

加捻过程基本理论

张文康 陈铭石 编著
丁存基 庞书廉

纺织工业出版社

加捻过程基本理论

张文赓 陈铭右
丁寿基 庞韦廉 编著

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书主要阐述纺纱工艺中加捻过程的基本理论,对加捻过程的基本概念,捻度的获得,捻度的分布、传递,捻陷与阻捻,以及加捻对纱条结构的影响等作了系统论述;对翼锭、环锭、自捻、自由端加捻、涡流加捻及变形纱加捻等各种加捻过程,作了较详尽的分析。

本书可供纺织科学研究人员、大专院校师生和纺织厂工程技术人员阅读参考。

特约编辑:薛庆时

加捻过程基本理论

张文康 陈铭右
丁寿基 庞韦廉 编著

纺织工业出版社

(北京东长安街12号)

北京纺织印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

850×1168毫米 1/32 印张:6 28/32 字数:169千字

1983年11月 第一版第一次印刷

印数:1—5,000 定价:1.30元

统一书号:15041·1289

前 言

本书对纺纱工艺中加捻过程的基本理论作了系统的阐述,包括加捻过程的基本概念,捻度的获得,捻度的分布、传递,捻陷与阻捻,以及加捻对纱条结构的影响。此外,还分析了各种实际的加捻过程,如翼锭、环锭、自捻、自由端加捻、涡流加捻及变形纱加捻等。全书以叙述基本概念、基本理论及其应用为主,可供大专院校师生、科学研究人员及工厂技术人员阅读参考。

本书第二章由陈铭右同志编写;第三章由丁寿基同志编写;第六章由庞韦廉同志编写;第四章和第五章分别由周慈念和金佩新同志协助编写并补充资料。此外,在编写过程中还得到许多同志的帮助,均此致谢。

张 文 贵

1982年于上海

目 录

绪 论	(1)
第一章 加捻和加捻过程的基本概念	(6)
第一节 加捻和加捻过程	(6)
第二节 捻回、捻度、捻向和捻系数	(9)
第三节 捻回、捻向的矢量表示	(14)
第四节 加捻区中纱条的捻度	(18)
第五节 加捻过程和产品捻度	(24)
第六节 加捻区中纱线的张力——欧拉公式的 应用	(31)
第七节 捻度的分布和捻陷	(34)
第八节 加捻和成纱结构	(42)
第二章 翼锭和环锭加捻	(47)
第一节 翼锭加捻	(47)
第二节 环锭加捻	(53)
第三节 捻度和纱线物理机械性质的关系	(68)
第三章 搓捻和自捻	(84)
第一节 搓捻作用和搓捻机构	(84)
第二节 搓捻纱条中捻度的分布—— $T_2(x)$ 函数	(90)
第三节 自捻纺纱的过程	(109)
第四节 自捻纱的种类	(112)
第五节 自捻的基本理论——捻度分布函数	(115)
第六节 自捻纱的结构概述	(130)

第四章 自由端纺纱的加捻	(137)
第一节 概述	(137)
第二节 自由端的基本形式和加捻	(139)
第三节 自由端加捻的一般情况	(142)
第四节 环形纱尾的张力和曲线形态	(146)
第五节 环形纱尾的加捻	(149)
第六节 捻度的转换	(153)
第五章 涡流加捻和涡流纺纱	(157)
第一节 概述	(157)
第二节 涡流加捻的基本原理	(158)
第三节 涡流假捻	(163)
第四节 涡流纺纱	(167)
第五节 喷气纺纱	(171)
第六章 弹力丝和假捻	(176)
第一节 概述	(176)
第二节 弹力丝假捻的基本理论	(178)
第三节 弹力丝的捻度计算和工艺参数对 产品质量的影响	(195)
第四节 弹力丝的几何形态和基本结构	(209)

