

66226

纺织材料学

(初稿)

紡織材料學

(初稿)

华东紡織工学院紡織系

紡織材料教研組主編

1960

緒 論

紡織制品的生产和消耗数量很大，和人們的日常生活关系非常密切，在国民經济中它佔着很重要的地位。以总生产价值論，紡織制品在世界上各主要国家內佔第二位或第三位，只有金屬及金屬制品的总生产价值超过它，还有食品工业在某些年度里曾超过它。紡織制品的用途很广，非但为人們的日常生活所必需，在工业部門、軍事技术以及其他如漁业等方面也是不可缺少的一种材料。紡織制品按其用途的不同，可以分为衣着用品、生活日用品、工业及其他用品。在衣着用品和生活日用品中有內衣、外衣、袜、鞋、帽、毛巾、手帕、被单、窗帘、地毯等，这两类紡織制品的制品需要量很大，随着人民生活水平的提高，需要数量在不断增加，对紡織制品质量也要求不断改进。工业用紡織制品有繩索、輪胎用帘子布、电气絕緣用紡織制品、热絕緣用紡織制品、橡胶工业用紡織制品如三角皮带中的經綫、縫紉用綫等。軍事及国防工业用品有帳篷、子彈袋、降落傘、气球用布等。其他用品如漁網、消防用水龙带、航海救生衣等。这些紡織制品常須具有特定的性能，因而要求选用具有某种特性的紡織原料和較高的紡織加工技术条件。

由于对紡織制品的需要数量大，需要的品种也多，紡織制品的制造业——紡織工业——在国民經济中形成一个很主要的部門。紡織工业的規模大，分佈广，从业人員众多，历史悠久，是古老的工业。十八世紀中叶，工业的发展和科学技术的进步，采用水力和蒸汽动力来代替手工操作，产生了現代工业，因而引起巨大变革，形成工业革命加速了資本主义的发展，而工业革命就是从紡織工业开始的。

紡織工业要求为数众多的各种不同类别和性能的紡織原料——紡織纖維，以适应制造各种用途的紡織制品的需要，形成巨大的纖維生产业。紡織纖維大部分取自天然生长的动植物，其中最大宗的是棉、麻、毛、絲。棉、麻纖維取自棉花和麻类植物，它們是农业中的重要經济作物；羊毛为貴重的紡織纖維，是綿羊的毛，飼养和繁殖綿羊是畜牧业中的重要部分；养蚕是农村副业，並且已經发展成为專門的养蚕业，生产紡織工业所需要的蚕絲。石綿也是重要的天然纖維，它是优良的隔热和保溫紡織制品的原料，是矿物质，聚集成石綿矿存在于地壳中。另一部分的紡織纖維是人工制造的，称化学纖維。二十世紀以来，特别是二三十年来，用化学方法制造紡織纖維的技术进步很快，形成化学纖維工业。化学纖維的数量和种类，逐年来不断增加，現在的化学工业，在性能上已經能夠代替各种天然纖維，在数量上已多于蚕絲和羊毛。有些新的化学纖維，具有天然纖維所不具备的特殊性能，滿足工业上和衣着方面的特殊需要。

我国人口众多，地幅辽阔，对紡織制品的需要数量很大，又住居于温帶，並兼具有亚热带气候，适宜于紡織纖維的生长，桑蚕的飼育和桑蚕絲的利用，为我国最早，相傳在四五千年以前就开始以絲織成衣料，在秦汉时代养蚕业和絲綢工业技术逐漸傳到欧洲。育蚕和繅絲技术是我国劳动人民的偉大創造，对人民生活 and 工业发展（电气絕緣）有很大貢獻，几千年来我国一直为产絲的主要国家，是絲綢紡織品国际市場的主要供应者。在我国麻的利用也很早，二千多年前甚至更早已有关于麻的种植和剝取麻纖維的文字記載：禹貢上說“青州岱畎絲枲”，說明夏时在山东已产大麻；詩經陈风有“东门之地，可以沤紵”，詩經周南篇有“維叶萋萋，是刈是漚，为絺为綌”，說明周代已有很細的葛布，並且已經有紵麻脫胶的技术。古代絲綢是貴重的紡織品，麻布才是广大人民的衣着用紡織品，盐鉄論的記載有：“古之燕人，耄老而后衣絲，其余則麻枲”；孟子上

說：“七十者可以衣帛矣”；這都說明麻是古代大量的主要的紡織纖維。

我國紡織纖維也有光榮悠久的歷史，漢代已有完整的織造技術和機械，漢陳霍光的妻子已織造出多色的大花紋織物，明代宋應星著的《天工開物》一書中，繪有紡織工藝各過程的圖樣，元末江蘇松江府出了一位傑出的紡織家黃道婆，她把紡織和軋棉技術從崖州帶到長江三角洲，改良很多紡織工具，如製造紡紗腳踏三錠紡車，使植棉業和棉紡織工業在長江流域建立起來，並且很快地發展到黃河流域。

近代工業興起，資本主義國家發展形成了巨大的紡織工業，我國在封建反動的統治下，遭受着帝國主義的壓迫，人民生活十分貧困，紡織工業發展的速度極為緩慢。棉紡織工業的條件較好，在解放前的舊中國，比重佔紡織工業的90%以上，在1890年開始開辦近代棉紡織工廠起，到解放前1949年止，60年中共積累了500萬紗錠，所生產的紗布遠遠不夠人民衣着的需要，農業所生產的棉花比這些紗錠所需要的少得很多，棉花的品質也差，形成每年需要進口幾乎和國內生產數量相等的棉花，並且需要進口大量棉布的局面。這500萬紗錠中，又有300萬錠是國外資本所經營的。解放前毛紡織工業很少，所消費的呢絨，絕大部分是進口貨，國內生產的羊毛主要部分是出口的。

