

玄武岩长丝/芳纶双层间隔纱织物及其复合材料的制备

钟智丽, 万佳, 张肖, 石若星

(天津工业大学 纺织学院, 天津 300387)

摘要: 设计并试织了玄武岩长丝/芳纶双层机织间隔纱织物。双层机织间隔纱织物是一种特殊结构的三维立体机织物,其潜在的应用领域之一是纺织复合材料风机叶片的增强材料,根据风机叶片对增强材料性能的特殊要求,选择玄武岩长丝、芳纶做基本原料,设计并试纺了玄武岩长丝/丙纶包缠纱。试验结果表明:玄武岩包缠纱在300捻/m时断裂强力达到最大,可用于面层组织织造;选用芳纶纱线作为接结纱,以平纹作为面层组织和接结组织的基础组织。探讨了双层机织间隔纱织物结构的影响因素,形成了双层机织间隔纱织物的织造技术,丰富了三维立体机织物的组织结构库,采用手糊法制备了复合材料。

关键词: 玄武岩长丝; 芳纶; 包缠纱; 双层机织间隔纱织物; 复合材料

中图分类号: TS106.6

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)04-0034-03

Weaving and composite preparation practice of double-layer basalt filament/kevlar woven spacer fabric

ZHONG Zhili, WAN Jia, ZHANG Xiao, SHI Ruoxing

(College of Textile, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

Abstract: The woven spacer fabric with basalt filament yarn/aramid fiber is designed and produced. Woven spacer fabric with double layers is a kind of three-dimensional woven fabric with special structure, and one of its potential application fields is reinforced material of textile composite fan blades. According to the special performance requirements of fan blade for reinforcing material, basalt filament and aramid fiber are selected as basic raw materials. In the course of trial weaving, the problems of weaving are encountered, and the basalt filament/polypropylene filament wrapped yarn is designed and spun. The experimental results show that the breaking strength of basalt filament/polypropylene wrapped yarn in 300 twist/m is the biggest, and could be used for surface weaving; the aramid yarn is selected as the connecting yarn, the plain weave is selected as the base weave for surface and interconnecting structure. The influencing factors of the fabric structure of double woven spacer yarn are discussed, and the weaving technology of the whole set of double-layer woven spacer fabric is formed. The technology can enrich the fabric library of 3D woven fabric and lay a foundation for the development of multi-layer woven spacer fabric. The composite material is prepared by hand paste method.

Key words: basalt filament; aromatic polyamide fiber; fasciated yarn; double-layer woven spacer fabric; composite material

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.04.010

双层间隔纱织物是三维立体织物的一种,结构为两个平行平面织物在垂直方向上由纱线连接支撑。上下两层平面称为面层组织,由经纬纱线交织而成,接结纱与上下面层织物的纬纱交织,将上下两层连接成为一个整体形成间隔层。由于间隔纱织物的特殊结构使其具有质轻、抗压缩性能优异、保温隔音效果好的特点,其复合材料层间连接牢固,具有优越的整体性和抗冲击性,其潜在的应用领域之一是纺织复合材料风机叶片的增强材料。

间隔织物分为针织间隔织物和机织间隔织物,针织间隔织物又可分为经编和纬编间隔织物^[1]。针织间隔织物易成型^[2],生产效率高,但是纱线弯曲程度较高,影响材料力学性能。机织间隔织物的两层之间通过接结纱连接,其织造过程中经纬纱垂直交织,避免了纱线过多弯曲,能更好地发挥纱线的性能,其制备的

复合材料整体性能更加优异。

本文选用玄武岩长丝作为机织间隔纱织物的原料,由于玄武岩长丝在织造过程中容易刮伤起毛而出现断裂,为了降低织造过程中对玄武岩长丝的损伤,采用丙纶长丝对玄武岩长丝进行包缠,研究不同捻度包缠纱的力学性能。