绪 论

在近代纺纱技术的发展中，加捻及纺纱方法的革新，把纺织科学技术推进到一个新的阶段。目前已有各种自由端与非自由端的新型纺纱，它们所用的加捻方法和机件与传统纺纱不同，如转杯加捻、加捻管加捻、涡流加捻、假捻中的摩擦盘加捻、转子加捻以及应用假捻方法转化为真捻等等。新型纺纱提供了各种新型的纱线、变形丝（纱）、纺型丝等等。随着实践的发展，需要对加捻理论作相应的研究，以便指导今后的实践。

加捻是否仅仅指象传统纺纱那样，把前罗拉纺出的须条加以扭转这样一种简单的作用呢？从整个纺纱历史及其发展来看，并非如此。就以手工纺纱而言，加工的对象是条子。纺纱时，必须使纺轮与锭子旋转，用加捻的方法使纱端捻合条子中适量的纤维，并抽引出来成纱。在自由端纺纱中，也常使自由端或纱尾端旋转，以凝聚适量的纤维，并抽引出来加捻成纱。在近代变形丝（纱）的生产中，加捻或假捻是使丝（纱）产生变形结构的一种方法。

所以加捻可以认为具有两种作用：一是用以捻接适量的纤维使之成纱，或使纱捻合成线、缆、绳索，或使不同纤维的纱条捻合成为某种混纺纱线。二是使纤维、单丝等在纱、线、丝中具有一定的结构状态或型式，以便使制品具有一定的物理机械性质或外观结构。

加捻的对象是纤维的集合体。按加捻前后结构状态的不同，可以分为四种类型：

1. 对圆柱状态的纱条进行加捻，加捻前后纱条内外层纤维间不产生转移。这种加捻，称为实捻。

2. 对扁平形须条进行加捻，加捻后成为圆柱状态的纱条，内外层纤维间产生转移现象。这种加捻，称为卷捻。

3. 对单纤维凝聚的自由端进行加捻。一面凝聚，一面加捻，凝聚一层，加捻一层，先凝多捻，后凝少捻，成为分层状态的加捻，称为层捻。

4. 对须条边缘的枝纤维加捻，使之绕须条杆体或主体包缠起来，称为包缠加捻或缠捻。

我们以后在有关章节中可以看到，当加捻对象不同时，加捻后纱线的结构就有所不同，成纱品质各异。对各种纱线进行退捻，就可以看出其中的差异。例如实捻纱条的捻度可以退尽，而层捻纱条的捻度就不能退尽，因为后者在退捻时有些纤维层会作反向加捻。因此，在实捻情况下，可以对纱条进行假捻；而在层捻时，同样的动作所形成的可以不是假捻。

加捻与纺纱有些什么关系呢？在纺纱技术史上这是一个十分重要的问题。从纤维纺制成纱的方法，在我国古代，对麻或类似的长纤维有所谓缉绩，就是使缉理后的两根纤维头尾捻接起来；而用较短的纤维纺纱时，从古代的手工纺纱到现代的一般纺纱方法，大都是使须条加捻成为纱线。此外，还有使纤维粘合成为纱线的方法。因此，我们可以将成纱方法归纳为三种：即缉绩、加捻和粘合，而加捻是目前应用最广泛的一种方法。

加捻成纱这一纺纱技术正在发展或演变之中，因加捻过程和牵伸、卷绕等过程间的联系不同而使纺纱方法产生巨大的变化。例如，在用纺轮进行手工纺纱时，加捻是从条子中抽取一定量的纤维，同时使这些纤维捻合成纱。这种牵伸与加捻的联系或关系，称为用捻牵伸 (Draft with twist)。没有加捻，牵伸不可能连续地进行下去。另一种是当须条加以适当捻度后，予以牵伸

或拉伸，如走锭纺纱中的走锭牵伸，就是对有适当捻度的纱条进行牵伸，称为对捻牵伸(Draft against twist)。这种牵伸倍数较小(<1.5)，且配合的捻度也较小。因此，在成纱进行卷绕前还需要补加捻度。加捻与卷绕的分开，使走锭纺纱的生产间歇进行，生产率较低。为了克服这一缺点，创造了许多使加捻卷绕连续进行的方法，即目前的环锭纺纱、翼锭纺纱等。从走锭到环锭、翼锭的更替过程前后长达一百多年。在演变过程中，首先是取消了牵伸与加捻的制约关系，即使牵伸与加捻分开；然后，为了使纺纱连续进行，采用了加捻与卷绕同时进行的方法和机构。

