

再生经编汽车内饰材料力学各向异性研究

唐纱丽¹, 陈慰来¹, 邵怡沁¹, 张建福²

(1. 浙江理工大学 纺织科学与工程学院, 浙江 杭州 310018;

2. 宏达高科控股股份有限公司, 浙江 海宁 314409)

摘要:针对再生聚酯面料是否符合汽车内饰要求的问题,采用再生和原生聚酯两种原料,分别设计前梳、中梳均为交替缺垫组织,后梳均为经斜组织的汽车内饰面料,并与海绵复合生产汽车顶棚内饰织物。测试经编织物和复合织物不同方向的拉伸性能,结合纱线、织物表面形貌及结晶度,对比分析两种材料各个方向的力学差异性。结果表明:再生聚酯纤维表面形貌差异不大;复合后再生与原生织物各向平均断裂强力差异率为8.0%,较复合前降低14.5%,且复合后两种织物各向平均断裂伸长差异率仅为0.1%,可知经热熔复合后两种面料力学稳定性得到改善,再生织物力学各向异性十分接近原生织物,表现出优异的力学稳定性,符合汽车内饰模压成形的要求。

关键词:再生聚酯;经编面料;汽车内饰;力学性能;各向异性

中图分类号:TS 186.1

文献标志码:B

文章编号:1000-4033(2022)11-0016-04

Mechanical Anisotropy of Recycled Warp Knitted Automotive Interior Materials

Tang Shali¹, Chen Weilai¹, Shao Yiqin¹, Zhang Jianfu²

(1. College of Textile Science and Engineering, Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China;

2. Hongda High-tech Holding Co., Ltd., Haining, Zhejiang 314409, China)

Abstract: In order to solve the problem of whether the recycled polyester fabric meets the requirements of automobile interior or not, this paper uses recycled and native polyester to design the front guide bar and middle guide bar with alternating miss-lapping structure, and the back guide bar is the automobile interior fabric with cord lap, which is combined with sponge to produce automobile ceiling interior fabric. By testing the tensile properties of warp knitted fabric and composite fabric in different directions, combined with the surface morphology and crystallinity of yarn and fabric, the mechanical differences in each direction of the two materials are compared and analyzed. The results show that there is little difference in the surface morphology of regenerated polyester fiber. The average difference rate of anisotropic breaking strength between recycled and original fabrics after composition 8.0%, which is 14.5% lower than that before composition, and the average difference rate of anisotropic breaking elongation between the two fabrics after composition is only 0.1%. It can be seen that the mechanical stability of the two fabrics is improved after hot-melt composition, and the mechanical anisotropy of recycled fabrics is very close to that of original fabrics, showing excellent mechanical stability, which meets the requirements of automobile interior molding.

Key words: Recycled Polyester; Warp Knitted Fabric; Automotive Interior; Mechanical Properties; Anisotropy

目前,生活中聚酯类产品使用频率越来越高,聚酯资源需求量持续增加,导致资源变得越来越紧缺,迫使人们开发新的可用能源^[1],且聚

酯产品难以降解,对环境危害很大。为积极响应国家环保号召,废弃聚酯的循环利用显得尤为必要^[2]。汽车产业作为我国支柱性产

业,对社会发展有重要作用,但目前汽车用纺织品生产总量远不能满足汽车工业增长需求。通过将废弃塑料瓶及废旧纺织品回收再利

作者简介:唐纱丽(1997—),女,硕士研究生。主要从事现代纺织技术在新产品开发方面的研究。

通讯作者:陈慰来(1963—),男,教授,硕士。E-mail:wlchen193@163.com。

用,生产出与原生聚酯性能相近的纤维原料,以减轻汽车用纺织品生产量不够而对汽车工业的影响,并缓解废弃聚酯产品对环境带来的危害。目前常用废旧聚酯回收途径为物理法和化学法^[3]。物理法纺丝主要通过物理方法对废弃聚酯瓶的形态结构进行改变,缺点是原料成本较高;化学法是将废弃的聚酯产品降解为小分子,并去除杂质后进行聚合纺丝,其最终生产的产品质量较稳定且接近原生产品的性能^[4-5]。

