

絮片抗拉强度测试方法探究

李丹丹¹ 赵瑞方¹ 孙近² 李莘¹ 舒桂芳²

1. 四川省纤维检验局, 四川 成都 610100;
2. 国家羽绒制品质量检验检测中心(成都), 四川 成都 610100

摘要: 为建立适用于市面上常见絮片抗拉强度的测试方法, 基于对国内现行相关标准的分析, 从试样宽度、隔距长度、拉伸速度和试验次数等方面对不同絮片材料及制品进行抗拉强度测试与试验验证, 确定了 2 种试样宽度的絮片抗拉强度测试方法。验证性试验结果显示: 该测试方法适用范围广、可操作性强、重现性好, 能够为絮片及其制品的采购验收和质量考核等提供可靠保障。

关键词: 絮片; 抗拉强度; 试样宽度; 隔距长度; 拉伸速度; 试验次数

中图分类号: TS 171.9

文献标志码: A

文章编号: 1004-7093(2025)04-0043-08

Research on the tensile strength test method for wadding

Li Dandan¹, Zhao Ruifang¹, Sun Jin², Li Shen¹, Shu Guifang²

1. Sichuan Province Fiber Inspection Bureau, Chengdu 610100, Sichuan, China;
2. National Down Products Quality Inspection and Testing Center (Chengdu), Chengdu 610100, Sichuan, China

Abstract: To establish a testing method applicable to the tensile strength of common wadding on the market, based on the analysis of relevant domestic standards, the tensile strength tests and experimental verifications were conducted on different types of wadding and their products from the aspects of sample width, gauge length, tensile speed, and test times, and test methods for the tensile strength of wadding with two different sample widths were determined. The verification experimental results show that the test method has a wide range of applicability, strong operability, good reproducibility, and can provide reliable guarantees for the procurement and acceptance, quality assessment and elimination of wadding and their products.

Keywords: wadding; tensile strength; sample width; gauge length; tensile speed; test times

絮片是由植物纤维、动物纤维、化学纤维, 或是纤维与织物, 经针刺、缝合、黏合等工艺^[1-4] 固结后形成的絮状材料, 其具体形态有纤维单片层、纤维多片层, 以及纤维与织物多片层等, 常用作保温材料^[5-7]。絮片的原材料来源广泛^[8-10], 规格参数易于

调控, 其易裁剪、易缝制、易保养、耐水洗, 且质轻、蓬松度高、保暖性好、压缩回弹性好、成本低。

絮片的应用非常广泛, 除在民用领域用作服装、儿童玩具、家居用品等产品的填充材料外, 在应急救援、公共事业、军警装备等特种领域也常被用作防寒

收稿日期: 2024-11-29

作者简介: 李丹丹, 硕士, 主要从事纤维、纺织品检测与研究, 1020724154@qq.com

通信作者: 赵瑞方, 高级工程师, 博士, 主要从事纤维、纺织品检测与研究, 30877128@qq.com

被服、帐篷等产品的填充物。当絮片制品用于特种领域时,常受到撕扯、揉搓、钩挂等较大外力作用,此时抗拉强度将对产品质量产生直接影响。此外,不同地区(如温区、寒区、高寒地区等)对保暖性能的要求存在差异,絮片制品的厚度也因此差异较大,单位面积质量的波动范围通常为 10 g/m^2 至 300 g/m^2 。絮片的抗拉强度能准确反映絮片产品的质量。

本文基于对现行絮片抗拉强度测试方法的剖析,结合样品实际情况,针对大面积絮片与小面积絮片 2 类样本,探究适用于不同试样规格的絮片抗拉强度测试方法。

1 现行絮片抗拉强度测试方法及存在的问题

目前,与絮片抗拉强度测试相关的标准主要有 GB/T 24218.3—2010《纺织品 非织造布试验方法 第 3 部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》^[11]、GA 353—2008《警服材料 保暖絮片》^[12] 和 JSB 9.2—1992《絮片抗拉强度的测定》^[13]。实际应用中,这些标准存在下述问题。

