
中国计量协会团体标准

T/CMA-RL 002: 2022

热量表耐久性试验通用技术规范

General Technical Specification for Durability Test of Heat Meters

(报审稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国计量协会 发布

目 次

前 言	2
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语定义和符号	3
3.1 术语定义	3
3.2 符号和单位	5
4 概述	5
4.1 流量传感器耐久性试验	5
4.2 温度传感器耐久性试验	5
5 试验条件	6
5.1 环境条件	6
5.2 试验介质条件	6
5.3 试验设备	6
6 试验项目和试验方法	6
6.1 流量传感器初始误差试验	7
6.2 流量传感器耐久性试验	7
6.3 温度传感器耐久性试验	10
7 试验结果报告	11
附录 A（规范性附录）	13
附录 B（规范性附录）	15
附录 C（规范性附录）	18
附录 D（资料性附录）	20
附录 E（资料性附录）	21

前 言

本文件按照GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

本文件参考了国家标准GB/T 32224-2020《热量表》和欧洲标准EN 1434：2022《热量表》在此基础上结合了我国热量表的技术发展现状和耐久性试验设备的实际情况进行制定的，主要试验方法与国家标准、国际建议和欧洲标准保持了一致。

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。

本标准由中国计量协会提出并归口。

本文件负责起草单位： 。

本文件参加起草单位： 。

本文件主要起草人： 。

本文件为首次发布。

热量表耐久性试验方法技术规范

1 范围

本方法适用于在传热介质为水、流量传感器耐久性试验介质温度不高于95℃的热交换系统中应用的热量表的耐久性试验。

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。

GB/T 19897.1-2005 自动抄表系统低层通信协议 第1部分 直接本地数据交换

GB/T 29044-2012 采暖空调系统水质

GB/T 32224-2020 热量表

EN 1434: 2022 热量表 (Heat meters)

3 术语定义和符号

3.1 术语定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

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。

3.1.2

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。

3.1.3

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。

3.1.4

耐久性 durability

热量表在正常安装、维护和使用条件下，持续保持合格计量特性的能力。

3.1.5

最大允许误差 maximum permissible error, MPE

允许的误差极限值。

3.1.6

初始固有误差 initial intrinsic error

耐久性试验前测量参考值条件下确定的热量表示值误差。

3.1.7

偏差 fault

耐久性试验后测量参考值条件下确定的热量表示值误差与初始固有误差的差值。

3.1.8

明显偏差 significant fault

绝对值大于最大允许误差绝对值的偏差。

3.1.9

最大允许工作压力 maximum admissible working pressure

在温度上限持续工作时，热量表正常使用所能承受的介质压力上限。

3.1.10

温度上限 upper limit of the temperature range

在满足热量表不大于最大允许误差的条件下，介质流经热量表的最高温度。

3.1.11

温度下限 the lower limit of the temperature range

在热量表不超过最大允许误差时，流经热量表的介质允许达到的最低温度。

3.1.12

温差上限 the upper limit of the temperature difference

在满足热量表不大于最大允许误差的条件下，温差的最大值。

3.1.13

温差下限 the lower limit of the temperature difference

在满足热量表不大于最大允许误差的条件下，温差的最小值。

3.1.14

常用流量 the permanent flow rate

在不大于最大允许误差的条件下，热量表连续运行的最大流量。

3.1.15

流量上限 the upper limit of the flow rate

每天小于 1h，且每年小于 200h 的时间内，热量表不大于最大允许误差的条件下，介质流经的最大流量。

3.1.16

流量下限 the lower limit of the flow rate

在满足热量表不大于最大允许误差的条件下，介质流经热量表的最小流量。

3.2 符号和单位

使用的符号及计量单位见表1。计量单位应采用国家法定计量单位。

表 1 符号与单位

符号	名称	单位
V	累计流量	m^3
q_p	常用流量	m^3/h
q_s	流量上限	m^3/h
q_i	流量下限	m^3/h
θ_{\max}	温度上限	$^{\circ}\text{C}$
θ_{\min}	温度下限	$^{\circ}\text{C}$
$\Delta \theta_{\max}$	温差上限	K
$\Delta \theta_{\min}$	温差下限	K

4 概述

为确定热量表经过一段时间使用后仍保持其计量性能特征，热量表的流量传感器和温度传感器应进行耐久性试验。

4.1 流量传感器耐久性试验

为确定流量传感器的耐久性，流量传感器应进行基本耐久性试验和附加耐久性试验，或加速耐久性试验和附加耐久性试验。

a) 基本耐久性试验

试验温度为热量表的温度上限条件下流量交变；基本耐久性 100 个试验周期估算的使用寿命为 5 年。使用寿命根据试验周期的数量延长。

b) 加速耐久性试验

介质流量为常用流量条件下温度交变，或介质温度为温度上限条件下流量交变的加速耐久性试验；加速耐久性 4000 个试验周期估算的使用寿命为 5 年。使用寿命根据试验周期的数量可延长至 10 年。

c) 附加耐久性试验

试验温度为热量表的温度上限、流量为最大流量的附加耐久性试验。流量传感器连续运行 500h 估算的附加使用寿命为 5 年。使用寿命根据试验小时数延长。

4.2 温度传感器耐久性试验

为确定温度传感器的耐久性，温度传感器应进行温度低区（15~20） $^{\circ}\text{C}$ 和温度高区（80~85） $^{\circ}\text{C}$ 2 个温度点交变条件下的耐久性试验和附加 10 个高温试验。4000 个低温连续循环和