把牵伸与加捻、卷绕分开，并且连续地进行纺纱的方法，有环锭纺纱、翼锭纺纱、帽锭纺纱等等，而以环锭纺纱应用最广。这一纺纱方法的另一个特点，是加捻过程中的纱线绕着所需纺制的卷装而转动。或者是卷装转速大于纱线转速（如环锭），或者是纱线转速大于卷装转速（如翼导式的翼锭），两者之差即形成卷绕。因此，这类纺纱方法可以概括地称之为差绕法。纱线与卷装两者转速之差，即卷绕转速，大多由摩擦产生。例如：环锭中钢领与钢丝圈的摩擦，翼锭中筒管底部的摩擦，以及帽锭中锭帽底端与纱线的摩擦等等。在这些纺纱方法中，实际所需要的卷绕转速很小，而加捻机件带着纱线作高速回转，仅仅是为了加捻的需要，这样就无谓地浪费了大量的动力。举例来说，环锭细纱机的每一个锭子消耗25~40瓦的动力，然而扭转一根纱所需要的动力是很小的，即使加上纱线张力所作的功，也远比目前消耗的为少。同时，在差绕法的加捻过程中，张力与捻度的分布影响断头，一直是人们关心的问题。因此，有必要对这种纺纱方法作进一步的分析。

与其他工业相比，纺织工业的劳动生产率较低。因此，在进一步发展的过程中，要求寻找一些新的纺纱方法，使加捻与卷绕过程完全分开，但仍保持连续纺纱，使进一步提高车速成为可能。

这时卷装也可以增大，可以直接绕成筒子。这就需要在加捻过程与方法上予以革新，使加捻和卷绕分开，同时使纱条获得真捻。一种解决办法是自由端纺纱，包括气流纺纱、静电纺纱、涡流纺纱等等。但在牵伸与加捻的关系上难以很好兼顾。例如，纤维不能伸直平行，或者在加捻时没有足够的张力，或者在加捻后纱条的结构不良，等等。

从手工纺纱到珍妮和走锭纺纱、翼锭纺纱和环锭纺纱以及自由端纺纱等的发展历史可以说明，纺纱或成纱方法是指成纱时牵伸、加捻、卷绕等过程的综合。三者的组合方法不同，就成为不同类的纺纱方法。如走锭纺纱是走锭牵伸和补捻结合的方法，卷绕则是分开的；环锭、翼锭、帽锭都属于加捻与卷绕相结合的差绕纺纱，牵伸则是分开的；气流纺纱、涡流纺纱、静电纺纱等自由端纺纱是把牵伸、加捻与卷绕都分开的纺纱方法；自捻纺又是一类；喷气纺纱或包缠纺纱又成为另一类。纺纱一词原来包含捻的意思，但并不纯粹是捻，应该包括牵伸、加捻与卷绕；而加捻方法，是指加捻所用的机构或原理，如钢领与钢丝圈加捻、翼锭加捻、气流或涡流加捻、摩擦盘加捻、转子加捻等等。

我们可以从目前已有的许多近代纺纱方法中得出一个重要的概念，即加捻过程的改革是近代纺纱方法的核心。新型加捻方法在理论上的探索，大约开始于本世纪的三十年代，到五十年代后期才在实验室中创造出近代的自由端纺纱；六十年代初，我国有了静电纺纱的第一个实验性车间；六十年代后期及七十年代，各种新型纺纱方法相继出现，向人们提出了许多理论和实践的问题。

在二、三十年以前，关于假捻及加捻过程的研究，还被认为是比较空泛的，应用的场合不多。化纤及变形纱、弹力丝的发展，使假捻有了大量的运用，运用搓捻过程中不平衡的退捻力矩形成自捻的自捻纺纱，又是一种新的创造。

