

功能性及智能性纤维研究进展

涂莉,孟家光

(西安工程大学 纺织科学与工程学院,陕西 西安 710048)

摘要:介绍海斯摩尔纤维、咖啡碳纤维、Porel[®]纤维、麻赛尔纤维、云母纤维5种功能性纤维和1种智能性纤维即丝维尔纤维的功能原理,阐述各纤维的生产方法及应用领域。其中海斯摩尔纤维天然抗菌,咖啡碳纤维除臭保暖,Porel[®]纤维吸湿快干、手感柔软,麻赛尔纤维吸湿排湿、抑菌防霉,云母纤维导热,丝维尔纤维智能调温。这些纤维不仅在传统服装行业具有广泛应用,还可应用于医疗卫生、航空航天等领域。指出大力研发功能性及智能性纤维符合绿色环保的时代主题,对增加纤维品种以及提高我国国际市场竞争能力具有十分重要的作用。

关键词:功能性纤维;智能性纤维;海斯摩尔纤维;咖啡碳纤维;Porel[®]纤维;麻赛尔纤维;云母纤维;丝维尔纤维

中图分类号:TS 102

文献标志码:B

文章编号:1000-4033(2019)06-0011-05

Research Progress of Functional and Intelligent Fibers

Tu Li, Meng Jiaguang

(College of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract:The functional principles of five functional fibers such as Heismore fiber, coffee carbon fiber, Porel[®] fiber, jutecell fiber, cooling-mica fiber, and one kind of intelligent fiber of Siwear fiber, were introduced. The production methods and application fields of each fiber were described. It was found that the natural anti-bacterial activity is for Heismore fiber, the characteristics of deodorization and warmth retention for coffee carbon fiber, moisture absorption, quick drying and soft handle for Porel[®] fiber, moisture absorption, dehumidification, antibacterial and mildew-proof for jutecell fiber, the thermal conductivity for cooling-mica fiber, and Siwear fiber can adjust temperature intelligently. These fibers have been not only widely used in traditional clothing industry, but also in medical, aerospace and other fields. It points out that vigorously researching functional and intelligent fibers conforms to the era of green environmental protection, which plays an important role in increasing the variety of fibers and improving the competitiveness of international market in China.

Key words:Functional Fiber; Intelligent Fiber; Heismore Fiber; Coffee Carbon Fiber; Porel[®] Fiber; Jutecell Fiber; Cooling-mica Fiber; Siwear Fiber

随着社会的不断发展,传统纺织品种已不能完全满足人们的生活需求,功能性和智能性纺织品的发展空间很大。目前,美国、日本等发达国家的传统纺织行业不断创新,

致力于开发各种技术含量高、附加值高的功能性和智能性纤维^[1],我国也在大力研发功能性和智能性纤维^[2],可见功能性纤维和智能性纤维的重要性。如今,这些纤维不

仅广泛用于服装领域,其在医疗卫生、航空航天、农业、建筑、水利、电子通信等领域也有着广泛的市场前景^[3]。本文主要介绍5种功能性纤维和1种智能性纤维的功能原

基金项目:国家支撑计划项目(2012BAF13B03);陕西省科技统筹创新工程项目(2014SZS13-Z01)。

作者简介:涂莉(1996—),女,硕士研究生。主要从事纺织新材料、新工艺方面的研究。

通讯作者:孟家光(1964—),男,教授。E-mail:mengjiaguang@126.com。

理、生产方法及应用范围。

1 功能性纤维

1.1 海斯摩尔纤维

海斯摩尔纤维是一种可再生的动物蛋白纤维,其外表呈白色,具有珍珠光泽,同时具有天然抑菌性、生物相容性,能够止血,还可以加快伤口愈合,而且可保湿除臭、强化免疫,有一定的吸附作用。

1.1.1 抗菌原理

面料功能性的实现一般有两种方法,一种是采用功能性纤维织造,另一种是采用试剂对面料进行功能性整理。海斯摩尔纤维天然抗菌面料属于前者,因为海斯摩尔纤维本身具有抗菌性,其主要抗菌原理是通过纤维高分子结构的正电荷与有害菌的负电荷发生作用,从而实现抗菌性^[4]。研究表明,海斯摩尔纤维对金黄色葡萄球菌的抑菌率高达100.00%,对大肠杆菌的抑菌率达98.00%^[5]。

