

文章编号: 1671-0444 (2018)02-0182-06

再生聚酯针刺阻燃地毯性能

王玉晓¹, 王丹¹, 李晶¹, 张磊¹, 徐玉康¹, 靳向煜¹, 庄跃进²

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 201620; 2. 诺奥环保家居用品有限公司, 福建 漳州 363900)

摘要: 将回收的聚酯织物造粒增黏改性后, 经熔融纺丝制得阻燃聚酯纤维, 并将其用于针刺阻燃地毯的生产。对织物再生聚酯颗粒的相对分子质量和熔融流动性能进行测试, 对常规涤纶短纤、织物再生聚酯短纤的物理性能、大分子结构、结晶度和取向度进行分析, 对织物再生聚酯针刺地毯的耐磨性和阻燃性进行研究。结果表明: 织物再生聚酯颗粒的相对分子质量较大且分布较宽, 其熔体属于典型的假塑性非牛顿流体; 织物再生聚酯短纤的细度、断裂伸长率要高于常规涤纶短纤, 但其取向度和断裂强度明显较低; 织物再生阻燃聚酯短纤生产的针刺地毯耐磨性良好, 阻燃性能优良, 满足国标规定的 B1(B-S1, t1) 级要求。

关键词: 再生聚酯; 针刺地毯; 耐磨性; 阻燃性

中图分类号: TS 102.6 **文献标志码:** A

Property of Needle-Punched Flame Retardant Carpets Based on Recycled Polyester

WANG Yuxiao¹, WANG Dan¹, LI Jing¹, ZHANG Lei¹, XU Yukang¹, JIN Xiangyu¹, ZHUANG Yuejin²

(1. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. Nuao Environmental Products Co. Ltd., Zhangzhou 363900, China)

Abstract: The recycled polyester fabrics which were transformed into particles and modified by increasing the viscosity were made into flame-retardant polyester fibers by melt spinning. The freshly prepared fibers were used to produce needle-punched flame retardant carpets. The molecular weight and melt flow properties of recycled fabric polyester particles were tested. The physical properties, macromolecule structure, crystallinity and degree of orientation of ordinary polyester fibers and recycled fabric polyester fibers were analyzed. The abrasion resistance and flame retardancy of recycled fabric polyester needle-punched carpets were studied. The results show that recycled polyester particles have higher molecular weight and wide distribution. The melt of particles has the characteristics of typical pseudoplastic non-Newtonian fluid. Compared with ordinary polyester fibers, the fineness and breaking elongation of recycled polyester fibers are bigger, but the breaking strength and orientation degree are lower. The needle-punched carpets produced by recycled and anti-flaming polyester fibers have excellent abrasion-resistant property and flame-retardant property. The carpets can reach the level of B1 (B-S1, t1) stipulated by the national standard.

Key words: recycled polyester; needle-punched carpets; abrasion resistance; flame retardancy

收稿日期: 2016-12-21

作者简介: 王玉晓(1992—), 男, 山东烟台人, 博士研究生, 研究方向为新型非织造材料, E-mail: wangyuxiao868@163.com

靳向煜(联系人), 男, 教授, E-mail: jinxy@dhu.edu.cn

聚对苯二甲酸乙二醇酯简称聚酯(PET),是一种重要的热塑性树脂。其具有良好的耐磨性、耐热性、耐化学腐蚀以及电绝缘性,同时还具有易于加工成型,可熔融回收利用以及良好的抗蠕变性能等特点,被广泛应用于服装、家居用品、医疗卫生、工程塑料、电子电器、汽车工业等领域。然而,随着 PET 使用量的迅速增加,其因不可降解而产生的固体废物所引发的污染问题也越来越严重,因而对废弃聚酯的回收再利用逐渐发展成为一个重要研究方向^[1-4]。PET 的极限氧指数为 20~22^[5],属于易燃材料,因此,在对其回收利用时有必要进行阻燃改性处理。本文对织物再生阻燃聚酯颗粒和纤维的基本性能进行研究,并对用此类再生阻燃聚酯纤维生产的针刺汽车地毯的阻燃性能进行探讨与分析。

1 试验部分

1.1 试验材料及生产流程

试验材料包括 4 种试样以及不同规格和颜色的针刺地毯,其中,试样 1 为织物再生聚酯颗粒,试样 2 为白色常规涤纶短纤(仪征化纤股份有限公司),试样 3 为蓝色织物再生聚酯短纤,试样 4 为红色织物再生聚酯短纤。以上样品除试样 2 外,其余均来自诺奥环保家居用品有限公司。其中,蓝色和红色织物再生聚酯短纤由样品 1 经熔融纺丝制备而成,两种短纤制备时采用不同的纺丝工艺并添加不同的色母粒。织物再生聚酯材料生产及循环利用示意图如图 1 所示。