通过物理或化学方法生产出的再生聚酯产品,在性能方面与原生聚酯还存在一定差异^[6],尤其是力学性能。汽车顶棚、地毯、仪表盘等^[7]内饰部件广泛采用总体定形工艺,该工艺对纺织材料的性能要求较高,需充分考虑织物的强度、尺寸稳定性等技术指标。本文使用普通聚酯和化学法生产的再生聚酯纤维,分别设计前梳、中梳均为交替缺垫组织,后梳均为经斜组织的汽车内饰面料,并与海绵复合生产汽车顶棚内饰织物,对比分析原生与再生汽车内饰产品力学各向异性,并结合原料分析原因,为再生经编汽车内饰产品的实际生产应用提供参考依据。

1 试验

1.1 试验仪器

本文所用面料的织造以及复合均在宏达高科控股股份有限公司完成,在KS-4经编机上织造,经意大利AEQUALIS型热熔复合机完成复合工艺。采用JSM-5610LV型扫描电子显微镜(日本电子株式会社)表征纱线表面形貌,采用Axio Cam Erc 5S蔡司偏光显微镜(上海蔡康光学仪器有限公司)表征织物表面形貌,织物拉伸断裂性能测试所用仪器为2 kN万能材料测试仪

(Instron 实验设备贸易有限公司)。

1.2 汽车内饰复合织物设计及制备

原生经编面料:三梳均采用100%原生涤纶DTY;再生经编面料:三梳均采用100%再生涤纶DTY。规格均为111 dtex/36 f。

经编面料结构设计:根据汽车对内饰材料性能的要求,以及再生和原生聚酯的特性,设计垫纱运动如图1所示的经编织物,垫纱数码及穿纱方式如下:GB1为1-0/1-1/1-1-/1-2//,穿二空二;GB2为1-1/1-2/1-0/1-1//,穿二空二;GB3为3-4/1-0//,满穿。

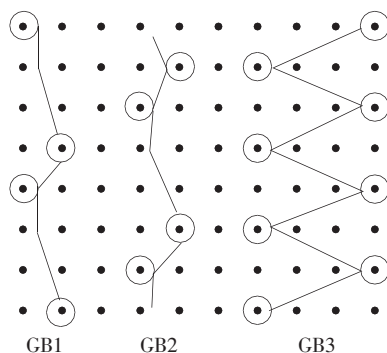


图1 经编面料垫纱运动图

复合面料制备:通过热熔复合工艺,将经编面料与海绵熔合成复合面料,复合面料正反面及剖面形貌如图2所示,织物规格见表1。

1.3 测试方法

1.3.1 拉伸性能测试

在距离试样边缘至少100 mm处取样,按照平行法原则进行裁取,本文约定:织物纵向为90.0°,横向为0°,与横向分别呈0°、30.0°、45.0°、60.0°、90.0°夹角,裁取大小为50 mm×250 mm试样各5块。

按GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第1部分:断裂强力 and 断裂伸长率的测定(条样法)》测试。采用2 kN万能材料测试仪,夹持距离为200 mm,拉伸速度为100 mm/min,定负荷100 N。

1.3.2 结晶性能测试

采用Bruker D8 Advance X射线衍射仪测试纤维的结晶性能,衍射角 2θ 为5.0°~90.0°,扫描速度为2.0°/min,步长为0.2°。

2 结果与分析

2.1 再生与原生聚酯纤维特性

原生与再生聚酯SEM图如图3所示。可知,原生聚酯和再生聚酯截面无明显区别,均呈不规则形状;表面均有部分凸起的颗粒,再生聚酯表面凸起颗粒多于原生聚酯,原因主要是再生聚酯的生产原料为废旧聚酯产品,不仅含有染料等无机物质,同时夹杂其他外界的无机杂质,在再生过程中会发生团聚形成粒径较大的颗粒状物质^[8]。

再生与原生聚酯XRD光谱如图4所示,二者基本相似,在 2θ 为17.7°、22.6°、25.4°附近出现明显的衍射峰,说明二者主要以结晶结构为主,且对应PET的(010)、(110)、(100)晶面的衍射峰。经过计算得出,再生聚酯与原生聚酯的结晶度分别为40.99%和44.11%,再生聚酯略小于原生聚酯,这是由于废旧聚酯原料在熔融过程中发生降解,使得分子链的规整性相对变差^[9]。

