

高等纺织院校教材

纤维素与粘胶纤维

上册

纺织工业出版社

高等纺织院校教

纤维素与粘胶纤维

上册

(纤维素化学及物理)

杨之礼 蒋听培 编
王庆瑞 邬国铭

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书分上、中、下三册。上册为纤维素化学及物理；中册为粘胶纤维生产原理；下册为粘胶纤维主要品种的生产。

本书作为高等纺织院校化纤专业教材，并供从事粘胶纤维和粘胶薄膜的科技人员和技术工人参考，也可供精制浆、林产化学、醋酸纤维、硝化纤维素等方面的从业人员及有关专业的师生参考。

前 言

粘胶纤维是化学纤维中历史最悠久的品种之一，自问世后的七十多年来，产量不断增长。1978年粘胶纤维的世界产量为360~380万吨，约占化学纤维年产量的四分之一。

粘胶纤维的品种繁多，各有特性，在民用、工业、医药卫生以及国防、科研等部门都有广阔的用途。粘胶纤维具有吸湿性好，容易染色，抗静电，较易于纺织加工，织物穿着舒适等特性，与天然纤维及合成纤维混纺交织，更能充分发挥这些特性，而补其它纤维之不足。因此，在发展合成纤维的同时，按比例发展粘胶纤维是很必要的。

粘胶纤维的基本原料——纤维素，在自然界中有着巨大的贮备量，并能迅速地、不断地恢复。充分利用这种丰富的天然资源，发展粘胶纤维工业，对我国这样一个人口众多的国家，在政治上、经济上都具有重要意义。

为促进我国粘胶纤维工业的发展，培养更多的科技人材，在纺织工业部的领导下，由纺织高等院校化纤专业教材编审委员会组织华南工学院、天津纺织工学院和华东纺织工学院三校合编本教材，作为纺织高等院校化纤专业教学用书，也可供从事粘胶纤维的科研人员、生产技术人员及技术工人参考。

本书在内容上注意加强了粘胶纤维的基础理论和生产原理。编排上分为三篇共十八章。第一篇：纤维素化学及物理，重点阐明纤维素纤维的形态结构、分子结构、超分子结构及其与性能的关系等；第二篇：粘胶纤维生产原理，重点阐明粘胶制备与纺丝

成形的工艺原理；第三篇：粘胶纤维主要品种的生产，以普通粘胶短纤维为典型品种作较全面介绍，其它品种则着重介绍其特点。

本书由杨之礼主编。第一至六章由杨之礼编写，王庆瑞审阅；第七、八、十四、十八章由蒋听培编写，邬国铭审阅；第九、十、十一、十五、十六、十七章由王庆瑞编写，杨之礼审阅；绪论、第十二、十三章由邬国铭编写，蒋听培审阅。最后由主编审校。

本书经北京化纤学院、苏州丝绸工学院、成都科技大学、天津纺织工学院、华东纺织工学院、华南工学院等院校化纤专业教材编委及特邀代表和广东化纤研究所、广州化纤厂等单位的代表共同审定。

本书编写过程中，华南工学院、天津纺织工学院、华东纺织工学院三校化纤专业教研室和有关同志，以及为本书抄写和描图的同志，给了我们大力的支持和帮助；在审稿会上，各院校代表对书稿提出了宝贵的意见和建议；编者在此一并致以衷心的感谢。

方柏容教授对本书的编写和审定，给予了支持和帮助，提出不少宝贵意见，在此特表感谢。

由于我们的水平所限，本书不论在取材内容、编排及文字等方面，一定还存在缺点或错误，恳切希望各地的专家们、老师们和同学们批评指正。

编者

一九八〇年三月

统一书号：15041·114

定 价： 0.91 元

目 录

绪 论	(1)
一、粘胶纤维发展概况	(1)
二、粘胶纤维的前途	(2)
三、粘胶纤维的用途	(4)
四、粘胶纤维生产的基本过程	(6)
五、粘胶纤维工业科技发展的方向	(10)

