

JJG

中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 225—2001

热 能 表

Heat Meters

2001--12--04 发布

2002--03--01 实施

国家质量技术监督局 发布

归口单位： 全国流量、容量计量技术委员会

主要起草单位： 中国计量科学研究院

参加起草单位： 北京市计量测试所

辽宁省计量测试所

山东省计量测试所

大庆联谊伟华高科技有限公司

广州柏诚智能科技有限公司

清华同方有限公司

本规程委托全国流量、容量计量技术委员会解释

本规程主要起草人： 王东伟、邱萍（中国计量科学研究院）

本规程参加起草人： 翟秀贞（中国计量科学研究院）

张立谦（北京市计量测试所）

臧立新（辽宁省计量测试所）

谷祖康（山东省计量测试所）

何绍文（大庆联谊伟华高科技有限公司）

谭文胜（广州柏诚智能科技有限公司）

吕瑞峰（清华同方有限公司）

目录

- 1 范围
- 2 引用文献
- 3 术语与定义
- 4 概述
- 5 计量性能要求
- 6 通用技术要求
- 7 计量器具控制

附录 1 定型鉴定及样机试验

附录 2 水的焓值密度表

附录 3 热系数表

1 范围

本规程适用于热量表的首次检定、后续检定、使用中检验、定型鉴定及样机试验。用于计量所吸收热量的热量表的检定，可参考本规程。

2 引用文献

本规程引用下列文献

1. OIML R75-1999 热量表(草案)
2. EN1434-1997 热量表
3. JJF1002-1998 国家计量检定规程编写规则
4. GB2423-1989 电工电子产品基本环境试验
5. GB6587-1986 电子测量仪器环境试验
6. GB/T17626-1998 电磁兼容试验和测量技术
7. GB/T8622-1997 工业铂电阻温度传感器
8. GB/T778.3-1996 冷水水表 第3部分：试验方法和试验设备

使用本规程时应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语与定义

3.1 热量表 Heat meter

用于测量及显示热交换回路中载热液体所释放的热量的计量器具。热量表用法定计量单位显示热量。

3.1.1 组合式热量表 Combined heat meter

由独立的流量传感器、配对温度传感器和计算器组合而成的热量表。

3.1.2 一体式热量表 Complete heat meter

由流量传感器、配对温度传感器和计算器组成，而组成后全部或部分不可分开的热量表。

3.2 热量表的组成部件 Sub-assemblies of a heat meter

3.2.1 流量传感器 Flow sensor

在热交换回路中用于产生载热液体的流量信号，该信号是载热液体体积或质量的函数，也可是体积流量或质量流量的函数。

3.2.2 配对温度传感器 Temperature sensor pair

在热交换回路中用于同时采集载热液体在入口和出口的温度信号。

3.2.3 计算器 Calculator

用于接收流量传感器和配对温度传感器的信号，并进行计算、累积、存储和显示热交换回路中释放的热量。

3.3 标称运行条件 Rated operating conditions

3.3.1 温度范围限 Limits of temperature range

3.3.1.1 温度范围上限 θ_{\max} θ_{\max} is the upper limit of the temperature range

流经热量表的载热液体的最高允许温度，在此温度下热量表不超过最大允许误差。

3.3.1.2 温度范围下限 θ_{\min} θ_{\min} is the lower limit of the temperature range

流经热量表的载热液体的最低允许温度，在此温度下热量表不超过最大允许误差。

3.3.2 温差限 Limits of temperature difference

3.3.2.1 温差 $\Delta \theta$ $\Delta \theta$ is the temperature difference

热交换回路中载热液体入口温度和出口温度之差。

3.3.2.2 温差上限 $\Delta \theta_{\max}$ $\Delta \theta_{\max}$ is the upper limit of the temperature difference

最大允许温差，在此温差下且在热功率上限值内，热量表不超过最大允许误差。

3.3.2.3 温差下限 $\Delta \theta_{\min}$ $\Delta \theta_{\min}$ is the lower limit of the temperature difference

最小允许温差，在此温差下，热量表不超过最大允许误差。

3.3.3 流量限 Limit of flow-rate

3.3.3.1 流量上限 q_s q_s is the upper limit of the flow-rate

热量表不超过最大允许误差能够短期运行 (<1 小时/天及 <200 小时/年) 的最大流量。

3.3.3.2 常用流量 (额定流量) q_p q_p is the permanent flow-rate

热量表在不超过最大允许误差下可连续运行的最大流量。

3.3.3.3 最小流量 q_i q_i is the lower limit of the flow-rate

热量表在不超过最大允许误差下运行的最小流量。

3.3.4 热功率限 P_s P_s is the upper limit of the thermal power

热量表在不超过最大允许误差下运行的最大热功率。

3.3.5 最大允许工作压力 Maximum admissible working pressure (MAP)

热量表在上限温度下运行可持久承受的最大压力。

3.3.6 最大压损 ΔP ΔP is maximum pressure loss

热量表在常用流量下运行时，载热液体流过热量表所产生的压力损失。

3.3.7 最大允许误差 Maximum permissible error (MPE)

