



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 225—2024

热量表检定规程

Verification Regulation of Heat Meters

2024-10-19 发布

2025-04-19 实施

国家市场监督管理总局 发布

热量表检定规程

Verification Regulation of
Heat Meters

JJG 225—2024

代替 JJG 225—2001

附录 A 以外的内容

归口单位：全国流量计量技术委员会液体流量分技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

天津市计量监督检测科学研究院

北京市计量检测科学研究院

山东省计量科学研究院

参加起草单位：徐州润物科技发展有限公司

广州柏诚智能科技有限公司

本规程主要起草人：

邱 萍（中国计量科学研究院）

施 鑫（天津市计量监督检测科学研究院）

张立谦（北京市计量检测科学研究院）

谷祖康（山东省计量科学研究院）

参加起草人：

李晓鹏（中国计量科学研究院）

王华良（徐州润物科技发展有限公司）

谭文胜（广州柏诚智能科技有限公司）



目 录

引言	(II)
1 范围.....	(1)
2 引用文件.....	(1)
3 术语和计量单位.....	(1)
4 概述.....	(3)
5 计量性能要求.....	(3)
6 通用技术要求.....	(4)
7 计量器具控制.....	(6)
附录 A 检定证书和检定结果通知书内页格式	(13)
附录 B 水的密度和比焓值表	(14)



引 言

JJF 1002《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001《通用计量术语及定义》和 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规程制定工作的基础性系列规范。

本规程修订以 JJG 225—2001《热能表》为基础，参照 GB/T 32224—2015《热量表》、国际法制计量组织第 75 号国际建议 OIML R75: 2002 (E)《热量表》(Heat meters) 和欧洲标准 EN 1434: 2015《热量表》(Heat meters) 关于首次检定的有关建议，并结合了我国热量表制造和应用的实际情况，技术指标和主要试验方法与国家标准、国际建议和欧洲标准基本保持一致。

本规程是对 JJG 225—2001《热能表》附录 A 以外内容的修订，与 JJG 225—2001 相比，本规程仅涉及热量表检定部分的内容，型式评价部分的内容由另行制定的型式评价大纲代替。本次修订除了编辑性修改之外，主要技术变化如下：

- 增加引言部分；
- 概述中增加热系数法；
- 增加冷计量表的相关内容；
- 增加总量检定法中分量值的判定内容；
- 增加了示值误差的分量组合法检定；
- 删除了定型鉴定和样机试验内容；
- 删除了分量法检定法内容；
- 删除了非叶轮式流量传感器重复性误差要求；
- 细化了使用模式和检定模式显示分辨力要求；
- 配对温度传感器检定装置的准确度/不确定度修改为小于或等于热量表配对温度传感器最大允许误差绝对值的 1/3；
- 修改了 1 级表和单只温度传感器的最大允许误差；
- 增加了配对温度传感器检定装置中电测仪表的准确度/不确定度要求；
- 修改了检定周期。

本规程的历次版本发布情况为：

- JJG 225—2001 附录 A 以外的内容。

热量表检定规程

1 范围

本规程适用于以水为介质的公称通径（简称口径）不大于 400 mm 的热量表的首次检定和后续检定。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJF 1004—2004 流量计量名词术语及定义