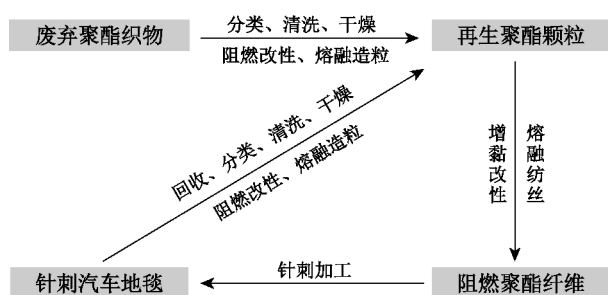


图 1 试验材料生产流程

Fig. 1 Production process of experimental materials

1.2 试验仪器

BE10N M318 型全自动显微镜,上海北昂医疗技术有限公司; XQ-1 型纤维强伸度仪,上海利浦应用科学公司; 振动式纤维细度仪,上海新纤仪器有限公司; D/max-2550 PC 型 X 射线衍射仪,日本理学公司; Nicolet 6700 型傅里叶变换红外拉曼光谱仪(FTIR),美国尼高力仪器公司; 电子天平,德国

赛多利斯公司; YG401E 型织物平磨仪,宁波纺织仪器公司; 织物厚度仪,南通宏大仪器公司; RH7 型高压毛细管流变仪,英国马尔文公司; PL-GPC220 型高温凝胶色谱仪,英国 Polymer Laboratories 公司。

1.3 织物再生聚酯颗粒性能测试

1.3.1 颗粒的相对分子质量测试

将织物再生聚酯颗粒试样溶于三氯苯溶液中,用注射器吸取适量溶液,加过滤头过滤到测试瓶中,然后用高温凝胶色谱仪以三氯苯做流动相,在 160 °C 下进行相对分子质量测试。

1.3.2 颗粒的流动性能测试

将织物再生聚酯颗粒试样在 55 °C 下烘干,设定高压毛细管流变仪测试程序,并将熔体槽温度设置为 235 °C,剪切速率范围设为 20~2 000 s⁻¹,待温度稳定后,启动程序进行试验。

1.4 织物再生聚酯纤维性能测试

1.4.1 纤维线密度和直径测试

将纤维放置在恒温恒湿室(温度为 20 °C,相对湿度为 65%)预调湿 24 h 后,使用振动式纤维细度仪对纤维线密度进行测量,使用全自动显微镜对纤维直径进行测量。

1.4.2 纤维力学性能测试

在标准环境(温度为 20 °C,相对湿度为 65%)下,使用 XQ-1 型纤维强伸度仪对纤维的力学性能进行测试,拉伸隔距为 10 mm,预加张力为 2 cN,拉伸速度为 20 mm/min。

1.4.3 纤维大分子结构测试

采用 Nicolet 6700 型傅里叶变换红外拉曼光谱仪(FTIR)对常规涤纶短纤、织物再生聚酯短纤的大分子结构进行测试,测试方法为衰减全反射法(ATR),光谱范围为 4 000~600 cm⁻¹。

1.4.4 纤维结晶度和取向度测试

(1) 结晶度测试。采用 D/max-2550 PC 型 X 射线衍射仪对织物再生聚酯纤维的结晶性能进行测试。测试条件:Cu 靶 K_α 射线,波长为 1.540 56 × 10⁻⁸ cm,电压为 40 kV,电流为 300 mA,扫描速率为 10(°)/min,测试的角度范围为 5°~6°。

测试前将再生聚酯纤维样品充分剪碎,以消除试样中存在的取向,按照上述测试条件对其结晶性能进行测量,得到 X 射线衍射谱图。通过对 X 射线衍射谱图进行分峰拟合,并根据式(1)计算结晶度(X)。

$$X = \frac{\sum I_c}{\sum I_c + \sum I_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\sum I_c$ 为结晶部分的总衍射积分强度; $\sum I_a$ 为非结晶部分的散射积分强度。