热量表所允许误差的极限值。

3.4 分量检定

将组成热量表的流量传感器的参数、温度传感器的参数和积算仪的参数视为热量的分量，按照分量或分量组合分别检定的方法称为分量检定。

3.5 总量检定

对热量表的热量值直接进行检定的方法称为总量检定。

4 概述

4.1 工作原理

热量表的工作原理是：将配对温度传感器分别安装在热交换回路的入口和出口的管道上，将流量传感器安装在入口或出口管上。流量传感器发出流量信号，配对温度传感器给出入口和出口的温度信号，计算器采集流量信号和温度信号，经过计算，显示出载热液体从入口至出口所释放的热量值。

4.2 结构

热量表主要由流量传感器、配对温度传感器和计算器组成。

热量表按结构类型一般可分为一体式热量表和组合式热量表。

4.3 热量的计算公式

热量的计算公式有下面两种形式

$$Q = \int_0^t q_m \cdot \Delta h \cdot dt \dots\dots\dots (1)$$

式中： Q——释放的热量[kJ]
q_m——流经热量表中载热液体的质量流量[kg/s]
Δh——热交换回路中入口温度与出口温度对应的载热液体的比焓值差 [kJ/kg]，水的焓值密度表见附录 2。
t——时间[s]

$$Q = \int_0^V k \cdot \Delta \theta \cdot dV \dots\dots\dots (2)$$

式中：Q——释放的热量[J]或[kWh]
V——载热液体流过的体积[m³]
 $\Delta\theta$ ——热交换回路中载热液体入口处和出口处的温差[°C]
k——热系数，它是载热液体在相应温度、温差和压力下的函数[J/m³°C]或[kWh/m³°C]，水的热系数 k 值见附录 3。

注 1：查热系数表时，允许线性内插。

注 2：式中的体积计量位置是在热交换回路的出口处，否则，应进行密度修正。

注 3：附录 3 热系数 k 值的计算公式来源于欧洲标准 EN1434 《热量表》

5 计量性能要求

5.1 流量传感器的密封性和强度

应能承受密封性和水压强度试验，无泄漏，渗漏或损坏。

5.2 热量表的准确度等级

5.2.1 按总量检定时，准确度等级及最大允许相对误差 E 列在表 1 中。

表 1

1 级	2 级	3 级
$E = \pm \left(2 + 4 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \%$ $E_q = \pm \left(1 + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \%$ 且 $\leq \pm 5\%$	$E = \pm \left(3 + 4 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} + 0.02 \frac{q_p}{q} \right) \%$	$E = \pm \left(4 + 4 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} + 0.05 \frac{q_p}{q} \right) \%$

注：对 1 级表 $q_p \geq 100\text{m}^3/\text{h}$

5.2.2 按分量检定时，各分量的准确度等级及最大允许相对误差 E 列在表 2 中

表 2

	流量传感器误差限 E_q	配对温度传感器误差	计算器误差限 E_G
1 级	$\pm \left(1 + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \%$ 且 $\leq \pm 5\%$	配对温度传感器的温差误差限 E_θ 应满足： $\pm \left(0.5 + 3 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} \right) \%$	$\pm \left(0.5 + \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} \right) \%$
2 级	$\pm \left(2 + 0.02 \frac{q_p}{q} \right) \%$ 且 $\leq \pm 5\%$	对单支温度传感器温度误差应满足： $\pm (0.30 + 0.005 \theta) \text{°C}$	
3 级	$\pm \left(3 + 0.05 \frac{q_p}{q} \right) \%$ 且 $\leq \pm 5\%$		

注：对 1 级表 $q_p \geq 100\text{m}^3/\text{h}$

5.3 使用中热量表的误差限为上述误差限的 2 倍（即最大允许误差的 2 倍）

5.4 非叶轮式的流量传感器的重复性 E_r

非叶轮式的流量传感器的重复性应不大于最大允许误差的一半。

注：对于叶轮式的流量传感器，可以不做重复性。

5.5 热量表的温差下限 $\Delta\theta_{\min}$ 一般为 3°C

5.6 流量传感器的最大压降 ΔP 不应超过 25kPa

6 通用技术要求

6.1 热量表外壳应涂层均匀，无裂纹、毛刺等表面缺陷，壳体应能防水、尘侵入，并用箭头

标出载热液体流动的方向。

6.2 热量表应有铭牌，铭牌上应注明：厂名或注册商标、口径、型号与编号、CMC 标志、 q 的测量范围、 θ 的测量范围、 $\Delta\theta$ 的测量范围、最大允许工作压力、准确度等级、环境等级、制造年月、安装位置（管道入口或出口）、水平安装或垂直安装（如有必要）。

注：环境等级为

A 级环境（户内安装）

环境温度为 $+5^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ；通常湿度；通常的电气和电磁状态。

B 级环境（户外安装）

环境温度为 $-25^{\circ}\text{C}\sim+55^{\circ}\text{C}$ ；通常湿度；通常的电气和电磁环境；低机械状态。

6.3 新制造的热量表应具有产品合格证及使用说明书。使用中和修理后的热量表还应具有检定合格证书。

6.4 热量表显示要求

6.4.1 热量表应至少能显示热量，累积流量，载热液体入口温度和出口温度。热量的显示单位用 J 或 Wh 或其十进制倍数。累积流量的显示单位用 m^3 。温度的显示单位用 $^{\circ}\text{C}$ 。显示单位应标在不宜混淆的地方。