2.2 再生与原生织物结构分析

由图2可知,再生与原生经编织物表面几乎没有差异,均呈锯齿条纹状,且凹凸感较明显。由图1可知,GB1与GB2轮流缺垫,缺垫与空穿相结合,可有效形成褶裥效应,且垫纱方向相反,能够有效改善织物歪斜,使织物具有良好稳定性,织物反面形成长延展线,使织物更加紧密,后梳GB3满穿做经斜垫纱运动,使织物具有较好延展性,有利于汽车内饰模压成形^[10]。

2.3 复合前力学各向异性分析

复合前原生与再生织物各向拉伸性能如图5所示。

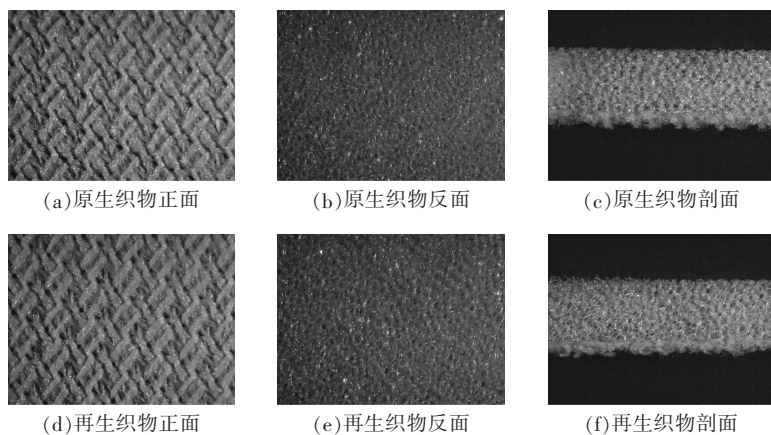


图 2 原生与再生复合织物正反面及剖面蔡司显微镜图

表 1 经编织物基本规格

经编织物	织物构成	厚度/mm	克质量/ (g·m ⁻²)	横密/ [纵行·(5 cm) ⁻¹]	纵密/ [横列·(5 cm) ⁻¹]
原生面料	复合前	0.800	137.46	25.14	32.68
	复合后	3.680	294.32	24.85	32.59
再生面料	复合前	0.810	142.25	25.47	32.65
	复合后	3.530	293.27	25.51	32.54

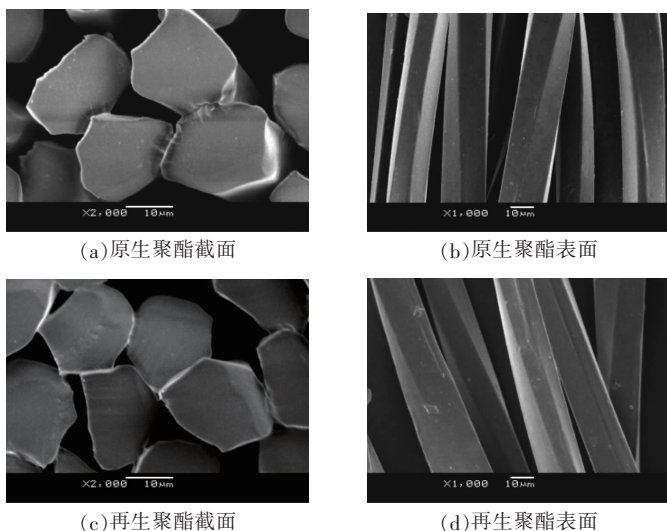


图 3 原生与再生聚酯 SEM 图

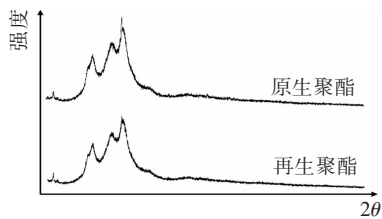
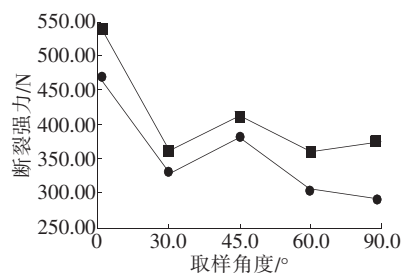