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

3 术语和计量单位

3.1 术语

JJF 1004—2004 界定的以及下列术语和定义适用于本规程。

3.1.1 热量表 heat meter

测量、显示介质流经热交换系统释放或吸收热量的仪表。

注：

1 可分为热计量表、冷计量表和冷热计量表。

2 热计量表是测量、显示介质流经热交换系统释放热量的热量表。

3 冷计量表是测量、显示介质流经热交换系统吸收热量的热量表，介质温度为 $(2\sim 30)^\circ\text{C}$ ，温差不大于 20 K 。

4 冷热计量表是测量、显示介质流经热交换系统释放或吸收热量，并将释放或吸收的热量分别显示、存储的热量表。

3.1.2 整体式热量表 complete instrument

由流量传感器、计算器、配对温度传感器等部件组成，不可拆分，须整体安装使用的热量表。

3.1.3 组合式热量表 combined instrument

由流量传感器、计算器、配对温度传感器等部件组成，可组合安装使用的热量表。

3.1.4 流量传感器 flow sensor

安装在热交换系统中，采集并发送介质流量数据的部件。

3.1.5 温度传感器 temperature sensor

安装在热交换系统进、出口处，采集并发送介质温度数据的部件。

3.1.6 配对温度传感器 temperature sensor pair

计量特性一致或相近，成对使用的温度传感器。

3.1.7 计算器 calculator

接收来自流量传感器和配对温度传感器的数据信号，进行热量计算、存储和显示热交换系统交换热量值的部件。

3.1.8 温度范围上限 upper limit of the temperature range

$$\theta_{\max}$$

在满足热量表不超过最大允许误差的条件下，载热液体流经热量表的最高温度。

3.1.9 温度范围下限 lower limit of the temperature range

$$\theta_{\min}$$

在满足热量表不超过最大允许误差的条件下，载热液体流经热量表的最低温度。

3.1.10 温差 temperature difference

$$\Delta\theta$$

热交换系统进口和出口处载热液体温度差值的绝对值。

3.1.11 温差上限 upper limit of the temperature difference

$$\Delta\theta_{\max}$$

在热功率上限范围内，且热量表不超过最大允许误差的条件下，温差的极大值。

3.1.12 温差下限 lower limit of the temperature difference

$$\Delta\theta_{\min}$$

在满足热量表不超过最大允许误差的条件下，温差的最小值。

3.1.13 最大允许工作压力 maximum admissible working pressure

在温度范围上限持续工作时，热量表所能承受的最大工作压力。

3.1.14 常用流量 permanent flow rate

$$q_p$$

在满足热量表不超过最大允许误差的条件下，热量表连续运行时的上限流量。

3.1.15 流量上限 upper limit of the flow rate

$$q_s$$

短时间（小于每天 1 h，每年 200 h）内，热量表不超出最大允许误差的条件下达到的最大流量。

3.1.16 流量下限 lower limit of the flow rate

$$q_i$$

在满足热量表不超过最大允许误差的条件下，载热液体流经热量表时的最小流量。

3.1.17 总量检定 complete verification

将热量表作为整体直接测量热量值，并同时测量流量、温度及温差的检定方法。

3.1.18 分量组合检定 combined verification

将热量表的流量传感器单独检定，对温度传感器与计算器组合的温度、温差及热量值进行测量的检定方法。

3.1.19 热系数 k k -factor

液体在一定温度和压力下能量转换特性的系数。

3.2 计量单位

- a) 热量：瓦时或焦，符号：W·h 或 J；或其十进制倍数；
- b) 温度：摄氏度，符号：℃；
- c) 温差：开或摄氏度，符号：K 或℃；
- d) 累积流量：立方米，符号：m³。

4 概述

4.1 工作原理

热量表计量的热量值由流经热量表中介质的质量和其流经热交换系统的进水口和出水口的温度差对应的焓差经过计算得到。流量传感器给出载热液体的体积（或质量），配对温度传感器给出温度及温差值，计算器将输入的流量和温度信号经过计算得到并显示载热液体在热交换系统释放或吸收的热量值。

4.2 热量表结构类型

热量表按结构类型一般可分为整体式热量表和组合式热量表。

4.3 计算公式

4.3.1 热量表的测量可以采用焓差法和热系数法。

4.3.2 焓差法热量的计算见公式（1）：

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

式中：

Q —— 释放（或吸收）的热量值；

q_m —— 流经热量表中载热液体的质量流量；

Δh —— 热交换系统中进水口温度（或出水口）与出水口温度（或进水口）对应的载热液体的比焓值差，水的比焓值和密度表见附录 B；

t —— 时间。

4.3.3 热系数法热量的计算见公式（2）：

$$Q = \int_{V_0}^{V_1} k \cdot \Delta\theta \cdot dV \quad (2)$$

式中：

V —— 流经热量表中载热液体的体积；

$\Delta\theta$ —— 热交换系统中进水口温度与出水口温度的温差；

k —— 热系数。

注：热系数计算见 OIML R75：2002（E）附录 A。

5 计量性能要求

5.1 准确度等级和最大允许误差

5.1.1 各准确度等级热量表的示值误差应在其最大允许误差范围内。各等级热量表热

量值最大允许误差应符合表 1 的规定。

表 1 热量表准确度等级和热量值的最大允许误差

准确度等级	热量值
1 级	$\pm \left(2 + 4 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \%$
2 级	$\pm \left(3 + 4 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} + 0.02 \frac{q_p}{q} \right) \%$
3 级	$\pm \left(4 + 4 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} + 0.05 \frac{q_p}{q} \right) \%$

注： q 为实测时的标准流量。

5.1.2 各准确度等级热量表组件的示值误差应在其最大允许误差范围内。各等级热量表组件的最大允许误差应符合表 2 的规定。

表 2 热量表各组件的最大允许误差

准确度等级	最大允许误差		
	流量传感器	温度传感器	计算器
1 级	$\pm \left(1 + 0.01 \frac{q_p}{q} \right) \%$ ，但不超过 $\pm 5\%$	配对温度传感器温差的最大允许误差： $\pm \left(0.5 + 3 \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} \right) \%$ 单支温度传感器温度最大允许误差： $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$	$\pm \left(0.5 + \frac{\Delta\theta_{\min}}{\Delta\theta} \right) \%$
2 级	$\pm \left(2 + 0.02 \frac{q_p}{q} \right) \%$ ，但不超过 $\pm 5\%$		
3 级	$\pm \left(3 + 0.05 \frac{q_p}{q} \right) \%$ ，但不超过 $\pm 5\%$		

5.1.3 分量组合检定中配对温度传感器和计算器组合温差的最大允许误差见公式 (3)：

$$\pm (0.04 \times \Delta\theta_{\min} + 0.01 \times \Delta\theta) \quad (3)$$

5.2 热计量表的温差下限 $\Delta\theta_{\min}$ 应不大于 3 K，冷计量表的温差下限 $\Delta\theta_{\min}$ 应不大于 2 K。

6 通用技术要求

6.1 外观、标识与封印

6.1.1 外壳应色泽均匀，无裂纹、无毛刺、无起皮现象，壳体上应用箭头标出载热液体的流动方向。热量表凡与液体接触的部件应无腐蚀现象。

6.1.2 热量表的显著区域应预留有计量器具型式批准标志和编号的标注位置。热量表的铭牌明显部位应永久标注计量器具标识，标识必须清晰可辨、牢固可靠。至少应包括以下信息：