6.4.2 热量表应在最大热功率下持续 3000 小时而不超量程地显示热量，并在最大热功率下工作 1 小时而热量显示的最小位数至少步进一位。

6.4.3 显示数字的可见高度不应小于 4mm。

6.4.4 显示分辨率

6.4.4.1 使用时显示分辨率

热量：1kWh 或 1MJ；累积流量： 0.01m^3 ；温度： 0.1°C 。

6.4.4.2 检定时显示分辨率

对于 DN15 和 DN20 的热量表，热量：一般为 0.001kWh 或 0.001MJ；累积流量：一般为 0.00001m^3 ；温度： 0.1°C

注 1：达不到上述要求的热量表应设计有接口并配有接线，检定时可以使分辨率提高至上述要求。

注 2：对于其它口径的热量表，热量和累积流量的显示分辨率应满足检定分辨率的要求。

6.4.5 热量表通载热液体，平稳地运行几分钟后应进入正常运行，当载热液体不流时，热量显示值应不变。

6.5 影响热量表计量的可拆部件应有可靠的封印，封印必须是有效的。

6.6 热量表的材料与结构

构成热量表的所有部件应有坚固的结构，在规定的温度条件下，与载热液体接触的热量表的材料应具有相应的机械强度和足够的耐磨强度，并能正常工作。热量表中，凡与载热液体接触的部件、材料应能耐载热液体和大气的腐蚀或有可靠的防腐层。

7 计量器具控制

7.1 首次检定、后续检定、使用中检验

检定结果应符合第 5、6 条的规定。

7.2 检定条件

7.2.1 主要检定设备

主要检定设备列于表 3 中，恒温槽的温场要求列于表 4 中。

表 3

总量检定	分量检定		
	流量传感器	配对温度传感器	计算器

热水流量标准装置 耐压试验设备 恒温槽 二等标准铂电阻温度计	热水流量标准装置 耐压试验设备	恒温槽 二等标准铂电阻温度计	信号发生器 标准电阻箱
---	--------------------	-------------------	----------------

表 4

名称	测量范围℃	工作区域最大温差℃	工作区域水平温场℃
恒温水槽	1~95	0.02	0.01
恒温油槽	90~200	0.03	0.015

7.2.2 热水流量标准装置的扩展不确定度(k=2)应小于等于热量表最大允许误差的三分之一，标准电阻箱的扩展不确定度(k=2)应小于等于热量表最大允许误差的五分之一。也可采用标准热量表作为标准，标准热量表的扩展不确定度(k=2)应小于等于热量表最大允许误差的三分之一。标准热量表应在热水装置上检定。对于其它原理的标准器，如果其不确定度能够满足要求，也可以使用。

7.2.3 热量标准装置应具有测量压力损失的功能

7.2.4 环境及外部要求

大气温度一般为(15~35)℃；

大气相对湿度一般为(15~85)%；

大气压力一般为(86~106)kPa；

供电电源：电源电压为 187V~242V；电源频率为(50±1) Hz；

外界磁场干扰应小到对热量表的影响可忽略不计。

7.2.5 被检热量表实验前在实验室存放不少于 2 小时。

7.3 检定项目

热量表的检定项目列于表 5 中

表 5

序号	检定项目	检定类别		
		首次检定	后续检定	使用中检验
1	外观检查	+	+	+
2	运行检查	+	+	+
3	密封性检查	+	+	
4	最大允许误差试验	+	+	+
5	重复性试验	+	+	

注：+——表示应检定

7.4 检定要求

7.4.1 总量检定法

按总量检定的热量表应至少在以下三种情况下进行检定。在每一种情况下，选择给定范围内的一温差、一流量点并在(50±5)℃的水温下进行检定。

1) $\Delta\theta_{\min} \leq \Delta\theta \leq 1.2\Delta\theta_{\min}$ 和 $0.9q_p \leq q \leq q_p$

2) $10 \leq \Delta\theta \leq 20$ 和 $0.2q_p \leq q \leq 0.22q_p$ ；

3) $\Delta\theta_{\max} - 5 \leq \Delta\theta \leq \Delta\theta_{\max}$ 和 $q_i \leq q \leq 1.1q_i$

7.4.2 分量检定法

7.4.2.1 流量传感器

检定流量传感器时，应在下列每个流量范围内选一流量点并在(50±5)℃的水温下进行检定

1) $q_i \leq q \leq 1.1q_i$

2) $0.1q_p \leq q \leq 0.11q_p$

1) $0.9q_p \leq q \leq 1.0q_p$

如果提供了型式批准证书及可说明室温下和 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 下流量传感器的对比性能的试验报告，可在室温下进行检定。

7.4.2.2 配对温度传感器

配对温度传感器的每个温度传感器，应在同一个恒温槽内，在下列的每个温度范围内选一温度点进行检定

1) $\theta_{\min} \sim (\theta_{\min} + 10^\circ\text{C})$ (当 $\theta_{\min} < 20^\circ\text{C}$ 时) 或 $(35 \sim 45)^\circ\text{C}$ (当 $\theta_{\min} \geq 20^\circ\text{C}$ 时)

2) $(45 \sim 55)^\circ\text{C}$ (常温型) 或 $(75 \sim 85)^\circ\text{C}$ (高温型)

