ICS 61.060
CCS Y 78

中华人民共和国国家标准

GB/T 33393—2023
代替 GB/T 33393—2016

鞋类　整鞋试验方法　热阻和湿阻的测定

Footwear—Test methods for whole shoe—Measurement of thermal and water-vapour resistance

国家标准全文公开系统专用，此文本仅供个人学习、研究之用，
未经授权，禁止复制、发行、汇编、翻译或网络传播等，侵权必究。
全国标准信息公共服务平台：https://std.samr.gov.cn

2023-12-28 发布　　2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

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。

本文件代替GB/T 33393—2016《鞋类　整鞋试验方法　稳态条件下热阻和湿阻的测定》，与GB/T 33393—2016相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a) 更改了术语和定义（见第3章，2016年版的第3章）；

b) 更改了原理（见4.1、5.1，2016年版的第4章）；

c) 更改了仪器设备和材料（见4.2、5.2，2016年版的第5章）；

d) 更改了试样和环境调节要求（见4.3、5.3，2016年版的第6章）；

e) 更改了试验步骤（见4.4、5.4，2016年版的第7章）；

f) 更改了试验结果（见4.5、5.5，2016年版的第8章）；

g) 更改了试验报告（见第6章，2016年版的第9章）。

本文件由中国轻工业联合会提出。

本文件由全国制鞋标准化技术委员会（SAC/TC 305）归口。

本文件起草单位：四川省皮革研究所、广州检验检测认证集团有限公司、丽荣鞋业（深圳）有限公司、温岭市世界风鞋材有限公司、台州市富平鞋业有限公司、中轻检验认证（温岭）有限公司、中国皮革制鞋研究院有限公司、东莞市恒宇仪器有限公司、中轻检验认证有限公司、瑞安市大虎鞋业有限公司。

本文件主要起草人：陈磊、杨锋波、任蕾、吴会超、方超、施嫣然、畅文凯、高军、李晓星、吕育虎、胡娜。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2016年首次发布为GB/T 33393—2016；

——本次为第一次修订。

引　言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及第4章和第5章“一种成鞋热阻、湿阻的测试装置”“一种成鞋热阻、湿阻的测试装置以及测试方法”“一种整鞋测试分析设备”“一种整鞋测试分析仪及其测试方法”相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款或条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

a）　专利持有人姓名：四川省皮革研究所

地址：四川省成都市一环路北三段2号

b）　专利持有人姓名：广州众纳科技有限公司

地址：广东省广州市天河区黄村东路29号

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

鞋类　整鞋试验方法　热阻和湿阻的测定

1　范围

本文件描述了整鞋热阻和湿阻及吸湿透水汽性能的试验方法。

本文件适用于与测试假脚匹配的整鞋热阻和湿阻及吸湿透水汽性能的测定。

2　规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2703　鞋类　术语

GB/T 6682—2008　分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 22049　鞋类　鞋类和鞋类部件环境调节及试验用标准环境

3　术语和定义

GB/T 2703 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热阻　thermal resistance

在一定温差条件下整鞋阻止鞋内腔中热量散失的能力。

注：热阻值越大，鞋的保暖性越好。

3.2

湿阻　water-vapour resistance

在一定压差条件下整鞋阻止鞋内腔中水汽散失的能力。

注：湿阻值越大，鞋的透水汽性越差。

3.3

透水汽性能　breathability property

在规定条件和时间内水汽透过整鞋的能力。

注：通常用规定时间内透过整鞋的水汽质量表示。

3.4

吸湿透水汽性能　moisture absorption and breathability property

在规定条件和时间内水汽被鞋吸收及透过整鞋的能力。

注：通常用规定时间内被吸收及透过整鞋的水汽质量之和表示。

3.5

变异系数　coefficient of variation

样本数据的标准差与平均值的比值。

注：变异系数反映了数据的稳定性，又称为离散系数。本方法测试过程中湿阻热阻值的变异系数达到设定值后，认为假脚-整鞋-环境构成的温度梯度和湿度梯度处于一个稳定状态。

4 试验方法 A

4.1 热阻湿阻原理

假脚-整鞋-环境处于一个动态的湿热交换过程，当假脚-整鞋-环境构成的温度梯度和湿度梯度处于一个稳定状态时，整鞋的吸湿量也处于一个稳定状态，假脚的补水量等于整鞋的透汗量，假脚的发热量等于整鞋向环境的散热量。通过加热功率、出汗量，计算出整鞋湿阻和热阻。