(2) 取向度测试。将纤维梳理成长大于 30 mm 和宽大于 2 mm 的试样,放入试样架中,并通过 X 射线衍射仪进行取向度的测试,通过测试纤维轴平行于子午线的谱图(即方位角为 0° 的谱图)及纤维轴平行于赤道线的谱图(即方位角为 90° 的谱图)并确定试样存在取向后,将探测器固定在最强衍射峰的位置上,试样作 360° 旋转,测试得到试样的衍射谱图。通过计算机程序对谱图进行平滑处理,然后根据式(2)计算得到试样的取向度(Y)。

$$Y = \frac{360 - \sum H_i}{360} \quad (2)$$

式中: H_i 为第 i 峰的半高峰宽。

1.5 再生聚酯针刺地毯性能测试

1.5.1 针刺地毯耐磨性测试

采用 YG 401E 型织物平磨仪对不同型号的织物再生聚酯针刺汽车地毯的耐磨性进行研究,并采用质量损失率对不同型号的针刺汽车地毯耐磨性进行比较。质量损失率计算式为

$$\text{质量损失率} = (m - m_0) / m_1 \times 100\%$$

式中: m 为摩擦前的地毯质量(g); m_0 为摩擦后的地毯质量(g); m_1 为摩擦前地毯与对磨材料接触部分的质量(g)。

1.5.2 针刺地毯阻燃性测试

织物再生聚酯针刺地毯的燃烧长度测试参照文献[6],临界辐射通量和产烟量测试参照文献[7],产烟毒性测试参照文献[8]。

2 结果与讨论

2.1 织物再生聚酯颗粒性能

2.1.1 再生聚酯颗粒相对分子质量

试验测得织物再生聚酯颗粒的数均相对分子质量为 97 668,要远大于生产中常用的成纤聚酯的数均相对分子质量(19 000~21 000^[9]),这可归因于高相对分子质量阻燃剂的加入。再生聚酯颗粒的相对分子质量分布指数为 3.75,相对分子质量分布宽度较大,这是由于废弃聚酯织物中可能夹杂有杂质、水分以及高相对分子质量阻燃剂。

2.1.2 再生聚酯颗粒熔融流动性能

采用 RH7 型高压毛细管流变仪在 235°C 下对再生聚酯颗粒的熔融特性进行研究,其熔融流动曲线如图 2 所示。由图 2 可知,随着剪切速率的增加,

再生聚酯颗粒的剪切黏度逐渐减小,其熔体属于典型的假塑性非牛顿流体,有明显的切力变稀特性。这是由于高聚物分子链间存在着相互缠结点以及分子链间因相互作用力而形成的物理交接点^[10-11],在分子热运动下,缠结点处于不断的解体与重建的动态平衡中。在剪切速率较低的情况下,大分子链杂乱无序且紧密缠结,分子间作用力很大,因而流动性差。当剪切速率增加时,缠结点解除的数量大于重建的数量,分子间作用力减弱,大分子链沿流动方向取向排列,流动阻力变小,因而剪切黏度变小。此外,对比文献[12]中对常规聚酯切片流变行为的研究可以发现,相同剪切速率下, 235°C 下织物再生聚酯颗粒的熔融剪切黏度要比 295°C 下常规聚酯切片低很多。黏度的降低会对后续的成纤性能以及纺程的工艺控制产生重要的影响,因而在后续阻燃聚酯纤维的制备过程中需要对其进行增黏改性处理。

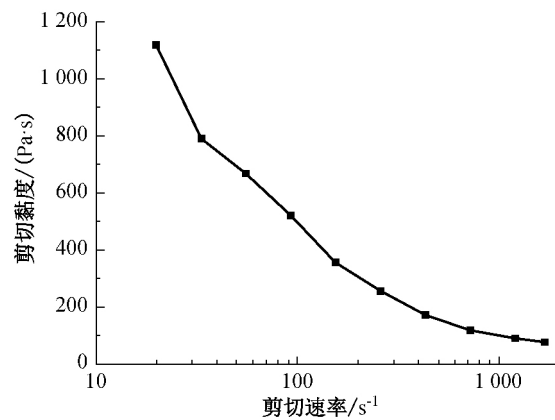


图 2 再生聚酯颗粒的熔融流动曲线

Fig. 2 Melt-flow curve of recycled polyester chips

2.2 织物再生聚酯纤维性能

2.2.1 纤维物理性能

不同纤维的物理性能如表 1 所示。由表 1 可知,织物再生聚酯短纤的伸直长度与常规涤纶短纤相比,增加了约 1.1 倍。长度的增加可以使针刺过程中纤维的缠结程度增加,纤维间的相互作用加强,针刺地毯的强力得到提高。同时,纤维长度的增加可以在保持地毯强力的条件下制得毛圈更高的条纹地毯,从而提高地毯使用时的舒适性。织物再生聚酯短纤的直径和线密度较常规涤纶短纤也有大幅度提高,从而使针刺条纹地毯的毛圈结构得到较好的保持以及良好的回弹性和立体感。地毯不容易变形失效,既增加了使用者的舒适性,又能延长地毯的使用寿命。

