

合成纤维卷曲的 理论与实践

余振浩 编著

45.31

纺织工业出版社

合成纤维卷曲的理论与实践

余振浩 著

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书根据理论和实践相结合的原则,从卷曲的特征和原理说明了卷曲的形成和保持,从而解释实践中卷曲条件的调节和控制以及卷曲质量异常的发现、确定和处理。本书可供化学纤维厂工人、技术人员、科学研究人员和化学纤维专业的院校师生参考。

责任编辑:蔡秀卿

合成纤维卷曲的理论与实践

余振浩 著

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

保定地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张,4 20/32 字数,101千字

1982年9月 第一版第一次印刷

印数:1—8,000 定价:0.50元

统一书号:15041·1202

作 者 的 话

合成纤维的卷曲是短纤维后处理工程中承前启后的关键工序之一。深入理解并妥善掌握卷曲工序，是短纤维生产中增加产量、减少废丝、节约能量、提高化纤厂经济效益的有效办法，是提高短纤维质量从而保证纺纱厂顺利生产的必要手段。

本书是以生产实践为基础来认识卷曲实质的一种尝试，又是按照这些认识来控制生产过程以求得理论与实践统一的一种企图。本书的尝试和企图是初步的，不够成熟的，只是提供读者作为参考，希望得到同志们的批评和指正。

作 者

1982年3月3日

目 录

第一章 卷曲的必要性及其方法	(1)
一、卷曲的必要性.....	(3)
二、卷曲的方法.....	(5)
第二章 卷曲的表示	(8)
一、两个特征值.....	(8)
二、两个质量项目.....	(9)
三、卷曲度的含义.....	(15)
四、卷曲数的含义.....	(17)
第三章 卷曲度和卷曲数的联系	(25)
一、抱合力的产生.....	(25)
二、卷曲度依赖于卷曲数.....	(28)
三、卷曲度决定卷曲数.....	(30)
四、抱合力的表现.....	(31)
第四章 推压卷曲机	(37)
一、卷曲机构.....	(37)
二、卷曲机的配置.....	(41)
第五章 卷曲的力学模型和参数	(44)
一、弯曲力和应变能.....	(44)
二、卷曲匣参数.....	(48)
三、丝片厚度.....	(52)
四、丝束在卷曲匣内通过时间.....	(55)
五、弯折速度.....	(60)
第六章 卷曲的形成	(61)
一、第一次卷曲.....	(62)

二、第二次卷曲	(65)
三、第三次卷曲	(67)
四、卷曲的结果	(69)
第七章 卷曲前丝束状态	(72)
一、纤维尽量平行	(72)
二、丝束厚薄均匀	(74)
三、丝束宽度适当	(75)
第八章 卷曲的工程因素	(77)
一、弯折力的产生	(77)
二、纤维的刚度	(79)
三、丝片的弯折	(82)
四、卷曲匣的容量	(89)
第九章 卷曲后卷曲度的保持	(92)
一、卷曲匣内加热	(92)
二、延长紧压时间	(93)
三、松弛热定型	(94)
四、防止拉长和浸泡	(95)
五、快拉快放	(97)
第十章 卷曲过程的控制	(99)
一、幅宽调节	(99)
二、厚薄调节	(101)
三、预热与辊温	(102)
四、卷曲辊压力	(103)
五、动刀压力	(104)
六、可换侧板	(106)
七、卷曲质量的目测	(106)
第十一章 纤维的卷曲质量	(107)

一、卷曲质量的测定值.....	(107)
二、卷曲质量测定值的分布.....	(111)
三、卷曲的质量标准.....	(119)
第十二章 卷曲的质量管理.....	(124)
一、质量管理图.....	(124)
二、工程分析.....	(127)
三、异常处理.....	(134)
四、标准化.....	(137)
参考资料.....	(140)

第一章 卷曲的必要性及其方法

化学纤维是纺织纤维的重要组成部分，它的年产量已和天然纤维并驾齐驱。化学纤维除了做棉絮、滤材等直接以散纤维状态使用外，绝大部分都要经过纺织、印染等加工，做成纱线或织物的形式加以利用。