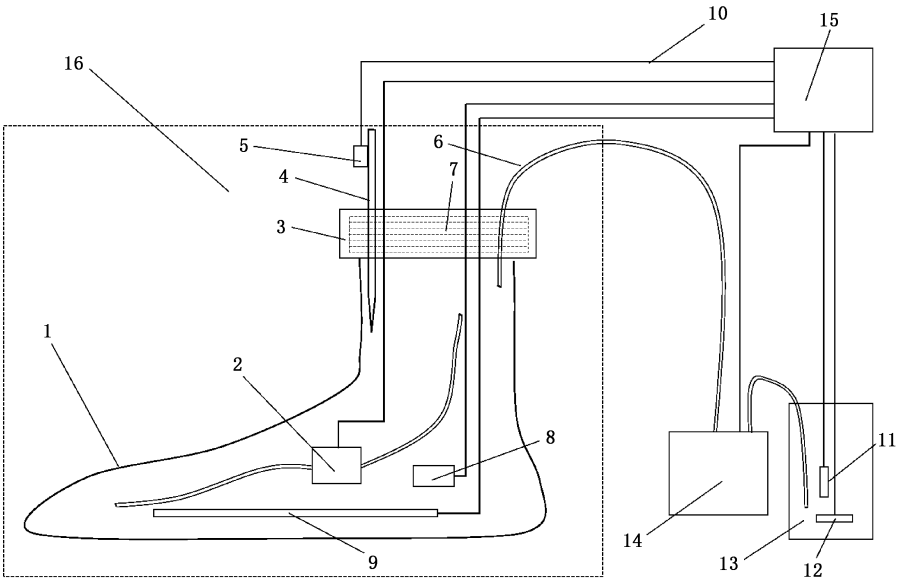
4.2 仪器设备和材料

4.2.1 整鞋热阻和湿阻测试仪

4.2.1.1 假脚

由具有一定弹性的带孔硅胶制成的人工假脚，其内部中空并配置有供水和加热装置，可向脚内补水并保持温度，假脚的腿部用保温材料和密封盖密封以防止假脚内水汽和热量沿腿部轴向散失。假脚内的水通过循环水泵控制水沿脚腕向脚尖方向循环，使得整个假脚各区域温度一致。假脚外表面覆盖有透水汽但不透水的由柔软织物制成的模拟皮肤，皮肤的透湿率应为 7 500 g/(m^2 · 24 h)～9 500 g/(m^2 · 24 h)[例如可选用聚四氟乙烯(PTFE)层压复合织物或其他类似物作为模拟皮肤]。假脚模拟皮肤腿部最高处的高度为 14 cm±1 cm，其表面积与人体的足部面积相当，见图 1。

注：模拟皮肤透湿率的测定方法见 GB/T 12704.2—2009 中方法 B(倒杯法)。



标引序号说明：

1 ——假脚和模拟皮肤；
2 ——循环水泵；
3 ——密封盖和保温材料；
4 ——玻璃管；
5 ——光学液面检测传感器；
6 ——进水管；
7 ——保温层；
8 ——温度传感器 1；
9 ——加热棒 1；
10——导线；
11——温度传感器 2；
12——加热棒 2；
13——水箱；
14——泵；
15——测控系统；
16——测试箱。

图 1 整鞋热阻湿阻测试原理图

4.2.1.2 出汗量控制系统

由水箱、泵、液面监测装置和水管组成的供水系统能实现对假脚出汗量的控制。泵的流量精度误差为±1.0%。

4.2.1.3 温度控制系统

由加热单元和温度传感器等构成假脚和补水系统的温度控制系统，温度波动控制在±0.3 ℃。

4.2.1.4 测控系统

具有测试电流、电压的装置。记录装置每分钟至少自动记录一次试验数据，包括但不限于实时温度、实时功率、出汗量等参数，计算并记录实时湿阻值、热阻值等测试结果，达到设置变异系数后自动结束试验。

4.2.2 测试箱

假脚安装在测试箱内，箱内空气的温度和湿度可调，空气能在假脚或试样表面流动，空气流速控制在(1.00±0.15)m/s。

4.2.3 水

出汗量控制装置中，向假脚输入的水应符合 GB/T 6682—2008 中三级水的要求。

4.2.4 风扇

能放入测试箱内，可调整风向对样品进行吹拂，样品处的风速应大于 4.00 m/s。

4.3 试样

4.3.1 试样数量不少于 2 只。

4.3.2 试验前试样应按照 GB/T 22049 的规定，在温度为(23±2)℃、相对湿度为(50±5)%的标准环境条件下调节至少 24 h。

4.4 试验步骤

4.4.1 皮肤湿阻的测定

4.4.1.1 调节测试箱温度至(23±2)℃、相对湿度至(50±5)%，空气流速控制在(1.00±0.15)m/s。

4.4.1.2 设定假脚中心温度和水箱的温度为(35.0±0.3)℃或其他规定温度，设置变异系数为 5%～10%。将假脚(4.2.1.1)加满水，排出上端空气后密封。开启循环水泵、加热系统和供水系统，随着假脚内水量减少，供水系统可自动供水。

4.4.1.3 将风扇(4.2.4)朝向假脚以强风吹去假脚表面附面空气层，当假脚、环境温度以及环境相对湿度稳定后开始进行试验。采集和记录假脚温度、补水量(即出汗量)、电流、电压等数据，每分钟记录一次测试值，连续记录至少 30 次测试值且达到预设的变异系数后，试验自动结束。

4.4.1.4 按照式(1)计算皮肤湿阻。

$$R_{es}=\frac{A\,(P_{si}\times RH_{si}-P_{a}\times RH_{a})}{\lambda\times Q_{n}} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