第一篇 纤维素化学及物理

第一章 植物纤维原料的化学成分及纤维的形态结构	(13)
第一节 植物纤维原料的化学成分	(13)
一、植物纤维原料的来源	(13)
二、植物纤维原料的化学成分	(14)
三、植物纤维原料的主要成分概述	(16)
第二节 植物原料构造与纤维形态	(22)
一、木材的构造与纤维形态	(22)
二、禾本科茎秆原料的构造与纤维形态	(26)
三、棉纤维的形态	(28)
第三节 植物纤维细胞壁构造及其对反应能力的影响	(30)
一、细胞壁的一般构造	(30)
二、初生壁对反应能力的影响及其检定	(36)
第二章 纤维素的分子结构	(39)
第一节 纤维素的化学结构式	(39)
第二节 纤维素分子链的构象	(44)

一、关于伯羟基的构象·····	(44)
二、纤维素分子链在稀溶液中的构象·····	(46)
第三节 纤维素的分子量及测定·····	(49)
一、平均分子量的意义·····	(49)
二、纤维素平均分子量的测定·····	(53)
第四节 纤维素聚合度分布的测定·····	(73)
一、聚合度分布测定的原理及分级方法·····	(73)
二、分级数据的处理及分布曲线作图·····	(77)
三、GPC分级法的应用·····	(79)
第三章 纤维素纤维的聚集态结构·····	(84)
第一节 X射线法测纤维素纤维结构的基本原理·····	(84)
一、晶体的点阵结构·····	(84)
二、X射线衍射分析中的布拉格公式·····	(86)
三、纤维素纤维的X射线衍射图·····	(88)
第二节 纤维素的“单元晶胞”结晶变体及其X射线衍射图的区别·····	(90)
一、纤维素 I·····	(91)
二、纤维素 II·····	(93)
三、纤维素 III·····	(97)
四、纤维素 IV·····	(97)
五、纤维素 X·····	(98)
第三节 纤维素纤维的结构单元·····	(98)
第四节 纤维素纤维的聚集态结构理论·····	(101)
一、无定形结构·····	(101)
二、次晶·····	(102)
三、缺陷晶态·····	(103)
四、缨状微胞结构·····	(103)
五、缨状原纤结构·····	(104)

第五节 纤维素的折叠链结构·····	(106)
一、聚合物的单晶·····	(106)
二、对周期的解释·····	(107)
三、纤维素的折叠链结构模型·····	(109)
四、对纤维素分子链的折叠解释·····	(112)
第六节 纤维素超分子结构的测定·····	(113)
一、结晶度与可及度的测定·····	(113)
二、晶体大小的测定·····	(120)
三、取向度的测定·····	(121)
四、侧序及其分布的测定·····	(126)
第七节 粘胶纤维的结构与性能的关系·····	(129)
一、结构特性对性能的影响·····	(129)
二、综合结构参数与性能的关系·····	(133)
第四章 纤维素的溶剂·····	(137)
第一节 铜氨络合物溶剂·····	(137)
一、铜氨络合物的组成·····	(137)
二、纤维素与铜氨氢氧化物的作用·····	(138)
三、纤维素在铜氨溶液中的溶解度·····	(140)
四、纤维素铜氨溶液的性质·····	(141)
第二节 金属-乙二胺络合物溶剂·····	(142)
一、铜乙二胺络合物·····	(142)
二、钴乙二胺络合物·····	(143)
三、锌乙二胺络合物·····	(144)
四、镉乙二胺络合物·····	(145)
第三节 铁-酒石酸-钠络合物溶剂·····	(147)
一、EWNN络合物的组成及结构·····	(147)
二、EWNN络合物的制备·····	(148)
三、纤维素的EWNN溶液的稳定性·····	(148)
四、EWNN溶液的应用·····	(148)

