



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 11048—××××

代替 GB/T 11048-1989

## 纺织品 生理舒适性 稳态条件下热阻和湿阻的测定

Textiles—Physiological effects—Measurement of thermal  
and Water-vapour resistance under steady-state conditions

(ISO 11092:1993, MOD)

(报批稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准是修改采用ISO 11092:1993《纺织品 生理舒适性 稳态条件下热阻和湿阻的测定（蒸发热板法）》，对GB/T11048-1989《纺织品保温性能的测定》的修订，本标准与ISO 11092:1993的主要差异如下：

1. 标准名称中未注明（蒸发热板法）。
2. 增加了2.5和2.6。
3. 将ISO 11092中的仪器作为A型仪器，并增加了图3及相关条款。
4. 增加了5.2条（B型平板法仪器）以及8.2 B型仪器的精密度。
5. 范围中增加了A和B两种仪器的适用情况的说明。
6. 增加了7.1.1、7.3.1和7.4.1的注。
7. 在第7章的有关计算中增加了“结果保留3位有效数字”，增加了7.5。
6. 增加了附录C“仪器的校验”。

本标准与GB/T11048-1989相比作了较大的修改，主要技术修改包括：

1. 标准名称中不再使用“保温性能”一词，而采用“热阻和湿阻”。
2. 扩大了适用范围。
3. 增加了湿阻测定的内容；
4. 规定可以采用2种仪器，A型仪器—通风蒸发热板法，B型仪器—静态平板法。
5. 恒温温度由36℃改为35℃；
6. 试验环境空气由基本静止（风速小于0.1m/s）改为恒定气流1m/s，；
7. 以热阻和湿阻为主要指标，并增加透湿指数、透湿率、热导率指标，取消保温率指标；
8. 取消以间歇式加热为基础的试验程序和计算公式，只给出定义性公式；
9. 增加以标准样校准仪器的程序；
10. 取消原方法B—管式保温仪法；
11. 增加试验精确度一章。

本标准的附录A、附录B和附录C均为规范性附录。

本标准由中国纺织工业协会提出。

本标准由全国纺织品标准化技术委员会基础分会（SAC/TC209/SC1）归口。

本标准主要起草单位：国家纺织制品质量监督检验中心、3M 中国有限公司、上海踏石贸易有限公司、温州大荣纺织仪器有限公司、莱州电子仪器有限公司

本标准主要起草人：王宝军、任鹤宁、葛钥、潘进

本标准于1989年02月首次发布，2008年第一次修订。

## 引 言

ISO11902 是第一个有关纺织品服装舒适性方面的试验方法标准。

与生理舒适性相关的纺织材料的物理性能包括热和湿传递的复杂结合。每一个过程都可能单独发生，也有可能同时发生，并具有时间依赖性，而且应考虑稳态和非稳态的情况。

热阻是辐射、传导、对流的热传递作用相结合的最终结果，它的值取决于其中每一个值对热传递的贡献。虽然热阻是纺织材料的一个固有的特性，但由于受诸如与周围环境辐射热传递等因素的相互影响，它的测定值会随着试验环境的不同而变化。

有多种方法可以用来测定织物的热湿的性能，其中的任何一种方法都与其它的方法有所不同，其结果取决于所设定的条件。

本国际标准中所描述的受保护的散发湿气的热板（通常将其称作“皮肤模型”）是用来模拟贴近人体皮肤发生的热和湿的传递过程。测定包含一个或两个过程，这两个过程在多种环境条件下单独或同时发生，还包括温度、相对湿度、气流速度的复合，在气态或液态环境下进行测定。因此用标准所述仪器测定传递性能能够在稳态和非稳态状态下模拟由不同的穿着和不同的环境所产生的状态，在本标准中仅仅采用了标准状态。

# 纺织品 生理舒适性 稳态条件下热阻和湿阻的测定

## 1 范围

本标准规定了在稳态条件下热阻和湿阻的测定方法。

本标准适用于各类纺织制品以及制作这些制品的纺织织物、薄膜、涂层，泡沫、皮革以及复合材料。

本标准测定技术的应用受到热阻和湿阻最大测定范围的影响，这两个最大值取决于所用仪器的尺寸和结构性能（例如，适用于本标准的仪器热阻和湿阻测定范围分别至少为  $2\text{m}^2\cdot\text{k}/\text{w}$  和  $700\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{w}$ ）。

在本标准中所采用的试验环境不代表特定的舒适性条件，也没有给出舒适性的性能要求。

本标准规定了 A、B 两种类型的测试仪器。测定热阻和湿阻或仅测定其中之一时优先采用 A 型仪器（蒸发热板法仪器），在仅需测定热阻时也可以采用 B 型仪器（静态平板法仪器）。

## 2. 术语和定义

本标准采用以下术语和定义。

### 2.1

热阻 thermal resistance,  $R_{ct}$

试样两面的温差与垂直通过试样的单位面积热流量之比。该干热流量可能由传导、对流、辐射中的一种或多种形式传递。

热阻  $R_{ct}$  以平方米开尔文每瓦 ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ) 为单位，它表示纺织品处于稳定的温度梯度的条件下，通过规定面积的干热流量。

