

# 针织内衣面料湿状态下的透气性分析

艾运瑞, 柯宝珠\*

(上海工程技术大学 纺织服装学院, 上海 201620)

**摘要:**为探究湿状态对针织内衣面料透气性的影响,选取6种不同成分的面料,在不同含水率下测量其透气性。结果表明:面密度对织物透气性有明显的影响,面密度越大,透气性越差;面料的未充满系数对织物透气性也有明显的影响,未充满系数越大,透气性越好。通过SPSS软件进行相关性分析,得出未充满系数对透气性的影响最大;不同含水率对面料透气性有着显著的影响,每种面料在不同含水率状态下透气性的变化机制并不一致。微汗状态下可以使用3#面料,而大量排汗的活动状态下可以使用4#面料。该研究成果为服装市场功能性面料的细分提供一定参考。

**关键词:** 针织内衣面料;湿状态;透气性

**中图分类号:** TS 941.41 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2021)02-0108-04

## Study on the Air Permeability of Knitted Underwear Fabric in Wet State

AI Yunrui, KE Baozhu\*

(School of Textiles and Fashion, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** In order to explore the influence of wet state on the air permeability of knitted underwear fabrics, six fabrics with different compositions were selected by the investigation and analysis of the application status of underwear fabrics, and their air permeability was measured under different moisture contents. The results show that surface density and linear modulus of stitch affect fabric permeability obviously. The higher of the surface density, the worse of the fabric permeability. The higher of the linear modulus of stitch, the better of permeability. The correlation analysis was carried out by the SPSS software. The results have shown that the linear modulus of stitch have the greatest impact on the air permeability. Different moisture contents have significant impacts on the breathability of fabrics, and the change mechanism of breathability of each fabric under different moisture content states is not consistent. 3# fabric can be used in the state of micro-sweat, and in the state of active sweating 4# fabric can be used. This research may provide certain references for the application of fabrics in the functional clothing market segmentation.

**Key words:** knitted underwear, wet state, air permeability

随着社会的发展以及国民生活水平的不断提高,人们对服装的需求已不仅是保暖、耐穿,而且包括服装的个性化、功能化与舒适性<sup>[1]</sup>,尤其对“人体第二肌肤”之称的针织内衣,更加关注其舒适性<sup>[2-3]</sup>。

黏附感与热湿舒适性息息相关,是研究服装舒适性的重要指标。人体剧烈运动会产生大量的热和湿气,如果无法通过服装排出,将会污染人的体表和服装组成的微气候区,影响服装穿着的热湿舒

适性<sup>[4-5]</sup>。海恩斯坦研究院通过调查得到紧贴身体的第一层内衣的基本要求:可以吸收人体排出的汗液,使人们无论在日常活动或是运动健身中,都能感到愉悦<sup>[6]</sup>。影响服装热湿舒适性的因素有织物的厚度、织物组织结构、材料的吸湿性能及紧密度<sup>[7]</sup>。于伟东等<sup>[8]</sup>通过跑步实验发现,当二氧化碳质量分数超过0.08%、服装与人体之间的空气湿度超过60%时,人体就会产生不舒适和闷热感。

针织内衣作为贴身穿着的服装,与人体接触紧

收稿日期:2020-09-12; 修订日期:2021-02-28。

作者简介:艾运瑞(1995—),男,硕士研究生。

\*通信作者:柯宝珠(1977—),女,副教授,硕士生导师。主要研究方向为功能性针织服装。Email:Kebaozhu@hotmail.com

密。文中研究不同湿状态下针织内衣面料的透气性及其变化规律,以期为服装企业选择不同针织内衣面料提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 原料与设备