1 试验原料、设备及测试方法

1.1 试验原料及试剂

原料:玄武岩长丝(四川航天拓鑫玄武岩实业有限公司)、丙纶(实验室自备)、芳纶(索维特特殊线带有限公司)。3种原料性能参数见表1。

表1 试验原料性能参数

项目	玄武岩长丝	丙纶	芳纶
密度/(g·cm ⁻³)	2.90	0.91	1.44
线密度/tex	100	110	90
弹性模量/Gpa	79.3~93.1	3.5	58.0
拉伸强度/Gpa	4.84	0.55	2.76
断裂伸长率/%	3.2	40.0~100.0	3.6

收稿日期: 2017-08-16

作者简介: 钟智丽(1962—),女,博士,教授,主要从事纤维新材料、产业用纺织品、纺织复合材料的研究。

试剂:聚氨酯发泡剂、环氧树脂 E-51、低分子 650 聚酰胺固化剂(常州润翔化工有限公司)。

1.2 设备

HN32-04 型花式捻线机、INSTRON-3369 型万能强力机、天津工业大学自制小样织机。

1.3 测试方法

包缠纱拉伸性能测试参照 GB/T 14344—2008《化学纤维长丝拉伸性能试验方法》进行。测试环境相对湿度为 65%，测试温度为 20℃^[3]，试样夹持距离为 200 mm，拉伸速度为 100 mm/min，测试 20 次。

2 包缠纱的制备及力学性能测试

2.1 平行纺工艺流程

首先,玄武岩长丝从筒子上退绕,通过张力装置使其获得一定的张力,并通过前罗拉由导杆引出,进入空心锭子。丙纶长丝筒子在空心主轴上的转速与空心锭子相同,其先从筒子退绕,然后与玄武岩长丝合并,共同进入空心锭子同主轴旋转。在退绕张力的影响下,丙纶和玄武岩长丝向下运动,空心锭子旋转一圈,丙纶长丝绕玄武岩长丝包缠一圈^[4]。最终,丙纶长丝包缠在玄武岩长丝上。

2.2 捻度对包缠纱力学性能的影响

包缠纱的强力大于玄武岩长丝,这是因为组成玄武岩长丝的玄武岩单丝近似于平行状态,纤维之间接触面积较大,丙纶长丝以螺旋式外包在玄武岩长丝上,对玄武岩长丝产生束缚从而增加纤维之间的摩擦。当纱线受到拉伸载荷时,丙纶长丝对玄武岩长丝产生径向压力使包缠纱强力大于玄武岩长丝。捻度对玄武岩包缠纱力学性能的影响见图 1。

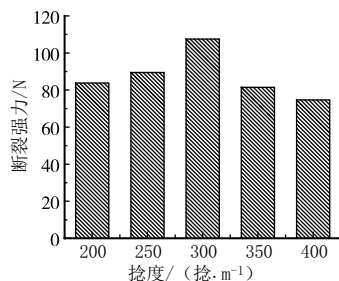


图 1 捻度对玄武岩长丝包缠纱力学性能的影响

由图 1 可知,随着捻度的增加,包缠纱强力呈现出先增大后减小的趋势,当捻度为 300 捻/m 时断裂强力达到最大。当捻度超过 300 捻/m 时,玄武岩单丝不同时断裂现象明显增多,部分单丝断裂影响整个界面的力学性能,导致其断裂强力下降。因此,在织造过程

中,应选择使用 300 捻/m 的玄武岩包缠纱。

3 双层机织间隔纱织物设计及织造过程

双层机织间隔纱织物由经纱、纬纱、接结纱 3 个系统构成,其中经纱采用玄武岩长丝/丙纶包缠纱,纬纱采用玄武岩长丝,接结纱采用芳纶。

3.1 面层组织的选择

面层组织要求结构紧密规整、便于织造,否则织造过程中过多的综框数会造成各综框的经纱张力不匀。试验选用平纹组织作为面层组织,该组织经纬纱上下交织,交织点较密,织物表面平整、牢固,织造工艺简单。