(1) 适用范围窄。GB/T 24218.3—2010、GA 353—2008 和 JSB 9.2—1992 中均规定取样尺寸为 $5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$,该规格仅适用于絮片材料及绗缝间距较大的大面积产品。对于棉大衣、棉衣裤、校服等绗缝间距较小的小面积产品,实际取样时通常难以获得标准规定的尺寸,导致抗拉强度测试无法实施。这一局限性直接制约了应急救援、军警装备、公共事业等特种领域相关产品的质量验收,其抗拉强度指标难以有效评估,产品质量保障面临挑战。

(2) 标准指标失准。GB/T 24218.3—2010 仅关注断裂强力指标,不能全面反映絮片产品尤其是高度蓬松、厚型絮片产品抵抗外力破坏的能力。

(3) 标准描述有歧义。标准 GA 353—2008 和 JSB 9.2—1992 在抗拉强度计算方法上均存在前后文表述不一致的情况。以 GA 353—2008 为例,其第 5.2.11.4 节要求“在天平上分别称量调湿后的试样 ($5 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$),并记录质量 M ”;第 5.2.11.5 节则规定“ M 为每条试样上下夹钳之间被拉伸的有效长度(夹钳间距为 10 cm)的质量”。这一前后不一致的问题导致不同实验室在计算抗拉强度时,

可能采用不同的“ M 值”,造成抗拉强度的计算结果差异较大。

综上,目前尚无普遍适用的絮片抗拉强度测试方法。而这一性能又是评估絮片力学性能的关键指标。因此,本文基于面积大小提出了不同的絮片抗拉强度测试方法,以期为市面上常见絮片材料及其制品的抗拉强度测试提供有效的方法。

2 试验

2.1 原理及设计思路

絮片抗拉强度定义为在将规定尺寸的试样拉伸至断裂的试验中,测得的最大拉伸力(N)除以试样被拉伸的有效长度的质量(g)。抗拉强度越大,表明纤维之间相互缠结得越紧密,抱合力越强,絮片在断裂时需承受更大的外力,因此坚牢度越高。

为提高测试方法的实用性,本文基于絮片材料及其制品面积大小,探究合适的絮片抗拉强度测试方法。

2.2 试样

本文广泛收集国内具有代表性的絮片及其制品,共获得 37 种试样,用于后续的参数研究及试验方法验证。这 37 种试样的生产工艺涵盖黏合、熔喷和针刺 3 种主流工艺。

2.3 试验仪器

试验仪器包括:等速伸长型(CRE)强力试验仪;分度值为 0.001 g 的天平;分度值为 0.5 mm 的钢直尺;取样器等裁剪工具。

2.4 试样制备

试样需具备代表性,应确保所取试样没有明显的缺陷,如褶皱、孔洞、厚度不均匀等异常。截取试样时,试样边缘与絮片材料边缘的距离应不小于 100 mm ,且取样应避免缝线位置。

分别沿絮片材料或絮片制品的纵向(长度方向)和横向(宽度方向)各取 5 块试样。

2.5 试验步骤

(1) 按 GB/T 6529—2008《纺织品 调湿和试验用标准大气》^[14] 规定,将试样置于标准大气中调湿平衡。

(2) 设置夹持器隔距长度(精确至 1 mm)。调

整上下夹钳使其相互对齐、平行,以确保施加的力不产生角度偏移。

(3) 设置仪器拉伸速度。

(4) 拉伸试验开始前,将仪器的力示值归零。

(5) 采用天平称量调湿平衡后的试样,并记录其质量。

(6) 用钢直尺测量试样的长度。

(7) 将试样夹持在夹钳的中心位置,使试样纵向轴线与夹钳的钳口线相互垂直,夹持试样时应确保试样伸直但不伸长。

(8) 启动强力试验机,拉伸试样至断裂,记录最大拉伸力,即断裂强力。

(9) 若试样断裂发生在钳口位置或试样在钳口位置滑脱,则试验数据无效,需另取试样重新进行试验。若所有的试样断裂均发生在钳口位置,或无法获取 5 个正常断裂强力值,则报告单值(即每块试样单独的断裂强力测试结果)。