1.1.1 原料 选取 6 种市场上常见的针织内衣面料,具体规格见表 1。

表 1 面料规格				
Tab.1 Fabric specifications				
编 号	成 分	组 织	颜 色	线密度/tex
1 <sup>#</sup>	m(棉):m(氨纶)=95:5	罗纹	藏蓝	15.0
2 <sup>#</sup>	m(锦纶):m(氨纶)=95:5	网眼	橙黄	11.0
3 <sup>#</sup>	m(涤纶):m(氨纶)=95:5	罗纹	浅蓝	35.0
4 <sup>#</sup>	m(棉):m(氨纶)=95:5	罗纹	中绿	14.5
5 <sup>#</sup>	m(锦纶):m(氨纶)=75:25	罗纹	白	33.0
6 <sup>#</sup>	m(涤纶):m(氨纶)=95:5	网眼	黑	24.0

1.1.2 仪器 JA5003N 电子分析天平,上海天平仪器厂制造;YG(B)141D 型数字式织物厚度仪、Y8028 型烘箱、YG461E 电脑式透气测量仪、Y511B 型织物密度镜,皆由宁波纺织仪器厂制造。

### 1.2 试样制备

将实验用 6 种面料进行裁剪。每种面料选取不同部位裁剪成大小相同的 10 cm×10 cm 试样。将试样放在恒温恒湿室平衡 24 h 后,待测。

### 1.3 面料参数测试

1.3.1 厚度 根据 GB/T 3820—1999《纺织品厚度的测定》测定 6 种不同面料试样的厚度。

1.3.2 面密度 面料的面密度可表示为

$$\rho_s = \frac{m}{S}。$$

(1)

式中: $\rho_s$  为面料的面密度(g/m<sup>2</sup>); $m$  为被测试料的质量(g); $S$  为被测试样的面积(m<sup>2</sup>)。采用电子分析天平,分别称量 6 种面料试样的质量,利用式(1)计算其面密度。

1.3.3 未充满系数 线圈长度和纱线直径的比值称为未充满系数,具体公式<sup>[9]</sup>如下:

$$\sigma = \frac{L}{D}。$$

(2)

式中: $L$  为线圈长度; $D$  为纱线直径。

未充满系数与组成面料纱线的线密度成反比,与线圈的长度成正比,与纱线的体积质量呈负相关关系。

用织物密度镜测量 6 种不同面料试样中 50 mm 内线圈的个数与线圈长度。采用 FZ/T 70002—1991《线圈密度测量法》测试线圈个数;再利用拆织

物法,测量 50 mm 内试样纱线的长度。

纱线直径计算公式<sup>[10]</sup>如下:

$$D = 0.357 \sqrt{\frac{T}{\varepsilon}}。$$

(3)

式中: $T$  为纱线的线密度(tex); $\varepsilon$  为体积质量(g/cm<sup>3</sup>)。

根据纱线的面密度、厚度及面积可以计算出其体积质量<sup>[10]</sup>。经过测量和计算,得到 6 种面料的基本参数,具体见表 2。

表 2 面料的基本参数			
Tab.2 Basic parameters of the fabrics			
编 号	厚度/mm	面密度/ (g/m <sup>2</sup> )	未充满 系数
1 <sup>#</sup>	1.27	390	15.314
2 <sup>#</sup>	0.65	192	68.442
3 <sup>#</sup>	0.79	194	38.462
4 <sup>#</sup>	0.76	210	33.226
5 <sup>#</sup>	0.66	213	40.264
6 <sup>#</sup>	0.82	201	60.267

### 1.4 面料透气性测试

将 6 种不同面料试样均匀浸湿在水中,取出静置;先计算得到不同含水率试样的质量,再利用烘箱逐渐烘去水分,采用电子分析天平称其质量(3 次称量误差在±0.01 g),从而得到不同含水率的试样。

根据 GB/T 5453—1997《纺织品织物透气性的测定》方法,采用数字式织物透气性能测定仪测量 6 种面料试样在不同含水率(0,10%,20%,30%,40%)条件的透气率,具体数据见表 3。