表 1 不同纤维的物理性能
Table 1 Physical properties of different fibers

试样	长度/ mm	直径/ μm	线密度/ dtex	断裂 伸长率/%	断裂强度/ (cN · dtex ⁻¹)
白色常规 涤纶短纤	38.00	11.76	1.500	11.45	5.60
红色织物再 生聚酯短纤	80.00	19.68	6.223	52.08	3.08
蓝色织物再 生聚酯短纤	83.00	18.35	5.855	36.10	2.99

聚酯纤维应力-应变曲线如图 3 所示。由表 1 及图 3 可知,经阻燃改性后的织物再生聚酯短纤的断裂伸长率有大幅提高,但是其断裂强度与常规涤纶相比则明显降低。这是由于在纺丝过程中拉伸比是影响纤维断裂强度的一个重要因素,再生聚酯纤维制备过程中的拉伸比要比常规涤纶低。因此,再生聚酯大分子链取向程度低,造成分子链排列不规整,分子间作用力减小,并且拉伸时分子链张力在纤维轴向的有效分力小,从而使得纤维断裂强度降低。

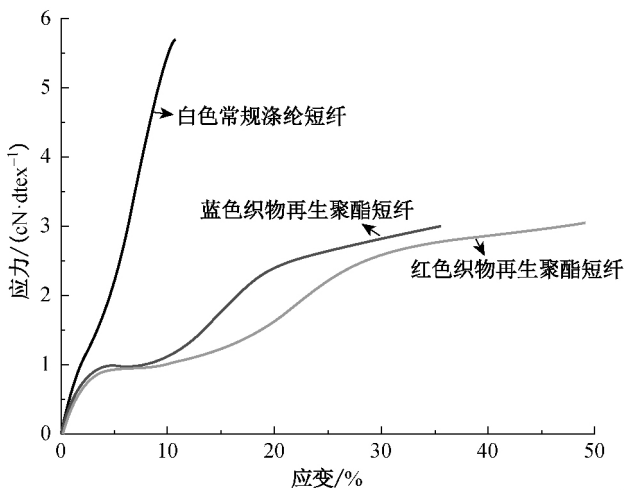


图 3 聚酯纤维应力-应变曲线
Fig. 3 Stress-strain curve of polyester fibers

不同纤维的结晶度与取向度如表 2 所示。由表 2 可知,结晶度的减小也是蓝色织物再生聚酯短纤强度下降的一个重要原因。此外,再生聚酯颗粒的相对分子量分布较宽,也将造成分子间作用力的减小,导致分子间更容易滑脱、扯离,从而使再生聚酯短纤的断裂伸长率增加。

表 2 不同纤维的结晶度与取向度
Table 2 Crystallinity and orientation degree of different fibers

试样	白色常规 涤纶短纤	红色织物 再生聚酯短纤	蓝色织物 再生聚酯短纤
结晶度/%	36.40	37.18	21.86
取向度/%	80.10	75.20	72.00

2.2.2 纤维的大分子结构

白色常规涤纶短纤和织物再生聚酯短纤的红外光谱图如图 4 所示。由图 4 可知,经过阻燃改性后的织物再生聚酯短纤与常规涤纶短纤相比,特征峰的形状和位置基本没有太大的改变,说明阻燃剂未对聚酯大分子的化学结构产生重大影响。在 728 cm⁻¹ 处特征峰对应的是苯环中—CH—的面外变形振动,在 1 101 和 1 247 cm⁻¹ 处特征峰对应的是—C—O—C—的伸缩振动,在 1 718 cm⁻¹ 处特征峰对应的是 C=O 的伸缩振动,在 2 970 cm⁻¹ 处的特征峰对应的是—CH₂—的不对称伸缩振动。由于阻燃剂添加量相比于再生聚酯颗粒添加量要少很多,因此阻燃剂的许多特征峰在红外光谱图中不是特别明显。在 1 370 cm⁻¹ 处特征峰对应的是 P=O 基的伸缩振动,这是磷系阻燃剂存在的表现。阻燃改性再生聚酯短纤在 1 440 cm⁻¹ 处多出一个特征峰,该特征峰对应 CH₃—N 中 C—H 的弯曲振动,在 2 850 cm⁻¹ 处特征峰对应的是芳香环上 CH₃—N 的伸缩振动,证明了氮系阻燃剂的存在^[13-14]。

