

棉纤维集合体压缩后性能分析

孔繁荣, 周 钦, 陈莉娜

(河南工程学院 纺织新产品开发河南省工程实验室, 河南 郑州 450007)

摘 要: 通过改变压缩负荷和压缩时间对一定质量的普通细绒棉和有机细绒棉的纤维集合体进行了压缩, 并对压缩前后棉纤维的基本性能进行了测试。结果表明: 在一般的压缩条件下纤维的纵向形貌没有明显的变化, 在压缩时间为 200 h、压缩负荷为 30 kg 的试验条件下普通细绒棉纵向出现了劈裂现象; 随着压缩时间的延长和压缩负荷的加大, 棉纤维长度和断裂伸长率呈增长趋势, 线密度、短纤维指数和断裂强度呈降低趋势; 纤维长度和线密度的变化受压缩时间的影响更大, 断裂强度和断裂伸长率的变化受压缩负荷的影响更大。

关键词: 压缩性; 棉纤维; 压缩试验; 压缩时间; 压缩负荷

中图分类号: TS113.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)03-0007-04

Performance analysis of cotton fiber assembly after compression

KONG Fanrong, ZHOU Qin, CHEN Li'na

(Henan Institute of Engineering, Henan Engineering Laboratory of New Textiles Development, Zhengzhou 450007, China)

Abstract: The compression performance is one of the important physical and mechanical properties of cotton fibers. The compression density or compression time of the fiber assembly may affect the mechanical properties and morphological structure of the fiber. A certain mass of fiber assembly of ordinary cotton and organic cotton are compressed through changing the compression load and time, and properties before and after compression are tested. These experiments show that the morphology along fiber length does not change obviously under general compression, but when the compression time is 200 hours and the compression load is 30 kilograms, the ordinary cotton split off. With the growth of compression time and load, the length and elongation of cotton increase, and the line density, short fiber index and breaking strength decrease. The compression time influences more by the change of the length and line density, and the compression load influences more by the change of breaking strength and elongation.

Key words: compressibility; cotton fiber; compressive test; compressive time; compressive load

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.03.003

棉纤维生长于棉籽上, 是前期缓慢增长(增长期), 后期沉积变厚至成熟(加厚期)的单细胞物质。从棉花的采摘到收储、加工等环节, 棉纤维集合体会被反复多次压缩、放松, 在打包压缩过程中, 需注意棉纤维集合体的抗压缩压力、压缩紧密度与打包压力的关系, 以及打包后棉包的包内压力是否会引起崩包现象; 而压缩更是贯穿纤维整个加工过程, 因而棉纤维集合体的压缩性能与棉纤维材料的各种性能密切相关。

目前关于纤维集合体的压缩性能研究多集中在木棉、羊毛或羊绒上, 如房超^[1]的木棉纤维集合体的压缩性能研究, 楼英等人^[2]所做的木棉絮料的压缩性能测试分析, 高瑞东等人^[3]的变异山羊绒纤维集合体的压缩性能研究, 刘茜^[4]的纤维集合体压缩力学行为的研究, 李勇等人^[5]对棉纤维集合体压缩性能的集合体压缩量、体积质量与压缩力的关系进行了研究。可见,

对于纤维集合体在压缩后纤维性能变化上的研究还比较少见。本文对一定量的棉纤维集合体在不同的压缩负荷以及压缩时间下设计了压缩试验, 并对压缩前后的基本性能进行了分析, 为此方面的理论研究提供一定的参考。

1 棉纤维集合体的压缩试验

1.1 试验原材料

试验原材料选用了普通细绒棉和有机细绒棉, 两者的基本性能指标见表 1。表 1 中线密度的测试方法为中段切断称重法, 仪器为 Y171 型纤维切断器; 其他性能指标均由 XJ128 型快速棉纤维性能测试仪完成。

表 1 试验原材料的基本性能

性能指标	普通细绒棉	有机细绒棉
线密度/dtex	1.817	1.760
长度/mm	27.138	29.964
短纤维指数/%	19.440	17.594
断裂强度/(cN · tex ⁻¹)	26.298	29.274
断裂伸长率/%	5.740	5.116
马克隆值	5.698	4.068
成熟度	0.960	0.862
整齐度/%	81.642	83.100

收稿日期: 2017-12-07

基金项目: 2011 年河南省科技发展计划项目(112102310555); 2016 年度纺织新产品开发河南省工程实验室开放课题(GCSYS201609); 2016 年度河南省服用纺织品工程技术研究中心开放课题(CTERC201605); 2017 年度河南省高等学校重点科研项目(17A540001)