### 2.2

湿阻 water-vapour resistance,  $R_{et}$

试样两面的水蒸汽压力差与垂直通过试样的单位面积蒸发热流量之比。蒸发热流量可能由扩散和对流的一种或多种形式传递。

湿阻  $R_{et}$  以平方米帕斯卡每瓦 ( $\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}$ ) 为单位，它表示纺织品处于稳定的水蒸汽压力梯度的条件下，通过一定面积的蒸发热流量。

### 2.3

透湿指数 water-vapour permeability index,  $i_{mt}$ :

热阻与湿阻的比值，由公式 (1) 计算：

$$i_{mt} = S \cdot R_{ct} / R_{et} \dots\dots\dots(1)$$

式中：S=60 Pa/K。

$i_{mt}$  无量纲，其值介于 0 和 1 之间。 $i_{mt}=0$  意味着材料完全不透湿，有极大的湿阻； $i_{mt}=1$  意味着材料与同样厚度的空气层具有相同的热阻和湿阻。

### 2.4

透湿率 water-vapour permeability,  $W_d$

由材料的湿阻和温度所决定的特性，以克每平方米小时帕斯卡 ( $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{Pa}$ ) 为单位，由公式 (2)

计算:

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \cdot \Phi_{T_m} \dots} \dots \dots \dots (2)$$

式中:  $\Phi_{T_m}$ —试验板表面温度为  $T_m$  时的饱和水蒸汽潜热。当  $T_m=35^\circ\text{C}$  时,  $\Phi_{T_m}=0.627\text{W}\cdot\text{h/g}$ 。

## 2.5

克罗值 clo

热阻的一个表示单位。在温度为  $21^\circ\text{C}$ 、气流不超过  $0.1\text{m/s}$  的环境条件下, 静坐者 (其基础代谢为  $58\text{W/m}^2$ ) 感觉舒适时, 其所穿服装的隔热值为 1 克罗 (clo) 值。

## 2.6

热导率 thermal conductivity, k

试样两面存在单位温差时, 通过单位面积单位厚度的热流量, 以  $\text{W/m}\cdot\text{K}$  为单位。

热导率为热传导、热辐射、热对流的总和, 等于单位厚度热阻的倒数。

## 3 符号和单位

$R_{ct}$	热阻, $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$
$R_{et}$	湿阻, $\text{m}^2\cdot\text{Pa/W}$
$i_{mt}$	透湿指数, 无量纲
$R_{ct0}$	为热阻 $R_{ct}$ 的测定而确定的仪器常数, $\text{m}^2\cdot\text{K/W}$
$R_{et0}$	为湿阻 $R_{et}$ 的测定而确定的仪器常数, $\text{m}^2\cdot\text{Pa/W}$
$W_d$	透湿率, $\text{g/m}^2\text{hPa}$
$\Phi_{T_m}$	试验板表面温度为 $T_m$ 时的饱和水蒸汽潜热, $\text{W}\cdot\text{h/g}$
$A$	试验板的面积, $\text{m}^2$
$T_a$	气候室中空气的温度, $^\circ\text{C}$
$T_m$	试验板的温度, $^\circ\text{C}$
$T_s$	热护环的温度, $^\circ\text{C}$
$P_a$	水蒸汽压力 (在气候室中的温度为 $T_a$ 时), Pa
$P_m$	饱和水蒸汽压力 (当试验板的表面温度为 $T_m$ 时), Pa
$v_a$	被测试样表面上方的空气的速度, m/s
$s_v$	气流速度 $v_a$ 的标准偏差, m/s
R.H.	相对湿度, %
$H$	提供给测试面板的加热功率, W
$\Delta H_c$	热阻 $R_{ct}$ 测定中加热功率的修正量
$\Delta H_e$	湿阻 $R_{et}$ 测定中加热功率的修正量
$\alpha$	$\Delta H_c$ 的计算中修正量曲线的斜率
$\beta$	$\Delta H_e$ 的计算中修正量曲线的斜率
k	热导率, $\text{W/m}\cdot\text{K}$
d	材料的厚度, mm

## 4 原理

试样覆盖于电热试验板上，试验板及其周围和底部的热护环（保护板）都能保持相同的恒温，以使电热试验板的热量只能通过试样散失；调湿的空气可平行于试样上表面流动。

在试验条件达到稳态后，测定通过试样的热流量来计算试样的热阻。

在本标准中描述的方法是通过从测定试样加上空气层的热阻值中减去试验仪器表面空气层的热阻值得出所测材料的热阻值 $R_{ct}$ 。两次测定均在相同的条件下进行。

对于湿阻的测定，需在多孔电热试验板上覆盖透气但不透水的薄膜，进入电热板的水蒸发后以水蒸汽的形式通过薄膜，所以没有液态水接触试样。试样放在薄膜上后，测定在一定水分蒸发率下保持试验板恒温所需热流量，与通过试样的水蒸汽压力一起计算试样湿阻。