2.6 测试结果

单块试样的抗拉强度按式(1)计算。

$$P = \frac{F}{M} \times \frac{L_1}{L_2} \quad (1)$$

式中: P ——单块试样的抗拉强度, N/g;

F ——单块试样的断裂强力, N;

M ——单块试样质量, g;

L_1 ——单块试样的长度, mm;

L_2 ——有效长度,即隔距长度, mm。

按式(2)分别计算纵向和横向 5 块试样的平均抗拉强度。

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (2)$$

式中: G ——试样的平均抗拉强度, N/g;

P_i ——第 i 块试样的抗拉强度, N/g, $i = 1, 2, \dots, n$;

n ——试样总数。

试验结果按纵向试样和横向试样的平均抗拉强度分别报出,按 GB/T 8170—2008《数值修约规则与极限数值的表示和判定》^[15]修约至 0.01;需要时,计算变异系数,修约至 0.01%。

3 结果与讨论

3.1 试验条件的确定

影响絮片抗拉强度测试结果的因素主要有试样宽度、隔距长度、拉伸速度和试验次数。对这 4 个影响因素进行优选,以确定最佳的絮片抗拉强度试验条件。

3.1.1 试样宽度

GB/T 24218.3—2010、GA 353—2008 和 JSB 9.2—1992 均适用于常规絮片原料和绗缝间距大的絮片产品,3 个标准中规定的试样宽度均为 50 mm,据此,本文也将 50 mm 宽作为其中一种试样规格。

为实现较窄的絮片材料与绗缝间距较小的絮片制品抗拉强度的测试,分别选取 20 mm 和 30 mm 的宽度,设定隔距长度为 50 mm、拉伸速度为 50 mm/min,对 37 种试样中具有代表性的不同原料、工艺或形态的 6 种絮片进行抗拉强度测试。测试过程中发现,当试样宽度设置为 20 mm 时,存在取样难度大和该宽度的试样极易出现分层断裂的问题,导致测试结果失去有效性,且不同批次或不同条件下的测试结果变异程度较大,测试数据的可靠性与一致性受到影响。因此,考虑到试样类型的多样性和方法的普及性,确定将 30 mm 宽作为另一试样规格。

3.1.2 隔距长度

隔距长度对絮片抗拉强度测试结果有一定的影响。针对 50 mm 宽试样,本文选取 3 种不同的隔距长度(50、100 和 150 mm),采用相同的拉伸速度(100 mm/min)对 6 种不同原料、工艺或形态的絮片试样进行抗拉强度测试。不同隔距长度下 6 种不同试样的抗拉强度及其变异系数(CV)值如表 1 所示。

由表 1 可以看出,随着隔距长度的增大,试样的抗拉强度呈下降趋势,但隔距长度对抗拉强度 CV 值的影响不大。隔距长度为 100 mm 时,6 种试样的平均抗拉强度 CV 值相对较小。结合 GA 353—2008 和 JSB 9.2—1992 等标准对隔距长度的规定,本文将大面积试样的测试隔距长度设定为 100 mm。

表 1 不同隔距长度下试样的抗拉强度及其 CV 值
(50 mm 宽试样)Tab. 1 Tensile strengths of the samples and their CV values
at different gauge lengths (sample width: 50 mm)