10 个高温循环，估算的使用寿命为 5 年。使用寿命根据试验周期的数量可延长至 10 年。

5 试验条件

5.1 试验环境条件

5.1.1 大气环境条件一般应满足下列规定：

- a) 温度：(15~35) °C；
- b) 相对湿度：(15~85) %；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

5.1.1 外界磁场干扰应满足热量表环境类别的要求。

5.2 试验介质条件

流量传感器耐久性试验介质宜为清洁水或软水，水中不应有影响试验的杂质。若热量表制造商要求，可参照 GB/T29044-2012 中 4 的要求选择流量传感器试验介质。

注：若使用软化水作为试验介质，流量测量仪表应在此介质下进行校准。

5.3 试验设备

5.3.1 主要试验设备

主要试验设备见表 2。

表 2 主要试验设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	热量表检定装置	扩展不确定度不大于 0.2% ($k=2$)	流量传感器示值误差测试 温度传感器示值误差测试
2	流量传感器耐久性试验装置	应符合附录 A 和附录 B 的要求	流量传感器耐久性试验运行
3	流量测量仪表	MPE: $\pm 0.5\%$	流量传感器耐久性流量监测
4	温度测量仪表	MPE: $\pm 0.5^\circ\text{C}$	流量传感器耐久性水温监测
5	压力测量仪表	准确度等级: 2.5 级	流量传感器耐久性水压监测
6	温度传感器耐久性试验装置	应符合附录 C 的要求	温度传感器耐久性试验运行
7	恒温槽	工作区域垂直温差 $\leq 0.02^\circ\text{C}$; 工作区域水平温差 $\leq 0.01^\circ\text{C}$	温度传感器耐久性试验运行
8	绝缘电阻表	直流 100V, 准确度等级不低于 10 级	测量温度传感器绝缘电阻

5.3.2 用于测量的试验设备应具有有效的检定或校准证书。

5.3.3 温度测量仪表和压力测量仪表应具有数据通讯或传输功能。

6 试验项目和试验方法

6.1 初始固有误差试验

6.1.1 流量传感器初始误差试验

流量传感器在耐久性试验前按附录 D 进行示值误差测试, 确定初始固有误差, 其值应不超过 MPE 的绝对值。MPE 计算方法见 GB/T32224-2020 中 6.4.2.4 的规定。

6.1.2 配对温度传感器初始误差试验

配对温度传感器在耐久性试验前按附录 D 进行示值误差测试, 确定初始固有误差, 其值应不超过 MPE 的绝对值。MPE 计算方法见 GB/T32224-2020 中 6.4.2.3 的规定。

6.2 流量传感器耐久性试验

6.2.1 基本耐久性试验

6.2.1.1 试验周期及时间

a) 试验介质温度应为热量表的温度上限, 当热量表的温度上限大于 95°C 时, 试验温度为 95°C , 试验温度偏差 $_{-5}^0$ $^{\circ}\text{C}$;

b) 常用流量和1.5倍流量下限的偏差为 $\pm 5\%$; 流量上限的偏差为 $_{-5}^0\%$;

c) 试验过程在3种不同流量下连续进行100个周期, 每个周期持续24h。每个周期从 $1.5q_i$ 开始——15min将流量提高到 q_p ——在 q_p 下运行8 h——15min将流量提高到 q_s ——在 q_s 下运行1 h——15min将流量降低到 q_p ——在 q_p 下运行8 h——15min将流量降低到 $1.5q_i$ ——在 $1.5q_i$ 下运行6h。基本耐久性试验流量随时间变化示意图1。

