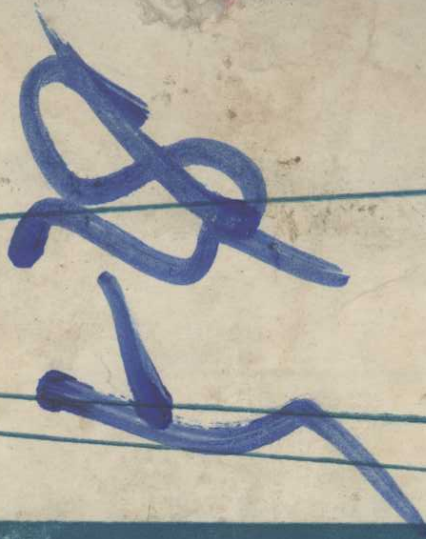




丝织材料学

丝 织 教 研 室 编

苏州丝绸工学院

TS102.33

3

江南大学图书馆



91107454

书 页

544

丝 织 材 料 学

丝 织 教 研 室 编

苏州丝绸工学院

前 言

“丝织材料学”是丝织专业一门主要的专业课程。它从丝绸工业的工艺和产品特点出发，以蚕丝和各种化纤长丝为主，讲述与纤维、丝线、织物的结构和性能有关的各项基本理论。但本教材只是该课程的理论教学部份，另外还有相应的实验教程配合。

本教材是在我院历次编写的讲义基础上改编而成，在改编中，我们力求体现丝绸工业对纤维材料的工艺要求，反映丝绸产品的风貌特征，不过，由于受到水平和条件的限制，虽对此作了一些努力，但也仅只是一个开端，不足之处尚有待于今后的努力。此外，因为这是一本高等学校教材，在章节的安排和内容的深广度上，考虑得比较多的主要是教学工作中知识传授的规律，以及和其他相关课程、包括选修课程的配合，因此，对其他方面的读者，本教材仅供参考之用。

本教材由李栋高负责编写和通稿工作。参加编写的有：蒋蕙钧（第四、六、七、八章）李栋高（绪论，第一、二、五、九章）王华杰（第三、十章）三位同志，丝织和制丝两教研室的有关老师参加讨论并提出修改意见。由于各种原因，本教材还存在着许多缺点和错误，恳切地希望得到各方面的批评和指正。

本教材的课堂教学时数可按65—75学时安排。

本教材承射阳印刷厂协助排印，在此一并致谢。

丝 织 教 研 室

绪论

1000852

把各种纺织纤维加工成可供不同用途的纺织制品是纺织工艺的根本任务。根据加工对象的不同可以把纺织工艺分成纺与织两部分，它们分别担负着将纤维制成丝（纱）线和将丝（纱）线再制成织物的加工任务，对这一加工过程中各种加工对象的结构和性能的研究，是本课程的任务和基本的内容。

通常把直径细至几微米，而长度远比细度大许多倍的物体称为纤维，但作为纺织纤维，除此以外还应该同时具有一定的加工性能，这包括有一定的强度、可挠性与化学稳定性等。纤维有长与短两种：长的如化学长丝、蚕丝，长度可达几十米以上；短的如羊毛、棉花、化学短纤维，长度仅几公分，它们可以被分别纺成各种长的丝线及短纤维纱。进入丝织工艺的主要是其中的长丝，织成的也都是长丝织物，这是丝织工艺区别于其他纤维加工工艺的一个很重要的基本特征，因此，研究长丝和长丝织成的织物便成为本专业课程的一个重要特点。再考虑到主要是作为服用的丝纺织品，除了应有服用牢度上的一般要求外，还应有较高的外观效应上的要求因此本书也将适当加强这一方面的讨论。