R_{es} ——皮肤湿阻，单位为帕平方米每瓦(Pa·m²/W)；

A ——假脚的体表面积，单位为平方米（m^2）；

P_{si} ——假脚内侧温度 T_s 下的饱和蒸汽压，单位为帕（Pa）（35 ℃时为 5 620 Pa）；

RH_{si} ——皮肤内侧的水汽相对湿度，假脚内充满水时为 100%；

P_a ——环境温度 T_a 下的饱和蒸汽压，单位为帕（Pa）（23 ℃时为 2 809 Pa）；

RH_a ——测试环境的相对湿度，%；

λ ——水的汽化热，单位为瓦小时每克（W·h/g）（35 ℃时为 0.672 W·h/g）；

Q_n ——假脚裸脚状态下的出汗量，单位为克每小时（g/h）。

注：皮肤湿阻在试验环境条件不变的情况下是一个稳定值，连续测试多个样品时无需每次测定，间隔一段时间后进行测试或定期核查即可。

4.4.2 整鞋的热阻和湿阻的测定

4.4.2.1 将待测鞋穿到假脚上，重复 4.4.1.1～4.4.1.2 的步骤。

4.4.2.2 当假脚、环境温度及环境相对湿度稳定后开始进行试验，采集和记录假脚温度、补水量、电流、电压等数据，每分钟记录一次测试值，连续记录至少 30 次测试值且达到预设的变异系数后，试验自动结束。

4.5 试验结果

4.5.1 整鞋的湿阻

4.5.1.1 按照式（2）计算透过整鞋的湿热量。

$$H_e = \lambda \times Q \qquad \cdots\cdots(2)$$

式中：

H_e ——透过整鞋的湿热量，单位为瓦（W）；

λ ——水的汽化热，单位为瓦小时每克（W·h/g）（35 ℃时为 0.672 W·h/g）；

Q ——假脚蒸发出汗量，单位为克每小时（g/h）。

4.5.1.2 按照式（3）计算整鞋的湿阻。

$$R_e = \frac{A\,(P_{si} \times RH_{si} - P_a \times RH_a)}{H_e} - R_{es} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

R_e ——整鞋及其附面层空气的湿阻，单位为帕平方米每瓦（Pa·m^2/W）；

A ——假脚的体表面积，单位为平方米（m^2）；

P_{si} ——假脚模拟皮肤内侧在皮肤温度 T_s 下的饱和蒸汽压，单位为帕（Pa）（35 ℃时为 5 623 Pa）；

RH_{si} ——皮肤内侧的水汽相对湿度，假脚内充满水时为 100%；

P_a ——温度 T_a 下环境的饱和蒸汽压，单位为帕（Pa）（23 ℃时为 2 809 Pa）；

RH_a ——测试环境的相对湿度，%；

H_e ——透过整鞋的湿热量，单位为瓦（W）。

4.5.2 整鞋的热阻

4.5.2.1 按照式（4）计算透过整鞋的干热量（W）。

$$H_d = H_s - H_e \qquad \cdots\cdots(4)$$

式中：

H_d ——透过整鞋的干热量，单位为瓦（W）；

H_s ——假脚加热元件的产热量，单位为瓦（W）；

H_e ——透过整鞋的湿热量，单位为瓦（W）。

4.5.2.2 按照式(5)计算整鞋的热阻。

$$R_t = \frac{A \times (T_s - T_a)}{H_d} \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：

R_t ——整鞋热阻，单位为平方米摄氏度每瓦（$m^2 \cdot ℃/W$）；

A ——假脚的体表面积，单位为平方米（m^2）；

T_s ——假脚模拟皮肤温度，单位为摄氏度（℃）；

T_a ——测试环境温度，单位为摄氏度（℃）；

H_d ——透过整鞋的干热量，单位为瓦（W）。

在所有情况下，均应报告连续 30 次测定值的平均值，且任一测定值与两只鞋测试结果平均值的偏差不应超过±10%，否则应重新进行试验。

5 试验方法 B

5.1 原理

5.1.1 吸湿透水汽性能

使用假脚模拟足部在鞋内穿着时的状态，将人造模拟皮肤、标准长筒袜和鞋穿在假脚上，控制并保持假脚温度稳定，通过水泵以规定速度把水从供水容器泵进假脚内部并均匀分流到假脚的各个区后渗出假脚表面来模拟出汗，在固定时间内通过测量各部件（鞋、鞋垫、标准长筒袜、模拟皮肤）质量变化情况来表征整鞋的吸湿透水汽性能。