3) $(\theta_{\max} - 5^\circ\text{C}) \sim \theta_{\max}$

配对温度传感器的两个温度传感器，应在温度不同的两个恒温槽内，在下列的每个温差范围内选一温差点进行检定

1) $\Delta \theta_{\min} \leq \Delta \theta \leq 1.2 \Delta \theta_{\min}$

2) $10^\circ\text{C} \leq \Delta \theta \leq 20^\circ\text{C}$

3) $(\Delta \theta_{\max} - 5^\circ\text{C}) \leq \Delta \theta \leq \Delta \theta_{\max}$

注 1: 做温差试验时，高温端温度应在 $(\theta_{\max} - 5^\circ\text{C}) \sim \theta_{\max}$ 范围内

注 2: $\Delta \theta_{\min}$ 一般为 3°C

7.4.2.3 计算器

计算器必须在表 6 中给定的模拟温度及温差下检定

表 6

	温度($^\circ\text{C}$)	温差($^\circ\text{C}$)
1	$\theta_{\min} \leq \theta_d \leq \theta_{\min} + 5$	$\Delta \theta_{\min}, 5, 20, \Delta \theta_{\text{ref}}$
2	$\theta_d = \theta_{\text{ref}} \pm 5$	$\Delta \theta_{\min}, 5, 20,$
3	$\theta_{\max} - 5 \leq \theta_e \leq \theta_{\max}$	$20, \Delta \theta_{\text{ref}}, \Delta \theta_{\max} - 5$

注 1: θ_d 为出口温度; θ_e 为入口温度;

$$\theta_{\text{ref}} = \frac{\theta_{\min} + \theta_{\max}}{2};$$

$$\Delta \theta_{\text{ref}} = \frac{20 + \Delta \theta_{\max}}{2}$$

注 2: 模拟流量信号应不超过计算器可接收的最大值。

7.4.3 计算公式

7.4.3.1 热量相对误差 E_i 与 E_Q 计算公式

$$E_i = \frac{Q_{di} - Q_{ci}}{Q_{ci}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$E_Q = (E_i)_{\max} \dots\dots\dots (4)$$

式中 Q_{di} 、 Q_{ci} ——分别表示第 i 点指示值与约定真值;

7.4.3.2 重复性 E_r 计算公式

$$E_j = \frac{V_{dj} - V_{cj}}{V_{cj}} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中, V_{dj} 和 V_{cj} ——分别表示在流量 q_p 下流量传感器第 j 次 ($j=1, 2, 3$) 检定的体积示值和约定真值

$$E_{\max} = (E_j)_{\max} \dots\dots\dots (6)$$

$$E_{\min} = (E_j)_{\min} \dots\dots\dots (7)$$

$$E_r = E_{\max} - E_{\min} \dots\dots\dots (8)$$

7.5 检定方法

7.5.1 外观检查

用目测法检查热量表的外观及文件，其结果应符合第 6 条的规定。

7.5.2 运行检查

将热量表安装在热量标准装置上，通水几分钟后，目测法检查，然后切断水流，再目测检查，其结果应符合第 6.4 条的有关规定。

7.5.3 密封性试验

将热量表安装在热量标准装置上，通温度为 $(60 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的热水五分钟以上，同时将压力调节为该装置的公称压力，然后关闭出水阀，10 分钟后用目测法检查。其结果应符合 5.1 条的有关要求。

7.5.4 热量表的分量检定（以质量法流量标准装置为例）

7.5.4.1 流量传感器

1) 检定时水温与流量点按第 7.4.1.1 条的规定。

2) 每个流量点一般检定 1 次，如果第一次的 E 大于最大允许误差，允许再补做 2 次，以 3 项试验的算术平均值做为流量传感器的示值。

3) 将流量传感器安装到装置上，通水使其平衡地运行一段时间。

4) 用流量调节阀将流量调到第 i 个流量点，并将水温调到检定温度范围，稳定运行 10 分钟；记录流量传感器初始值 V_{0i} 和秤初始值 m_{0i} ，起动换向器，切换水流，使水流注入称量容器。当秤的示值达到预先规定的值时，切换水流，记录流量传感器的终止值 V_{1i} 、水温 T_{1i} 与室温，待容器内水面波动稳定后，记录秤终止值 m_{1i} 。

5) 计算流过流量传感器的体积量 V_{ci}

$$V_{ci} = \frac{M_i}{\rho_i} \cdot C_{fi} \dots\dots\dots (9)$$

$$M_i = m_{1i} - m_{0i} \dots\dots\dots (10)$$

$$C_{fi} = \frac{\rho_i(\rho_b - \rho_a)}{\rho_b(\rho_i - \rho_a)} \dots\dots\dots (11)$$

