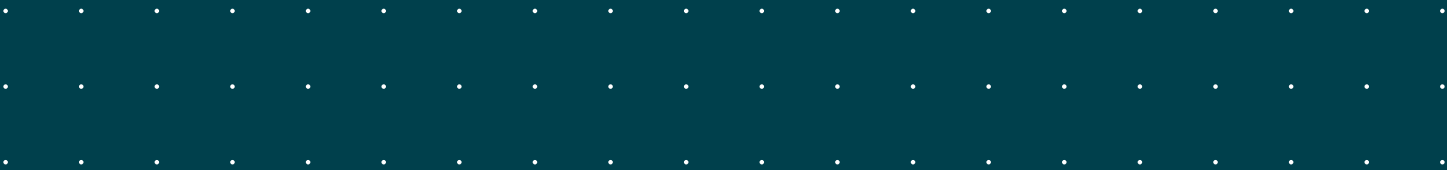


# 立达纺纱手册

第7册 – 化学纤维

Prof. Dr. Thomas Weide



ISBN 10 3-9523173-0-6 / ISBN 13 978-3-9523173-0-3

# 立达纺纱手册

第7册—化学纤维

Prof. Dr. Thomas Weide



## 立达纺纱手册

### 第1册 — 短纤维纺纱技术

本册主要论述短纤维纺纱中基本的、普遍适用的工艺原理。在随后的各册中，内容将按照机器或机器组进行编写，从而把最普遍适用的基本原理从不断发展的机器设计和结构中分离出来。

### 第2册 — 开清和梳棉

本册详细介绍开松、除杂、混合和梳理等方面的知识，并涉及原料的环境适应性、不同等级纤维的预期落棉、除杂与混合设备的选择和设置、落棉的再利用、输送、各种梳棉机部件的功能、梳理针布的选择和维护以及自调匀整系统等方面的内容。

### 第3册 — 纺纱准备

本册涵盖纱线生产过程中梳棉到环锭纺之间的工艺和技术，包括并条、精梳（包括精梳准备）和粗纱工序。这是纺纱生产中最重要的一部分，因为纱线质量在很大程度上取决于半成品的质量。

### 第4册 — 环锭纺

本册介绍环锭纺纱工艺和技术。这是纱线生产的最后一道工序。环锭纺纱机对纱线及其质量具有重要影响。当评价其他纺纱工艺生产的纱线时，环锭纱仍为比较的绝对标准。

### 第5册 — 转杯纺纱

转杯纺纱工艺是研究其它纺纱系统的成果。本册详细介绍了转杯纺纱工艺及性能。通过不断发展，转杯纺在纺纱元件和纺纱条件方面已取得重大进展，因此现在转杯纱的外观与环锭纱几乎没有差异。

### 第6册 — 其它纺纱系统

为了充分利用其他纺纱系统的优势，有必要对它们进行深入了解。本册旨在达到这个目标，并详细介绍了最重要的其它纺纱系统。众所周知的喷气纺纱技术是其中之一。

### 第7册 — 化学纤维

从化学纤维商业应用的开始直至现在，其市场份额的增长速度令人印象深刻。在这一重要领域，具有不同性能的化学纤维品种正在不断增加。在如今的许多应用中，纤维实际上已经可以做到“量身定做”。因而，纺纱生产者详细地了解这些纤维的性能及影响其加工的具体特性是非常重要的。



.....

## 编者序

“立达纺纱手册”第1-7册全面介绍了整个短纤纺纱工艺的相关知识。目前的工艺技术的开发从一开始到上个世纪始终以棉花占主导地位。

化学纤维的历史最早可追溯到17世纪，本册简单地回顾了这一段历史。开发化学纤维的原动力是想要取代棉花进而取代其从纤维到纱线的复杂工艺流程。最初的梦想是希望获得像蚕丝般无尽长的人造纱线。如果追溯合成纤维长丝目前多样化的产品和应用，那么这个梦想已经算基本实现，并且留下了很多可开发的空间。2013年不含无纺布在内的全球纤维消耗量约为8 300万吨，其中长丝的消耗量约为3 800万吨，几乎占全球纤维总消耗量的45 %。

然而，长丝的巨大发展及其创新仍然无法取代棉花和短纤纺纱工艺。2013年棉花的加工量依旧达约2 400万吨—占短纤加工量（约4 400万吨）的一半以上。因此，棉花仍是一种非常重要的原料，不仅用于纺织业，还用于很多国家的社会和工业发展。

早在上个世纪，棉花的产量就已经供不应求了，这是促成合成短纤生产主要为涤纶和粘胶纤维迅猛发展的原因。这些纤维使得部分短纤进入新的应用领域，且完全取代了棉花的早期应用。此外，迄今占比最高的，棉与合成纤维混纺以及合成纤维间混纺，为纱线特性赋予了变化。这些纱线方面的开发是为了穿用更舒适、保养更方便、最终的织物结构或外观的改变、以及经济实用性更高。

原料的混纺为短纤纺纱工艺提出了新的挑战。加工混纺材料通常比单一原料更难。因此本册专门讨论这些原料及其加工。尤其是选择某种原料并非作为替代品，而是作为新产品的工具，这为纺纱行业带来了令人振奋的机会。我们希望读者能通过阅读本册的内容发现这些机会。

我们要特别感谢Thomas Weide博士，他在化学纤维加工方面的丰富经验为本册的编写工作做出了重要贡献。

立达纺织机械有限公司





## 目录

1. 概述	11	4.4. 纺织成品的纤维特性	28
2. 化学纤维生产综述	13	4.5. 纤维特性的改变	29
2.1. 发展历史	13	4.6. 纤维重要特征总结	29
2.2. 化学纤维的类型	13	5. 纺纱厂中的化学短纤维加工	31
2.3. 分类和定义	14	5.1. 一般问题	31
3. 化学短纤维的生产	15	5.1.1. 纺丝油剂	31
3.1. 基本生产步骤	15	5.1.2. 纤维材料的缺陷	31
3.1.1. 聚合物	15	5.1.2.1. 集体切断	31
3.1.2. 纺丝	15	5.1.2.2. 粗纤维（毛发、刚毛）	31
3.1.2.1. 熔体纺丝	15	5.1.2.3. 超长纤维	32
3.1.2.2. 干法纺丝	16	5.1.2.4. 纤维尘杂	32
3.1.2.3. 湿法纺丝	16	5.1.3. 纤维造成的其他干扰	32
3.1.3. 牵伸	16	5.1.3.1. 抗起毛起球类型	32
3.1.4. 热定型	17	5.1.3.2. 纤维消光剂	32
3.1.5. 上油	17	5.1.4. 静电	32
3.1.6. 卷曲	17	5.1.4.1. 静电的产生	32
3.1.7. 干燥	17	5.1.4.2. 影响因素	33
3.1.8. 切断	17	5.1.4.3. 给纺纱厂造成的问题	33
3.1.9. 打包	17	5.1.5. 环境条件	33
3.2. 化学纤维的生产	17	5.1.5.1. 基本条件	33
3.2.1. 合成纤维的生产	18	5.2. 化学纤维的储存	34
3.2.1.1. 聚酯纤维(PES)	18	5.3. 混合	34
3.2.1.2. 聚丙烯腈纤维	18	5.3.1. 混合的目的	34
3.2.2. 纤维素纤维的生产	19	5.3.2. 混合比例	34
3.2.2.1. 粘胶纤维	19	5.3.3. 混合均匀度	35
3.2.2.2. 莫代尔纤维	19	5.3.4. 混合方法	35
3.2.2.3. 莱赛尔纤维	19	5.3.4.1. 开清工艺前端纤维束混合	35
4. 化学短纤维的特性及其对纺纱的影响	15	5.3.4.2. 开清工艺末端纤维束混合	37
4.1. 结构特征	21	5.3.4.3. 条子混合	37
4.1.1. 纤维细度	21	5.3.5. 废料混合	37
4.1.1.1. 意义	21	5.4. 开清工艺	37
4.1.1.2. 混纺纱横截面的纤维数量	22	5.4.1. 开清设备	37
4.1.1.3. 纺纱极限	22	5.4.2. 排包	38
4.1.2. 纤维长度	22	5.4.3. 基本设置	38
4.1.3. 纤维横截面	23	5.4.4. 问题	38
4.1.4. 卷曲	23	5.4.5. 工艺环境	39
4.1.5. 纤维表面	24	5.5. 梳理	39
4.2. 物理特性	24	5.5.1. 概述	39
4.2.1. 纤维强力 and 伸长率	24	5.5.2. 机器部件和基本设置	39
4.2.2. 横向强力[6]	26	5.5.2.1. 梳棉针布	39
4.2.3. 收缩特性[6]	26	5.5.2.2. 刺辊	40
4.3. 耐气候性[6] [7]	27	5.5.2.3. 预梳理区和后梳理区	41
4.3.1. 湿度	27	5.5.2.4. 主梳理区	42
4.3.2. 温度	27	5.5.2.5. 道夫	43
4.3.3. 光照和天气	28	5.5.3. 问题	43
		5.5.4. 工艺环境	43
		5.6. 精梳	43
		5.7. 并条	43