试样编号	隔距长度/ mm	方向	抗拉强度/ (N·g ⁻¹)	CV 值/ %
1	50	纵向	46.79	8.39
		横向	167.47	7.00
	100	纵向	20.41	9.54
		横向	74.40	5.95
	150	纵向	13.86	5.03
		横向	47.70	7.93
2	50	纵向	45.11	3.87
		横向	157.47	7.00
	100	纵向	22.65	3.56
		横向	74.40	5.95
	150	纵向	15.45	1.86
		横向	47.70	7.93
3	50	纵向	118.63	13.27
		横向	73.68	8.59
	100	纵向	59.35	12.10
		横向	36.84	9.84
	150	纵向	39.35	14.87
		横向	25.05	13.14
4	50	纵向	89.66	9.41
		横向	55.78	8.32
	100	纵向	44.33	9.66
		横向	27.25	8.69
	150	纵向	29.70	10.12
		横向	18.25	9.45
5	50	纵向	5.81	13.52
		横向	10.23	8.01
	100	纵向	3.07	12.19
		横向	4.97	8.33
	150	纵向	2.06	6.31
		横向	3.36	7.36
6	50	纵向	10.67	5.18
		横向	29.37	8.23
	100	纵向	5.47	5.36
		横向	14.75	8.97
	150	纵向	3.66	5.82
		横向	9.88	9.34

针对 30 mm 宽试样,分别选取 3 种不同的隔距长度(30、50 和 70 mm),以相同的拉伸速度(50 mm/min)对 6 种不同原料、工艺或形态的絮片进行抗拉强度

测试。试验结果表明,随着隔距长度的增大,试样的抗拉强度也呈下降趋势,但隔距长度对抗拉强度 CV 值的影响不大。计算 6 种试样的平均抗拉强度 CV 值发现,隔距长度为 50 mm 时,试样的平均抗拉强度 CV 值相对较小。基于此,本文将小面积试样的测试隔距长度设定为 50 mm。

3.1.3 拉伸速度

针对 50 mm 宽试样,本文选取 3 种不同的拉伸速度(50、100 和 150 mm/min),在相同的隔距长度(100 mm)下对 6 种不同原料、工艺或形态的絮片进行抗拉强度测试,结果如表 2 所示。

由表 2 可以看出,拉伸速度对试样抗拉强度测试结果无明显影响,对其 CV 值的影响也不明显。拉伸速度过大,对于一些抱合力较小的试样而言,难以清晰观察试样的断裂情况;拉伸速度过小,又会导致试验效率低。试验发现,当拉伸速度设定为 100 mm/min 时,试样的抗拉强度 CV 值相对较小,表明数据离散性较小,测试结果较稳定。参照 GB/T 24218.3—2010 中规定的拉伸速度(100 mm/min),为确保试验方法与标准的一致性,本文将 50 mm 宽大面积试样的拉伸速度确定为 100 mm/min。

针对 30 mm 宽试样,本文选取 3 种不同的拉伸速度(25、50 和 100 mm/min),采用相同的隔距长度(50 mm)对 6 种不同原料、工艺或形态的絮片进行抗拉强度测试。结果表明,拉伸速度对试样抗拉强度测试结果无明显影响,对其 CV 值的影响也不明显。考虑到 30 mm 宽试样的尺寸较小,若采用 100 mm/min 的拉伸速度,不利于观察试样的断裂情况;若采用 25 mm/min 的拉伸速度,又会导致试验效率低。经对比测试发现,拉伸速度设定为 50 mm/min 时,可在确保试样断裂特征可观测的前提下,兼顾试验效率与数据可靠性。因此,本文将 30 mm 宽小面积试样的拉伸速度确定为 50 mm/min。

3.1.4 试验次数

为确定最优的絮片抗拉强度试验次数,分别对 6 种絮片试样进行 20 次抗拉强度试验,再分别计算 5、10、15 和 20 次试验的抗拉强度 CV 值。其中,50 mm 宽试样的隔距长度为 100 mm、拉伸速度为

表 2 不同拉伸速度下试样的抗拉强度及其 CV 值
(50 mm 宽试样)

Tab. 2 Tensile strengths of the samples and their CV values
at different tensile speeds (sample width: 50 mm)