在本标准中描述的方法是通过从测定试样加上空气层的湿阻值中减去试验仪器表面空气层的湿阻值得出所测材料的湿阻值 $R_{ct}$ 。两次测定均在相同的条件下进行。

## 5. 仪器

### 5.1 A 型仪器—蒸发热板法仪器

#### 5.1.1 具有温度和给水控制的测试部分

由厚约 3mm，面积至少为 0.04 m<sup>2</sup>（例如边长为 200 mm 的正方形）的金属板固定在内含电热丝的导电金属组件上组成试验板[图 1 部件（1）和（6）]。为了湿阻的测定，金属板必须是多孔的，它被位于试样台（11）内的热护环[图 2 部件（8）]所包围。

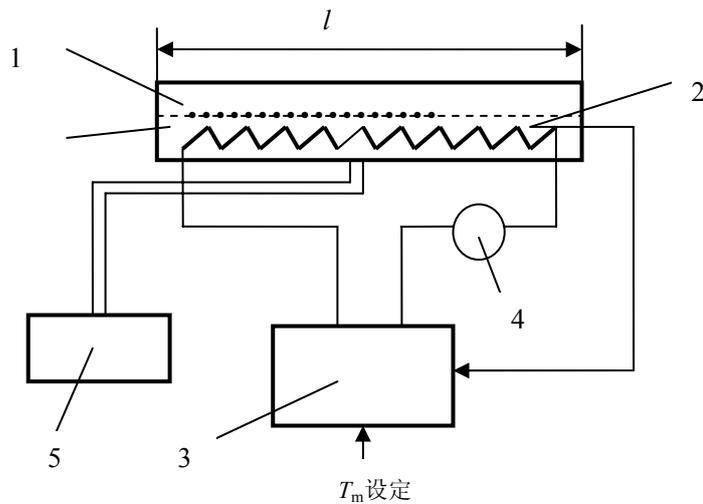
在 20℃ 环境下，以波长范围 8μm 到 14μm 的光束垂直照射于金属板表面并以半球反射的方式，测得金属板表面的辐射系数应高于 0.35。

与多孔板相接触的电热丝金属组件（6）的表面为沟槽，使定量供水装置（5）提供的水能够进入电热板。

试验板相对于试样台的位置应是可以调整的，以使放在其上面的试样上表面能与试样台保持共面。在试验板或温度测试装置中的热量损耗应降到最低，例如尽可能使线路沿着热护环的内表面设置。温度控制器（3），包括试验板的温度传感器，应保持试验板温度 $T_m$ 恒定至±0.1℃。在整个量程范围内，须用精度为±2%的适合的装置（4）测定试验板的加热功率 $H$ 。

多孔金属板表面的供水由定量供水装置（5）完成，它就像马达驱动的滴定管一样，当水位低于试验板表面约 1.0mm 时，触及开关而启动泵水装置以保证试验板表面水分的恒速蒸发。信号开关与试验板相连接。

在运行试验板以前，水应预热至试验板的温度。在水进入试验板之前让其先穿过热护环中的管子能够达到这个要求。



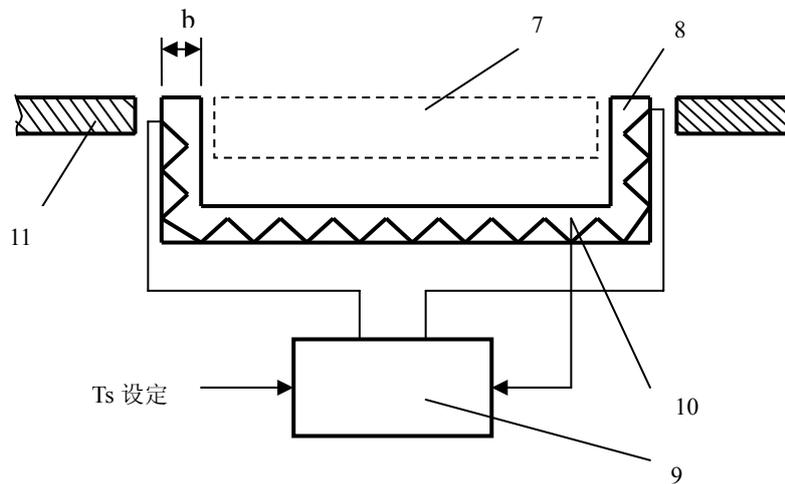
- |          |          |              |
|----------|----------|--------------|
| 1—金属板    | 2—温度传感器  | 3—温度控制器      |
| 4—热量测定装置 | 5—定量供水装置 | 6—装有加热元件的金属体 |

图 1 温度和水蒸气控制和测定装置

### 5.1.2 具有温度控制的热护环

由高热导率材料(如金属)组成,且包含电热元件。它的作用是防止试验板的边缘及底部的热散失。热护环的宽度  $b$  (见图 2) 至少为 15mm。热护环的上表面与试验板表面的间距不应超过 1.5mm。