化学纤维之所以能用于织造纺织品，是因为它们具有一定的使用性能：如纤度、长度、强度、伸度、尺寸稳定、可以染色等性能，并能织造成具有一定使用价值的纱线及纺织产品。如果这些纤维经不起纺织、印染等后加工过程的处理，或根本通不过这些加工过程，它们就不能做成纺织品，它们的使用价值就不能充分体现出来。可见纺织用纤维除了要具备必要的、能满足一定用途的使用性能外，还必须具备必要的、能满足某些处理要求的加工性能。

天然纤维，如棉花、羊毛等不但有良好的使用性能，而且有一定的加工性能，能够被加工成纺织品。因此，人们创造出适合于它们各自加工性能的处理设备和加工流程。

例如，棉纤维有天然转曲，见图1。这种转曲使棉纤维相间在接触时有粘附的可能。纺织加工中纤维之间这种互相粘附的



图1 棉纤维外形示意

力称为抱合力。棉纺过程中利用这种抱合力，在清棉机上把棉花制成棉卷。这是将棉纤维铺成层，经过辊压后，层内纤维相互间抱合很好，层面平滑，两层之间不会粘连，这样在退卷时两层能顺利分开。如果抱合力不够，层内纤维相互间不能很好抱合，容易松开，同时，层的表面不平滑，两层之间容易互相粘连，退卷时两层不能顺利分开，形成不同程度的粘连，使退出的棉卷厚薄不匀，严重的甚至找不出层次，因而退不出来。

在梳棉机上，棉层被梳开，形成单根纤维交错组成的极薄的棉网，由于纤维相互抱合良好，棉网虽薄，又没有东西把它托住，但仍不会破裂。如果抱合不好，由于重力的作用，纤维互相滑脱，棉网下垂，有时棉网破边，引起条子粗细不匀，严重时造成棉网断头，加工过程就会中断。棉网集成条子，如果纤维相互间抱合良好，经过压辊加压，条子比较紧实，便能顺利地进行后面的加工。如抱合不好，条子就会松散。

毛纤维（羊毛）有天然卷曲，正常的卷曲成半圆形，见图2。羊毛的表面呈鳞片状，毛纺过程中利用这种卷曲和鳞



图2 毛纤维外形示意

片状表面所产生的纤维间的抱合力，使毛纤维在梳毛机上形成毛网和毛条。由于毛纺中所用纤维的长度比棉纺中所用的纤维长一倍以上，

长度的增加使纤维间的接触面积加大，抱合的机会增加，因此对纤维的卷曲性能要求比较低。毛纤维的天然卷曲已足以达到毛纺过程所要求的抱合力。

人们就是在棉纤维和毛纤维的天然形态的基础上，创造

出现在的棉纺和毛纺设备，通过这些设备把它们加工成纺织品。

一、卷曲的必要性

用普通的方法成形的化学纤维，没有卷曲，因此一般说来，抱合力比较差，特别是熔融纺丝法制成的涤纶（聚酯纤维）、锦纶（聚酰胺纤维）、丙纶（聚丙烯纤维）等，纤维表面光滑，外形象圆柱，抱合力极差。为了利用现有的纺纱设备，或者说要在现有的棉纺设备和毛纺设备上纺成纱，就必须使化学纤维短纤维具有近似棉纤维或毛纤维的天然形态，如纤度（粗细）、长度、卷曲等，以便适应这些设备的要求，即具有天然纤维那样的加工性能。

要把化学纤维制成象棉纤维那样的转曲，是有困难的，如果单就转曲能提供抱合力，而只要有一定的抱合力就能进行纺织加工这一点来说，转曲是形式，而抱合力是目的，只要能达到具有抱合力的目的，形式可以改变。制成象羊毛那样的卷曲就比较容易，而不同的卷曲还能产生不同的抱合力，适当控制卷曲，就能使纤维具有适当的抱合力。

因此，为了适应于纺织加工，化学纤维的短纤维需要模仿天然纤维，具有一定的抱合力。在一定的意义上说，这是一种“仿生”处理。

另一方面，如果能创造出适用于抱合力很差的化学纤维的纺织加工方法，而不是利用现有天然纤维的纺纱设备，那就不必为增加它的抱合力而专门增添处理工序。例如，熔融纺丝的纤维喷出后直接做成无纺布布，就不需要考虑抱合力问题。但是目前这种纺织品的应用范围极其有限，无纺布布还不能作为制造纺织品的主要方法。因此，就目前的技术水