- a) 名称、规格型号、公称通径、编号、制造年月；
- b) 制造商的名称或商标；
- c) 准确度等级；
- d) 环境类别；
- e) 常用流量；
- f) 流量、温度、温差的测量范围；
- g) 最大允许工作压力；
- h) 安装位置和方向；
- i) 配对温度传感器区分标识；
- j) 永久性、明显的流向标识；
- k) 外壳防护等级；
- l) 电源参数。

6.1.3 新制造的热量表应具有出厂合格证及使用说明书，使用中和修理后的热量表应具有本周期内检定的合格证书。

6.1.4 影响计量性能的可拆部件应有可靠且有效的封印，通过通信接口修改影响测量结果的参数时，应有电子封印或通过密码修改参数。

6.1.5 固定安装在表体内的配对温度传感器应能取出检定，引出线长度不小于 1.5 m。

6.1.6 显示要求

6.1.6.1 应能显示热量、流量、累积流量、载热液体进水口温度、出水口温度和温差。显示单位应标在不宜混淆的地方。

6.1.6.2 使用模式及检定模式分辨力要求

热量表使用模式及检定模式分辨力最低要求见表 3。

表 3 热量表使用模式及检定模式分辨力最低要求

公称通径		DN15~ DN25	DN32~ DN40	DN50~ DN100	DN125~ DN250	DN300~ DN400
使用模式	热量/(kW·h)	1	——	——	——	——
	热量/(MW·h)	——	0.01	0.01	0.1	0.1
	热量/GJ	0.001	0.01	0.01	0.1	0.1
	累积流量/m ³	0.01	0.1	0.1	1	1
	温度/°C	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	温差/K	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
检定模式	热量/(kW·h)	0.001	0.01	0.01	0.1	0.1
	累积流量/m ³	0.000 01	0.000 1	0.000 1	0.001	0.001
	温度/°C	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	温差/K	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

6.2 流量传感器的密封性

应能承受密封性试验，在温度 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ （热计量表）或 $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ （冷计量表）及在公称压力不低于 0.3 MPa 的工况下保持 10 min，热量表无泄漏、渗漏或损坏现象。

7 计量器具控制

7.1 计量器具控制的内容

计量器具控制包括首次检定和后续检定。

7.2 检定条件

7.2.1 检定设备见表 4。

表 4 热量表主要检定设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	热水流量标准装置	扩展不确定度小于或等于热量表流量传感器最大允许误差绝对值的 1/5	流量传感器检定及密封性检查
2	配对温度传感器检定装置	扩展不确定度小于或等于热量表配对温度传感器最大允许误差绝对值的 1/3	配对温度传感器、计算器检定

7.2.2 检定设备基本要求

7.2.2.1 热水流量标准装置

检定介质为清洁水，水中不应含有气泡。

检定电磁式流量传感器的热量表时，水介质的电导率应高于 $200 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。

热计量表的试验介质温度为 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，冷计量表为 $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

装置的供水压力应保持稳定，不大于被检热量表的最大允许压力，但应足以克服被检热量表的压力损失影响，尽可能消除水锤、脉动、振动等因素的干扰。

7.2.2.2 配对温度传感器检定装置

配对温度传感器检定装置的典型设备（对于最小温差为 3 K 的热量表）包括：

a) 二等标准铂电阻温度计（至少两支）；

b) 恒温槽（至少提供两个不同温度恒温工作区域，工作区域最大温差 0.01°C ，应满足被检温度计和标准温度计温度范围和插入深度的要求）；

c) 电测仪表（与二等标准铂电阻温度计配套使用，扩展不确定度： 0.01°C ， $k=2$ ）；

d) 宜配置水三相点装置核查标准铂电阻温度计的漂移；

e) 可使用不确定度能够满足要求的其他装置。

7.2.3 环境及外部要求

a) 环境温度一般为： $(15 \sim 35)^\circ\text{C}$ ；

b) 相对湿度一般为： $15\% \sim 85\%$ ；

c) 大气压力一般为： $(76 \sim 106) \text{kPa}$ ；

d) 供电电源：单相电源电压为 $(187 \sim 242) \text{V}$ ，三相交流电源电压为 $(323 \sim 418) \text{V}$ ，电源频率为 $(49 \sim 51) \text{Hz}$ ；

- e) 外接直流电源电压可为 (5 ± 0.25) V、 (12 ± 0.6) V 或 (24 ± 1.2) V；
f) 如果检定装置中使用电测仪表，试验条件应满足电测仪表的说明书要求。

7.3 检定项目

热计量表及冷计量表的检定项目列于表 5 中。

表 5 热量表的检定项目

序号	检定项目	检定类别	
		首次检定	后续检定
1	外观、标识与封印	+	+
2	密封性检查	+	+
3	示值误差	+	+

注：“+”表示需要检定的项目。

7.4 检定方法

7.4.1 外观、标识与封印

用目测法检查热量表的外观、标识、封印及显示部分，其结果应符合 6.1 的规定。

7.4.2 密封性检查

将热量表安装在热水流量标准装置上，通温度为 (50 ± 5) °C（热计量表）或 (15 ± 5) °C（冷计量表）的水 5 min 以上，同时将压力调节为该装置的公称压力，然后关闭水阀，10 min 后用目测法检查。其结果应符合 6.2 的规定。