试样序号	拉伸速度/ (mm·min ⁻¹)	方向	抗拉强度/ (N·g ⁻¹)	CV 值/ %
1	50	纵向	20.15	8.98
		横向	71.65	9.66
	100	纵向	20.41	9.54
		横向	74.40	5.95
	150	纵向	21.68	4.45
		横向	72.22	5.99
2	50	纵向	23.53	3.47
		横向	72.10	7.33
	100	纵向	22.65	3.56
		横向	70.93	5.72
	150	纵向	24.13	6.19
		横向	73.38	8.07
3	50	纵向	56.69	14.07
		横向	35.28	13.27
	100	纵向	59.35	12.10
		横向	36.84	9.84
	150	纵向	57.46	17.95
		横向	37.86	13.82
4	50	纵向	43.78	9.34
		横向	28.13	8.15
	100	纵向	44.33	9.66
		横向	27.25	8.69
	150	纵向	45.07	9.93
		横向	26.79	9.12
5	50	纵向	3.10	16.45
		横向	5.17	7.55
	100	纵向	3.07	12.19
		横向	4.97	8.33
	150	纵向	3.51	15.53
		横向	4.97	7.13
6	50	纵向	5.21	5.21
		横向	14.17	8.54
	100	纵向	5.47	5.36
		横向	14.75	8.97
	150	纵向	5.32	5.78
		横向	15.23	9.15

100 mm/min, 30 mm 宽试样的隔距长度为 50 mm, 拉伸速度为 50 mm/min。测试并计算各絮片试样的抗拉强度 CV 值, 结果如图 1 和图 2 所示。可以看出, 分别测试 5、10、15 和 20 次, 2 种宽度的试样获得的抗拉强度 CV 值均差异不大。为提高试验效率, 本文将试验次数确定为 5。

3.2 试验验证

为验证测试方法的准确性、可重现性及稳定性, 分别对 2 种试样宽度的测试方法进行内部验证及实验室间的比对验证。

3.2.1 内部验证

在全国范围内采集具有代表性的絮片材料及其制品 37 种, 其中絮片 32 种 (制作 50 mm 宽试样和 30 mm 宽试样), 棉大衣 5 种 (仅制作 30 mm 宽试样)。测试并计算各絮片试样的抗拉强度 CV 值, 结果如图 3 和图 4 所示。

由图 3 和图 4 可知, 50 mm 宽试样测得的试样抗拉强度 CV 值小于 10% 的达 94%, 30 mm 宽试样测得的试样抗拉强度 CV 值小于 10% 的达 83%, 表明本文提出的涵盖大小面积的 2 种试样宽度的絮片抗拉强度测试方法具有良好的稳定性。

3.2.2 实验室间的比对验证

选取 4 种絮片试样 (2 种絮片试样由针刺工艺制得, 1 种由熔喷工艺制得, 另 1 种由黏合工艺制得), 在四川省纤维检验局 (简称“四川纤检”) 的实验室内进行絮片抗拉强度测试, 同时将 4 种絮片试样分别委托中纺标检验认证股份有限公司 (简称“中纺标”) 与福建省纤维检验中心 (简称“福建纤检”) 这 2 家专业机构, 开展实验室间的比对测试与验证。

实验室间比对结果见表 3。可以看出, 对于 2 种宽度的试样, 3 家实验室测得的 4 种絮片试样的抗拉强度 CV 值均小于 10%, 表明各测试单位 (实验室) 的测试结果具有较高的一致性。由此可证实, 本文的测试方法具有良好的准确性和稳定性, 能够为相关产品的质量检测与评估提供可靠依据。

