

一种新型组合式钟罩气体标准装置的研制

冯嘉明, 吴霆烽, 李思聪

广州能源检测研究院, 广州 511447

【摘要】 针对钟罩式气体标准装置使用过程中的不足之处, 设计出一种新型组合式钟罩气体标准装置; 从装置的三点创新性核心阐述了该装置的优越性; 给出了新型组合式钟罩装置, 以及传统正吹法、反吹法的实验数据, 可印证该装置的准确性, 给出新型组合式钟罩装置的连接图, 对与现有技术相比较得出的不同处进行了剖析, 为高效、可靠地开展气体流量计检定工作打下良好基础。

【关键词】 气体流量计; 新型组合式钟罩装置; 检定; 正吹法; 反吹法

DOI: 10.3969/j.issn.2096-9015.2021.03.15

【引用本文】 冯嘉明, 吴霆烽, 李思聪. 一种新型组合式钟罩气体标准装置的研制 [J]. 计量科学与技术, 2021, 65(3): 71-74, 62.

An Improved Standard Bell Prover

FENG Jiaming, WU Tingfeng, LI Sicong

Guangzhou Energy Inspection and Research Institute, Guangzhou 511447, China

【Abstract】 This paper proposes an improved design of a standard bell prover in light of shortcomings of traditional ones. The advantages of the design are described based on three innovative concepts. The experimental data from the improved design by using the traditional forward- and backward-blowing methods is given, demonstrating the accuracy of the facility. The connection diagram of the design is also provided. The design is compared with existing techniques.

【Key words】 gas flowmeter, standard bell prover, verification, forward-blowing method, backward-blowing method

0 引言

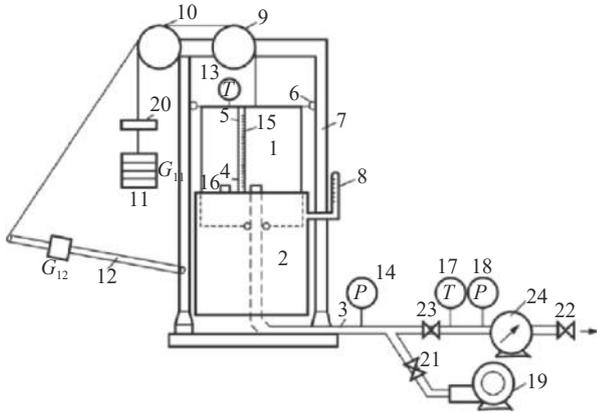
自《中华人民共和国节约能源法》实施以来, 我国的节能减排工作取得了很大的进展, 能源计量工作的重要性得到了充分体现。在物资计量领域中, 流体流量的检测与控制是各行各业加强物料管理、能源管理, 进行物资交接、财务结算、经济核算、效益分析与评价的重要依据; 也是企业监控生产过程, 使其保护优质、高效、安全、平稳运行和改善环境的重要手段。行业内有各种关于钟罩装置的技术探讨, 由文献 [1-12] 可见钟罩装置技术日新月异, 发展迅速。本文提出的新型组合式钟罩装置, 巧妙地发挥了钟罩以及传统进气法的优势, 使气体流量计的检定工作准确而高效。

1 新型组合式钟罩气体标准装置原理

传统钟罩气体标准装置如图 1 所示。组合式钟

罩气体标准装置 (以下简称装置) 结合了“排气式钟罩”以及“进气式钟罩”两种装置的特性, 是由一套大容量钟罩、一套小钟罩装置、调节阀门、空压盒、秒表、连接管线组成联合双钟罩进行优化的气体检定装置, 如图 2 所示。该装置由大钟罩提供气源, 经过调节阀门后到被检仪表, 再进入小钟罩, 读取小钟罩的标准器示值、秒表记录的时间、被检仪表示值。显然, 该装置同时具备了排气式与进气式两种装置的结构特性。主要由钟罩、气源 (风机)、开关阀、流量调节阀、气体管道、标准流量计、夹表器、压力传感器、温度传感器、计算机控制及数据采集系统等构成。