1.1.2 生产方法

海斯摩尔纤维是由山东华兴纺织集团有限公司旗下的海慈新材料有限公司自主研发而成的,采用湿法纺丝工艺,生产全过程无毒、无污染。首先,从阿拉斯加的雪蟹蟹壳中或从浅海的小龙虾、河蟹中提取壳聚糖,经脱乙酰、溶解等工艺将其加工成片状;然后将其快速脱泡,利用大流量计量泵高压低温触变性流体挤出纺丝液;最后经活化处理,干燥后得到海斯摩尔纤维^[6]。

1.1.3 应用

目前,海斯摩尔纤维已广泛应用于卫生用品、服装、医疗以及航空航天等领域^[7],如面膜、文胸、内衣、内裤、医用床单、口罩、止血绷带、手术缝合线以及神舟飞船和天宫一号所用的多功能布等,甚至还可以利用其优良的性能对糖尿病

患者进行辅助治疗。

田萌等^[8]将海斯摩尔纤维与莫代尔、棉纤维混纺,设计了6种针织面料,测试发现,海斯摩尔纤维针织面料的抗菌性能达到了抗菌保健服装标准,透气性、透湿性等可满足针织物服用性能的要求。胡宝拴^[9]以黑色锦纶6、半消光低弹氨纶丝包覆纱为经纱,以棉、莫代尔、海斯摩尔纤维股线为纬纱,织造了经向弹力色织物,测试发现,织物具有较好的抗菌性。

综上所述,可采用海斯摩尔纤维开发各种保健类产品,为功能性纺织品提供新原料。海斯摩尔纤维的应用取得了突破性进展,它充分利用其绿色性能迅速进入市场,创造了很多附加值,今后将向智能化、高端化方向发展。

1.2 咖啡炭纤维

咖啡炭改性涤纶纤维又称咖啡炭纤维,它是一种低碳环保的新型多功能性纤维,外表呈灰色,具有吸附作用(除臭)、升温作用(保暖)及保健作用,有助于增强人体免疫力,还可以防紫外线等,但容易起毛起球,悬垂性差。

1.2.1 除臭及保暖原理

从咖啡炭纤维的内部结构来看,其横截面呈不规则的椭圆形,具有中空结构,存在一定的空隙和微小颗粒;纵向呈圆柱体,表面也有许多微小颗粒。纤维结构中的空隙和微小颗粒使得纤维具有较好的吸附作用,可吸附空气中的异味,达到除臭的目的;也可以吸附水分,起到抑菌的作用;同时,纤维结构中的空隙还能储存大量空气,具有很好的保暖性^[10]。

1.2.2 生产方法

咖啡炭纤维最早是由中国台湾兴采实业有限公司研究发明的,是通过炭化、熔融、喷丝等工艺制

备而成的。首先,将咖啡渣粉碎,经高温(1 000℃以上)炭化将其制成咖啡炭颗粒,然后将其研磨成纳米粉体(100~300 nm)后加入到涤纶纤维中生产即可。生产过程低碳环保,而且能够回收利用^[11],研究表明,生产过程消耗的能量及CO₂排放量比竹炭纤维少48%,比椰炭纤维少85%^[12]。

1.2.3 应用

由于咖啡炭纤维具有保暖、除臭等功能,所以在服装领域、家用纺织品领域应用较多^[13]。目前,咖啡炭纤维主要用于内衣、T-shirt、袜品等服装领域,以及家用面料、毛巾等家用纺织品领域。

刘蕊等^[14]对咖啡炭纤维和纱线的性能进行了研究,发现咖啡炭长丝纱的强力、断裂伸长率、条干均匀度均符合针织用纱的要求,将其制成针织面料,经测试,面料的服用性能良好,而且功能性显著,开发的针织服装穿着舒适、健康,具有广阔的市场前景^[15]。在此基础上,高阳等^[16]将聚酰亚胺纤维和咖啡炭纤维按照不同比例进行混纺,并进行相关性能测试;陈玉霜^[17]将咖啡炭纤维与涤纶交织,开发了拉舍尔毛毯;崔鸿钧^[18]将咖啡炭纤维、棉纤维、木代尔纤维混纺,开发生产了保健功能织物。

综上所述,咖啡炭纤维适合开发各种功能性纺织品,可与多种纤维混纺,充分发挥每种纤维的优良特性,符合绿色、环保、低碳的时代主题,从而更有利于提高纺织品的档次,增加纺织品的附加值,开发多样化产品。

