

热能表测量不确定度的评估

The Evaluation of Uncertainty in Heat Meter Measurement

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

山东计量测试学会

发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 概述	1
5 热水流量标准装置不确定度评定	1
6 计算器及配对传感器不确定度评定	1
7 测量不确定度的报告	1

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东计量测试学会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

热能表测量不确定度评估

1 范围

本文件规定了热能表测量不确定度评估的术语和定义、评定方法等内容。
本文件适用于热能表测量不确定度的评估。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1059 测量不确定度的评定与表示

JJG 225 热能表检定规程

3 术语和定义

3.1 测量重复性 measurement repeatability

在一组重复性测量条件下的测量结果精密度。

3.2 测量不确定度 measurement uncertainty

根据所用到的信息，表征赋予被测量量值分散性的非负参数。

3.3 标准不确定度 standard uncertainty

以标准偏差表示的测量不确定度。

3.4 扩展不确定度 expanded uncertainty

合成标准不确定度与一个大于1的数字因子的乘积。

4 概述

4.1 测量依据：JJG225-2001《热能表检定规程》。

4.2 环境条件：环境温度 15℃～35℃；

相对湿度 15%～85%；

大气压力一般为（86～106）kPa。

4.3 计量标准：0.2 级热能表检定装置。

4.4 被测对象：2 级热能表。

4.4 测量方法：用流量调节阀将流量调到对应的流量点，并将水温调到检定温度范围（50±5）℃内，

稳定运行 10 分钟，关闭水流量，记录流量传感器的示值，并将秤的示值清零，启动水流量。当秤的示值达到预先的规定值时，关闭水流，记录流量传感器的示值，水温，待容器内水面波动稳定后，记录秤的示值，并根据测量过程中的水温计算出流过被测流量传感器的标准体积量。

5. 热水流量标准装置

5.1 测量模型

$$V_N = \frac{M}{\rho_{W(t_w)}} K_K \cdot K_C$$

式中： V_N ——流过水体积
 M ——水体积称量值
 $\rho_{W(t_w)}$ ——测量过程中在 t_w 温度下被检表处水密度
 K_K ——空气浮力修正系数

$$K_K = \frac{1 - \frac{\rho_A}{\rho_m}}{1 - \frac{\rho_{AB}}{\rho_W}}$$

式中： ρ_A ：称量容器外空气密度；（1.20 kg/m³）
 ρ_{AB} ：称量容器中空气密度；（1.14 kg/m³）

$$K_C = 1 - \frac{A_C}{A_L}$$

ρ_W ：水密度；（988 kg/m³）
 ρ_m ：标准砝码密度；（8000 kg/m³）
 $K_K=1.0010$

K_C ：插入称量容器中管道修正系数

式中： A_C ：插入管截面积
 A_L ：称量容器面积

5.2 热水流量标准装置的不确定度分量

5.2.1 标准装置引起的不确定度 u_1

标准装置的准确度等级为 0.2 级，服从均匀分布，则其标准不确定度为：

$$u_1 = 0.2\% / \sqrt{3} = 0.115\%$$

5.2.2 衡器的分辨力的不确定度 u_2

使用分辨力为 0.01kg 的天平对热量表的带来的不确定度如下：

$$u_2 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} \times 100\% = 0.289\%$$

5.2.3 被检表处温度测量的不确定度带来的密度修正的不确定度 u_3

纯水的密度 ρ_w 可通过下式计算：

$$\rho_w(t_w, p_w) = (\rho_{wde} + K_{\rho_w})(1 - \gamma_w \delta_{t_w})(1 + \chi_w \delta_{p_w})$$

