

纺织纤维物理性能

上册

〔英〕 W. E. 毛顿 J. W. S. 亥尔 著
上海市棉纺织工业公司技术研究委员会 译

中国财政经济出版社

PHYSICAL PROPERTIES OF TEXTILE FIBRES

W. E. Morton J. W. S. Hearle

Butterworths Scientific Publications

1962

紡織纖維物理性能

上 冊

〔英〕W. E. 毛頓 J. W. S. 亥尔 著

上海市棉紡織工业公司技术研究委员会 譯

*

中国財政經濟出版社出版

(北京永安路18号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第111号

中国財政經濟出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

*

850×1156毫米1/32·9 印张·200千字

1965年9月第1版

1965年9月北京第1次印刷

印数: 1~2,500 定价: (科六)1.40元

统一书号: 15166·273

纺织纤维物理性能

上 册

〔英〕 W. E. 毛 顿 J. W. S. 亥 尔 著
上海市棉纺织工业公司技术研究委员会 译

中国财政经济出版社

1965年·北 京

內 容 提 要

本书是一部讨论纺织纖維物理性能的专门著作，书中并概括地阐述了纖維的结构。全书共有六篇，中译本分为上下两册出版。上册包括三篇，第一篇是对纖維结构的概述，除概括地阐述了纖維的分子结构和微细结构外，还简单介绍了研究纖維结构的各种方法；第二篇阐述了纖維的长度、细度和密度等的测量方法和试样的采取方法；第三篇比较详细地评述纖維吸湿过程的各种理论，着重分析了吸湿过程中回潮率、相对湿度、吸着热、温度、水分保持量、膨胀和弹性性能等因素间的相互关系和相互作用，并扼要地介绍了有关的实验研究方法和实验结果。下册包括纖維的机械性能、电学性能和其他性能三篇。

本书由蒋学桢同志翻译，谭炳勋同志校阅，还经华东纺织工学院严灝景同志作技术审校。

目 录

第一篇 纖維結構概論

第一章 纖維結構概論	(12)
1.1 引言	(12)
1.2 纖維結構的研究方法	(13)
1.2.1 論 据来源	(13)
1.2.2 紅外線輻射的吸收作用	(14)
1.2.3 X射線衍射的研究	(16)
1.2.4 电子显微术	(24)
1.3 纖維的分子結構	(31)
1.3.1 纖維的构成条件	(31)
1.3.2 作为定向結晶聚合物的纖維	(32)
1.3.3 天然纖維素纖維	(35)
1.3.4 再生纖維素和变性纖維素	(37)
1.3.5 海藻酸纖維	(38)
1.3.6 天然蛋白質纖維	(38)
1.3.7 再生蛋白質纖維	(45)
1.3.8 合成纖維	(45)
1.3.9 矿物纖維	(51)
1.4 纖維的微細結構	(52)
1.4.1 問題的提出	(52)
1.4.2 观察到的結構	(53)
1.4.3 一般理論	(55)

1.5	主要结构特征	(59)
1.5.1	结构的級位	(59)
1.5.2	棉和其他天然纖維素纖維	(59)
1.5.3	再生和变性纖維素纖維	(62)
1.5.4	羊毛	(63)
1.5.5	其他纖維	(64)
1.6	热力学和纖維结构	(65)

第二篇 纖維的尺寸

第二章	决定纖維性能所用的采样方法	(70)
2.1	一般条件	(70)
2.2	数字试样和长度偏倚试样	(72)
2.2.1	长度偏倚	(73)
2.2.2	頻率、长度比例和重量比例	(74)
2.2.3	使用夹具来采取长度偏倚试样	(75)
2.3	自然长度偏倚	(75)
2.4	自然长度偏倚的避免	(76)
2.5	扯平法及切断扯平法采样	(77)
2.5.1	扯平法	(77)
2.5.2	切断扯平法	(78)
2.6	染色采样	(79)
2.7	分组法	(81)
2.7.1	自松散状态的原料中采样	(82)
第三章	纖維长度	(85)
3.1	纖維长度离差	(85)
3.2	纖維长度的工艺意义	(88)
3.3	长度分布和纖維排列图	(89)