式中： M_i ——第 i 检定点检定时载热液体的质量 kg

ρ_i ——第 i 检定点检定时载热液体的密度 kg/m^3 （可查表）

C_{fi} ——第 i 检定点检定时浮力修正系数

ρ_b ——所用砝码的密度 kg/m^3

ρ_a ——空气密度 kg/m^3

6) 流量传感器各流量点示值误差按式 (12) 计算

$$E_i = \frac{V_{di} - V_{ci}}{V_{ci}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

$$V_{di} = V_{1i} - V_{0i} \dots\dots\dots (13)$$

7) 重复第 4) 步骤，调节流量，直到完成全部流量点检定。

8) 流量传感器的示值误差按式 (14) 计算

$$E_V = (E_i)_{\max} \dots\dots\dots (14)$$

9) 流量传感器的示值重复性按式(8)计算

10) 检定结果应符合表2的要求

7.5.4.2 温度传感器

1). 检定点根据7.4.1.2的要求选取。

2). 检定时温度传感器应插入恒温水槽或油槽的工作区域内, 浸没深度为300mm, 稳定15分钟。检定前后水槽或油槽内温度变化不应超过0.1℃。

3). 对单支传感器的检定是在同一恒温槽内进行, 将恒温槽的温度控制在检定点温度, 每个点至少读两个循环, 一个读数循环为: 标准铂电阻温度计→传感器1→传感器2→标准铂电阻温度计; 对配对温度传感器温差的检定是在两台恒温槽内进行, 按温差检定点的要求控制其温度, 每个温差点至少读两个过程, 一个读数过程为: 标准铂电阻温度计1→传感器1→标准铂电阻温度计2→传感器2。

4). 误差计算方法, 对单支温度传感器的检定, 取被检传感器显示温度的算术平均值与标准器对应温度值的算术平均值之差作为传感器的误差; 对配对温度传感器温差的检定, 取两次被检传感器显示温度之差的算术平均值与两次标准器对应温度差的算术平均值之差作为配对温度传感器温差的误差。

5). 单支温度传感器和配对温度传感器的误差应符合表2的要求。

7.5.4.3 计算器

采用标准脉冲发生器和标准电阻箱提供模拟流量和温度信号, 检定点按表6进行设置, 每个检定点至少检定两次。计算器的示值误差E按式(3)及式(4)计算, 其中 Q_{ci} 为理论计算值。检定结果应符合5.2.2表2中 E_G 的要求。

7.5.5 热量表的总量检定

7.5.5.1 检定时载热液体的温度、进口与出口温差与流量点按7.4.1条要求

7.5.5.2 检定次数同7.5.4.1.2)

7.5.5.3 当选用质量法流量标准装置时, 将热量表安装到质量法热量标准装置上, 通水使其平衡地运行一段时间。

7.5.5.4 用流量调节阀将流量调到第i个点, 并将载热液体的温度调到检定温度值, 通过恒温槽, 将温差调到规定值, 稳定10分钟, 称出 m_{0i} , m_{1i} ; 记录热量表的读数 Q_{0i} , Q_{1i} , 水温与室温。

7.5.5.5 实际热量 Q_{ci} 和热量表显示热量 Q_{di} 分别按式(15)和式(16)计算

$$Q_{ci} = (m_{1i} - m_{0i}) \times (h_{1i} - h_{0i}) \dots\dots\dots (15)$$

h_{1i} 、 h_{0i} ——分别表示载热液体在高温恒温槽的温度下的比焓值与设定的低温恒温槽的温度下的比焓值。

$$Q_{di} = Q_{1i} - Q_{0i} \dots\dots\dots (16)$$

7.5.5.6 热量表第i检定点的示值误差 E_i 按式(3)式计算。

7.5.5.7 重复7.5.5.4至7.5.5.6, 将流量、温度、温差调到其它点, 完成全部检定。

7.5.5.8 热量表的示值误差E按式(4)计算。

7.5.5.9 检定结果应符合表1的规定。

7.5.6 重复性检定

7.5.6.1 流量点选择与测量次数

选择 q_p 流量点, 在(50±5)℃下重复测量3次。

7.5.6.2 按公式(8)计算其重复性 E_r

7.6 检定结果处理

7.6.1 热量表示值误差E符合本规程5.2条和5.4条要求时, 热量表或流量传感器示值合格。

7.6.2 当检定重复性 E_r 符合5.4条规定时, 热量表或流量传感器的重复性合格。

7.6.3 如果某个流量点的 E 大于最大允许误差时，允许再补做 2 次，当 3 次的误差的算术平均值小于最大允许误差，并且后面 2 次误差都小于最大允许误差时，该点的示值误差判为合格。

7.6.4 经检定，符合本规程规定的热量表判为合格，应签发检定证书。

7.6.5 使用中表的示值误差 E 检定

根据 5.3 条， E 不大于最大允许误差的 2 倍时，判为合格

7.6.6 经检定不合格的表应签发检定结果通知书。

7.7 热量表的检定周期最长不得超过 3 年。

附录 1 定型鉴定项目及试验方法

定型鉴定项目除按照首次检定的要求试验（参见规程正文第 7.3 条）之外，还应对本附录所规定的项目进行试验。

1 试验项目

本附录所涉及的全部试验项目列于表 1。

表 1 热量表及其组件的试验程序

序号	试验项目	温度传感器	流量传感器	计算器
1	最大允许误差	√	√	√
2	耐久性		√	
3	干热试验	√	√ ☆	√
4	低温储存	√	√ ☆	√
5	低温试验			√
6	湿热储存	√	√ ☆	√
7	电源电压变化		√	√
8	电源频率变化		√	√
9	电源中断		√ ☆	√
10	电快速瞬变		√ ☆ ◇	√ ◇
11	电浪涌		√ ☆ ◇	√ ◇
12	电磁场		√ ☆ ◇	√ ◇
13	静电放电		√ ☆	√
14	静态磁场		√	√
15	工频电磁场		√ ☆	√
16	耐压强度		√	
17	压损试验		√	
√ 一应进行试验 ☆ 一只适用于带有电子设备的流量传感器 ◇ 一试验应在电缆已经连接好的情况下进行				

