

# 吸湿速干针织物研究进展

胡成蒙<sup>1</sup>, 武海良<sup>1,\*</sup>, 张向东<sup>2</sup>, 沈艳琴<sup>1</sup>, 姚一军<sup>1</sup>, 朱峻铨<sup>1</sup>

(1. 西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048;

2. 大同市中银纺织科技有限公司研发中心, 山西 大同 037000)

**摘要:** 阐述了吸湿速干针织物吸湿排汗的机理, 分析了影响织物吸湿速干效果的因素。总结得出制备方法主要是结构设计法与后整理法, 其中结构设计主要包括纤维结构改性、纱线/组织结构设计, 后整理主要包括整理剂、复合纳米技术、相转化法和静电纺丝技术; 纤维的微结构、纱线/组织结构参数、整理剂的浓度和定型时间、温度等都会影响织物的吸湿速干性。对未来吸湿速干针织技术发展方向提出了建议。

**关键词:** 针织面料; 吸湿速干; 异形纤维; 组织结构; 整理剂; 纳米技术

**中图分类号:** TS181.8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-0356(2021)05-0001-05

吸湿速干功能性面料除日常穿着外, 在运动<sup>[1]</sup>、医用防护、消防<sup>[2]</sup>、工业、家纺等领域应用广泛。近年来, 国内外通过吸湿排汗纤维结构改性、纱线或组织结构设计、后整理等技术, 以及结合异形纤维、纱线/组织结构与后整理技术多向复合的方式<sup>[3-4]</sup>, 成功开发出了各种优异的吸湿速干针织面料, 兼具环保<sup>[5]</sup>、防紫外线<sup>[6]</sup>、抗菌<sup>[7]</sup>等优点。

## 1 吸湿速干机理

汗液在皮肤、织物与外界间的传导是经过润湿—吸湿—扩散—蒸发步骤<sup>[8]</sup>完成吸湿、排汗、速干的过程。润湿过程是汗液对纤维和织物表面的润湿, 亲水性差的纤维可通过化学法引入亲水基团, 或通过物理法改变纤维表面或截面形状来增大水分和纤维的接触面积提高纤维的亲水性, 这2种方法同样适用于吸湿过程。水分浸润纤维和织物表面后进入织物内部结构完成吸湿过程, 水分从织物的内表面向外表面扩散, 并在织物表面逐渐扩大吸湿面积, 扩散过程主要依靠纤维和纱线间缝隙的毛细作用, 再由织物向外界快速蒸发完成速干过程。