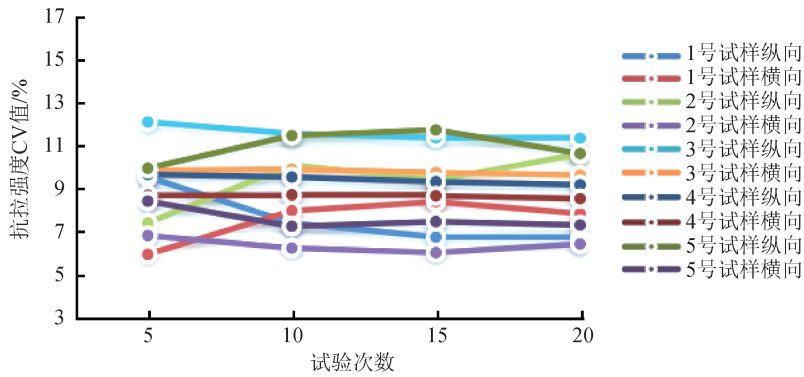


图1 试验次数对试样抗拉强度 CV 值的影响(试样宽 50 mm)

Fig. 1 Effect of test times on tensile strength CV values of samples(sample width:50 mm)

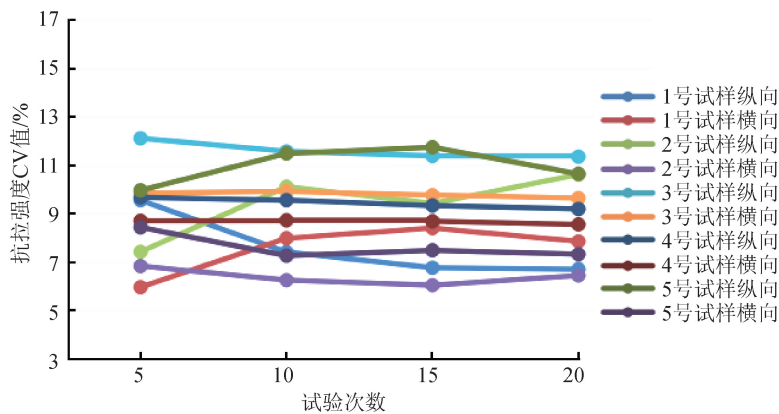


图2 试验次数对试样抗拉强度 CV 值的影响(试样宽 30 mm)

Fig. 2 Effect of test times on tensile strength CV values of samples(sample width:30 mm)

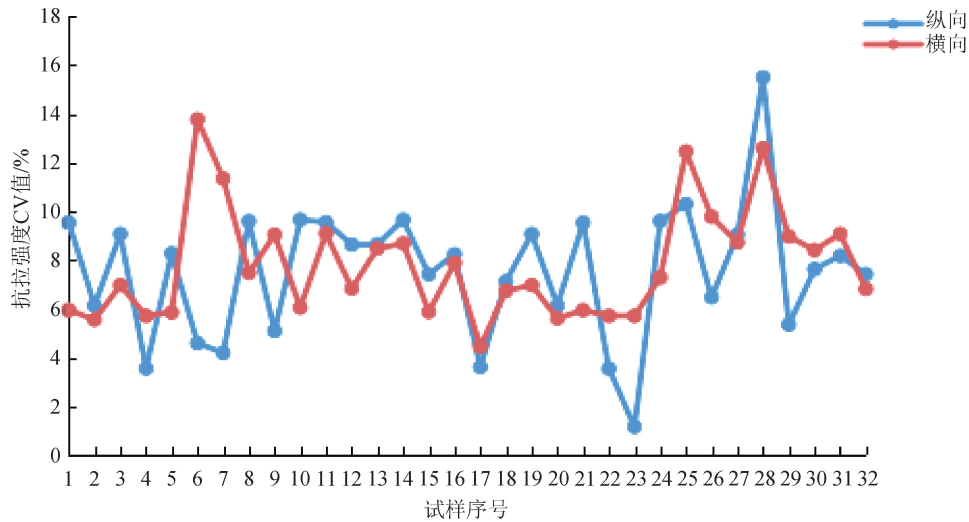


图3 32种试样的抗拉强度 CV 值(试样宽 50 mm)

Fig. 3 CV values of tensile strength of 32 samples (sample width:50 mm)

