

低压容器内含溢流槽的流体标准检定装置

Fluid Standard Calibration Facility with Low Pressure Vessel and Built-in Overflow Sink

张广忠

(黑龙江省科技信息中心, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要: 针对水塔法水塔高度受限而容器稳压法检定精度不高的问题, 设计了一种新型流体标准检定装置。该装置在密闭低压容器中采用溢流池获得稳定液位, 并在其稳定液面上作用稳定气压; 使用无需换向器的动态法进行检定, 并采取措​​施保证检定精度。该装置兼有水塔流量稳定性和容器稳压法高雷诺数的优点, 且检定效率高, 造价和占地面积也比水塔法少。样机试验数据表明, 其检定精度可达 0.1%, 符合设计要求。

关键词: 检定装置 溢流池 低压容器 雷诺数 动态法

中图分类号: TH814 **文献标志码:** A

Abstract: For implementing standard calibration of the fluid, the method using water tower features height restriction, while the method of pressure stabilized vessel is in low calibration accuracy, aiming at these problems, a novel fluid standard calibration facility is designed. With this facility, overflow sink is adopted in the sealed low pressure vessel to obtain stable water level, and stable air pressure is acted on the stable water surface. By using dynamic method without diverter, the calibration is implemented by this facility; in addition, some measures to ensure calibration accuracy are adopted. The facility possesses the same advantage of flow stability as the water tower; and the same advantage of high Reynolds number as the pressure stabilized vessel. Also it offers high calibration efficiency while the construction cost is lower than water tower and covers smaller area. The experimental data of the prototype indicate that the accuracy is up to 0.1% and meets the design requirement.

Keywords: Calibration facility Overflow pool Low pressure vessel Reynolds number Dynamic method

0 引言

随着国民经济各行业自动化的发展, 各种流量计的使用量越来越大^[1]。为保证所测数据的准确可靠, 这些流量计须定期在标准检定装置上进行检定。由于检定对流体源的流量稳定性要求很高, 目前广泛使用静态法检定装置^[2]。但静态法有两方面缺点^[3]: 在流体源方面, 由于水塔的存在, 使得建造投资多、占据地面空间大, 且对水塔高度有限制; 在检定方法方面, 换向器易产生系统误差, 且检定过程断续进行, 较耗费时间。

为克服上述缺点, 本文一方面采用水塔法和容积稳压法优势互补的流体源; 另一方面采用检定过程连续进行、易于检定自动化的动态法。动态法在检定大流量时, 液体动能冲击力的影响使该方法的检定精度低于静态法^[4], 但这个影响可用文中介绍的方法基本消除掉。

1 检定装置结构组成

本文研制的流体标准检定装置的结构组成如图 1 所示。

修改稿收到日期: 2011-10-08。

作者张广忠(1955-), 男, 1982年毕业于黑龙江省广播电视大学电子技术专业, 高级工程师; 主要从事自动控制方面的研究。

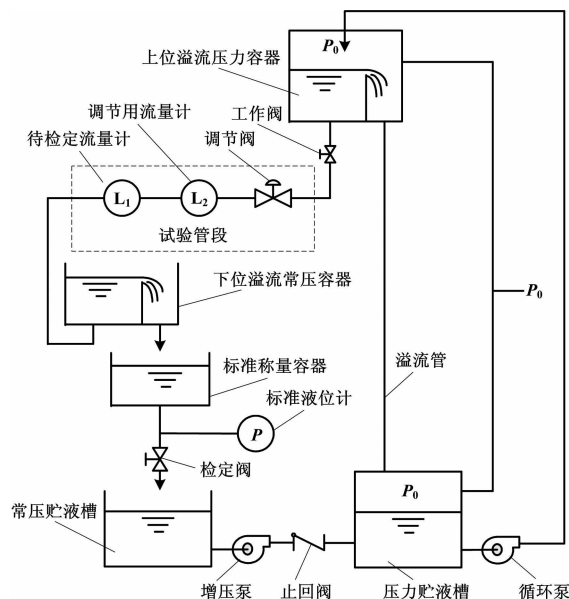


图 1 流体标准检定装置结构示意图

Fig. 1 Structure of the fluid standard calibration facility

检定装置由两部分组成, 一部分是包括上位溢流压力容器、下位溢流常压容器、压力贮液槽、常压贮液槽、增压泵、循环泵及相应管道的流体源; 另一部分是包括试验管段、待检定流量计、调节用流量计、调节阀、标准称量容器、标准液位计、工作阀、检定阀的检定

设备。

上位溢流压力容器是采用溢流结构获得稳定液位的密闭压力容器。压力贮液槽内的液体由循环泵注入上位溢流压力容器,注入的液体一部分经试验管段直接流至下位溢流压力容器,另一部分成为上位溢流压力容器的溢流经溢流管流回压力贮液槽。