2 最大允许误差试验

应该在水温为室温、 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、 $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ 及规定的流量下进行，流量点选择应按下列要求：

$$q_i \leq q \leq 1.1q_i$$

$$0.1q_p \leq q \leq 0.11q_p$$

$$0.3q_p \leq q \leq 0.31q_p$$

$$0.9q_p \leq q \leq 1.0q_p$$

$$0.9q_s \leq q \leq 1.0q_s$$

在高温储存、低温储存和湿热储存实验全部完成后，应对最大允许误差试验进行抽查，抽查实验应在 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 以及至少包含下列 2 个流量点的条件下进行：

$$0.1q_p \leq q \leq 0.11q_p$$

$$0.9q_p \leq q \leq 1.0q_p$$

3 耐久性试验

用加速磨损试验来确定热量表的耐久性。

3.1 流量传感器

在流量为 q_s ，并处于流量传感器需要承受的载热流体的温度上限时，试验持续时间应为 300 小时。在耐久性试验之后，应该在 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 及按规程正文第 7.4.1.1 条所规定的流量下，进行最大允许误差试验，结果应符合规程正文第 5.2 条的要求。（如果 $\theta_{\max} < 50^\circ\text{C}$ ，则在

($\theta_{\max-5}^0$)°C下进行)

3.2 温度传感器

温度传感器应缓慢(1分钟至3分钟)插入已达上限温度的实验装置中,并在该温度下保持足够的时间,以达到热平衡。缓慢(1分钟至3分钟)从上限温度的实验装置中取出,在室温停留一段时间,然后再将温度传感器缓慢(1分钟至3分钟)插入已达下限温度的实验装置中,并在该温度下保持足够的时间,以达到热平衡。最后缓慢(1分钟至3分钟)从下限温度的实验装置中取出。这一过程应重复10次。

在温度循环之后,作为一个组件的温度传感器的电阻应在以下条件下进行试验。传感器金属壳和连在传感器上的每个导体间的绝缘阻抗应在参考条件下进行试验,使用的试验电压不超过直流100V。电压的极性应颠倒过来。被测电阻不应少于100MΩ。

应在传感器处于最高温度时测量,传感器的金属壳与连接到传感器上每一个导体间的电阻,测试电压不应超过直流10V。电压的极性应颠倒过来。测量的电阻任何时候都不能少于10MΩ。

4 干热试验

参照GB2423.2-89《电工电子产品基本环境试验:高温》执行。

温度:(55±2)°C,时间:2小时,在加热和冷却过程中,温度的变化率不应超过每分钟1°C。试验大气的相对湿度不应超过20%。

经过干热试验后,热量表或其组件的外观应无明显变化。

在加热到(55±2)°C并达到温度稳定之后,应对计算器做最大允许误差试验,试验条件如下:

模拟的出口温度为 θ_{\min} 和 θ_{ref}

模拟的流量应不超过计算器可接收的最大值

模拟的温差为 $\Delta\theta_{\min}$ 和 $\Delta\theta_{ref}$

试验结果应符合规程正文中第5.2.2条表2中E_G的要求。

5 低温储存

参照GB2423.1-89《电工电子产品基本环境试验:低温》执行。

A级环境:温度:(-15±3)°C,时间:2小时

B级环境:温度:(-30±3)°C,时间:2小时

低温储存试验后,热量表或其组件的外观应无明显变化。

6 低温试验

A级环境:温度:(-5±3)°C,时间:2小时

B级环境:温度:(-25±3)°C,时间:2小时

在冷却和加热过程中,温度的变化率不应超过每分钟1°C。

在冷却到预定温度并达到温度稳定之后,应对计算器做最大允许误差试验,试验条件如下:

模拟的出口温度为 θ_{\min} 和 θ_{ref}

模拟的流量应不超过计算器可接收的最大值

模拟的温差为 $\Delta\theta_{\min}$ 和 $\Delta\theta_{ref}$

试验结果应符合规程正文中第5.2.2条表2中E_G的要求。

7 湿热循环

参照GB/T2423.4-93《电工电子产品基本环境试验:交变湿热》执行。

表2. 湿热循环

环境等级	A	B
温度下限 °C	(25±3)	(25±3)
温度上限 °C	(40±2)	(55±2)
相对湿度	≥ 93%	≥ 93%
周期循环	12h+12h	12h+12h
循环次数	2	2