从我国悠久的丝绸生产历史看，虽然也曾有极少一部分丝织物中交织入其他的纤维，但主要的原料还是桑蚕丝和柞蚕丝，这种状况只是到了十九世纪末叶出现了高分子物质制成的纺织纤维以后才发生变化。在本世纪五十年代以前，以天然纤维物质为原料的化学纤维在丝织品中占有极大的比重，最常用的是粘胶人造丝，它的应用使丝织品愈加绚丽多彩。

到了六十年代以后，由于用高分子的单体合成的化学纤维大量进入纺织原料市场成为丝绸工业一支突起的新军，从而使产品的结构发生了一个新的飞跃，大大地丰富了我国传统的丝绸生产艺术。

近年来，国外一些生产丝绸的国家以天然蚕丝作为原料的比重正在逐渐减少，一些原来生产天然丝的国家也有不少逐渐停产，我国现已成为世界上最主要的生产天然丝及其制品的国家，不论是规模还是产量均居于世界的前列。但尽管如此，我们为了进一步做到使合纤长丝具有蚕丝的某样性能，对具有仿丝性能的合纤新产品的研究工作仍然还是在积极进行之中，可以预见我国丝绸生产的前景将是非常壮观的。

为了使初次接触本专业的同学能对整个纺织原料及其制品的情况有所认识，我们将借助绪论对纤维、丝（纱）线和织物的一般分类情况作一简单的介绍。

整个纺织纤维的分类情况可参见次页的分类表：

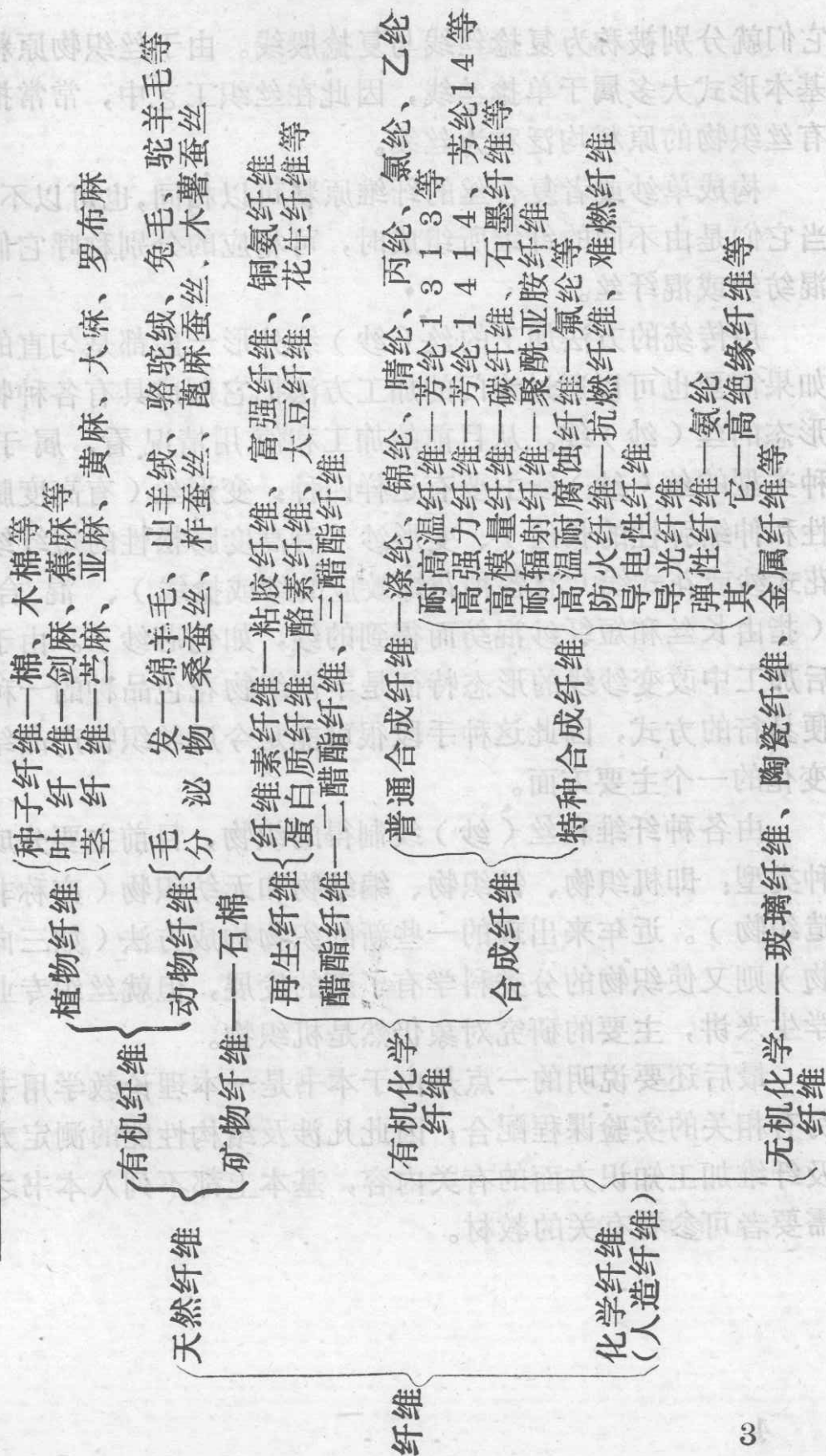
由纤维加工成的丝（纱）线，因原料与加工方法的不同可分属不同的类别：

将若干根属于长纤维的天然蚕丝和化纤丝并合在一起形成的长丝称为复合丝。复合丝中的各根单纤维之间可以通过一定的方式互相束缚在一起，如果所采取的方式是加捻则形成的长丝称为单捻丝线，亦可称为复合捻丝。