查表值 ρ_{wde} 的不确定度可忽略不计。因实际使用水存在不定程度的污染会引起水密度的变化，其修正系数 K_{ρ_w} 由定期对水的检测结果得出，其不确定度可通过 K_{ρ_w} ，测量结果的不确定度与变化后的水密度来估测，取其极限值 0.05%，则：

$$u(K_{\rho_w})/\rho_w = 0.05\% / \sqrt{3} = 0.03\%$$

温度对密度的相对不确定度的影响是由 $\gamma_w \delta_{t_w}$ 决定的。水的热系数 γ_w 在 50℃ 附近的值约为 $0.00054^\circ\text{C}^{-1}$ 。被测表处温度的误差 δ_{t_w} 可由温度计的误差限来估算，我们取 $\delta_{t_w} = \pm 0.5^\circ\text{C}$ ，则：

$$u(\gamma_w \delta_{t_w}) = \frac{0.00054 \times 0.5}{\sqrt{3}} \cdot 100\% = 0.02\%$$

水的压缩性影响很小，其压缩系数为 $\chi_w = 0.0005\text{MPa}^{-1}$ ，因装置最大工作压力通常不会超过 0.4MPa，可得出 $u(\chi_w \delta_{p_w}) \leq 0.01\%$ 。

这样可求出水的密度的相对标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{u(\rho_w)}{\rho_w} = \sqrt{\frac{u^2(K_{\rho_w})}{\rho_w^2} + u^2(\gamma_w \delta_{t_w}) + u^2(\chi_w \delta_{p_w})} = 0.04\%$$

5.2.4 被检表的分辨力的不确定度 u_4

被检表的分辨力引起的不确定度如下：

$$u_4 = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} \times 100\% = 0.0289\%$$

5.2.5 被检表的重复性的不确定度 u_5

以 2 级热能表的流量传感器在 q_b 流量下的检定为例，在 50℃ 水温下进行 10 次重复测量，测得 10 组示值误差为：0.81%，0.85%，0.92%，0.80%，0.97%，0.86%，0.88%，0.82%，0.82%，0.94%，则重复性的测量不确定度： $u_5 = 0.059\%$ 。

由于重复性引入的标准不确定度分量大于分辨力引入的标准不确定度分量，故不考虑分辨力引入

的标准不确定度。

5.3 合成标准不确定度评定 u_c

通过以上的分析，将各分量列表如下

序号	各输入量符号 $u(x_i)$	不确定度来源	各输入分量(%)	概率分布
1	u_1	标准装置	0.115	均匀分布
2	u_2	衡器的分辨力的不确定度	0.289	均匀分布
3	u_3	密度修正的不确定度	0.04	均匀分布
4	u_5	被检表的重复性的不确定度	0.059	均匀分布

且由于各量之间不关联，则：

$$u_c = \sqrt{\sum u^2(x_i)} = 0.298\%$$

5.4 扩展不确定度的评定

扩展不确定度： $U_{k=2} = k u_c = 0.60\%$ ， $k=2$

6. 计算器与配对温度传感器

6.1 数学模型

热能表的热量计算公式如下：

$$Q = \int_0^t q_m \cdot \Delta h \cdot dt = m \cdot \Delta h$$

式中， Q —释放的热量；

q_m —热能表中载热体的质量流量；

Δh —热交换系统中入口温度与出口温度对应的载热液体的比焓值差。

$$Q = f(t_1, t_2, m)$$

6.2 各输入量的标准不确定度分量的评定

由于采用模拟流量测量方法，所以流量参数不引入不确定度分量。各引入不确定度的分量如下：

6.2.1 标准铂热电阻带来测量不确定度 u_{k1}

由二等标准铂热电阻检定规程可知在 $0^\circ\text{C} - 100^\circ\text{C}$ 的测温范围内二等标准铂热电阻的最大误差 $< 0.02^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布，则：

$$u_{k1} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012^\circ\text{C}$$

6.2.2 恒温槽温场不均匀及稳定性带来的不确定度 u_{k2}

根据恒温槽校准证书中提供的数据，该恒温槽的最大温差为 0.01°C ，服从均匀分布，则：

$$u_{k2} = \frac{0.01}{\sqrt{3}} = 0.006^{\circ}\text{C}$$

6.2.3 电阻测量设备电阻测量带来不确定度 u_{k3}

由标准温度表的说明书可知：该表一年内的基本误差为 $\pm 0.02^{\circ}\text{C}$ ，服从均匀分布，则：

$$u_{k3} = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.012^{\circ}\text{C}$$