5.7.1. 并条机道数	43	5.12.2.5. 纺纱速度	69
5.7.2. 基本设置	45	5.12.2.6. 纺纱压力	69
5.7.2.1. 罗拉隔距设置	45	5.12.3. 问题	69
5.7.2.2. 上罗拉压力	46	5.12.4. 加工环境	69
5.7.2.3. 牵伸分配	47	5.13. 蒸纱和热定型[17]	70
5.7.2.4. 速度	47	5.13.1. 概述	70
5.7.2.5. 纤网集聚	48	5.13.2. 适用于后处理的纱线卷装	70
5.7.3. 问题	48	5.13.3. 蒸纱设备	70
5.7.4. 加工环境	49	5.13.4. 操作模式	70
5.8. 粗纱生产	49	5.13.5. 蒸纱和热定型的操作步骤	70
5.8.1. 基本设置	49	5.13.6. 蒸纱	71
5.8.1.1. 罗拉隔距设置	49	5.13.7. 热定型	71
5.8.1.2. 牵伸分配	50	参考文献	73
5.8.1.3. 集合器	50	图表目录	75
5.8.1.4. 粗纱捻度	51		
5.8.1.5. 锭翼速度	51		
5.8.2. 问题	51		
5.8.3. 加工环境	51		
5.9. 环锭纺	52		
5.9.1. 基本设置	52		
5.9.1.1. 罗拉设置和上肖长度	52		
5.9.1.2. 罗拉压力和上罗拉套	52		
5.9.1.3. 牵伸分配	53		
5.9.1.4. 钢丝圈速度	53		
5.9.1.5. 钢丝圈形式	54		
5.9.1.6. 纺纱极限和纱线捻度	55		
5.9.2. 问题	56		
5.9.2.1. 一般性问题	56		
5.9.2.2. 纤维热损伤[10] [11] [12]	56		
5.9.3. 加工环境	57		
5.10. 紧密纺	57		
5.10.1. 基本设置	57		
5.10.1.1. 集聚区	57		
5.10.1.2. 钢领后处理	58		
5.10.1.3. 钢丝圈形式	58		
5.11. 转杯纺	59		
5.11.1. 纤维选择	59		
5.11.2. 基本设置	59		
5.11.2.1. 分梳辊类型和速度	59		
5.11.2.2. 纺杯类型和转速	61		
5.11.2.3. 活络通道	63		
5.11.2.4. 阻捻头	63		
5.11.2.5. 纺纱极限和纱线捻度	65		
5.11.3. 问题	65		
5.11.4. 加工环境	66		
5.12. 喷气纺	66		
5.12.1. 对纤维和条子的要求	66		
5.12.2. 基本设置	66		
5.12.2.1. 罗拉设置	66		
5.12.2.2. 牵伸分配	67		
5.12.2.3. 纺锭	68		
5.12.2.4. 纺锭间距	68		

## 1. 概述

自从1855年首次生产化学纤维以来，化学纤维技术取得了巨大的成功。全球化学纤维的生产（长丝和短纤）持续增长，2011年的年均消耗量达到5 500万吨，占全球纤维总消耗量的65 %以上（见图1）。化学纤维生产中约44 %为短纤。如今，没有化学纤维的开发就已经无法保证人类纺织用品的充足供应了。

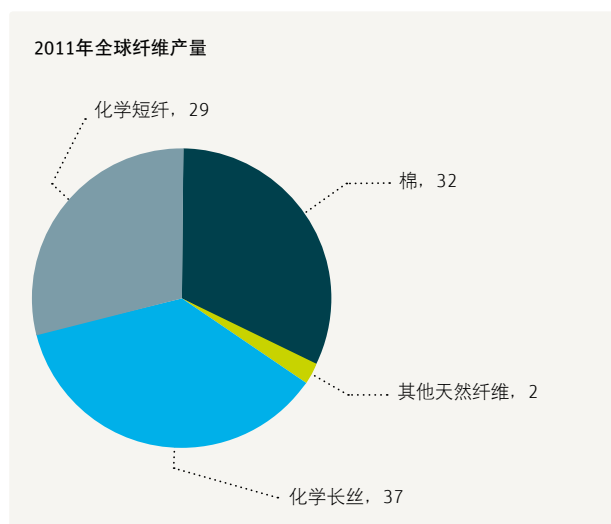


图 1 2011 年全球纤维产量 [1]

据预测，全球化学纤维消耗量仍会有显著增长。图 2 展示了从 1950 年至 2011 年全球人口和全球人均纤维消耗量的发展情况，从中可明显看出多年来这两个值都显著增加。未来全球人口和人均纤维消耗量绝对值预计还会增加，但是天然纤维的产量仅缓慢增长（见图 3）。因此，未来几十年全球纤维需求量的预期大幅增长必须由化学纤维增长来满足需求。对化学纤维及其相关的加工技术的专业知识，必须给予更高的重视。

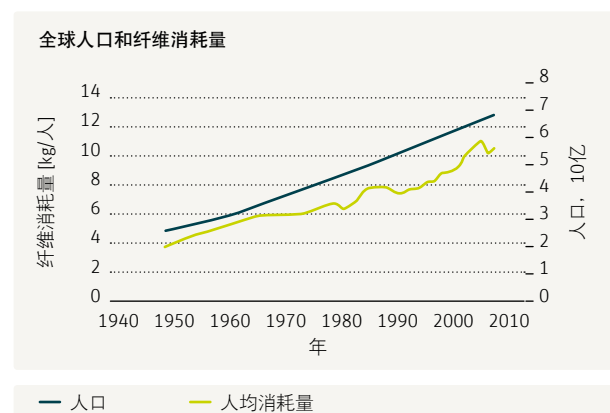


图 2 全球人口和纤维消耗量 [2]

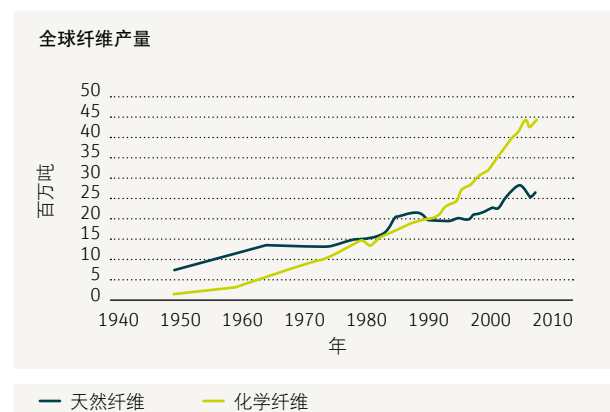


图 3 多年来全球纤维产量 [2]



## 2. 化学纤维概述

### 2.1. 发展历史

化学纤维生产的首个专利出现在1855年，当时瑞士化学家George Audemars发明了一种生产人造丝的方法。他将针插入液态桑树皮浆和粘性橡胶中，从中拉丝。虽然这种方法对于实际应用来说太慢了，但是它却开启了一个非常成功的新兴产业。

化学纤维的第一次工业化生产是法国人Hilaire de Chardonnet实现的，其生产的人造丝是一种纤维素类纤维，被称作Chardonnay丝。从1891年起他开始在法国Besancon生产这种人造丝，日产量为50公斤。

同年，Charles F. Cross、Edward J. Bevan和Clayton Beadle在英国发明了溶解纤维素纺制粘胶纱的新方法，此后这种纱也称为人造丝。多年后这种新方法才进入工业化的经济生产，并沿用至今，被称作传统的粘胶纺丝法（见第3.2.2.1节）。

合成纤维生产的首个专利是1913年Fritz Klatte申请的关于纺制聚氯乙烯纤维的专利。但是，因各种原因，直至1939才开始规模化生产。

1930年杜邦公司的Wallace H. Carothers发现了可以抽丝的聚酯。但是由于这种材料熔点低，因此他转而研究制作聚酰胺纤维。1935年他成功拉制出聚酰胺6.6纤维，产品于1940年进入市场，被称为尼龙。

为了规避杜邦的聚酰胺纤维的专利，德国人Paul Schlack于1938年发现了用聚酰胺6生产纤维的方法。但是因为战争的原因，这种被称为贝纶纤维的规模化生产在1950年才开始。

1941年J. R. Whinfield和J. T. Dickson在英国发明了通过缩聚和熔体纺丝制成的聚酯纤维工艺（见第3.2.1.节），在战后投入大规模生产。聚酯纤维很快成为了纤维行业最重要的化学纤维品种。

在找到适当的溶剂后，Robert Hein于1942年（就是杜邦公司的发明后仅仅2个月后）首次纺出了聚丙烯腈纤维。

### 2.2. 化学纤维的类型

现在能生产的化学纤维种类繁多，总体可以分成3大类：

- 天然聚合物
- 合成聚合物
- 无机材料

图4对这几个大类作了进一步的细分，并列出了每类的实例 [2]。

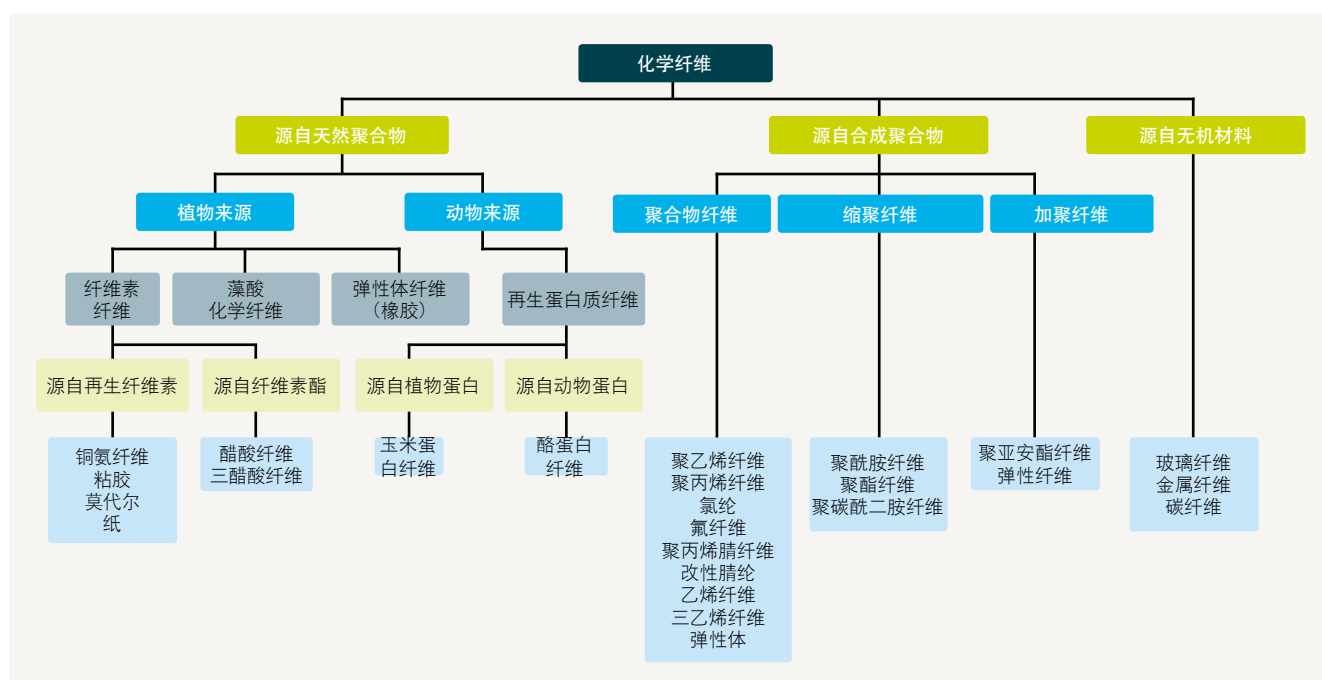


图 4 化学纤维的分类 [3]