该装置先从大容量钟罩开始, 空气经过大钟罩的恒温恒压后, 通过管线经过调节阀门, 而后经过被检仪表, 再进入到小钟罩; 读取小钟罩的标准器示值、检定时间、被检仪表示值和小钟罩的温度压力值, 通过公式计算出示值误差数据。



1.钟罩; 2.液槽; 3.导气管; 4.下挡板; 5.上挡板;
6.导轮; 7.导轨; 8.水位管; 9、10.定滑轮; 11.配重物件;
12.补偿机构; 13、17.温度计; 14、18.压力计; 15.标尺;
16.光电发讯器; 19.鼓风机; 20.压板; 21、23.阀门; 22.调节阀;
24.被检流量计

图1 传统钟罩气体标准装置
Fig.1 Traditional standard bell prover

2 检定实现过程

检定根据不同气体流量计对应的检定规程^[1]的要求来开展,主要分为以下几个过程:

- 1) 连接。将被检气体流量计与装置相关部件进行可靠连接。
- 2) 气密性试验。可以使用“位置脉冲验漏法”^[1],也可参考相关标准^[2]要求进行。
- 3) 试运行。也称热机,以钟罩可实现的被检流量计的最大流量进行试运行,使两钟罩和被检仪表内部空气温度与实验室内环境温度进行充分平衡。

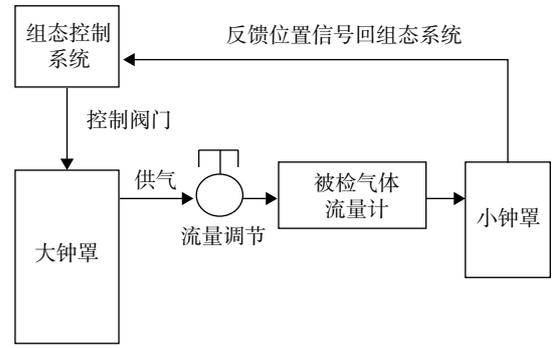


图2 新型组合式钟罩装置示意图
Fig.2 Schematic diagram of the improved standard bell prover

4) 调流量。把小钟罩降低到最低点,将大钟罩升起并恒温后,打开大小钟罩阀门,观察被检气体流量计,操作流量调节阀使被检流量达到相应刻度检定点,关闭大钟罩气源阀门,并把小钟罩重新降低到最低点。

5) 检定。打开大钟罩阀门开始检定,同时启动计时器,持续不少于 1 min 时间。过程中系统自动采集标准器(小钟罩)与被检仪表的温度、压力、瞬时量、累积量等数据,完成一次检定后可再增加一次。

