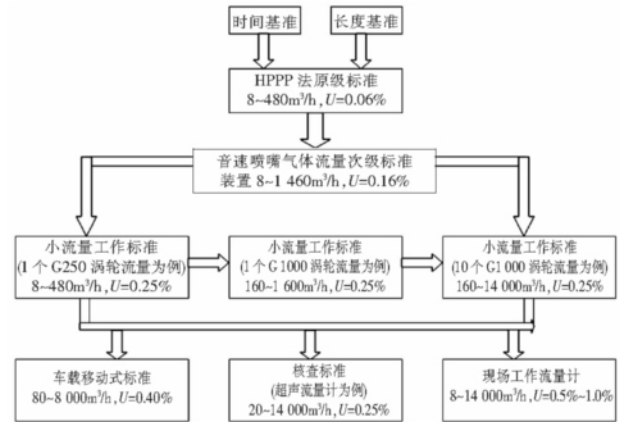


图4 HPPP法原级标准装置检定过程的量值溯源图

#### 5 结 语

HPPP法被用作原级标准检定天然气流量计具有流量稳定、准确度高特点,由于受技术限制在国内其应用并不广泛。在采用HPPP作为检定天然气流量计的标准装置建设过程中,必须加强与国际间的技术交流和量值比对,以实现我国天然气工业国际化发展。

#### 参考文献

- [1] St ephenD, Baldwin, Unocal, et al. Economic Impact of Different Gas Flow Measurement Standards [J]. Society of Petroleum Engineers, 1997:38-87.
- [2] 张永红. 天然气流量计量(第二版)[M]. 北京:石油工业出版社, 2001:148-152.
- [3] 张云田. 高压天然气计量器具实标装置 [J]. 城市燃气, 2002, 16(5):23-24.
- [4] 陈康良. 论天然气组成分析的溯源性[J]. 石油与天然气化工, 2008, 37(3):243.
- [5] 徐明, 吴逸逸. 浅谈天然气流量值溯源[J]. 石油工业技术监督, 2009(2):38.

(下转第 125 页)

- [5] 龙明策,王鹏,郑彤,等.高吸水性树脂的合成及其应用[J]. 高分子材料科学与工程,2002,18(5):31-35.
- [6] Chen Y, Liu Y F, Tan H M, Jiang J X. Synthesis and Characterization of a Novel Superabsorbent Polymer of N, O-carboxymethyl Chitosan Graft Copolymerized with Vinyl Monomers[J]. Carbohydrate Polymers, 2009,75: 287-292.
- [7] Chen Y, Liu Y F, Tang H L, Tan H. Study of Carboxymethyl Chitosan Based Polyampholyte Superabsorbent Polymer I: Optimization of Synthesis Conditions and pH Sensitive Property Study of Carboxymethyl Chitosan-g-poly (acrylic acid-co-dimethyldiallylammonium chloride) Superabsorbent Polymer [J]. Carbohydrate Polymers, 2010, 81: 365-371.
- [8] Wang X H, Zheng Y, Wang, A Q. Fast Removal of Copper Ions from Aqueous Solution by Chitosan-g-poly (acrylic acid)/attapulgitite Composites [J]. Journal of Hazardous Materials, 2009,168: 970-977.
- [9] Chen Z B, Liu M Z, Ma S M. Synthesis and Modification of Salt-resistant Superabsorbent Polymers [J]. Reactive and Functional Polymers, 2005, 62: 85-92.
- [10] Ma S M, Liu M Z, Chen Z B. Preparation and Properties of a Salt-resistant Superabsorbent Polymer [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2004,93: 2 532-2 541.

## Synthesis and Property Research of Super Absorbent Acrylic Resin

CHEN Shi-lan JIA Yun CHEN Yong XU Xiao-long YE Lin

(Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 401331)

**Abstract:** Ammonium sulfate and N,N-methylene-bisacrylamide are used as initiator and crosslinker respectively. Acrylic acid is grafted on the bone of carboxymethyl chitosan and crosslinked by N,N-methylene-bisacrylamide at the same time. In this work, the effects of initiator, crosslinking agent, reaction time, reaction temperature and neutralization degree, the mass ratio of monomer to carboxymethyl chitosan on the absorbent ability of the product are detected. Meanwhile, it optimizes the preparation condition of the resin in order to making the resin with stronger absorbent ability.

**Key words:** super absorbent resin; acrylic acid; carboxymethyl chitosan; kaolin

(上接第 121 页)

## HPPP Used to Test the High-Pressure Gas Flow Meter

HUANG Kun<sup>1</sup> ZHAO Meng-qing<sup>1</sup> WANG Jin-song<sup>2</sup> CHEN Tao<sup>3</sup>

(1.Southwest Petroleum University, Chengdu 610500; 2.Nanjing Metering and Testing Centre of West-East Gas Transmission Pipeline Company, Nanjing 210058; 3.Changqing Branch of Drilling Engineering Technology Research Institute, Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., Xi'an 710018)

**Abstract:** The transferring measurement of natural gas plays an important role in the gas trade. The accuracy of natural gas flow meter directly influences the economic benefits. However, the precise test of the high-pressure gas flow meter is still a problem. HPPP (High Pressure Piston Plover) has many advantages such as stable flow rate and high accuracy. This article discusses the principles of HPPP, the test methods and process used in natural gas test station and the value transferring traceability.

**Key words:** gas flow standard device; high pressure piston plover; value transferring traceability