7.4.3 示值误差

7.4.3.1 检定方法

热计量表的示值误差可采用分量组合检定法或总量检定法，冷计量表采用分量组合检定法。

7.4.3.2 检定用水量

分量组合检定法流量传感器检定和总量法检定时，控制检定用水量的目的是将测量结果的不确定度控制在合理的水平，并且兼顾检定的效率。检定用水量的确定通常与热量表的准确度等级、检定模式分辨力、检定方法、热水流量标准装置最小检定量等有关。适当增加检定用水量和采用适当的检定方法均能够降低测量结果的不确定度。

当采用启停法静止状态读数的方法检定时，检定用水量应符合表 6 的规定。

表 6 启停法检定用水量的规定

准确度等级	最少检定用水量
1 级	检定分辨力的 400 倍，且不少于检定流量下 1 min 和热水流量标准装置最小检定量对应的体积
2 级、3 级	检定分辨力的 200 倍，且不少于检定流量下 1 min 和热水流量标准装置最小检定量对应的体积

当采用其他方法检定时，检定用水量应确保示值误差测量结果的不确定度不大于静止状态读数方法的不确定度。

7.4.3.3 分量组合检定法

a) 检定点的选择

1) 流量传感器

检定流量传感器的累积体积流量。热计量表流量传感器测量时的水温为 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，冷计量表流量传感器测量时的水温为 $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，应在以下3个流量范围内进行检定：

- ① $q_i \leq q \leq 1.2q_i$ ；
- ② $0.1q_p \leq q \leq 0.11q_p$ ；
- ③ $0.9q_p \leq q \leq 1.0q_p$ 。

2) 配对温度传感器和计算器组合

① 配对温度传感器的温度值和温差值

热计量表：测量配对温度传感器 50°C 和 85°C 的温度值。

冷计量表：测量配对温度传感器 5°C 和 30°C 的温度值。

② 配对温度传感器和计算器组合的热量值

热计量表：在低温端温度为 50°C ，高温端温度为 65°C 的温差条件下，检定配对温度传感器和计算器组合的热量值，输入的流量信号应不超过计算器可接收的流量上限。

冷计量表：在低温端温度为 5°C ，高温端温度为 20°C 的温差条件下，检定配对温度传感器和计算器组合的热量值，输入的流量信号应不超过计算器可接收的流量上限。

注：流量信号可以是模拟信号，也可以由流量装置实流给出，或是热计量表检定模式的自模拟信号。分量组合检定法检定模式中的热量表宜具备自模拟流量信号功能，且该功能模拟引入的流量值应不计入使用模式下的累计流量及累计热量值。

b) 测量过程

1) 流量传感器

以下描述流量传感器示值误差的检定方法，以启停质量法为例。

① 按第7.4.3.3a) 1) 的规定选择流量检定点。

② 将流量传感器安装到装置上，通水使其平稳地运行一段时间。

③ 用流量调节阀将流量调到第 j 个流量点，流量稳定后，关闭流量开关阀，记录流量传感器初始值 V_{0j} 与称量容器初始值 m_{0j} 。打开流量开关阀，使水流注入称量容器，记录装置试验段进水端与出水端温度平均值 θ_{s0} 。当称量容器的示值达到预先规定的值时，记录装置试验段进水端与出水端温度平均值 θ_{s1} ，关闭流量开关阀，记录流量传感器的终止值 V_{1j} ，待称量容器内水面波动稳定后，记录称量容器终止值 m_{1j} 。一次检定过程中水流量装置试验段水温变化应不大于 2°C 。

④ 流过流量传感器的标准体积量 V_{cj} 按公式(4)计算：

$$V_{cj} = \frac{m_{1j} - m_{0j}}{\rho_j} \times C_j \quad (4)$$

式中：

ρ_j ——第 j 检定点温度 θ_{s0} 与 θ_{s1} 平均值对应的水的密度， kg/m^3 （可查附录 B 表 B.1）。

C_j ——第 j 检定点的修正系数（如空气浮力和流出管浮力修正等因素），空气浮力的修正系数按公式（5）计算：

$$C_j = \frac{0.999\ 85}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}} \quad (5)$$

式中：

ρ_w ——第 j 检定点称量的水的密度， kg/m^3 （可查附录 B 表 B.1、B.2）；

ρ_a ——空气密度， kg/m^3 。

如果为了减少蒸发及称量容器内水的波动，注入称量容器的流出管应插入到容器的底部，则修正系数为空气浮力系数与流出管的浮力系数之积，按公式（6）计算：

$$C_j = \frac{0.999\ 85}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_w}} \times (1 - A_f/A_c) \quad (6)$$

式中：

A_f ——流出管横截面积（外径与内径面积差）， m^2 ；

A_c ——容器内径面积， m^2 。

⑤ 流过流量传感器的累积体积量 V_{dj} 按公式（7）计算：

$$V_{dj} = V_{1j} - V_{0j} \quad (7)$$

⑥ 流量传感器各流量点示值误差 E_{qj} 按公式（8）计算：

$$E_{qj} = \frac{V_{dj} - V_{cj}}{V_{cj}} \times 100\% \quad (8)$$

⑦ 重复步骤③～⑥，完成全部流量点检定。

⑧ 流量传感器的示值误差应符合 5.1.2 中流量传感器最大允许误差的规定。

⑨ 每个检定点的测试次数一般为 1 次。如果 1 次测试值的误差超过最大允许误差，应再重复 2 次测试，但后 2 次测试结果应不超过最大允许误差，且 3 次测试的算术平均值应不超过最大允许误差为合格，否则为不合格。