其它检定点与此类似,直到完成所有检定。一般应按照流量计对应规程的检定点选取要求来完成。

3 检定过程的实验数据

正吹、传统反吹、新型组合式三种装置出具的气体流量计实验数据分别如图 3、图 4 和图 5 所示。

| 生产厂家 | | | 型号 | | | 编号 | | | | | |
|------|--------|-------------------|----------|--------------|--------------|----------|----------|-------|----------|--------|----------|
| 空气密度 | 1.2041 | Kg/m ³ | 操作条件 | 设计压力 | 0 | KPa(G) | 流量计温度 | 21.6 | ℃ | 钟罩刻度值 | |
| 刻度密度 | 1.2041 | Kg/m ³ | 设计温度 | 21.1 | ℃ | 标准器温度 | 20.2 | ℃ | 编号 | 分度值 | |
| 单位转换 | 60 | L/min | 刻度条件 | 刻度压力 | 0 | KPa(G) | 大气压力 | 101.4 | KPa | 编号1212 | 0.090169 |
| 最大流量 | 2.5 | L/min | 刻度温度 | 21.1 | ℃ | 刻度气体 | 空气 | | | | |
| 刻度流量 | 起始值 | 终止值 | 标准体积 (L) | 标准器压力 (kPaG) | 流量计压力 (kPaG) | 流入时间 (s) | 实际工况标准流量 | 引用误差 | 平均工况标准流量 | 平均引用误差 | 重复性 |
| 0.5 | 3883 | 4000 | 10.550 | 4.30 | 1.34 | 920.36 | 0.715 | -8.61 | 0.679 | -7.16 | 2.57 |
| 0.5 | 3883 | 4100 | 19.567 | 4.30 | 1.34 | 1900.00 | 0.643 | -5.71 | | | |
| 1.0 | 4810 | 5000 | 17.132 | 4.30 | 1.33 | 900.12 | 1.188 | -7.51 | 1.153 | -6.11 | 2.48 |
| 1.0 | 4810 | 5100 | 26.149 | 4.30 | 1.33 | 1460.00 | 1.118 | -4.71 | | | |
| 1.5 | 4350 | 4600 | 22.542 | 4.30 | 2.02 | 850.00 | 1.649 | -5.98 | 1.589 | -3.58 | 4.25 |
| 1.5 | 4350 | 4650 | 27.051 | 4.30 | 2.02 | 1100.00 | 1.530 | -1.18 | | | |
| 2.0 | 450 | 500 | 4.508 | 4.30 | 2.43 | 140.21 | 1.996 | +0.16 | 1.997 | +0.10 | 0.11 |
| 2.0 | 450 | 550 | 9.017 | 4.30 | 2.43 | 280.00 | 1.999 | +0.04 | | | |
| 2.5 | 3600 | 4000 | 36.068 | 4.30 | 2.80 | 900.23 | 2.483 | +0.70 | 2.464 | +1.43 | 1.30 |
| 2.5 | 3600 | 4100 | 45.085 | 4.30 | 2.80 | 1142.23 | 2.446 | +2.17 | | | |
| | | | | | | | | | 扩展不确定度 | 8.50 | |

注:本表刻度条件是指气体读数的状态,是标准状态(单位为准)。设计状态是指在这工作条件下,转子指示才准确。状态流量必须操作压力与设计压力一样

图3 正吹实验数据
Fig.3 Experimental data from forward blowing

| 生产厂家 | | | | | | 型号 | | | 编号 | | |
|------|--------|-------------------|---------|-------------|-------------|---------|----------|-------|----------|--------|----------|
| 空气密度 | 1.2041 | Kg/m ³ | 操作条件 | 设计压力 | 0 | KPa(G) | 流量计温度 | 21.6 | ℃ | 钟罩刻度值 | |
| 刻度密度 | 1.2041 | Kg/m ³ | | 设计温度 | 21.1 | ℃ | 标准器温度 | 20.2 | ℃ | 编号 | 分度值 |
| 单位转换 | 60 | L_min | 刻度条件 | 刻度压力 | 0 | KPa(G) | 大气压力 | 101.4 | KPa | 编号141 | 0.003496 |
| 最大流量 | 2.5 | L_min | | 刻度温度 | 21.1 | ℃ | 刻度气体 | 空气 | | 编号1413 | 0.12881 |
| 刻度流量 | 起始值 | 终止值 | 标准体积(L) | 标准器压力(kPaG) | 流量计压力(kPaG) | 流入时间(s) | 实际工况标准流量 | 引用误差 | 平均工况标准流量 | 平均引用误差 | 重复性 |
| 0.5 | 3883 | 3580 | 1.059 | 1.36 | 1.34 | 122.08 | 0.526 | -1.06 | | | |
| 0.5 | 3883 | 3380 | 1.758 | 1.36 | 1.34 | 200.60 | 0.532 | -1.27 | 0.529 | -1.16 | 0.19 |
| 1.0 | 4810 | 4330 | 1.678 | 1.36 | 1.33 | 101.77 | 1.000 | -0.01 | | | |
| 1.0 | 4810 | 4070 | 2.587 | 1.36 | 1.33 | 155.43 | 1.010 | -0.39 | 1.005 | -0.20 | 0.33 |
| 1.5 | 4350 | 4920 | 1.993 | 1.36 | 2.02 | 77.83 | 1.548 | -1.93 | | | |
| 1.5 | 4350 | 5200 | 2.972 | 1.36 | 2.02 | 116.30 | 1.545 | -1.80 | 1.547 | -1.86 | 0.11 |
| 2.0 | 450 | 1560 | 3.881 | 1.36 | 2.43 | 114.99 | 2.037 | -1.46 | | | |
| 2.0 | 450 | 2000 | 5.419 | 1.36 | 2.43 | 160.99 | 2.031 | -1.25 | 2.034 | -1.36 | 0.19 |
| 2.5 | 3600 | 4700 | 3.846 | 1.36 | 2.80 | 89.52 | 2.588 | -3.51 | | | |
| 2.5 | 3600 | 5000 | 4.894 | 1.36 | 2.80 | 113.88 | 2.589 | -3.56 | 2.588 | -3.54 | 0.04 |
| | | | | | | | | | | 扩展不确定度 | 0.74 |