3.3.1	頻率图	(89)
3.3.2	累积图	(91)
3.3.3	长度偏倚試样的分布	(92)
3.3.4	須丛图	(94)
3.3.5	重量分布	(96)
3.4	棉纖維的手扯长度	(97)
3.5	鬚曲	(99)
第四章	纖維长度的測量	(101)
4.1	单纖維測量法	(101)
4.1.1	涂蜡玻璃板法	(101)
4.1.2	英国羊毛工业研究协会的长度試驗机	(102)
4.2	梳片式測量法	(103)
4.2.1	纖維长度分析器	(103)
4.2.2	梳片式纖維长度分析器	(104)
4.3	包氏棉纖維长度分析器	(108)
4.4	间接測量法	(111)
4.4.1	烏氏纖維长度測定器	(111)
4.4.2	纖維照影机	(116)
4.5	切段称重法	(120)
4.5.1	第一种方法	(120)
4.5.2	第二种方法	(121)
4.5.3	第三种方法	(122)
4.5.4	第四种方法	(123)
4.6	锡莱光电測长器	(124)
第五章	橫向尺寸	(129)
5.1	名词和定义	(129)
5.2	纖維尺寸间的关系	(131)

5.2.1	圓截面的实心纖維·····	(131)
5.2.2	非圓形截面的实心纖維·····	(131)
5.2.3	圓截面的空心纖維·····	(132)
5.3	纖維細度的工艺意义·····	(132)
5.3.1	織物的挺直性、手感和懸垂性·····	(132)
5.3.2	扭轉刚度·····	(133)
5.3.3	光的反射·····	(133)
5.3.4	液体和蒸汽的吸收·····	(134)
5.3.5	纖維的抱合力和粘度·····	(134)
5.3.6	紗綫均匀度·····	(134)
5.4	細度离差·····	(135)
5.4.1	各試样間的細度离差·····	(135)
5.4.2	試样內部的細度离差·····	(136)
5.4.3	纖維本身的細度离差·····	(137)
5.5	細度的显微測量法·····	(138)
5.5.1	闊度和直径·····	(138)
5.5.2	纖維截面的測量·····	(139)
5.6	細度的重量測量法·····	(140)
5.6.1	整根纖維測量法·····	(140)
5.6.2	切割中段測量法·····	(141)
5.7	气流測定法·····	(142)
5.7.1	气流关系·····	(142)
5.7.2	歇菲尔特气流仪·····	(144)
5.7.3	英国羊毛工业研究协会細度仪·····	(146)
5.7.4	赫脫尔气流仪·····	(148)
5.8	振動測定法·····	(150)
5.9	棉纖維成熟度·····	(152)

5.9.1	工艺意义	(152)
5.9.2	計算的成熟度	(153)
5.9.3	成熟系数	(154)
5.9.4	間接法	(157)
第六章	纖維密度	(163)
6.1	引言	(163)
6.2	測量方法	(163)
6.3	測量結果	(165)

第三篇 纖維的吸湿

第七章	吸湿平衡	(170)
7.1	引言	(170)
7.2	定义	(171)
7.2.1	湿度	(171)
7.2.2	平衡	(171)
7.2.3	回潮率与含水率	(171)
7.2.4	公定回潮率	(172)
7.3	回潮率的測量	(173)
7.3.1	重量分析法	(173)
7.3.2	使試样干燥所遇到的困难	(173)
7.3.3	实验方法	(175)
7.3.4	其他直接方法	(177)
7.3.5	間接方法	(177)
7.4	回潮率和相对湿度间的关系	(178)
7.4.1	一般情况	(178)
7.4.2	各种纖維的比較	(181)
7.4.3	温度的影响	(185)

7·4·4 应力的影响·····	(188)
第八章 吸着热 ·····	(192)
8·1 定义·····	(192)
8·2 测量方法·····	(194)
8·3 测量结果·····	(195)
8·4 热的放出的影响·····	(199)
第九章 吸湿速率 ·····	(201)
9·1 引言·····	(201)
9·2 水分的扩散·····	(201)
9·2·1 扩散方程和它的解·····	(201)
9·2·2 纖維材料的扩散系数·····	(205)
9·2·3 水分向干燥纖維的渗透·····	(208)
9·2·4 纖維团的給湿·····	(209)
9·2·5 和实验結果的比較·····	(211)
9·3 湿度变化和热变化的相互作用·····	(211)
9·3·1 給湿过程·····	(211)
9·3·2 湿度变化和热变化向纖維团的渗透·····	(214)
9·3·3 压力通风下的变化·····	(220)
9·4 实际影响·····	(222)
9·4·1 給湿·····	(222)
9·4·2 吸湿对衣着的影响·····	(226)
第十章 液态水的保持 ·····	(228)
10·1 引言 ·····	(228)
10·2 湿纖維的离心脫水法 ·····	(228)
10·2·1 实验方法 ·····	(228)
10·2·2 水分保持量的理論估計 ·····	(229)
10·2·3 实验結果 ·····	(230)