平来说，有必要人为地增加化学纤维的抱合力，以便利用现有的纺纱设备进行加工。这一方面是因为现有纺织加工方法的技术成熟，另一方面是因为用这种方法除化学纤维本身可以纯纺外，还可以与天然纤维混纺。

化学纤维制造过程中，为增加纤维抱合力的处理工序，称为“卷曲”。处理的结果，使纤维中心线不再成为直线，而成为弯曲的形状。“卷曲”可使化学纤维短纤维的可纺性得到改善。

化学纤维的短纤维在纺纱厂中加工时，有好纺和不好纺的问题，即纺纱是否顺利的问题。这个问题关系到纺纱厂的利益：轻则生活难做，缠辊和断头增加，棉网下垂和白星增多，正常生产秩序难以维持，劳动强度增加，成纱质量变坏，原料制成率降低，产品成本提高；重则整个生产停顿，引起重大经济损失。因为关系如此重大，纺纱厂都希望获得可纺性良好的纤维，即纤维本身非常适应于纺纱过程，可以顺利纺纱，生产中生活好做，成纱质量优良，产品成本低。因此要研究化学纤维的可纺性，它主要包括以下几个方面：

(1) 静电性：化学纤维的导电性差，它与纺纱机器摩擦或自己互相摩擦时容易产生静电。

(2) 抱合性：化学纤维互相之间容易滑脱，应采取措施增加抱合力。

(3) 牵伸性：要容易通过并条、粗纺和精纺的牵伸工序，要求纤维之间摩擦系数不能过大，要有互相滑动的可能，否则不易牵伸；纤维长度要与牵伸机构的罗拉隔距相适应，否则不能进行牵伸。

当然，纺纱厂能否顺利纺纱，纤维可纺性是一个很重要的方面，这是化学纤维生产者必须严加注意的，并且应该对

用户开展技术服务工作，对自己的产品质量负责到底，协助纺纱厂提高短纤维的可纺性。但是，纺纱厂中的其他因素：如机器状态是否良好，机器周围空气条件是否合适，工艺条件的选择是否恰当，也会影响纺纱情况。不能认为纺纱不顺利，一定是纤维的可纺性不好，应该作科学的分析。

为了改善化学纤维短纤维的抱合性，采用“卷曲”的方法。纤维在产生卷曲之后，解决了纤维之间的滑脱问题。但如果卷曲过分，则会因纤维之间互相钩附过牢而使牵伸性能变坏，造成牵伸困难。这是可纺性内部的一对矛盾，即抱合性与牵伸性间的矛盾。而可纺性只是纤维加工性能的一个方面，即是在纺纱加工方面的性能，纤维还要经过机织、针织、印染、成衣等等许多不同的加工，还要求有其他方面的加工性能。

二、卷曲的方法

化学纤维的卷曲，根据其所用方法的不同，可以分为化学卷曲、物理卷曲和机械卷曲。

(1) 化学卷曲：这是一种用化学方法处理已纺成的纤维而造成卷曲的方法，由于这种方法需应用化学试剂，成本高，污水处理又困难，有时甚至使纤维的其他性能变坏，因此实际生产中应用极少。普通粘胶纤维的凝固过程有酸碱中和反应，因为反应迅速，纤维的外表面凝固，形成薄膜，而内部还在继续脱水凝固，这样内部继续收缩，使外表面薄膜皱瘪，纤维断面产生波形凹凸，这种断面的形状也可使纤维间产生一定的抱合力。因此，粘胶纤维一般不需专门的卷曲工序，便可以顺利地纺纱。如果要进一步改善可纺性，还要设法增加卷曲。

(2) 物理卷曲：这是一种利用物理方法（即改变分子间的力）处理已纺成纤维而造成卷曲的方法，用这种方法是否有效，将取决于纤维原料聚合物的性能。维纶在热空气和热水中处理时，产生卷曲，这叫热风卷曲和热水卷曲。用两种不同的原液或聚合物组成一根腈纶纤维，称为复合纤维。由于这两种原液或聚合物成为一根纤维的两侧，而它们的收缩性能不同，在成形或热处理后两侧的应力不同，因此形成卷曲。这种卷曲可以成为三度空间的立体卷曲，比较理想。但由于复合纺丝要用两种原料，喷丝技术复杂，成本高，在实际生产中应用不多。