热护环像试验板一样,可以配置一个多孔板和定量供水系统,以形成一个潮湿的护管。由控制器 (9) 控制并由温度传感器 (10) 测得的热护环的温度  $T_s$  应与试验板温度  $T_m$  相同,精度为  $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

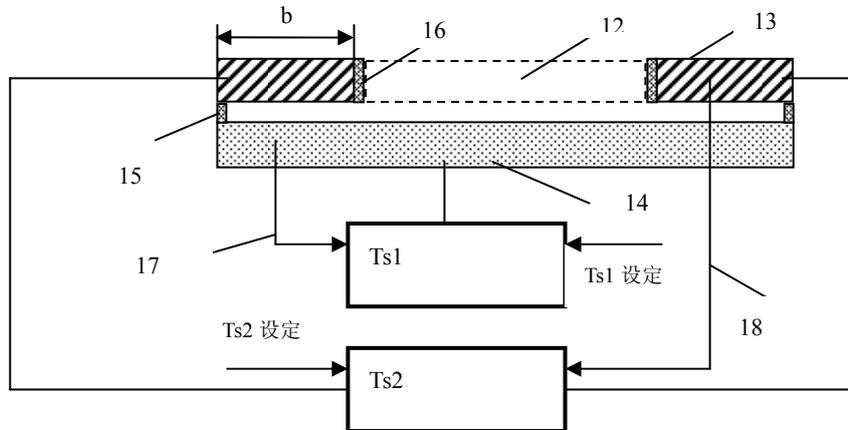


- |              |       |         |           |        |
|--------------|-------|---------|-----------|--------|
| 7— 5.1 的测定装置 | 8—热护环 | 9—温度控制器 | 10—温度测定装置 | 11—试样台 |
|--------------|-------|---------|-----------|--------|

图 2 热护环及温度控制装置

图 3 所示的装置是另一种热护环和底板的控制结构。热护环呈环状包围着试验板,其宽度  $b$  至少为 60mm,其厚度及构成与试验板相同并共面,二者之间用大约 3mm 宽的软木条或其它绝热材料相互隔热。热护环用于防止试验板横向热损失。底板厚度及构成与测试板和热护环相同。底板与试验板和热护

环平行，并保持一定距离（例如 25~75mm，不超过 75mm），通过木质框架结构连接，使上下板之间形成气室。底板的作用是阻止测试板和保护板向下的热量损失。底板与热护板的温度分别控制。



12—试验板 13—热护板 14—底板 15—木质框架 16—软木条 17、18—温度测定装置

图 3 热护环及底板

### 5.1.3 气候室

试验板和热护环安装在气候室内，气候室与环境中的空气是导通的，而且气候室内空气的温度和湿度能够得到控制，气流可以穿过并沿着试验板和热护环表面流动，导流口在试样台以上的高度不小于 50mm。

在整个试验过程中，气流温度 $T_a$ 的偏差应不超过 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，当热阻和湿阻的测定值低于  $0.5 \text{ m}^2\cdot\text{k}/\text{w}$  和  $100 \text{ m}^2\cdot\text{Pa}/\text{w}$ 时，精度可以控制在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；相对湿度的误差不应超过 $\pm 3\% \text{ R.H.}$ 。在试验板的中心上方 15mm 处测定气流温湿度，从这点测得的气流温度 $T_a$ 为  $20^\circ\text{C}$ 、速度 $v_a$ 的平均值应为  $1 \text{ m/s}$ ，误差不超过 $\pm 0.05 \text{ m/s}$ 。

值得注意的是气流是有一定的波动的，空气流速的相对变异可以标准偏差与气流速度的比值 $s_v/v_a$ 表示，其值在 0.05~0.1 之间。气流速度可使用具有时间常数小于 1s 的仪器进行测试，数据采集频次不少于 10 次/min，总测定时间应不少于 10min。

## 5.2 B 型仪器—平板法仪器

### 5.2.1 热板

由试验板、保护板、底板组成热板组件，每块板加电后都能维持在恒定的  $35^\circ\text{C}$ 。

试验板是加热板的一部分，它的面积至少为  $0.04 \text{ m}^2$ （例如每边长至少为 200mm 的方形），并且要放在加热板组件上表面的正中央。试验板一般为铝或铜制金属板，其反射率按 5.1.1 要求，试验板的加热元件与金属板绝缘，其间距根据加热元件加热效率的不同，或紧贴或有一定间隙（例如 3mm 以内）。

保护板呈环状包围着试验板，其宽度至少为 60mm，其厚度及构成与试验板相同并与测试板共面，两板之间用大约 3mm 宽的软木条或其它绝热材料相互隔热。保护板用于防止试验板横向热损失。

底板的厚度及构成与测试板和保护板相同，底板与试验板和保护板平行，并保持一定距离（例如 25~75mm。）使上下板之间形成气室。底板的作用是阻止测试板和保护板向下的热量损失。

### 5.2.2 温度检测与控制器

试验板、保护板、底板应各自具有一个温度传感器和温度控制器。传感器安放在板的内部且尽可能地靠近板的外表面用来测定各自表面的温度；温度控制器应保持各板温度  $T_m$  恒定，精度达到 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 。