下位溢流压力容器也采用溢流结构,但其液面上作用大气压力。压力贮液槽为密闭压力容器,其液面上与上位溢流压力容器的液面上均作用同样大小的气压(来自同一压缩空气源 P_0)。来自试验管段的液体在下位溢流压力容器内成为溢流。该溢流流进不需换向器的标准称量容器,流进容器的液体根据检定阀的启闭流至常压贮液槽或在容器内逐渐累积,常压贮液槽内的液体由增压泵经止回阀泵入压力贮液槽。标准称量容器配有能够高精度测量其液体液位的标准压力表。

2 检定装置的流体源

在计时时间内,流量标准检定装置的标准称量容器提供一个精确的液体累积值,并与同一时间内待检定流量计输出信号的累积值进行比对,进而得到待检定流量计的测量误差。由于流量标准检定装置实质上是以平均流量来代替瞬时流量去检定流量待检定流量计的,因此在计时时间内,检定介质的流量应当是稳定的,即流量标准检定装置必须有一个压力稳定的流体源。

考虑到水塔内处于溢流状态的水池能够获得稳定的水位(压力),但水塔高度的限制使其难以获得较高雷诺数的检定介质;容器稳压法中压力容器内的高压气体很容易使检定介质达到很高的雷诺数,但却难以获得较高的流量稳定性。因此,研制的流体源采用溢流结构的压力容器的方案。

要想在压力容器内实现溢流,则上、下位压力容器内必须作用相同大小的高压气体,才能保证上位压力容器的溢流顺利流入下位压力容器。为了达到对上位压力容器内溢流池液位稳定性的严格要求,就必须保证足够长的溢流堰,并将多余的液体通过堰顶流入堰槽,汇集成溢流排走,从而保证溢流池液位波动在设计范围之内。

为减少溢流池液位波动,还应保证溢流池容积在最大流量时,液体质点能在池内停留足够长的时间(该停留时间一般取 $3 \text{ min}^{[5]}$),以便循环泵从溢流池底部经消能器打入溢流池后,液体中夹带的气体有充裕的时间释放出去。如果时间过短,气体释放不彻底,

就会被夹带到试验管段内,使流量测量的分散性增大,精度亦达不到要求。溢流池的深度要保证口径最大的、通往试验管段的出水管在最大流量时不致因抽吸而在液面产生涡流。一般取 $h/DN_{\max} > 10$,如果溢流池最大的出水管管径 $DN_{\max} = 300 \text{ mm}$,则水箱深度以 $h > 3\ 000 \text{ mm}$ 为宜。

上位溢流压力容器与压力贮液槽在检定过程中的耗气量很少,因而为其供气的储气罐所配套的空气压缩机在检定过程中可以停机,以保证储气罐与两个压力容器内气压基本达到稳定一致。此时,增压泵为变频调速泵,液位控制装置可根据压力容器内的气压情况(高于或低于设定标准气压),减少或增加增压泵泵入压力贮液槽的液体量,以使压力容器内的气相空间增大或缩小,进而维持压力容器内的气压在设定值上。当压力贮液槽内的液位高于或低于规定的上下液位限时,贮液槽的上下液位开关动作,液位控制装置在接收到这个动作信号后,控制压缩空气源向压力容器充气或将容器内的多余气体放掉,使压力贮液槽内的液位重新回到增压泵可控的范围内。

在采取上述技术手段后,液体流量标准检定装置可以具有相当于水塔稳压流体源的流量稳定性,同时又避免了水塔稳压投资多、占据地面空间大、水塔高度限制难以达到高雷诺数的缺陷。

当该液体流量标准检定装置使用气动式夹表器、气动调节器以及气动关断阀等耗气型器件时,这些器件应使用另一储气罐供气,空气压缩机可以随时给该储气罐供气,从而避免影响压力容器内气压的稳定。

3 检定装置的检定

对于传统的静态法流量标准检定装置来说,换向器换入换出的双向切换过程对装置的检定精度影响很大,虽然在这方面已经做了很多改进工作,但由于换向器的双向切换过程不对称造成的误差仍是影响流量标准检定装置检定精度的主要因素^[6-7]。因此,要想进一步提高检定装置的检定精度,必须在不使用换向器的动态法上想办法。

在液体流量标准检定装置的检定过程中,一方面,整个计时时间段均选在液体流动处于稳定状态时;另一方面液体的动能冲击力由增加的一个下位溢流压力容器吸收,减小了动能冲击力对标准称量容器的影响。采取上述措施后,检定装置的检定误差主要取决于标准称量容器内液体体积或重量的测量误差。因此,该液体流量标准检定装置可以取得与静态法相当或更高的检定精度。

检定装置的工作过程如下。

开启工作阀和检定阀,启动循环泵和增压泵。流量调节器(图中未画出)以预定的检定流量点为给定值,由调节用流量计实测试验管段内的液体流量;流量调节器根据这个实测值与给定值之间的偏差进行控制运算,以与控制运算结果相关的调节器输出信号去调节调节阀开度,最后使试验管段内的流量稳定在检定流量点上。