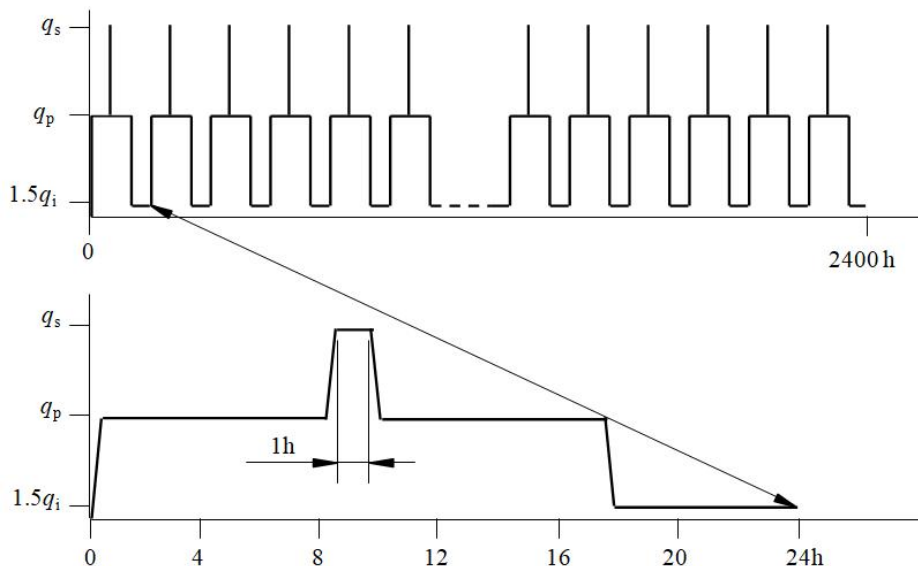


图1 基本耐久性试验流量随时间变化示意图

6.2.1.2 装置流量调节与控制

装置计时及转换控制见附录 A 中 A.2 要求。

装置应提供 q_s 、 q_p 、 $1.5q_i$ 3 个试验流量点及 4 个流量渐变阶段所需要的流量。装置通过阀门与变频水泵控制和调节各工作流量点, 试验过程中控制程序应实现流量点的自动切换并在运行过程中进行自动调节。

当装置运行在某流量点持续运行阶段时, 流量应无明显或频繁波动, 且不超过 6.2.1.1 b)

相关要求。

当装置运行在 15min 的渐变流量阶段时，流量的变化趋势应是持续提高或持续降低。

6.2.1.3 介质温度及压力

整个试验过程中，流经热量表的介质温度应保持在 $(\theta_{\max}-5^{\circ}\text{C})\sim\theta_{\max}$ 范围内。如果装置在运行过程中因可能出现水的蒸发而进行补水时，也应保证水温的变化在此要求范围以内。

整个试验过程中，试验段上游处的介质上限压力应不超过热量表的最大工作压力，下游处的下限压力应不低于 0.1MPa。

6.2.2 加速耐久性试验

6.2.2.1 有可动机械部件的流量传感器

试验介质温度应为热量表的温度上限，当热量表的温度上限大于 85°C 时，试验温度为 85°C ，试验温度偏差 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。试验在 2 种不同流量下连续进行 4000 个周期，每个周期持续 5min。每个周期从流量为零开始运行 2.5min——将流量提高到流量上限并运行 2.5min，流量上限的偏差为 $\pm 5\%$ ，流量变化切换时间不应大于 4s。有可动机械部件加速耐久性试验流量随时间变化示意图 2。

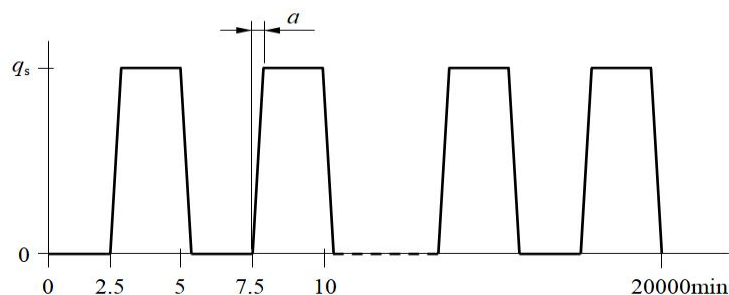


图 2 有可动机械部件加速耐久性试验流量随时间变化示意图

说明：

a ——流量变化切换时间。

6.2.2.2 无可动机械部件的流量传感器

试验流量为常用流量，偏差为 $\pm 5\%$ 。试验在 2 种不同介质温度下连续进行 4000 个周期，每个周期持续 5min。每个周期在介质温度 $(15\sim 20)^{\circ}\text{C}$ 运行 2.5min——将介质温度切换到 $(80\sim 85)^{\circ}\text{C}$ 运行 2.5min，温度变化切换时间不大于 1min。无可动机械部件加速耐久性试验温度随时间变化示意图 3。

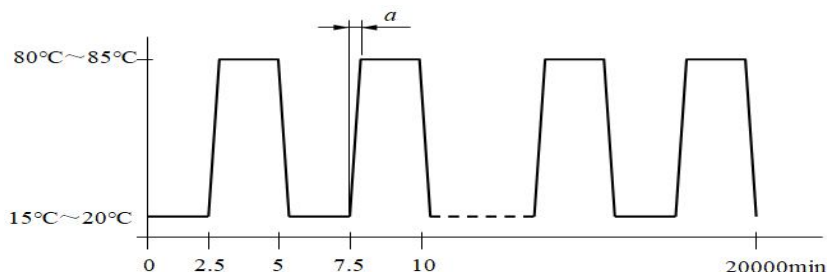


图 3 无可动机械部件加速耐久性试验温度随时间变化示意图

说明：

a ——温度变化切换时间。

6.2.2.3 装置流量、介质温度调节与控制

装置计时及转换控制见附录 B 中 B.2 要求。

装置循环系统应提供 q_s 及流量渐变阶段所需要的流量。装置通过阀门与变频水泵控制和调节工作流量点，试验过程中控制程序应实现流量点的自动切换并在运行过程中进行自动调节。

当装置运行在某流量点持续运行阶段时，流量应无明显或频繁波动，且不超过 6.2.2.1、6.2.2.2 相关要求。

当装置运行在 4s 的渐变流量阶段时，流量的变化趋势应是持续提高或持续降低。

整个试验过程中，流经热量表的介质温度应保持在 (80~85)℃ 或 (15~20)℃ 范围内。如果装置在运行过程中因可能出现水的蒸发而进行补水时，也应保证水温的变化在此要求范围以内。