将短纤维制成纱的传统方法是环锭加捻，由此制得的纱通常称为单纱，所以单纱一般都是有捻度的，近年来由于加工方法的演变，又出现了一些可以用其他方法制得的纱，如用气流纺、静电纺、或自捻纺等方法制纱，这样制得的纱一般都用它们的加工方法取名。将若干根单纱并合在一起再制得的制品称为单捻股线。

如果再将多根单捻丝线或是单捻股线加以拼合加捻，那

纤维织分表



它们就分别被称为复捻丝线与复捻股线。由于丝织物原料的基本形式大多属于单捻丝线，因此在丝织工艺中，常常把所有丝织物的原料均泛称为丝线。

构成单纱或者复合丝的纤维原料可以相同，也可以不同，当它们是由不同的纤维所组成时，可相应的分别称呼它们为混纺纱或混纤丝。

用传统的方法加工的丝（纱）线外形一般都是匀直的，如果需要也可以通过专门的加工方法把它制成具有各种特殊形态的丝（纱）线。从目前的加工和使用情况看，属于这种类型的丝（纱）线主要有这样四种：变形丝（有高度膨松性和伸缩弹性的长丝）、变形纱（有高度膨松性的短纤纱）、花式纱或花式线（有各种花饰效应的纱或捻线）、混合纱（指由长丝和短纤纱混纺而得到的纱，如包芯纱）。由于在后加工中改变纱线的形态特征是丰富织物花色品种的一种方便易行的方式，因此这种手段很可能是今后丝织物产品结构变化的一个主要方面。

由各种纤维和丝（纱）线制得的织物，目前主要分成四种类型：即机织物、针织物、编结物和无纺织物（亦称非织造织物）。近年来出现的一些新的织物构成方法（如三向织物）则又使织物的分类科学有了新的发展，但就丝织专业的学生来讲，主要的研究对象仍然是机织物。

最后还要说明的一点是由于本书是一本理论教学用书，另有相关的实验课程配合，因此凡涉及结构性能的测定方法及纤维加工知识方面的有关内容，基本上都不列入本书之中需要者可参看有关的教材。