6.2.4 被检表的分辨力带来的不确定度 u_{k4}

$$u_{k4} = \frac{0.001}{2\sqrt{3}} = 0.0003^{\circ}\text{C}$$

6.3 合成标准不确定度

通过以上的分析，将各分量列表如下

序号	各输入量符号 $u(x_i)$	不确定度来源	各输入分量 ($^{\circ}\text{C}$)
1	u_{k1}	标准铂热电阻带来测量不确定度	0.12
2	u_{k2}	恒温槽温场不均匀及稳定性带来的不确定度	0.006
3	u_{k3}	电阻测量设备电阻测量带来不确定度	0.012
4	u_{k4}	被检表的分辨力的不确定度	0.0003

上述各分量均化为相对不确定度，且由于各量之间不关联，采用如下形式进行合成：

$$u_c = \sqrt{\sum u^2(x_i)} = 0.121^{\circ}\text{C}$$

6.4 扩展不确定度的评定

扩展不确定度： $U = ku_c = 0.24^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$

7 测量不确定度报告

通过对热能表检定装置进行评定，得到如下不确定度报告：

热水流量标准装置： $U_{rel} = 0.60\%$ ， $k=2$ ；

配对温度传感器及计算器： $U = 0.24^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 。

《热能表测量不确定度评估》 (征求意见稿)团体编制说明

一、工作情况

1、任务来源

为了加强测量不确定度的研究与应用，满足计量检定、测试领域的需求，济宁市质量计量检验检测研究院根据《山东计量测试学会团体标准管理办法》提出制定《热能表测量不确定度评估》团体标准。

2、制定背景

测量结果的表述、仪器设备的技术指标、合格判定、计量比对、技术报告的填写等都离不开测量不确定度。该标准规定了热能表示值误差校准结果测量不确定度评定的方法，用来指导校准结果的不确定度和校准测量能力（CMC）的评定与表示。起草过程

编制标准的过程中，我们认真研究国情，联合多家热能表的生产企业，与国内从事热能表计量检定工作的相关专家、学者们进行了广泛的交流和探讨，并得到了他们的大力支持和帮助，为我们制定团体标准大纲奠定了基础。

2023年5月成立起草组，制定标准起草工作计划。

2023年9月，完成了征求意见稿初稿。

二、编制原则、主要内容及其确定依据

1、编制原则

本团体标准坚持科学、合理、实用的原则，按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

2、主要内容及其确定依据

标准明确了热能表测量不确定度评定的适用条件，详细规定了测量不确定度的评定过程和方法。能够确保上述内容较为科学、规范，供技术机构借鉴使用。

本标准在编制格式上执行了GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》，主要内容包括1 范围、2 规范性引用文件、3 术语和定义、

4 概述、5 热水流量标准装置不确定度的评定、6 计算器及配对传感器不确定度评定、7 测量不确定度的报告。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期达到的经济社会效益、对产业发展的作用等情况

该标准的制定规范了膜式燃气表测量不确定度的用语、计算方法、表述方法的统一，为测量结果的不确定度评定、校准测量能力（CMC）的评定与表示等文件的填写提供了技术依据。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况。

本标准依据 JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1059《测量不确定评定与表示》、JJG225《热能表检定规程》的要求进行编写。

五、与有关的现行相关法律、法规和强制性标准的关系

本标准与现行的国家标准、行业标准相协调。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无

七、标准中涉及专利的情况

无

八、实施标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准为山东计量测试学会团体标准，供学会会员采用，其他单位自愿采用。由相应专委会组织实施。

九、其他应予说明的问题