3.2 接结组织的选择

接结纱是连接且垂直面层组织的第三系统纱线。接结纱将上下面层组织稳定地连接起来,使其能够承担更大的剪应力。接结点的分布影响织物的整体性能和外观,一般要求其分布均匀。合理选择接结组织及接结纱密度是提高间隔纱织物复合材料性能的保证。试验接结组织选用平纹,形如“8”字交织,如图 2 所示,一个循环包括两根接结纱 1、2,接结纱 1 先与上层纬纱按上层组织规律进行交织,接结纱 2 与下层纬纱按下层组织规律进行交织^[5],织造完所需要的纬纱根数后,接结纱 1、2 同时上下换层继续参与面层组织织造。

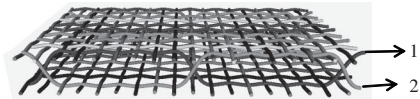


图 2 TexGen 软件模拟织物中纱线交织规律

3.3 织造方案及参数设定

3.3.1 织造方案

试验所设计的双层间隔纱织物上机图见图 3。

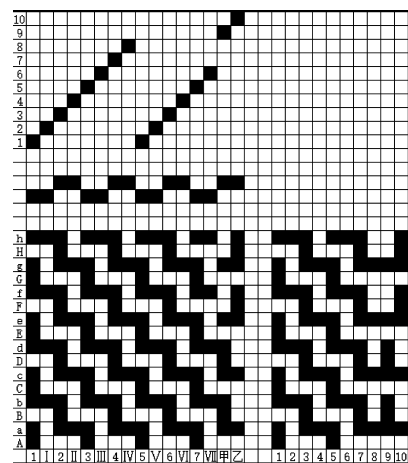


图 3 间隔织物上机图

面层组织与接结组织均为平纹组织,图 3 中 1~7 为上层经纱, I~VII 为下层经纱,甲、乙为接结纱, A~H

为上层纬纱,a~h为下层纬纱。

3.3.2 参数设定

织造使用英制 100# 钢筘,故面层组织(单层)经密为 100 根/10 cm,每箱穿入数应尽可能等于其组织循环经纱数或是组织循环数的约数或倍数^[6],所以采用每箱 2 入。填充模具尺寸为 18 cm×38 cm,织造幅宽为 20 cm,一个循环为 16 根经纱,其中,地经 14 根,接结纱 2 根,共计需要 25 个循环,可知总经根数为 16×25=400 根,地经为 14×25=350 根,接结纱为 50 根。间隔纱织物织造参数为:经纱线密度 100 tex,纬纱线密度 100 tex,织物幅宽 200 cm,织物长度 40 cm,接结纱高度 14 mm。

3.4 织造工艺

3.4.1 织造前准备

整经:试验原料为玄武岩长丝/丙纶包缠纱,整经过程中要防止纱线刮伤;整经后的纱线张力要均匀,以避免在织造过程中出现松紧纱。

穿综:根据组织图,穿综顺序为先穿地经 1~8 片综,1~6 片综,接结纱穿 9、10 片综,为防止穿综校对纱线造成刮伤,采用手穿。

穿筘:每箱两入,手穿。

3.4.2 上机织造

使用天津工业大学自主研发的半自动小样织机进行织造,将预制件的纹板图输入计算机中,采用单梭口织造法,主轴每转动一次形成一个梭口,引入一根纬纱,由于间隔纱织物分为上下两层,故两层需要分别引纬。当织造过程中接结纱呈“X”形交叉的时候,需要在接结纱交叉处右侧插入 14 mm 高的钢条(该钢条与接结纱高度一致),将织物撑起来以控制接结纱高度。

玄武岩纤维强力较大,弹性小,有时会产生松紧纱,导致开口不清,织造时可在经纱后方适当悬挂小螺母或增加垫纱来提高经纱张力,必要时也可以使用人工辅助开口。由此,可顺利织造出玄武岩长丝/芳纶双层机织间隔纱织物,图 4 为 TexGen 软件模拟的织物纵向截面图。