5.1.2 保暖性能

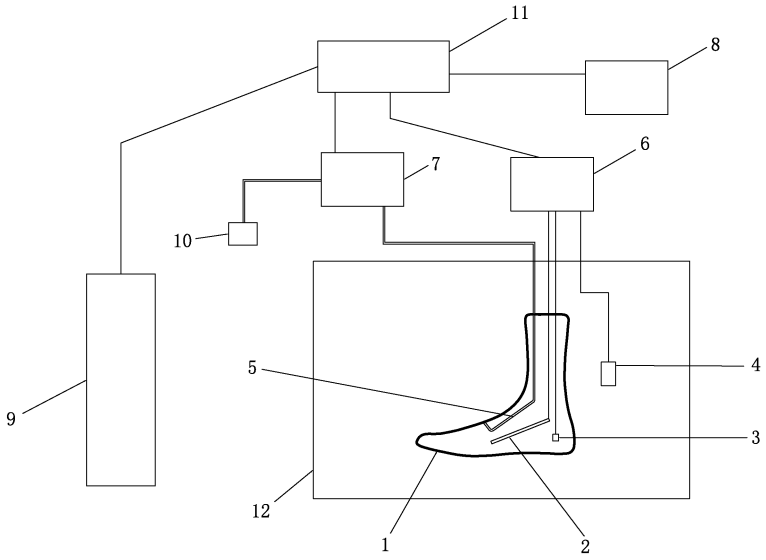
使用假脚模拟足部在鞋内穿着时的状态，假脚与测试箱保持恒定温差，记录规定时间内为维持假脚恒定温度所需提供的电能，结合假脚表面积及假脚与测试箱温差计算整鞋的热阻值来表征整鞋的保暖性能。

5.2 仪器设备和材料

5.2.1 整鞋吸湿透水汽性能测试仪

5.2.1.1 总则

整鞋吸湿透水汽性能测试仪由假脚主体、加热元件组、温度传感器组、测试仓温度传感器、微径管道、温控器、泵、电子天平、风扇或其他产风装置、供水容器（C_1、C_4）、控制系统及测试箱组成。其原理图见图 2。



标引序号说明：

1 ——假脚主体；

2 ——加热元件组；

3 ——温度传感器组；

4 ——测试仓温度传感器；

5 ——微径管道；

6 ——温控器；

7 ——泵；

8 ——电子天平；

9 ——风扇或其他产风装置；

10——供水容器(C_1、C_4)；

11——控制系统；

12——测试箱。

图 2　整鞋吸湿透水汽性能测试仪原理图

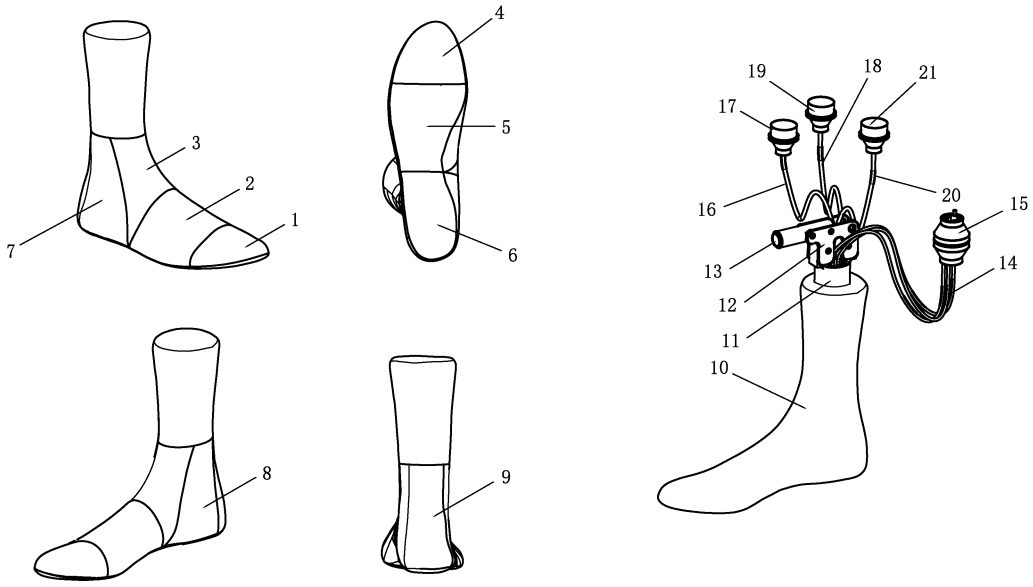
5.2.1.2　假脚

假脚是模拟人脚出汗时的温度和湿度状态的装置，由硅胶制成。假脚应扩展到测试鞋的鞋口以上并有一个刚性支腿延长可夹持的结构，便于将假脚固定装夹在测试箱内。假脚足部区域划分为 9 个区(见图 3)，每个区都设有独立的加热元件和微径管道(发汗孔)，微径管道的内径为(1±0.1)mm。假脚外观尺寸应适合所测试的鞋。假脚与测试鞋的匹配性宜参考以下说明执行：

——鞋号 255 的男鞋假脚适用于测试鞋号为 255 和 260 的男鞋；

——鞋号 235 的女鞋假脚适用于测试鞋号为 235 和 240 的女鞋；

——鞋号 205 的童鞋假脚适用于测试鞋号为 205 和 210 的童鞋。



标引序号说明：

1 ——1 区；
2 ——2 区；
3 ——3 区；
4 ——4 区；
5 ——5 区；
6 ——6 区；
7 ——7 区；
8 ——8 区；
9 ——9 区；
10——暖体仿真脚模主体；
11——暖体仿真脚模骨架；
12——辅助侧板；
13——纵向定位销；
14——水管；
15——多通道水管接插头；
16——多通道导线 1；
17——多通道导线接插头 1；
18——多通道导线 2；
19——多通道导线接插头 2；
20——多通道导线 3；
21——多通道导线接插头 3。