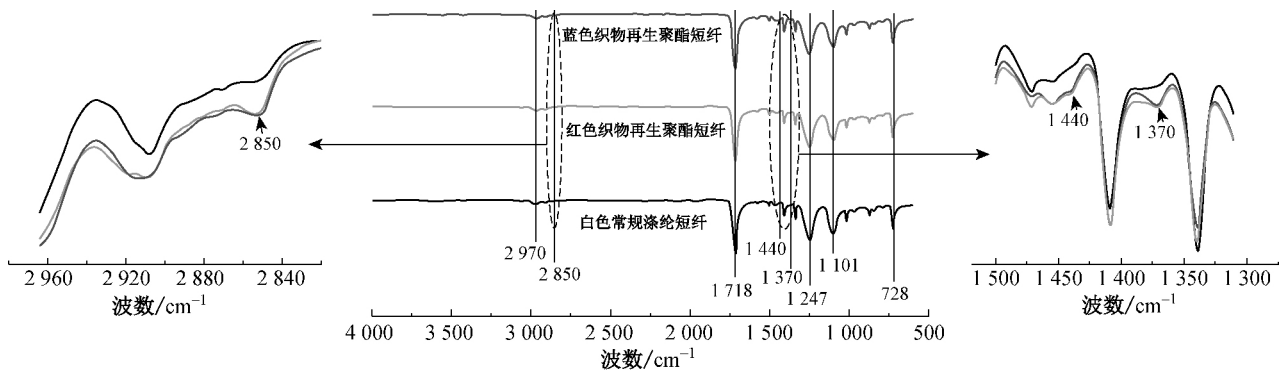


图 4 不同纤维的红外光谱图
Fig. 4 Infrared spectra of different fibers

2.2.3 纤维的 X 射线衍射光谱特征

常规涤纶短纤和织物再生聚酯短纤的 X 射线衍射谱图如图 5 所示。

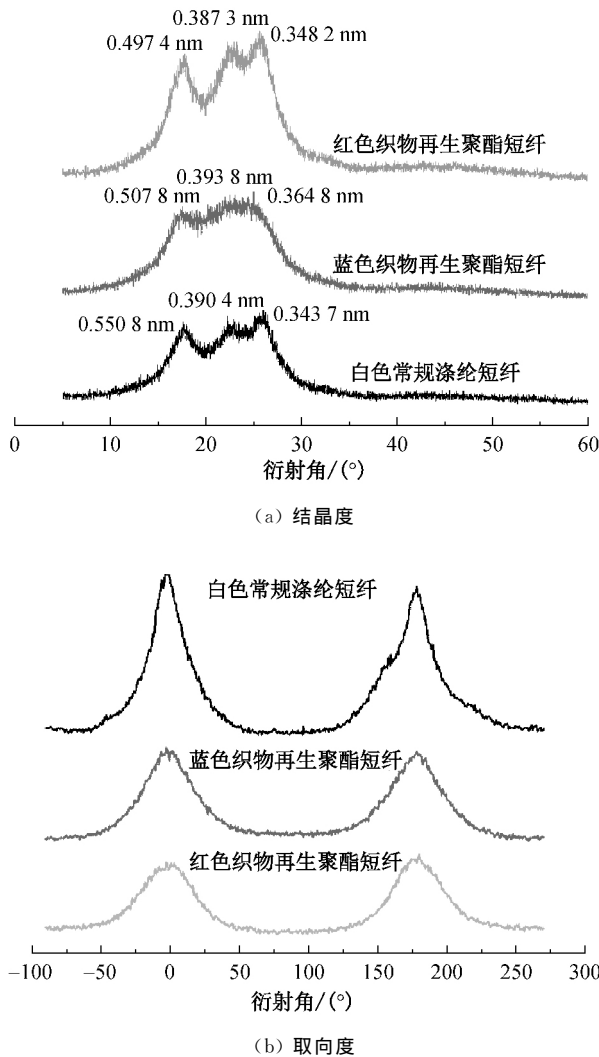


图 5 不同纤维的 X 射线衍射谱图

Fig. 5 X-ray diffraction pattern of different fibers

由图 5(a)可知,蓝色织物再生聚酯短纤在衍射角为 17.5° 、 22.7° 和 25.9° 的位置出现衍射峰,晶面间距分别为 0.5078 、 0.3938 和 0.3648 nm,其结晶峰与另外两种纤维的衍射峰相比不是很明显,衍射峰的面积也较小。白色常规涤纶短纤在衍射角为 17.5° 、 22.7° 和 25.9° 的位置出现 3 个比较强的衍射峰,红色织物再生聚酯短纤在衍射角为 17.8° 、 22.9° 和 25.5° 的位置出现 3 个比较强的衍射峰,其晶面间距如图 5(a)所示。白色常规涤纶短纤和红色织物再生聚酯短纤的衍射峰的形状、位置基本一致,且衍射峰的面积相近,因而两种纤维的结晶度相差不是很大。