解放以後，在偉大的中國共產黨的領導下，全國人民艱苦奮鬥，工業和農業獲得高速度並且按比例的發展。紡織工業和紡織纖維生產在十年中也起了根本性的變化。紡織纖維和紡織製品的生產量大量增加，經過第一個五年計劃，到1957年棉花的年產量為1949年的3.7倍，達3280萬担，和解放前最高年產量（1936年）1450萬担相比較，增加到2.3倍。1957年底全國綿羊頭數已達5344萬頭，比1949年增加一倍以上，大大超過了解放前的最高綿羊頭數。1958年和1959年大躍進，紡織纖維生產發展的速度更快，1959年棉花的年產量為4820萬担；紡織工業的主要產品棉紗在1959年的年產量為825萬件，折合150萬噸，解放前最高年產量為245萬件，1959年的產量為後者的3.36倍；棉布產量1959年為75億米，解放前的最高年產量為34.6億米（其中包括土布6.7億米），增長了一倍多，比解放時的年產量增加近3倍。

我國解放以來歷年重要紡織原料和紡織製品的產量分別列在表1和表2中。

我國解放後主要紡織原料產量表

表1

原料名稱	單位	生產量				
		1949	1952	1957	1958	1959
棉花	萬担	889	2607	3280	4200	4820
綿羊頭數	萬頭	2622	3688	5344		
山羊頭數	萬頭	1613	2490	4515		
綿羊毛	噸	26611	37420	58779		
山羊毛	噸	3359	5179	9617		
山羊絨	噸	1174	1966	3838		
黃洋麻	萬担	74	611	602		
苧麻	萬担	—	81	105		
亞麻	萬担	—	66	—		
桑蠶茧	萬担	62	124	136		
柞蠶茧	萬担	24	122	89		

註：1. 茧的產量為鮮茧。

我国历年主要纺织制品产量表

表2

制品名称	单位	解放前最高年产量	1949年	1952年	1953年	1957年	1958年	1959年
棉 紗	万件	245	180	362	410	465	610	825
棉 布	亿米	27.9	18.9	38.3	46.9	50.5	56.8	75
土 布	亿米	6.7	2.6	3.3	3.2	1.1		
印 染 布	亿米	—	—	19.2	27.2	29.4		
其中花布	亿米	—	—	—	4.5	6.6		
絨 綫	吨	2879	1808	1979	3718	5652		
呢 絨	万平米	751	544	423	623	1817		
其中粗紡毛織品	万平米	—	248	130	196	1037		
精紡毛織品	万平米	—	247	243	241	489		
毛 毯	万条	84	22	72	39	86		
苧麻布(机織)	万平米	—	9	2	12	126		
亞麻布(机織)	万平米	—	9	66	852	2384		
麻 袋	万条	3490	973	6735	5908	8314		
蚕 絲	吨	—	541	4053	5026	8172		
其中桑蚕絲	吨	—	479	3548	4319	6273		
綢 緞	亿米	2.2	0.5	0.6	0.7	1.4		
針織品(用紗量)	万件	—	13	30	47	80		

註：棉紗400磅为一件，一磅折合453.6克。

从上面表1和表2可以看出，各种纺织原料和纺织制品都逐年增加，除丝绸外都大大超过解放前的最高年产量。

纤维及纺织工业生产除产量上急速提高外，产品质量上也起了根本性的变化。由于纺织技术的进步，纺织制品的花色品种增加，质量也显著提高，我国的棉、丝、毛纺织制品，已大量供给国际市场的需要，并且获得很高的信誉。我国在解放前是没有纺织机械制造工业的，解放以后，新建的棉纺织厂和麻纺织厂，都是用自制的纺织机械装备起来的，1959年起，并开始制造成套的毛纺织、丝纺织和印染机械装备。

解放后在改良棉花、麻类植物的品种，提高棉、麻的单位面积产量方面也作了巨大的努力，得到了出色的成绩。1959年棉花播种面积为8627万亩，原棉平均亩产量为78斤，解放之前产棉最高年1936年的平均亩产量只有25.8斤，增长了2倍。1959年全国有平均每亩产皮棉百斤以上的县有50多个；平均每亩产皮棉50斤以上的有十多个县，共有棉田1百多万亩。棉纤维的品质改善，已能生产长绒棉。绵羊品种改良成绩也很大，至1958年6月底，全国已有改良羊280多万头，预计1958年可以生产细羊毛5800多吨。

在旧中国只有两个小型的化学纤维工厂，一直在停顿中，未曾投入生产。解放以后，除了把这两个工厂扩建投入生产外，已建成了两个大型化学纤维厂。

世界大宗纺织纤维生产量的统计数字列在表3中：

世界主要纺织纤维产量表

表3

	棉	毛	丝	化 纤	合 计
1900	348.7	80.5	1.9	0.1	431.2
1940	686.2	125.0	6.5	123.5	947.3
1950	676.5	121.2	—	164.9	962.6
1956	845.0	130.0	—	266.6	1241.6

註：单位为万吨。

由于人民生活水平的提高，以及工业和运输业的迅速发展，对纺织制品的需要量增加很快，目前所生产的纺织制品不论在数量上、品种上和質量上，还都和所需要的有相当的距离，这有待于纖維生产和纺织工业作巨大的努力。除了大力增加棉花、羊毛、麻、蚕丝的产量，改进它们的品质外，对兔毛、山羊絨、駱駝毛等数量較少但品质优良纺织原料的繁殖与收集，給以充分的重视。近年来特别是大跃进以来在扩大纺织原料方面，作了众多的研究，在这方面已取得成績的有：棉杆皮、胡麻（食用亚麻）、罗布麻的利用，对这些纖維的脱胶和纺织加工技术已基本上掌握，在进一步完善之中。此外，並成功地培育了蓖麻蚕，扩大蚕丝的来源。

合理使用原料和生产质量优良的产品，是我們重大的任务。为了正确和合理地使用纖維，我們必須很好地了解纖維的各种性质，以及纺织制品的各种性质。鑑別纺织纖維和纺织制品的性质有两种方法：一是凭借有經驗的檢驗人員目光观察，並配以触摸的感觉；另一种是使用专门仪器进行实验室分析。前一种方法通常称为官感檢驗法，其特点是迅速、简单易行，但其鑑別的结果与檢驗人員的經驗及能力之間的关系很大，有时不够正确，而各檢驗人員所測得的结果常不能相互比較。后一种方法的特点是可以求得数字指标，能够确切地把纖維或纺织制品区分为若干等级，不受或少受檢驗人員的影响，但較为費時間，用一单独指标常不能給出一綜合的品质概念。