目 录

绪 论

第一章 纤维结构的基础知识

- (18) 第一节 纤维结构层次的分类…………… (1)
- (05) 第二节 纤维大分子的链结构…………… (9)
- (17) 第三节 纤维的聚集态结构…………… (22)
- (88) 第四节 热塑性纤维的三种物理状态…………… (47)

第二章 天然丝

- (89) 第一节 蚕丝的品种及其形成…………… (52)
- (79) 第二节 蚕丝的组成…………… (65)
- (04) 第三节 丝素纤维的聚集态结构…………… (73)
- 第四节 丝素纤维的结构和化学特性的关系… (96)
- 第五节 丝 胶…………… (100)
- (89) 第六节 蚕丝的主要性能及其品质检验…………… (117)

第三章 化学纤维

- (25) 第一节 概 述…………… (129)
- (18) 第二节 粘胶纤维…………… (136)
- 第三节 铜氨纤维…………… (151)
- 第四节 醋酯纤维…………… (154)
- (98) 第五节 涤 纶…………… (165)
- (15) 第六节 锦 纶…………… (175)
- (47) 第七节 晴纶、维纶、丙纶…………… (186)
- (88) 第八节 纺丝新技术…………… (204)

第四章 其他原料

第一节	短纤维纱线·····	(209)
第二节	变形丝·····	(227)
第三节	金银线·····	(243)
第四节	花式(色)线·····	(245)

第五章 丝线结构

第一节	丝线的构成·····	(248)
第二节	加捻丝线的结构·····	(250)
第三节	复捻丝线·····	(271)
第四节	加捻对丝线强力和伸长的影响·····	(283)

第六章 细 度

第一节	细度指标·····	(293)
第二节	纤维与丝线的直径·····	(297)
第三节	细度的不均匀性·····	(304)

第七章 吸湿性

第一节	吸湿的基本知识·····	(309)
第二节	吸湿理论·····	(312)
第三节	影响吸湿的因素·····	(320)
第四节	吸湿对纤维材料的影响·····	(325)
第五节	润湿性与浸透性·····	(334)

第八章 纤维和丝线的机械性质

第一节	拉伸断裂指标·····	(339)
第二节	拉伸曲线与断裂机理·····	(342)
第三节	影响拉伸性质的因素·····	(354)
第四节	纤维的变形与弹性·····	(362)
第五节	纤维的蠕变、松弛与疲劳·····	(368)
第六节	纤维和丝线的摩擦与抱合·····	(387)

第七节	纤维和丝线的弯曲与扭转·····	(396)
-----	------------------	---------

第九章 纤维和丝线的其他物理性质

第一节	比重与体积重量·····	(410)
第二节	热学性质·····	(419)
第三节	电学性质·····	(453)
第四节	光学性质·····	(470)

第十章 丝织物的物理机械性能

第一节	丝织物的基本结构·····	(486)
第二节	丝织物的拉伸断裂、撕裂和顶裂·····	(496)
第三节	织物的手感、刚柔性、悬垂性与抗皱性·····	(510)
第四节	织物的透通性·····	(524)
第五节	织物的起毛、起球·····	(527)
第六节	织物的耐磨性·····	(533)

第一章 纤维结构的基础知识

纺织纤维具有许多优良的性能，利用这些性能制成的丝织品不仅广泛用于人民生活，在工农业建设和国防事业上也有很重要的用途。纺织纤维之所以有这样一些优良的性能，而且不同纤维的性能之间又有很明显的差别，其中一个很主要的问题就是因为它们有不同的纤维结构。和一般的低分子物质不同，纤维的分子都是由许多基本结构单元键接而成的大分子，而且从一个大分子起到最后成为纤维，当中还需要经过一系列结构层次的演化，过程相当复杂。尽管近年来这方面的实验技术有了比较重大的进展，但有关纤维结构的理论还不很健全，许多观点还处在形成和发展之中，不过从近年来不断出现的新颖纤维看，纤维结构的理论研究工作对指导纤维科学的发展上是很有成效的。