由图 5(b)可知,织物再生聚酯的半高峰宽与常

规涤纶相比要宽很多,因而通过计算得到的纤维取向度相应较小。经计算机分峰拟合后计算得到的纤维的结晶度和取向度如表 2 所示。与常规涤纶短纤相比,织物再生阻燃聚酯短纤的取向度较低。这是因为再生聚酯纤维生产时,为了保证纺况良好以及避免毛圈丝的产生而选用较低的拉伸比,从而造成取向度下降。蓝色再生聚酯短纤结晶度与常规涤纶短纤相比明显较低,而红色再生聚酯短纤结晶度略微增大。这种变化的不同除了受拉伸比差异的影响外,还与再生聚酯颗粒中存在的杂质有关,杂质作为成核剂促进结晶,而较低的拉伸比使得分子链规整性降低,分子间作用力变小,不利于结晶的形成,两种因素共同作用,造成了织物再生聚酯短纤的结晶度与常规涤纶短纤的差异。其中,蓝色织物再生聚酯短纤的结晶度下降明显,因为其生产时拉伸比更低,拉伸比对结晶度的影响要大于杂质的影响。

2.3 织物再生聚酯针刺地毯性能

2.3.1 针刺地毯耐磨性能

针刺地毯在使用过程中必然要受到外界的各种摩擦作用,因此耐磨损性是衡量针刺地毯性能的一个重要的指标。本文以再生聚酯短纤为原料,采用针刺工艺制备不同型号针刺地毯(R 代表红色再生聚酯纤维,B 代表蓝色再生聚酯纤维,N 代表平纹针刺,S 代表条纹针刺,G 代表单面背胶涂层,T 代表簇绒地毯)用于研究。试验选用表面粗糙并经烧毛处理的聚苯硫醚针刺非织造布(面密度为 555.18 g/m^2 ,厚度为 2.86 mm ,透气量为 $196.21 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1})$)和鹰牌砂纸(目数为 600)作为对磨材料,在不同摩擦次数下对再生聚酯针刺地毯的耐磨性能进行研究,结果如表 3 所示。

表 3 织物再生聚酯针刺地毯的耐磨性能

Table 3 Abrasion resistance property of recycled polyester needle-punched carpets

型号	面密度/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	厚度/ mm	质量损失率 (1)/%	质量损失率 (2)/%
RN	293.71	2.69	9.26	100.00
RNG	302.32	3.20	9.06	49.37
RSG	344.83	3.28	0.77	14.40
BNG	335.82	2.83	9.13	53.75
BSG	361.22	4.26	0.40	18.17
BNGT	1 559.94	11.37	0.75	1.01

其中:质量损失率(1)表示再生聚酯针刺地毯与聚苯硫醚针刺非织造布在 12 kPa 的压力下,以李莎

茹曲线为运动轨迹摩擦 10 000 次后的质量损失率;质量损失率(2)表示再生聚酯针刺地毯与鹰牌砂纸在 12 kPa 的压力下,以李莎茹曲线为运动轨迹摩擦 1 000 次后的质量损失率。

由表 3 可知,织物再生聚酯针刺地毯的耐磨性优良,所有地毯在与聚苯硫醚针刺非织造布对磨 10 000 次后质量损失率均低于 10%,即使与砂纸摩擦 1 000 次后,大部分型号的地毯质量损失率也比较低。RN 型地毯在与砂纸摩擦 1 000 次后,与砂纸接触的部分全部磨损掉,质量损失率达到 100%。这是因为该地毯为普通平纹针刺地毯,没有进行背胶涂层处理,因此在与砂纸这种强力磨料摩擦时,纤维容易从地毯中抽拔出来掉落或者磨损断裂,因而质量损失率大。经过背胶涂层处理的条纹再生聚酯针刺地毯耐磨性能要好于只进行背胶处理的地毯,一方面是因为毛圈中的纤维在经过背胶处理后被牢牢固定不容易在摩擦过程中被抽拔出来,另一方面是因为凸起的毛圈降低了摩擦时地毯与磨料间的接触面积,因而耐磨性能好。BNGT 型地毯耐磨性能最好,即使在与砂纸摩擦 1 000 次后,其质量损失率仅为 1.01%。这是因为毛绒被胶料牢牢固定在针刺地毯上,有效避免了摩擦时松散或抽拔,同时紧密排列且高度较高的毛绒回弹性好,毛绒随着摩擦可以产生形变从而对摩擦起到缓冲的作用,且摩擦时可有效避免应力集中,减少了对纤维的损伤,因而耐磨性能优良。

