

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.02.13

任意范围工作玻璃浮计检测方法研究

王琰, 谢祖坤, 陶惠忠

(贵州黎阳航空动力有限公司 计量检测中心, 贵州 安顺 561114)

摘要: 从原理到应用为玻璃浮计的检测提供一种新的方法。这种方法可以满足各种全量限玻璃浮计的检测, 不仅包括规程规定的测量范围 $0.65 \sim 2.00 \text{ g/cm}^3$, 还适用于此范围之外的测量范围。

关键词: 玻璃浮计; 范围; 检测; 快速

中图分类号: TB933; TH82 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5795(2016)02-0046-02

Research of Testing Method of Work Glass Hydrometers in Any Range

WANG Yan, XIE Zukun, TAO Huizhong

(National Defense Industry 5212 Secondary Measurement Station, Anshun 561114, China)

Abstract: This paper provides a new method for glass hydrometers from theory to practice. The method can satisfy the verification for all kinds of hydrometers in all measurement ranges, including specification defined glass hydrometers that are within the range of $0.06 \sim 2.00 \text{ g/cm}^3$ and the glass hydrometers that are beyond the range of $0.06 \sim 2.00 \text{ g/cm}^3$.

Key words: glass hydrometer; rang; test; quick

0 引言

目前, 我国是按照 JJG 42-2011《工作玻璃浮计检定规程》进行玻璃浮计的检定, 主要检定/校准的方法有直接比较法和静力称量法。该规程规定了玻璃浮计适用的测量范围是 $0.65 \sim 2.00 \text{ g/cm}^3$, 超过这一范围, 这两种方法对玻璃浮计不适用。因此本文提出了一种测量与计算相结合的检测方法, 可以解决玻璃浮计在 $0.65 \sim 2.00 \text{ g/cm}^3$ 以外的检测问题。

1 玻璃浮计的工作原理

从阿基米德定律可知, 悬浮在液体中的物体所受到的浮力等于它自身的重量。如图 1 所示, 浮计共受 5 个力的作用: ①浮计受到的重力 $G_1 = mg$; ②弯月面受到的重力 $G_2 = sapg$; ③浮计浸入液体部分所受的液体浮力 $F_1 = (V_0 + LA)\rho g$; ④浮计干管露出空气部分所受的空气浮力 $F_2 = (V - V_0 - LA)\rho_0 g$; ⑤液体弯月面所受的空气浮力 $F_3 = sap_0 g$ 。

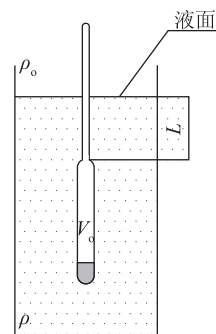


图 1 玻璃浮计测量的工作示意图

当力平衡时, 等式 $G_1 + G_2 = F_1 + F_2 + F_3$ 成立。代入整理得

$$m - V\rho_0 + sa(\rho - \rho_0) = (V_0 + LA)(\rho - \rho_0) \quad (1)$$

式中: m 为浮计的质量; V 为浮计体积; a 为液体毛细常数; s 为浮计干管的圆周长; ρ 为浮计浸入液体的密度; V_0 为浮计浸入液体的体积; A 为浮计截面积; ρ_0 为空气的密度。

式(1)中的 $(m - V\rho_0)$ 就是浮计质量 m 减去它在空气中因空气浮力而减少的质量, 用 m_0 表示。则式(1)变为

$$m_0 + sa(\rho - \rho_0) = (V_0 + LA)(\rho - \rho_0) \quad (2)$$

由于空气浮力和弯月面对玻璃浮计的密度值的影

收稿日期: 2016-01-06

作者简介: 王琰(1969-), 女, 工程师, 从事化学计量与检测工作。

响很小,可忽略不计,式(2)简化为

$$m_0 = (V_0 + LA)\rho \quad (3)$$

当浮计的形状参数(V_0 , D , L)确定后,就可以对浮计的刻度进行理论计算,其中, D 为玻璃浮计的直径。根据前面的分析,参见图2,可得

$$m_0 = (V_0 + LA)\rho_1 \quad (4)$$

$$m_0 = (V_0 + lA)\rho \quad (5)$$

$$m_0 = V_0\rho_2 \quad (6)$$

式中: ρ_1 , ρ , ρ_2 分别代表玻璃浮计上、中、下任意三点的密度值。

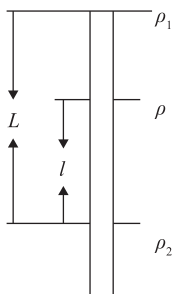


图2 玻璃浮计示意图

将式(6)分别代入式(4), (5)可得 $V_0 = \frac{LA\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} =$