第四节	纤维素的新溶剂	(149)
一、	DMSO/PF 溶剂	(149)
二、	DMF/N ₂ O ₄ 或DMSO/N ₂ O ₄ 溶剂	(152)
三、	单一溶剂——肼	(152)
第五章	纤维素的降解	(153)
第一节	纤维素的水解	(153)
一、	水解降解的机理	(153)
二、	水解纤维素的组成及性质	(154)
三、	纤维素的工业水解意义及方法	(157)
四、	对纤维素水解过程的研究	(158)
第二节	纤维素的氧化	(164)
一、	氧化反应的形式	(164)
二、	纤维素的选择性和非选择性氧化	(166)
三、	氧化纤维素遇碱裂解的机理	(172)
第三节	纤维素的热裂解	(175)
第四节	纤维素的光化学裂解	(179)
一、	光解作用	(179)
二、	光敏作用	(180)
三、	防止光化学裂解的方法	(182)
第六章	纤维素的酯、醚化反应	(183)
第一节	纤维素酯、醚化反应的基本规律	(184)
一、	纤维素的结构特点对酯、醚化反应的影响	(184)
二、	均相反应和多相反应的特点	(185)
三、	增加纤维材料反应能力的方法	(187)
四、	纤维素酯、醚化物中取代基的分布及测定	(190)
第二节	纤维素的酯类	(192)
一、	纤维素硝酸酯	(193)
二、	纤维素醋酸酯	(196)
第三节	纤维素的醚类	(206)

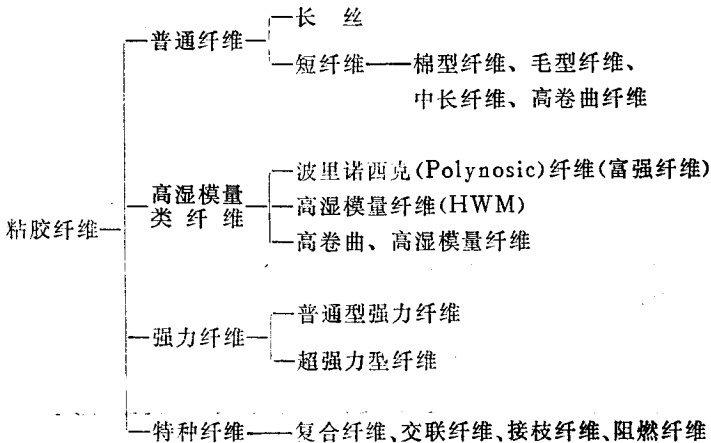
一、乙基纤维素·····	(206)
二、羧甲基纤维素·····	(208)
第四节 纤维素的交联与接枝共聚·····	(209)
一、纤维素的交联·····	(209)
二、纤维素的接枝共聚·····	(213)
第五节 纤维素的功能化·····	(216)
一、生物活性纤维·····	(217)
二、离子交换纤维·····	(218)
主要参考文献 ·····	(219)

绪 论

一、粘胶纤维发展概况

粘胶纤维是以天然纤维素（浆粕）为基本原料，经纤维素黄酸酯溶液纺制而成的再生纤维素纤维。

粘胶纤维是一类历史悠久、技术成熟、产量巨大、品种繁多、用途广泛的化学纤维。根据纤维的结构和性能的不同，粘胶纤维又分成以下品种：



粘胶纤维仅迟于纤维素硝酸酯纤维，成为最古老的化学纤维品种之一。在1891年，克罗斯（Cross）、贝文（Bevan）和比德尔（Beadle）等首先制成纤维素黄酸钠溶液，由于这种溶液的粘度很大，因而命名为“粘胶”。粘胶遇酸后，纤维素又重新析

出。根据这个原理，在1893年发展成为一种制备化学纤维的方法，这种纤维叫做“粘胶纤维”。到1905年，米勒尔（Müller）等发明了一种稀硫酸和硫酸盐组成的凝固浴，实现了粘胶纤维的工业化生产。

几十年来，粘胶纤维生产不断发展和完善。在本世纪的三十年代末期，出现了强力粘胶纤维；五十年代初期，高性能（高湿模量类）粘胶纤维实现工业化；到了六十年代初期，粘胶纤维的发展达到了高峰，其产量曾占化学纤维总产量的80%以上。从六十年代中期起，它的发展已趋平缓，到1968年，其产量开始落后于合成纤维。目前，世界上约有180个较大规模的粘胶纤维厂，年产量达360~380万吨，约占化学纤维总产量的24%（见下表）。在粘胶纤维中，短纤维的产量约占三分之二，其余三分之一是粘胶长丝和强力丝。

近年来世界化学纤维总产量（单位：万吨）

年份	粘胶纤维*	合成纤维	化纤总计
1970	345.4	484.5	829.9
1971	336.5	551.1	887.6
1972	344.6	627.8	972.4
1973	349.9	760	1109.9
1974	339.7	753	1092.7
1975	321.0	715	1036.0
1976	326.5	860	1186.5
1977	360	930	1290
1978	360	1000	1360