(3) 机械卷曲：这是一种施加机械力于已纺成纤维而造成卷曲的方法。绝大多数合成纤维，如涤纶、锦纶、丙纶、腈纶等有一定热塑性的纤维，都可以应用机械卷曲方法。机械卷曲曾有几种方法，早期用齿轮法，将丝束通过一对啮合的齿轮，压出波纹来，但由于波纹太大，纤维卷曲效果不好，产生的抱合力不理想，故此法已基本淘汰。后来采用推压法（或称填塞法），将丝束推进卷曲匣内，丝束出口处用反压顶住，强迫纤维弯折，形成二度空间的平面卷曲。这种卷曲方法得到的纤维弯折小，抱合力好，设备紧凑，效果比较显著，得到了广泛的应用。近年来推压法卷曲机有了很大的改进，表现在：

1. 纤维的卷曲可以按需要进行调节，而且卷曲的均匀性比较好，因此产品的卷曲质量优良。

2. 一台卷曲机可处理丝束的总旦数可达200万旦左右；处理速度可达360米/分左右，单机生产能力大大提高，可达年产2万吨纤维左右，比十年前提高了6~7倍。

3. 这种卷曲机的运转稳定性良好，停台率很低，运转

率很高。过去要有备台，现在，只需备有机头或备件即可。设备投资和运转费用低，经济性良好。

由于推压法机械卷曲本身具有很多优点，同时由于目前生产的化学纤维短纤维中，热塑性纤维占大多数，因此，这种卷曲方法成为目前化学纤维卷曲的主要方法，估计用这种方法卷曲的短纤维占总产量的80%以上。所谓研究化学纤维的卷曲，实际上主要是研究推压法机械卷曲。

化学纤维长丝有两种形态：一种是基本上直挺的形态，称为普通丝；另一种是弯曲的形态，称为弹力丝（或称变形丝）。弹力丝是由普通丝经过加弹处理（卷曲）而成。从纤维弯曲的角度来看，加弹处理也是一种卷曲加工。但是，普通丝也可以顺利进行机织和针织，加弹处理的目的是为了满足不同纺织加工的需要，而是为了改变纺织品的风格，使它具有质地厚实、手感丰满、外观绒感等特点，从而使织物别具一格，增添了纺织品的品种。这就是说，加弹是为了改善纤维的使用性能，并希望这种加弹效果在纺织品使用过程中长期保存下去，因此加弹效果要具有“持久性”。而短纤维的卷曲，仅在纺纱工程中对清棉和梳棉（或梳毛）工序有用，对以后的并条、粗纺和精纺工序反而会增加麻烦，实际上，在上述工序的牵伸过程中卷曲逐渐被拉直，而成为潜在状态存在，因此，卷曲效果要求有“暂时性”。为了区别这两者，长丝的卷曲加工不叫做“卷曲”而称“加弹”。

有人^[1, 5]在研究把推压法机械卷曲用于长丝的加弹，代替目前普遍采用的假捻法来生产弹力丝，以降低产品成本，但至今还没有达到工业化生产的阶段。

第二章 卷曲的表示

卷曲和纤度、长度等一样，属于纤维的形态学性能，可以用形态学的特征值加以描述。为了简便起见，一般以推压法所生成的二度空间的弯折卷曲为模型，而其他复杂多变的卷曲状态，可以看作是这一模型的变化和发展。

一、两个特征值

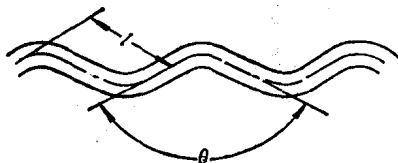


图3 卷曲纤维及其特征值

弯折卷曲可以用两个特征值来描述。图3所示是一根弯折纤维，它的中心线用点画线表示。在图形缩小时，往往用这条中心线来代表纤维本身。卷曲的两个

特征值是：每一弯折点的两条边所形成的夹角——弯折角 θ ，和每两个弯折之间的长度——弯折长度 l 。不同的卷曲状况，这两个特征值的数值不同。反过来说，这两个特征值不同，卷曲的状况就不同。因此，这两个数值可以表示卷曲的状况。

