

# 聚氨酯转移涂层织物的透湿防水性能

徐旭凡<sup>1</sup>, 王善元<sup>2</sup>

(1. 嘉兴学院, 浙江 嘉兴 314001; 2. 东华大学, 上海 200051)

**摘要** 利用亲水和非亲水性聚氨酯(PU)树脂,经一定的工艺加工成聚氨酯转移涂层织物。测量与分析了织物孔径结构、接触角、透湿量以及耐静水压等参数。结果表明,采用非亲水性PU树脂的涂层织物,仅有微孔透湿,透湿率低,但防水性好;而亲水性PU涂层织物,既有以水蒸气和液态水形式通过“溶解—扩散—吸附”传递;又有通过微孔质扩散,故该类亲水性PU涂层织物具有很好的透湿性能,但防水性不足,达不到PU涂层织物透湿性与防水性和谐统一的要求。

**关键词** 聚氨酯; 转移涂层; 织物与结构; 透湿性; 防水性

中图分类号: TS 195.57 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)03-0082-03

## Waterproof and moisture permeability of polyurethane transfer coated fabrics

XU Xu-fan<sup>1</sup>, WANG Shan-yuan<sup>2</sup>

(1. Jiaxing University, Jiaxing, Zhejiang 314001, China; 2. Donghua University, Shanghai 200051, China)

**Abstract** Coated fabrics were produced by transfer coating processes using water borne and non water borne polyurethane resins. The size of formation porosity, contact angles, waterproof and permeability of fabrics coated by polyurethane were tested and studied. It showed that water nonborne polyurethane coated fabrics have better waterproof but less permeability only by porosity free diffusing, while water borne polyurethane coated fabrics have better permeability but low waterproof because of both porosity free diffusing and molecular transportation diffusing. They can be satisfied with waterproof and permeability in harmony.

**Key words** polyurethane; transfer coating; fabric and microstructure; permeability; waterproof

防水透湿织物是独具特色的功能性织物,它不仅能满足严寒、雨、雪、大风天气等恶劣环境中人们活动时的穿着需要,如冬季军服等,也适用于人们日常生活中秋冬室外御寒衣着等的要求,具有广阔的发展前景<sup>[1-2]</sup>。文献[3]介绍的聚氨酯涂层防水透湿织物主要有致密亲水膜复合织物和微孔膜复合织物。本文研究了带有微孔结构的亲水型聚氨酯转移涂层防水透湿织物,并对其透湿防水性能进行了较为深入的研究。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料

采用的基布有春亚纺(涤纶)、塔丝隆(锦纶)、桃皮绒(涤纶),其经密×纬密分别为:290根/10cm×290根/10cm;480根/10cm×240根/10cm;290根/10cm×290根/10cm。

实验原料:聚氨酯(含固量35%),烟台合成革厂(其中有亲水型和非亲水型聚氨酯PU树脂);二甲基甲酰胺(DMF);甲乙酮;交联剂;交联促进剂等。

### 1.2 聚氨酯涂层织物制备

聚氨酯涂层织物的工艺流程如图1所示。

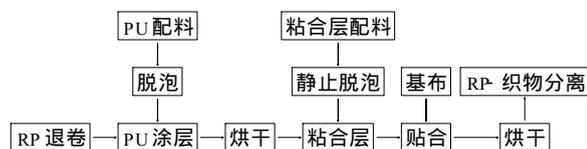


图1 聚氨酯涂层织物工艺流程

### 1.3 测试内容

孔径结构采用库尔特仪(COULTER POROMETER II)进行测定,取2cm×2cm的试样,依据ASTM E1294-89方法,测试孔径、单位面积孔数等。

接触角 $\theta$ 依据ASTM D5946-99方法,采用JC2000A静滴接触角测量仪进行测试。

透湿量参照国家标准织物透湿量测定方法——透湿杯法GB/T 12704-91进行测定。

耐静水压参照国家标准纺织织物抗渗水性测定静水压试验GB/T 4744-1997进行测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 测试结果