第一节 纤维结构层次的分类

对纤维结构的研究，按研究单元的不同可分为两大类：一类研究的是以纤维分子内结构为对象的聚集态以下的各级结构，统称为低次结构，它包括纤维大分子基本结构单元的结构和它的远程结构，俗称一次结构与二次结构。另一类研究的则是以分子间结构为对象的高次结构，它包括通常被称为三次结构的纤维聚集态结构（超分子结构）与三次结构以上的宏观聚集态结构，现分述如下。

一、纤维的低次结构

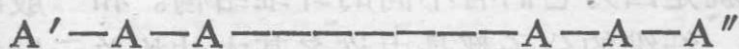
（一）纤维的一次结构

纤维的一次结构也称第一层次结构，是构成纤维的最基本的微观结构，一次结构研究的对象只限于每个纤维大分子

中一个基本结构单元或几个基本结构单元之间的关系，属近程结构范围。

一般说来，纺织纤维的一次结构有以下这样一些特点：

1、大多数纤维的分子是由许多完全相同或是基本相同的基本结构单元重复而成的链状分子，所以这一基本结构单元还有一个常用的名称——单基或链节。如以A表示这些单基，则根据单基应该在纤维分子中占据的位置，可以把纤维的分子表示为：



或



这里的A'和A''称为端基，它的组成可以和A相同也可以不同，端基对纤维的性能影响很大。式中的n表示一个纤维分子中单基重复的次数(包括两个端基)，称为聚合度。

2、由于纤维的聚合度都在几百、几千以上，如以 M_A 表示基本结构单元的分子量，则取决于 $M_A \cdot n$ 的纤维分子量M可以高达 10^5 以上，因此高分子量便成为纤维一次结构的第二个重要特征，同时也决定了应将纤维划为高分子物质。

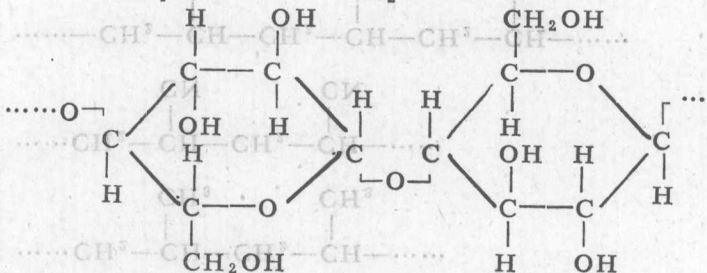
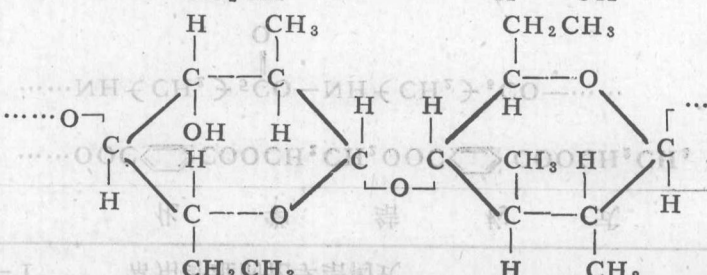
3、单基与单基间是依靠共价键而结合成为一个大分子的，例如形成C—C键结合的共价键。如果这些单基通过共价键结合在一起的时候曾失去了一部分物质，使存在于纤维大分子中的单基与未结合前不同，那就说明它实际上是以残基的形式存在于纤维的大分子之中。

4、由这样的分子所组成的纤维具有多分散性的特点。这主要表现在尽管纤维中各个分子的组成相同，但分子量并不一样，亦即组成每个分子的单基数不同，或者也可以说纤维应该是属于一种由结构相同、组成相同，但分子量不同的同系高分子所组成的混合物。所以，倘要知道纤维的分子量是少的话，就只有讨论平均分子量的大小才有实际意义。