解放前的我国，纺织纖維与纺织制品的质量檢驗工作是被忽视的，解放之后，1953年中央人民政府政务院頒布了“原棉評級标准”，1954年中央人民政府纺织工业部頒布了“棉紗品质标准”“原色棉織品品质标准”，自此以后，陆續頒布了各种纖維及纺织制品的品质标准或暫行規定，确立了优质优价优用的政策，对合理使用原料，推动纺织纖維和纺织制品的生产，提高纺织制品的质量方面都起了很重要的作用。这些品质标准随着产质量的提高在逐年修訂着，大多数的标准中規定用观感法和仪器測定方法相結合的办法来評定品质。

关于采用纺织試驗仪器来測定纺织纖維及纺织制品的性质，可以追溯到17至18世紀。这时在欧洲好些国家中开始利用反映紗綫及織品主要性质的指标並开始探索其測定方法。18世紀中叶开始采用支数及纖度的概念，創造測定生絲回潮率的仪器。19世紀中叶，烘箱、强力試驗机、纖度与支数測定仪器开始大批制造。

目前的纖維和纺织制品的檢驗工作，是把它们的性质測定出来，按其性质分成等级，还有試驗誤差大、耗費時間多的問題，迫切要求用仪器快速地和自动地而且准确地把試样的各种性质測定出来。进一步的发展将是对連續生产过程中的产品，进行有效的檢查，及时反映出产品的质量，供給資料，随时調节纺织生产过程，控制产品质量，保持正常生产，再进而能使纺织机械根据产品的质量自动調整，避免发生疵点，使纺织生产过程能有效地自动化。

应该指出，学习和研究纺织纖維及其制品的性质时必须具备統計学概念。因为纺织纖維与制品的性质是不均一的，一批材料之中，各部分之間与各根纖維之間的性质不完全相同，正确並且簡明地表达出纺织材料的性质，須用統計計算方法求出数学指标。其次，纺织材料数量很大，在檢驗其品质时，为了节省時間及人工等經濟方面的原因，只能取出其中极小一部分来檢驗，因此不可避免的，測得的结果和整批的性质之間存在着一定的差異。明确理解它的存在，以及如何正确地估計这种差異，如何正确地抽取試样，須有統計学知識。再者，在实际工作中，檢驗纺织材料的性质，常常是为了把兩批或多批材料作对比，定出优劣，这需要应用統計学的推断理論，而不能单纯地看数字指标的大小。在看待纺织材料性质的数字指标时，不論是集中性指标或是离散性指标，应该意識到有誤差的存在，不能看作为绝对肯定的值。

目 錄

章	紡織纖維的 classification 及其內部結構	(1)
	一、纖維的 classification	(1)
	二、紡織纖維的內部結構	(4)
章	纖維素的結構, 性質及天然纖維素纖維的獲得	(10)
	一、纖維素的結構和性質	(10)
	二、棉	(15)
	三、麻	(25)
章	蛋白質的結構, 性質及蛋白質纖維的獲得	(33)
	一、蛋白質的結構和性質	(33)
	二、毛	(38)
	三、絲	(48)
章	化學纖維	(59)
	一、概述	(59)
	二、粘膠纖維的製造	(61)
	三、醋酸纖維	(65)
	四、銅銨纖維	(67)
	五、人造蛋白質纖維	(68)
	六、綫型聚合物合成的基本原理	(56)
	七、合成纖維	(70)
章	其他纖維	(75)
	一、玻璃纖維	(75)
	二、石棉	(77)
	三、金屬纖維	(79)
章	紡織材料取樣及試驗結果的分析	(81)
	一、統計資料的收集	(81)
	二、統計資料的整理和計算	(82)
	三、試驗結果的統計分析方法	(89)
	四、相關的一般概念	(94)
章	纖維的長度與細度	(96)
	一、纖維的長度	(96)
	二、纖維的細度	(103)
章	纖維的吸濕	(108)
	一、基本知識	(108)
	二、吸濕對纖維的物理機械性質的影響	(111)
	三、吸濕的計算, 回潮率的測定	(112)
章	纖維的機械性質	(115)
	一、拉伸	(115)
	二、扭轉、彎曲與壓縮	(132)
	三、摩擦力與抱合力	(136)
章	紡織纖維的其他物理性質	(140)
	一、紡織纖維的熱學性質	(140)
	二、紡織纖維的電學性質	(144)
	三、紡織纖維的光學性質	(151)

第十一章	紡織纖維品質的綜合評定	(159)
一、	纖維的可紡支數	(159)
二、	纖維原料的成紗率和成紗長度	(161)
三、	綜合指標與各單個指標之間的關係	(162)
四、	纖維各項性能間的關係	(163)
五、	纖維的鑑別	(165)
第十二章	紗綫的類型和結構	(167)
一、	紗綫的類型	(167)
二、	紗綫的捻度	(168)
三、	纖維在紗綫中的實際配置	(172)
四、	捻度的測定	(173)
五、	捻縮	(175)
六、	股綫	(177)
第十三章	紗綫的細度	(181)
第十四章	紗綫的機械性質	(192)
一、	伸縮	(192)
二、	彎曲	(207)
三、	扭轉	(209)
四、	磨擦與磨損	(210)
第十五章	紗綫的品質評定	(213)
第十六章	紡織製品的分類及其結構	(214)
一、	織品	(214)
二、	針織品	(220)
三、	其他紡織製品	(223)
第十七章	紡織製品的機械性質	(225)
一、	拉伸	(225)
二、	撕裂、頂裂與鉤裂	(232)
三、	剛度、多次彎曲、懸垂性、揉皺性、磨擦與抱合	(233)
第十八章	紡織製品的其他物理性質及耐用性	(241)
一、	熱學性質	(241)
二、	吸着性	(244)
三、	透通性	(244)
四、	光學性質	(247)
五、	紡織製品的耐用性	(249)
第十九章	紡織製品的品質評定	(252)
一、	紡織製品品質評定的主要內容	(252)
二、	棉織品的品質評定	(253)
三、	麻織品的品質評定	(254)
四、	毛織品的品質評定	(255)
五、	絲織品的品質評定	(258)
六、	針織品的品質評定	(258)
七、	主要复制品(被單、毛巾、手帕)的品質評定	(260)