6.2.2.4 介质压力

整个试验过程中，试验段上游处的介质上限压力应不超过热量表的最大工作压力，下游处的下限压力为 0.1MPa。

6.2.3 附加耐久性试验

6.2.3.1 在 q_s 点下持续运行 500h，试验中流量测量仪表流量示值与 q_s 值的允许偏差为 -5%~0%。

6.2.3.2 试验介质温度应为热量表的温度上限，当热量表的温度上限大于 95℃ 时，试验温度为 95℃，试验温度偏差 $_{-5}^0$ ℃；

6.2.3.3 试验过程中介质温度与压力的变化应满足第 6.2.1.3 条要求。

6.2.4 安装要求

6.2.4.1 热量表安装的前后直管段长度应符合要求，通常前、后直管段分别为 10DN、5DN。

6.2.4.2 基本耐久性和附加耐久性试验过程中建议流量传感器外壳有外保温措施；相反，加速耐久性试验流量传感器外壳不得有外保温措施。

6.2.4.3 加速耐久性试验时，使用直径不大于 1mm 的金属线丝将壳体温度传感器紧密、牢固地捆绑在流量传感器测量段部分的壳体上，捆绑时应应力不得损坏壳体温度传感器。

6.2.5 运行中检查

耐久性试验过程中，基本耐久性和附加耐久性每天 1 次、加速耐久性试验每天 2 次观察热量表，其计算器应无显示不清、断码和不显示等现象；同时检查热量表流量传感器和温度传感器不应渗漏、泄漏或损坏，并做好检查记录。

6.2.6 装置运行记录

耐久性试验过程中，采集并存储装置的试验运行时间、流量、水温、水压、安全防护罩内温度和加速耐久性试验的壳体温度等数据；数据采集和存储间隔周期应不大于 1min。为了保证数据存储的可靠性，掉电时数据不应丢失并每天备份运行数据。

6.2.7 热量表数据记录

耐久性试验过程中，分别记录热量表累积热量、累积流量、进水温度、回水温度和流量测量仪表的累积流量。通过光学读数头或采集终端进行自动采集时，数据采集和存储间隔周期应考虑到热量表电池在整个试验过程中供电持续性，基本耐久性和附加耐久性采样周期通常为 20min，加速耐久性采样周期通常为 3min。无法实现自动采集时，应通过人工记录数据，其记录间隔不少于 6.2.5 中要求间隔时间，同时记录异常情况。

6.2.8 流量传感器示值误差

流量传感器在进行基本耐久性试验、加速耐久性试验、附加耐久性试验后，按附录 D 复测其固有误差，并计算固有误差与初始固有误差间的变化量。不得出现明显偏差。

6.2.9 累积流量示值误差

按式（1）计算耐久性试验后累积流量的示值误差。

$$E = \frac{V_i - V_a}{V_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

E ——累积流量示值误差，保留 1 位小数；

V_a ——试验期间流量测量仪表的累积流量， m^3 ；

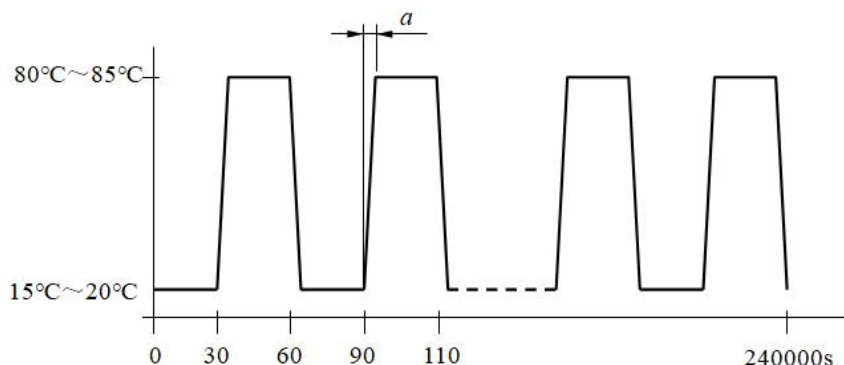
V_i ——试验期间热量表的累积流量， m^3 。

累积流量示值误差应不超过 q_p 点 MPE 的 2.5 倍。

6.3 温度传感器耐久性试验

6.3.1 试验周期及时间

将配对温度传感器同时放置在温度为（80~85）℃的恒温槽中30s，然后放置在温度为（15~20）℃的恒温槽中30s，转换时间不大于4s，重复4000个周期，温度传感器试验周期变化示意图4；