2) 配对温度传感器和计算器组合

① 配对温度传感器的温度值和温差值的测量过程

将配对温度传感器放在同一个恒温槽内进行，按 7.4.3.3a)2)① 温度点检定的要求控制其温度，恒温槽温度偏离不大于 $0.2\text{ }^\circ\text{C}$ 。待热平衡后，记录标准温度计温度值 θ_c 和被检热量表显示的进水口温度值 θ_{d1} 和出水口温度值 θ_{d0} 。至少读数两次，取两次读数的平均值 $\bar{\theta}_c$ 、 $\bar{\theta}_{d1}$ 和 $\bar{\theta}_{d0}$ 作为测量结果。测量过程中恒温槽的温度变化应不大于 $0.01\text{ }^\circ\text{C}$ 。

② 各温度点的温度误差 E_θ 按公式（9）计算：

$$E_\theta = \bar{\theta}_d - \bar{\theta}_c \quad (9)$$

温度误差应符合 5.1.2 中单支温度传感器温度最大允许误差的规定。

③ 各温度点的组合温差误差 $E_{\Delta\theta}$ 按公式 (10) ~ 公式 (17) 计算:

热计量表:

$$E_{\Delta\theta_1} = [\overline{\theta_{d1}}(50\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(50\text{ }^\circ\text{C})] \quad (10)$$

$$E_{\Delta\theta_2} = [\overline{\theta_{d1}}(85\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(85\text{ }^\circ\text{C})] \quad (11)$$

$$E_{\Delta\theta_3} = [\overline{\theta_{d1}}(85\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(50\text{ }^\circ\text{C})] - [\overline{\theta_c}(85\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_c}(50\text{ }^\circ\text{C})] \quad (12)$$

$$E_{\Delta\theta_4} = [\overline{\theta_{d1}}(65\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(50\text{ }^\circ\text{C})] - [\overline{\theta_c}(65\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_c}(50\text{ }^\circ\text{C})] \quad (13)$$

冷计量表:

$$E_{\Delta\theta_1} = [\overline{\theta_{d1}}(5\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(5\text{ }^\circ\text{C})] \quad (14)$$

$$E_{\Delta\theta_2} = [\overline{\theta_{d1}}(30\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(30\text{ }^\circ\text{C})] \quad (15)$$

$$E_{\Delta\theta_3} = [\overline{\theta_{d1}}(30\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(5\text{ }^\circ\text{C})] - [\overline{\theta_c}(30\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_c}(5\text{ }^\circ\text{C})] \quad (16)$$

$$E_{\Delta\theta_4} = [\overline{\theta_{d1}}(20\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_{d0}}(5\text{ }^\circ\text{C})] - [\overline{\theta_c}(20\text{ }^\circ\text{C}) - \overline{\theta_c}(5\text{ }^\circ\text{C})] \quad (17)$$

式中:

$E_{\Delta\theta_1}$ 、 $E_{\Delta\theta_2}$ ——配对温度传感器在相应温度的误差;

$E_{\Delta\theta_3}$ 、 $E_{\Delta\theta_4}$ ——配对温度传感器在相应温差的误差。

$E_{\Delta\theta_4}$ 对应配对温度传感器和计算器的温差由 7.4.3.3b)2)④测得。 $E_{\Delta\theta_3}$ 、 $E_{\Delta\theta_4}$ 应符合 5.1.3 中的规定。

注: 相对于最小温差 2 K 热量表, $E_{\Delta\theta_1}$ 、 $E_{\Delta\theta_2}$ 的绝对值应不大于 0.08 K; 相对于最小温差 3 K 热计量表, $E_{\Delta\theta_1}$ 、 $E_{\Delta\theta_2}$ 的绝对值应不大于 0.12 K。

④ 配对温度传感器和计算器组合的热量值测量过程

将配对温度传感器放在两个恒温槽内进行, 按 7.4.3.3a)2)②温度和温差点检定的要求控制其温度, 恒温槽温度偏离不大于 0.2 °C。待热平衡后, 记录高温槽和低温槽标准温度计的温度值 θ_{c1} 和 θ_{c0} 。至少读数两次, 取读数的平均值 $\overline{\theta_{c1}}$ 和 $\overline{\theta_{c0}}$ 作为测量结果。测量过程中恒温槽的温度变化应不大于 0.01 °C。输入流量信号, 记录输入的累积体积流量值 V_d 和热量表记录的热量值 Q_d 。

⑤ 标准热量值 Q_c 按公式 (18) 和公式 (19) 计算:

焓差法:

$$Q_c = V_d \times \rho_c \times (h_1 - h_0) \quad (18)$$

式中:

ρ_c ——热量表对应安装位置 (进水口或出水口) 标准温度下的水密度值, kg/m³;

h_1 、 h_0 ——分别为 $\overline{\theta_{c1}}$ 与 $\overline{\theta_{c0}}$ 对应的比焓值 (可查附录 B 表 B.1、B.2), kJ/kg。

热系数法:

$$Q_c = V_d \times k \times (\overline{\theta_{c1}} - \overline{\theta_{c0}}) \quad (19)$$