## 2 吸湿速干织物制备方法

### 2.1 纤维改性

纤维性能决定了织物最终的吸湿速干效果, 人体出汗时的汗液与湿气可在异形截面纤维表面的沟槽或

微孔结构中沿纤维轴向向外层转移快速蒸发<sup>[9]</sup>, 此类纤维主要通过物理与化学改性<sup>[10]</sup>。

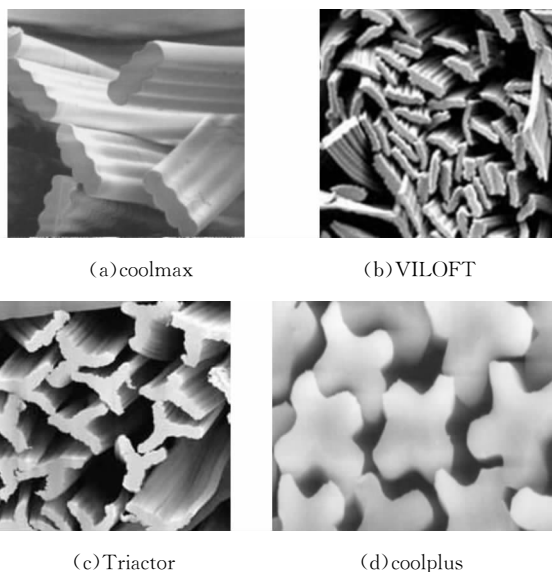


图1 高导湿异形截面差别化纤维的几何形状横截面

### 2.1.1 物理改性

(1) 改变喷丝孔的形状使纤维截面异形化增大纤维表面积, 生产异形截面差别化纤维。市场上典型的高导湿纤维有“十”字形 coolmax 纤维, 其纵向具有4条沟槽, 比一般纤维多出20%的面积<sup>[11]</sup>; Kelheim Fibers的 VILOFT<sup>®</sup> 纤维和 Teijin 株式会社的 Technofine 纤维; Toyobo 公司的 Triactor 具有 Y 形截面; 江苏仪征和恒力化纤股份公司分别开发出 H 形截面形状的 coolbst 纤维和异形断面的 coolpass 纤维; 台湾中兴股份有限公司开发的 Y 形和十字形截面形状的 coolplus 纤维等。coolmax、VILOFT、Triactor、coolplus 纤维截面如图1所示。

收稿日期: 2021-01-09; 修回日期: 2021-01-12

作者简介: 胡成蒙(1997-), 女, 硕士研究生在读, 主要研究方向为新型纺织品加工与应用。

\* 通信作者: 武海良, E-mail: xawhl@eyou.com。

(2)将纤维与特殊的微孔形成剂共混再溶出,使纤维表面到中空部分有许多贯通的细孔。日本帝人公司开发内外贯通细孔的聚酯中空 WELLKEY 纤维。

(3)与含有亲水基团的聚合物共混、复合纺丝,如日本可乐丽公司利用复合纺丝方法开发的 sophista 纤维,其表层为具有亲水性基团( $-OH$ )的 EVOH,芯层为聚酯。

(4)纤维细旦化,纤维间的微细孔隙和织物表面微细的凹凸结构,相当于无数个毛细管,在芯吸作用下将水分快速吸收传递外界散发。

### 2.1.2 化学改性

(1)接枝共聚在大分子结构内引入亲水性基团。如具有中空结构的亲水柔软聚酯中空短纤维 Porel<sup>®</sup> 纤维,在纤维分子合成过程中加入亲水基团,纤维的中空结构形成良好的导湿系统,吸湿性和散湿性大大提高。吸湿速干服装大多采用疏水性的改性化学纤维<sup>[12]</sup>。

(2)亲水性化合物制备共熔结晶型聚合物。如应用亲水性化合物制备聚乙二醇的共熔结晶型聚酯。

(3)以间苯二甲酸-5-磺酸钠作为第 3 单体合成共聚酯,与普通聚酯共混纺出中空纤维,再对织物进行碱减量处理。共聚酯易被碱液水解,在纤维内部形成许多与中空部连通的微孔,具有良好的吸水透湿性。

我国化纤企业的研发主要集中于吸湿速干纤维的复合利用,亲水聚酯的合成探索较少<sup>[13]</sup>,研发的多为十字形截面形状纤维,如 Top cool、Cool tech、cool nice、WinCool、Cooldry 等纤维,以及结合物理化学改性研发的具有蜂窝状微孔结构的改性聚酯纤维<sup>[14-15]</sup>。最新研发的第四代高导湿纤维大量增加了纤维的比表面积和表面沟槽数量,其典型代表有翅状纤维(Winged fibre)、鳃状纤维(Gilled fibre)和蘑菇鳃状纤维(mushroom gilled fiber),纤维截面如图 2 所示。

改性聚酯纤维开发吸湿速干针织物应用较多的有 cool max、cool plus、cool cool 纤维。cool max 纤维与羊毛混纺开发春夏季运动服面料<sup>[16]</sup>;cool plus 纤维可纺性高、抗静电性能好<sup>[17]</sup>,用于开发柔软、舒适的高档针织内衣面料<sup>[18]</sup>;cool cool 纤维与棉或苧麻混合编织开发双层吸湿排汗织物<sup>[19-20]</sup>。