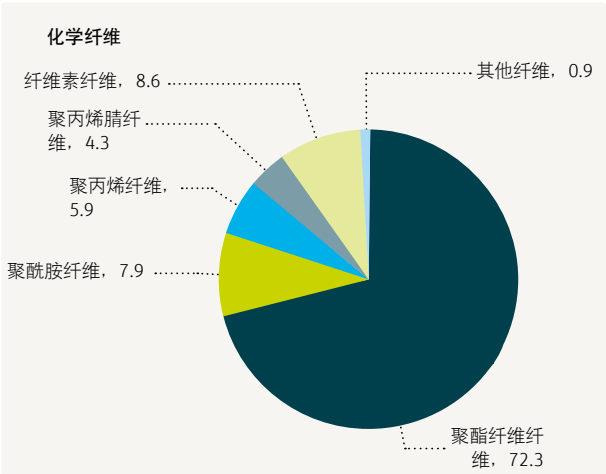


图 5 2011年全球生产的化学纤维比例分布 [1]

从图5中可看出，尽管化学纤维种类繁多，但是仅有几类在全球化学纤维（长丝和短纤）市场占有重要的市场份额。到目前为止，聚酯纤维是最重要的化学纤维，市场份额超过70 %，剩下的份额主要由纤维素纤维、聚酰胺纤维、聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维组成。

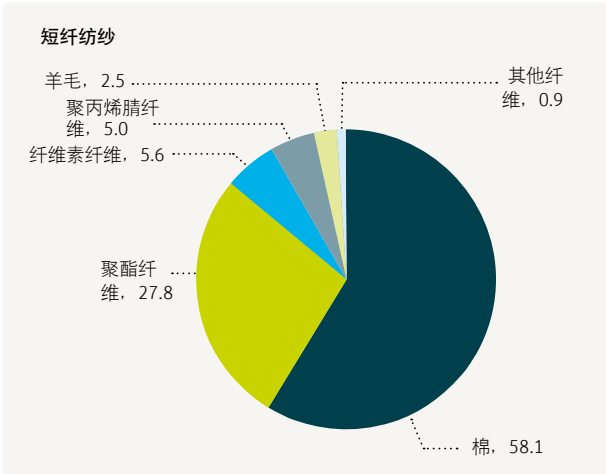


图 6 2009年短纤纺纱使用的各种纤维构成比例 [2]

着眼于短纤纺纱（短纤维和长纤维）的应用，化学纤维的使用品种进一步减少。图6显示了短纤纺纱中各种纤维原料（天然和化学纤维）所占的比例。图中包含了比重约90 %占主导地位的短纤，也包含了长纤。在短纤纺纱厂中，除了使用天然棉纤维外，其它几乎都是聚酯纤维、纤维素纤维和聚丙烯腈纤维。因此，下面的内容将主要集中介绍这三种原料。

2.3. 分类和定义

名称	定义
化学纤维	长丝、短纤维、单丝等的通用名
长丝	非常长（如几千米）的化学纤维
长丝丝	一根或几根长丝组成的化学纤维
单股长丝丝	由一根直径最高达0.1 mm的长丝组成的长丝丝（0.1 mm以上的为单股长丝）
单股长丝	直径0.1 mm以上的单根长丝（最高达0.1 mm的为单股长丝）
多股长丝丝	多根达30 000 dtex的长丝组成的长丝丝（30 000 dtex以上的为丝束）
丝束	30 000 dtex以上（低于30 000 dtex的为多股长丝丝）
短纤	长度较短的纤维
超短纤	用于如植绒、湿法生产无纺布等
纤网	长丝或短纤以内在的附着力集合在一起的纺织结构
无纺布	以机械和/或化学方式强化纤网或填料的纺织结构
条子	主要为纵向、未加捻的连续纤维条
粗纱	进行了保护性加捻的可牵伸纤维条
短纤纱	以短纤维纺制的纱线
变形长丝	以机械或热方式处理的长丝丝，增加其体积和弹性
并纱	两股或两股以上长丝或短纤（单根或合股）卷绕在一起得到的多股纱线
股线（加捻）	两股或两股以上长丝或短纤（单根或合股）加捻形成的多股纱线

表 1 分类和定义（根据ISO标准）

### 3. 化学短纤维的生产

本册的第1部分将从理论上讲解生产化学纤维的基本步骤，第2部分将介绍短纤纺纱中最常用的化学纤维的生产步骤。

#### 3.1. 基本生产步骤

##### 3.1.1. 聚合物

所有化学纤维都有一个共同特征：在生产的第一阶段，通过一系列主要的化学过程形成长链分子。每个长链分子由很多相同的分子连接而成。根据使用原料的不同，这种类型的分子链可以由几十、几百、甚至上千个分子构成，最后形成的物质被称为聚合物。聚合物的生产过程决定了很多基本特性，比如密度、吸湿性、熔点、染色性能和燃烧温度等性能。还可以在聚合物中加入添加剂，对纺织原料的特性进行调整。如消光剂（二氧化钛）、染料和表面光泽剂会影响原材料的外观，而其他添加剂可以提高着火温度，或根据所选的染料类别改变特性。

##### 3.1.2. 纺丝

将制备的聚合物粘性溶液从喷丝板大量的细孔中压出，就生成了同孔数等量的细流，犹如淋浴头一样，然后将这种长丝进行固化。下面介绍三种不同的纺丝法。

##### 3.1.2.1. 熔体纺丝

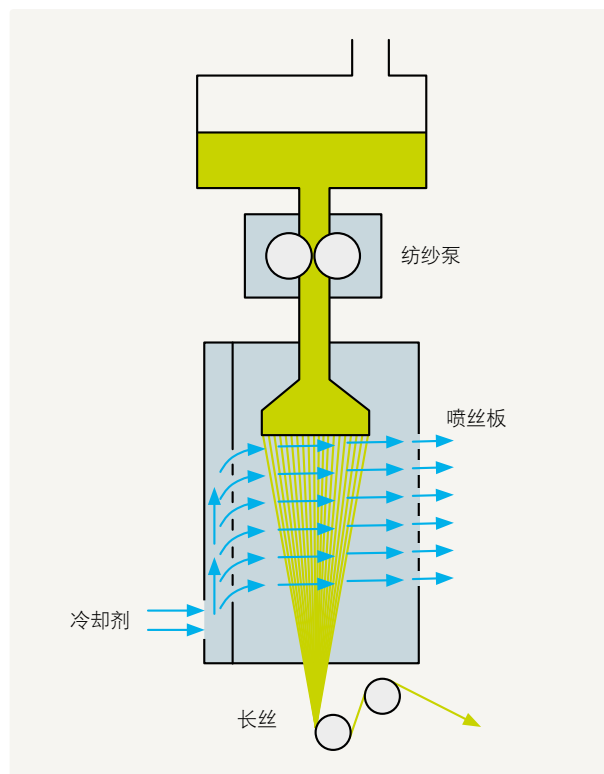


图7 熔体纺纱

纺丝熔体通过喷丝孔形成熔体细流，在冷却管中冷却固化，以便能够在筒管上卷绕而不会粘在一起（图7）。

聚酯纤维、聚酰胺纤维、聚烯烃纤维和玻璃纤维等都采用熔纺生产。熔体纺纱特点是：选择适当的喷丝孔截面（比如圆形、三角形、星形等），就可以纺出各种截面形状的长丝。下面介绍的其他纺纱方式则非常局限。