说明：

a ——温度变化切换时间。

图 4 温度传感器耐久性试验周期变化示意图

低温试验

本试验适用于最高温度不高于 100°C 的测温探头。循环温度测试包括：

- 低温为 10° C 至 15° C；
- 高温为 80° C 至 85° C。

高温附加试验

此附加测试适用于最高温度高于 100° C 的测温探头。基础循环试验后，在以下条件下进行第二轮 10 次循环试验：

- 在最高温度下 22 小时；
- 在环境温度下 2 小时。

最多 2 次允许将环境温度下的 2 小时延长至 72 小时。

6.3.2 安装要求

6.3.2.1 试验时，直接安装式温度传感器带螺纹测试，带套管安装式温度传感器需去除保护套管测试；

6.3.2.2 试验过程中，温度传感器在每个温度点，浸没深度应为传感器可插入长度的 90%~99%；

6.3.3 运行中检查

试验过程中检查温度传感器浸没深度符合试验要求，同时检查热量表温度传感器应不渗漏、泄漏或损坏，并做好检查记录。

6.3.4 装置运行记录

每天备份运行数据。

6.3.5 配对温度传感器示值误差

温度传感器在耐久性试验后，按附录 D 复测其固有误差，并计算单支温度传感器温度的温度变化量，其值应小于 0.1°C。

6.3.6 温度传感器绝缘电阻

温度传感器在耐久性试验后，按下述方法测试温度传感器保护管和引线的绝缘电阻：

a) 温度传感器的保护管和引线的绝缘电阻使用 100V 直流电进行测试。在测试中，电压极性应反转 1 次，被测电阻不应小于 100MΩ ；

b) 将温度传感器置于温度为温度上限的试验槽中，置入深度不小于 GB/T 32224-2020 中附录 B 规定的最小浸没深度，温度传感器的保护管和引线的绝缘电阻使用不低于 10V 的直流电进行测试。在试验中，电压极性应反转 1 次，被测电阻不应小于 20MΩ 。

7 试验结果报告

试验报告应至少包含以下内容：

- 制造商名称;
 - 产品名称及型号、规格;
 - 出厂编号;
 - 制造日期;
 - 准确度等级;
 - 流量测量范围;
 - 温度测量范围;
 - 温差测量范围;
 - 试验段试验水温及范围;
 - 试验段试验水压及范围;
 - 试验流量点及范围;
 - 运行中检查结果;
 - 异常情况记录;
 - 流量传感器耐久性误差;
 - 累积流量示值误差;
 - 配对温度传感器耐久性误差;
 - 绝缘电阻测试结果;
 - 试验结论。
- 试验结果报告参考格式见附录 E。

附录 A（规范性附录）

流量传感器基本与附加耐久性试验装置通用技术条件

A.1 装置组成

基本耐久性试验装置主要由以下部分组成：

加热水箱、变频水泵、试验段、流量调节、温度测量仪表、压力测量仪表、流量测量仪表、数据采集及控制系统、安全防护装置等。

A.2 控制系统要求

A.2.1 装置应提供 6.2.1.1 要求的试验流量点及流量渐变阶段所需要的流量。当装置运行在某流量点持续运行阶段时，流量应无明显或频繁波动，当装置运行在渐变流量阶段时，流量的变化趋势应是持续提高或持续降低。

A.2.2 装置应能采集并显示试验管路的瞬时流量、累积流量、管路压力和试验管路热量表安装位置的介质温度与环境温度。

A.2.3 装置可以通过计算机时钟完成各试验流量点的运行时间（稳定阶段）及转换过程时间（渐变阶段）的计时，并在到达要求持续时间后由控制单元实施转换过程的控制。

A.3 热量表数据采集及记录

装置应配备满足 GB/T19897.1-2005 中 4.3 条规定要求的光学读数头或其它采集终端（如集中器），对满足通讯要求的热量表自动读取瞬时流量、累积流量、功率、累积热量、进回水温度、运行时间等数据，并进行记录和存储。

A.4 结构要求

A.4.1 温度测量仪表和压力测量仪表应分别安装在耐久性试验装置试验段的上游和下游。

A.4.2 流量调节阀和流量测量仪表应安装在试验段的下游。

A.4.3 管路循环系统应避免在热量表和流量测量仪表上游处积聚气体。介质应充满管路，在进入试验段前应保证流量的稳定性，必要时要安装稳压、整流和消气装置。

A.4.4 加热控温部分应能够在要求的温度范围内自动控制水温。加热水箱应不渗漏，并应具备防止试验介质快速蒸发的措施，宜配置使用自动补水设备。

A.4.5 管路应采用尽可能少的弯头和阀门等阻力件，各接头应安装牢固，密封可靠，不应有渗漏水现象。

A.4.6 装置夹表区的前后直管段尺寸应符合热量表的安装要求。

A.5 保温措施

加热水箱、装置各连接管路及试验段、热量表金属壳体等易散热部位均应有良好的保温措施，保证所有被测热量表在任何流量点下的介质温度均符合 6.2.1.3 要求。

A.6 安全防护罩

装置工作台应配有安全防护罩，以保护操作者现场观察安全。

防护罩应使用具有一定强度的透明材料制成，具有操作方便，安全可靠等特点。

防护罩应有与外部空气对流散热的结构或设施，以使罩内空气温度不高于热量表环境类别温度上限。

附录 B（规范性附录）

流量传感器加速耐久性试验装置通用技术条件

B.1 装置组成

加速耐久性试验装置主要由以下部分组成：

加热水箱、制冷水箱、变频水泵、试验段、流量调节、温度测量仪表、压力测量仪表、流量测量仪表、数据采集及控制系统、安全防护装置等。

B.2 控制系统要求

B.2.1 装置应提供 6.2.2.1、6.2.2.2 要求的（15~20）℃和（80~85）℃两种不同温度介质，及试验流量点。

B.2.2 装置应能采集并显示试验管路的瞬时流量、累积流量、介质温度、管路压力，热量表金属壳体与热量表安装位置的表壳温度与环境温度。

B.2.3 装置可以通过计算机时钟完成各试验流量点的运行时间（稳定阶段）及转换过程时间（渐变阶段）的计时，并在到达要求持续时间后由控制单元实施转换过程的控制。

B.3 热量表数据采集及记录

装置应配备满足 GB/T19897.1-2005 中 4.3 条规定要求的光学读数头或其它采集终端（如集中器），对满足通讯要求的热量表自动读取瞬时流量、累积流量、功率、累积热量、进回水温度、运行时间等数据，并进行记录和存储。