图 4 传统反吹实验数据

Fig.4 Experimental data from the traditional backward blowing

| 生产厂家 | | | | | | 型号 | | | 编号 | | |
|------|--------|-------------------|---------|-------------|-------------|---------|----------|-------|----------|--------|----------|
| 空气密度 | 1.2041 | Kg/m ³ | 操作条件 | 设计压力 | 0 | KPa(G) | 流量计温度 | 21.6 | ℃ | 钟罩刻度值 | |
| 刻度密度 | 1.2041 | Kg/m ³ | | 设计温度 | 21.1 | ℃ | 标准器温度 | 20.2 | ℃ | 编号 | 分度值 |
| 单位转换 | 60 | L_min | 刻度条件 | 刻度压力 | 0 | KPa(G) | 大气压力 | 101.4 | KPa | 编号141 | 0.003496 |
| 最大流量 | 2.5 | L_min | | 刻度温度 | 21.1 | ℃ | 刻度气体 | 空气 | | 编号1413 | 0.12881 |
| 刻度流量 | 起始值 | 终止值 | 标准体积(L) | 标准器压力(kPaG) | 流量计压力(kPaG) | 流入时间(s) | 实际工况标准流量 | 引用误差 | 平均工况标准流量 | 平均引用误差 | 重复性 |
| 0.5 | 3883 | 3560 | 1.129 | 1.36 | 1.34 | 131.08 | 0.523 | -0.90 | | | |
| 0.5 | 3883 | 3370 | 1.793 | 1.36 | 1.34 | 206.46 | 0.527 | -1.08 | 0.525 | -0.99 | 0.15 |
| 1.0 | 4810 | 4310 | 1.748 | 1.36 | 1.33 | 101.77 | 1.042 | -1.68 | | | |
| 1.0 | 4810 | 4050 | 2.657 | 1.36 | 1.33 | 155.43 | 1.037 | -1.48 | 1.040 | -1.58 | 0.18 |
| 1.5 | 4350 | 4900 | 1.923 | 1.36 | 2.02 | 75.83 | 1.533 | -1.33 | | | |
| 1.5 | 4350 | 5100 | 2.622 | 1.36 | 2.02 | 103.30 | 1.535 | -1.39 | 1.534 | -1.36 | 0.05 |
| 2.0 | 450 | 1550 | 3.846 | 1.36 | 2.43 | 116.99 | 1.984 | +0.65 | | | |
| 2.0 | 450 | 1900 | 5.069 | 1.36 | 2.43 | 153.99 | 1.987 | +0.54 | 1.985 | +0.60 | 0.10 |
| 2.5 | 3600 | 4600 | 3.496 | 1.36 | 2.80 | 86.52 | 2.434 | +2.64 | | | |
| 2.5 | 3600 | 4900 | 4.545 | 1.36 | 2.80 | 112.48 | 2.434 | +2.64 | 2.434 | +2.64 | 0.00 |
| | | | | | | | | | | 扩展不确定度 | 0.48 |