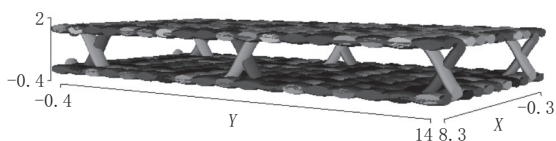


图 4 TexGen 软件模拟“8”字形双层间隔纱织物纵向截面图

4 复合材料的制备

4.1 双层间隔纱织物的填充

4.1.1 发泡剂的选择

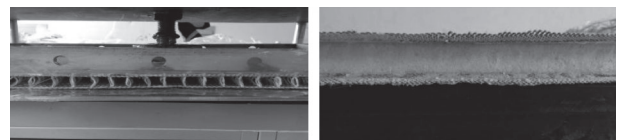
试验选用硬质聚氨酯泡沫作为填充材料,聚氨酯硬泡组合聚醚又称白料,与聚合 MDI 共称黑白料,其中,白料是一种浅黄色油状液体,黑料是一种深褐色带有刺激性气味的油状黏稠液体。由于聚氨酯发泡剂的可塑性强,可作为填料使用。

4.1.2 发泡剂的用量

聚氨酯硬泡黑白料采用 1:1 的比例进行发泡,原料的用量取决于泡沫的填充密度。填充模具的固定面积为 180 mm×380 mm,织物高度均为 14 mm,所填充体积为 180 mm×380 mm×14 mm,发泡剂密度为 0.12 g/cm³,经计算可知需要聚氨酯泡沫质量约为 115 g。但由于两种液体都比较黏稠,实际填充时会有一部分残留在容器中,因此实际填充时称取黑白料共计 130 g,即聚氨酯硬泡黑白料各取 65 g。

4.1.3 发泡剂的填充

将黑料和白料按 1:1 比例分别倒入两个小桶,再将两个小桶内的黑白料倒入第 3 个桶中高速搅拌 2~5 s,混合均匀至液体刚显白色为止,快速倒入固定在模具中织物的间隔层中进行合模,发泡剂在模具压力装置下发泡约 10 min 后拆卸模具,填充前后的织物见图 5。



(a) 织物在填充模具中的固定 (b) 填充完毕的预制件

图 5 双层机织间隔纱织物填充前后示意图

4.2 复合材料的制备

制备工艺采用手糊法,该法是将增强材料和基体树脂交替铺设、辊压,直到所需厚度,操作简单,成本较低,在常温常压条件下可固化成型。由于手糊法主要是手工操作,易产生涂敷不匀,影响复合材料的质量和性能,因此树脂不宜太厚,试验中设定涂敷树脂的含量为 800 g/m²,根据所需复合织物的面积计算树脂用量。试验中织物面积为 180 mm×380 mm,需用树脂 54.72 g,环氧树脂与固化剂按 1:1 比例混合均匀后对预制件表面进行复合,先复合一个表面,等其完全固化后再复合另一面。

5 结语

本文设计开发了经向结构为“8”字形的玄武岩长丝/芳纶双层机织间隔纱织物。作为新型增强复合材

☞(下转第 64 页)

的收益。同时,这也是行业自身积极践行绿色发展理念、推进可持续发展的重要体现,也将对纺织全行业实现绿色发展起到带动和促进作用。

本届发布会表彰了与国内纤维企业在融合创新方面有深度合作的下游厂商。其中,三六一度(中国)有限公司、鲁丰织染有限公司等10家企业被评为“最佳年度合作伙伴(绿色纤维组)”。浪莎针织有限公司、中材科技南京玻璃纤维研究设计院等10家企业被评为“最佳年度合作伙伴(科技创新组)”。上海水星家用纺织品股份有限公司等38家企业被评为“优秀年度合作伙伴”。

经过6年的持续发布,中国纤维流行趋势发布活动越来越成熟,形式越来越多样,内涵越来越丰富,效应越来越明显。该活动已经形成了很强的品牌效应,在行业中形成了一股“注重研发、注重产品推介、注重品牌打造”的风潮,吸引了越来越多的纤维企业由幕后走向前台,通过产品发布会的形式秀出自己的实力。在2018yarnexpo春夏纱线展期间,除了主发布秀之外,恒逸集团、圣泉集团、凯赛生物、蒙泰高新纤维、山东英利、赛得利、赛欧兰等多家企业都推出了自己的产品发布秀,将行业产业链的各路精英汇聚在一起,沟通信息,展现中国纤维新气象,交流行业新成果,期待为行业开拓新视界。