* 包括少量醋酯纤维。

二、粘胶纤维的前途

粘胶纤维的发展，从下列的有利因素考虑，它具有长远的发展前途。

(1) 粘胶纤维的发展，有无限的原料基础。它的基本原料

——纤维素的贮备量很大，并有巨大的恢复量。大自然每年都在同化着以兆亿吨计的碳，将其变为含纤维素的各种植物资源。只要有阳光和水源，树木、野生植物和各种含丰富纤维素的农作物就能生长并不断更生。而这种原料目前还只有极少的一部分被粘胶纤维工业所利用。随着人类对自然界认识的不断深入，可被利用的范围还将逐步扩大。与此相比，合成纤维主要是由不同地质时期形成的原料（石油、煤、天然气等）来生产的，这些原料的贮藏量虽然很大，但它在逐渐消耗，而且实际上是难以恢复的。从原料来源看，纤维素的资源是无限的，因此，充分利用这种丰富的纤维素资源来发展化学纤维工业，具有长远的、重要的意义。

（2）粘胶纤维具有一系列可贵的物理机械性能和符合卫生要求的性质。粘胶纤维最大的特点是与天然纤维——棉的某些性质极为类似，如吸湿性好、容易染色、抗静电、较易于纺织加工，制成的织物花色鲜艳，穿着舒适，尤其适合在气候炎热的地区穿着，而它的纤度和长度，又可以按照用途的要求而调节，这一点又优于棉。很明显，粘胶纤维这些特点，正是合成纤维的不足。粘胶纤维织物穿着舒适感方面所具有的特性，尤其是吸湿性和透气性方面，至今还没有一种合成纤维能与之相比美。合成纤维（如涤纶）与中长粘胶纤维混纺，织物具有优良的毛料特性。因此，在与合成纤维混纺方面，粘胶纤维不仅可代替棉，而且优于棉。发展合成纤维的同时，必须按比例发展粘胶纤维。

近代的合成方法，为粘胶纤维的变性开辟了广阔的前景。通过变性，可制得兼有粘胶纤维与合成纤维优良性能的各种纤维，因而促进了粘胶纤维的进一步发展。

因此可以预料，粘胶纤维仍是很有前途的纤维品种。粘胶纤维近年来受到合成纤维的竞争及本身的“三废”问题和市场的饱和等的影响，发展处于停滞状态，它的未来增长率也将比不上合成纤维。但是，随着世界纤维消耗量的增加，粘胶纤维的世界总

产量将会稳步地、与合成纤维成比例地增长。

在我国，粘胶纤维工业是个新兴的工业部门。解放前，只有两个规模很小，设备残缺不全而未能生产的小厂，技术力量十分薄弱。解放后，在党的正确领导下，粘胶纤维工业得到迅速发展。先后建成数十个粘胶纤维厂，年产量达十多万吨。产品品种除普通粘胶纤维（长丝、短纤维）和强力丝外，高湿模量类纤维及特种性能的粘胶纤维也有生产。在不断扩大原料来源，改进生产工艺及设备，提高产品质量，提高劳动生产率，降低生产成本等方面，都取得了明显的成就。在天然纤维产量不断增长和合成纤维迅速发展的同时，充分利用我国丰富的纤维素资源，大力发展粘胶纤维工业，对我们这样一个人口众多的国家具有同样重要的经济意义和政治意义。

三、粘胶纤维的用途

粘胶纤维不仅可以在数量上补充天然纤维之不足，而且在质量的某些方面优于天然纤维和合成纤维。它不仅可以作为衣着用料，丰富纺织品的花色品种，而且在工业、农业、国防和科学研究等方面都有广泛的用途。

（1）民用方面：

粘胶纤维在民用方面主要是利用它的吸湿性好、容易染色、抗静电、较易于纺织加工等特性。可以纯纺，也可以与棉、毛、麻、丝以及各种合成纤维混纺或交织。普通粘胶短纤维的各种织物，质地细密柔软，手感光滑，透气性好，穿着舒适，染色或印花后，色泽鲜艳，色牢度好，宜于做内衣、外衣及各种装饰织物。此外，普通粘胶短纤维还广泛地用于无纺织物。普通粘胶长丝织物的质地轻薄，光滑，柔软，能染成鲜艳的色彩。除了适用于衣料外，还广泛地用做被面和装饰织物。