第一章 紡織纖維的分類及其內部結構

一、纖維的分類

1. 纖維與紡織纖維

在人們的日常生活中或在某些工業生產中，經常要用着由棉、麻、毛、絲等物質制成的各種制品，由於這些制品的原料都具有一定的長度以及纖細柔韌的特性，所以一般將具有這種特性的物質稱為纖維。在自然界內纖維的來源主要是植物界與動物界，但也可用化學方法來制取。

紡織纖維是具有一定機械性質的，即能承受紡織工藝過程中各種外力的作用並具有一定變形能力的纖維。由此可知，不是所有的纖維都可用來紡紗織布，作為紡織纖維必須較柔軟且具有適當長度、細度、強力、彈性和化學穩定性等性能，否則，就不便於紡織加工和各項處理工作。

柔軟性差的纖維，經外力作用後不易變形，故不能進行紡織加工。纖維的長度太短（在10毫米以下）時，則難以紡成符合要求的紗，因為用較短纖維紡成的紗，其強力主要依靠纖維與纖維之間相互作用力，當纖維長度過短時，纖維間的作用力不足，就容易相互滑脫使紗綫斷裂，因此紡織纖維應具有一定的長度，通常最短的約為24~25毫米，而最長的可達幾百米或任意長度。纖維很細，因此用細度來表示其粗細程度，細度一般用支數或纖度來表示，支數即單位重量中的纖維長度，纖度即單位長度內的纖維重量；太粗的纖維對於一定粗細的成紗，其截面內纖維的根數太少，且其柔軟性較差，纖維間的相互作用力太小，容易滑脫，成紗強力不足，不適於紡紗。

纖維的強力是決定成紗強力的主要因素之一，因此為了保證成紗的強力，纖維必須具有一定的強力，強力指標中有絕對強力和相對強度之分，絕對強力即指被拉伸的纖維在不斷裂前所能承受的最大負荷；為了比較不同細度的纖維強力，常採用相對強度和斷裂長度二種指標，相對強度是絕對強力與纖度之比，斷裂長度就是假想一根較長纖維，如果握住一端使之垂懸，纖維即在其自身重量的作用下發生斷裂時的纖維長度。纖維在紡織工藝過程中，會受到各種外力作用而發生變形，纖維的變形能力一般用斷裂伸長來表示：即纖維在斷裂時所達到的絕對伸長值，因為伸長值隨試驗長度的不同而變，所以必須採用相對伸長即伸長率指標，伸長率是絕對伸長與試驗長度之比。

紡織纖維或其制品，在加工過程中或使用過程中常要與化學藥品接觸，因此要求纖維有一定的化學穩定性，即抵抗化學藥品侵蝕的能力。

一般紡織纖維必須符合以上所指出的幾個基本要求，有時為了滿足特殊的要求，尚需具備其他獨特的物理機械和化學性質，如作為隔熱材料，則必須具有耐高溫的特性，作為電氣絕緣材料則必須具有電絕緣性，作為蓬帆布則必須具有耐光性，作為航海用品則必須具有防腐性等。

2. 紡織纖維的分類

自然界中纖維的來源極廣，種類甚多，其分類方法各有不同，最常用的分類方法是依纖維的來源，亦即纖維獲得的方法不同先分成大類，再接化學組成，生物屬性等分成小類，如圖1-1所示。

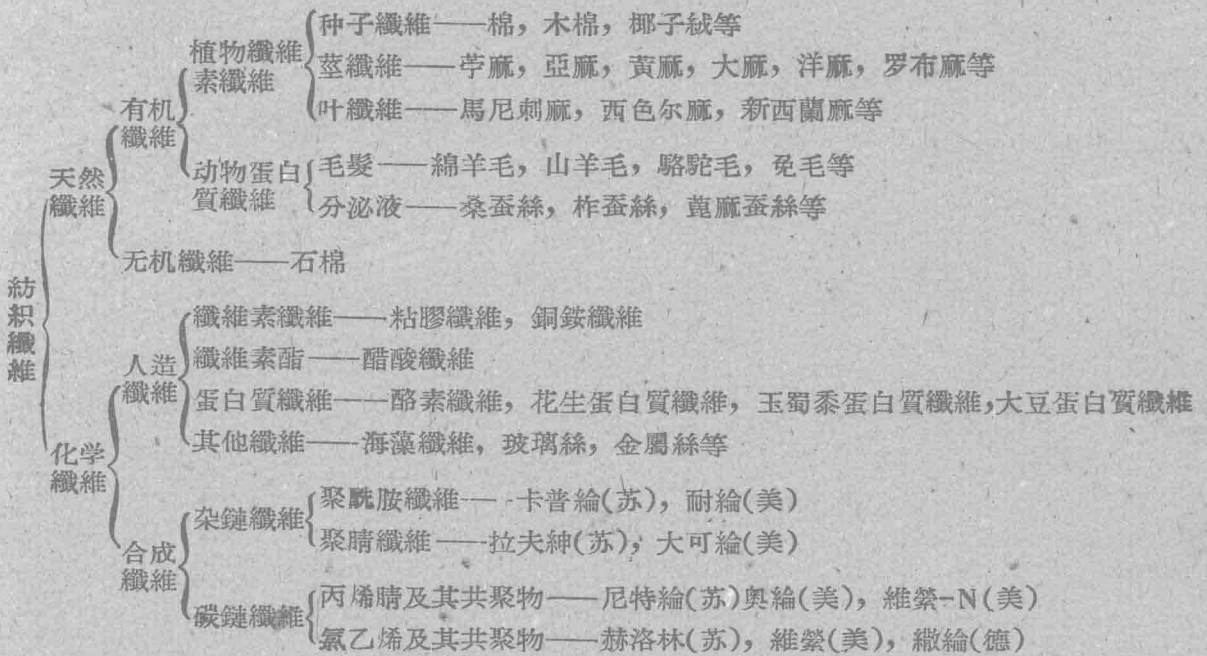


图 1-1 紡織纖維的分类图

紡織纖維可分为二大基本类别——按其来源可分为天然纖維与化学纖維。天然纖維是自然界原有的或經人工种植或飼养而取得的纖維，如在植物体内和动物皮上以及象矿物一样埋藏在地下等。天然纖維只要经过一定的机械处理或化学处理后就成为紡織原料。化学纖維是用各种原料經過化学加工而制成的。