图 3　假脚示意图

5.2.1.3　夹持装置

测试箱内的固定夹持装置，通过夹持假脚的刚性支腿延长部分固定假脚。

5.2.1.4　温度控制装置

9 个内置在假脚皮下位置的温度传感器及测试箱内的温度传感器能分别测量假脚的 9 个分区的表面温度及测试箱内温度并且精确到±0.1 ℃，假脚的表面温度最终取自 9 个分区的平均温度。温度控

制装置能控制假脚表面温度保持在恒定温度(35±1)℃或者其他要求的温度,且采样频率不低于 4 Hz。

5.2.1.5 模拟发汗控制装置

4 个水容器(C_1、C_2、C_3 和 C_4)最小容量均为 50 mL。其中,容器 C_1 为正式测试时向假脚泵水的供水容器,容器 C_2 和容器 C_3 用作控制容器(减小因自然蒸发量造成的试验误差),容器 C_4 用于预热时或者排空假脚内微型导管的空气时向假脚泵水的供水容器,确保正式试验前水管内充满水。泵以匀速(5.0±0.3)cm^3/h 或其他规定速度把水从供水容器 C_1 泵进假脚。水应平均分流到假脚的 9 个区,每个区内水流速为(0.556±0.040)cm^3/h 或其他规定速度。载水用水管宜为透明、有弹性、不打结的硅胶管,水管内径为 1 mm、外径为 3 mm 较为合适。

注:水管通向每个汗区都配备有单向阀,单向阀安装在泵的水管输出端和假脚连接之间,这些单向阀用来防止假脚与泵断开时产生水回流。

5.2.1.6 测试箱

测试箱的内部尺寸不小于 1 000 mm×500 mm×500 mm。箱体留一透风面以保持空气流通,其他部分应封闭不透风。透风端的对立面安装风扇或其他产风装置。整个箱体和夹具的设计应保证能使假脚鞋头定位在距离风扇(450±10)mm 的位置,可通过固定装置上的导轨调节鞋头与出风口的距离,再利用预紧轮锁紧滑块,起到固定位置的作用。通过风扇或其他方法产生平均值为(1.10±0.15)m/s 的风速通过箱体内的假脚与夹持装置。风速测定共包含 6 个测定点:6 个测定点均位于距离出风口(450±10)mm 的垂直平面上,其中测定点 1、2、3 距离箱体外侧距离为(100±5)mm,距离箱体底面的高度分别为(120±5)mm、(240±5)mm 和(360±5)mm,测定点 4、5、6 距离箱体底面的高度分别为(120±5)mm、(240±5)mm 和(360±5)mm。

5.2.1.7 模拟皮肤

用能紧贴假脚且吸汗性高的长筒薄袜来模拟人脚部皮肤。经过预洗涤去除生产过程中残留物的 100%合成纤维的长筒薄袜是合适的模拟皮肤。薄袜材料宜为 90%～95%尼龙加 10%～5%氨纶,长丝线密度为(50±5)dtex。模拟皮肤薄袜的尺寸应与假脚相匹配,袜筒长度约在假脚脚踝与假脚(不含延展腿部分)上方的中间位置,匹配假脚的模拟皮肤质量宜符合以下要求:

——匹配鞋号 255 男鞋假脚的模拟皮肤质量为(7.0±0.5)g;

——匹配鞋号 235 女鞋假脚的模拟皮肤质量为(6.0±0.5)g;

——匹配鞋号 205 童鞋假脚的模拟皮肤质量为(5.0±0.5)g。

5.2.1.8 标准长筒袜

标准长筒袜为经过预洗涤去除生产过程中的残留物的具有一定吸水性的长筒棉袜。标准长筒袜材料宜为 75%～85%棉加 25%～15%锦纶和氨纶(氨纶合量约 1%～5%),平针构造,长丝线密度为(85±5)dtex,短纤纱线密度为(40±5)tex。标准长筒袜的尺寸应与假脚相匹配,袜筒长度应刚好能延伸到假脚(不含延展腿部分)的上方,匹配假脚的标准长筒袜质量宜参考以下说明:

——匹配鞋号 255 男鞋假脚的标准长筒袜质量为 17 g～20 g;

——匹配鞋号 235 女鞋假脚的标准长筒袜质量为 12 g～15 g;

——匹配鞋号 205 童鞋假脚的标准长筒袜质量为 9 g～12 g。

5.2.1.9 质量测量装置

用来称取测试前后模拟皮肤、标准长筒袜、样品鞋、鞋垫以及供水容器 C_1、C_2、C_3 的质量,量程至少为 2 000 g,精度为±0.01 g,宜通过外接方式接入系统,在测试过程中可自动记录数据。