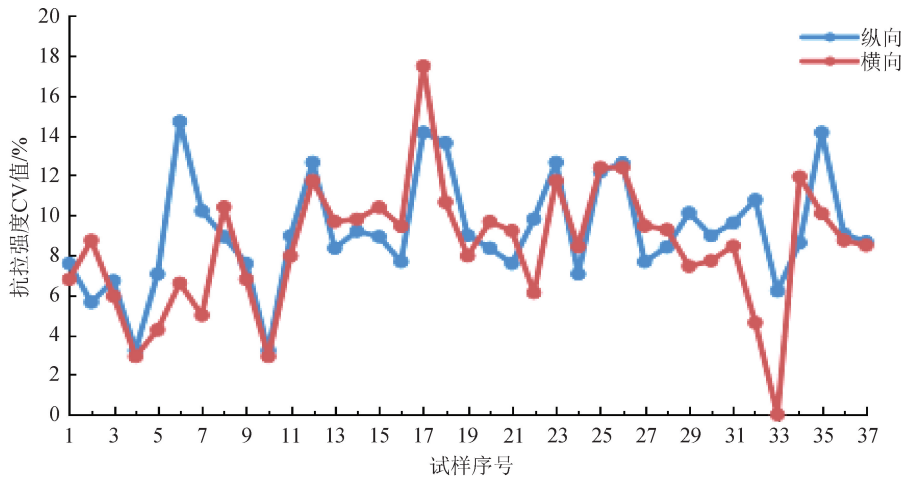


图 4 37 种试样的抗拉强度 CV 值(试样宽 30 mm)

Fig. 4 CV values of tensile strength of 37 samples (sample width:30 mm)

表 3 实验室间比对结果

Tab. 3 Laboratory intercomparison results

试样编号	试样宽度/mm	测试方向	抗拉强度/(N·g ⁻¹)				标准偏差/ (N·g ⁻¹)	CV 值/%
			四川纤检	福建纤检	中纺标	平均值		
1	50	纵向	7.10	7.17	6.43	6.90	0.41	5.92
		横向	12.69	12.03	12.46	12.39	0.34	2.72
	30	纵向	15.71	15.02	15.83	15.52	0.44	2.81
		横向	29.35	28.61	28.33	28.76	0.53	1.83
2	50	纵向	13.51	13.10	11.88	12.83	0.85	6.61
		横向	43.19	45.54	41.64	43.46	1.96	4.51
	30	纵向	28.17	26.30	31.95	28.81	2.88	9.98
		横向	97.43	100.54	99.10	99.02	1.55	1.57
3	50	纵向	7.63	8.47	7.45	7.85	0.54	6.92
		横向	21.54	23.21	20.39	21.72	1.42	6.53
	30	纵向	19.10	18.32	21.64	19.69	1.74	8.82
		横向	51.93	53.67	47.59	51.06	3.13	6.13
4	50	纵向	378.91	362.77	385.01	375.56	11.49	3.06
		横向	361.34	379.73	376.67	372.58	9.86	2.65
	30	纵向	725.05	715.90	721.61	720.85	4.62	0.64
		横向	719.54	715.42	748.34	727.77	17.94	0.30

4 结语

为全面、精准地评估絮片材料的力学性能,本文在剖析现有絮片抗拉强度测试方法局限性的基础上,提出一种新的絮片抗拉强度测试方法。在测试结果呈现上,采用纵向(沿絮片长度方向)与横向(沿絮片宽度方向)的双维度策略。测试时,分别从纵向和横向各选取 5 块试样进行独立测试,结果取各方向 5 块试样抗拉强度的平均值。考虑到实际应

用中絮片材料规格的多变性,本文将絮片抗拉强度测试细分为大小面积 2 种。其中:大面积试样宽度设定为(50.0±0.5)mm、隔距长度为 100 mm、拉伸速度为 100 mm/min;小面积试样宽度设定为(30.0±0.5)mm、隔距长度为 50 mm、拉伸速度为 50 mm/min。验证性试验结果表明,本文提出的絮片抗拉强度测试方法适用范围广、可操作性强、重现性好、稳定性高,能够更为准确、全面地反映絮片材料抵抗外力破坏的能力。