10·3 抽吸法	(231)
10·3·1 实验方法	(231)
10·3·2 抽吸、毛细管大小和湿度之间的关系	(231)
10·3·3 实验结果	(232)
10·3·4 纤维间的粘附力	(235)
第十一章 纤维的膨胀	(237)
11·1 引言	(237)
11·1·1 纤维膨胀的工艺意义	(237)
11·1·2 定义	(237)
11·2 膨胀的测量	(239)
11·2·1 体积膨胀	(239)
11·2·2 轴向膨胀	(240)
11·2·3 横向膨胀	(240)
11·3 测量结果	(241)
11·3·1 纤维在水中的膨胀	(241)
11·3·2 纤维在不同湿度下的膨胀	(242)
第十二章 吸湿理论	(244)
12·1 一般观念	(244)
12·1·1 引言	(244)
12·1·2 亲水基团的作用	(244)
12·1·3 直接和间接吸收的水分子	(246)
12·1·4 结晶区和无定形区的吸湿作用	(246)
12·1·5 滞后现象——一种分子解说	(248)
12·1·6 有限膨胀	(249)
12·1·7 毛细管水分	(251)
12·2 吸湿的定量理论	(253)
12·2·1 一种早期的理论	(254)

12·2·2	多层吸附 理論：布魯諾-安默脫-泰勒 方程（簡称B.E.T.方程）·····	(259)
12·2·3	B.E.T. 方程及其修正式在纖維上的 应用 ·····	(262)
12·2·4	极化作用——多分子层的一种机理 ·····	(266)
12·2·5	溶解理論 ·····	(267)
12·2·6	海尔烏特和霍洛平理論 ·····	(269)
12·3	吸湿、膨胀和弹性性能间的关系 ·····	(272)
12·3·1	膨胀和渗透作用 ·····	(272)
12·3·2	机械力对吸湿作用影响的定性觀念 ·····	(272)
12·3·3	內抑制，可塑性和滞后現象 ·····	(274)
12·3·4	热力学关系 ·····	(275)
12·3·5	卡錫的减压回潮率-相对湿度曲綫·····	(281)
12·4	表面吸附 ·····	(282)
12·5	溫度的影响 ·····	(283)

第 一 篇

纖維結構概論

第一章 纖維結構概論

1.1 引 言

纖維物理學研究纖維的結構和物理性能。這兩方面是相互依賴的：性能的解釋有賴於結構，而性能又有助於結構的闡明。由於這一關係，本書在開始時先評述纖維結構知識。

物質由原子組成，這些原子被各種強度的鍵連接着。原子的排列和它們之間的鍵的強度，決定着物質的物理性能。例如，以氫原子之類的輕原子而言，它們相互吸引的力非常小，原子的能量足以（除非在極度低溫時）引起原子的自由運動，這種物質就成為氣體。由較重的原子組成的物質，或者是由含有兩三個強力（價鍵）連結着的原子的那些分子所組成的物質，如果分子與分子間的吸引力微弱，即使有較高的液化點，也將是一種氣體。這種分子與分子間的微弱的力通常被稱為范德瓦耳斯力，因為它是范德瓦耳斯在修正氣體定律時所考慮的造成實在氣體和理想氣體間差別之一的原因。如分子很重，相互吸引力很強，則原子在室溫條件下將不具有足以產生自由運動的能量，這種物質則為液體或固體。

有些材料由巨分子組成。例如，在金剛石晶體中，所有原子由價鍵連接在一有規則的空間網狀結構中。這就使它成為一個很堅硬而不能熔化的材料。石墨也由純碳組成，它的原子只在各平面上由價鍵相連接；平面之間的吸引力是微弱的，因而這種材料很易裂成片狀，並且各片狀體能相互滑動而產生潤滑作用。橡膠

中只有一个方向的连接。由于长链分子之间只有微小的吸引力，不能阻止在分子的自然能作用下所导致的极不规则的、随机的和纠缠着的排列，如图1·1（甲）所示。但如被拉伸，分子就会伸直而产生极大的伸长，如图1·1（乙）所示。这种伸长是可逆的，因为除去张力时分子就会回复到随机纠缠状态。

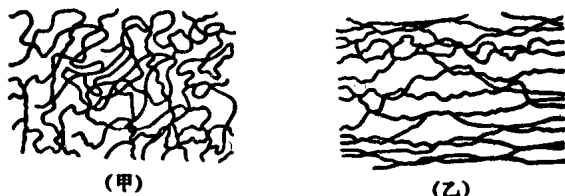


图1·1 （甲）橡胶长链分子的不规则排列
（乙）拉伸时橡胶分子的取向排列

从这些例子，可见材料的特性取决于它的分子排列。应该研究材料必须具有怎样的分子排列，才能形成纤维。按照英国纺织学会所下的定义，纤维是具有挠性、细度、和长度对厚度的高比率等特性的材料单位。纤维若要适合任何纺织用途，除了以上特性之外，还必须具备相当大的温度稳定性和一定程度的最低强力 and 伸长率。