5.2.1.10 计时装置

设备使用的计时器来自系统，具体时长可任意设置，精度为±1 s。

5.2.1.11 能量记录装置

可自动记录为保持假脚恒定温度所需提供的能量，精确到0.1 kJ。

5.2.2 水

发汗控制装置中向假脚输入的水应符合GB/T 6682—2008中三级水的要求。

5.2.3 吸水纸巾

用来擦去假脚发汗孔附近多余的水分。

5.3 试样和环境调节

5.3.1 选取满帮鞋同一鞋号2只，每只鞋测试1次，或只有1只鞋可用时，使用此样品鞋测试2次。样品鞋的鞋号应与假脚大小匹配。

5.3.2 试验前，样品鞋、模拟皮肤和标准长筒袜应按照GB/T 22049的规定，在温度为(23±2)℃、相对湿度为(50±5)%的标准环境条件下调节至少24 h。对于吸湿透水汽性能测试，如果只有1只鞋可用，两次测试应间隔足够时间且直到样品质量恢复到与第一次测试时初始质量的误差在1 g以内，模拟皮肤和标准长筒袜的误差在0.5 g以内。如果鞋垫是能移除的，在进行预处理时应把鞋垫从鞋内取出。

5.3.3 如果有必要，剪开鞋面以使鞋能穿到假脚上，剪切口应尽量最小，并在报告中记录。穿上鞋后，用钉、缝针或其他方法尽可能地使剪切口合并到一起以减少测试过程中从剪切口流失热量及水分。

5.3.4 试验应在温度为(23±2)℃、相对湿度为(50±5)%的标准环境条件下进行。

5.4 试验步骤

5.4.1 整鞋吸湿透水汽性能的测定

5.4.1.1 将假脚固定在夹具上并在测试箱内定好位。

5.4.1.2 将未经预处理的模拟皮肤和普通长筒袜先后穿在假脚上。

5.4.1.3 把水管移到供水容器C_4中，检查水管中是否有残留空气，如果仪器已经几天未使用或水管中有空气，应以较快速度开启泵，从供水容器C_4向水管中注水以排除水管中的空气，使水管内充满水。

5.4.1.4 用电子天平称量经标准环境预处理的模拟皮肤、标准长筒袜、样品鞋和可移除的内垫，分别记录为m_{11}、m_{21}、m_{31}和m_{41}，精确到0.01 g；称量供水容器C_1、控制容器C_2和控制容器C_3，分别记录为m_{51}、m_{61}和m_{71}，精确到0.01 g。

5.4.1.5 设置泵的流速为(5.0±0.3)cm^3/h或者其他规定流速，设置假脚温度为35 ℃或其他规定温度，测试周期为180 min或其他规定时间，并选择合适假脚。

5.4.1.6 启动程序自动开启泵并打开温度控制器开始预热阶段。当假脚温度达到规定温度并稳定后自动关闭泵和温度控制器，提示预热完成，进入准备阶段。

5.4.1.7 准备阶段包括：将5.4.1.2中穿上的未经预处理的模拟皮肤和未经预处理的长筒袜移出，用吸水纸将假脚出汗孔附近的水擦干。先后穿上5.4.1.4中已称重的模拟皮肤和标准长筒袜，袜子大小应合适，不能太紧或太松，标准长筒袜上方不应折叠。穿上预称重的样品鞋(包括鞋垫)。调整样品鞋的固定件(如鞋带、粘扣带等)以确保鞋与平时穿着状态一样，鞋头处距风扇(450±10)mm。将水管从供水容器C_4移进供水容器C_1中(若水管外壁沾有水珠，用吸水纸巾擦去后再放入容器C_1中)。

注：准备阶段尽快完成，以确保热量流失尽可能少。

5.4.1.8 准备阶段完成后重启温度控制器，打开风扇，仪器运行数分钟以恢复假脚达到规定温度并稳定。期间泵处于关闭状态。假脚温度稳定后自动启动泵并开始计时。

5.4.1.9 (180±1)min 后关闭泵、风扇及温度控制器。

5.4.1.10 从假脚上移去模拟皮肤、标准长筒袜、鞋及鞋垫(如果可移动)，然后快速重新称量以使水分蒸发减少到最小程度，分别记录质量为 m_{12}、m_{22}、m_{32}和 m_{42}，精确到 0.01 g；重新称量供水容器 C_1、控制容器 C_2 和控制容器 C_3，分别记录质量为 m_{52}、m_{62}和 m_{72}，精确到 0.01 g。