式中: k ——表对应安装位置 (进水口或出水口) 温差的热系数。

⑥ 热量误差 E_Q , 按公式 (20) 计算:

$$E_Q = \frac{Q_d - Q_c}{Q_c} \times 100\% \quad (20)$$

热量值误差的绝对值应不大于 5.1.2 中配对温度传感器和计算器最大允许误差绝对值之和。

⑦ 测试次数一般为 1 次。如果 1 次测试值的误差超过最大允许误差，应再重复 2 次测试，但后 2 次测试结果应不超过最大允许误差，且 3 次测试的算术平均值应不超过最大允许误差为合格，否则为不合格。

7.4.3.4 总量检定法

a) 热计量表检定点

1) 检定热计量表的热量值。其中，流量传感器测量时的水温为 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，热计量表安装位置为进水口时，配对温度传感器温差测量的高温端温度为 50°C ；出水口安装时，低温端温度为 50°C 。分别在以下工况内进行检定：

① $\Delta\theta_{\min} \leq \Delta\theta \leq 1.2\Delta\theta_{\min}$ 和 $0.9q_p \leq q \leq 1.0q_p$ （分量组合法）；

② $10^\circ\text{C} \leq \Delta\theta \leq 20^\circ\text{C}$ 和 $0.1q_p \leq q \leq 0.11q_p$ ；

③ $35^\circ\text{C} \leq \Delta\theta \leq 45^\circ\text{C}$ 和 $q_i \leq q \leq 1.2q_i$ 。

2) 单独检定配对温度传感器和计算器组合 50°C 和 85°C 的温度值和温差。

b) 测量过程

1) 热计量表热量值的测量过程

① 以下描述热计量表热量值的示值误差的检定方法，以启停质量法为例。

② 按 7.4.3.4 a)1) 的要求选择流量以及温差检定点。

在水流量标准装置上安装被检热计量表，通水使其平稳地运行一段时间，并观察确认管路中气泡已排除。同时将配对温度传感器放入两个恒温槽内，按温差点检定的要求控制其温度，恒温槽温度偏离不大于 0.2°C 。稳定运行 10 min 后，并确认标准温度计和被检配对温度传感器达到热平衡后开始测量。

用流量调节阀将流量调到第 j 个流量点，流量稳定后，关闭流量开关阀，记录热计量表累积流量值 V_{0j} 和热量初始值 Q_{0j} 、称量容器初始值 m_{0j} 。打开流量开关阀，使水流注入称量容器。记录高温槽和低温槽标准温度计的温度值 θ_{c1j} 、 θ_{c0j} 和被检热计量表显示的进水口和出水口温度值 θ_{d1j} 、 θ_{d0j} 。至少读数 2 次，取读数的平均值 $\bar{\theta}_{c1j}$ 、 $\bar{\theta}_{c0j}$ 、 $\bar{\theta}_{d1j}$ 和 $\bar{\theta}_{d0j}$ 作为测量结果。记录装置试验段进水端与出水端温度平均值 T_{0j} ，当称量容器的示值达到预先规定的值时，记录装置试验段进水端与出水端温度平均值 T_{1j} ，关闭流量开关阀。记录热计量表累积流量终止值 V_{1j} 和热量值 Q_{1j} ，待容器内水面波动稳定后，记录称量容器终止值 m_{1j} 。1 次检定过程中水流量装置试验段水温变化应不大于 2°C ，恒温槽的温度变化应不大于 0.01°C 。

③ 热量计算

标准热量值 Q_{cj} 按公式 (21) 计算：

$$Q_{cj} = (m_{1j} - m_{0j}) \times (h_{1j} - h_{0j}) \times C_j \quad (21)$$

式中： h_{1j} 、 h_{0j} ——水在高温槽温度 $\bar{\theta}_{c1j}$ 和低温槽温度 $\bar{\theta}_{c0j}$ 对应的比焓值，kJ/kg。

被检热计量表的热量值 Q_{dj} 按公式 (22) 计算：

$$Q_{dj} = Q_{1j} - Q_{0j} \quad (22)$$

④ 计算热量值示值误差 E_{Q_j}

热计量表第 j 检定点的热量值的示值误差按公式 (23) 式计算:

$$E_{Q_j} = \frac{Q_{dj} - Q_{cj}}{Q_{cj}} \times 100\% \quad (23)$$

⑤ 重复步骤 7.4.3.4 b)1)①至 7.4.3.4 b)1)④, 将流量、温度、温差调到其他点, 完成热量值的检定过程。

⑥ 热计量表各检定点的热量值的示值误差应符合 5.1.1 中热量值最大允许误差的规定。

⑦ 测试次数一般为 1 次。如果 1 次测试值的误差超过最大允许误差, 应再重复 2 次测试, 但后 2 次测试结果应不超过最大允许误差, 且 3 次测试的算术平均值应不超过最大允许误差为合格, 否则为不合格。

2) 单独检定配对温度传感器和计算器组合 50 °C 和 85 °C 的温度值和温差。

按 7.4.3.3 b)2) 测量配对温度传感器的温度误差和组合温差误差。

c) 热计量表的分量值判定

1) 配对温度传感器温度及温差值的误差

① 按 7.4.3.3 b)2)② 分别计算在 7.4.3.4 a) 条件下各温度点单支温度传感器温度的误差, 被检热计量表单支温度传感器温度误差应符合 5.1.2 的规定。

② 按 7.4.3.3 b)2)③ 计算在 7.4.3.4 a) 条件下各温差点配对温度传感器和计算器组合的温差误差。被检热计量表配对温度传感器和计算器组合的温差误差符合 5.1.3 的规定。