### 5.2.3 热功率测定仪

使用适当装置测定试验板的加热功率，精度为 $\pm 2\%$ 。

### 5.2.4 气候室

热板所处的气候室应有相应的装置以应能维持温度变化范围 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\pm 3\%$ ；气候室的壁不能有高反射性，壁的温度同气候室内空气温度相同，气候室内气流速度不大于 $0.1\text{m/s}$ 。

### 5.2.5 气温检测器

气候室温度检测器精度 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，测定点距试验板及气候室顶端均在 $150\text{mm}$ 以上，且处于试验板中心线上。

## 6 试样

### 6.1 材料厚度 $\leq 5\text{mm}$

试样尺寸应完全覆盖试验板和热护环表面。

从每份实验室样品中至少取3块试样，试样要求平整、无折皱。

试验前，试样应在7.3条或7.4条规定的试验环境中调湿至少12h。

### 6.2 材料厚度 $> 5\text{mm}$

#### 6.2.1 厚度在此范围内的试样需要一个特殊的程序以避免热量或水蒸汽从其边缘散发。

在热阻的测定中，如果试样的厚度超过热护环宽度 $b$ 的2倍，则需对热量在边缘处的散失进行修正。热阻和试样厚度之间线性关系的偏差按公式 $[1 + (\Delta R_{ct}/R_{ctm})]$ 确定和修正，通过测利用匀质材料（例如泡沫材料）多层叠加（最终达到被测试样的厚度 $d$ ）所测定的 $R_{ct}$ 值进行修正（图4）。

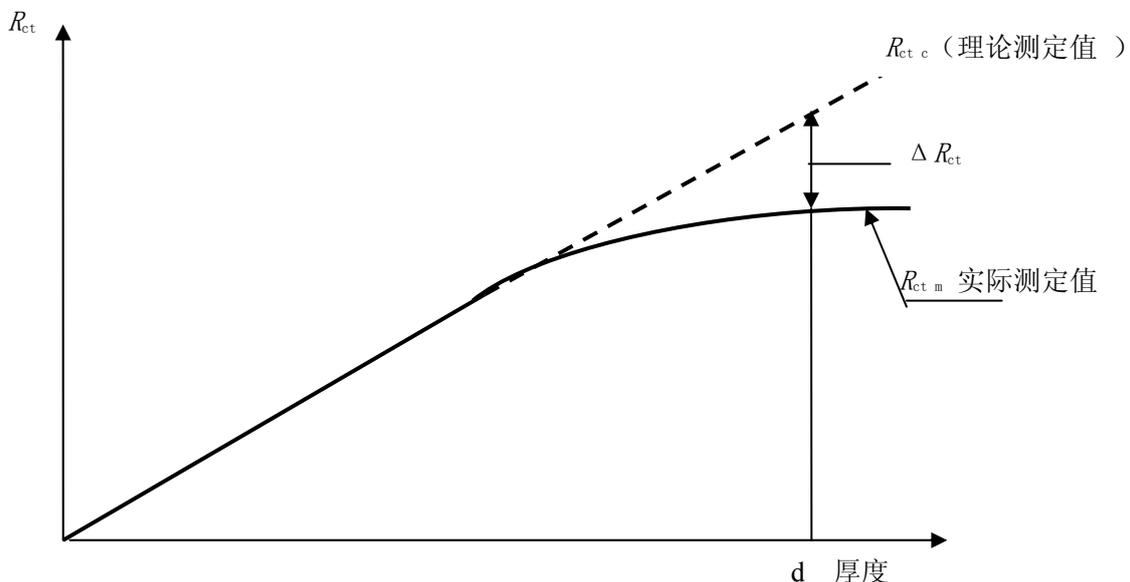


图4 热阻测定中边缘热损失的修正

图中： $R_{ct c}$ 为理论测定值， $R_{ct m}$ 为实际测定值

6.2.2 如果热护环不配置像试验板那样的多孔板和定量供水系统，那么在测定湿阻时，试样垂直边被不能渗透水蒸汽的框架包围，其高度大约与试样不受外力放置时的高度一样，其内部框架尺寸和试验板的多孔金属板上的各边一样。

6.2.3 通常试样应在 7.3 条和 7.4 条规定的试验气候中调湿至少 24h。

6.2.4 如果样品含有松散的填充物或厚度呈不均匀状，例如被子，睡袋、羽绒服等，则试样需要按附录 A 进行制备。

## 7 试验程序

### 7.1 仪器常数的测定

以本标准所述装置测得的试样的热阻和湿阻中，包含有固定的仪器常数，这些常数是由测试装置本身的热阻以及附着于试样表面的边界空气层的阻力决定的，后者受试样上方空气流速和波动程度的影响。