1·2 纤维结构的研究方法

1·2·1 论据来源

纤维结构的阐述系根据以下资料来源：

- （1）纤维的化学性能——它的制备、组成、分子式和反应；
- （2）红外线辐射的吸收作用；
- （3）X射线衍射的研究；
- （4）光学性能；

- (5) 光学显微术;
- (6) 电子显微术;
- (7) 一般物理性能。

其中纖維的化学性能是一独立的科目, 它的结果将在这里加以讨论; 光学和一般物理性能为本书其他各章的讨论主题: 光学显微术的一般原理是众所周知的, 它的方法在专门教科书中都已涉及。其他三项是比较新的专门技术, 这里予以简述将是有帮助的。

1.2.2 紅外線輻射的吸收作用

由波长 1 至 15 微米的电磁波所组成的红外线辐射通过一材料时, 它在某种特性频率下被吸收得最多。用红外线分光仪可测得红外线的吸收差异, 并可绘出它对波长, 或更普通的是对波长的倒数, 即波数之间的关系。图 1.2 表示耐纶的吸收光谱。

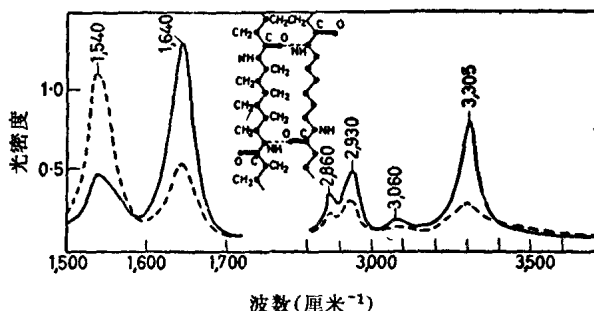


图 1.2 耐纶的红外线吸收光谱

(根据班福特、埃利奥脱和汉贝^[1])

实线: 电矢量垂直于纖維軸

虚线: 电矢量平行于纖維軸

曲线各峰值系由于: N—H 的伸展, 3,305 厘米⁻¹

$\begin{array}{c} \text{O} < \text{H} \\ \text{H} \end{array}$ 的伸展, 2,930 与 2,860 厘米⁻¹

C=O 的伸展, 1,640 厘米⁻¹

与—NH 及相邻的键有关, 不确定, 1,540 厘米⁻¹

图中的插画是耐纶 66 的晶体结构 (本氏和迦纳^[2])

当电磁波频率和材料中两原子间的自然振动频率相符时，曲线出现顶峰。如与一电偶极子相接，则电场的变化将造成振动，并从辐射中吸收能量。基本振荡产生于波数小于 $4,000\text{厘米}^{-1}$ 时，这些振荡将产生强烈的吸收现象，因而只能在极薄的薄膜中进行研究。在波数较大、近于光频时，吸收作用将由于基频谐波而产生，在这一范围内的吸收光谱较为复杂。但由于吸收作用较弱，可用纤维束之类的较粗的试样进行研究。

产生吸收时的波数主要取决于两原子的性质和它们之间的键合性质。这样就有 $\geq \text{C}-\text{H}$ ， $> \text{C}=\text{O}$ ， $\geq \text{C}-\text{O}-$ ， $-\text{O}-\text{H}$ ， $> \text{N}-\text{H}$ ， $\geq \text{C}-\text{C} \leq$ ，和 $> \text{C}=\text{C} <$ 等基团所特有的吸收频率。在较小程度下，吸收频率会受到邻近的其他基团的影响：例如，端基 $-\text{CH}_3$ 中碳氢键的吸收频率和 $-\text{CH}_2-$ 链中碳氢键的吸收频率是不同的。

因此，红外线的吸收作用最初是用来帮助检定分子中某些基团的存在，以便决定它的化学式。这种方法也可用于日常分析中，通过对特性光谱的观察，以检定并定量估计混合物中某些即使数量极微的物质的是否存在。例如，可用它来决定纤维中的含水量。

应用这种方法也可获得结构方面的其他资料。如果是极化红外线辐射，原子的振荡将从某一取向的最大值变为与它成垂直的另一取向的最小值。这就是所谓红外线的二色性。因此，吸收光谱随着极化方向而起的变化的，可以用来研究纤维中分子的取向度。例如在耐纶中， $> \text{N}-\text{H}$ ， $-\text{CH}_2$ 和 $-\text{C}=\text{O}$ 的吸收光谱带在电矢沿着分子链方向振动时，表示微弱的吸收，而在电矢垂直于链轴线振动时则表示强大的吸收。图1·2中的曲线说明经抽伸的耐纶的高度分子取向。

红外线二色性除用于决定总的分子的取向度外，还可用来求