2.3.2 针刺地毯的阻燃性能

按照国家标准对织物再生聚酯针刺地毯的阻燃性能进行测试,结果如表 4 所示。

表 4 织物再生聚酯针刺地毯的阻燃性能
Table 4 Retardant property of recycled polyester needle-punched carpets

测试指标	燃烧长度/ mm	临界辐射通量/ (kW·m ⁻²)	产烟量/ (%·min)	产烟 毒性/级
RN	136	8.1	14	ZA ₃
RNG	127	8.3	29	ZA ₃
RSG	109	8.9	16	ZA ₃
BNG	129	8.4	26	ZA ₃
BSG	110	8.8	12	ZA ₃
BNGT	103	9.6	35	ZA ₃

由表 4 可知,织物再生聚酯纤维生产的针刺地毯具有良好的阻燃性能,均能满足相关国家标准规定的燃烧长度 ≤ 150 mm,临界辐射通量 ≥ 8.0 kW/m²,产烟量 ≤ 750 %·min,产烟毒性达

到 ZA₃ 级等要求。针刺地毯燃烧长度较短,产烟量大幅降低,可以有效降低因地毯燃烧产生大量烟雾造成窒息的风险。用再生阻燃聚酯纤维生产的针刺地毯具有较高的临界热辐射通量,可以克服采用尼龙 66、羊毛为原料或进行阻燃后整理等方法来提高临界辐射通量时所产生的发烟量高,易产生有毒有害物质,洗后阻燃效果变差甚至消失等缺点。此外,各种针刺地毯的阻燃性能符合文献[15]规定的 B1(B-S1,t1)级的要求,同时由文献[15]可以判定,针刺地毯的燃烧性能符合公共场所使用的阻燃建筑制品的规定要求。

3 结 论

(1) 织物再生聚酯颗粒的相对分子质量较大且分布较宽,其熔体属于典型的假塑性非牛顿流体,有明显的切力变稀特性;

(2) 织物再生聚酯短纤的长度、线密度、直径、断裂伸长率要高于常规涤纶短纤,但断裂强度明显较低;

(3) 红色织物再生聚酯短纤的结晶度与常规涤纶短纤相比,略微增大,而蓝色织物再生聚酯短纤的结晶度明显减少,两种再生聚酯短纤的取向度均低于常规涤纶短纤;

(4) 织物再生阻燃聚酯短纤生产的针刺地毯具有良好的耐磨性,与聚苯硫醚针刺非织造布摩擦 10 000 次后质量损失率均低于 10%,即使与砂纸摩擦 1 000 次后,大部分型号的地毯质量损失率也比较低,其中,BNGT 型号地毯的耐磨性能最好;

(5) 针刺地毯的阻燃性能优良,阻燃性能可达到 B1(B-S1,t1)级,燃烧性能符合公共场所使用的阻燃建筑制品的规定要求。

参 考 文 献

- [1] 程海东,陈双俊. 功能化离子液体在聚酯 PET 降解与合成中的应用[J]. 化学进展,2017,29(4): 443-449.
- [2] SHUKLA S R, HARAD A M, JAWALE L S. Chemical recycling of PET waste into hydrophobic textile dyestuffs[J]. Polymer Degradation & Stability,2009,94(4): 604-609.
- [3] DUARTE I S, TAVARES A A, LIMA P S, et al. Chain extension of virgin and recycled poly(ethylene terephthalate): Effect of processing conditions and reprocessing[J]. Polymer Degradation & Stability,2016,124: 26-34.
- [4] AWAJA F, PAVEL D. Recycling of PET [J]. European Polymer Journal,2005,41(7): 1453-1477.
- [5] 孙昊,王锐,朱志国,等. 阻燃共聚酯的制备及性能研究[J]. 北京服装学院学报(自然科学版),2014,34(4): 13-19.