湿热循环试验后，热量表或其组件的外观应无明显变化。

8 电源电压变化

交流供电的热量表或其组件在以下试验条件中应能正常工作。

(187~242) V

9 电源频率变化

交流供电的热量表或其组件在以下试验条件中应能正常工作。

47.5Hz~52.5Hz

10 电源中断

本条只适用于电网供电的热量表。

参照 GB/T17626.11-1998《电磁兼容试验和测量技术》执行。

中断时间不得少于 50ms，连续两次中断之间的时间间隔应为 (10±1) s，电压中断应重复 10 次。

热量表在电源中断试验中应能正常工作。

11 电快速瞬变（脉冲串）

参照 GB/T17626.4-1998《电磁兼容试验和测量技术》执行。

对于信号线和直流电源线，试验电压：1.0kV±10%。如果信号线或直流电源线的长度小于 1.2 米，可以免做此项试验。

对于交流电源线，试验电压：2.0kV±10%×2.0kV

热量表在电快速瞬变试验后仍能正常工作。

12 电浪涌

参照 GB/T17626.5-1998《电磁兼容试验和测量技术》执行。

对于信号线和直流电源线，试验电压：0.5 kV。如果信号线或直流电源线的长度小于 10 米，可以免做此项试验。

对于交流电源线：

试验电压—共模方式：2.0 kV ± 10% × 2.0kV

试验电压—差模方式：1.0 kV ± 10% × 1.0kV

热量表在电浪涌试验后应能正常工作。

13 电磁场

参照 GB/T17626.3-1998《电磁兼容试验和测量技术》执行。

频率范围：26MHz~1000 MHz；3V/m

热量表在电磁场试验中应能正常工作。

14 静电放电

参照 GB/T17626.2-1998《电磁兼容试验和测量技术》执行。

放电电压：空气放电 8kV 或接触放电 4 kV。

热量表在静电放电试验后应能正常工作。

15 静态磁场

在试验过程中，一个具有 100KA/m 电磁力的永久磁铁应在流量传感器，计算器外壳和热量表的读数装置周围的几个位置与之相接触。

在热量表的外壳，在静态磁场会影响热量表正常运行的位置上应标明试验和误差、热量表类型、结构和/或过去经历。

热量表的读数装置应在磁铁的任一位置上都能观察到。试验的持续时间应足够 RVM 状态下热量表误差的确定。

热量表在静态磁场试验中应能正常工作。

16 工频电磁场

参照 GB/T17626.8-1998《电磁兼容试验和测量技术》执行。

磁场强度 60A/m

热量表在工频电磁场试验中应能正常工作。

17 耐压强度

流量传感器应在无溢漏或危害的情况下承受下列两种情况之一：

(1)在比温度上限低 (10 ± 5) °C 的水温下开始试验，水压为 1.6MPa 或 1.6 倍于最大工作压力。或

(2)在比温度上限高 5°C 的温度下，水压等于最大工作压力。

试验的持续时间应为 15 分钟。

18 压损试验

在流量为 q_p 、温度为 (50 ± 5) °C 时，最大的压力降 ΔP 不应超过 25kPa。

附录 2.

水的焓值密度表

当 P=0.60000MPa 时, 水的焓值密度表见表 A1

表 A1

温度 (°C)	密度 (kg/m ³)	焓 (kJ/kg)	温度 (°C)	密度 (kg/m ³)	焓 (kJ/kg)	温度 (°C)	密度 (kg/m ³)	焓 (kJ/kg)
1	1000.2	4.7841	51	987.80	214.03	101	957.86	423.76
2	1000.2	8.9963	52	987.33	218.21	102	957.14	427.97
3	1000.2	13.206	53	986.87	222.39	103	956.41	432.19
4	1000.2	17.412	54	986.39	226.57	104	955.67	436.41
5	1000.2	21.616	55	985.91	230.75	105	954.93	440.63
6	1000.2	25.818	56	985.42	234.94	106	954.19	444.85
7	1000.1	30.018	57	984.93	239.12	107	953.44	449.07
8	1000.1	34.215	58	984.43	243.30	108	952.69	453.30
9	1000.0	38.411	59	983.93	247.48	109	951.93	457.52
10	999.94	42.605	60	983.41	251.67	110	951.17	461.75
11	999.84	46.798	61	982.90	255.85	111	950.40	465.98
12	999.74	50.989	62	982.37	260.04	112	949.63	470.20
13	999.61	55.178	63	981.84	264.22	113	948.86	474.44
14	999.48	59.367	64	981.31	268.41	114	948.08	478.67
15	999.34	63.554	65	980.77	272.59	115	947.29	482.90
16	999.18	67.740	66	980.22	276.78	116	946.51	487.14
17	999.01	71.926	67	979.67	280.97	117	945.71	491.37
18	998.83	76.110	68	979.12	285.15	118	944.92	495.61
19	998.64	80.294	69	978.55	289.34	119	944.11	499.85
20	998.44	84.476	70	977.98	293.53	120	943.31	504.09
21	998.22	88.659	71	977.41	297.72	121	942.50	508.34
22	998.00	92.840	72	976.83	301.91	122	941.68	512.58
23	997.77	97.021	73	976.25	306.10	123	940.86	516.83
24	997.52	101.20	74	975.66	310.29	124	940.04	521.08
25	997.27	105.38	75	975.06	314.48	125	939.21	525.33
26	997.01	109.56	76	974.46	318.68	126	938.38	529.58
27	996.74	113.74	77	973.86	322.87	127	937.54	533.83
28	996.46	117.92	78	973.25	327.06	128	936.70	538.09
29	996.17	122.10	79	972.63	331.26	129	935.86	542.35
30	995.87	126.28	80	972.01	335.45	130	935.01	546.61
31	995.56	130.46	81	971.39	339.65	131	934.15	550.87
32	995.25	134.63	82	970.76	343.85	132	933.29	555.13
33	994.93	138.81	83	970.12	348.04	133	932.43	559.40
34	994.59	142.99	84	969.48	352.24	134	931.56	563.67
35	994.25	147.17	85	968.84	356.44	135	930.69	567.93
36	993.91	151.35	86	968.19	360.64	136	929.81	572.21
37	993.55	155.52	87	967.53	364.84	137	928.93	576.48
38	993.19	159.70	88	966.87	369.04	138	928.05	580.76
39	992.81	163.88	89	966.21	373.25	139	927.16	585.04
40	992.44	168.06	90	965.54	377.45	140	926.26	589.32
41	992.05	172.24	91	964.86	381.65	141	925.37	593.60
42	991.65	176.41	92	964.18	385.86	142	924.46	597.88
43	991.25	180.59	93	963.50	390.07	143	923.56	602.17
44	990.85	184.77	94	962.81	394.27	144	922.64	606.46
45	990.43	188.95	95	962.12	398.48	145	921.73	610.76
46	990.01	193.13	96	961.42	402.69	146	920.81	615.05
47	989.58	197.31	97	960.72	406.90	147	919.88	619.35
48	989.14	201.49	98	960.01	411.11	148	918.95	623.65
49	988.70	205.67	99	959.30	415.33	149	918.02	627.95
50	988.25	209.85	100	958.58	419.54	150	917.08	632.26