实验加工的亲水性 PU 转移涂层织物,与同样基布但采用非亲水性 PU 树脂涂层的织物比较,如果 2 种涂层织物孔隙率相差不大,则亲水性 PU 转移涂层织物具有较好的透湿性能,如表 1 所示。

表 1 不同类型 PU 树脂涂层织物透湿量的比较

涂层织物	平均孔径/ /μm	孔数/ (10 <sup>9</sup> 孔数·cm <sup>2</sup> )	孔隙率/ %	接触角/ (°)	静水压/ mm (g·(m <sup>2</sup> ·24 h) <sup>-1</sup> )	透湿量/ mm (g·(m <sup>2</sup> ·24 h) <sup>-1</sup> )	
亲水性 PU 树脂	春亚纺	0.394	1.560	7.63	76.17	355	2 009
	塔丝隆	0.477	0.691	4.92	81.38	0	1 954
	桃皮绒	0.447	1.350	8.40	81.83	375	2 094
非亲水性 PU 树脂	春亚纺	0.284	4.960	12.56	120.34	1 256	1 000
	塔丝隆	0.231	6.590	11.04	130.54	1 542	818
	桃皮绒	0.224	7.330	11.54	125.67	1 463	727

### 2.2 PU 薄膜织物的一般结构

典型涂层产品的剖面结构如图 2 所示。织物基布表面涂层后,形成一层高分子薄膜,覆盖了织物原有的孔隙,织物间孔隙减小。因而织物的透湿量也随之减少,即高分子膜的结构与物理性能将主要影响织物的性能。

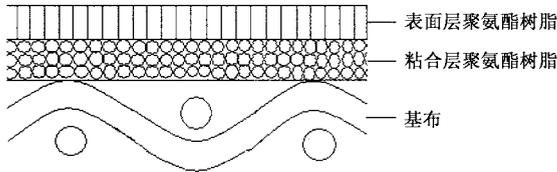


图 2 典型涂层织物的剖面结构示意图

### 2.3 微孔薄膜层压和涂层织物透湿机理

2.3.1 亲水性基团“吸附—扩散—解吸”湿传递 水汽分子在高聚物中的渗透包括“吸附—扩散—解吸”过程,水汽分子因聚氨酯膜中极性分子的存在而吸附于高湿度侧膜表面,极性基团、水汽分子之间的氢键缔合使得水汽分子向湿度低的方向发生扩散,从而使水汽分子在到达低湿度一侧,然后解吸到外部环境,从而完成扩散作用。由 Fick 第一扩散定律和 Henry 定律,可以得到在膜中水汽分子的扩散关系<sup>[4]</sup>:

$$WVT = DS \frac{P_1 - P_2}{L} \quad (1)$$

式中, WVT 为织物的透湿率 (g/(m<sup>2</sup>·24 h)); D 为扩散常数; S 为溶解度系数; L 为膜的厚度; P<sub>1</sub> - P<sub>2</sub> 为膜二个表面间的水蒸气分压差。

2.3.2 微孔质扩散 水蒸气在微孔防水透湿织物中的传递是分子扩散过程,根据 Hagen-Poiseuille 方

程<sup>[5]</sup>,可以求出理论透湿量 (kg/(m<sup>2</sup>·s)):

$$\text{设 } C = \frac{\pi}{8} \cdot \frac{MP_0}{RT\eta} \text{ 为常数,则 } Q = C \frac{Nr^4}{kb} \Delta P \quad (2)$$

式中, N 为单位面积的孔数 (孔数·cm<sup>-2</sup>); r 为孔的平均半径 (μm); b 为薄膜厚度 (cm); k 为通道的曲折系数; ΔP 为聚氨酯薄膜两侧的压差。常数 C 中: M 为水的摩尔质量 0.018 0 kg/mol; P<sub>0</sub> 为水蒸气平均压强; R 为气体常数 (8.314 4 J/(K·mol)); T 为温度 (K); η 为粘滞系数。