5.4.1.11 按照式(6)计算供水容器 C_1 在 180 min 测试过程中消耗的水的质量 m_5。

$$m_5 = m_{51} - m_{52} \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

m_5 ——供水容器 C_1 在 180 min 测试过程中消耗的水的质量，单位为克(g)；

m_{51}——供水容器 C_1 在 180 min 测试前的质量，单位为克(g)；

m_{52}——供水容器 C_1 在 180 min 测试后的质量，单位为克(g)。

5.4.1.12 按照式(7)、式(8)分别计算控制容器 C_2 和控制容器 C_3 在 180 min 测试过程中水分蒸发的质量 m_6 和 m_7。

$$m_6 = m_{61} - m_{62} \quad \cdots\cdots(7)$$

式中：

m_6 ——控制容器 C_2 在 180 min 测试过程中水分蒸发的质量，单位为克(g)；

m_{61}——控制容器 C_2 在 180 min 测试前的质量，单位为克(g)；

m_{62}——控制容器 C_2 在 180 min 测试后的质量，单位为克(g)。

$$m_7 = m_{71} - m_{72} \quad \cdots\cdots(8)$$

式中：

m_7 ——控制容器 C_3 在 180 min 测试过程中水分蒸发的质量，单位为克(g)；

m_{71}——控制容器 C_3 在 180 min 测试前的质量，单位为克(g)；

m_{72}——控制容器 C_3 在 180 min 测试后的质量，单位为克(g)。

5.4.1.13 按照式(9)计算控制容器 C_2 和控制容器 C_3 在 180 min 测试过程中水分蒸发的平均质量 m_8。

$$m_8 = \frac{m_6 + m_7}{2} \quad \cdots\cdots(9)$$

式中：

m_8——控制容器 C_2 和控制容器 C_3 在 180 min 测试过程中水分蒸发的平均质量，单位为克(g)；

m_6——控制容器 C_2 在 180 min 测试过程中水分蒸发的质量，单位为克(g)；

m_7——控制容器 C_3 在 180 min 测试过程中水分蒸发的质量，单位为克(g)。

5.4.1.14 按照式(10)计算在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量 m_{180}。

$$m_{180} = m_5 - m_8 \quad \cdots\cdots(10)$$

式中：

m_{180}——在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量，单位为克(g)；

m_5 ——供水容器 C_1 在 180 min 测试过程中消耗的水的质量，单位为克(g)；

m_8 ——控制容器 C_2 和控制容器 C_3 在 180 min 测试过程中水分蒸发的平均质量，单位为克(g)；

如果 m_{180}不在(15±0.9)g 范围内，则舍弃本次结果重新测试。

5.4.1.15 按照式(11)～式(18)分别计算在 180 min 测试过程中模拟皮肤的质量变化 m_1、标准长筒袜的质量变化 m_2、样品鞋的质量变化 m_3 和鞋垫的质量变化 m_4 及对泵进鞋腔内水进行修正后的 m_1^*、m_2^*、m_3^*和 m_4^*。

$$m_1 = m_{12} - m_{11} \quad \cdots\cdots(11)$$

式中：

m_1 ——模拟皮肤在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{12}——模拟皮肤在 180 min 测试后的质量，单位为克(g)；

m_{11}——模拟皮肤在 180 min 测试前的质量，单位为克(g)。

$$m_2 = m_{22} - m_{21} \quad \cdots\cdots(12)$$

式中：

m_2 ——标准长筒袜在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{22}——标准长筒袜在 180 min 测试后的质量，单位为克(g)；

m_{21}——标准长筒袜在 180 min 测试前的质量，单位为克(g)。

$$m_3 = m_{32} - m_{31} \quad \cdots\cdots(13)$$

式中：

m_3 ——样品鞋在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{32}——样品鞋在 180 min 测试后的质量，单位为克(g)；

m_{31}——样品鞋在 180 min 测试前的质量，单位为克(g)。

$$m_4 = m_{42} - m_{41} \quad \cdots\cdots(14)$$

式中：

m_4 ——鞋垫在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{42}——鞋垫在 180 min 测试后的质量，单位为克(g)；

m_{41}——鞋垫在 180 min 测试前的质量，单位为克(g)。

$$m_1{}^* = m_1 \times \frac{15}{m_{180}} \quad \cdots\cdots(15)$$

式中：

$m_1{}^*$——修正后模拟皮肤在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_1 ——模拟皮肤在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{180}——在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量，单位为克(g)。

$$m_2{}^* = m_2 \times \frac{15}{m_{180}} \quad \cdots\cdots(16)$$

式中：

$m_2{}^*$——修正后标准长筒袜在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_2 ——标准长筒袜在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{180}——在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量，单位为克(g)。

$$m_3{}^* = m_3 \times \frac{15}{m_{180}} \quad \cdots\cdots(17)$$

式中：

$m_3{}^*$——修正后样品鞋在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_3 ——样品鞋在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{180}——在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量，单位为克(g)。

$$m_4{}^* = m_4 \times \frac{15}{m_{180}} \quad \cdots\cdots(18)$$

式中：

$m_4{}^*$——修正后鞋垫在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_4 ——鞋垫在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

m_{180}——在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量，单位为克(g)。

5.4.1.16 按照式(19)和式(20)分别计算在 180 min 测试过程中,透过样品鞋散发到环境中的水汽质量 T_{180} 及修正后的 $T_{180}{}^{*}$。

$$T_{180}=m_{180}-m_1-m_2-m_3-m_4 \quad \cdots\cdots(19)$$

式中:

T_{180}——在 180 min 测试过程中透过样品鞋散发到环境中的水汽质量,单位为克(g);

m_{180}——在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量,单位为克(g);

m_1——模拟皮肤在 180 min 测试过程中的质量变化,单位为克(g);

m_2——标准长筒袜在 180 min 测试过程中的质量变化,单位为克(g);

m_3——样品鞋在 180 min 测试过程中的质量变化,单位为克(g);

m_4——鞋垫在 180 min 测试过程中的质量变化,单位为克(g)。

$$T_{180}{}^{*}=T_{180}\times\frac{15}{m_{180}} \quad \cdots\cdots(20)$$

式中:

$T_{180}{}^{*}$——修正后在 180 min 测试过程中透过样品鞋散发到环境中的水汽质量,单位为克(g);

m_{180}——在 180 min 测试过程中泵进鞋腔内水的总质量,单位为克(g)。

5.4.1.17 用另外一个样品或者经过重新调节处理的同一个样品以及预处理过的模拟皮肤和标准长筒袜重复 5.4.1.1～5.4.1.16 的操作。记录两次的测试结果。

5.4.2 整鞋保暖性能的测定

5.4.2.1 将假脚固定在夹具上并在测试箱内定好位。

5.4.2.2 用不透水胶带或者其他合适的方法把假脚上的微径管道密封,以防止通过假脚释放流失热量。

5.4.2.3 在假脚上穿上经调节的模拟皮肤和标准长筒袜,袜子大小应合适,不能太紧或太松,标准长筒袜上方不应折叠。穿上预称重的样品鞋(包括鞋垫)。调整样品鞋的固定件(如鞋带、粘扣带等)以确保鞋与平时穿着状态一样,鞋头处距风扇(450±10)mm。

5.4.2.4 设置假脚温度为(38±1)℃或其他规定温度,测试周期为(180±1)min 或其他规定时间,连续测试 2 个周期。选择相应假脚。开启风扇,打开温度控制器直至假脚温度达到 38 ℃或其他规定温度并稳定后开始计时,并同时打开能量记录装置。

5.4.2.5 测试完成后(360 min)仪器自动关闭风扇及温度控制器。

5.4.2.6 记录 180 min 测试周期内的能量消耗 P,单位为千焦(kJ),精确到小数点后一位。

5.4.2.7 按照式(21)计算 180 min 测试周期内单位时间的热量消耗 Q,单位为瓦(W)。

$$Q=\frac{P}{t}\times 1\,000 \quad \cdots\cdots(21)$$

式中:

P——180 min 测试周期内的能量消耗,单位为千焦(kJ);

t——测试周期时长,单位为秒(s)。

5.4.2.8 记录 180 min 测试周期内假脚表面温度的平均值为 T_f、测试箱内环境温度平均值为 T_c。

5.4.2.9 按照式(22)计算 180 min 测试周期内的热阻值 R,单位为平方米摄氏度每瓦(m^2 · ℃/W),记录两次热阻的测试结果。

$$R=S\times\frac{T_f-T_c}{Q} \quad \cdots\cdots(22)$$

式中:

S——假脚表面积,单位为平方米(m^2);

T_f——180 min 测试周期内脚膜表面温度的平均值,单位为摄氏度(℃);

T_c ——180 min 测试周期内测试箱内环境温度的平均值，单位为摄氏度(℃)；

Q ——180 min 测试周期内单位时间的热量消耗，单位为瓦(W)。

5.5 试验结果

5.5.1 透水汽性能

透水汽性能用透过整鞋散发到环境中的水汽质量 $T_{180}{}^*$(5.4.1.16)表示，单位为克(g)，最终结果取两次测试结果的平均值，保留到小数点后两位。

5.5.2 吸湿透水汽性能

吸湿透水汽性能用透过整鞋散发到环境中的水汽质量($T_{180}{}^*$)与鞋及鞋垫吸收的水分($m_3{}^*$及 $m_4{}^*$)之和 $XT_{180}{}^*$ 表示，按照式(23)计算，单位为克(g)，最终结果取两次测试结果的平均值，保留到小数点后两位。

$$XT_{180}{}^* = T_{180}{}^* + m_3{}^* + m_4{}^* \qquad \cdots\cdots(23)$$

式中：

$XT_{180}{}^*$ ——吸湿透水汽性能，单位为克(g)；

$T_{180}{}^*$ ——修正后在 180 min 测试过程中透过样品鞋散发到环境中的水汽质量，单位为克(g)；

$m_3{}^*$ ——修正后样品鞋在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)；

$m_4{}^*$ ——修正后鞋垫在 180 min 测试过程中的质量变化，单位为克(g)。

5.5.3 保暖性能(热阻值)

保暖性能通过热阻值 R(5.4.2.9)表示，单位为平方米摄氏度每瓦($m^2 \cdot ℃/W$)，保留到小数点后三位，最终结果取两次测试结果的平均值。

6 试验报告

试验报告至少应包含以下内容：

a) 本文件编号；

b) 使用的试验方法(试验方法 A 或试验方法 B)；

c) 试样的描述；

d) 试验条件；

e) 试验结果，如鞋的热阻值和湿阻值或吸湿透水汽性能；

f) 试验日期；

g) 与本试验方法的任何偏差。

参 考 文 献

[1] GB/T 12704.2—2009 纺织品 织物透湿性试验方法 第2部分:蒸发法