水的焓值密度表

当 $P=1.60000\text{MPa}$ 时，水的焓值密度表见表 A2

表 A2

温度 ($^{\circ}\text{C}$)	密度 (kg/m^3)	焓 (kJ/kg)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	密度 (kg/m^3)	焓 (kJ/kg)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	密度 (kg/m^3)	焓 (kJ/kg)
1	1000.7	5.7964	51	988.23	214.89	101	958.33	424.51
2	1000.7	10.0040	52	987.77	219.07	102	957.61	428.72
3	1000.7	14.2090	53	987.30	223.25	103	956.88	432.93
4	1000.7	18.4110	54	986.83	227.42	104	956.15	437.15
5	1000.7	22.6110	55	985.35	231.60	105	955.41	441.37
6	1000.7	26.8080	56	985.86	235.78	106	954.67	445.59
7	1000.6	31.0040	57	985.37	239.96	107	953.92	449.81
8	1000.6	35.1970	58	984.87	244.14	108	953.17	454.03
9	1000.5	39.3890	59	984.36	248.33	109	952.41	458.25
10	1000.4	43.5790	60	983.85	252.51	110	951.65	462.48
11	1000.3	47.7680	61	983.33	256.69	111	950.89	466.70
12	1000.2	51.9560	62	982.81	260.87	112	950.12	470.93
13	1000.1	56.1420	63	982.28	265.05	113	949.34	475.16
14	999.95	60.3270	64	981.75	269.24	114	948.57	479.39
15	999.80	64.5110	65	981.21	273.42	115	947.78	483.62
16	999.64	68.6930	66	980.66	277.61	116	947.00	487.85
17	999.47	72.8750	67	980.11	281.79	117	946.21	492.08
18	999.29	77.0570	68	979.55	285.98	118	945.41	496.32
19	999.10	81.2370	69	978.99	290.16	119	944.61	500.56
20	998.89	85.4170	70	978.43	294.35	120	943.81	504.80
21	998.68	89.5960	71	977.85	298.54	121	943.00	509.04
22	998.45	93.7740	72	977.27	302.72	122	942.19	513.28
23	998.22	97.9520	73	976.69	306.91	123	941.37	517.52
24	997.98	102.130	74	976.10	311.10	124	940.55	521.77
25	997.72	106.310	75	975.51	315.29	125	939.72	526.02
26	997.46	110.480	76	974.91	319.48	126	938.89	530.27
27	997.19	114.660	77	974.30	323.67	127	938.06	534.52
28	996.91	118.840	78	973.70	327.86	128	937.22	538.77
29	996.62	123.010	79	973.08	332.06	129	936.37	543.03
30	996.32	127.190	80	972.46	336.25	130	935.52	547.28
31	996.01	131.360	81	971.84	340.44	131	934.67	551.54
32	995.69	135.540	82	971.76	344.64	132	933.82	555.80
33	995.37	139.720	83	970.21	348.83	133	932.95	560.07
34	995.04	143.890	84	969.93	353.03	134	932.09	564.33
35	994.69	148.070	85	969.29	357.23	135	931.22	568.60
36	994.35	152.240	86	968.64	361.42	136	930.35	572.87
37	993.99	156.420	87	967.99	365.62	137	929.47	577.14
38	993.62	160.590	88	967.33	369.82	138	928.58	581.41
39	993.25	164.770	89	966.66	374.02	139	927.70	585.69
40	992.87	168.940	90	965.99	378.22	140	926.81	589.96
41	992.49	173.120	91	965.32	382.43	141	925.91	594.24
42	992.09	177.300	92	964.64	386.63	142	925.01	598.53
43	991.69	181.470	93	963.96	390.83	143	924.10	602.81
44	991.28	185.650	94	963.27	395.04	144	923.19	607.10
45	990.87	189.820	95	962.58	399.24	145	922.28	611.39
46	990.44	194.000	96	961.88	403.45	146	921.36	615.68
47	990.02	198.180	97	961.18	407.66	147	920.44	619.97
48	989.58	202.360	98	960.48	411.87	148	919.51	624.27
49	989.14	206.530	99	959.77	416.08	149	918.58	628.57
50	988.69	210.710	100	955.55	420.29	150	917.65	632.87