(1) 天然纖維

投其生物屬性可分为植物纖維，动物纖維与矿物纖維三类。

(i) 植物纖維

所有植物纖維的主要化学組成物質都是纖維素，因此称为纖維素纖維。在这一种纖維中，又可依照纖維生長在植物体上的位置不同可分成下列各种：种子纖維，即植物种子上的絨毛如棉、木棉，果实上的如椰子絨；莖纖維，即植物干莖上的纖維，一般形成束狀的集合体，如苧麻、亞麻、大麻、黃麻、洋麻、羅布麻等；葉纖維即植物叶子內的或叶鞘內的纖維，如新西蘭麻，馬尼刺麻，西色爾麻等。

在紡織工业上最广泛采用的原料，以目前而論，棉花佔有最重要的地位。由于它的产量最多，价格低廉，所以是世界各国人民最普遍的衣着原料之一，又是工业用紡織制品的重要原料。

生長在植物莖与叶上的纖維統称为麻纖維，其中苧麻及亞麻为优良的紡織材料，其性質強韌能制成各种粗細麻布，黃麻纖維品質較差，粗短而剛硬，主要用来制造包裹袋。葉纖維中因合木質素較多，品質坚硬，只适用制造粗繩索及編織品等。

(ii) 动物纖維

动物纖維的化学組成物質为蛋白質，因而这一类纖維又可称蛋白質纖維，如动物的毛髮及蚕的分泌液等，作为紡織原料用的主要动物纖維有羊毛和蚕絲等。

动物纖維是貴重的紡織原料，其制品为优良的衣着用品和工业用品，而其中的綿羊毛佔最重

要的地位，由于羊毛的彈性較好，适用于制作外衣及工业用毡呢等。我国的山羊絨質量很好，制成各种紡織制品，盛銷国外。

在天然纖維中特別纖細而堅韌的是絲，用它可制作各种細薄美觀的絲織品，我国的絲綢在国际市場上一貫享有盛譽。

(iii) 矿物纖維

矿物纖維——石棉是以矿石狀埋藏在地下，它很容易分离成为纖維。它具有不燃性、热絕緣性及电絕緣性，因此可用来制作防火用品及电，热絕緣材料。

除上述之外，为了丰富和扩大紡織纖維的来源，更进一步改善人民日益增長的生活需要，必須設法利用其他植物纖維和动物杂毛，現已发现的新的纖維甚多，將其适当处理后，可直接作为紡織原料用以制成衣着織品或工业用呢毡等，如罗布麻，棉杆皮，牛毛，猪毛，禽毛（鷄毛）等。

(2) 化学纖維

凡是经过化学制造，工艺加工而得的紡織纖維統称为化学纖維，由于所用的原料及处理方法不同，又可分为人造纖維与合成纖維二种。所謂人造纖維系用天然高分子化合物（如纖維素，酪素等）作为原料，經化学加工而制得的紡織纖維；而合成纖維系指用簡單的物质先經過一系列的化学加工，制成高分子化合物，再經紡絲后处理后而制得的紡織纖維。化学纖維按外形可分为長絲和短纖維二种类型，長絲是一种可以到无限長的紡織纖維，但由于卷繞機構的容量限制而將其切成一定的長度，短纖維則可按需要不同，將長絲切成較短的（2.5~18厘米）片段。化学纖維根据不同用途可以制成具有不同特性如高强度、高彈性、耐磨，高度化学稳定性，不易虫蛀和霉爛等性質的纖維。由于它具有特殊性能，所以在国防，交通運輸，化学等工业上使用化学纖維逐漸增多。

(i) 人造纖維——根据原料及化学成份的不同又可分为纖維素纖維，纖維素酯及蛋白質纖維等几种（见图1—1）。

(a) 纖維素纖維——主要原料是棉籽絨，木材，或稻草及竹杆等，目前还有利用桑树皮，甘蔗皮，龙須草，蒲草等来作为原料。这类纖維因制法不同可分为粘膠纖維和銅鈹纖維，粘膠纖維是最普遍的一种纖維，国际上粘膠纖維产量佔全部化学纖維总产量的一半以上，我国生产粘膠長絲用来制造帘子綫現已获得成功，並已开始正式投入生产。

(b) 醋酸纖維是屬於纖維素醋酸酯，吸湿性比粘膠纖維低，吸湿后强力減低少，可用以制造品質高的衣着用品以及工业用絕緣材料。

(c) 蛋白質人造纖維——是由动物乳以及植物种籽中提煉出来的蛋白質制成的纖維，它在某些性質上与羊毛类似，所以可代替羊毛使用或和羊毛混合使用，因蛋白質人造纖維的强力一般較低，同时所用的原料主要是食物故未得到广泛的发展和应用。

海藻纖維是以海帶中提煉出的海藻酸制成的。玻璃纖維就是將玻璃熔融后拉成的細絲，可供濾布及电气絕緣材料之用，在建筑工业上可代替水泥中的鋼筋。金屬纖維常用以制作品質高的紡織品上的花紋。

(ii) 合成纖維——目前在紡織工业上主要应用的合成纖維可以分为四类：

(a) 聚酰胺纖維——尼隆66是合成纖維中最先制成的一种，它主要是由苯酚的加工产物合成的，其特点为强力較高，耐磨性好。

(b) 聚酯纖維——拉夫綫（或滌綫）它主要是由乙炔，二甲苯等制成，一般性質与尼隆相似，但吸湿性低，染色困难。

(c) 丙烯腈及其共聚物——奧綫（聚丙烯腈）及維縈N它們主要是由乙炔与氰氨酸，氯化

氫等制成，奧綸的彈性較好，有羊毛的手感和外觀，俗稱人造羊毛。

(d) 氯化烯及其共聚物——維綸，它主要由乙炔、氯化氫，冰醋酸等制成，其特點為化學穩定性高，吸濕性極低，耐光性較強，不易霉蛀，但耐熱性及吸收染料能力較差。

人造纖維工業的歷史已有五六十年，合成纖維只有二十年左右的歷史，在化學工業比較發達的國家中由於化學纖維的原料來源廣，生產成本較低，又控制生產條件可使纖維具備各種不同的特性，因此化學纖維工業的發展較快。我國在解放前根本不生產化學纖維，解放後在黨和政府的領導下，化學纖維工業得到了迅速的發展，在第二個五年計劃末期，我國化學纖維將達到年產二十萬噸左右。