图 4 再生与原生聚酯 XRD 光谱

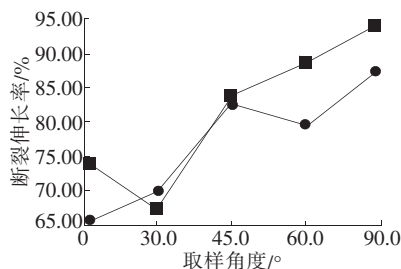
由图 5 可知,复合前再生经编织物与原生经编织物断裂强力变化趋势较相似,整体呈下降趋势,原生经编织物在 0~30.0°、45.0°~60.0°

下降,30.0°~45.0°小幅度上升,均小于 0°,且再生经编织物在各角度强力均低于原生经编织物。断裂伸长率整体缓慢上升,均在 90.0°达到最大值,其中再生经编面料断裂伸长率整体略小于原生经编面料。这与再生聚酯纤维原料及经编织物组织结构有关。

原生与再生聚酯纤维表面形态差异不大,但因为两种纤维的原料来源不同,导致纤维的性能有所



(a)断裂强力随角度变化关系



(b)断裂伸长率随角度变化关系

■·原生织物;●·再生织物。
图 5 复合前经编织物拉伸性能

差异,再生聚酯因原料来源复杂,且再生产过程中发生团聚,形成粒径较大的颗粒物质,这些物质的存在会导致再生纤维性能难以达到最佳水平。由 XRD 计算结果可知,原生聚酯结晶度略大于再生聚酯纤维,是由于再生聚酯纤维在生产中,废旧聚酯原料在熔融过程中发生降解,从而使得分子链的规整性变差,且再生聚酯原料质量不均匀,部分纤维原料成形不良,产品性能稳定性较差,从而导致其面料断裂强力与断裂伸长率整体略低于原生面料。

组织结构图可以分析出,当织物纵向拉伸时,前两梳缺垫形成的长延展线主要配置在纵向,所承受负荷较大,且这两梳二穿二空、交替缺垫,致使承力纱线数量相对较少;横向拉伸时,由于后梳的延展线主要呈水平方向配置,承力纱线数量较多^[1],因此经编织物在 0°时能承受更大的断裂强力。

2.4 复合后力学各向异性分析

经过聚酯类热熔胶黏合后,复合经编织物的各向拉伸性能有所

变化,测试结果如图6所示。

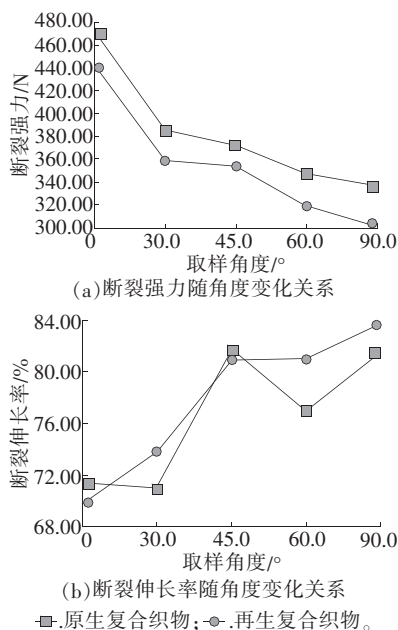


图6 复合后经编织物拉伸性能

由图6可知,0~90.0°原生与再生经编复合面料断裂强力均整体下降,且依旧在0°时断裂强力最大,且原生复合织物整体大于再生经编复合织物。由图6b可知,二者断裂伸长率的变化趋势较接近。

热熔复合工艺对织物拉伸性能也有较大影响。经过一次热熔复合工艺,相当于对织物进行一次热定形,织物的各向断裂强力与断裂伸长率会变得较为稳定。

2.5 复合前后力学各向异性对比

一般汽车内饰材料对复合之后成品的力学稳定性要求较高,以此来判断面料是否符合汽车内饰模压成形的要求,复合前后织物力学性能见表2、表3。

表2 复合前后原生织物力学性能

性能指标	复合前	复合后
断裂强力平均值/N	410.64	382.72
断裂伸长率平均值/%	81.80	76.57
断裂强力变异系数	23.01	19.10
断裂伸长率变异系数	13.26	6.85