2) 流量传感器的误差

① 按公式 (4)~公式 (8) 计算在 7.4.3.4 a)1) 条件下测量的各个流量点的示值误差;

② 被检热计量表流量传感器的示值误差应符合 5.1.2 中流量传感器最大允许误差的规定。

7.4.4 热量表仲裁检定时, 应采用分量组合检定方法。

7.5 检定结果的处理

检定合格的热量表发给检定证书或加盖检定合格印; 检定不合格的热量表发给检定结果通知书, 并注明不合格项目。

7.6 检定周期

口径小于或等于 50 mm 的户用热计量表 (或冷计量表), 检定周期一般为 5 年。口径大于 50 mm 或非户用的热计量表 (或冷计量表), 检定周期一般为 2 年。

附录 A

检定证书和检定结果通知书内页格式

检定证书内页格式见表 A.1，检定结果通知书内页格式见表 A.2。

表 A.1 检定证书内页格式

证书编号：××××××-××××	
检定结果	
1. 热计量表（冷计量表）的基本情况	
公称通径：	mm
流量范围：（ ~ ）	m ³ /h
温度范围：（ ~ ）	℃
温差范围：（ ~ ）	K
检定介质：	
检定方法：（总量检定法或分量组合检定法）	
2. 检定结果	
外观检查：	
密封性试验：	
准确度等级：	
以下空白	
第×页共×页	

表 A.2 检定结果通知书内页格式

证书编号：××××××-××××	
检定结果	
1. 热计量表（冷计量表）的基本情况	
公称通径：	mm
流量范围：（ ~ ）	m ³ /h
温度范围：（ ~ ）	℃
温差范围：（ ~ ）	℃
检定介质：	
检定方法：（总量检定法或分量组合检定法）	
2. 检定结果	
外观检查：	
密封性试验：	
准确度等级：	
检定不合格项：	
以下空白	
第×页共×页	

附录 B

水的密度和比焓值表

B.1 当最大允许工作压力小于或等于 1.0 MPa 时，水的密度和质量焓应按表 B.1 确定。

表 B.1 $p=0.600\ 0\ \text{MPa}$ ，温度为 (1~150) °C 时水的密度和质量焓

温度 °C	密度 kg/m ³	质量焓 kJ/kg	温度 °C	密度 kg/m ³	质量焓 kJ/kg	温度 °C	密度 kg/m ³	质量焓 kJ/kg
1	1 000.15	4.784 0	51	987.81	214.02	101	957.87	423.69
2	1 000.19	8.996 1	52	987.35	218.20	102	957.14	427.91
3	1 000.22	13.205	53	986.88	222.38	103	956.41	432.13
4	1 000.22	17.412	54	986.40	226.56	104	955.68	436.35
5	1 000.21	21.616	55	985.92	230.74	105	954.94	440.57
6	1 000.19	25.817	56	985.44	234.92	106	954.19	444.79
7	1 000.15	30.017	57	984.94	239.10	107	953.44	449.01
8	1 000.09	34.215	58	984.44	243.28	108	952.69	453.24
9	1 000.02	38.411	59	983.94	247.46	109	951.93	457.47
10	999.94	42.605	60	983.43	251.64	110	951.17	461.70
11	999.84	46.798	61	982.91	255.82	111	950.40	465.93
12	999.73	50.989	62	982.39	260.01	112	949.63	470.16
13	999.61	55.179	63	981.86	264.19	113	948.86	474.39
14	999.48	59.368	64	981.32	268.37	114	948.08	478.62
15	999.33	63.556	65	980.78	272.56	115	947.29	482.86
16	999.18	67.743	66	980.24	276.74	116	946.50	487.10
17	999.01	71.929	67	979.69	280.92	117	945.71	491.34
18	998.83	76.114	68	979.13	285.11	118	944.91	495.58
19	998.64	80.299	69	978.57	289.30	119	944.11	499.82
20	998.43	84.482	70	978.00	293.48	120	943.31	504.07
21	998.22	88.665	71	977.43	297.67	121	942.50	508.31
22	998.00	92.847	72	976.85	301.86	122	941.68	512.56
23	997.77	97.029	73	976.26	306.05	123	940.86	516.81
24	997.52	101.21	74	975.67	310.24	124	940.04	521.06
25	997.27	105.39	75	975.08	314.43	125	939.21	525.32
26	997.01	109.57	76	974.48	318.62	126	938.38	529.57
27	996.74	113.75	77	973.87	322.81	127	937.54	533.83
28	996.46	117.93	78	973.26	327.00	128	936.70	538.09
29	996.17	122.11	79	972.65	331.19	129	935.85	542.35
30	995.87	126.29	80	972.03	335.39	130	935.00	546.61
31	995.57	130.47	81	971.40	339.58	131	934.15	550.88
32	995.25	134.65	82	970.77	343.78	132	933.29	555.14
33	994.93	138.82	83	970.13	347.98	133	932.43	559.41
34	994.60	143.00	84	969.49	352.17	134	931.56	563.68
35	994.26	147.18	85	968.85	356.37	135	930.69	567.96
36	993.91	151.36	86	968.20	360.57	136	929.81	572.23
37	993.55	155.53	87	967.54	364.77	137	928.93	576.51
38	993.19	159.71	88	966.88	368.97	138	928.04	580.79
39	992.82	163.89	89	966.22	373.18	139	927.16	585.07
40	992.44	168.07	90	965.55	377.38	140	926.26	589.35
41	992.06	172.24	91	964.87	381.58	141	925.36	593.64
42	991.66	176.42	92	964.19	385.79	142	924.46	597.93
43	991.26	180.60	93	963.51	389.99	143	923.55	602.22
44	990.86	184.78	94	962.82	394.20	144	922.64	606.51
45	990.44	188.95	95	962.13	398.41	145	921.73	610.81
46	990.02	193.13	96	961.43	402.62	146	920.80	615.11
47	989.59	197.31	97	960.72	406.83	147	919.88	619.41
48	989.15	201.49	98	960.02	411.05	148	918.95	623.71
49	988.71	205.66	99	959.30	415.26	149	918.02	628.02
50	988.26	209.84	100	958.59	419.47	150	917.08	632.33