近年来,高异形度的差别化功能性纤维相继研发成功,如一种芯吸性能优于“十”字形截面的 U 形涤纶长丝,所编织的针织物具有良好的透气透湿率和芯吸高度<sup>[21]</sup>;十字形截面改性的 Cleancool 纤维可开发抗

菌吸湿速干面料<sup>[22]</sup>。

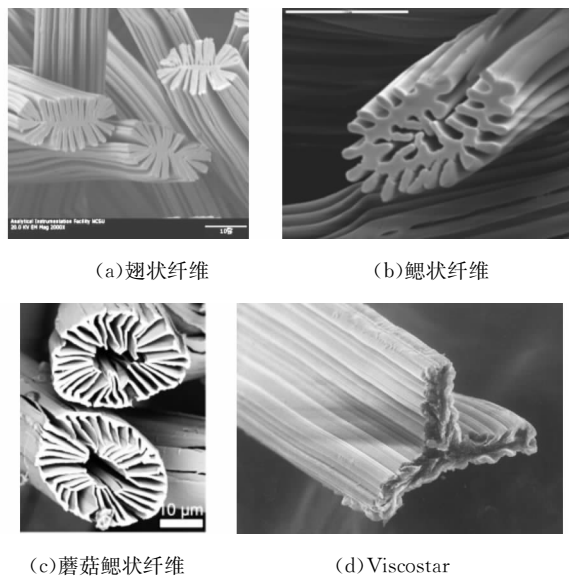


图 2 新型高导湿纤维

## 2.2 纱线结构设计

### 2.2.1 皮芯结构

何天虹等<sup>[23]</sup>利用黏胶纤维设计内外层有细度梯度的包芯纱,亲/疏水性纤维分别分布在纱线内/表层,增强纱线的放湿速率。胡元元等<sup>[24]</sup>以棉纱为皮层,水溶性维纶长丝为芯层研发中空包芯纱,该织物在染整时达到一定温度后维纶长丝溶解,棉纱内部形成环形中空结构。Mao 等<sup>[25]</sup>采用静电纺丝技术,外层亚微米级聚丙烯腈纤维包覆内层微米级棉纤维制备树状包芯纱,如图 3 所示,在内外层毛细压力差的作用下驱动水分传输。

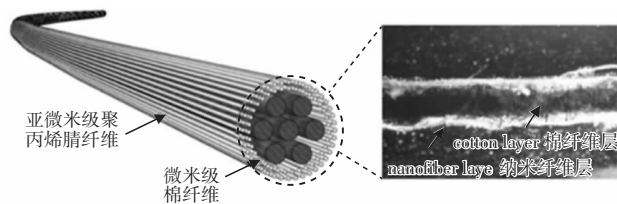


图 3 静电纺树状包芯纱

### 2.2.2 纤维替换

Modal 纤维吸湿透气性优良,余进等<sup>[26]</sup>采用 Modal 纤维与异形涤纶纤维(35/65)纺制的混纺纱编织纬平针织物,与不同纤维原料的相同组织织物相比,该纱线水分达到平衡时的吸收水分百分数较小,水分蒸发率较高。

## 2.3 织物结构设计

织物特殊的组织结构设计基于差动毛细效应、灯芯点芯吸效应和梯度润湿效应原理。

### 2.3.1 组织结构原理<sup>[27]</sup>

#### (1) 差动毛细效应原理

在两层或多层织物中,内层纱线单纤维密度大于外层,内外层间形成较大的附加压力,织物中的液态水在内外层之间形成的压力差作用下自动从内层流向外层。

#### (2) 灯芯点芯吸效应原理

在毛细管弯月形曲面附加压力的作用下,织物中的液态水在沿织物平面方向上自动流动,亲水性外层与疏水性内层织物间用疏水导湿纤维连接,形成灯芯点芯吸效果。

#### (3) 梯度润湿效应

当织物具有亲/疏水性双侧结构时,在织物厚度方向形成湿润性梯度,水分在附加压力差的作用下产生单向导湿效应。

### 2.3.2 组织结构分类

#### (1) 单层组织

单层组织多选用吸湿速干性优良的改性合成纤维或天然纤维采用交织或覆盖的工艺混合编织,面料轻薄、舒适,编织工艺简单,是夏季服装的理想面料。周平等采用异形截面吸湿排汗 cool cool 纤维和棉纤维为原料,通过交织或覆盖的编织工艺生产的棉盖 cool cool 长丝、单珠地网眼、交织汗布单层组织面料。