图 5 新型组合式实验数据

Fig.5 Experimental data from the improved design

通过三组数据的对比,从检定气体小流量计的装置选择层面来看:1)正吹法装置检定过程消耗时间长,效率低,由于装置分度值过大,时间不够,容易引入系统误差。2)传统反吹装置需要提前开启反吹装置(空压机、冷凝机等),还要等反吹气源恒温恒压,消耗时间长。从人力成本方面来看,单人操作难度大。出于装置安全考虑,最佳方案是1人计算检定时间,1人控制阀门,因此,通常需要2人或多人配合方可完成。可见该装置效率低,人力投入成本高。3)新型组合式钟罩装置效率高、准确度高、人力成本低(一般1人即可完成实验)。由于气压低,易于控制,不容易出现装置的安全事故,保证了实验的准确性与时效性。同时,该装置丰富了小流量计的溯源手段。

4 新型装置的优越性

1) 设备投入少。该装置巧妙利用两台传统钟罩,可进行流量计高压微小流量点的检定工作,节省了设备投入,降低了能源消耗。

2) 可靠性高。该装置等于是排气式与进气式的结合,气源用大钟罩,提高了气源的温压稳定性,标准器用小钟罩,分度值变小,标准值读数准确度得以提高,从而大大提高了检定结果的可靠性^[3]。

3) 效率高。该装置与传统的钟罩装置比较,其计量准确度没有降低(仍为0.2%),但检定效率得以提高。例如检定高压小流量点时,不需要按进气式的方法,每次开机都要等待稳压罐内压缩气体恒温恒压后才能进行实验,而是可以直接使用大钟罩内

气体作为气源,如此,大大减少了客户的等待时间。

5 使用新型装置时的注意事项

5.1 对小流量高压仪表的检定/校准

因为该新型装置的稳定气源是由大钟罩供给,供给的气源气压有限,所以建议在对小流量的高压仪表或者仪表的高压流量点进行检定/校准实验时使用该新型装置,如图6所示。



图6 对小流量高压仪表的检定/校准
Fig.6 Verification / calibration of small-flow high-pressure instruments

5.2 气密性检测

气密性检测也称验漏,是后续检测工作的前提,没经过验漏操作的检定数据是没有意义的。验漏包括装置本身气密性及被检流量计、连接管线气密性。

建议使用肥皂泡或者位置脉冲进行装置的整体验漏,方法简单直观,易于实施。

5.3 装置的保护

钟罩的运行分为由上而下排气的正吹行程与由下而上的反吹行程。正吹过程中,当钟罩降到底部时,容易出现钟罩撞到底部而变形甚至损坏的情况,如图7所示;而反吹过程中,钟罩上升到顶部时,容易出现由于钟罩高度过高而导致的密封液溢出的风险,如图8所示。

6 结论

气体钟罩装置的升级改造是行业内谈论较多的问题^[4-5],本文通过组合式优化的钟罩标准装置应对小流量高压仪表,丰富了小流量高压仪表的溯源手段,降低了购买设备的成本,保持了装置的准确度,提高了时效性与实验数据的准确性。



图7 钟罩运行至底部示意图
Fig.7 Photo of the bell at the bottom



图8 钟罩运行至顶部示意图
Fig.8 Photo of the bell at the top

参考文献

- [1] 韩义中,官志坚.流量标准装置前端脉冲信号处理方法[J].计量技术,2015(7):129-131.
- [2] 徐英华,王自和,沈文新.钟罩式气体流量标准装置检定规程:JJG 165-2005[S].北京:中国计量出版社,2005.