3.1.2.2. 干法纺丝

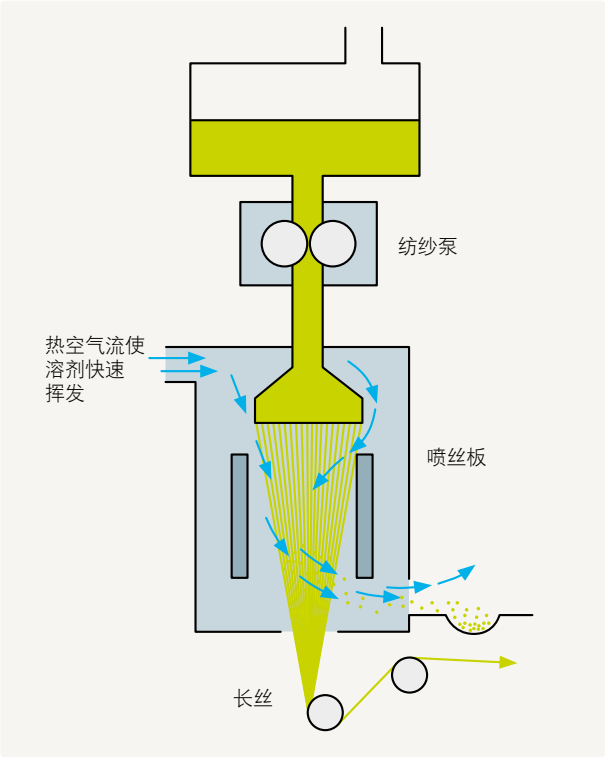


图 8 干法纺丝

在干法纺丝中，首先将聚合物溶解在溶剂中，在纺丝通道中热空气流使溶剂快速挥发，原液在逐渐脱去溶剂的同时发生固化形成长丝（图8）。

3.1.2.3. 湿法纺丝

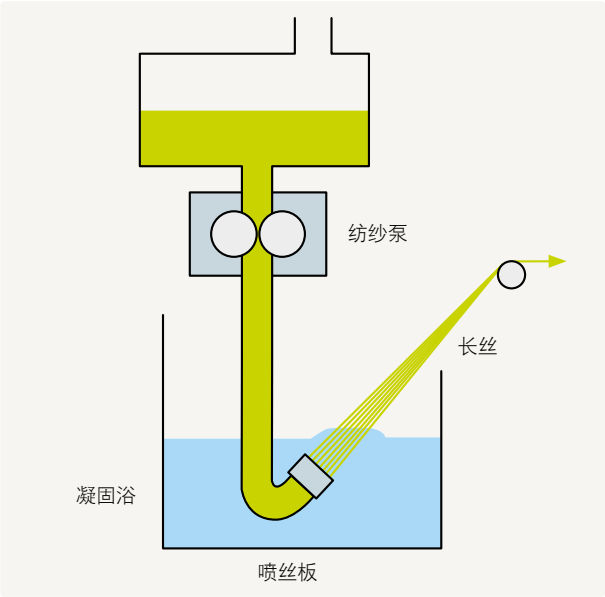


图 9 湿法纺丝

高聚物也可采用湿法纺丝。不同的是，聚合物于凝固浴中析出而形成纤维，而不是用干法纺丝中的溶剂挥发。溶剂可以通过简单的清洗、或者通过聚合物溶液和凝固浴中的凝固剂的化学反应来萃取。湿法纺丝用于生产粘胶、芳纶和一些聚丙烯腈纤维（图9）。

3.1.3. 牵伸

初生纤维分子链的取向是随机的，要获得最终的应力应变特性，必须通过牵伸工序使分子平行，沿纤维轴向排列取向。在此过程中，会使用2对或2对以上导丝辊（图10）将长丝拉伸至初始长度的几倍，后导丝辊速度都比前导丝辊速度要快。

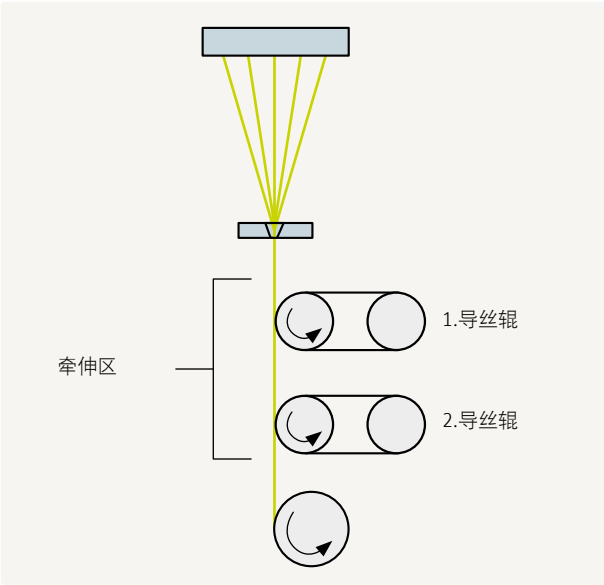


图 10 牵伸工序

牵伸工序可以由一道工序完成，纺丝后直接获得全取向丝（FOY）（如图10所示）；或者分两道工序完成，即先将纤维部分牵伸为预取向丝（POY），然后再进行第二道工序（如变形）进行最终牵伸，取得全取向丝。长丝纱按取向的不同程度来命名：

- LOY 低取向丝
- MOY 半预取向丝
- POY 预取向丝
- HOY 高取向丝
- FOY 全取向丝



### 3.1.4. 热定型

热处理（蒸汽或热空气）的目的是使纤维发生应力松弛。热定型可以在卷曲前或卷曲后进行，卷曲的稳定性会受其影响。粘胶的热定型处理程度有限，因为这种原料对温度的反应程度不如对湿度的高。因此，切断的丝条可以在热水无应力条件下松弛，同时可以洗掉纺丝浴中的残留。

### 3.1.5. 上油

化学纤维表面必须有一个薄的表面涂层，即所谓的纺丝上油，就像羊毛上的油脂层和棉花上蜡质一样。上油可减少纤维之间及纤维与设备（如金属、陶瓷）的摩擦，起到润滑剂的作用。另外上油会影响以下重要特征：

- 抗静电性；
- 集束性；
- 开松性；
- 原料的保护性。

虽然上油有以上积极影响，但是也可能给后道加工带来一些问题，下面第5.1.1.节将专门对此进行介绍。最佳的纺丝油剂应该是在上述积极影响、所需性能与后道消极影响之间一个最优的平衡点。

### 3.1.6. 卷曲

原本平滑的纤维必须经过卷曲后进行纺纱，以保证和其他纤维材料混纺时更好的弯曲特性，另外也在一定程度上达到最终产品的某种手感或蓬松度。通常在卷曲箱内使纤维束产生不规则、二维、锯齿形的卷曲。但是这种方法并不适合用于处理不易塑性变形的粘胶纤维。因此，在这种情况下，要利用纤维内在的收缩差异；在清洗阶段（见第3.1.4.节），这种差异会造成轻微的三维卷曲。可以采用某些措施来强化纤维内的局部收缩差异，从而获得更密集的卷曲效果。

### 3.1.7. 干燥

牵伸和卷曲中所需的丝束加热通常用热水或蒸汽来进行。纺丝油剂也经常在水中作为分散剂使用，因此经过牵伸、润滑和卷曲的丝束必须进行干燥，通常是在洞道式干燥机或干燥筒中进行。

### 3.1.8. 切断

长丝丝束通常是直接送到精纺厂的，但是短纤厂需要将短纤切割到预定的长度。将丝束喂入切割装置以规定的张力拉住；获得的段状纤维簇被输送到打包机进行包装。如果是粘胶纤维，则在拉伸后直接进行切割，因此润滑、卷曲、收缩和干燥都在纤维簇（而非丝束）上进行。

### 3.1.9. 打包

将纤维束压入盒状的打包机中压缩成矩形的纤维包（有时候是立方体），纤维包的体积为0.5 - 1 m<sup>3</sup>，大约有200 - 400 kg的纤维束。出于经济的考虑，现在纤维包越来越重。纤维包的重量受限于运输和储存时的底板承载量，以及自动开包机允许的最大纤维包高度。

## 3.2. 化学纤维的生产

正如第2.2.节中所述，在短纤行业占有较大市场份额的主要3种化学纤维品种为：合成纤维中的聚酯纤维、聚丙烯腈纤维和纤维素纤维，其中纤维素纤维除粘胶纤维这一纤维品种外，也包括莱赛尔纤维和莫代尔纤维。这些纤维的生产方法将在下面的章节中进行介绍。

通常，通过对比聚酯纤维（图11）、聚丙烯腈纤维（图12）和粘胶纤维（图13）的生产方法，可以看出聚酯纤维（两步法）和腈纶/粘胶纤维（一步法）的基本区别。每种加工类型在工作原理上都各有利弊。熔体纺丝的两步法操作具有纺丝单元或喷丝孔数量少的优点。另外，独立的后道加工设备可以停机进行维护保养或小型维修，而不会造成麻烦，因为筒子的卷绕步骤可作为原料的缓冲。其缺点是放置和运输筒子需要很大的空间。湿法纺纱的优缺点也可以以此角度来分析。这种分析方法也同样适用于需要后处理的其他纤维，因为他们都是采用熔体纺丝或干法纺丝工艺，（如聚酰胺纤维、聚烯烃纤维和干法纺丝的聚丙烯腈纤维）。

3.2.1. 合成纤维的生产  
3.2.1.1. 聚酯纤维（PES）

聚酯纤维以乙二醇和对苯二甲酸为原料，析出其中的水分子而制成的，因此是典型的缩聚反应，单体结合在一起的时候分离掉分子。

图11展示的是聚酯短纤的生产流程。从图上可看出，缩聚反应后的操作可以连续进行或间断进行。如果是第一种情况，将聚酯熔体由纺纱泵直接喂入喷丝头；如果是第二种的间断方式，让材料凝固，形成切片，然后打碎。切片运输和储存都很方便，因此不管是在同一个车间或其他地方的任何一台纺丝机都可以由一个中央切片生产设备供应切片。一般情况下，大规模生产会选择更经济的连续生产工艺；而那些特殊产品，比如色纺纤维，使用切片的生产方式更有优势。

熔体纺丝工艺和后处理是分开的。中间产品进行高速纺丝（超过1 000 m/min），卷绕到筒子中。然后会准备大量的这种筒子，准备后处理的进料，后处理包括牵伸、定型、上油、卷曲、干燥和切断（转换）。后加工阶段的运送速度不够快，不足以配合第一个加工阶段的输出速度，因此两个阶段是分开进行的。