图3的示意与事实上的差异之一，是纤维的弯折长度一般为其直径的几十倍，而图上只有几倍。通常，一根纤维上有许多个弯折角和许多个弯折长度，而事实上各个弯折角和各个弯折长度都不相等，这是因为卷曲具有不均匀性。为了

便于讨论，这里以理想的均匀卷曲纤维作为基础，假设一根纤维上的各个弯折角都相等，各个弯折长度也都相等。

二、两个质量项目

在工业生产中，要用弯折角和弯折长度这两个特征值来作为纤维卷曲的质量项目是有困难的。一是因为弯折的尺寸太小，要用显微镜放大后才能看出，度量的精确性很差，也就是测定误差大；二是因为卷曲不均匀性很大，即单个弯折角和单个弯折长度的变化大，要测出很多数据进行平均才有代表性。这正如企图用纤维的另一特征值——直径——作为质量项目来表示它的粗细一样，也是困难的。

因此，实践中用卷曲度和卷曲数这两个比较概括的概念作为纤维卷曲的质量项目，来代表这两个特征值，正如用纤度这一概念来代表纤维直径一样。这样不但避免了仪器度量的准确度和精确度的问题，也解决了这些特征值本身的数值分散的问题。

化学纤维短纤维质量项目中的卷曲度和卷曲数可以表示纤维的卷曲状况并反映其加工性能。在卷曲均匀的情况下，卷曲度和卷曲数直接与弯折角和弯折长度有关，可以通过公式相互换算。这两个项目的某种平均意义在于：它一方面是一根纤维上弯折角和弯折长度的平均，另一方面是许多纤维之间的平均。正如从纤度可以用公式换算出直径一样，这直径也是平均直径，它一方面是所测纤维各部分直径的平均，另一方面是纤维断面不正好是圆形而取其半径的平均值。

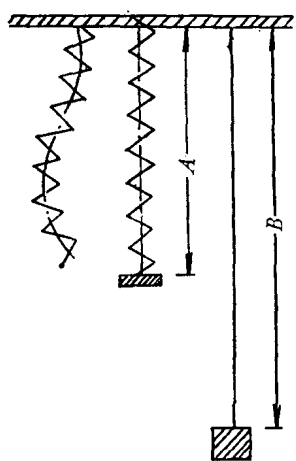
到目前为止，国际上在表示卷曲质量方面还没有统一的规定，各个国家甚至各个公司、工厂都有自己的测定方法，

有各自的定义和单位，因而只看数据不能判断其实质。一般倾向于采用卷曲度和卷曲数作为卷曲质量的基本项目，尽管大家所采用的定义基本相同，但测定方法和所用单位不完全相同，因此，卷曲度和卷曲数的具体数据仍不能互相比较。下面按一种比较合理的定义和方法进行讨论。

卷曲度和卷曲数是同时测定、分别计算的。其测定步骤如下：

(1) 对某一批纤维按正确的抽样和缩样操作，取得有代表性的样品，然后一根一根地进行测定。

(2) 取一根纤维，将其上端用夹子夹住，下端自由下垂（见图4左）。这一根卷曲纤维的轴线（图上用点画线表示）本来可能是弯曲的，而且各根纤维的弯曲程度不同，如果就



这样进行测定，使求出的数据没有可比性，同时，这种弯曲又不属于所要测定的卷曲的概念。为此，先把卷曲纤维25毫米左右的下端夹住。上、下夹距定为25毫米的原因是棉型短纤维的长度为35~40毫米，两头夹住，中间也只有如此长度。但如果小于25毫米，则每根纤维中的弯折点就少了，平均意义就小了，这样就要用增加测定纤维根数来补偿，这会增加测定工作量。

图4 卷曲度和卷曲数的测定

(3) 下端加一定的荷重，称为初荷重。加这个力的目的是要把纤维的轴线拉直（如图4中间），而不改变卷曲的弯折角。如果弯折角被拉大，则卷