表 1-1

3

(下接次页)

名 称	化 学 结 构 式	学 名
蚕 丝 毛	$\cdots\cdots\text{NH}-\underset{\substack{ \\ \text{R}_1}}{\text{CH}}-\text{CO}-\text{NH}-\underset{\substack{ \\ \text{R}_2}}{\text{CH}}-\text{CO}-\cdots\cdots$	(上列不取)
粘胶丝 铜氨棉		由糖转化 纤维状之聚 糖形和微可聚 糖形微可聚 糖形微可聚
醋酸丝		糖形、微可聚 糖形微可聚 糖形微可聚 糖形微可聚

这一特征同时也告诉我们每种纤维的分子量（包括聚合度）实际上都存在着一个分布，分布的宽窄可以用来表示分子大小的均一情况。

一些主要纺织纤维的基本结构单元列于表 1—1 中，对这些基本结构单元链接后形成的一次结构的研究，通常包括以下两方面的内容，即大分子的组成与构型，前者主要讨论大分子链化学结构的分类、基本结构单元的链接顺序、链结构的成份、大分子的支化、交联与端基、分子量和分子量的分布等内容，后者主要讨论各种取代基团围绕特定原子在空间的排列规律。

（二）纤维的二次结构
二次结构又称远程结构，是指单个大分子在空间存在的各种形状，亦称构象。在纺织纤维中常接触到的大分子构象一般有四种类型：无规线团、折叠链、伸展链与螺旋链。