3.2.1.2. 聚丙烯腈纤维

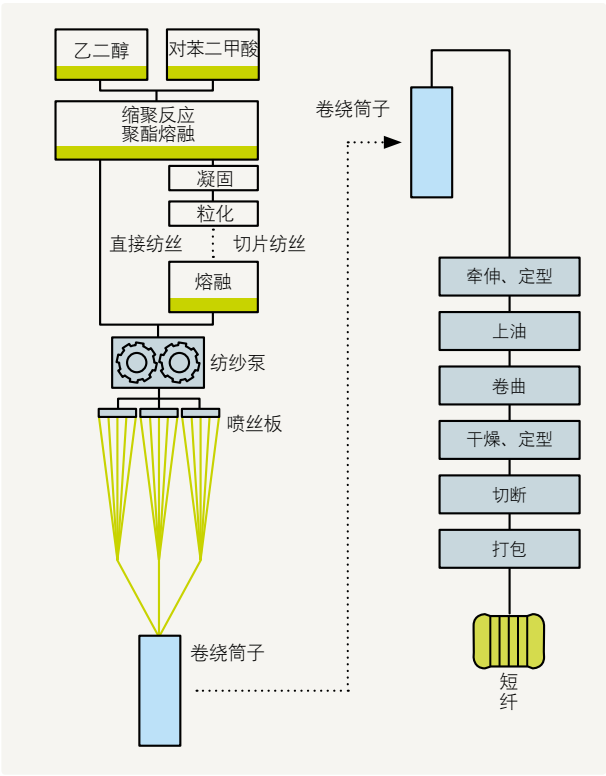


图 11 聚酯短纤维的生产流程

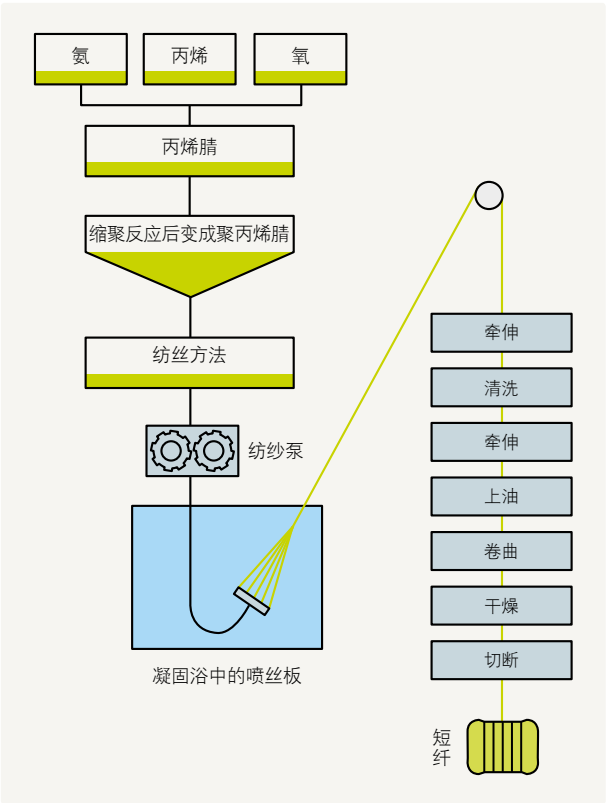


图 12 聚丙烯腈短纤维的生产流程

聚丙烯腈是以丙烯腈的自由基聚合反应生产的，而丙烯腈是以氨、丙烯和氧为原料生产的，采用湿法纺丝，纺丝后连续进行后处理。湿法纺纱的速度很低（大约 100 m/min 或更低），因此纺制的长丝可直接进行处理（图12）。

### 3.2.2. 纤维素纤维的生产

#### 3.2.2.1. 粘胶纤维

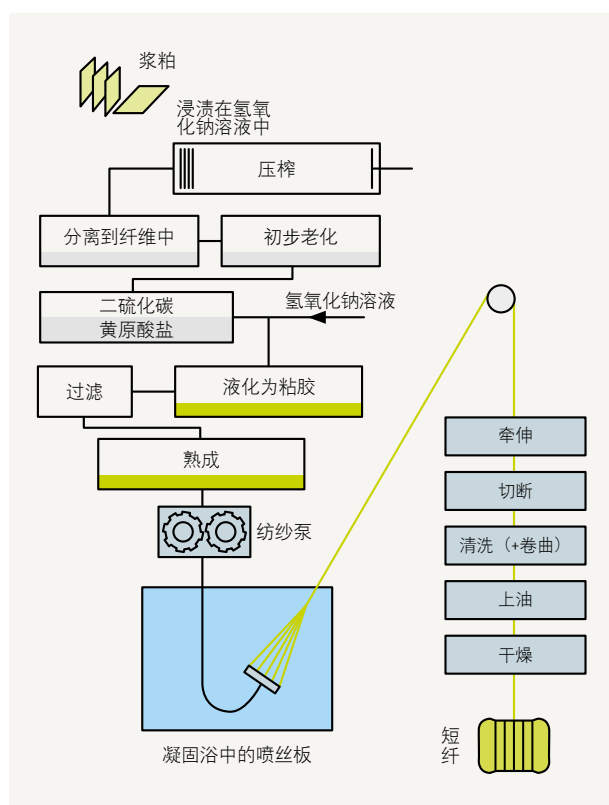


图 13 粘胶短纤的生产流程

生产粘胶纤维，将天然聚合物的纤维素浆溶解在氢氧化钠溶液中，分离成纤维，将其老化。然后用二硫化碳对预老化的浆粕进行黄化，生成黄色的纤维素黄原酸酯，再溶解在稀氢氧化钠溶液中，形成粘胶。经过过滤和熟成后，进行湿法纺丝。

和生产聚丙烯腈纤维一样，后处理与纺丝连续进行（图13）。

#### 3.2.2.2. 莫代尔纤维

莫代尔纤维是一种再生纤维素纤维，以改性粘胶纺丝工艺在改性的纺丝浴中经高度的聚合反应制成。与粘胶不同，粘胶纤维可用不同树木的木浆制成，莫代尔只能以榉木为原料。

由于对生产工艺进行了改动，莫代尔纤维具有更好的纤维特性，如干湿强度更高。

#### 3.2.2.3. 莱赛尔纤维

相比于传统的粘胶纤维生产工艺，莱赛尔纤维是以溶剂纺丝工艺进行生产的。将纤维素直接溶解在一定浓度的N-甲基吗啉-N-氧化物（NMMO）水溶液中，然后过滤溶液进行湿法纺丝。由于在这种纺纱工艺中，NMMO溶剂可回收利用，因此这种生产工艺非常环保。



## 4. 化学短纤维的特性及其对纺纱的影响

化学纤维的特性主要由以下三个主要的独立因素决定：

### • 基本成纤高聚物

决定某些基本特性，比如密度、吸水性、防水性、导电性（以及对静电的反应）、染色性、可燃性、以及耐光性和耐气候性。

### • 添加剂

加入少量的添加剂可以在一定范围内调整上述基本特性，特别是可改善染色性和可燃性。

### • 后整理

在生产加工的这个阶段中，某些工艺性能在很大程度上会受影响，特别是应力-应变性能和收缩特征。

产品的高度可变性，以及质量和价格的稳定性是化学纤维的主要优势。很多情况下，可通过选择性地使用特殊研发的纤维来取得最佳的加工和使用特性。

### 4.1. 结构特性

#### 4.1.1. 纤维细度

##### 4.1.1.1. 意义

化学纤维可选择的细度范围很广，可根据具体的应用进行选择。目前，细度根据以下的标准进行划分：

- 特细纤维 小于0.1 dtex
- 超细纤维 不大于1 dtex
- 细纤维 不大于2.5 dtex
- 中等粗细纤维 不大于7 dtex
- 粗纤维 不大于70 dtex
- 特粗纤维 大于70 dtex

短纤纺纱厂加工的几乎都是细度介于0.8 - 3.3 dtex的细纤维。虽然现在1 dtex以下超细纤维的使用有所增加，但是仍不是短纤纺纱工艺中使用的商业性纤维产品。

超细和特细纤维用于生产合成革、手感非常柔软的优质丝绒和天鹅绒，可用作过滤料、里料等。

如立达纺纱手册—第1册所述，纤维的细度是最重要的纤维特征之一，几乎影响到纱线的每一个特性。纱线的所有特性随着细度的增加而有所改善，因为纤维越细，纱线单位横截面内的纤维根数就越多。

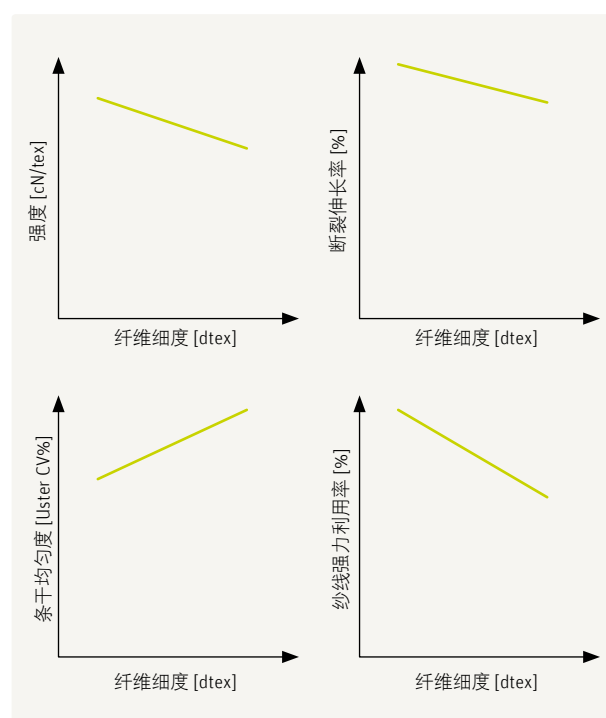


图 14 纤维细度对纱线特征的影响

因此，纤维细度对纱线强度、条干均匀度和伸长率等的影响非常大，具体见图14 [4]。

使用细纤维后，纱线断头数也会降低，因此可提高织造车间的效率。但是，细纤维的价格比粗纤维的高，超细纤维的价格尤其高。而且纤维越细，开清和梳棉车间加工产生的问题越多，因此生产速度明显降低。

4.1.1.2.混纺纱横截面的纤维数量

纱线横截面内的纤维数量 $n_F$ 可以用以下公式计算（详见立达纺纱手册—第1册）：

$$n_F = \frac{\text{tex}_{\text{纱线}}}{\text{tex}_{\text{纤维}}} = \frac{Nm_{\text{纤维}}}{Nm_{\text{纱线}}}$$