这些仪器常数  $R_{ct0}$  和  $R_{et0}$  又称作“空板”值，测定时试验板上表面与试样台应处于同一平面。

#### 7.1.1 $R_{ct0}$ 的测定

调节试验板表面温度  $T_m$  为  $35^\circ\text{C}$ ，气候室温度  $T_a$  为  $20^\circ\text{C}$ ，相对湿度为 65%，空气流速  $v_a$  为  $1\text{m/s}$ （B 型仪器  $v_a < 0.1\text{m/s}$ ），以上各值的误差均应在第 5 章要求的范围内。待测定值  $T_m$ ， $T_a$ ， $R.H.$ ， $H$  都达到稳定后记录它们的值。

注：通常不超过 3min 记录 1 次测定值，试验时间至少 30min 可达到稳定（不包括预热时间）；对于间歇式加热的仪器，试验时间应为完整加热循环。

空板值  $R_{ct0}$  由等式（3）确定，结果保留 3 位有效数字：

$$R_{ct0} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c \dots} \dots \dots \dots (3)$$

$\Delta H_c$  是一个修正值，由附录 B 描述的方法确定。

#### 7.1.2 $R_{et0}$ 的测定

7.1.2.1 测定湿阻时，需用定量供水装置保持试验板表面的湿润。在多孔试验板上覆盖一层光滑的透气而不透水的薄膜（可用厚  $10 \sim 50\mu\text{m}$  的纤维素薄膜），薄膜的安放要确保平整无皱，且薄膜事先要经蒸馏水浸渍。

供给试验板的水必须经过二次蒸馏并经过煮沸才能使用，这样水中就没有气泡以防止薄膜下出现气泡。

7.1.2.2 试验板表面温度  $T_m$  及周围空气温度均控制在  $35^\circ\text{C}$ ，空气流速  $v_a$  为  $1\text{m/s}$ 。空气的相对湿度应保持在 40%，其水蒸汽压力  $p_a$  为  $2250\text{Pa}$ 。假设试验板表面周围水蒸气与其表明温度相同，其所对应的饱和水蒸汽压力  $p_m$  则为  $5620\text{Pa}$ ，以该值计算不影响试验的正确性。

以上各值  $T_m$ 、 $T_a$ 、 $v_a$ 、 $R.H.$  的偏差均应在第 5 章要求的范围内，待测定值  $T_m$ ， $T_a$ ， $R.H.$ ， $H$  都达到稳定后记录它们的值。

注：通常不超过 3min 记录 1 次测定值，试验时间至少 30min 可达到稳定（不包括预热时间）；对于间歇式加热的仪器，试验时间应为完整加热循环。

7.1.2.3 空板值  $R_{et0}$  由等式（4）确定，结果保留 3 位有效数字：

$$R_{et0} = \frac{(p_m - p_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} \dots \dots \dots (4)$$

$\Delta H_c$ 是一个修正值，由附录B中所描述的方法来确定。

### 7.1.3 参照样

通过测定已标定热阻或湿阻的参照样可以对仪器进行核查，核查方法参见附录 C。

### 7.1.4 仪器常数的核查

要定期核查仪器常数 $R_{ct0}$ 和 $R_{et0}$ ，当偏差超出仪器精度范围（见第 8 章）时，则需要进行调整。大多数情况下， $R_{ct0}$  和 $R_{et0}$  的改变是由于试样表面气流速度 $V_a$ 的变化引起的，试样表面上方的气流速度需按 5.1.3 条的描述的技术要求进行定期检查。

试样表面上方的气流（速度和波动程度）影响了附着于试样表面的边界空气层的阻力，从而影响到测试结果。

## 7.2 试样在试验板上的放置

7.2.1 试样的放置位置方向与气流方向有关，应在试验报告中予以规定和说明。

试样应平置于试验板上，将通常接触人体皮肤的一面朝向试验板。多层织物也是如此，试样在试验板上的放置就像在人体上一样。试样不应有起泡和起皱，以免试样与试验板间、多层织物的各层之间产生不应有的空气层。可用防水胶带或一轻质金属架固定在试样边缘以保持其平整。

7.2.2 通常，试样在不受张力或负荷作用、多层试样各层之间无空气缝隙的情况下测试。如果试验在拉伸或受压力或夹有空气缝隙时进行，应在试验报告中说明。

7.2.3 当试样的厚度超过 3mm 时，应调节试验板高度以使试样的上表面与试样台平齐（A 型仪器）。

## 7.3 热阻 $R_{ct}$ 的测定

7.3.1 调节试验板表面温度 $T_m$ 为 35℃，气候室空气温度 $T_a$ 为 20℃，相对湿度为 65%，空气流速为 1m/s（B型仪器 $v_a < 0.1\text{m/s}$ ），以上各值的偏差均应在第 5 章要求的范围内。

如有需要，也可采用其它的温度 $T_a$ 、相对湿度R.H.和气流速度 $v_a$ ，但应在试验报告中说明具体试验条件，并说明这些条件与在本标准规定的环境下进行试验所得结果的差异。