可知,原生面料复合前后断裂强力、断裂伸长率均略高于再生面

表3 复合前后再生织物力学性能

性能指标	复合前	复合后
断裂强力平均值/N	335.25	354.43
断裂伸长率平均值/%	76.99	76.68
断裂强力变异系数	27.61	15.10
断裂伸长率变异系数	11.76	9.94

料,从变异系数可以看出,不论原生还是再生面料,复合之后力学各向异性指标均有所降低,可知复合后的面料力学各向异性有所改善,且再生经编面料复合后断裂强力稳定性略优于原生经编面料。经计算,复合前原生与再生织物各向平均断裂强力与各向平均断裂伸长率差异率分别为22.5%、6.5%,复合后两种材料各向平均断裂强力与平均断裂伸长率差异率分别为8.0%、0.1%,复合后各向平均断裂强力差异率减少14.5%。这一变化主要是由于经编面料与力学各向异性趋于同性的海绵复合后,减少了单一经编面料的力学异性;其次经过热熔复合工艺,相当于对面料进行一次热定形,使得复合后的面料拉伸性能更加稳定。

3 结论

3.1 再生与原生聚酯在表面形貌上无明显区别,均呈不规则形状,再生聚酯表面凸起颗粒略多于原生聚酯;再生与原生经编汽车内饰面料在外观上几乎没有差异,均呈现凹凸感较为明显的锯齿条纹。

3.2 再生聚酯与原生聚酯结晶度分别为40.99%和44.11%,二者的结晶度略有差别。结合再生与原生聚酯表面形貌及结晶度,对再生与原生经编汽车内饰力学各向异性进行分析,得出原生面料在复合前断裂强力与断裂伸长整体略高于再生面料,且均在0°断裂强力达到最大值,在90.0°断裂伸长达到最大值。各向断裂强力平均差异率为22.5%,各向断裂伸长率平均差异

率为6.5%,各个方向断裂强力均在300.00 N以上,表现均较优异。

3.3 经过热熔胶复合后的再生与原生经编面料,各向平均断裂强力与平均断裂伸长差异率减小,分别为8.0%、0.1%,且变异系数均有所降低,力学稳定性得到改善,表现出优异的力学各向异性,符合汽车内饰模压成形的要求。

3.4 经编面料与海绵复合,有利于改善织物的力学各向异性,使得再生复合面料达到汽车内饰的要求。

参考文献

- [1]吴端.再生聚酯纤维产业的发展现状与存在问题探讨[J].化工管理,2016(10):110.
- [2]邵斐,冯婧.浅谈再生聚酯纤维[J].中国纤检,2016(4):142-144.
- [3]殷燕华,卢婷婷,张瑞云,等.原生与再生涤纶FDY长丝结构性能对比[J].上海纺织科技,2019,47(7):47-51.
- [4]郝克倩.再生聚酯长丝及其面料的开发[D].上海:东华大学,2019.
- [5]RAGAERT K, DELVA K, GEEM V. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste[J].Waste Management, 2017,69:24-58.
- [6]刘晓倩,薛文良,魏孟媛.再生聚酯纤维产业的发展现状与存在问题[J].中国纤检,2012(11):80-84.
- [7]袁红萍.汽车内饰用纺织材料及其功能性整理进展[J].针织工业,2010(4):39-41.
- [8]周发明,杨中开,唐世君,等.再生聚酯及其纤维的结构性能研究[J].合成纤维工业,2014,37(1):13-16,20.
- [9]卢婷婷,殷燕华,张瑞云,等.再生与原生涤纶DTY的结构与性能对比[J].合成纤维工业,2018,41(5):71-75.
- [10]龙海如.针织学[M].北京:中国纺织出版社,2008.
- [11]付江洋,龙海如.涤纶/聚氨酯柔性纬编针织复合材料拉伸性能研究[J].江苏纺织,2007(4):37-40.

收稿日期 2022年3月27日