混纺纱的平均纤维细度可用以下公式计算：

$$\text{tex}_{\text{纤维}} = \frac{(P_x \times \text{tex}_x + P_y \times \text{tex}_y)}{100}$$

其中：P：纤维比例，%；x：其中一种纤维成分；y：另一种纤维成分。

马克隆值可根据以下公式转换为dtex：

$$\text{dtex} = \text{马克隆值} \times 0.394$$

下面是棉/化学纤维混纺的例子：

- 棉纤维：4.5马克隆值
- 化学纤维：1.7 dtex
- 纱线细度：Nm 50; Ne 30; 20 tex (200 dtex)
- 混纺比例：涤/棉：67/33

$$\text{棉纤维dtex} = 4.5 \times 0.394 = 1.773$$

$$\text{tex}_{\text{纤维}} = \frac{(67 \times 1.7 \text{ dtex} + 33 \times 1.773 \text{ dtex})}{100} = 1.724 \text{ dtex}$$

横截面内的纤维数量：

$$n_F = \frac{200}{1.724} = 116$$

4.1.1.3. 纺纱极限

正如立达纺纱手册—第1册中所述，纱线横截面内的纤维根数是一个重要参数。根据所用的纺纱技术和纤维特性，如纤维长度和纤维间摩擦，决定了纱线横截面的最小纤维根数需求，即纺纱极限。不同纺纱技术的纺纱极限详见相关的章节。

4.1.2. 纤维长度

和天然纤维一样，纤维长度的增加对大多数的纱线特性会产生正面影响。由于化学纤维的长度无限制，因此在转化为短纤时可选择任意需要的长度，似乎这方面达到了理想要求。但是这个第一印象却是误导性的，因为短纤纱生产工艺不适用于所有长度的纤维—对长度的范围有局限：

- 超长纤维纺制的纱线会失去纺织特性，只能用于特殊的应用领域；
- 各种纺纱工艺在设计时已预先确定了最大纤维长度；
- 化学纤维广泛应用于混纺，而混纺中化学纤维的长度必须与天然纤维的长度相匹配；
- 必须牢记纤维的长径比。

“长径比”是指纤维长度与纤维直径之间的关系（见立达纺纱手册—第1册）。化学纤维的长径比按以下公式计算：

$$\text{长径比} = \text{长度 (mm)} \times 100/\text{dtex}$$

为避免产生问题，短纤纺纱厂使用的聚酯纤维的长径比应为2 700 - 3 600。

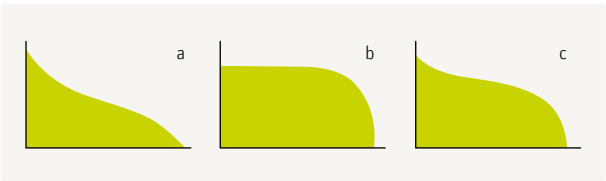


图 15 短纤长度曲线图  
(a) 三角形；(b) 矩形；(c) 梯形

如果纤维长径比太短，刚性太大，纤维不能适当地束缚进纱体内；而如果太长，则没有弹性或回复力，不能恢复原形。加工这类纤维时会导致棉结，造成纤维损伤。这种纤维弯曲或卷绕后不能拉直。尽管有这些缺陷，纤维长度可任意选择仍然是化学纤维的一个巨大优势。

大致呈矩形长度曲线的短纤（图15（b））是在化学纤维生产工艺的切断阶段获得的。由于纤维长度缺乏变化，会造成例如拉伸过程中出现问题（见立达纺纱手册—第1册）。但是纤维长度均匀性其实不能被保持，因为纤维长度在最初阶段，主要是梳棉工序，已经变短了。即使在这种情况下，短纤维的比例仍然保持很低，这是一个优点，因为短纤维会对纺纱产生影响，显著影响产品特性。

一个较新的技术是将化学纤维按棉花的短纤长度曲线图（梯形，图15（c））进行切断，尤其是与棉纤维混纺时。这种原料的优势是方便在纺纱厂加工，而且成纱质量更好（除了强度稍低）[5]。

不过，应该记住短纤维的梳棉效率一般比长纤维的高。

#### 4.1.3. 纤维横截面

天然纤维通常是扭曲的、有棱角、有鳞片、卷曲的，很少是平滑的圆截面，赋予了典型的纺织特征和手感。化学纤维用于纺织领域时也必须具有纺织特征。因此，化学纤维经常会制成非圆截面，如锯齿形、星形、三角形、多边形等（图16），还可以做成中空

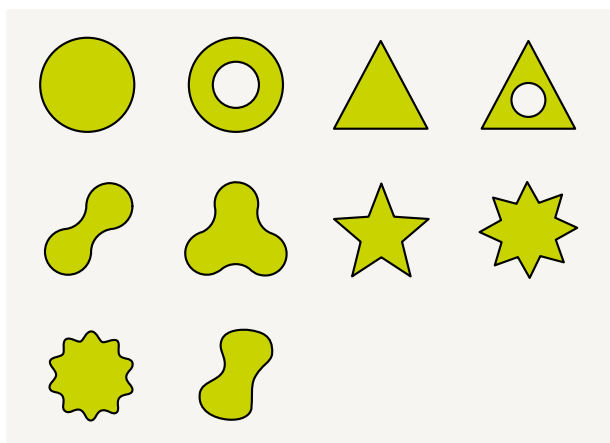


图 16 化学纤维横截面类型

纤维横截面主要影响纱线蓬松度、手感、绝缘能力、光泽和加工性能。

#### 4.1.4. 卷曲

大多数天然纤维会具有不同程度的卷曲或成圈。通常来说，化学纤维也必须是卷曲的。卷曲既可以是永久的，也可以是暂时的，即定型、部分定型或未定型这三种。定型卷曲是为了使最终产品获得某些特性，比如：

- 饱满、蓬松、柔软的手感；
- 高绝缘能力。

短纤纺纱厂的大多数纤维都是部分定型和未定型的卷曲，主要是为了提高纤维的可加工性。这种形式的卷曲能达到以下效果（包括但不限于这些）：

- 得益于纤维间的抱合力，可形成更好的纱网和条子；
- 更易开松；
- 可提高梳棉性能；
- 避免出现滑移效应，减少牵伸方面的问题。

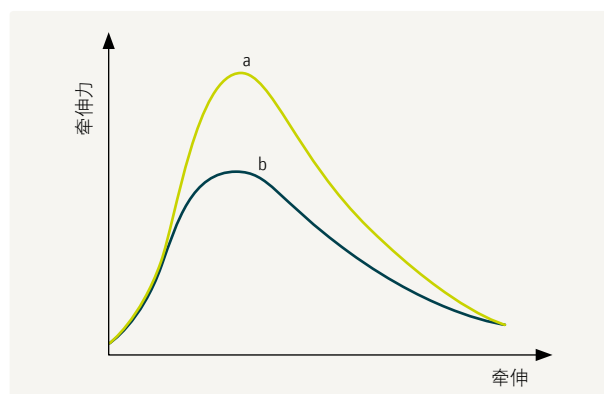


图 17 未卷曲（a）和卷曲（b）纤维的牵伸力

但是，如果卷曲度太高，会增加牵伸问题，因为卷曲度越高，要求的牵伸力越大（图17、18）。

另外，卷曲度高会使得普通的转杯纺纱机加工纤维时出现问题，甚至无法加工。纤维要在转杯纺纱机上进行纺纱，必须在最后一道牵伸时消除其卷曲。

在考虑卷曲的影响时，一定要注意纺丝油剂，因为它会加强卷曲效果。这两个因素之间有相互作用。很多看起来是纺丝油剂引起的问题实际上是卷曲程度造成的，反之亦然。

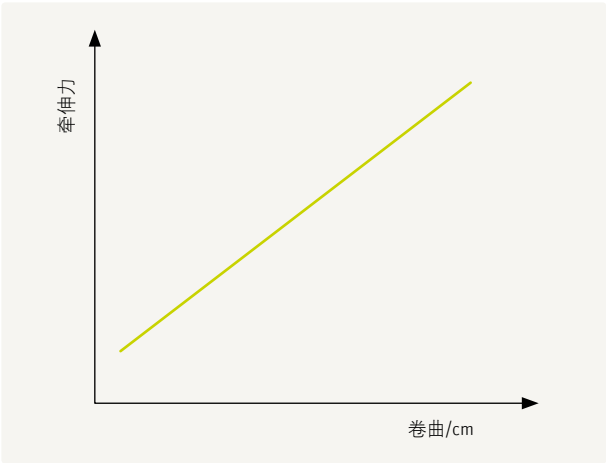


图 18 牵伸力与卷曲强度

在纺纱厂中，纤维的卷曲度通常会因为梳棉和牵伸力的影响而降低。卷曲度及其变化，可通过卷曲度、卷曲回复度和卷曲稳定性的相关参数来衡量（见图19）。

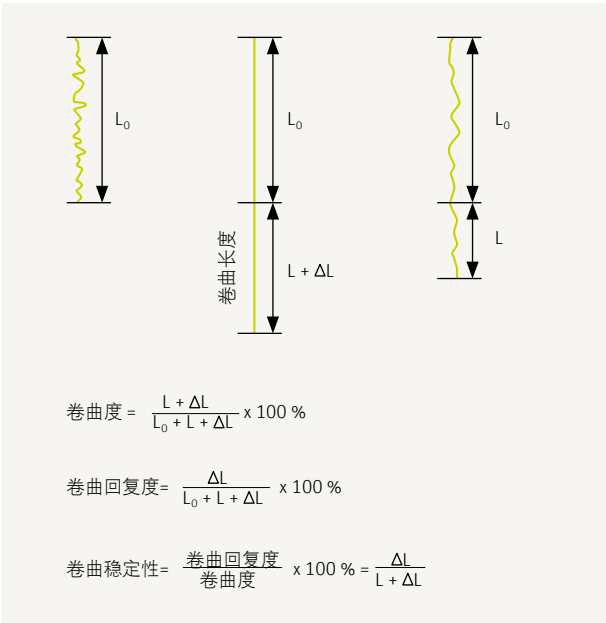


图 19 卷曲度和卷曲稳定性

卷曲度可以作为纤维应力和纤维平行排列的一个指标，会随着纺纱厂工艺步骤的进行而持续降低。如果在某个工艺步骤中出现卷曲度的突然降低，表明纤维的应力和工艺设置应进行优化，反应该值设置过高（图20）。