二、紡織纖維的內部結構

1. 紡織纖維的共同特性

紡織纖維的種類雖然很多，但仍可以找出它們的共同特性，以方便很好地掌握與應用它們，並對纖維的某些性質也可以根據其共同特性來加以分析和解釋。

所有的紡織纖維無論是天然的或化學的，它們的組成物質都屬於高度聚合的高分子化合物，而纖維內部分子之間又貫穿着各種不同大小的空隙，這種內部構造上的特性稱為多孔性。

紡織纖維由於內部構造的特性，在吸濕後的膨化，導熱及光學性質等方面具有各向異性的特性，所謂各向異性即在纖維軸方向與垂直纖維軸方向所呈現的性質不同，如纖維吸濕後在其長度方向增長得較少，而在纖維直徑方向膨脹得較多。

紡織纖維普通都不溶解在一般的溶劑中，能使纖維溶解的溶劑較少，即使纖維溶解於溶劑中，其溶液都具有較大的粘度。大多數纖維在加熱時分解而不熔融，而某些纖維在分解之前常稍呈軟化。

紡織纖維雖然都屬於高分子化合物，並且有以上的共同特性，但在某些性質上仍有很大的差異，例如各種纖維在長度，強力等方面不相同，化學組成也不同，因此當我們了解紡織纖維的共同特性的同時，也必須注意到它們的不同特性。

2. 高分子化合物結構的一般特征

高分子化合物種類很多，如植物纖維的基本物質纖維素，構成羊毛蠶絲的基本物質蛋白質，橡膠，塑料等。這些物質在工業上，國防上以及衣着上都佔有極其重要的地位。

所謂高分子化合物，系分子中由許多同一的或相似的原子團彼此以主化合價相互結合而成的物質，因為這類物質都具有龐大的分子結構，所以分子量很大，一般約從數萬至數百萬，很少低於五千至八千，由於分子量很大，所以稱為大分子。這些組成高分子化合物分子的原子團，稱為單基物，或簡稱為高分子化合物的基，例如組成纖維素的基為葡萄糖剩基（ $-\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5-$ ），組成尼龍66的基為（ $-\text{HN}(\text{CH}_2)_6\text{NH}-\text{CO}(\text{CH}_2)_4\text{CO}-$ ）。構成大分子基的數目名為聚合度，不同的高分子化合物其聚合物各不相同。

聚合度的大小對纖維的溶解度有顯著影響，當聚合度大時，則其溶解度減低，而且溶解時其溶液粘度會增高。聚合度大小對纖維的強力、變形等亦有關係，例如聚合度對天然棉纖維強度的關係如表1—1所示：

構成高分子化合物為大分子常具有以下的三種構造形式

(i) 綫型構造：每個單基物只與二個相鄰的單基物以主化合價聯結而成沒有支鏈的綫型大分子。



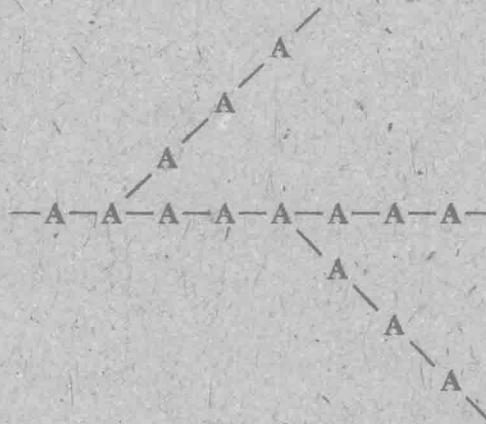
表 1-1

纖維素聚合度对天然棉纖維强度的影响* (根根3-A. 罗果文資料)

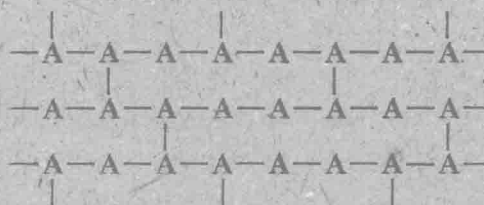
纖維素聚合度	相对强度(克/但尼尔)		在湿状态下强度下降的百分率(%)
	干纖維	湿纖維	
3780	2.46	2.46	0
1670	1.97	1.94	1.5
850	1.88	1.55	23.8
430	0.97	0.55	41.2
340	0.59	0.33	44.0

* 不同聚合度的天然纖維素是用气体氯化氢水解法制得的。

(ii) 枝型構造: 有一部分單基物与二个以上相隣的單基物互相結合, 結果形成比主鏈短的支鏈。



(iii) 網狀式構造: 大分子主鏈在橫向互相以主化合价相联結, 形成具有空間的結構



天然纖維与化学纖維其大分子的結構形式大多是綫型的, 但在某些纖維中仍然有非綫型的構造。

大分子的形态通常是細長形, 其長度要比它的直徑大許多倍, 因而一个大分子就象一根纖維的縮影。

每个綫型大分子並不是絕對伸直的, 它具有适当的可撓性, 当不受外力約束时由于綫型大分子各个极化原子团的相互作用, 可形成各种形态, 其形状可以是弯曲的或近似圓球形的, 也可以伸展成比較直的状态, 如图 1-2 所示。

大分子的可撓性取决于大分子是否具有支鏈和聚集成束的程度, 以及相互作用力的大小。当大分子不具有支鏈, 聚集程度愈高, 大分子間相互作用力大时, 則大分子的活动, 受到限

图 1-2
綫型高分子聚合物的分子所具有的形式

制，使大分子可撓性降低。聚集成束的綫型大分子如在沿其縱向給以外力作用時，則大分子的相對位置即發生變動，其變動情況如圖 1—3 所示。

大分子之間主要是依氫鍵和分子間力即范得華力產生相互作用，其相互作用力的大小取決於大分子間的距离及原子團的極性。當大分子間的距离小於 2.75(埃)時，則在大分子極化原子團之間將因氫鍵而結合，分子間的距离增加到 2.8~5(埃)時，則由范得華力發生作用，此作用力較氫鍵的作用力要小 1~2 倍，其作用的強度隨分子間距离的增加而顯著減小。