概念的运用，常常是新的创造的前奏；而实践的发展，又丰富了新的概念。自由端及近代纺纱方法的发展，又向加捻过程及捻回本身提出了新的问题和概念。

目前看来，许多新型的纺纱方法还有很大的局限性，因此，对加捻过程还需要作更加深入的研究。获得真捻并不是新型纺纱的全部内容，它仅仅是能够成为纺纱方法的一个基本前提和概念，要纺成所需要的纱，还有许多要求也必须在纺纱与加捻过程中达到。例如，纤维的几何形态与排列，一定的张力与侧向压力，纤维集合体的密度与空隙率，以及捻度与张力的分布等。

人们现在可以理解：真捻、假捻、自捻与双捻等这些基本问题，对纺织工业有着多么大的影响。在本书中，我们将这些概括为加捻过程，并且试图建立起一个基本的理论体系。加捻过程这个概念是早已存在的，但过去的加捻理论书籍和一些教科书中，常常是孤立地从一个加捻区域来进行分析，从而得出片面的、甚至是错误的结论。例如从一个加捻区域来看，持转（参见第一章）并不产生捻回；但从整个加捻过程来分析讨论，这个结论就可能是错误的。两端握持中间加捻不一定是假捻，在本书中我们可以找出至少有两种情况可以使纱线从假捻转化成为真捻，而且在实践上也是已经做到的。现在对这些基本问题的研究或探讨还远远不够，要系统而严密地建立起这个理论基础，无疑是一项十分繁重而有意义的工作。

第 一 章

加捻和加捻过程的基本概念

第一节 加捻和加捻过程

在纺纱过程中，我们把纤维须条、纱、线、丝等纤维材料（以下统称为纱条或纤维条）绕轴线加以扭转、搓动或轴向缠绕，都称为加捻。加捻时，对纤维或纱条直接进行扭转或搓动的器具或机件，称为加捻器。加捻器对纱条施加加捻作用所产生的效应和产品中获得的结果，不完全取决于加捻器本身。我们将在以后的讨论中看到，加捻的方法不同，可以使产品获得真捻、假捻、双捻等等。这里我们着重指出的是：加捻具有广泛的含义，不能被日常生活中将纱线一端握持而在另一端扭转这样一个原始概念所局限。

图1-1表示纱条在A处被一对罗拉所握持，另一端绕在C处。B为绕纱条轴线作回转或扭转运动的加捻器。B点称为加捻点，A和C点均握持纱条而不使之转动或扭转，称为握持点。图中加捻点B是在A、C两握持点的中间，因而当它转动纱条时，AB和BC两段纱条都受到加捻作用。当纱条不作轴线方向运动，即A与C都握持纱条不动时，随着B不断回转，两侧纱条愈捻愈紧，且捻回的方向相反。当纱条沿轴向运动时，即A处不断输入纱条，C处不断卷绕，则BC段纱条几乎没有加上捻度而与A处输入AB前的纱条差不多。所以，加捻器两侧纱条受加捻作用后的情况与纱条是否作轴向运动有很大的关系。这是因为：加捻器B在其两侧

纱条中所加捻度的捻向是相反的。当纱条作轴向运动时，在AB区间能够得到一定数量的捻回；而当它行经BC区间时，又会得到方向相反而数量相同的捻回，正好和以前得到的捻回抵消。由此可以得出一个很重要的基本概念，即当纱条作轴向运动时，经过加捻区间后获得的捻回，应当是它在整个加捻过程中所受到加捻作用的总和。在纺纱工程中，纱条总是作轴向连续运动的。它不断地进入加捻区域，又不断地成为产品而卷绕于卷装上。这种情况应该说是一种普遍情况；而纱条不作轴向运动只能是其轴向运动速度为零时的特殊情况。于是我们也可以把上述的基本概念简言为：加捻是通过其整个过程来实现的，这个过程就是加捻过程。

