

质量法水表检定装置中对衡器计量性能要求的探讨

王松杰

兴安盟产品质量计量检验检测中心 内蒙古兴安盟 137400

摘要: 水表是计量行政部门重点监管的“民用三表”之一,属于强制检定的贸易结算类计量器具,又是督促人们节约用水、合理使用水资源的重要工具。水表的计量性能准确与否与城镇千家万户的切身利益密切相关。本文对质量法水表检定装置中对衡器计量性能要求进行探讨。

关键词: 质量法; 水表检定装置; 衡器

一、启停质量法检定装置检定水表的不确定度分析

现在以准确度等级Ⅲ级, $M_{\max}=500\text{kg}$, $M_{\min}=100\text{g}$, $d=100\text{g}$ 的电子称组成的水表检定装置检定一块2级LXS15 ($Q_3=2.5$, $R=80$)水表为例,按JJG162-2019《饮用冷水水表》中推荐的常用流量 Q_3 检定100L、分界流量 Q_2 及最小流量 Q_1 检定10L用水量的不确定度评定。检定过程中装置中温度测量系统测得水温为23.1℃。为简化评定,假设水的密度为1kg/L。启停质量法水表检定装置检定水表时,在一次测量过程中,根据电子秤的显示质量和水的密度,把显示质量换算到实际体积:

$$V_a = c \times \frac{M_a}{\rho}$$

式中: V_a 为检定用水的实际体积; M_a 为电子秤显示的质量; ρ 为检定用水的密度; c 为浮力修正系数。

1. 各不确定度分量的计算

1.1 由称量重复性引入的标准不确定度 u_1

采用100L用水量时,直接采用JJG539-2016《数字指示秤》计量性能要求,称量衡器重复性引入的 $MPE=\pm 50\text{g}$,半宽为50g,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则由重复性引入的标准不确定度 $u_1=50\text{g}/\sqrt{3}=28.8\text{g}$ 。采用10L用水量时,直接采用JJG539-2016《数字指示秤》计量性能要求,称量衡器重复性引入的 $MPE=\pm 25\text{g}$,半宽为25g,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则由重复性引入的标准不确定度 $u_1=25\text{g}/\sqrt{3}=14.4\text{g}^{[1]}$ 。

1.2 由启停效应引入的标准不确定度

根据相关资料,启停效应在100L用水量时引入的测量误差可以忽略不计。但在10L(较小用水量)时,启

停效应引入的测量误差可以达到0.1%,约10g,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则由启停效应引入的标准不确定度为: $u_1=10\text{g}/\sqrt{3}=5.8\text{g}$ 。

1.3 由检定装置测量误差引入的标准不确定度 u_3

采用100L用水量时,按JJG539-2016《数字指示秤》计量性能要求,该称量衡器100kg称量点 $MPE=\pm 50\text{g}$,半宽为50g,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则由重复性引入的标准不确定度 $u_3=50\text{g}/\sqrt{3}=28.8\text{g}$ 。采用10L用水量时,按JJG539-2016《数字指示秤》计量性能要求,该称量衡器10kg称量点 $MPE=\pm 25\text{g}$,半宽为25g,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则由重复性引入的标准不确定度 $u_3=25\text{g}/\sqrt{3}=14.4\text{g}^{[2]}$ 。

1.4 由补偿温度-水密度变化用测温仪测温不准引入的标准不确定度 u_4

本装置未配置测量检定用水密度的模块,仅配用PT100测温仪来测量水温,从而实现对用水密度的修正。测温仪检定证书给出的测量误差为 $\pm 1^\circ\text{C}$,根据温度-水密度变化的相关资料,1℃引起的水密度变化不超过0.3g/L,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则100L用水量时由温度测量不准引入的标准不确定度 $u_4=30\text{g}/\sqrt{3}=17.3\text{g}$;10L用水量时由温度测量不准引入的标准不确定度 $u_4=3\text{g}/\sqrt{3}=1.7\text{g}$ 。

1.5 由水表示值分辨力引入的标准不确定度 u_5

水表分度值为0.05L,读数时估读到1/5格,即0.01L $\approx 10\text{g}$,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则由其引入的标准不确定度 $u_5=10\text{g}/\sqrt{3}=5.9\text{g}$ 。在100L用水量时,该不确定度分量所占比重不大;在较小用水量时,该不确定度分量所占比重明显变大,而在1L用水量时将成为主要分量^[3]。

1.6 由空气浮力引入的标准不确定度 u_6

根据JJG162-2019《饮用冷水水表》的7.3.3.4d)要求,需对测量结果进行空气浮力修正,规程公式(2)

通讯作者简介: 王松杰,1974年11月,蒙古族,女,黑龙江齐齐哈尔,就职于兴安盟产品质量计量检测所,本科,邮编:137400,邮箱:nmwsj110@163.com,研究方向:力学,光学,衡器。