影响微孔防水透湿织物透湿性的主要因素是微孔孔径、单位面积孔数、厚度和通道的曲折系数。微孔孔径越大,水蒸气扩散的自由截面积也越大,传湿阻力相应会小些,理论透湿量越大;单位面积孔数越多,理论透湿量也越大。

### 2.4 非亲水 PU 涂层织物的透湿传递

根据微孔质扩散机理,非亲水 PU 微孔涂层织物透湿量的主要影响因素是微孔孔径、单位面积孔数、厚度和通道的曲折系数。在稳定扩散状态下,水分通过这些孔道扩散的透湿量与通道的厚度 b 成反比,与两侧压差 ΔP 成正比,同时如果孔隙通道的弯曲越多,相应扩散水蒸气分子与孔壁碰撞的机会也越多,微孔防水透湿织物的传湿阻力也越大,透湿量越小;微孔孔径越大,单位面积孔数越多,水蒸气扩散的自由截面积也越大,传湿阻力相应会小些,透湿量越大。由表 1 可知,非亲水 PU 涂层织物的孔径:春亚纺 > 塔丝隆 > 桃皮绒,而涂层采用同一工艺,即 PU 膜厚度基本一致。因此非亲水 PU 涂层织物的透湿量依次为:春亚纺 > 塔丝隆 > 桃皮绒。

### 2.5 亲水 PU 涂层织物的湿传递

2.5.1 水蒸气、液态水传递 水汽分子在亲水性 PU 膜中的透过,相继由 3 步实现。1) 水汽分子吸附 (溶解) 于亲水性 PU 膜表面,吸附的多少由水汽分子溶解度的大小和 PU 膜亲水性所决定; 2) 水汽分子扩散而透过亲水性 PU 膜,其快慢由扩散系数所决定; 3) 水汽分子在亲水性 PU 膜的另一侧解吸。当水蒸气压力与膜表面上的溶解符合 Henry 定律,水蒸气分子在 PU 膜内扩散服从 Fick 定律。根据本实验条件,对于稳定的一维扩散,溶解系数和扩散系数可认为不是浓度或压力的函数,因此根据式(1),通过 PU 膜的透湿量与扩散系数 D、溶解系数 S、PU 膜的面积 A、膜的厚度 L 以及 PU 织物两侧的压力差有关。水分子与 PU 树脂的亲水性基团以氢键的形式结合,提高了膜的溶解系数 S; 另外水的进入,对膜有溶胀作用,提高了膜中高分子链的运动能力,同样利于水分子进入和扩散通过薄膜,即增加了膜

的扩散系数  $D$ 。

2.5.2 微孔质扩散 试制的亲水性 PU 转移涂层织物,经 COULTER POROMETER II 仪测试,发现 PU 织物的平均孔径为 0.394、0.477、0.477  $\mu\text{m}$ ,而致密亲水膜复合织物通常有大分子链段间孔隙产生的聚合物网络孔(自由体积),其孔径在 1.5 nm 以下;微孔膜复合织物为相邻的大分子聚集体和聚集体之间形成的孔隙,称之为聚集体孔,其孔径为 3~100 nm 甚至更大。因此,试制的亲水性聚氨酯 PU 转移涂层织物的透湿,除了 PU 亲水基团经“吸附—扩散—解吸”过程传递外,还存在微孔质扩散。故与非亲水型 PU 树脂涂层相比具有较好的透湿性能。

## 2.6 聚氨酯涂层织物防水性能

2.6.1 防水机理 根据 Laplace 方程<sup>[6]</sup>:

$$\Delta P = \frac{2\gamma\cos\theta}{r}$$

式中,防水织物中  $\theta$  大于  $90^\circ$ ,  $\Delta P$  小于 0,与液体渗透的方向相反,起阻止液体渗透的作用,如图 3(a)所示。在非防水织物中  $\theta$  小于  $90^\circ$ ,  $\Delta P$  大于 0,与液体渗透方向同向,有拉动液体渗透的作用,如图 3(b)所示。