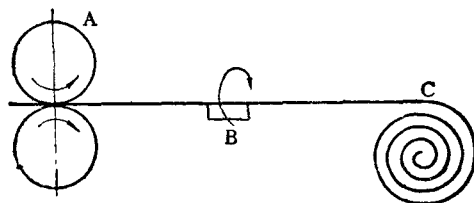


图1-1 加捻和加捻区域

在研究加捻过程时，需要将整个加捻过程进行分解。由于加捻器两侧的纱条片段受到加捻器的作用是不同的，因此，有必要将加捻器两侧的纱段予以划分。在图1-1中，握持点A和C与加捻点B之间各形成一个单元区间，称之为加捻区AB和BC。按纱条运动的次序，AB为第Ⅰ加捻区，BC为第Ⅱ加捻区。图1-1所示的加捻过程，如同所有非自由端加捻一样，有一端使纱条输入加捻区，另一端输出或卷绕在卷装上，而加捻器总是在两者之间，因此，至少有两个加捻区。

如果输入加捻区的不是连续的纱条而是单根状态的纤维，通过加捻区才捻合成纱条，卷绕于C，如图1-2，输入端形成为自由

端而并不被握持,这就是通常所谓的自由端纺纱。自由端纺纱加捻器B的两侧也具有两个加捻区AB和BC。输入纤维处的自由端和加捻点组成第I加捻区AB。在该区域中,自由端可能与加捻器同速回转,也可能受到其他作用力或阻力而与加捻器处的纱条截面产生相对扭转。

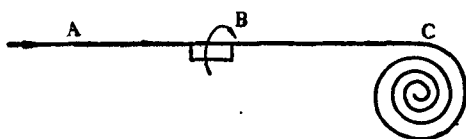


图1-2

因此,我们可以说,在任何一个加捻过程中,至少具有两个加捻区,这是加捻过程的一个基本形式。如果在加捻过程中有两个或更多的加捻器或加捻点,它们之间可以组成三个或者更多的加捻区。加捻过程除具有这种区域性或空间过程以外,还具有时间性的过程。即加捻对须条所起的作用会随着时间而变化。有时趋向于一种极限,这将在以后的章节中讨论。加捻过程的这两种性质,即时间和空间性,成为加捻过程概念上的全部意义。

关于加捻区的划分,可以从上述讨论中概括成三种情况:

1. 纱条或单根状态的纤维进入加捻作用的初始点与加捻点之间,这个初始点可以是握持的纱条,也可以是单纤维凝合捻聚的自由端;

2. 两个加捻点之间;

3. 加捻点与卷绕点之间。

由于卷绕点并不使纱条扭转,因此,在对加捻过程的分析中,可以看作握持点。

在某些情况下,通过加捻器的纱条片段较长,对纱条扭转时就不止握持在一点,犹如两个或几个加捻点联合成为某种机构。

这时，为了便于分析，可以分成两个或几个加捻点，参见以后对具体加捻过程的分析。

具体加捻过程的任务，视纱线的用途和要求而定，一般有如下几项：

1. 将单根状态的纤维或纱条捻合成纱线，使之具有一定的细度、强力、光泽等物理机械性质。
2. 多根纱、线、丝等捻合成较粗、较强、较均匀的股线、绳索；
3. 使不同纤维品种与色泽的纱线、长丝捻合成新品种与特殊性质的纱、线或长丝线；
4. 使纱线具有不同的花式结构或变形结构，如花式纱线、弹力丝、其他变形纱等。

可见，加捻后的对象和任务是多样的。作为理论上的研究，可以略去其中的某些内容，而把加捻的基本任务简化成两项：一是使纤维或纤维条捻合成为有一定品质的纱线；二是改变纱条、线、丝束的几何结构，使之具有所需要的几何状态或性质。在工业上，这两项基本任务是有所区分的，例如纺纱、制线、制绳或变形加工等等。如果概括起来，也可以说加捻的基本任务是使纤维或纱条、线、丝等捻成具有一定结构和品质的纱线或相应的集合体。