注：表中数据根据“工业用水和水蒸气热力性质计算公式 (IAPWS-IF 97)” 计算得出。

B.2 当最大允许工作压力大于 1.0 MPa，且小于或等于 2.5 MPa 时，水的密度和质量焓应按表 B.2 确定。

表 B.2 当 $p=1.600\ 0$ MPa 时，温度为 (1~150) °C 水的密度和质量焓

温度 °C	密度 kg/m ³	质量焓 kJ/kg	温度 °C	密度 kg/m ³	质量焓 kJ/kg	温度 °C	密度 kg/m ³	质量焓 kJ/kg
1	1 000.66	5.796 3	51	988.24	214.88	101	958.34	424.44
2	1 000.69	10.004	52	987.78	219.06	102	957.61	428.65
3	1 000.71	14.208	53	987.31	223.23	103	956.88	432.87
4	1 000.72	18.410	54	986.84	227.41	104	956.15	437.09
5	1 000.70	22.610	55	986.36	231.59	105	955.41	441.31
6	1 000.67	26.807	56	985.87	235.77	106	954.67	445.53
7	1 000.63	31.003	57	985.38	239.94	107	953.92	449.75
8	1 000.57	35.197	58	984.88	244.12	108	953.17	453.97
9	1 000.50	39.389	59	984.37	248.30	109	952.41	458.20
10	1 000.42	43.579	60	983.86	252.48	110	951.65	462.42
11	1 000.32	47.768	61	983.35	256.66	111	950.89	466.65
12	1 000.21	51.956	62	982.82	260.84	112	950.12	470.88
13	1 000.08	56.143	63	982.29	265.02	113	949.34	475.11
14	999.95	60.328	64	981.76	269.20	114	948.57	479.34
15	999.80	64.513	65	981.22	273.38	115	947.78	483.58
16	999.64	68.696	66	980.68	277.57	116	947.00	487.81
17	999.47	72.879	67	980.12	281.75	117	946.21	492.05
18	999.29	77.061	68	979.57	285.93	118	945.41	496.29
19	999.09	81.242	69	979.01	290.12	119	944.61	500.53
20	998.89	85.423	70	978.44	294.30	120	943.81	504.77
21	998.68	89.602	71	977.86	298.49	121	943.00	509.01
22	998.45	93.782	72	977.29	302.67	122	942.18	513.26
23	998.22	97.960	73	976.70	306.86	123	941.37	517.51
24	997.98	102.14	74	976.11	311.05	124	940.54	521.76
25	997.72	106.32	75	975.52	315.23	125	939.72	526.01
26	997.46	110.49	76	974.92	319.42	126	938.89	530.26
27	997.19	114.67	77	974.32	323.61	127	938.05	534.51
28	996.91	118.85	78	973.71	327.80	128	937.21	538.77
29	996.62	123.02	79	973.09	331.99	129	936.37	543.03
30	996.32	127.20	80	972.47	336.18	130	935.52	547.29
31	996.01	131.38	81	971.85	340.38	131	934.67	551.55
32	995.69	135.55	82	971.22	344.57	132	933.81	555.81
33	995.37	139.73	83	970.58	348.76	133	932.95	560.08
34	995.04	143.90	84	969.94	352.96	134	932.09	564.35
35	994.70	148.08	85	969.30	357.16	135	931.22	568.62
36	994.35	152.25	86	968.65	361.35	136	930.34	572.89
37	993.99	156.43	87	967.99	365.55	137	929.46	577.17
38	993.63	160.60	88	967.33	369.75	138	928.58	581.44
39	993.26	164.78	89	966.67	373.95	139	927.69	585.72
40	992.88	168.95	90	966.00	378.15	140	926.80	590.00
41	992.49	173.13	91	965.33	382.35	141	925.91	594.29
42	992.10	177.30	92	964.65	386.56	142	925.01	598.57
43	991.70	181.48	93	963.97	390.76	143	924.10	602.86
44	991.29	185.65	94	963.28	394.97	144	923.19	607.15
45	990.88	189.83	95	962.59	399.17	145	922.28	611.44
46	990.45	194.00	96	961.89	403.38	146	921.36	615.74
47	990.02	198.18	97	961.19	407.59	147	920.44	620.04
48	989.59	202.35	98	960.48	411.80	148	919.51	624.34
49	989.15	206.53	99	959.77	416.01	149	918.58	628.64
50	988.70	210.71	100	959.06	420.23	150	917.64	632.95

注：表中数据根据“工业用水和水蒸气热力性质计算公式 (IAPWS-IF 97)”计算得出。