1.3 Porel®纤维

Porel®纤维又称全天候纤维,是一种亲水柔软超细中空改性涤纶纤维,不仅具有吸湿快干、保暖柔软、染色性好等优点,还具有回

弹性好、收缩率低等特点,但其抱合力和可纺性差^[19]。

1.3.1 吸湿快干及手感柔软原理

Porel[®]纤维的大分子结构中存在亲水基团和柔性基团,一方面,亲水基团使水分子在纤维表面的润湿和扩散速度加快,可将人体皮肤上的湿气和汗水快速排出,再加上 Porel[®]纤维为中空结构,具有隔热保温功能,也有利于导湿系统的形成;另一方面,柔性基团的存在降低了纤维的刚性,使得面料手感柔软、滑爽。研究表明,Porel[®]纤维的内在质量指标、外观及吸湿排汗等性能总体上接近棉,而在速干性和柔软性等方面优于棉^[20]。

1.3.2 生产方法

Porel[®]纤维是由南京东华纤维技术发展有限公司利用自主研发的特殊涤纶改性技术和中石化最先进的化纤纺丝装置生产加工而成的^[21]。主要生产方法为:在涤纶中引入亲水基团和柔性基团,使其改性;在纺丝时采用仿棉空腔结构,使 Porel[®]纤维具有丝光棉的手感,同时还能保持其原本的导湿性能。

1.3.3 应用

基于 Porel[®]纤维的优良性能,可将其应用于服装领域、家用纺织品领域和卫生医疗领域,生产运动服、战士训练服、贴身内衣、袜子、床上用品、卫生医疗纺织品等产品。

王晓^[22]将 Porel[®]纤维与普通涤纶纤维的性能进行对比,结果发现,Porel[®]纤维的吸湿性更好,静电效应小,服用性能更好,有利于纺织加工的顺利进行。陆锦明等^[23]将 Porel[®]纤维与精梳棉混纺,开发了赛络纺竹节纱,发现产品既具有吸湿快干性能,又具有竹节纱、赛络纺纱线的风格特征。张华等^[24]

将Porel[®]纤维与棉纤维混纺,开发了 Porel[®]纤维毛巾织物,发现可获得比纯棉纤维毛巾更好的柔软性和吸湿速干性,而且性能能够长久保持。沈文涛等^[25]将 Porel[®]纤维、黏胶纤维和氨纶丝纺制成包芯纱,开发贴身穿着的无缝针织物,发现织物具有吸湿发热、透湿透气、轻薄等特点,适合开发女式秋冬季贴身穿着的轻薄保暖无缝针织产品。

综上所述,Porel[®]纤维具有优良的物理性能和化学性能,市场前景十分广阔,并且能够满足人们的多方位需求,它的研发和广泛应用将给纺织服装业带来新的生机和活力。

1.4 麻赛尔纤维

麻赛尔纤维是一种新型再生纤维素纤维,具有抑菌防霉、吸湿排湿和良好的可纺性,其编织的织物手感柔软、滑爽、富有色泽,而且可再生降解、绿色环保,不会造成二次污染。

1.4.1 吸湿排湿及抑菌原理

麻赛尔纤维纵向呈沟槽状的空腔结构,横向近似为不规则的C形;同时,麻赛尔纤维的分子结构中含有大量亲水性基团,使得麻赛尔纤维具备良好的吸湿排湿性能。麻赛尔纤维的原料为红麻、黄麻等麻纤维,所以具有原麻纤维的抑菌防霉功能。研究表明,麻赛尔纤维对抑菌活性值分别为 3.52 和 3.57 的大肠杆菌和金黄色葡萄球菌的抑菌率均达到了 99.97%^[26]。

1.4.2 生产方法

麻赛尔纤维是由山东海龙股份有限公司自行研发的,是以天然红麻、黄麻、亚麻和苧麻等为原料,利用高科技手段制成浆粕,再经纺丝制成的绿色环保、会自然呼吸的功能性纤维。具体生产工艺流程为:备料→蒸煮→喷放→洗浆→筛

选→氧脱木素→碱精制→过氧化氢漂白→助剂活化→过氧化氢漂白→抄造→烘干→切纸→理纸→浸渍→压榨→粉碎→老成→黄化→熟成→过滤→纺丝→切断→精练→烘干→成品^[27]。

1.4.3 应用

麻赛尔纤维克服了天然麻纤维硬、粗、短、刺痒等亲肤性差的缺点,可用于制作梭织面料、针织毛衫及内衣、医用卫生产品、装饰产品、日用产品,如医院病号服、防护服、面巾纸、伤口包扎材料、桌布、贴墙布等装饰用布。