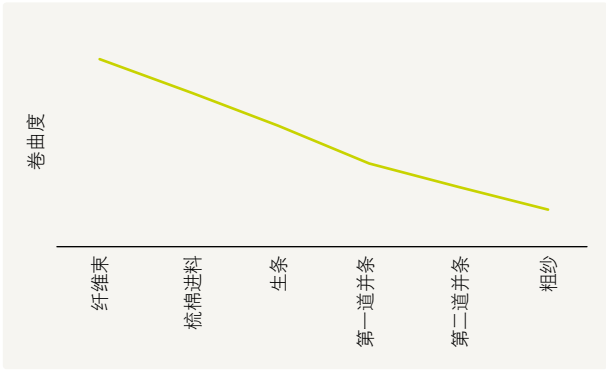


图 20 卷曲度随着工艺步骤进行的变化

4.1.5. 纤维表面

纤维表面主要取决于截面的形状。圆截面纤维光滑且有较高的光泽。锯齿形、星形或多边形纤维就没有那么光滑，光泽也低。如果想降低圆截面纤维的光滑度和光泽，只能用化学方法进行处理，可以在纤维中加入消光剂（或粗化剂）。二氧化钛（TiO<sub>2</sub>）可以用作消光剂。遗憾的是，用这种方法消光后的纤维耐磨性高。加工这种纤维时，对机器部件的磨损很大（用颜料染色的纤维具有同样效果）。消光度一般按表2进行划分。

等级	使用的二氧化钛比例（%）
光亮	0 - 0.05
半哑光	0.06 - 0.4
哑光	0.41 - 1.0
强哑光	1.01 - 2.1
超强哑光	大于2.1

表 2 消光度

4.2. 物理特性

4.2.1. 纤维强力和伸长率

强力和伸长率二者之间具有因果关系，不能单独考虑，因为对纤维施加张力时，纤维同时被拉伸了。所以这两种特性经常被合起来称为应力/应变性能，在应力/应变图上体现为应力/应变特征。每种纤维类型都有自己典型的特征。



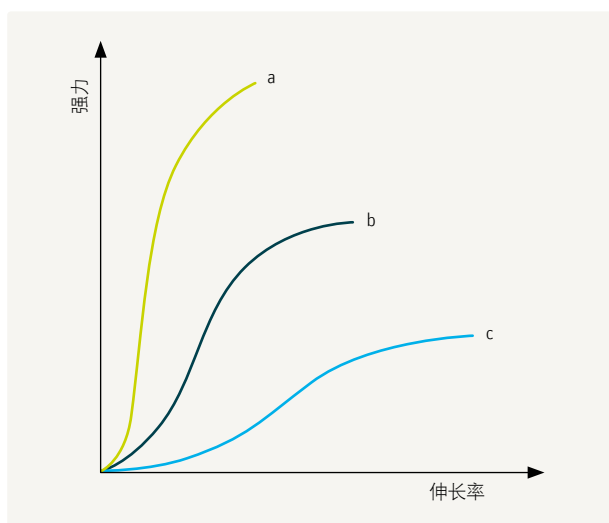


图 21 强力/伸长图  
a) 高强度；b)一般强度；c)低强度（高伸长率）

如果是化学纤维，可在明确的规定范围内影响应力/应变特征，例如在纺成丝后拉伸纤维。图21(a)显示较高的拉伸外力赋予较高的强力，伸长率较低的情况（高模量）；图 21(c)显示较低的张力赋予较低的，但伸长率较高的情况（低模量）。

Akzo公司确定的聚酯纤维强度如下：

- 高模量 40 - 60 cN / tex
- 中模量 20 - 40 cN / tex
- 低模量 10 - 20 cN / tex.

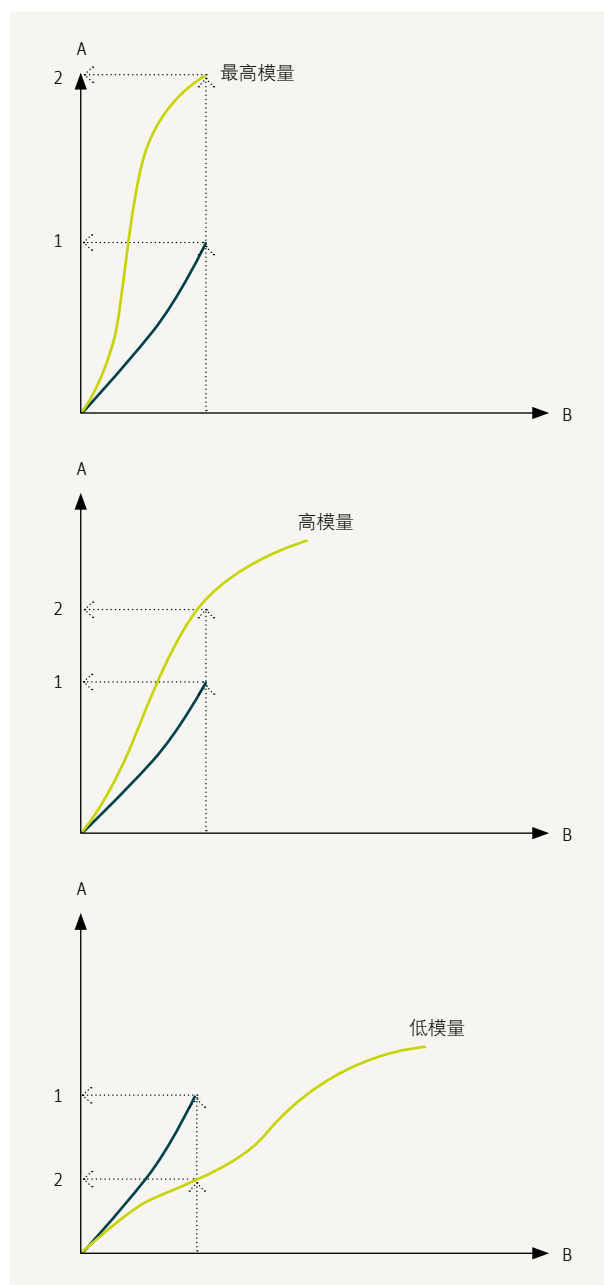


图 22 棉纤维（1）/聚酯纤维（2，分别与最高模量、高模量和低模量聚酯纤维混纺）  
A：强力 B：伸长率

在混纺中，化学纤维的应力/应变特征应调整至近似于天然纤维，因为二者的差异会产生明显的影响。Akzo公司的S. Kleinheins发表在Melliand TextiIberichte（图22）（1：棉纤维2：聚酯纤维）[6]上有关聚酯纤维-棉纤维混纺的文章中对这个问题进行了清楚的介绍。

4.2.2. 横向强力 [6]

在最终产品中，纤维不仅纵向受力，横向也受力。这在弯曲中是典型情况，比如线圈和打结；当纱线用于缝纫（圈）和网状物（打结）时，横向强力可以达到最大值。

有些纤维原料的性能和剃须刀片一样：纵向强力非常高，而弯曲强力非常低。玻璃纤维就属于这种情况。比如，玻璃纤维纱线不能通过打结连接在一起，因为在打结拉紧后，纤维上的横向负荷会造成纱线断裂。另外，很多再生纤维素（富强纤维）纤维非常脆。聚酰胺纤维则处于另外一个极端：非常柔软且横向强力极高。

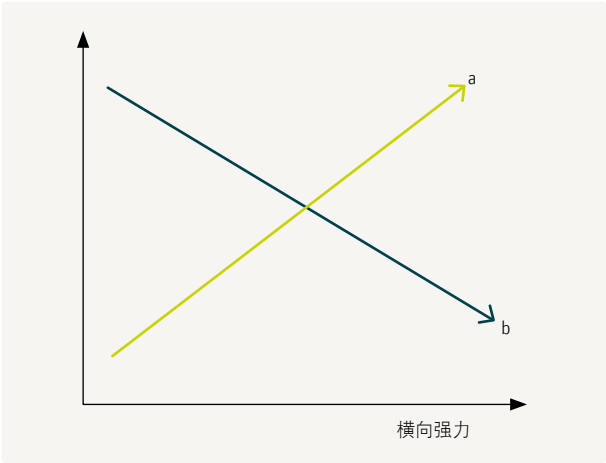


图 23 横向强力的影响 a 耐用性，b 抗起毛球性

横向强力高既有优点也有缺点，具体取决于使用的领域（图23）。一般情况下，横向强力高，成品的耐用性好；这对于工作服、制服面料和地面覆盖物等产业应用是非常重要的。但是，起毛起球的趋势也会增加，因此在民用服装行业中，横向强度高的纤维使用有限。这种纤维适用于针织用品，其个体纤维没有很强的固定，比如：在针织产品中聚酯纤维必须经过脆性处理，以避免起球（抗起球类型）。

“起球”是指在织物表面形成纤维球。使用横向强力低的纤维（羊毛、抗起球合成纤维）时，不会起球，因为如果纤维从表面突出，很容易刮掉，而横向强力高的纤维就不会。如果是横向强力高的纤维，突出的纤维不容易被刮掉，留在表面上影响外观。可以说，抗起球性和耐用性无法兼得的。另外，横向强力低会降低梳理性能，更易损伤纤维。

下面是用于测试横向强力的方法：

- 钩接强力
- 弯曲强力
- 摩擦屈曲强力
- 抗扭强力

4.2.3. 收缩特性 [6]