表 3 不同含水率面料的透气率					
Tab.3 Air permeability of the fabric under different moisture contents					
编 号	含水率/%				
	0	10	20	30	40
1 <sup>#</sup>	106.3	86.6	77.0	79.5	75.5
2 <sup>#</sup>	1 068.4	1 214.3	1 101.4	1 050.1	1 040.3
3 <sup>#</sup>	529.2	541.4	519.3	480.3	357.8
4 <sup>#</sup>	349.1	341.2	324.4	300.6	287.4
5 <sup>#</sup>	571.8	515.8	516.5	453.1	426.3
6 <sup>#</sup>	890.5	860.2	837.1	710.3	670.1

## 2 结果分析

### 2.1 面料成分与透气性

由表 1 可以看出,1<sup>#</sup>,4<sup>#</sup>面料是含天然纤维素纤维,2<sup>#</sup>,3<sup>#</sup>,5<sup>#</sup>,6<sup>#</sup>均为化学纤维。结合表 3 可以看出,3<sup>#</sup>,5<sup>#</sup>面料虽然具有不同的原料成分,但其透气性相差较小。所以,原料成分对面料透气性的影响

较小,可以忽略。

2.2 面料组织结构与透气性

由表 1 可以看出,2<sup>#</sup>和 6<sup>#</sup>面料的结构为网眼结构,其余几种面料是罗纹组织;表 3 中 2<sup>#</sup>,6<sup>#</sup>面料的透气率是最好的。网眼面料是多孔组织,罗纹面料是平整组织,多孔的网眼面料有着更容易让气体通过的通道,因此网眼面料比罗纹面料具有更好的透气性。

2.3 面料厚度与透气性

6 种面料厚度与透气性的关系如图 1 所示。由图 1 可以看出,同为网眼结构的面料,在面密度、未充满系数相差不大的情况下,2<sup>#</sup>面料的厚度比 6<sup>#</sup>小,但其透气性却比 6<sup>#</sup>的大。说明厚度对面料透气性有影响,厚度越大,面料透气性越差。

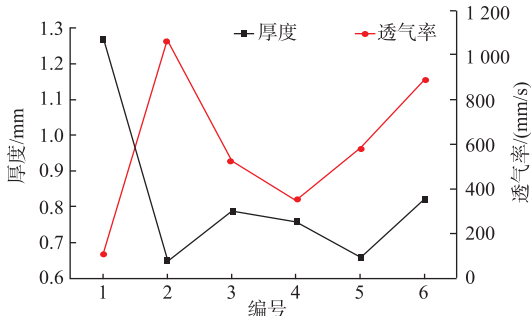


图 1 面料厚度与透气性的关系

Fig. 1 Relation between thickness and air permeability of farics

2.4 面料面密度与透气性

6 种面料面密度与透气性的关系如图 2 所示。由表 1、表 2 和图 2 可以看出,同为罗纹结构的 3<sup>#</sup>,4<sup>#</sup>面料,二者厚度及未充满系数相近,4<sup>#</sup>面料的面密度大于 3<sup>#</sup>的,但其透气性明显低于 3<sup>#</sup>的。说明面密度对透气性有显著影响,面密度越大,面料透气性越差。

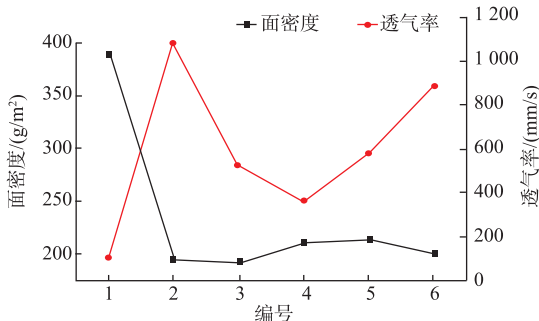


图 2 面料面密度与透气性的关系

Fig. 2 Relation between areal density and air permeability of farics

2.5 面料未充满系数与透气性

6 种面料未充满系数与透气性的关系如图 3 所

示。由图 3 可以看出,未充满系数和面料透气性有非常明显的正相关性,随着未充满系数的增加,面料透气性也越好。从式(2)和式(3)可以看出,未充满系数与组成面料纱线的线密度成反比、与线圈的长度成正比,且与纱线的体积质量呈负相关;未充满系数为线圈长度与纱线直径之比,其值越大,面料越稀疏。2<sup>#</sup>,6<sup>#</sup>面料最为稀疏,故其透气率最大。