$\frac{lA\rho}{\rho_2 - \rho}$, 即 $\frac{LA\rho_1}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{lA\rho}{\rho_2 - \rho}$, 整理得

$$l = L \cdot \frac{\rho_1(\rho_2 - \rho)}{\rho(\rho_2 - \rho_1)} \quad (7)$$

根据公式(7)可说明,如果我们已知两个密度值(ρ_1 , ρ),再利用千分尺测量长度 l 和 L 值,可推导出另外一点 ρ_2 的密度值。

任一玻璃浮计,其工作量限可表述为检定规程规定的 $0.65 \sim 2.00 \text{ g/cm}^3$ 量限范围内和超出此范围的两段。范围之内的密度值可按照检定规程要求进行检定;范围之外的任意点的密度值,就可以利用范围内已知两点密度值和可测的 l 和 L 值,按公式(7)计算

得到所需检测点的密度值。利用这种方法我们也可以对在检定规程范围外的小于 0.65 g/cm^3 低密度量程的石油密度计和高于 2.00 g/cm^3 的高密度计进行检测。

对于新购玻璃浮计的快速检测方法:直接通过千分尺测量三点的距离,根据公式(7)即可判断玻璃浮计是否合格,然后我们按检定规程要求只检玻璃浮计其中一点的密度值便可对整支玻璃浮计是否合格进行准确判断。

2 实例分析

2.1 检测的方法和结果

选取编号为116的玻璃浮计作为被校计,其范围为 $1.7 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$,检定/校准过程说明如下:

首先,严格地按检定规程对密度计进行清洗,以消除人为因素带来的误差(用重铬酸钾洗液清洗后,用蒸馏水冲洗数遍晾干);然后使用直接比较法用一等密度计对 1.7 g/cm^3 , 2.0 g/cm^3 两点进行检定。

浮计在使用过程中,由于温度、干管直径、检定液的不同会带来一定的误差,需要对温度毛细管常数进行修正(一等标准密度计与被检密度计放在同种环境中直接进行比较,用比对结果,加上一等密度计的修正值得出被检密度计的示值)。由于被检计与标准计的工作环境完全相同,而且被检计与一等标准的标尺温度均为 20°C (即标尺刻度为标准温度 20°C 时的刻度),所以可以不考虑温度代来的影响,毛细管常数带来的表面张力不同会有一定影响,但 1.7 g/cm^3 , 2.0 g/cm^3 两点进行检定时都修正到检定规程要求的溶液,那么干管直径不同带来的误差对工作管来说就非常小,可以忽略不计,检定结果如表1。用编号为2063和编号为1107的一等标准密度计检定编号为116的被校计(在密度为 1.7 g/cm^3 溶液中,用编号为2063的标准密度计;在密度为 2.0 g/cm^3 溶液中,用编号为1107的标准密度计)。

表1 直接比较法密度检定原始记录

比较液密度	标准计			被校计			差值	标准修正值	取修正值
	示数1	示数2	平均值	示数1	示数2	平均值			
1.7	1.6990	1.6990	1.69900	1.700	1.700	1.700	-0.00100	0.00005	-0.001
2.0	2.0010	2.0010	2.00100	2.002	2.002	2.002	-0.00100	-0.00040	-0.001

因此可以得到,编号为116的密度计 1.7 g/cm^3 的真值为 1.699 g/cm^3 , 2.0 g/cm^3 的真值为 1.999 g/cm^3 。

我们用游标卡尺测量标尺 1.7 g/cm^3 与 2.0 g/cm^3
(下转第63页)

压力表示值下降可补压后再加力拧紧截止阀,如继续下降则压力表泄漏,立即打开截止阀泄压,对压力表进行开壳查漏。

3.2 压力表指针偏转平稳性测试

压力表指针偏转平稳性测试可以在压力表预压进行预观察。预压指的是检定前对压力表进行加压至测量上限,然后降压至通大气。预压可使压力表传动、转换、放大机构及弹簧管等机械零件之间接触间隙充分减小,从而充分减小间隙晃动产生的示值误差。预压可使压力表弹性元件在示值误差检定前进行一次全过程的弹性变形和复原,从而可充分减小弹性后效产生的误差。

