

# 非织造材料透气性与空气过滤阻力的相关性研究

张珍竹<sup>1</sup>, 宋蓉蓉<sup>1</sup>, 钱 么<sup>2,\*</sup>, 王 静<sup>1</sup>

(1. 佛山中纺联检验技术服务有限公司, 广东 佛山 528211;

2. 五邑大学 纺织材料与工程学院, 广东 江门 529020)

**摘要:** 透气量和空气过滤阻力都是反映非织造过滤材料对空气通透能力的物理指标, 二者之间的关联性受非织造材料的材质和结构影响。通过对不同类型非织造材料的透气量和空气过滤阻力进行测试, 统计测试数据并对比分析, 找到两个指标之间的数量关系。研究结果表明, 透气量越大空气过滤阻力越低, 二者数值的乘积近似为定值, 且理论乘积值与实际乘积值的比值 $\lambda$ 近似在 0.48~0.52 之间, 实际应用时可近似取 0.5 进行估算。

**关键词:** 非织造材料; 透气量; 阻力; 空气流速; 孔隙率

**中图分类号:** TS177

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-0356(2021)09-0026-03

众所周知, 高效低阻是空气过滤材料的理想目标, 目前所有关于纤维质空气过滤材料的研究均是围绕如何提高过滤效率、降低过滤阻力而展开<sup>[1]</sup>。非织造材料是一种多孔的纤维材料, 由于纤维的成分、规格及排列方式等不同, 具有不同的空间结构, 因此空气在材料内部的穿透能力、流动状态有所不同。由经验可知, 多孔材料的透气量越大, 表明对空气的通透能力越强, 因对空气的过滤阻力也越低; 在不具备过滤性能测试条件下, 可以通过透气性的测试来评估非织造材料过滤阻力的高低。由于非织造材料的材质和结构变化多样, 且对空气的透过有一定影响, 但对透气量(单位: mm/s 或 L/(m<sup>2</sup>·min))与过滤阻力(单位: Pa)之间的数量关系鲜有研究, 文中通过对不同类型的非织造材料进行测试分析, 找出二者之间的数量关系, 拟对非织造企业生产与产品性能评估提供一定的参考。

## 1 透气性与空气阻力的测试原理

通常用透气量或透气率来表征气体通过的难易程度, 根据纺织品透气性的测试原理: 空气垂直透过纺织品, 在其正反面形成一定的压差( $\Delta P$ ), 测定某一压差下单位时间内透过织物的空气量( $Q$ ), 即为透气率<sup>[2]</sup>。织物透气仪就是利用压差法的原理设计, 将试样放置在上下测试腔之间, 下腔抽真空, 抽风面积一定, 这样气体就会在压差梯度的作用下, 由高压侧(上侧)向低压侧(下侧)渗透; 精确测量通过低压侧的压强变化, 计

算试样的各项阻隔性参数, 从而计算出空气的流量。当流量孔径大小一定时, 其压差越大, 单位时间流过的空气量也越大; 当两侧的压差一定时, 不同的流量孔径大小所对应的空气流量不同, 流量孔径越大, 对应的空气流量越大。

根据流体力学伯努利方程可知, 流体流速的变化会产生压强的改变<sup>[3]</sup>, 过滤材料由于对空气的阻隔作用会导致空气流速的增大, 从而带来压强的降低, 在两侧产生压差(或压降), 通常用这种压差来表示过滤材料对气体的阻力。因此, 过滤阻力与透气性理论上的测试原理基本相同。

由透气率( $K_{气}$ )的定义可以得到其理论计算公式(1)如下:

$$K_{气} = \frac{Q}{\Delta P \cdot A} \quad (1)$$

式中:  $K_{气}$ —理论透气率, m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·Pa·h);  $Q$ —气体流量, m<sup>3</sup>/h;  $\Delta P$ —气体透过多孔材料产生的压力降, Pa;  $A$ —试样测试面积, m<sup>2</sup>。

在测试透气性时, 测试面积  $A$ 、压力差  $\Delta P$  一定; 而测试空气过滤阻力时, 则是测试面积  $A$ 、气体流量  $Q$  一定。理论上  $Q$  与  $\Delta P$ 、 $A$  的比值  $K_{气}$  为一个定值, 那么  $\Delta P$  与  $Q$  之间为线性关系, 但由于透气量与空气阻力这 2 个性能指标的各项参数单位不统一, 因此具有一个换算的系数关系。假设在测试透气性时, 待测试的透气量  $T_1$  用  $Q_1/A_1$  表示, 设定的压差为  $\Delta P_1$ ; 在测试空气过滤阻力时, 设定的测试流量  $T_2$  用  $Q_2/A_2$  表示, 待测试的压差为  $\Delta P_2$ , 那么就有以下计算公式(2)、式(3)和式(4):

$$T_1 = Q_1/A_1 \quad (2)$$

收稿日期: 2021-04-21

基金项目: 广东省企业科技特派员派驻资助项目(GDKTP20200030900)