由若干原子組成的帶有極性的原子團稱為極化原子團，極性較強的稱為強極化原子團，極性弱的稱為弱極化原子團，不帶極性的稱非極化原子團。當大分子間有強極化原子團(如 OH, CONH)存在時，則大分子間吸引力大，而有弱極化原子團(如 CH₂, COO 等)及非極化原子團存在時則大分子間的吸引力小。支鏈的存在使大分子間不易互相靠近，因而減弱了大分子間的相互作用力，所以沒有支鏈而具有許多強極化原子團的綫型結構，其大分子間的作用力最強。

當纖維受到外力作用而斷裂時，可能是大分子鏈的斷裂，或者是大分子間相互滑脫而斷裂，斷裂情況決定於大分子本身化學鍵的結合力與大分子間的相互作用力，如果大分子間作用力大於大分子本身化學鍵的結合力時，則大分子鏈斷裂，相反，當大分子間作用力小於大分子本身化學鍵的結合力時，則大分子產生相互滑脫而斷裂。在製造化學纖維時為了增加纖維的強度，通常使纖維大分子聚合度增加，從而加強大分子間的作用力，但作用力大於結合力時，則纖維的斷裂是由大分子鏈斷裂所引起，那時再增加聚合度不會再使纖維的強度增加。

由此可知，在製造化學纖維時應注意所用原料的大分子形態，聚合度的大小，大分子相互間的作用力等問題，從而使制得的化學纖維在品質上能滿足要求。

3. 纖維大分子的排列形態

大分子是組成纖維的基本單位，纖維的大分子在纖維中聚集的情況不同，則纖維的性質就要因之而變化，特別在化學纖維中關於這個問題就更加明顯。對纖維大分子排列形態的研究可以比較全面的了解纖維吸濕，拉伸等性質變化的規律。纖維中大分子可能排列的形式如圖 1—4 所示。

在纖維中多數的大分子是較伸直的，而且沿纖維軸呈某種方向的排列，纖維中的大分子沿著纖維軸方向平行的程度，稱為大分子的定向性。倘若所有大分子都能與纖維軸完全平行，這種現象稱為完全定向(見圖 1—4 甲)，事實上纖維大分子完全定向排列是很難獲得的。一般纖維的機械性質和物理化學性質是與纖維中大分子的定向性密切關聯著的，事實告訴我們，大分子的定向性愈差，則纖維的各向異性愈不顯著，且纖維的強力愈低，例如強力人造纖維與普通人造纖維的差別主要是纖維大分子的定向性不同，前者的大分子定向性比後者高。其他如棉纖維與麻纖維在拉伸性質方面的不同主要也是因為其定向性不同而引起的。

纖維中大分子相互排列的整齊程度稱為整列度。纖維中大分子的整列度愈高則纖維的強力好，伸長及吸濕少。

對於紡織纖維內部結構的基本概念有三種學說，這三種學說對纖維內部構造各有不同的觀點，並且在解釋纖維的性質上亦都有不夠全面的方面，但在某些概念上，能幫助我們進一步了解纖維的性質，因此現將這三種學說略述如下：

(1) 微胞學說

根據微胞學說，由許多纖維大分子組成了顯微鏡下所不能察見，不溶于水且具有雙折射性質

圖 1—3
綫型大分子在受外力拉伸前後
其相對位置的變化

圖 1—4
纖維中大分子可能排列的形式

的微晶体，这种微晶体称为微胞，微胞好象砌磚一样分散排列在纖維内部，因为微胞边缘有着很多的极化原子团，所以各个微胞間存在着一种相互吸引的力量，使它們很好联接在一起構成纖維，如图 1—5 所示。

根据微胞学說可以認為纖維所以具有各向異性是由于整列的微胞所形成的，而纖維的膨化是由于液体浸入微胞的間隙而产生的。

但是微胞学說仍不能解釋許多問題，如既認為溶液中含有結晶性的微胞，为何不能从 X 光图象中得到証明，同时纖維在膨化时为何仍能保持它整个体系而不溶解。因此这种学說目前已被淘汰。

(2) 边缘微胞学說

由于微胞学說不能解釋某些現象，經過多年的研究，逐渐发展成为边缘微胞学說，此学說已不再把微胞看做是可以孤立存在的東西，而認為是若干結晶区域分散在近乎平行的纖維分子鏈之間，而一个鏈狀大分子可以縱貫許多結晶区域和无定形区域，一个大分子末端可能留在結晶区域中也可能留在无定形区域中，而結晶区域和无定形区域沒有明显的分界綫，所以纖維是具有結晶区域与无定形区域的混合結構如图 1—6 所示。根据边缘微胞学說可以解釋纖維在膨化时仍能保持原来体系的現象。

認為纖維具有結晶組織的最重要依据是当 X 射綫透過纖維之后发生衍射現象在感光膠片上出現干涉条紋。同时纖維具有光学的各向異性。

(3) 液态結構学說

在苏联，最近在 B.A. 卡尔金领导下有一派学者通过研究，認為纖維具有液态結構，它祇含有整列与不整列部分，在纖維中大分子鏈在縱向的某些区域排列比較整齐有規則，称为整列部分，某些区域排列不規則称为不整列部分，一个大分子鏈可能一部分位于整列部分而另一部分跨入相隣的非整列部分，由于分子間力較强，使大分子流动性极小而能保持其几何外形，在一般情况下纖維是处在玻璃体状态。

关于 X 射綫图谱上出現干涉条紋的原因則是由于纖維中有整列部分存在的緣故，B.A. 卡尔金等認為：任何一种高分子物質的衍射图决定于二种干涉形式的共存。

(i) 由分子内部散射所产生的干涉，这种散射决定于原子在分子中的排列情况；

(ii) 由分子間散射所产生的干涉，这种散射决定于分子的相互位置。

当分子內原子間距离固定时，分子内部的散射与所用的光綫的波長无关，同时物質分子間的距离也象在晶体中那样固定不变时，則由分子間的散射所引起的干涉也应与波長无关，因而在改变晶体分子的相互排列时，不論 X 射綫图谱或者电子图谱都应该同时发生变化。