张一平等^[28]研究分析了麻赛尔纤维的吸湿与导湿性能,发现麻赛尔纤维的吸湿速率和标准回潮率高于普通黏胶纤维,并且具有强于普通黏胶纤维的芯吸作用。吴剑青等^[29]采用转杯纺与环锭纺两种方法将麻赛尔纤维和次兔毛混纺成纱线,拓宽了麻赛尔纤维的使用范围,又为次兔毛的回收利用提供了新思路。蔡永东^[30]以麻赛尔纤维、莫代尔、棉纤维为原料,设计开发了生物质纤维素纤维混纺床上用品仿毛面料。赵博^[31]将麻赛尔纤维、玉米纤维和棉纤维混纺成纱线,开发了大提花产品。

综上所述,麻赛尔纤维的成功开发解决了传统麻纤维不能用于贴身服装的缺陷,而且麻赛尔纤维绿色环保,符合人们对环保和健康的要求,在市场上备受欢迎,具有显著的社会效益、经济效益和广阔的应用前景。

1.5 云母纤维

云母纤维又称云母冰凉纤维,是一种新型降温散热的功能性纤维,具有珍珠般光泽。它手感柔软舒适,具有优异的导热吸水性、抗静电性及消臭功能,还具有防紫外线功能。

1.5.1 导热原理

云母纤维具有优良的导热性能主要基于两方面原因:一方面,因为云母的天然层状结构,在纺纱加工时纤维正好呈同向性排列,使得其边界热散射效应明显,增加其横向的热传导系数;另一方面,由于云母本身具有导热性,利用云母的水合作用能迅速将人体皮肤表面的热量传递到面料表面形成水合膜,从而达到快速降温散热目的,使人体具有冰凉凉爽感觉^[32]。

1.5.2 生产方法

云母纤维由上海南德纺织科技有限公司研发而成,其生产工艺流程为:干燥→制备纺丝流体→纺丝→后加工。以锦纶或涤纶为载体,将优质的云母矿石颗粒经过加工处理,得到纳米云母颗粒,再将其添加到纤维纺丝液中均匀分散,从喷丝头压出,最后在周围空气或水中冷却凝固成丝,制成具有一定牢度和持久性的云母纤维^[33]。

1.5.3 应用

云母纤维的导热、消臭及防紫外线功能使其特别适合开发夏季服装,可广泛用于袜子、内衣、家居服饰、T-shirt 等纺织品的生产。但云母本身仍主要用于化工产业,这在一定程度上限制了云母纤维的综合利用率以及应用领域。

薛建萍等^[34]将云母冰凉纤维与圣麻、金属纤维混纺成纱,优化其工艺配置,优选工艺参数,严格控制纺纱织造过程,成功试织,对云母纤维纺织品的开发具有重要意义。苟喆等^[35]采用分散嫩黄 SE-6GL 对云母纤维进行染色,发现染色织物的耐摩擦色牢度、耐汗渍色牢度和耐洗色牢度均在 4 级以上,达到服用要求。魏赛男等^[36]采用云母纤维纱线为原料,在 4 针道单面大圆机上开发冰凉型提花针织面

料,结果表明,云母纤维提花面料穿着舒适,具有良好的冰凉效果、吸附异味功能和防紫外线功效。董艳等^[37]以云母纤维、闪光扁平阳离子涤纶、苧麻、羊毛与黏胶等多种纤维为原料,采用赛络纺新型纺纱方式纺制竹节纱,设计开发了冰凉一夏主题织物。

综上所述,云母纤维的成功开发有较高的科技含量和经济附加值,为夏季产品的开发增添了新的色彩,符合纺织材料的发展潮流,它是一种集功能和环保于一体的产品,对提高企业的产品档次及经济效益具有重要意义。

2 智能性纤维

丝维尔纤维又称丝维尔空调纤维、丝维尔智能调温纤维,它是一种新型再生纤维素纤维。丝维尔纤维最大的特点是能够根据外界环境的变化调节人体、衣物、外界环境三者之间的温度,保持人体周围舒适的环境。此外,它还具有优良的染色性能和吸湿性。

2.1 智能调温原理

丝维尔纤维中存在相变材料,根据温度的变化,相变材料自身会在固态和液态之间相互转化,从而实现蓄热或放热作用,能够起到智能调温的作用。当温度较低时,相变材料会从液态转化为固态,释放热量,从而减少人体的散热;当温度较高时,相变材料会从固态转化为液态,吸收热量,从而降低人体的温度,这样使得人体在任何环境中都能够保持舒适,给人四季如春的感觉^[38]。