B.4 结构要求

B.4.1 温度测量仪表和压力测量仪表应分别安装在耐久性试验装置试验段的上游和下游。

B.4.2 流量调节阀和流量测量仪表应安装在试验段的下游。

B.4.3 管路循环系统应避免在热量表和流量测量仪表上游处积聚气体。介质应充满管路，在进入试验段前应保证流量的稳定性，必要时安装稳压、整流和消气装置。

B.4.4 加热及制冷控温部分应能够在要求的温度范围内自动控制水温。加热及制冷水箱不应渗漏，并应具备防止试验介质快速蒸发的措施，宜配置使用自动补水设备。

B.4.5 管路应采用尽可能少的弯头和阀门等阻力件，各接头应安装牢固，密封可靠。

B.4.6 装置夹表区的前后直管段尺寸应符合热量表的安装要求。

B.4.7 装置管路及其接口应能经受介质温度持续从高温到低温交变而不发生渗漏或泄露。

B.5 保温措施

加热及制冷水箱、装置各冷热介质不置换部分的连接管路及试验段等易散热部位均应有良好的保温措施，保证所有被测热量表在任何流量点下的介质温度均符合 6.2.2.2 要求。

B.6 安全防护罩

装置工作台应配有安全防护罩，以保护操作者现场观察安全。

防护罩应使用具有一定强度的透明材料制成，具有操作方便，安全可靠等特点。

防护罩应有与外部空气对流散热的结构或设施，以使罩内空气温度不高于热量表环境类别温度上限。

附录 C（规范性附录）

热量表温度传感器耐久性试验装置通用技术条件

C.1 装置组成

热量表温度传感器耐久性试验装置主要由以下部分组成：

恒温系统、数据采集及分析系统、运动切换系统等，并满足一次不少于 3 对配对温度传感器的耐久性试验。

C.2 恒温系统要求

恒温系统应包括两独立控温的恒温槽。

a) 温度测量范围：

高温区：(80~85)℃（任意可调）；附加高温试验：(100~150)℃（任意可调）

低温区：(15~20)℃（任意可调）。

b) 温度波动性：±0.04℃/10min。

c) 温场均匀性：0.01℃（包括水平方向和垂直方向）。

C.3 数据采集及分析系统要求

数据及采集分析系统应能对待测配对温度传感器每次高低温循环状态下的自动采集，并进行记录、计算，存储及判断，同时具备采集高低温恒温槽中的实时温度值，作为判断配对温度传感器合格的依据。

采集到的数据以表格或曲线方式显示。

C.4 运动切换系统要求

满足待测配对温度传感器在高低温恒温槽之间循环往复移动。高温恒温槽的温度设定范围在(80~85)℃之间，低温恒温槽的温度设定范围在(15~20)℃之间。待测温度传感器在两个温槽之间移动的时间不大于 4s，分别放置在高温槽或低温槽中的时间不小于 30 秒，试验过程中，待测配对温度传感器在高低温恒温槽中的插入深度不小于 GB/T 32224-2020 中附录 B 规定的最小浸没深度，且不超过传感器可插入长度的 99%。

附加高温试验设备切换时间：在恒温槽最高温度下 22 小时，在环境温度下 2 小时；最多 2 次允许将环境温度下的 2 小时延长至 72 小时。

C.5 急停措施

装置系统运行过程中，如发生意外情况，宜具备急停功能。按下急停按钮，可以让装置各系统单元停止运行。

附录 D (规范性附录)

热量表示值误差测试

D.1 流量传感器误差

D.1.1 测试水温: $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$; 如果 $\theta_{\max} < 50^\circ\text{C}$, 则: $(\theta_{\max} - 5^\circ\text{C}) \sim \theta_{\max}$

D.1.2 测试流量点

各测试流量点的实际流量应分别控制在如下范围内:

$$q_1: 0.9 q_1 \sim q_1$$

$$q_2: 0.95 q_2 \sim 1.05 q_2$$

$$q_3: 0.95 q_3 \sim 1.05 q_3$$

$$q_4: 0.95 q_4 \sim 1.05 q_4$$

$$q_5: q_5 \sim 1.1 q_5$$

其中:

$$q_1 = q_s, q_5 = q_i, q_1/q_2 = q_2/q_3 = q_3/q_4 = q_4/q_5 = k$$

则:

$$k = \sqrt[4]{\frac{q_s}{q_i}}$$

最接近 $0.7q_p$ 与 $0.75q_p$ 的流量点应替换为 $0.7q_p \sim 0.75q_p$ 之间的值, 以得到 EN1434. 4-2015 中 6.3.2 规定的参考测量值流量点。