(下转第 217 页)

参 考 文 献

- [1] 蔡丽萍,易为民,朱虹,等. 补片在女性盆底功能障碍性疾病中的应用[J]. 实用临床医学, 2006, 7(9): 100-103.
- [2] 曲丽霞,权丽丽,韦贞汁,等. 聚丙烯网片在腹腔镜下改良阴道骶前固定术中的应用效果[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2016, 30(8): 802-804.
- [3] LU D, YANG L Q, ZHOU T H, et al. Synthesis, characterization and properties of biodegradable polylactic acid- β -cyclodextrin cross-linked copolymer microgels[J]. European Polymer Journal, 2008, 44(7):2140-2145.
- [4] FEOLA A, BARONE W, MOALLI P, et al. Characterizing the ex vivo textile and structural properties of synthetic prolapsed mesh products [J]. International Urogynecology Journal, 2013, 24(4): 559-564.
- [5] BOT-ROBIN V, LUCOT J P, GIRAUDET G, et al. Use of vaginal mesh for pelvic organ prolapse repair: A literature review[J]. Gynecological Surgery, 2012, 9(1):3-15.
- [6] COSSON M, DEBODINANCE P, BOUKERROU M. Mechanical properties of synthetic implants used in the repair of prolapse and urinary incontinence in women: Which is the ideal material? [J]. International Urogynecology Journal, 2003, 14(3):169-178.
- [7] LI D, XIA Y. Electrospinning of nanofibers: Reinventing the wheel? [J]. Advanced Materials, 2004, 16(14):1151-1170.
- [8] RODENAS-ROCHINA J, VIDAURRE A, CORTÁZAR I C, et al. Effects of hydroxyapatite filler on long-term hydrolytic degradation of PLLA/PCL porous scaffolds [J]. Polymer Degradation & Stability, 2015, 119:121-131.
- [9] GRUBER-BLUM S, RIEPL N, BRAND J, et al. A comparison of Progrid® and Adhesix® self-adhering hernia meshes in an onlay model in the rat[J]. Hernia: The Journal of Hernias and Abdominal Wall Surgery, 2014, 18(5): 761-769.
- [10] FUJINO K, KINOSHITA M, SAITOH A, et al. Novel technique of overlaying a poly-L-lactic acid nanosheet for adhesion prophylaxis and fixation of intraperitoneal onlay polypropylene mesh in a rabbit model[J]. Surgical Endoscopy, 2011, 25(10): 3428-3436.
- [11] MAMY L, LETOUZEY V, MARES P, et al. Correlation between shrinkage and infection of implanted synthetic meshes using an animal model of mesh infection [J]. International Urogynecology Journal and Pelvic Floor Dysfunction, 2011, 22(1): 47-52.
- [12] 龙海如. 针织学[M]. 北京:中国纺织出版社,2008: 254-255.
- [13] 李又元. 电脑整经机的工作原理与故障维修[J]. 针织工业, 2008(8): 14-16.
- [14] 曾林泉. 纺织品热定型原理及实践[J]. 染整技术, 2011, 33(12): 1-6.

(责任编辑:杨 静)

(上接第187页)

- [6] 公安部四川消防研究所,上海阿姆斯壮建筑制品有限公司. 建筑材料可燃性试验方法:GB/T 8626—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [7] 公安部四川消防研究所. 铺地材料的燃烧性能测定辐射热源法:GB/T11785—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [8] 公安部四川消防研究所. 材料产烟毒性危险分级:GB/T 20285—2006[S]. 北京:中国标准出版社,2006.
- [9] 柯勤飞,靳向煜. 非织造学[M]. 上海:东华大学出版社, 2016: 215.
- [10] 沈新元. 高分子材料加工原理[M]. 北京:中国纺织出版社, 2000: 137-148.
- [11] 郭增革,李健,程博闻,等. 压力对PET/PA6共聚物流变行为的影响[J]. 高分子材料科学与工程,2014,30(1): 53-57.
- [12] 崔宁,原玲,王玥,等. 对聚酯切片流变行为的研究[J]. 纺织科学研究,2002(3): 36-40.
- [13] 谢晶曦,常俊标,王绪明. 红外光谱在有机化学和药物化学中的应用[M]. 北京:科学出版社,2001:79-88.
- [14] 胡皆汉,郑学仿. 实用红外光谱学[M]. 北京:科学出版社, 2011: 342-351
- [15] 公安部四川消防研究所,中国阻燃学会,中国纺织科学研究院,等. 公共场所阻燃制品及组件燃烧性能要求和标识: GB 20286—2006 [S]. 北京:中国标准出版社,2006.

(责任编辑:杜 佳)