这些科学家在研究拉伸各向同性的水化纖維素薄膜（賽珞玢）所发生的結構变化时，用不同波長的光綫，0.06(埃)（快速电子）和 1.54(埃)（X 射綫）来測定衍射。所做的試驗証明，当拉伸薄膜时，X 射綫图谱上的衍射图起了变化正如有晶体結構存在时所应当发生的一样，但被拉伸的薄膜的电子图谱則不起变化。此外 B.A. 卡尔金与 Д.И. 列本斯卡娅对蚕絲电子图谱的研究指出：蚕絲整列部分的分子鏈也並不排列得象晶体所特有的那么整齐，正象天然纖維素一样。由 X 射綫图与电子图研究結果之間的不相符合得出結論：纖維中大分子不具有象晶体中那样高的規則性，因而纖維不具有微晶結構。

双折射現象是晶体結構的主要光学特征，但是不能認為只要有双折射現象存在的物質就有晶

图 1—5

微胞学說的結構模型

图 1—6

边缘微胞学說的纖維結構示意图

体結構，B.A.卡尔金等指出，双折射現象的存在只是表征制品中大分子的主要排列，而不是晶体結構的无疑义的特征，在个别情况下即在研究硝酸纖維素薄膜时已加以确定，就是在制品具有无定形結構时也存在双折射現象（光学的各向异性）。

虽然在研究的現阶段的尚不能对纖維的无定形結構理論的正确性做出最后的結論，但是这种为苏联科学家所提出和发展的纖維結構新的概念，是有着很大的意义的。

4. 纖維的X射綫衍射图譜

为了分析和研究纖維內部的結構，可以应用一系列的方法，其中最广泛采用的是X射綫图譜分析。

X射綫是一种波長很短的电磁波，电的波長在0.1~10(埃)左右，因其波長与物体內整列系統的原子的距离同量級，当X射綫射入物体时，可以以物体內部的原子和分子的整列系統作为衍射光柵，由于原子和分子所产生的衍射波而形成干涉現象。如果衍射波在某一方向上由于干涉而互相增强时，就在感光膠片上产生X射綫的衍射图譜，根据这种衍射图譜就可用来分析和判断物質內部的結構，从而决定分子的排列形态和整列程度。

(1) 烏尔夫—勃拉格規則

对晶体而言，其中各离子或原子的排列常呈分明的层次，要从各层“反射”出来的X光能夠互相加强而不是在互相干涉抵消，則各层反射光的光程差必須是所用X光波長 λ 的整数倍数。如图1-7所示。

$$\begin{aligned} \text{光程差} &= OO' - OC \\ &= O'A - O'B \\ &= AB \\ &= 2d \sin \alpha \end{aligned}$$

$$\text{如 } 2d \sin \alpha = n\lambda$$

則在OR方向必定有一道反射的X光，否則便不会有反射光，这一規則称为烏尔夫—勃拉格規則。

(2) X射綫分析結構方法

X射綫分析結構方法可分为：

(i) 劳厄法，这是用單晶体和連續X射綫拍攝照片的方法，所得的图譜常呈現很多对称排列的点子，如图1-8所示。

(ii) 粉末法：这是用一定波長的X射綫来照射很多任意堆积的小晶体进行拍照，所得图譜常呈現很多完整的圓圈，如图1-9所示。

(iii) 旋轉法：这是劳厄法与粉末法的結合，与前者相同的是采取一个單晶体，与粉末法相同的是用一定波長的X射綫照相，在照相时，試样以每小时10—15轉的速度旋轉。晶体在一定波長X射綫照射下轉动是为了实现反射条件，因为晶体轉动，入射射綫就有可能与某一結晶面形成符合烏尔夫—勃拉格規則所要求的角度，因此就可能得到干涉条紋。

(3) 纖維的X射綫图譜

凡是在外形上具有固体的特征，而其內部分子不形成結晶格子的无定形物体，它虽沒有結晶格子，但其分子排列仍有一定的規則性，象纖維就是这样。根据分子排列的規則性，这类物質的X射綫图譜表現有以下三种类型：

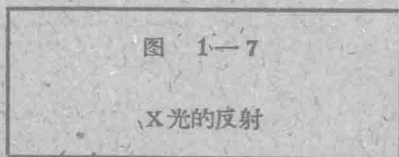


图 1-7

X光的反射

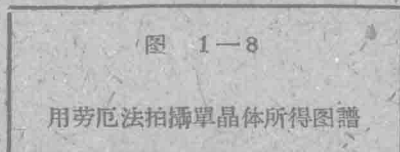


图 1-8

用劳厄法拍攝單晶体所得图譜

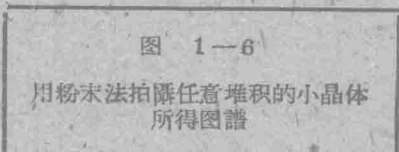


图 1-9

用粉末法拍攝任意堆积的小晶体所得图譜

(i) 理想的无定形物質，不能使X射綫产生干涉現象，因而图譜不呈現任何干涉条紋，而是一片模糊的阴影。

(ii) 无定形物体而構造略有規則的物質，其X射綫图譜和粉末晶体的图譜相似，但其干涉环不如粉末晶体图譜来得明显。如果无定形物質其分子排列規則性愈高，則其干涉环就愈明显，例如溶解的絲質，其X射綫图譜如图1—10所示。

(iii) 无定形物体中整列部分有共同方向时，其X射綫图譜的干涉环因而断裂成弧形，定向性愈高則其干涉环分裂得愈明显，例如棉纖維的图譜如图1—11甲所示。

根据上述可知，纖維分子排列較整齐的則其X射綫图譜上的斑点愈明显，大分子排列較不整齐的則其图譜上斑点愈模糊，大分子定向性愈差則图譜上斑点愈向圓弧形发展，例如苧麻与蚕絲內部分子排列具有較高的整列度，所以表现的斑点較明显，见图1—11(乙)(丙)。羊毛纖維內部的分子整列度較差，所以在图譜上黑暗模糊的圓环較多见图1—11(丁)。在化学纖維方面，由于制造条件等不同（如在成形时，是否給予較高的牽伸），因而获得的化学纖維其內部的分子排列也不同，如果纖維內部大分子的聚合度較高，相互間的作用力較强，在制造过程中，受到較大的牽伸力作用时，則纖維分子的整列度提高，在X射綫图譜即具有明显的斑点，例如强力人造纖維的图譜如图1—11(戊)所示。

图 1—10

溶解后的絲質的X射綫图譜

图 1—11

各种纖維的X射綫图譜
(甲)棉(乙)苧麻(丙)蚕絲
(丁)羊毛(戊)强力人造纖維