作者简介: 张珍竹(1985-), 男, 工程师, 本科, 主要研究方向为纺织品开发及质量控制。

\* 通信作者: 钱 么, 讲师, 主要研究方向为空气过滤材料及环保型非织造材料, E-mail: hbqy0905@163.com。

$$T_2 = Q_2 / A_2 \quad (3)$$

$$K_{气} = \frac{T_1}{\Delta P_1} = \frac{T_2}{\Delta P_2} \quad (4)$$

根据测试标准<sup>[2-5]</sup>,其中: $Q_2 = 32 \text{ L/min}$ ;  $A_2 = 100 \text{ cm}^2$ ;  $T_2 = Q_2 / A_2 = 53.33 \text{ mm/s}$ ;  $A_1 = 20 \text{ cm}^2$ ;  $\Delta P_1 = 100 \text{ Pa}$ 。代入可得

$$T_1 \Delta P_2 = \frac{Q_2}{A_2} \Delta P_2 = \frac{32 \text{ L/min} \cdot 100 \text{ Pa}}{100 \text{ cm}^2} =$$

$$5333.333 \text{ (Pa} \cdot \text{mm/s)} \quad (5)$$

根据以上理论推导可知,多孔材料的透气量  $T_1$  与过滤压差  $\Delta P_2$  的乘积为定值;在不同测试标准下,乘积的定值有所不同,需要进行单位换算。但由于二者是在不同的仪器上测试得到,并且实际上不同压差点的  $K_{气}$  值不同,因此实际测量的数据可能存在一定的偏差,需要通过试验测量对理论计算值与实际值进行比较。

## 2 试验部分

### 2.1 试验材料

所用纺黏水刺非织造布来自于吉安三江超纤无纺有限公司;熔喷非织造材料来自于多家不同非织造企业;热风非织造材料及针刺非织造材料为实验室自制。

### 2.2 试验仪器

YG141LA 型数字式织物厚度仪(莱州市电子仪器

有限公司产品);YG(B)461E 型全自动透气量仪(宁波纺织仪器厂);CP224C 数字式电子天平(上海奥豪斯仪器有限公司);TSI8130 滤料测试台(美国 TSI 公司)。

### 2.3 测试方法

参照非织造布性能测试相关标准对产品的厚度、克重、透气性和过滤阻力等进行了测试。其中,厚度测试根据标准 GB/T 24218.2-2009《非织造布试验方法—厚度的测定》,选用 YG141LA 数字式织物厚度仪测量。透气量的测试根据标准 GB/T 24218《纺织品非织造布试验方法第 15 部分:透气性的测定》,采用 YG(B)461E 型全自动透气量仪测量,测试压差设置为 100 Pa,测试面积为  $20 \text{ cm}^2$ ,透气量的单位为 mm/s。试样的过滤阻力采用 TSI8130 滤料测试台进行测试,测试气体流量为  $32 \text{ L/min}$ ,测试面积为  $100 \text{ cm}^2$ 。

## 3 结果与分析

将选取的几种代表性非织造材料基本性能进行测试,结果见表 1~表 4,不同非织造材料的透气性和过滤阻力有较大差异,纺黏水刺和熔喷非织造材料由于纤维较细、孔隙率高,因此比热风、针刺非织造材料的透气量要低很多。可以看出,随着过滤阻力的增大,透气量在不断下降。

表 1 纺黏水刺非织造材料的基本性能

试样	试样类别	克重 / $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	厚度 / $\text{mm}$	@100 Pa 透气量 / $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	@32 L · min <sup>-1</sup> 过滤阻力/Pa	测试值 $T \cdot \Delta p$	比值 $\lambda$	$\lambda$ 平均值
#1	纺黏水刺	40	0.224	763.2	14.5	11 066.40	0.481 9	0.494 8
#2	纺黏水刺	80	0.426	367.6	30.3	11 138.28	0.478 8	
#3	纺黏水刺	120	0.654	250.5	42.5	10 646.25	0.501 0	
#4	纺黏水刺+针刺	45	0.406	1 625.2	6.5	9 751.20	0.504 9	
#5	纺黏水刺+针刺	125	0.862	416.1	25.2	10 485.70	0.508 6	
#6	纺黏水刺+针刺	155	1.310	246.2	43.9	10 808.20	0.493 5	