#### (2) 双层组织

高培虎等采用拒水整理后的粗旦合纤(cool plus 纱线)编织内层,超细旦涤纶长丝编织外层,再引入疏水导湿纤维连接内外层。采用壳聚糖抗菌纤维和棉纤维混纺纱编织外层,DTY 丙纶原液纺丝编织内层,开发出多功能性的抗菌吸湿速干面料<sup>[28]</sup>。高兵等<sup>[29]</sup>开发的多功能性吸湿排汗双层针织牛仔面料,内层选用 cool max<sup>®</sup>纱线,外层选用棉纱编织双面提花斜纹组织。

廖师琴等<sup>[30]</sup>基于仿生学原理,模拟树形分支结构吸收水分开发了一款双层面料,在编织时通过增大线圈形成网眼结构,织物正反面不同的线圈数比例可得到大小不一的网眼结构,增强了芯吸速率。在仿生学的应用上还有 Kausik 等<sup>[31]</sup>设计的有分支网络结构的双层织物。

### 2.4 后整理

通过吸湿排汗整理剂或亲水助剂与纤维发生亲水性共聚反应,在纤维表面产生亲水层而使织物具有吸

湿速干功能,近年来,纳米技术也应用于吸湿速干织物的研发。

主要有:

#### (1) 亲疏水整理

包括单面亲水整理、单面疏水整理和亲疏水两面整理。Nepton PA 整理剂对超细锦纶/氨纶针织物的亲水整理<sup>[32]</sup>;通过浆点印制法对纯棉针织物的疏水整理,整理后织物的单向导湿效果达到 4.5—5 级<sup>[33]</sup>;亲疏水两面整理包括分别在织物的两面进行亲水和疏水整理和兼具亲疏水性整理剂整理。张旭东<sup>[34]</sup>研发的具有良好单向导湿效果的涤盖棉织物,王孟泽等<sup>[35]</sup>为改善该整理剂整理后织物色牢度差的问题,在赋予涤纶织物吸湿速干性能的同时保持良好的色牢度。

#### (2) 等离子体改性

织物进行等离子体照射后具有单向导湿性能<sup>[36]</sup>。Lao 等<sup>[37]</sup>在织物内创建具备局部“汗腺”作用的多孔梯度润湿性通道,开发出一种“仿皮肤”且可以连续单向传输液体的织物;尉霞等<sup>[38]</sup>对芳纶织物进行等离子体改性,再对织物进行吸湿排汗整理。

#### (3) 相转化法

将高分子在织物表面形成极薄的致密层,在致密层下面形成多孔层,形成外密内疏的结构。Zhang 等<sup>[39]</sup>制备出两面具有微纳孔隙尺寸结构的亲—疏水双层多孔 PES 膜,实现液体的反重力定向传输。

#### (4) 静电纺丝

Wang 等<sup>[40]</sup>基于仿生学与 Murray 原理结合静电纺丝技术构筑分叉网络制备了一种仿生三层多孔 Murray 膜,三层膜的纤维直径与空隙逐层减小,实现液体反重力定向传输,快速吸放湿,是吸湿速干医用防护服的理想材料。