2.2 生产方法

丝维尔纤维由河北吉藁化纤有限责任公司和北京巨龙博方科技研究院联合研发而成。具体生产方法为:将相变微胶囊材料与黏胶一起熔融,经喷丝板挤出成形,制

成丝维尔纤维,即一种功能性黏胶纤维。采用此方法,相变材料会植入黏胶纤维内部,与黏胶纤维很好地镶嵌在一起,具有一定的耐久性。丝维尔纤维的生产方法还有后整理方法,是将相变材料直接涂覆在织物表面,进行涂层整理,但由这种方法制得的丝维尔纤维的智能调温作用不强^[39]。

2.3 应用

丝维尔纤维因具有智能调温的作用,可应用于服装领域、医疗卫生领域、床上用品、汽车装饰物、建筑、工业等方面,如衣服、袜子、鞋、被褥、毛毯以及护膝等防护用品。

李福顺等^[40]对丝维尔纤维的拉伸断裂性能等基本力学性能进行了研究,并将其与黏胶纤维进行对比分析,结果表明,丝维尔纤维的尺寸稳定性优于黏胶纤维,而且湿态下丝维尔纤维的断裂强度下降强度较慢,弥补了黏胶纤维在湿态下强力较低的缺陷。孔凡栋等^[41]研发了丝维尔纤维与莱赛尔纤维的混纺纱,发现当丝维尔纤维的含量为 50% 时,混纺纱线的强力能够满足编织要求,而且具有很好的调温性。刘青等^[42]将丝维尔纤维与精梳棉混纺纱编织成 6 种不同的针织面料,并选用活性染料对其染色,结果表明,染色后织物的色牢度均可达到 4 级以上,符合织物的染色标准。

综上所述,丝维尔纤维能够与其他纤维进行混纺,开发各种梭织产品或针织产品,使产品具有一定的智能调温性能,给人们的生活带来更多方便,而且节约能源,促进了功能性纤维向智能性纤维方向发展,符合当今时代的发展方向。

3 结束语

海斯摩尔纤维、咖啡炭纤维、

Porel[®]纤维、麻赛尔纤维、云母纤维以及丝维尔纤维都是新兴的绿色纤维,环保、无毒、无污染,这些纤维的成功研发增加了纤维品种,为我国服装面料以及产业用纺织品参与国际市场竞争做出了重要贡献,但是,纤维的应用领域还需进一步扩大。今后,纺织品将向高舒适性、高功能性和高智能化方向发展,因此研发性能更好、更耐久、适应性更广的纤维无疑是正确的发展方向。