第二节 捻回、捻度、捻向和捻系数

加捻后，纱条中的纤维受到扭转变形，改变了纤维集合体结构的几何形态和物理机械性质。我们首先在几何形态的变化上加以研究。

将纱条加捻后，纤维和纱条的一部分或全部一般成为螺旋状态的结构，有的成为圆柱或圆锥螺旋线状态。基于这样的事实，

我们来比较精确地定义捻回与捻度的概念。设加捻前不论纱条原来为何种几何状态和结构，在纱条的任何一段圆柱面上，取一母线 ab ，其轴线为 OO' 。图1-3甲、乙表示加捻前后两根纱条。图甲为加捻前的纱条，母线 ab 平行于轴线 OO' 。在母线上各点作垂直于 OO' 轴的径向线(Oa 、 $O'b$ 、 O_1c 等)，应都在 $OO'ba$ 平面上，而且这些径向线在纱条横截面上的投影（见图甲）为一共同的射影，它们之间没有相对回转的角度。如该母线的下端以逆时针方向绕 O' 点回转，如图乙所示，那么， $O'b$ 、 O_1c 相对于 Oa 都转动一个角度。如 c 点离开 Oa 平面的轴向距离为 dz ， O_1c 转动的角度为 $d\theta$ 。当 b 点绕 OO' 轴转动一周时，则 $O'b$ 相对回转的角度为 2π 弧度角。此时原来母线成为螺旋线 acb ，而 Oa 与 $O'b$ 的射影仍在一条直线上，我们称此时为一个捻回。以单位轴线上长度上相对转动的弧度角来表示捻度 T ，则：

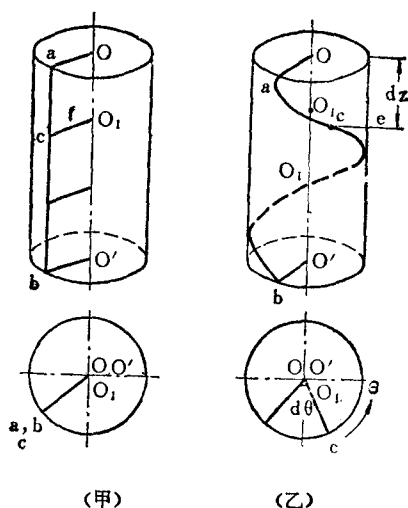


图1-3

$$T_r = \frac{d\theta}{dz} \quad (1-1)$$

化成单位长度上的捻回数来表示捻度 T ，则

$$T = \frac{1}{2\pi} \frac{d\theta}{dz} = \frac{1}{2\pi} T_r \quad (1-2)$$

上面即为 T 与 T_r 的表示式。

捻回和捻度的方向称为捻向。当纱条螺旋线的倾斜方向与字母S的中间线段的倾斜方向一致时，称为“S捻”；纱条螺旋线倾斜方向与字母Z的中间线段倾斜方向一致时，称为“Z捻”（如图1-4）。

因此捻向只有两个，即Z捻与S捻。在工业上，所纺单纱大多为Z捻。如以Z捻为正捻，则S捻为负捻。

把两根都是Z捻的单纱捻成双股线时，股线捻向常与单纱捻向相反。

以单纱捻向写在前面，股线捻向写在后面，上述的单纱和股线的捻向可写成Z/S。如果捻线时捻向也是Z，则

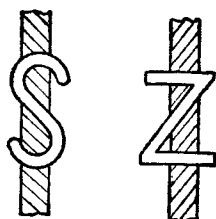


图1-4

写成Z/Z。把这样的两根或几根股线捻成缆线，即有第三次加捻，则捻向应按次序排列编写。如单纱为Z捻，几根单纱以Z向捻成股线，再将几根股线以S向捻成缆线，则捻向应按次序写为Z/Z/S，其余类推。

工业上常以单位长度的捻回数表示捻度，长度单位用英寸、10厘米或米表示。

上面所阐述的是关于捻回、捻度的典型定义。不论纱条原来是否圆柱形，其中纤维原来是否伸直平行，甚至原来就有螺旋状结构，我们都可以 在纱条上取类似的母线与径向线，用它们之间相对回转的角度或回转数表示捻回或捻度。但即使相对转动的角