异形截面的沟槽形成的疏水通道赋予纤维优异的吸湿导湿性,多与其他纤维混纺或交织,其中“十”字形截面纤维应用较多。双层织物通常采用疏水性材料编织内层保持干爽,吸水性材料编织外层将水分迅速散发,同时集圈网眼在织物表面形成凹凸结构增大表面积,纤维间空隙较大,有利于水分的吸收扩散,应用较为广泛。采用吸湿排汗整理剂和纳米整理技术可从单方面开发出后整理型吸湿速干面料,但耐久性和稳定性较差,工艺技术复杂且难度高。

## 3 织物吸湿速干效果的影响因素

纤维与纱线的结构特性、组织结构的设计与编织

工艺、整理剂的合理选用等原料和工艺多方面因素决定了织物的吸湿速干性能。

### 3.1 纤维结构

纤维纵向与横截面的微结构是织物芯吸效应的直接影响因素,异形纤维截面结构的设计和异形喷丝板的工艺参数决定了纤维的吸湿导湿性<sup>[41]</sup>,含沟槽异形纤维织物的吸湿、导湿性能明显优于无沟槽纤维织物<sup>[42]</sup>,研究表明细纤维更有利于芯吸效应<sup>[43]</sup>。

### 3.2 纱线结构

纱线中纤维的含量与配置、孔隙率、线密度和紧度等都会影响织物的吸湿速干效果。织物内层低纤维数疏水纱线可形成较粗的疏水通道快速有效地传递水分<sup>[44]</sup>,在纱线中毛细通道的作用下,针织物吸湿性和干燥性能随纱线孔隙率增加而增加<sup>[45]</sup>,细度较小的纱线织物具有更快的芯吸传导速率<sup>[46]</sup>;内层织物的纱线线密度越大,经纬密越小,外层纱线线密度越小,经纬密越大,该织物形成的正附加压力差越大,芯吸速率越快<sup>[47]</sup>。

### 3.3 组织结构

织物厚度与紧密度影响织物的透湿性。在编织组织结构时,线圈越大线圈数越多,网眼结构越大越明显,织物表面积增大,水分蒸发面积随之增大。在双层组织正反面配置不同的线圈比例,正反面线圈数比例越大,水分的传输路径越多,织物的芯吸效应越强。增加针织物组织的孔隙数量和强度可提高毛细作用<sup>[48]</sup>。

### 3.4 整理剂

整理剂的用量和浓度、定型时间、定型温度以及工作液的pH值是织物吸湿排汗效果的主要影响因素。

## 4 结语

吸湿速干织物的研究与应用已十分广泛,制备方法已有大量研究基础和研究成果,但异形截面纤维沟槽的深度与数量对芯吸效应的影响程度尚无研究结论,改变纱线结构仅提高吸湿性,速干性无法达到要求,如何提高吸湿排汗整理剂的耐久性仍旧是一大难题。纳米整理技术如何在保持良好机械性能、稳定高效的吸湿导湿的同时做到经济、环保而实现产业化推广应用值得深入研究。

针织物柔软、透气、弹性好,穿着舒适,线圈结构立体、松散有利于水分渗透,对皮肤产生的压力较小,是改善服装闷热、黏腻贴身不适感的理想面料。未来吸

湿速干织物更多应用于医护、士兵、消防、产业工人等防护领域,缓解在特殊环境下工作时的闷热感,节省体力。从绿色、环保、节能的角度考虑,吸湿速干纤维的开发应从合成纤维转向天然纤维,特殊的纱线/组织结构生产工艺复杂,吸湿速干效果与生产应用具有局限性,生产工艺简单高效、生产原料经济环保、吸湿速干效果持久稳定是吸湿速干针织物未来的发展趋势。