表 2 不同熔喷非织造材料的基本性能

试样	克重 / $\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$	厚度 / $\text{mm}$	@100 Pa 透气量 / $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$	@32 L · min <sup>-1</sup> 过滤阻力/Pa	测试值 $T \cdot \Delta p$	比值 $\lambda$	$\lambda$ 平均值
#1	20.2	0.28	498.8	22.3	11 097.2	0.480 6	0.502 3
#2	25.6	0.32	414.4	26.7	11 065.7	0.482 0	
#3	30.4	0.37	316.8	32.9	10 422.9	0.511 7	
#4	22.9	0.27	433.2	25.1	10 873.2	0.490 5	
#5	24.8	0.31	295.4	35.2	10 383.9	0.513 6	
#6	25.2	0.32	242.5	44.1	10 694.3	0.498 7	
#7	25.7	0.36	380.4	27.3	10 385.4	0.513 5	

# 8	26.2	0.34	297.8	34.7	10 318.0	0.516 9
# 9	39.6	0.42	248.3	43.4	10 765.3	0.495 4
# 10	46.6	0.48	229.7	44.7	10 257.1	0.519 9

表 3 热风非织造材料的基本性能

试样	试样类别	克重 /g · m <sup>-2</sup>	厚度 /mm	@100 Pa 透气量 /mm · s <sup>-1</sup>	@32 L · min <sup>-1</sup> 过滤阻力/Pa	测试值 T · Δp	比值 λ	λ 平均值
# 1	1 层	35.3	0.47	5 590	1.9	11 012.3	0.502 1	0.505 3
# 2	2 层	70.4	1.04	3 741	2.8	10 474.8	0.509 2	
# 3	3 层	105.0	1.23	2 649	3.9	10 251.6	0.516 2	
# 4	4 层	138.9	1.60	1 965	5.5	10 807.5	0.493 5	

表 4 针刺非织造材料的基本性能

试样	试样类别	克重 /g · m <sup>-2</sup>	厚度 /mm	@100 Pa 透气量 /mm · s <sup>-1</sup>	@32 L · min <sup>-1</sup> 过滤阻力/Pa	测试值 T · Δp	比值 λ	λ 平均值
# 1	PE 针刺布	135	1.56	1 231	8.7	10 709.7	0.498 0	0.508 8
# 2	PE 针刺布	138	1.52	1 319	7.8	10 288.2	0.518 4	
# 3	PE 针刺布	148	1.57	1 104	9.7	10 708.8	0.498 0	
# 4	PE 针刺布	151	1.67	1 113	9.2	10 239.6	0.520 9	
# 5	PET 针刺布	118	1.53	3 169	3.5	11 091.5	0.480 8	0.498 3
# 6	PET 针刺布	219	1.55	1 161	8.9	10 332.9	0.516 2	
# 7	PET 针刺布	298	2.13	1 030	10.4	10 712.0	0.499 9	

对比各表格中的实际测量值可以发现,透气量  $T$  与过滤阻力  $\Delta P$  之间的实际乘积值也趋近于一个定值,大部分近似在 9 700~1 1000 之间,虽然与理论乘积值 5 333.33 之间有较大偏差,若定义二者比值为:

$$\lambda = \frac{5\,333.333}{(T \cdot \Delta P)} \quad (6)$$

则通过表 1~表 4 中计算结果可看出,比值  $\lambda$  近似在 0.48~0.52 之间,大多数的比值在 0.5 上下波动,这种偏差可能受非织造材料自身均匀性的影响;不同种类非织造材料,由于纤维种类、纤维密度、纤维细度等不同,导致非织造材料的孔隙率有所不同,因而所得到的  $\lambda$  值有明显偏差。对各表中计算的  $\lambda$  值取平均值,均近似为 0.5,因此实际应用中可以通过该比值来对透气值和空气过滤阻力值进行换算;若已知标准测试条件下的透气量,可以估算出标准测试条件下的空气过滤阻力,反之亦然。

#### 4 结论

(1)对于同一种非织造材料,透气量与空气阻力这 2 个性能指标的数值呈反比例关系,二者之间的乘积

为定值。

(2)不同种类的非织造材料,在标准测试条件下,透气量与空气阻力之间的换算系数有所不同,理论值与实际值之间的比值  $\lambda$  近似在 0.48~0.52 之间,实际应用时可近似取 0.5 进行估算。

(3)透气量与空气阻力之间的换算具有很好的实践指导意义,但由于实际使用测量仪器的不同,换算系数会有一些变化,有待更进一步的验证。

#### 参考文献:

[1] 曲洁琼,强天伟,商云瑞,等.空气过滤技术发展现状[J].洁净与空调技术,2016,(4):79-83.  
 [2] 纺织品非织造布试验方法第 15 部分:透气性的测定:GB/T 24218.15-2018[S].  
 [3] 丁祖荣.流体力学[M].2 版.北京:高等教育出版社,2013.  
 [4] 纺织品非织造布试验方法第 2 部分:厚度的测定:GB/T 24218.2-2018[S].  
 [5] 呼吸防护用品—自吸过滤式防颗粒物呼吸器:GB/T 2626-1992[S].