预压时必须时时切换观察标准器的显示及压力表指针偏转平稳性,降压时缓慢打开泄压阀,压力降至压力表测量上限 $1/3$ 时快速打开泄压阀将系统内气体排出。在预压加压、降压过程中观察指针偏转情况,如果指针未出现突然的停顿、小幅度的弹跳(卡跳),则压力表指针偏转平稳性符合要求。在预压加压过程中如发现压力表显示与标准器不同步或有卡跳,立即停止加压,迅速泄压,以防止标准器过载、损坏。

在判定压力表指针偏转平稳性时加压要缓慢,当

遇到卡跳点时可反复进行几次,以便最终确认。在反复确认卡跳点时应切断标准器与压力校验器的连接以确保标准器安全。

压力表指针偏转平稳性是压力表合格与否的必要条件之一,如果压力表指针偏转平稳性不符合要求,其它检定项目可以不继续进行。

4 结束语

压力表检定数据的读取与判定方法是否正确直接关系到压力表检定数据的正确与否,关系到压力表的检定结论,甚至关系到用表设备的安全,所以应高度重视,确保压力表检定准确可靠。

参 考 文 献

- [1] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 52-2013 弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表检定规程[S]. 北京:中国质检出版社, 2013.
- [2] 马平原, 迟琨. 数字压力计检定压力表时标准值的设定[J]. 中国计量, 2016(2): 114-115.
- [3] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 49-2013 弹性元件式精密压力表和真空表检定规程[S]. 北京:中国质检出版社, 2013.

(上接第 47 页)

之间的距离 4.766 cm , 已知 $\rho_1 = 1.699\text{ g/cm}^3$, $\rho = 1.999\text{ g/cm}^3$, $L = (l + 4.766)\text{ cm}$, 由公式(7)就可计算出密度值为 $2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 2.7\text{ g/cm}^3$ 的各值长度, 即可得到 $l_{2.1} = 1.286\text{ cm}$, $l_{2.2} = 2.455\text{ cm}$, $l_{2.3} = 3.523\text{ cm}$, $l_{2.4} = 4.501\text{ cm}$, $l_{2.5} = 5.396\text{ cm}$, $l_{2.6} = 6.233\text{ cm}$, $l_{2.7} = 7.002\text{ cm}$, 再用千分尺测量该段长度, 与计算值比较。反之, 用长度 $l_{i,j}$ 计算各点密度值的方法也成立。

2.2 检测方法的正确性

由于我们对该范围密度计的检定是建立在采用的直接比较法检定标定的两密度值, 再利用公式(7)进行测量计算, 因此, 误差的来源只与测量误差有关。游标卡尺的示值误差 0.02 mm , 根据以上计算结果可以看出, 密度计的刻度是非均匀性的, 我们选取 $l_{2.6} = 6.233\text{ cm}$, $l_{2.7} = 7.002\text{ cm}$ 最短的距离来分析, 两点之间的距离 $7.002 - 6.233 = 0.769(\text{ cm})$, 最小分度值之间的距离可以用内差法计算近似值: $\frac{0.769}{5} = 0.27(\text{ cm})$, 按密度计检定规程的要求, 其不确定度为 ± 1 个分度值,

0.27 cm (即为浮计的一个分度 0.02 g/cm^3), 而游标卡尺的示值误差 0.02 mm 为一个分度值的百分之一, 即 0.0002 g/cm^3 , 故游标卡尺测量带来的不确定度 $0.0002\text{ g/cm}^3 \ll 0.02\text{ g/cm}^3$ 。

通过以上分析可以得出: 使用直接比较与测量计算相结合进行检定/校准 $1.7 \sim 2.7\text{ g/cm}^3$ 密度计的方法是准确的(注: 对于一支密度计, 范围越大, 标尺间距越小, 测量误差的影响力越大)。

3 结论

为了满足各种量限的玻璃浮计的检测, 利用已知的两点密度值对其他的任意未知点采用测量计算相结合的方法进行检测, 可很好的实现对其全量限的玻璃浮计快速检定/校准之目的。

参 考 文 献

- [1] 蓑轮善藏. 密度和浓度[M]. 北京:中国计量出版社, 1981.
- [2] 国家质量监督检验检疫总局. JJG 42-2011 工作玻璃浮计检定规程[S]. 北京:中国质检出版社, 2011.