在试验板上放置试样后，待 $T_m$ ， $T_a$ ，R.H.， $H$  达到稳定后，记录它们的值。

注：通常不超过 3min 记录 1 次测定值，试验时间至少 30min 可达到稳定（不包括预热时间）；对于间歇式加热的仪器，试验时间应为完整加热循环。

7.3.2 根据公式（5）计算热阻。

$$R_{ct} = \frac{(T_m - T_a) \cdot A}{H - \Delta H_c} - R_{ct0} \dots\dots\dots (5)$$

计算所测试样热阻 $R_{ct}$ 的算术平均值作为样品的检验结果，结果保留 3 位有效数字。

## 7.4 湿阻 $R_{et}$ 的测定

7.4.1 为测定湿阻，应将能透过水蒸汽而不能透过水的薄膜放置在 7.1.2 条所述的试验板上。

7.4.2 调节试验板表面温度 $T_m$ 和空气温度 $T_a$ 为 35℃，相对湿度为 40%，空气流速为 1m/s。以上各值的偏差均应在第 5 章要求的范围内。这些等温条件是为了使水蒸汽在试样内不致冷凝。

如有需要，可以采用其它的相对湿度 R.H.和气流速度  $V_a$ ，但应在试验报告中说明具体试验条件，并说明这些条件与在本标准规定的环境下进行试验所得结果的差异。如果改变空气温度  $T_a$ ，试验板表

面温度与大气温度不是等温条件，不属于本标准适用范围。

在试验板上放置试样后，待测定值  $T_m$ ， $T_a$ ， $R.H.$ ， $H$  达到稳定后，再记录它们的值。

注：通常不超过 3min 记录 1 次测定值，试验时间至少 30min 可达到稳定（不包括预热时间）；对于间歇式加热的仪器，试验时间应为完整加热循环。

7.4.3 根据公式（6）计算湿阻：

$$Ret = \frac{(P_m - P_a) \cdot A}{H - \Delta H_e} - Ret_0 \quad \dots\dots\dots (6)$$

计算所测试样湿阻  $Ret$  的算术平均值作为样品的检验结果，结果保留 3 位有效数字。

7.5 如果需要，可以根据 7.3 和 7.4 的测定结果计算下列指标：

7.5.1 透湿指数

$$i_{mt} = S \cdot R_{ct} / Ret \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中： $S=60 \text{ Pa/K}$ 。

7.5.2 透湿率

$$Wd = 1 / Ret \cdot \Phi T_m \quad \dots\dots\dots (8)$$

当  $T_m=35^\circ\text{C}$  时， $\Phi T_m=0.627 \text{ W}\cdot\text{h/g}$ 。

7.5.3 克罗值  $clo$

$$clo = R_{ct} / 0.155 = 6.451 R_{ct} \quad \dots\dots\dots (9)$$

7.5.4 热导率

$$k = 10^{-3} \cdot d / Ret \quad \dots\dots\dots (10)$$

其中  $d$  是按 GB/T3820 测定的厚度（mm）。

## 8 结果的精确度

### 8.1 采用 A 型仪器

#### 8.1.1 重复性

在测定单层织物试样的热阻  $R_{ct}$  时，如试样的热阻不高于  $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ，则其重复性误差为  $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ；在测定蓬松材料时，当  $R_{ct}$  的值超过  $50 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  时，其重复性误差为 7%。

在测定单层织物试样的湿阻  $Ret$  时，如果试样的湿阻不高于  $10 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ ，则其重复性误差为  $0.3 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ ；在测定蓬松材料时，当  $Ret$  的值超过  $10 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$  时，其重复性误差 7%。

#### 8.1.2 再现性

利用厚度分别为 3mm，6mm，12mm 的蓬松材料在 4 个实验室中进行试验，热阻  $R_{ct}$  的平均标准偏差为  $6.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ，湿阻  $Ret$  的平均标准偏差为  $0.67 \text{ m}^2 \cdot \text{Pa/W}$ 。

### 8.2 采用 B 型仪器

#### 8.2.1 重复性

在相同的试验设备上对从同一批试样中随机抽取的两个样品进行试验，在 95% 的置信度条件下，

试验结果之间的差异不超过其平均值的 4.5%。

#### 8.2.2 再现性

在 5 个实验室里对从 5 种材料随机抽取的样品进行试验，在 95%的置信度条件下，试验结果之间的差异不超过其平均值的 10%。

### 9 试验报告

试验报告应至少包括以下内容：

- a) 说明试验是按本标准进行的；
- b) 样品的详细描述；
- c) 试样放置状态说明（7.2）；
- d) 试样数量；
- e) 所采用的仪器类型及型号；
- f) 试验条件和参数；
- g) 热阻和/或湿阻的算术平均值；
- h) 如果需要，报告 7.5 条计算的结果；
- i) 任何偏离本标准的细节及不正常的现象；
- j) 试验日期。

## 附录 A

## (规范性附录)

## 对含有松散填充物和不均匀厚度的试样的制备

A.1 对含有松散填充物和不均匀厚度的样品，例如被褥、睡袋、羽绒服等，如果可能，每个样品应最少取 3 块试样，如果条件不允许，应在试验报告中注明实际的试样数。如果材料的不均匀度是由绗缝而引起，则至少要各准备 2 块试样测定热阻和湿阻。