作者简介: 孔繁荣(1980—), 女, 河南新乡人, 硕士, 讲师, 主要从事纺织品检验方面的研究。

由表1可见,普通细绒棉试样的长度、断裂强度、整齐度较有机细绒棉试样低,马克隆值、短纤维指数、断裂伸长率、成熟度则较高,线密度略大于有机细绒棉。

1.2 试验的设计与实现

1.2.1 棉纤维集合体压缩试验的设计

根据已有关于压缩性能的研究文献,影响纤维集合体压缩性能的主要因素有压缩负荷、压缩速度、压缩时间和压缩力^[6]等。由于试验仪器用具的限制,使得纤维集合体在压缩过程中受到的压缩速度与压缩力不能被准确计量,所以选用压缩负荷和压缩时间作为影响纤维集合体压缩性能的参数。压缩试验的试验仪器为自制的高为12.25 cm、底面积为78.54 cm²的圆柱形金属容器,通过不同质量的砝码加压实现压缩。

由于对棉纤维集合体的压缩试验是通过模拟棉花打包(包装)的过程来实现的,其中会涉及压缩负荷和压缩棉纤维集合体密度的变化关系^[7],所以在确定试验用压缩负荷时参考了GB 6975—2013《棉花包装》的要求,I型棉包两段的高度差不应大于50 mm,II型棉包两段的高度差不应大于20 mm。根据标准可知,棉花打包成棉包时的标准密度介于0.315~0.646 g/cm³,但是由于受试验研究所用器具的限制,无法使棉纤维集合体的压缩密度达到对应的国家标准,棉纤维集合体压缩时的密度最多只能增大至0.30 g/cm³左右(压缩负荷为30 kg)。在预试验中测得,当压缩负荷定为1.5 kg时,棉纤维集合体的压缩密度约可达0.085 g/cm³,当压缩负荷为15 kg时,棉纤维集合体压缩的密度可增大至0.150 g/cm³左右。所以为了在压缩试验中使压缩负荷有梯度性的变化,将作为变量的压缩负荷由轻到重设置为1.5、15、30 kg 3个梯度,将压缩时间设置为1、10、100、200 h 4个梯度。最终确定的8组试验条件见表2。

表2 压缩试验条件

试验条件	压缩时间/h	压缩负荷/kg
1 [#]	0	0
2 [#]	1	1.5
3 [#]	1	15
4 [#]	10	1.5
5 [#]	10	15
6 [#]	100	1.5
7 [#]	100	15
8 [#]	200	30

每组试验条件下的棉纤维集合体试样在压缩完成

后均立即从金属压缩容器中取出进行各项基本性能测试和形态检测,以尽量避免试验数据受到来自压缩后纤维集合体回复的影响。

1.2.2 棉纤维集合体压缩试验的实现

试验所进行的压缩主要是横向压缩,先利用天平称取约30 g的单组棉纤维试样,将其扯松,均匀地横向平铺在事先放好的圆柱形金属容器的底部,待纤维都已均匀铺好,再放上一块硬纸质盖板,尽可能使盖板与容器底部呈平行状态,并保证无多余棉纤维冒出于盖板之上。最后在盖板上均匀放置已计量好质量的砝码,以使盖板下面的棉纤维集合体受到充分且均匀的压力。当压缩试验在既定的压缩负荷下达到了规定的压缩时间,立即从容器中取出砝码和盖板,并对压缩后的棉纤维集合体进行下一步的测试分析。