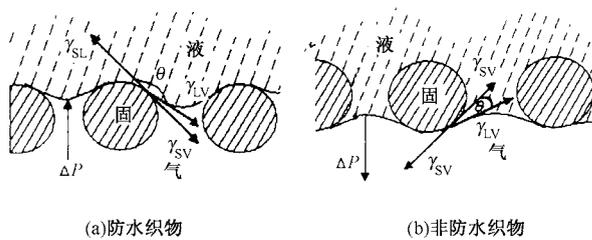


图 3 接触角对织物防水性的影响

2.6.2 接触角与防水性能的关系 1)对于疏水性纤维作基布的,基布面接触角  $\theta$  大于  $90^\circ$ ,由于 PU 树脂具有亲水基团,PU 转移涂层织物涂层面接触角均在  $80^\circ$  左右,如图 4(a)所示。因而具有足够大的表面张力,当表面张力大于由基布产生毛细效应  $\Delta P_{\text{基}}$ ,亲水性 PU 转移涂层织物不具备防水性能。反之,则有一定的防水性能。2)对于疏水性纤维作基布的,利用非亲水 PU 树脂涂层,PU 转移涂层织物涂层面接触角均在  $120^\circ$  左右,如图 4(b)所示。这是在纤维与纤维间 PU 膜形成的毛细管中液面成凸液

面,凸液面的表面张力的合力产生的附加压力  $\Delta P_{\text{凸}}$  的方向指向液体内部,因此有阻止水通过毛细管渗透下来的作用,具有很好的防水性能。

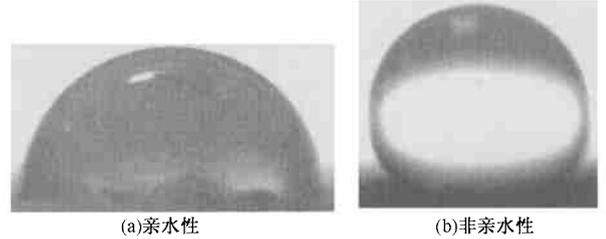


图 4 涂层织物表面的水滴形状

## 3 结 论

1)疏水性微孔膜织物是以织物两侧水蒸气压力为传质驱动力而传湿,为了得到较高的透湿量,要求所用疏水性微孔膜织物具有尽可能大的孔径,在相同条件下,疏水性越强的膜材料即表面张力越大,孔径可以更大,即具有更大的透湿率,但仍具有良好的防水性。

2)本文试制的亲水性 PU 转移涂层织物,一方面以水蒸气和液态水形式通过“溶解—扩散—吸附”传递;另一方面通过微孔质扩散。因此该类亲水性 PU 转移涂层织物具有很好的透湿性能。

3)涂层织物要防水,除了孔径要小到一定程度以外,还要加大它与水的接触角,为了加大接触角,就要降低涂层织物的临界表面张力。因此,实际生产过程中,涂层织物为使其具有足够的防水性能需经拒水处理。

## 参考文献:

- [1] Keighley. Breathable fabrics and comfort in clothing [J]. Journal of Coated Fabrics, 1985, 15(3): 89 - 105.
- [2] 栾殿明. PU 湿法防水透湿涂层织物研发总结 [J]. 中国劳动防护用品, 2002, (6): 10 - 15.
- [3] 顾振亚. 高性能防护织物 [J]. 中国劳动防护用品, 2002, (1): 21 - 26.
- [4] Mic Van Roey. Water resistant breathable fabrics [J]. Journal of Coated Fabrics, 1991, 21(7): 20 - 31.
- [5] 朱长乐, 刘莱娥. 膜科学技术 [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 1992.
- [6] 罗巨涛, 姜维利. 纺织品有机硅及有机氟整理 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 1999.