源,具有显著的旅游价值。在徐州开发其旅游价值应坚持以下几个原则:一是一定要体现汉服的文化内涵,展现汉服文化的精髓,不能本末颠倒;二是要与其他旅游产品相结合,仅仅只有汉服这一吸引要素远远不够,在保留汉服文化内涵的基础上结合徐州本地的特色,这样才能保证旅游吸引力,增强旅游业的可持续发展性;三是要注重相关景区场景的设计布局,汉服旅游产品的设计开发,坚持数量少、产品精的原则,打造“精品”旅游业及旅游产品。

汉服产业作为一种新的产业在与旅游业结合时如何发挥自身的优势,减少问题与不足的影响,仍需要不断地研究与实践。

#### 参考文献:

[1] 祝苗,张钰,官晶.典雅精致,传承民族文化经典——浅析汉服文化的发展与现状[J].轻纺工业与技术,2020,49(4):38-39.

- [2] 李春丽,朱峰,崔佩红.基于亚文化视角的青年“汉服文化”透视[J].当代青年研究,2015,(1):40-46.
- [3] 潘翌旦.对汉服文化发展的研究分析[J].汉字文化,2019,(22):43-44.
- [4] 王睿,陈雨晴,付冠铭.新时代下汉服文化的发展[J].中外企业家,2019,(12):148.
- [5] 张虹.“一带一路”背景下汉服文化传播与产业发展路径研究[J].科技资讯,2018,16(20):222-223,225.
- [6] 王睿,陈雨晴,付冠铭.新形势下汉服文化的发展策略[J].中外企业家,2019,(12):151.
- [7] 张宁钢.浅谈电影服装设计中的汉服文化[J].电影评介,2015,(8):103-104.
- [8] 钱狄青.“一带一路”背景下汉服文化传播与产业发展研究[J].纺织报告,2020,(1):127-128.
- [9] 夏翠兰.汉服文化传承与发展的SWOT分析[J].湖南科技学院学报,2019,40(4):127-129.
- [10] 尹文君.汉服之美,风雅一身——浅析汉服文化现状与发展[J].戏剧之家,2017,(14):284.

## Research on the Value and Development Strategy of Hanfu Culture and Tourism Resources in Xuzhou

WANG Jing-xin, WANG Yu

(School of Art and Design, Xuzhou University of Technology, Xuzhou 221000, China)

**Abstract:** With the cultural revival of the Chinese nation since the 21st century, Hanfu culture had been advocated and developed by an emerging cultural group whose main practice was "wearing Hanfu". The main content of Hanfu culture was Hanfu, whose remarkable tourism value cannot be ignored. Taking Xuzhou as an example, the tourism value of Hanfu was explored based on cultural tourism in Xuzhou. Specific development strategies were put forward. The problems that should be paid attention to when combining Hanfu industry with Xuzhou tourism industry were analyzed.

**Key words:** Xuzhou; Hanfu culture; tourism resource value; development strategy

(上接第 28 页)

## Research on the Correlation between Air Permeability and Air Filtration Resistance of Nonwoven Materials

ZHANG Zhen-zhu<sup>1</sup>, SONG Rong-rong<sup>1</sup>, QIAN Yao<sup>2,\*</sup>, WANG Jing<sup>1</sup>

(1. CNTAC Testing Service Co., Ltd.( Foshan ), Foshan 528211, China;

2. School of Textile Materials and Engineering, Wuyi University, Jiangmen 529020, China)

**Abstract:** Both air permeability and air filtration resistance were physical indicators that reflected the air permeability of non-woven filter materials. The relationship between the two indicators was affected by the material and structure of the non-woven materials. Air permeability and air filtration resistance of different types of non-woven materials were tested, and the test data was compared and analyzed to find the quantitative relationship between the two indicators. The results showed that the greater the air permeability, the lower the air filtration resistance, and the product of the two values was approximately a fixed value. And the ratio of the theoretical product value to the actual product value  $\lambda$  was approximately between 0.48 and 0.52, and it could be approximated as 0.5 for estimation in practical applications.

**Key words:** non-woven material; air permeability; resistance; air flow rate; porosity