普通粘胶纤维织物的缺陷是牢度较差，特别是下水后膨胀发硬，经不起剧烈揉搓，织物的缩水率高，弹性和耐磨性较差，服装穿着后易于变形。近年来发展的高湿模量粘胶纤维具有高湿

度、低伸度、高湿模量和高耐碱性等特性，克服了普通粘胶纤维的缺陷。它的织物在坚牢度、耐水洗性、抗皱性和形态稳定性等方面更接近于优质棉，能赋予织物美观大方的品质和多彩的风格，是一种优异的纺织原料。

变性的粘胶纤维具有多种纺织用途。和聚丙烯腈或聚乙烯醇复合的粘胶纤维，具有毛一样的手感和膨体特性，适用于制造西服、毛毯、地毯和装饰织物；具有扁平形状和粗糙手感的“稻草丝”和空心纤维，有比重小、复盖力大和膨体特性，适用于编织女帽、提包及各种装饰用具。

(2)工业和医学方面：

粘胶纤维在工业方面的应用，主要是利用它具有强度高、耐热性好和能够进行化学改性等特性。粘胶帘子线的强度高，受热后强度损失少，价格低廉，在轮胎工业中占有重要地位。新型的高强度、高模量粘胶帘子线，特别适用于制造辐射状结构的轮胎，这种轮胎具有寿命长、安全、平稳、适应性强等特点；强力粘胶纤维还用于制造绳索、运输带及各种工业用织物，如帆布、塑料涂层织物等。

与丙烯酸接枝的粘胶纤维具有很高的离子交换能力，可用于从废液中回收贵重金属如金、银和汞等。

用疏水性或疏油性乳液浸透处理过的粘胶纤维或其织物，具有良好的疏水性或疏油性，在工业部门中被用来制造工作服和防护织物及帐篷、船帆等。

含有各种阻燃剂的粘胶纤维，具有良好的阻燃效果，可在高温和防火的工业部门中应用。

用粘胶纤维制成的止血纤维、纱布、绷带及医用床单、被服等，在医疗卫生部门有着广泛的用途。

(3)其他方面：

粘胶纤维在国防和科研等部门。主要是利用它来制造具有特殊性能的新型纤维。

粘胶纤维在3000℃下碳化处理，制得碳素纤维，具有高的强度和极高的模量，它与环氧树脂等造成的复合材料，可用于代替高性能喷气式飞机和空间技术中所用的大部分金属。

由粘胶与硅酸钠共纺的原丝，经特殊处理制得的陶瓷纤维，作为耐高温酚醛树脂的增强材料，可用于液体推进火箭马达。喷气机喷嘴和空间重返大气层装置的防热罩等。

四、粘胶纤维生产的基本过程

粘胶纤维的原料和成品，其化学组成都是纤维素，仅仅是形态、结构以及物理机械性质发生了变化。粘胶纤维生产的任务，就是通过化学的和机械的方法，将浆粕中很短的纤维制成各种形态（连续的或短段的、粗的或细的、圆的或扁的）并具有所要求的品质、适合各种用途的纤维成品。粘胶纤维的生产过程见第7页生产流程图。

各种粘胶纤维，不论采用何种浆粕原料和生产设备，其生产的基本过程都是相同的，都必须经过下列四个过程：

- (1)粘胶的制备；
- (2)粘胶在纺丝前的准备；
- (3)纤维的成形；
- (4)纤维的后处理。

现将各过程简述如下：

(一)粘胶的制备

把浆粕制成粘胶，要经过两个基本化学过程。首先使浆粕与碱液作用，生成碱纤维素，然后再使碱纤维素与二硫化碳作用，生成纤维素黄酸酯。通过这两个反应，在不能直接溶解于稀碱液中的纤维素分子上，引入极性很强的黄酸基团，从而使它溶解而制得粘胶。

粘胶的制备过程包括下列几个步骤：

1. 浆粕的准备

粘胶纤维厂必须贮存一定数量的浆粕。各批浆粕在使用前还