D.1.3 测试过程及示值误差计算

按 GB/T 32224 附录 G.3、G.4 要求的方法进行流量传感器的示值误差测试和误差计算。每个流量点重复测量 3 次, 取 3 次示值误差的算术平均值作为测量结果。

D.2 温度传感器误差

D.2.1 温度传感器应在表 3 温度范围中选择 3 个测量点, 宜选取 $(5 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、 $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、 $(95 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、 $(135 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、 $(160 \pm 10)^\circ\text{C}$, 高温、中温、低温应在热量表工作温度范围内均匀分布。

表 D.1 测量点

测量点		测试温度范围
a		$\theta_{\min} \sim (\theta_{\min} + 10^\circ\text{C})$
b		$[(\theta_{\min} + \theta_{\max})/2] \pm 5^\circ\text{C}$
c	$\theta_{\max} \leq 150^\circ\text{C}$	$(\theta_{\max} - 10^\circ\text{C}) \sim \theta_{\max}$
	$\theta_{\max} > 150^\circ\text{C}$	$(\theta_{\max} - 20^\circ\text{C}) \sim \theta_{\max}$, 且高于 140°C

D.2.2 温度传感器温差的配对误差测试宜在同一标准恒温槽中进行, 配对温度传感器测试时不应带套管。

D.2.3 温度传感器在测试时, 浸没深度应为可插入长度的 90%~99%。

D.2.4 测试过程及示值误差计算

按 GB/T 32224 附录 F.3 要求的方法进行温度传感器和配对温度传感器的示值误差测试和误差计算。

D.3 整体式热量表误差

D.3.1 测量点

热量表的测量点不应小于表 D.1 的范围。当没有另外说明时,热计量表出口温度应在 $(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内,冷计量表出口温度应在 $(15 \pm 5)^\circ\text{C}$ 范围内,冷热计量表应分别按热计量表和冷计量表的要求进行测试。

表 D.2 测量点

测量点		温差	流量
热计量表	a	$\Delta\theta_{\min} \leq \Delta\theta \leq 1.2\Delta\theta_{\min}$	$0.9q_p \leq q \leq 1.1q_p$
	b	$10\text{K} \leq \Delta\theta \leq 20\text{K}$	$0.1q_p \leq q \leq 0.11q_p$
	c	$(\theta_{\max} - 60\text{K}) \leq \Delta\theta \leq (\theta_{\max} - 45\text{K})$	$q_i \leq q \leq 1.2q_i$
冷计量表	a	$\Delta\theta_{\min} \leq \Delta\theta \leq 1.2\Delta\theta_{\min}$	$0.9q_p \leq q \leq 1.1q_p$
	b	$0.8\Delta\theta_{\max} \leq \Delta\theta \leq \Delta\theta_{\max}$	$0.1q_p \leq q \leq 0.11q_p$
	c	$0.8\Delta\theta_{\max} \leq \Delta\theta \leq \Delta\theta_{\max}$	$q_i \leq q \leq 1.2q_i$

D.3.2 测试

D.3.2.1 测试前应读取并记录检定模式下累积热量的初始值。

D.3.2.2 测试时,将配对温度传感器分别放入不同温度的恒温槽内,在各测量点下测量热量表,读取并记录检定模式下累积热量结束值及流量标准装置的标准流量值,测试累积热量值等于累积热量结束值减累积热量的初始值。

D.3.2.3 当通过通讯接口读取热量表测量数据时,应至少有一次通过显示值进行数据读取。

D.3.2.4 根据恒温槽的标准温度、流量标准装置的标准流量值,按5.1条的规定计算标准热量值。

D.3.3 测试结果计算

D.3.3.1 热量表第 j 个测量点的误差按式 (D.1) 计算。

$$E_{hj} = \frac{C_j - C_{sj}}{C_{sj}} \times 100\% \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

- E_{hj} ——第 j 个测量点的误差;
- C_j ——第 j 个点的测试累积热量值;
- C_{sj} ——第 j 个点的标准热量值。

D.3.3.2 各测量点的误差 E_{hj} 均不应大于GB/T32224-2020中6.4.1的最大允许误差。

附录 E (资料性附录)

热量表耐久性试验原始记录参考格式

E.1 流量传感器耐久性试验热量表记录数据原始记录参考格式如下

表 3 热量表记录数据原始记录

制造单位: _____ 产品名称: _____ 型号规格: _____
 准确度等级: _____ 制造日期: _____年____月 出厂编号: _____ 环境类别: _____
 流量测量范围: (____~____) m³/h 温度测量范围: (____~____)°C

日期及时间	累积热量 /kWh	累积流量 /m ³	进水温度 /°C	回水温度 /°C	运行中检 查	异常情况

试验人员: _____ 核验人员: _____

E.2 流量传感器耐久性试验装置运行数据原始记录参考格式如下

表 4 装置运行数据原始记录

制造单位: _____ 装置名称: _____
 型号规格: _____ 制造日期: _____年____月 出厂编号: _____
 环境温度: _____°C 相对湿度: _____% 大气压力: _____ kPa