2 结果与分析

2.1 棉纤维集合体压缩后的纵向形态

采用蔡司 Sigma 500 型场发射扫描电子显微镜对集合体微观形貌进行观察,扫描电镜照片见图1、图2。

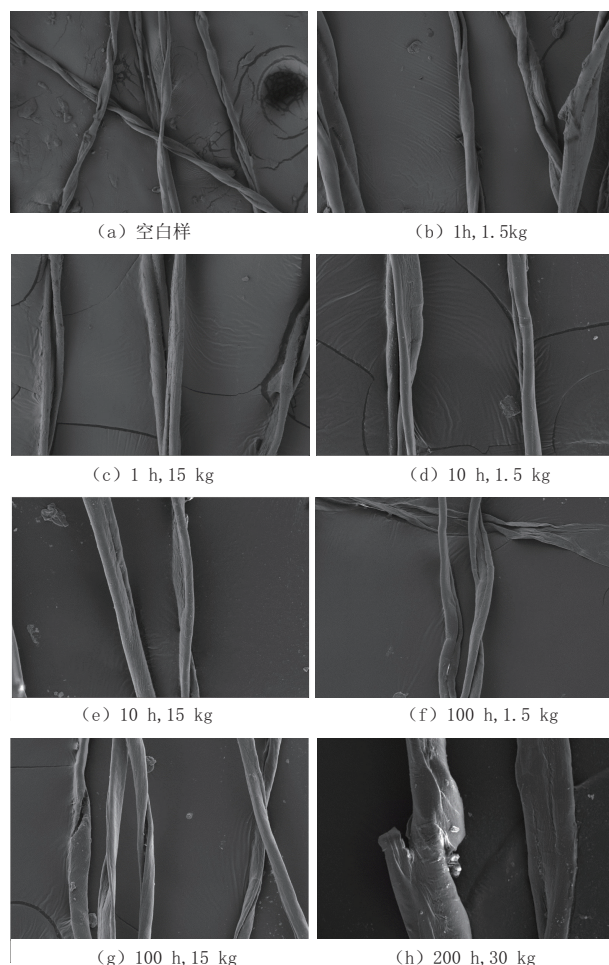


图1 普通细绒棉压缩后的纵向形态

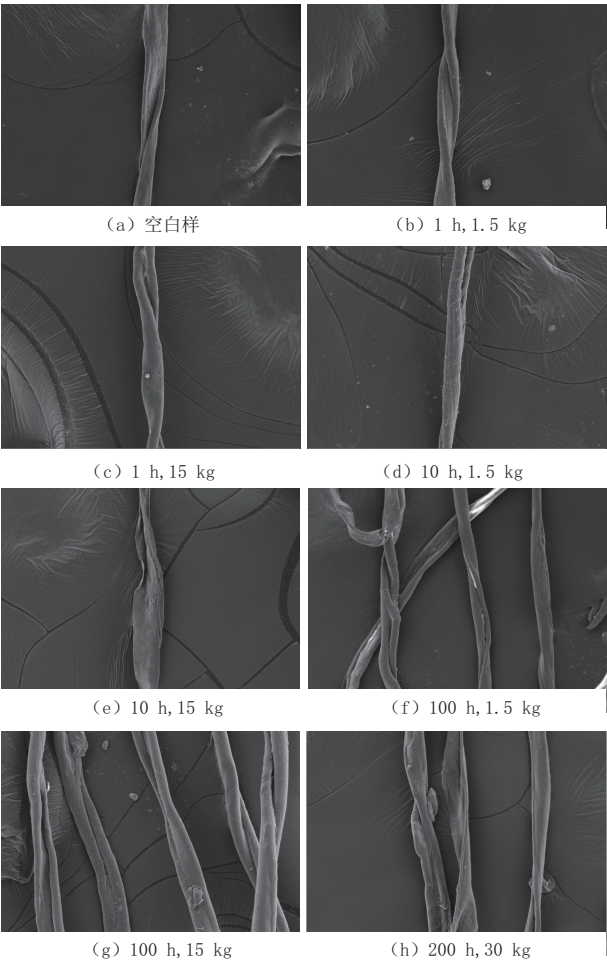


图 2 有机细绒棉压缩后的纵向形态

由于纤维的力学性能在很大程度上受到纤维自身形态结构的影响,所以在研究压缩后的纤维集体力学性能的同时对其进行形态结构的分析是很有必要的。从图 1、2 的纤维表现形态来看,有机棉纤维在各试验条件下其纵向结构均未出现明显变化;普通细绒棉纤维除试验条件 8[#]外,其他试样的纵向结构也未出现明显变化。

在对试验条件 8[#]进行扫描电镜观测时捕捉到其出现了劈裂现象。棉纤维集合体在密度被压缩为 0.80 g/cm³时就有可能发生劈裂^[8],此密度换算得到的压力值约为 1 530 N。当试验条件为压缩时间 200 h、压缩负荷 30 kg 时,棉纤维集合体的密度接近 0.30 g/cm³,虽然和文献中产生劈裂的条件有一定差距,但在研究所能实施的试验条件范围内是最接近极限值的。由此推测 8[#]试样的压缩试验条件可能已经接近纤维所能承受的压缩极限,且推测即使采用较小的压缩力但只要时间足够长,纤维的纵向形态也可能发生微小的改变。