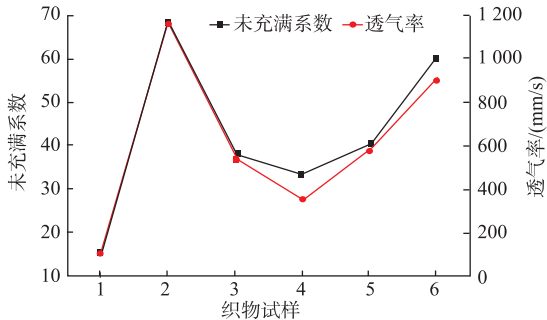


图 3 面料未充满系数与透气性的关系

Fig. 3 Relation between under fill coefficient and air permeability of fabrics

2.6 面料透气性分析

图 4 为 6 种不同面料的透气性随含水率变化的情况。

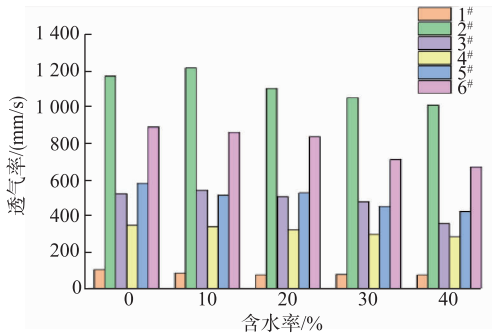


图 4 面料含水率与透气率的关系

Fig. 4 Relation between moisture content and air permeability of fabrics

由图 4 可以看出,6 种面料的透气性随着含水率的增加基本呈下降趋势,但下降的程度不同,有的大幅度下降,有的则是缓慢降低。究其原因,可能是纤维吸水膨胀导致纱线的体积质量增加,进而使未充满系数减小,面料透气性降低。

总体而言,6 种面料中 1<sup>#</sup>的透气性最差,2<sup>#</sup>则有优良的透气性;比较同为罗纹组织的 3<sup>#</sup>,4<sup>#</sup>,5<sup>#</sup>面料的透气性,在 10%,20%,30% 含水率条件下,3<sup>#</sup>面料的透气性好,而在 0 和 40% 含水率条件下,5<sup>#</sup>面料的透气率好,由此说明同一面料在不同含水率条件下透气率会发生变化,透气率变化的幅度也不相同。

1<sup>#</sup>面料的透气性变化幅度较稳定,随着含水率

的增加,其透气性下降的幅度小。2<sup>#</sup>面料的透气性在含水率为 10% ~ 20% 范围内明显降低,在 20% ~ 30% 时下降不明显,在 30% ~ 40% 时又开始下降,但降幅更小,说明锦纶含水量为 15% 左右时,纱线膨胀值较大。

表 2 中,2<sup>#</sup>,3<sup>#</sup>,4<sup>#</sup>,5<sup>#</sup>面料的厚度相近、面密度也相差不大,但 2<sup>#</sup>面料的未充满系数最大,其透气率比 3<sup>#</sup>,4<sup>#</sup>,5<sup>#</sup>的大很多,且这 4 种面料未充满系数的大小排列顺序与透气率的保持一致。因此可以推断,面料的未充满系数越大,其透气性越好。

### 2.7 利用灰色关联度综合数据分析

纬编针织内衣面料的透气率受到其厚度、面密度、未充满系数的影响。为了得到显著的影响关系,根据灰色关联度分析法,利用 GTM 3.3 软件导出关联度数值,具体见表 4。