（参见图 1—1）

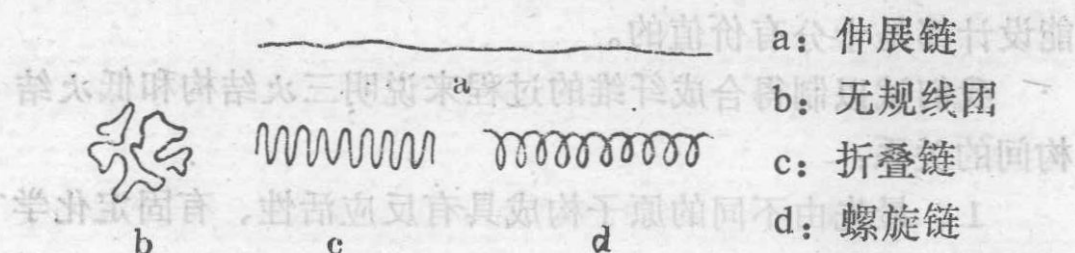


图 1—1 单个高分子的几种构象示意图

二、纤维的高次结构

（一）纤维的三次结构

三次结构是指大分子和大分子之间的几何排列，又称聚集态结构或超分子结构，在研究纺织纤维时可能接触到的主要有如图 1—2 中的几种结构状态。

纤维的三次结构一般是在成型的过程中形成的，它明显地受二次结构的影响，因此，也可以把它看做是由微观结构

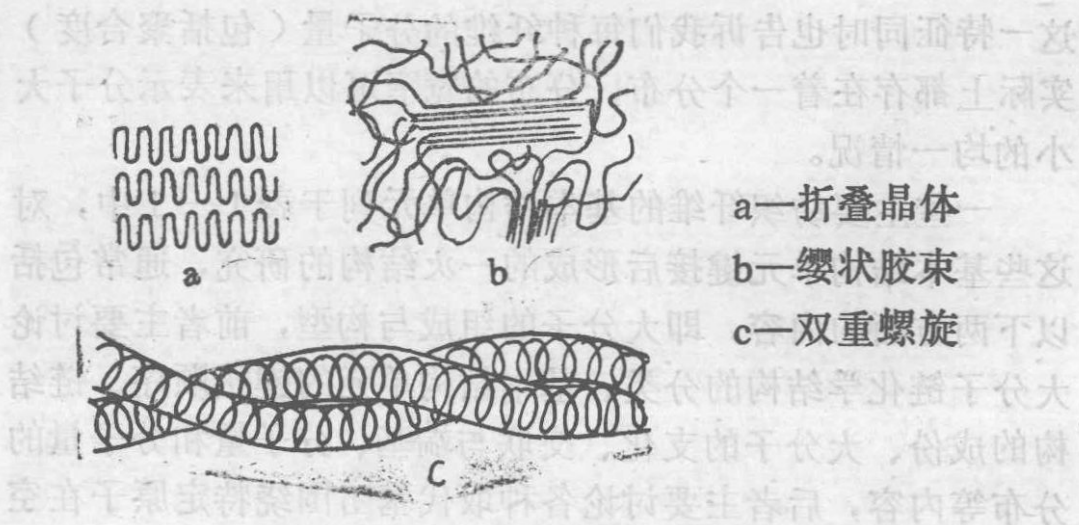


图 1—2 聚合物的结构层次

向宏观结构过渡的一种状态，它和纤维的性能有密切的关系。即使是由同一种链结构的大分子构成的同一种纤维，由于三次结构的不同，性能的差异也会变得很大，可见对这一级结构的研究有十分重要的现实意义。特别是在目前化学纤维生产迅速发展情况之下，研究三次结构对纤维的改性或是性能设计都是十分有价值的。

我们试以制得合成纤维的过程来说明三次结构和低次结构间的关系：

1、最先由不同的原子构成具有反应活性、有固定化学结构的小分子。

2、然后使这些小分子在一定的条件下，通过反应生成由若干个相同的基本结构单元（单基）依照一定的顺序和空间构型键接成的大分子链（属于一次结构）。

3、这些存在于空间的大分子链将按其势能的分布规律形成一定的构象（属于二次结构）。

4、这些形成了一定构象的大分子链再聚集成按一定规则排列的聚集体（属于三次结构）。

（二）宏观聚集态结构

宏观聚集态结构是指高于聚集态结构的高次结构，把三次以上的结构都称之为高次结构是一种笼统的说法，实际上从三次结构到形成纤维为止，这中间还包含有多级结构层次，现仅结合纺织纤维的特点，对这些结构层次逐级加以介绍。

1、基原纤 这是指几个互相平行的大分子按一定的距离、位相和相对形状，比较稳定的结合在一起并成为结晶态的一种很细的大分子束，通过这样的办法结合在一起的分子数目，在不同的纤维上是不一样的，由3个到7个不等，基原纤的直径约为10—30埃左右。

2、微原纤 它是由若干根基原纤平行排列结合在一起而形成的，直径尺寸当然比基原纤大得多，约在40—80埃左右。微原纤中的基原纤之间存在着一些隙缝和孔洞，也可能掺填有一些其他分子的化合物。但要注意的是微原纤与基原纤的不同之处，除了尺寸的大小之外，一个十分重要的特点是基原纤中大分子之间的联结依靠的还是分子间的结合力，而在微原纤中基原纤间的联结除了分子间的结合力外，还出现了由穿越两个基原纤的大分子主链形成的连结，这应该说是一种质的变化，也正因为有了这样的变化，所以只能把微原纤看成为一种基本上是结晶态的结构。

3、原纤 是指由若干根微原纤基本平行排列结合在一起的更粗一些的大分子束，它的横向尺寸一般在100—300埃左右，原纤中存在着比微原纤中更大的缝隙、孔洞和非晶区，也可能还存在一些其他分子的化合物，原纤中微原纤之间的联结方式和微原纤一样，所不同的是因为现在结构层次的范围扩大了，在原纤上已经可能出现很多段由非晶区间隔开来的晶区。纤维中的原纤一般是难以直接用肉眼观察的，但在电镜下有时可以看到这一级结构的形态特征，比这更微细的结构就难以观察到了（参看图1—3）。