A.2 试验时试样要放在一个高度约和试样不受外力作用时高度一致的框架中。在测定热阻时，框架的内边尺寸至少为  $(L+2b)$ ；在测定湿阻时，框架的内边尺寸要和试验板的金属板各边尺寸  $L$  一致。（见图 1 和 2）。

A.3 在准备 A.1 中规定的至少 2 块试样时，在样品的中心区域内，一块含尽可能多的绗缝数，另一块含尽可能少的绗缝数。

## 附录 B

## (规范性附录)

## 加热功率的修正值的确定

B.1 在热阻和湿阻的测定过程中，试验板和热护环（保护板）的温度被设定为同一个值，但按 5.1 和 5.2 的允差在实际中会造成试验板和热护环间明显的温度差异。在这种情况下，提供给试验板的加热功率不等于穿过试样的热流量，在测定热阻和湿阻的过程中需对加热功率进行修正，修正量分别以  $\Delta H_c$  和  $\Delta H_e$  表示。

B.2 加热功率的修正值  $\Delta H_c$  与试验板和热护环之间的温度差异呈线性关系。由公式 (B.1) 计算：

$$\Delta H_c = \alpha \cdot (T_m - T_s) \quad \dots\dots\dots B.1$$

斜率  $\alpha$  可以通过下面的方式确定：选取一种高绝热性的材料（例如厚度至少为 4mm 的泡沫材料），剪取足够大的尺寸以使试验板和热护环完全被覆盖；大气温度设定为 20℃，试验板温度设定为 35℃，调节热护环的温度控制器使热护环温度以 0.2℃ 的梯度在 34℃~36℃ 之间递变。在每个设定的值达到稳定后，记录下提供给试验板的加热功率。

由这个加热功率与试验板和热护环间的温度差异的线性关系可作出一条直线，其斜率即为  $\alpha$ 。

B.3 加热功率的修正值  $\Delta H_e$  由公式 (B.2) 确定：

$$\Delta H_e = \beta \cdot (T_m - T_s) \quad \dots\dots\dots B.2$$

斜率  $\beta$  由下述方式确定：试验板被 7.1.2 中描述的薄膜覆盖，并由泵水装置提供水。选取一种不透气的材料（例如 PET 聚酯薄膜）和一种高绝热材料（例如最少厚度为 4mm 的泡沫材料），剪取足够大的尺寸以使试验板和热护环完全被覆盖。大气温度设定为 35℃，相对湿度设定为 40%，热护环的温度被定为 35℃。

试验板温度相对于热护环温度以 0.2℃ 为梯度递增。当各个设定值达到稳定时，记录下提供给试验板的加热功率。

由这个加热功率与试验板和热护环间的温度差异的线性关系可作出一条直线，其斜率即为  $\beta$ 。

B.4 在  $\alpha$ 、 $\beta$  的值改变或试验仪器修理后，加热功率的修正量斜率  $\alpha$ 、 $\beta$  需要核查。

附录 C  
(规范性附录)  
仪器的核查

### C.1 热阻的校准

C.1.1 仪器热阻的核查应采用经标定的参照样进行。

C.1.2 对仪器的热阻测定值和线性值应同时进行核查。

C.1.3 按标准条件分别测定空板、1~4 层校准样的总热阻  $R_{ct}$ 。

- (a) 将一层校准织物覆盖于测试板表面，并测试总热阻( $R_{ct1}$ )；
- (b) 将二层校准织物覆盖于测试板表面，测试总热阻( $R_{ct2}$ )；
- (c) 将三层校准织物覆盖于测试板表面，测试总热阻( $R_{ct3}$ )；
- (d) 将四层校准织物覆盖于测试板表面，测试总热阻( $R_{ct4}$ )。

C.1.4 仪器应达到以下要求：

- (a) 1~4 层参照样的各自总热阻应不超过标定值的 $\pm 10\%$ ；
- (b) 将参照样的层数对应的空板热阻值、1 层、2 层、3 层、4 层总热阻值作回归关系曲线，其应呈线性关系；
- (c) 回归曲线的斜率应不超过标定值回归曲线斜率的 $\pm 10\%$ ；
- (d) 任何一次单独测定都不能超出回归曲线所给值的 $\pm 10\%$ ；

C.1.5 如果仪器没能达到以上任何一个要求，调节仪器直到达到以上要求；

C.1.6 当仪器进行修理之后或长期未用而重新启用时，要对仪器进行核查，应达到以上要求才可使用；

C.1.7 如果仪器不能调整到符合上述要求，如实际偏差呈线性，可以对检验结果进行修正，但应在报告中说明；当实际偏差呈非线性（无规律），则仪器不能再继续使用。

C.1.8 如果利害各方同意，可以仅采用单层参照样进行核查，但应注明。

### C.2 湿阻的校核

仪器湿阻的核查与 C.1 热阻的核查程序和要求相同，只是需采用湿阻参照样。

---