表 4 相关性分析结果	
Tab.4 Correlation analysis results	
影响因素	透气率/(mm/s)
厚度	0.639
面密度	0.766
未充满系数	0.903

由表 4 可以看出,未充满系数对面料透气率的影响最为显著,厚度和面密度对面料透气性的影响接近,其中,面密度对面料透气率的影响更大些。

## 3 结 语

1)纱线原料的成分对面料透气性的影响非常小,没有显著的影响关系。

2)在面密度和未充满系数相近的情况下,面料的厚度越大,其透气性越差。

3)在厚度和未充满系数相近的情况下,面密度增大,导致气流流动阻力增加,面料透气性变差。

4)纱线结构越蓬松,线密度越小,未充满系数越大,透气性越好;未充满系数与纱线的结构、线密度以及组成线圈的长度有显著的相关性;未充满系数与面料透气性有显著的正相关关系。

5)通过灰色关联度综合数据分析,发现未充满系数与面料的透气性影响显著;面料的未充满系数越大,透气性越好。织物的厚度与面密度都影响着面料的透气性能,但影响的程度没有未充满系数大,面密度比厚度对面料透气性的影响更大。

### 参考文献:

[ 1 ] 沈艳琴,王明,本德萍. 织物的热湿舒适性探讨[J]. 广西纺织科技, 2001, 30(3): 47-49.

SHEN Yanqin, WAN Ming, BEN Deping. Discussion on the thermal and moisture comfort of fabrics[J]. Guangxi Textile Science and Technology, 2001, 30(3): 47-49. (in Chinese)

[ 2 ] 谢登喜,段杏元. 内衣舒适性探讨[J]. 西北纺织工学院学报, 2000, 14(4): 394-397.

XIE Dengxi, DUAN Xingyuan. A study on the comfort of underwear[J]. Journal of Northwest Institute of Textile Science and Technology, 2000, 14(4): 394-397. (in Chinese)

[ 3 ] 徐勤,邹奉元,刘永贵. 针织内衣的舒适性研究[J]. 针织工业, 2007(7): 31-33.

XU Qin, ZOU Fengyuan, LIU Yonggui. Research on comfort of knitted underwear[J]. Knitting Industries, 2007(7): 31-33. (in Chinese)

[ 4 ] FAN J T, TSANG H W K. Effect of clothing thermal properties on the thermal comfort sensation during active sports[J]. Textile Research Journal, 2008, 78(2): 111-118.

[ 5 ] 李创. 织物密度与衣内微气候关系研究[J]. 上海丝绸, 2002(2): 10-12.

LI Chuang. Research on the relationship between fabric density and microclimate in clothing[J]. Shanghai Silk, 2002(2): 10-12. (in Chinese)

[ 6 ] 侯海燕. 德国科学家的功能性无缝内衣[J]. 中国纤维检, 2013(1): 81.

HOU Haiyan. German scientists investigate functionality of seamless underdress[J]. China Fiber Inspection, 2013(1): 81. (in Chinese)

[ 7 ] 景晓宁,李亚滨. 新型针织内衣面料热湿舒适性影响因素主成分分析[J]. 天津工业大学学报, 2010, 29(1): 39-42.

JING Xiaoning, LI Yabin. Principal components analyze on major factors impact on heat-moisture comfort performance of new knitted fabrics[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2010, 29(1): 39-42. (in Chinese)

[ 8 ] 于伟东,储才元. 纺织物理[M]. 上海: 东华大学出版社, 2002.

[ 9 ] 荆妙蕾. 织物结构与设计[M]. 5 版. 北京: 中国纺织出版社, 2014.

[ 10 ] 陈晴,张家琳,范丽敏. 经编间隔织物的透气性与透湿性[J]. 服装学报, 2017, 2(2): 107-112.

CHEN Qing, ZHANG Jialin, FAN Limin. Air and water vapor permeability of warp knitted spacer fabric [J]. Journal of Clothing Research, 2017, 2(2): 107-112. (in Chinese)