参考文献

- [1]李雪梅,薛孝川,罗丽珊.功能性纤维材料研究进展[J].化纤与纺织技术,2015,44(4):27-33.
- [2]任维军.国内外功能性纤维发展问题浅析[J].科技风,2014(18):128.
- [3]罗益锋.新型功能性纤维及其纺织品的发展[J].纺织导报,2013(3):53-58.
- [4]董雯雯.海斯摩尔“美味”纤维[J].纺织科学研究,2013(12):74-76.
- [5]周家村.“海斯摩尔”抑菌纤维中的娇子山东华兴打造全球最大生产商[J].纺织服装周刊,2010(24):42-43.
- [6]赵永霞.海斯摩尔:开启生物质纤维发展的新时代[J].纺织导报,2014(3):92.
- [7]苏珍珍.海斯摩尔:从0-1-N的发展模式[J].中国纺织,2015(5):136-139.
- [8]田萌,孟家光,赵彩霞.海斯摩尔纤维针织面料的设计[J].西安工程大学学报,2015,29(2):159-162.
- [9]胡宝拴.海斯摩尔纤维经向弹力色织物的生产[J].棉纺织技术,2017,45(2):65-68.
- [10]吴鲜鲜,俞涤美,张红霞,等.咖啡碳纤维混纺织物的性能[J].纺织学报,2014,35(7):48-53.
- [11]杨自治.咖啡炭改性涤纶、吸湿发热纤维在开发功能型毛精纺面料中的应用[J].纺织报告,2013(5):35-37.
- [12]王琳,杨明霞,曹秋玲.咖啡碳纤维混纺针织面料的开发与性能研究[J].纺织导报,2015(3):40-42.
- [13]方国平,钱维良.麻赛尔与咖啡炭纤维功能强化的技术突破[J].针织工业,2012(10):1-3.
- [14]刘蕊,孟家光,张琳玫,等.咖啡碳纤维和纱线的性能研究[J].西安工程大学学报,2015(3):268-272.
- [15]刘蕊,孟家光,张琳玫,等.咖啡炭纤维针织面料的服用性能测试[J].合成纤维,2015,44(2):40-43.
- [16]高阳,张圣易,丁志荣.聚酰亚胺/咖啡碳纤维混纺纱的性能研究[J].南通大学学报:自然科学版,2016,15(1):39-43.
- [17]陈玉霜.咖啡炭纤维与涤纶交织拉舍尔毛毯的开发[J].针织工业,2017(5):1-4.
- [18]崔鸿钧.咖啡炭/棉/木代尔混纺保健功能织物开发与生产[J].纺织导报,2015(3):24-24.
- [19]李群芳,戴元俊,吴军章.用 Porel[®]纤维开发贴身穿儿童秋冬内衣面料[J].针织工业,2015(3):4-6.
- [20]赵博.Porel 吸湿快干纤维的性能特点及产品开发[J].上海毛麻科技,2013(2):44-45.
- [21]王虹.使人“动静自如,透湿和暖”的面料[J].中国纤检,2014(7):32-33.
- [22]王晓.Porel 纤维与普通涤纶纤维性能的对比与分析[J].山东纺织科技,2013,54(5):31-34.
- [23]陆锦明,刘梅城.Porel 纤维/精梳棉赛络纺竹节纱的开发[J].现代纺织技术,2014,22(1):27-29.
- [24]张华,潘敏.Porel 纤维毛巾织物的生产工艺[J].印染,2013,39(3):28-29.
- [25]沈文涛,王玲,韩倩,等.采用 Porel 吸湿发热纱开发贴身穿无缝针织物[J].针织工业,2014(5):9-11.
- [26]龙啸云,朱军.麻赛尔纤维医用辅料制备及性能研究[J].产业用纺织品,2013,31(1):11-15.
- [27]徐茗娟.麻赛尔纤维针织产品开发及其服用性能研究[D].上海:东华大学,2012.
- [28]张一平,毛慧贤.麻赛尔纤维的吸湿与导湿性能分析[J].上海纺织科技,2013,41(3):12-13.
- [29]吴剑青,钟智丽,吕晨,等.麻赛尔/次兔毛转杯纺与环锭纺混纺纱线性能比较[J].毛纺科技,2013,41(5):57-60.
- [30]蔡永东.麻赛尔/莫代尔/棉混纺仿毛床上用品面料的设计与生产[J].毛纺科技,2016,44(2):18-20.
- [31]赵博.麻赛尔纤维/玉米纤维/棉混纺纱大提花产品的开发[J].现代丝绸科学与技术,2013,28(6):218-220,226.
- [32]董艳,李先锋.云母冰凉纤维/苎麻/有色涤纶混纺纱生产实践[J].毛纺科技,2013,41(1):7-10.
- [33]魏洋.新型降温散热纤维——云母冰凉纤维[J].聚酯工业,2011,24(6):9-11.
- [34]薛建萍,陈红玲.新型冰凉纤维纺织品的开发[J].山东纺织科技,2016,57(3):27-29.
- [35]苟喆,孟家光,张琳玫,等.云母冰凉纤维针织物的染色[J].印染,2015(10):21-24.
- [36]魏赛男,刘智,姚继明,等.采用云母纤维开发冰凉型提花针织面料[J].针织工业,2014(3):11-12.
- [37]董艳,李光香,郑敏敏,等.“冰凉一夏”主题织物的设计开发[J].毛纺科技,2017,45(2):4-7.
- [38]张琳琳,张永久.丝维尔与 Outlast 染色性能比较[J].针织工业,2011(11):39-41.
- [39]苏德保.智能调温纤维的研究新进展[J].国际纺织导报,2013,41(8):10-12.
- [40]李福顺,李显波.丝维尔纤维基本力学性能研究[J].成都纺织高等专科学校学报,2017(2):144-147.
- [41]孔凡栋,赵乐庚,吴金涛,等.混纺比对丝维尔与莱赛尔混纺纱强伸性能的影响[J].棉纺织技术,2015,43(5):41-44.
- [42]刘青,孟家光,刘变侠.丝维尔调温纤维针织面料的染色工艺[J].西安工程大学学报,2015(1):22-27.

收稿日期 2018年10月26日