当流量在该检定流量点上稳定后,关闭检定阀,标准称量容器内的液位上升,容器内的液位由标准压力表检测。避开检定阀关闭初期压力变化不稳定的时段,选择压力稳定上升的液位变化区间内的两个液位作为计时开始液位与计时结束液位。当液位上升到计时开始液位处时,计时开始;当液位继续上升到计时停止液位处时,计时停止,并重新开启检定阀。

体积流量公式为:

$$q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1)$$

式中: q_v 为体积流量; Δt 为计时时间; ΔV 为 Δt 计时时间内标准称量容器中液体的体积累积量。

如果检定阀关断后,在整个计时时间 Δt 内阀门的泄漏量为零或可忽略不计。由上述检定过程获得的 Δt 和 ΔV ,即可获得标准的体积流量 q_v ;并以此标准流量去比对试验管段上待检定流量计对应的输出信号值,即完成待检定流量计一个检定流量点的检定工作。

由于文中介绍的液体流量标准检定装置的制作成本虽然比使用水塔流量标准检定装置低,但需要的费用仍比较大,因此,仅做了一个小型样机(试验管段 DN20 口径)。在 5 个不同的流量点上,使用精度等级为 0.5 的涡轮流量计与标准称量容器分别对每一流量点进行了 15 次等精度计量。计量结果显示,标准称量容器计量数据的不确定度要比涡轮流量计精确 1~2 个精度等级,如表 1 所示。试验结果说明样机流体源

的流量稳定性是符合设计要求的。

表 1 流量标准检定装置的不确定度

Tab.1 Uncertainty of the flow standard calibration facility

检定流量点 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	不确定度 $\delta/\%$ (置信概率 $P=95\%$)	
	涡轮流量计	流量标准检定装置
0.000 5	0.37	0.076
0.001 0	0.39	0.079
0.001 5	0.40	0.084
0.002 0	0.45	0.080
0.002 5	0.44	0.102

4 结束语

在本文介绍的液体流量标准检定装置的流体源设计中,考虑了如何对水塔法和容积稳压法的优点兼收并蓄,并采用了无需换向器的动态法对流量计进行检定。与装置的流体源相比,容积稳压法的流体源和水塔法的流体源的压力稳定性更好,检定精度更高,占地面积更小、价格更低。因此,使用该装置可有效提高容积稳压法流体源的稳定性和动态法检定精度。小型样机的试验数据表明,该装置的原理可行,检定精度符合设计要求,易于实现检定的自动化,效率较高。

参考文献

- [1] 苏彦勋,盛健,梁国伟. 流量计量与测试[M]. 北京:中国计量出版社,1992.
- [2] 梁国伟,蔡武昌. 流量测量技术及仪表[M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [3] 孙向东,李斌,马宇峰. 静态容积法流量标准装置的架构[J]. 自动化仪表,2007,28(4):12-15.
- [4] 范玉久. 化工测量及仪表[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
- [5] 汤守先. 水塔稳压静态容积式水流量标准装置的设计[J]. 炼油化工自动化,1990(1):2-9.
- [6] 张玲艳,李鸣,张卫华. 静态容积法流量计检定系统的误差分析与研究[J]. 计量与测试技术,2006,33(8):33-35.
- [7] 孟涛,王池,陈晓铭. 流量装置中换向器检定方法的研究[J]. 计量学报,2008,29(5):420-422.
- [3] Timothy W A, Panos Y. Multicriteria optimization of anti-lock breaking system control algorithms [M]. New York: the Gordon and Brach Publishing Group, 1996.
- [4] 李林,李仲兴,陈昆山. 汽车 ABS 模糊控制方法的分析与仿真[J]. 江苏大学学报:自然科学版,2003,24(3):49-52.
- [5] 郭孔辉,王会义. 模糊控制方法在汽车防抱制动系统中的应用[J]. 汽车技术,2000(3):7-10.
- [6] 晏蔚光,李果,余达太,等. 基于模糊 PID 控制的汽车防抱制动系统控制算法研究[J]. 公路交通科技,2004,21(7):123-126.
- [7] 吴晓莉,林哲辉. MATLAB 辅助模糊系统设计[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2002.

(上接第 57 页)

相应的控制动作,提高了系统的实时性。在控制算法方面,本文采用了模糊 PID,由于其结合了模糊鲁棒性好和传统 PID 控制精度高的优点,控制效果较好。仿真结果显示,本文中的设计具有一定的实用价值。

参考文献

- [1] ABS 株式会社. 汽车制动防抱装置 (ABS) 构造与原理[M]. 李朝禄,译. 北京:机械工业出版社,1995.
- [2] 程军. 汽车防抱制动系统的理论与实践[M]. 北京:北京理工大学出版社,1999:109-128.