### 参考文献:

- [1] 徐小斌, 陆彪, 章小勇. 新型吸湿速干针织运动面料的研发[J]. 针织工业, 2016, (8): 39-41.
- [2] 管高超. 消防员吸湿速干内衣设计开发与性能测试[D]. 北京: 北京服装学院, 2016.
- [3] 冯岚清, 刘海月, 杨小元. Porel、棉吸湿速干针织面料开发[J]. 针织工业, 2017, (1): 4-6.
- [4] 杨楠楠, 王明礼, 刘承新. 吸湿速干轻薄功能型针织面料生产实践[J]. 针织工业, 2019, (1): 10-12.
- [5] 刘红玉, 董现勇. 立体网状环保吸湿速干针织面料的开发[J]. 针织工业, 2013, (3): 5-6.
- [6] 陈亮. 吸湿速干凉爽防紫外线针织运动面料的开发[J]. 针织工业, 2016, (12): 60-63.
- [7] 左凯杰, 张国成, 吴金玲, 等. 吸湿快干抗菌消臭复合功能面料的开发[J]. 针织工业, 2019, (8): 30-32.
- [8] 胡家军, 赖红敏. 吸湿排汗(快干)纤维的开发[C]//2010年全国现代纺纱技术研讨会论文集, 2010.
- [9] 马磊. 吸湿排汗纺织产品开发现状与发展趋势[J]. 纺织导报, 2017, (9): 22-24.
- [10] 蒋叶群, 孙振波, 王建伟, 等. 吸湿排汗纤维研究[J]. 纺织报告, 2020, (3): 21-23.
- [11] 徐晓辰. 吸湿排汗聚酯纤维的开发及应用[J]. 合成纤维, 2002, (6): 9-12.
- [12] 郭晓芸. 织物吸湿速干性能影响因素分析[J]. 纺织检测与标准, 2018, 4(3): 12-16.
- [13] 张晓丹, 蔡蕾. 吸湿排汗纤维最新国内外专利研究进展[J]. 新材料产业, 2018, (2): 52-56.
- [14] 冯爱芬, 张永久. 蜂窝纤维针织物吸湿排汗性能研究[J]. 针织工业, 2014, (10): 5-8.
- [15] 徐旭. 蜂窝微孔改性涤纶纤维结构与性能测试及其针织物开发[D]. 西安: 西安工程大学, 2013.
- [16] 罗晓菊, 高小华, 龚熠. 羊毛、Coolmax混纺针织物吸湿速干性能研究[J]. 针织工业, 2017, (4): 12-16.
- [17] 严瑛. Coolplus纤维研究现状及结构分析[J]. 合成材料老化与应用, 2016, 45(2): 77-82.
- [18] 张北波, 郭嫣, 许增慧. Coolplus吸湿排汗针织产品的开发[J]. 国际纺织导报, 2010, 38(4): 27-28, 30.