2.2 棉纤维集合体压缩试验后的基本性能

2.2.1 棉纤维的长度及短纤维指数

8 组试验条件下得到的两种棉纤维试样的长度及短纤维指数数据见表 3。其中,增长率的计算是以纤维伸长的长度对未压缩前纤维长度之比的万分数表示,降低值是以纤维经压缩后的短纤维指数对压缩前纤维的短纤维指数之差表示。

表 3 8 种试验条件下的棉纤维长度和短纤维指数

试验条件	长度/mm		长度增长率/‰		短纤维指数/%		短纤维指数的降低值	
	普通细绒棉	有机细绒棉	普通细绒棉	有机细绒棉	普通细绒棉	有机细绒棉	普通细绒棉	有机细绒棉
1 [#]	27.138	29.964	0	0	19.440	17.594	0	0
2 [#]	27.144	30.106	2.2	47.4	19.378	17.578	0.062	0.016
3 [#]	27.162	30.186	8.8	74.1	19.353	17.288	0.087	0.306
4 [#]	27.208	30.320	25.8	118.9	19.316	17.278	0.124	0.316
5 [#]	27.210	30.376	26.5	137.5	19.230	17.134	0.210	0.460
6 [#]	27.254	30.416	42.7	150.8	19.146	16.472	0.294	1.122
7 [#]	27.684	30.726	201.2	254.3	17.858	16.468	1.582	1.126
8 [#]	29.428	32.078	843.8	705.5	17.644	15.360	1.796	2.234

从表 3 可以看出,两种试样的棉纤维集合体长度均随着压缩时间的延长和压缩负荷的加大呈现增长趋势,而短纤维指数均呈现降低趋势。这两种趋势的形成有可能是因为棉纤维集合体在压缩过程中被横向平铺进行压缩,集合体中的单根纤维受到来自横向全面的压力进而使纤维出现了轻微的延展。

由表 3 可以看出,在压缩负荷不变的情况下,即试验条件为 2[#]、4[#]、6[#]和 3[#]、5[#]、7[#]时,延长压缩时间使得纤维的长度提高较多且短纤维指数下降较大;而在压缩时间不变的情况下,即试验条件为 2[#]和 3[#]、4[#]和 5[#]、6[#]和 7[#]时,当压缩负荷增大,纤维的长度提高较少且短纤维指数下降较小,说明试验条件中压缩时间对压缩后纤维的长度和短纤维指数的影响较大。

2.2.2 棉纤维的线密度

8 组试验条件下得到的两种棉纤维试样的线密度数据见表 4,其中,降低率的计算是以纤维下降的线密度对未压缩纤维的线密度之比的万分数表示。可以看出,两种试样的线密度都随着压缩时间的延长和压缩负荷的加大呈现降低趋势。因为棉纤维在压缩过程中不是随机排列,而是由离散纤维制成纤维条后横向铺放在容器内,因此横向受压较大,这有可能会使纤维长度增加,内部中空变小,胞壁受到重压后发生变形,甚至变薄,最终使得试样在长时间受重压后纤维线密度变小。在压缩负荷不变的情况下,延长压缩时间使得纤维的线密度下降较多,而在压缩时间不变的情况下,

加大压缩负荷后纤维线密度的下降较小,说明试验条件中压缩时间对压缩后纤维的线密度影响较大。

表4 8种试验条件下的棉纤维集合体的线密度

试验条件	线密度/dtex		线密度的降低率/%	
	普通细绒棉	有机细绒棉	普通细绒棉	有机细绒棉
1 [#]	1.817	1.760	0	0
2 [#]	1.800	1.733	94	153
3 [#]	1.783	1.717	187	244
4 [#]	1.770	1.700	286	341
5 [#]	1.750	1.667	369	528
6 [#]	1.717	1.650	560	625
7 [#]	1.700	1.633	644	726
8 [#]	1.683	1.617	737	813

2.2.3 棉纤维的断裂强度及断裂伸长率

8组试验条件下得到的两种棉纤维试样的断裂强度及断裂伸长率见表5。其中,下降率的计算是以纤维下降的断裂强度对未压缩纤维的断裂强度之比的万分数表示,提高值是以纤维经压缩后的断裂伸长率对未压缩纤维的断裂伸长率之差表示。