日期及时间	瞬时流 量 /m ³ /h	累积流 量 /m ³	进口温 度 /°C	进口压 力 /MPa	出口温 度 /°C	出口压 力 /MPa	计算器处 温度 /°C

试验人员: _____ 核验人员: _____

E.3 温度传感器耐久性试验原始记录参考格式如下

表 5 温度传感器耐久性试验原始记录

制造单位: _____ 产品名称: _____ 型号规格: _____
 制造日期: _____年____月 出厂编号: _____ 浸入深度范围: (____~____) mm
 温度测量范围: (____~____)°C 温差测量范围: (____~____) K

试验循环序 号	恒温槽 温度/°C	持续时 间 /min	室 温 /°C	持续时 间 /min	恒温槽 温度/°C	持续时 间/min	浸入深 度/mm
1							
2							
3							
.....							

绝缘电阻测试	室温	°C	测量结果	MΩ
--------	----	----	------	----

试验人员: _____ 核验人员: _____

附录 F （资料性附录）

试验报告参考格式

F.1 试验报告内一页参考格式如下：

表 6

报告编号：

产品名称			
型号规格		准确度等级	
委托单位		制造单位	
样机编号		取样方式	
试验项目			
试验日期	年 月 日至 年 月 日		
试验环境	温度：（ ~ ）℃ 相对湿度：（ ~ ）%		
试验依据	JJFXXXX-XXXX《热量表耐久性试验技术规范》		
试验结论	（专用章） 年 月 日		

F.2 试验报告内页二参考格式如下：

表 7

报告编号：

样 品 描 述 与 照 片
<p>一、流量传感器</p> <p>1. 测量原理</p> <p>2. 结构</p> <p>3. 流量范围：（ ~ ） m³/h</p> <p>4. 温度范围：（ ~ ） °C</p> <p>二、配对温度传感器</p> <p>1. 制造单位：</p> <p>2. 型号规格：</p> <p>3. 温度范围：（ ~ ） °C</p> <p>4. 温差范围：（ ~ ） K</p> <p>5. 浸没深度：（ ~ ） mm</p> <p>三、样机照片</p>

注：流量传感器测量原理及结构需注明或描述：

- 1、测量原理：机械式、超声波式、电磁式或其它方式；
- 2、机械式结构：单流束或多流束；
- 3、超声波式结构：支架 U 形反射、立柱 U 形反射、W 形反射或对射等，声道数。

F.3 试验报告内页三参考格式如下。

表 8

报告编号：

序号	检验项目		技术要求		实测结果		判定
1	基本 耐久性试 验运 行数 据	试验段水 温及范围	上游处	$(\theta_{\max} - 5^{\circ}\text{C}) \sim \theta_{\max}$	$(\sim)^{\circ}\text{C}$		
			下游处		$(\sim)^{\circ}\text{C}$		
	试验段水 压及范围	上游处	$(0.1 \sim 1.0)\text{MPa}$	$(\sim)\text{MPa}$			
		下游处		$(\sim)\text{MPa}$			
	试验流 量 点及 范围	试验流 量 点及 范围	$1.5q_i (1 \pm 5\%)$		$(\sim)\text{m}^3/\text{h}$		
			$q_p (1 \pm 5\%)$		$(\sim)\text{m}^3/\text{h}$		
			$0.95q_s \sim q_s$		$(\sim)\text{m}^3/\text{h}$		
	运行时间	100 周期/2400h					
	附加 耐久 性试 验运 行数 据	试验段水 温及范围	上游处	$(\theta_{\max} - 5^{\circ}\text{C}) \sim \theta_{\max}$	$(\sim)^{\circ}\text{C}$		
			下游处		$(\sim)^{\circ}\text{C}$		
		试验段水 压及范围	上游处	$(0.1 \sim 1.0)\text{MPa}$	$(\sim)\text{MPa}$		
			下游处		$(\sim)\text{MPa}$		
试验流 量 点及 范围		试验流 量 点及 范围	$0.95q_s \sim q_s$		$(\sim)\text{m}^3/\text{h}$		
运行时间	300h						
2	流量传感器耐久 性试验运行中检 查		计算器无显示不清、断码和不 显示； 流量传感器及温度传感器无渗 漏、泄漏或损坏。				
3	热量表异常情况 记录		累积热量，进、回水温度无异常情 况				
4	初始误差测试	各流量点初 始误差不超 过 MPE	流量点 / m^3/h	MPE /%	初始误差 /%		
5	基本耐久性偏移	各流量点耐 久性偏移不 超过 MPE 的 绝对值	流量点 / m^3/h	MPE /%	示值误 差 /%	耐久性偏 移 /%	

	附加耐久性偏移		流量点 /m ³ /h	MPE /%	示值误差 /%	耐久性偏移 /%	
6	累积流量示值误差	不超过 q_p 点 MPE 的 2.5 倍	热量表 累积流 量 / m ³	流量测量 仪表累积 流量 / m ³	2.5× MPE /%	示值误差 /%	
7	配对温度传感器 温差误差	不超过 MPE	温差点 /K	MPE /%	示值误差 /%		
8	温度传感器绝缘 电阻	≥100MΩ					

注：无附加耐久性试验时去掉表格中对应附加试验部分