本文提出的絮片抗拉强度测试方法可广泛应用

于以植物纤维、动物纤维或化学纤维为原料制成的各类均匀片型绵状物絮片及其制品,这些絮片及其制品通常厚度不大于 3 cm,具有保暖、隔热或减震等功能。其他类型的絮片也可参照该方法进行测试。此外,该方法可为絮片及其制品的采购验收提供重要保障,同时也可各类絮片制品的耐用性能评估提供重要依据。尤其是在絮片应用较广的应急救援、公共事业、军警装备等特种领域,该方法能够为相关产品提供有力的技术支持。



期刊采编平台



中国知网下载

参考文献

- [1] 杜雪莹,孙晓霞,陈文娟,等. 非织造保暖材料研究进展[J]. 产业用纺织品,2018,36(5):8-12.
- [2] 钱晓明,张恒. 基于组合技术的先进非织造材料创新方法及其应用[J]. 纺织导报,2020(1):65-72.
- [3] 董激文,李素英,陈蕾,等. 木棉纤维絮片制标中关键指标的确立[J]. 产业用纺织品,2023,41(6):42-50.
- [4] 陈迈,刘叶,常亚楠,等. 木棉纤维絮片增强水凝胶制备及其界面蒸发性能[J/OL]. 东华大学学报(自然科学版),1-9[2025-01-25]. <https://doi.org/10.19886/j.cnki.dhdz.2024.0323>.
- [5] 吴波,汪泽幸,李帅,等. 保暖材料研究现状与发展前景[J]. 湖南工程学院学报(自然科学版),2021,31(1):74-79.
- [6] 王智蓉,马宇新,王文强,等. 防寒保暖用非织造材料研究进展[J]. 印染,2024,50(10):98-102.
- [7] 钱程. 非织造布絮片保暖性能的探讨[J]. 产业用纺织品,1999,17(9):16-18.
- [8] 唐静静,薛文良,沈华,等. 蚕丝、羽绒及其组合絮片的保暖性能分析[J]. 上海纺织科技,2024,52(4):81-85.
- [9] 廖侠,沈兰萍,陈静. 新型非织造保暖絮片的开发[J]. 合成纤维,2017,46(3):44-46.
- [10] 王利伟,俞镇慌. 羽毛纤维与化纤混合非织造絮片服用性能研究[J]. 产业用纺织品,2005,23(6):32-35.
- [11] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 纺织品 非织造布试验方法 第3部分:断裂强力 and 断裂伸长率的测定(条样法): GB/T 24218.3—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [12] 中华人民共和国公安部. 警服材料 保暖絮片: GA 353—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [13] 总后勤部军需产品质量监督检测中心. 絮片抗拉强度的测定:JSB 9.2—1992[S]. [出版地不详:出版者不详],1992.
- [14] 国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 纺织品 调湿和试验用标准大气: GB/T 6529—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [15] 国家标准化管理委员会. 数值修约规则与极限数值的表示和判定: GB/T 8170—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2009.
- [16] CHEN B, YU J R, ZHOU Y S, et al. Preparation, structure and properties of boron modified high-ortho phenolic fibers[J]. Fibers and Polymers, 2016, 17(5): 678-686.
- [17] 杨金莲. 酚醛纤维纺纱工艺优化及其织物性能评价[D]. 天津:天津工业大学,2016.
- [18] 罗益锋,罗晰旻. 耐热防火纤维的最新进展[J]. 高科技纤维与应用,2016,41(1):24-28.
- [19] 刘春玲,郭全贵,史景利,等. 酚醛纤维在热处理过程中微结构的变化[J]. 新型炭材料,2004(2):124-128.
- [20] 马先发. 气相色谱-质谱联用技术简介及应用[J]. 广东化工,2020,47(18):168.

(上接第 29 页)

欢迎投稿《产业用纺织品》

<https://cyyf.cbpt.cnki.net> techtex@dhu.edu.cn