科技创新、绿色发展——

染料展数码印花展4月亮相申城

以科技创新、绿色发展为主题,由中国染料工业协会、中国印染行业协会、中国国际贸易促进委员会上海市分会主办,上海国际展览服务有限公司承办的“第十八届中国国际染料工业及有机颜料、纺织化学品展览会”和“上海国际数码印花及印染自动化技术展览会”于2018年4月11~13日亮相上海世博展览馆。展出总面积4万m²,展会吸引了来自17个国家和地区的630家企业参展,展品涵盖各类先进的环保型染

料、有机颜料、助剂、中间体、仪器环保设备、数码印花设备、印染自动化技术及印花材料等。

本届展会国际展商包括拓纳、亨斯迈、约克夏、昂高、司马、科凯、日华、佳和、多闻、卜赛特、赢创、鲁道夫、大金、旭硝子、德塔、天祥等;国内展商包括龙盛、闰土、吉华、亚邦、联胜、传化、德美、华丽、开达、润禾、博澳、天源、安诺其、美利达、景津、兴源、同大等,主推绿色、环保印染新产品和新应用技术;印度展团、韩国展团、中国台湾展团等也持续加大参展力度,与印染行业发展携手并进。中国国际染料工业及有机颜料、纺织化学品展览会围绕科技创新、绿色发展,助力行业可持续发展。

本届数码印花及印染自动化技术展与全球最大染化展同期举办,旨在打造纺织印染一站式采购,为行业发展创建更广阔的平台。EPSON、开源、黑迈、长胜等知名数码印花企业,亨斯曼、永光、鸿盛、蓝宇等墨水企业,绿章、宏大、信达等印染自动化企业携最新的产品和技术,放眼绿色发展,共建纺织印染业转型平台,为中国纺织工业贴上“科技、时尚、绿色”的新标签。

2018正值中国染料100年,中国染料工业协会在展会期间同期举办盛大庆典活动并举办亚染联成立仪式;中国印染行业协会、中国棉纺织行业协会、中国针织工业协会、中国染协有机颜料专委会、助剂专委会、色母粒专委会等众多行业协会举办了配套论坛;龙盛、传化、德美、TESTEX 瑞士纺织检定等举办了多场技术交流会,介绍先进技术和理念,为更多专业观众提供绝佳的交流与合作机会。

为加快我国染料行业转变发展方式和实施“走出去”发展战略,主办方将继续打造“中国国际染料展亚洲巡展”交流平台。第八届“中国国际染料展亚洲巡展”将重返越南,并于2018年11月21~24日在胡志明市举办。为中国染化料企业走向世界,创民族名牌,提高售后服务水平,实现产需见面、互惠互利、合作共赢创造条件。



(上接第36页)

料,该织物应用前景良好,领域广阔,在风机叶片用增强材料领域具有潜在的应用价值。间隔纱织物空间结构特殊,具有良好的缓冲作用,可应用于航空、汽车、造船等行业。



参考文献:

- [1] 乔东.新型双向纬编间隔织物增强复合材料的加工制造及力学性能研究[D].上海:东华大学,2008.
- [2] 宋广礼,韦艳华,吴嘉云.玻璃纤维纬编间隔织物的编织与结构研

究[J].纺织学报,2002,23(4):14-16.

- [3] 钟智丽,王玉新.聚丙烯长丝/芳纶包缠纱捻度的优化[J].纺织学报,2014,35(6):40-44.
- [4] Spinning performance of PP/basalt filament wrapped yarns: Textile Bio-engineering and Informatics Symposium[C].2010.
- [5] 柳茵茵.三明治型机织间隔织物复合板材层间及冲击性能研究[D].石家庄:河北科技大学,2013.
- [6] 曹海建.三维机织整体中空复合材料的结构及性能研究[D].无锡:江南大学,2010.