表5 8种试验条件下的棉纤维集合体的断裂强度和断裂伸长率

试验条件	断裂强度/(cN·tex ⁻¹)		断裂强度下降率/%		断裂伸长率/%		断裂伸长率提高值	
	普通细绒棉	有机细绒棉	普通细绒棉	有机细绒棉	普通细绒棉	有机细绒棉	普通细绒棉	有机细绒棉
1 [#]	26.300	29.274	0	0	5.740	5.116	0	0
2 [#]	26.270	29.168	11.4	36.2	5.746	5.128	0.006	0.012
3 [#]	26.040	28.152	98.9	383.3	5.752	5.164	0.012	0.048
4 [#]	26.230	28.708	26.6	193.3	5.748	5.160	0.008	0.044
5 [#]	25.926	27.430	142.2	629.9	5.816	5.204	0.076	0.088
6 [#]	26.068	27.766	88.2	515.1	5.808	5.180	0.068	0.064
7 [#]	25.592	27.074	269.2	751.5	5.820	5.220	0.080	0.104
8 [#]	24.780	26.216	577.9	1 044.6	6.148	5.540	0.408	0.424

从表5可以看出,两种试样的棉纤维集合体的断裂强度都随着压缩时间的延长和压缩负荷的加大呈现下降趋势,断裂伸长率均呈现提高趋势。李勇^[7]、余楠等人^[8]曾提到过,这两种趋势的形成是因为棉纤维集合体在受到横向压缩的过程中单根纤维体间的接触点处出现压痕,单根纤维体内部结构的稳定性也会受到一定程度的削弱和破坏,甚至当压力过大时在单根纤维体上产生纵向的劈裂,使其拉伸应变特性减弱,从而使棉纤维的断裂强度降低及断裂伸长率提高。这也与扫描电镜观测中8[#]试验条件下的普通细绒棉纤维出现了劈裂现象互相验证。

在压缩负荷不变的情况下,延长压缩时间使得纤

维的断裂强度略有下降,断裂伸长率略有提高;而在压缩时间不变,加大压缩负荷的情况下,纤维的断裂强度下降较大且断裂伸长率提高较大。这说明试验条件中压缩负荷对压缩后纤维的断裂强度和断裂伸长率影响较大。

3 结 语

(1)经扫描电镜观察棉纤维集合体压缩后棉纤维的纵向形态结构可知,普通细绒棉试样在压缩时间200 h、压缩负荷30 kg的试验条件下出现了劈裂现象。

(2)两种棉纤维长度都随着压缩时间的延长和压缩负荷的加大呈现增长趋势,而短纤维指数呈现降低趋势,其中压缩时间对纤维长度和短纤维指数的影响较大。

(3)两种试样的线密度都随着压缩时间的延长和压缩负荷的加大呈现降低趋势,其中压缩时间对棉纤维线密度的影响更大。

(4)两种棉纤维的断裂强度都随着压缩时间的延长和压缩负荷的加大呈现下降趋势,而断裂伸长率呈提高趋势,其中压缩负荷对棉纤维的断裂强度及断裂伸长率的影响更大。

棉纤维经过压缩后的试验数据变化虽然都是微小的,但在现实生产过程中,打包棉花时密度比试验中的更大,所以棉纤维的长度、线密度、断裂强度、断裂伸长率的变化也应当较试验中的更大。在现实生产中应当关注棉花打包对其纤维可能造成的细微变化,以免影响后续的生产。



参考文献:

- [1] 房超.木棉纤维集合体的压缩性能研究[D].上海:东华大学,2011.
- [2] 楼英,王府梅,刘维.木棉絮料的压缩性能测试分析[J].纺织学报,2007,28(1):10-13.
- [3] 高瑞东,杨建忠,李发洲.变异山羊绒纤维集合体的压缩性能[J].毛纺科技,2011,39(2):39-41.
- [4] 刘茜.纤维集合体压缩力学行为的研究:1.压缩特性曲线的表征与特征值的提取[J].纺织学报,2009,30(3):22-27.
- [5] 李勇,沈杨柳,陈晓川.棉纤维集合体压缩性能研究[J].棉纺织技术,2016,44(11):18-22.
- [6] 陈运能,邓栋,吴小琴.定向纤维集合体压缩性能的研究[J].东华大学学报(自然科学版),2002,28(3):83-86.
- [7] 李勇,张宏,张永强.棉纤维集合体压缩力传递与密度关系[J].纺织学报,2016,37(11):18-24.
- [8] 余楠.棉纤维断裂比强度和断裂伸长率[J].中国棉花,1995(1):33-35.