- [19] 周平,高秋香,徐勤,等.Coolcool纤维吸湿排汗针织面料的开发[J].针织工业,2007,(8):1-4,71.
- [20] 陈自义,李雪梅.苎麻纤维吸湿快干面料的开发[J].针织工业,2010,(12):15-16.
- [21] 冯嘉琳,柯宝珠.U形涤纶长丝新产品的开发与分析[J].时尚设计与工程,2017,(1):56-61.
- [22] 胡丽莎,周用民.Cleancool纤维抗菌安全吸湿速干面料开发[J].针织工业,2018,(9):23-28.
- [23] 何天虹,姚金波,修建,等.吸湿快干功能纯粘胶纱的设计开发[J].棉纺织技术,2007,(5):29-32.
- [24] 胡元元,吕治家.中空棉纱针织物的性能研究[J].棉纺织技术,2018,46(9):72-75.
- [25] MAO N, YE J, QUAN Z, *et al.* Tree-like structure driven water transfer in 1D fiber assemblies for functional moisture-wicking fabrics[J]. *Materials & Design*, 2019, 186:108-305.
- [26] 余进,张辉.吸湿排汗涤纶/莫代尔混纺纱的开发与应用[J].上海纺织科技,2006,(12):43-44.
- [27] 高培虎,敬凌霄.Coolplus导湿快干针织物的开发[J].纺织科技进展,2005,(4):32-34.
- [28] 高庆锋,杨建国,詹永宝.吸湿速干壳聚糖针织面料的开发[J].针织工业,2015,(12):9-11.
- [29] 高兵,陈国仲,叶谋锦.吸湿排汗三防易去污牛仔面料的开发[J].针织工业,2016,(7):1-4.
- [30] 廖师琴.仿生树形针织面料吸湿快干性能研究[J].上海纺织科技,2019,47(2):26-28,39.
- [31] CHEN Q, FAN J, SARKAR M K, *et al.* Plant-based biomimetic branching structures in knitted fabrics for improved comfort-related properties[J]. *Textile Research Journal*, 2011, 81(10):1 039-1 048.
- [32] 李峥嵘,邹洁,李泽锋,等.吸湿排汗整理剂 Nepton PA[J].印染,2015,41(13):35-37.
- [33] 汪南方,陈镇,翦育林,等.纯棉针织物单面疏水整理[J].印染,2012,38(2):15-19.
- [34] 张旭东,郭亚飞.涤盖棉单向导湿织物的加工[J].印染,2016,42(23):27-28,32.
- [35] 王孟泽,张强华,龙邵,等.涤纶针织面料吸湿速干整理工艺实践[J].纺织导报,2018,893(4):39-41.
- [36] 王伟,黄晨,靳向煜.单向导湿织物的研究现状及进展[J].纺织学报,2016,(5):167-172.
- [37] LAO L, SHOU D, WU Y S, *et al.* "Skin-like" fabric for personal moisture management[J]. *Science Advances*, 2020, 6(14): eaaz0013.
- [38] 尉霞,逯凯美,董晓宁.间位芳纶织物的导湿排汗整理[J].纺织学报,2018,39(5):80-86.
- [39] ZHANG Q, LI Y, YAN Y, *et al.* Highly flexible monolayered porous membrane with superhydrophilicity-hydrophilicity for unidirectional liquid penetration[J]. *ACS Nano*, 2020, 14(6):7 287-7 296.
- [40] WANG X, HUANG Z, MIAO D, *et al.* Biomimetic fibrous murray membranes with ultrafast water transport and evaporation for smart moisture-wicking fabrics[J]. *ACS Nano*, 2019, 13(2):1 060-1 070.
- [41] 陈宝山.影响服装吸湿排汗性能的因素探讨[J].纺织报告,2018,(2):30-31.
- [42] 肖燕,李茂明,张仕阳,等.含沟槽异形PET丝织物吸湿快干性能研究[J].上海纺织科技,2019,47(1):6-8,63.
- [43] YANG Y, YU X, CHEN L, *et al.* Effect of knitting structure and yarn composition on thermal comfort properties of bi-layer knitted fabrics[J]. *Textile Research Journal*, 2020,91(1-2):1-15.
- [44] BIRRFELDER P, DORRESTIJN M, ROTH C, *et al.* Effect of fiber count and knit structure on intra-and inter-yarn transport of liquid water[J]. *Textile Research Journal*, 2013, 83(14):1 477-1 488.
- [45] KIM H A. Effect of yarns cross-sections and structure parameters of its knitted fabrics to moisture transport of perspiration absorption and fast dry fabrics[J]. *Fashion & Textile Research Journal*, 2018, 20(4):457-463.
- [46] SENTHIL KUMAR B, RAMESH KUMAR M, PARTHIBAN M, *et al.* Effect of pique and honeycomb structures on moisture management properties of eri silk knitted fabrics[J]. *Journal of Natural Fibers*, 2019, 17(1):1-10.
- [47] 范菲,齐宏进.差动毛细效应与织物孔径特性的关系[J].纺织导报,2008,(8):90-92.
- [48] SATHISH BABU B, SENTHIL KUMAR P, SENTHIL KUMAR M. Effect of yarn type on moisture transfer characteristics of double-face knitted fabrics for active sportswear[J]. *Journal of Industrial Textiles*, 2020, 49(8):1 078-1 099.

(下转第 51 页)