采用的空气浮力修正系数 $c=1.0011$ 。该项不确定度主要取决于使用介质的密度和实验室环境中空气的密度,系数 c 的最大允许误差为 ± 0.0001 ,按均匀分布,包含因子 $k=\sqrt{3}$,则由装置测量误差引入的标准不确定度在100L时, $u_6=(100000 \times 0.0001)/\sqrt{3}=5.8\text{g}$;在10L时, $u_6 \approx 0.6\text{g}$ 。

2. 扩展不确定度的计算

(1) Q3 流量点 (100L 用水量) 不确定度计算

Q3 流量点不确定度计算汇总表如表1所示,合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} = 46\text{g}$$

$U(Q_3) = k \times u_c = 92\text{g}$,取 $k=2$,Q3流量点的扩展不确定度为:

表1 Q3 流量点不确定度计算汇总表

序号	标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度值
1	u_1	称量重复性	28.8 g
2	u_2	启停效应	10 g
3	u_3	检定装置测量误差	28.8 g
4	u_4	测温仪测温不准	17.3 g
5	u_5	水表示值分辨率	5.8 g
6	u_6	空气浮力	5.8 g

(2) Q2、Q1 流量点不确定度计算汇总表如表2所示,合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} = 24\text{g}$$

取 $k=2$,Q2、Q1流量点的扩展不确定度为:

$$U(Q_1) = U(Q_2) = k \times u_c = 48\text{g}$$

表2 Q2、Q1 流量点不确定度计算汇总表

序号	标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度值
1	u_1	称量重复性	14.4 g
2	u_2	启停效应	10 g
3	u_3	检定装置测量误差	14.4 g
4	u_4	测温仪测温不准	1.73 g
5	u_5	水表示值分辨率	5.8 g
6	u_6	空气浮力	5.8 g

此时,Q2流量点10L的用水量已不符合JJG162-2019《饮用冷水水表》中7.1.1a)规定的“检定装置的扩展不确定度应不大于水表最大允许误差的五分之一”要求,需增加用水量。而厂家宣称的1L用水量更加达不到JJG162-2019《饮用冷水水表》要求。这与现实检定工作情况相符,笔者采用该检定装置用10L用水量检定8块水表,重复性条件下检定10次,每次均有2~3块表检定不合格。而这8块表在该计量所另一台启停容积法检定

装置上,采用同样的条件下进行检定,每次均检定合格^[4]。

(3) Q2 流量点 (10L 用水量) 不确定度计算 (采用30kg电子天平)。

(4) 当采用Max=30kg,Min=20g,d=2g的Ⅲ级电子天平检定10L用水量的Q2流量点时,Q2流量点(10L用水量)不确定度汇总表如表3所示。

Q2 流量点的合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2} = 15\text{g}$$

取 $k=2$,Q2流量点的扩展不确定度为:

$$U(Q_1) = U(Q_2) = k \times u_c = 30\text{g}$$

表3 Q2 流量点不确定度计算汇总表

序号	标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度值
1	u_1	称量重复性	5.8 g
2	u_2	启停效应	10 g
3	u_3	检定装置测量误差	5.8 g
4	u_4	测温仪测温不准	1.73 g
5	u_5	水表示值分辨率	5.8 g
6	u_6	空气浮力	5.8 g

此时,Q2流量点10L的用水量已符合“检定装置的扩展不确定度应不大于水表最大允许误差的五分之一”的要求。但仍达不到1L用水量的检定要求,启停效应将成为Q2、Q1流量点测量不确定度的主要影响因素^[5]。

二、结束语

通过上述分析,该水表检定装置并不能完全保证在最小流量下的水表检定准确性,在10L用水量检定Q2流量点时不符合JJG162-2019《饮用冷水水表》的要求,需配合加装一台Max=30kg,Min=20g,d=2g的Ⅲ级电子天平来解决这个问题,若用水量再减少,需要再提高电子天平的精度。可见质量法水表检定装置中对衡器精度的要求非常关键。

参考文献:

- [1]孟涛,李晨.JJG1113-2015《水表检定装置检定规程》解读[J].中国计量,2015(10):117-118.
- [2]国家质量监督检验检疫总局.JJG539-2016《数字指示秤检定规程》[S].北京:中国质检出版社,2016.
- [3]国家质量监督检验检疫总局.JJG1113-2015《水表检定装置检定规程》[S].北京:中国质检出版社,2015.
- [4]国家质量监督检验检疫总局.《标准金属量器检定规程》:JJG259-2005[S].北京:中国计量出版社,2005.
- [5]国家质量监督检验检疫总局.JJF1834-2020《非自动衡器通用技术要求》[S].北京:中国计量出版社,2020.