在加工过程中，纤维并不能始终保持其加工前的长度。受加工和使用过程中各种因素的影响，纤维可能会缩短，这种现象称为“收缩”。任何形式的纤维收缩都会自动造成纱线和/或织物的收缩。

通常情况下加热、润湿或润湿-加热过程都会造成收缩。根据原料的不同，纤维会对热、水分或湿热作出不同程度的反应。因此，纤维素纤维（棉纤维、粘胶）对一般的润湿会作出反应，产生明显的收缩，而聚酯纤维在同样情况下长度没有变化。另一方面，聚酯纤维在干热条件下会出现明显收缩，在湿热条件下更为剧烈，而聚酰胺纤维只对湿热有反应。

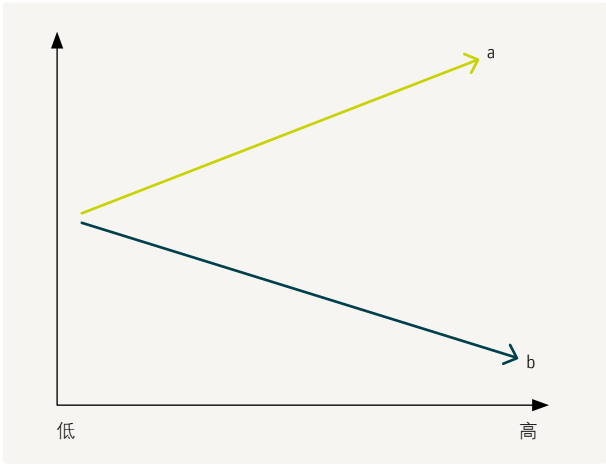


图 24 收缩特征的影响（低/高）(a) 匹染特性、染色牢度、织造效率、织物外观；(b) 卷曲性、纤维在针织物中的横向运动、起毛起球性、纱线染色性能

合成纤维的收缩特征可选择的范围比较宽（收缩性从低到高），可通过调整拉伸和松弛，以及在生产阶段使用不同的温度来进行调整。但是要承认，如图24所示，不同特征之间存在某些内在关系。

比如：如果对筒纱进行染色，纤维收缩性不能超过一定程度，否则无法保证染料穿透筒纱。另一方面，对于产品的手感和外观效果而言，高收缩性也是个优点。收缩性高的纤维可降低纬纱和经纱密度，进而降低断头率，提高效率。

在混纺纱生产中，使用收缩性高的聚酯纤维可大大提高手感和穿着舒适性，因为可将收缩性高的聚酯纤维置入纱芯，而将天然纤维留在表面。如果要对化学纤维进行湿热处理，必须事先了解其收缩性。

4.3. 耐气候性 [6] [7]  
4.3.1. 湿度

几乎所有纤维材料都含有一定的水分，而水分比例的高低取决于原料和环境条件，可按以下标准进行划分：

- 从空气中吸收的水分
- 浸泡和离心处理后保留的水分
- 在浸泡和滴滤后吸收的水分

吸湿能力和保湿能力实际上只取决于原料，然而对于吸水性，纺织品的的设计也起着主要的作用。

	从空气中吸收 的水分(相对湿度65%) %	浸泡和离心处理 后保留的水分 %	相对湿度 %
PES	0.5	2 - 5	100
PAC	1 - 2	7 - 10	90 - 95
PA	4 - 5	10 - 15	85 - 95
粘胶	12 - 14	60 - 110	45 - 75
棉	7 - 8	45 - 50	100 - 110
羊毛	14 - 15	40 - 45	70 - 90

表 3 与水相关的性能

如果是化学纤维，原料的吸湿能力与其在湿润条件下的强力存在明确的关系。纤维保留的水分越多，其干湿强力之间的差别越大。这种效果通常以相对湿度来衡量，以干强的比例表示。

根据具体的应用领域，需要使用吸湿性强或弱的纤维，比如吸湿性强的用于手巾、内衣；低的则用于泳衣。

但是，就服装而言，重要的不仅仅是吸湿性，水分传输能力和润湿性也很重要。这两个特性对服装的可穿着性有很重要的影响。它们取决于纤维的表面区域和织物的毛细作用。因此，虽然聚酯纤维的吸湿性低，但是可通过适当的服装设计，使其获得较好的水分传输能力（表3）。

4.3.2. 温度

纺织品对热的反应形式多种多样，具体取决于原料类型和温度。反应的形式从简单的收缩、颜色变化、变软和/或变粘稠，一直到熔化、分解或碳化。

但是，仅靠一个数据或一系列数据无法解释人们经常提出的关于具体的原料耐热性的问题。影响因素有很多，因此对这个层次的问题往往无法给出一个全面完整的答复。因此，应该说耐热性受到很多因素的影响（包括但不限于以下因素）：

- 介质
- 温度
- 受热时间
- 样本结构
- 相关物质
- 评估参数（数量）

聚酰胺和聚酯纤维均采用熔体纺丝，也就是说它们有一定的熔点，达到一定温度后，他们就会液化，几乎就没有什么中间阶段。但是在达到熔点前这个区段，会变得越来越软，越来越粘稠，因此在实际应用中，建议不要达到离熔点20 - 30℃的区段，哪怕是很短一段时间。否则，会形成永久粘附的部位，完全改变纺织品的特征。

在变软前有一个很长的可以进行定型的区段。此时对材料以一定形式进行加热和冷却，可以获得这种纤维原料在正常条件下一般能回复到的形式。挤压折痕就属于这种程序，用熨烫方法进行卷曲定型或去除不需要的折痕也是。

其他纤维实际上在受热条件下无法定型。它们不会随着温度升高而变软和熔化，只是分解和变脆的程度提高；一般伴随着明显的颜色变化，可以变为真正的碳化。所有普通纺织品在遇到明火时都会燃烧。只有特殊的纤维才是阻燃的；在其他领域，它们的缺点很明显，因此只用于有阻燃要求的领域。

从燃烧方面，也可以观察到不同纤维之间的明显差别。纤维素纤维易燃，燃烧也很快，但是只会留下没有什么味道、无害的灰烬。丙烯酸纤维不容易点燃，但是一旦点燃，燃烧会非常剧烈。

聚酰胺纤维和聚酯纤维不易点燃。但是，他们有严重的缺陷，就是纤维物质会熔化、滴流；有些时候，对人类和环境造成的损害远远大于纤维素纤维。

在所有普通纤维中，羊毛的阻燃性最佳。它很难点燃，而燃烧后会留下脆的、很快冷却的灰烬，不会粘附到邻近物体的表面。

4.3.3. 光照和天气

众所周知，光照会影响很多染料；但是人们经常忽视了光照对纺织品也会造成实质的损坏。基本上，在光照下所有纤维材料都会损失一定的强力。和遇热的情况一样，在光照条件下强力的降低幅度取决于很多因素，需要提到的包括下面这些因素：

- 光谱
- 光照强度
- 照明规律
- 样本温度
- 样本中的水分含量
- 样本厚度
- 环境空气成分

光线中的紫外线成分和样本中的水分具有特殊的重要性。因此必须要让普通的窗玻璃吸收掉大部分非常有侵蚀性的紫外线成分。因而窗帘的降解速度就比室外纺织品（遮阳棚和防水布）要慢很多。

至于纤维本身，有一点很值得注意，哑光的纤维比光亮的纤维受到的损坏更严重。二氧化钛是一种催化剂，可加速分解。在显微镜下，可明显看到消光剂的各个颗粒是分解过程中很容易扩展的球形区的核心。另外，需要注意的是光线穿透的深度非常浅。因此随着纤度的提高，损坏逐渐降低。

对各种原料的比较显示聚丙烯酸纤维耐光性很强，而聚酰胺纤维和天然丝绸的耐光性则非常弱。但是，无可否认的是在化学纤维中添加适当的稳定剂会大大提高耐光性。

耐气候性取决于很多影响因素。除了光照的影响外，气候影响必须加以考虑，尤其是干/湿、冷/暖、明/暗的变化所造成的影响。

空气的成分也起着重要的作用，比如工业废气造成的污染。

使用抗风化塑料材料（主要是PVC）涂层几乎可以使任何纤维材料得到完全令人满意的抗风化能力。

4.4. 纺织成品的纤维特性

重要的纤维特征的示意图作为一种补充，有助于进一步理解这些特征。将莫代尔纤维与普通粘胶纤维相邻插入图中；莫代尔也是一种粘胶纤维，在改性纺丝工艺条件下生产，形成不同于普通粘胶纤维的特性，尤其是应力/应变特性（干/湿）。莫代尔纤维更类似于棉纤维，因此在短纤纺纱厂中的应用越来越多。

评估模式：

- 高/有利
- 中/正常
- 低/不利

假设大多数特征分为按高、中、低，但是可洗性和对染料反应性却无法以此分类。针对几种特征，必须

清楚值的高或低是否有利，取决于其应用领域。比如吸湿性：对于毛巾，吸湿性高是一个非常有利的特征，而应用于帐篷布就是非常不利的。  
最后，必须根据化学纤维的生产和特性作出一个定量评价（表4）。

	PES	CV	莫代尔纤维	PAC
干强	高/有利	中/正常	低/不利	低/不利
湿强	高/有利	中/正常	低/不利	低/不利
伸长率	中/正常	低/不利	低/不利	低/不利
形态稳定性	高/有利	低/不利	低/不利	低/不利
抗皱性	高/有利	低/不利	低/不利	低/不利
抗起毛起球性	低/不利	高/有利	低/不利	低/不利
耐摩擦性	中/正常	低/不利	低/不利	低/不利
热定型能力（打褶）	高/有利	低/不利	低/不利	中/正常
吸湿性	低/不利	高/有利	高/有利	低/不利
可洗性	高/有利	低/不利	低/不利	低/不利
染色特性	中/正常	高/有利	高/有利	中/正常
耐光性和耐气候性	中/正常	低/不利	低/不利	高/有利
耐腐蚀性	高/有利	低/不利	低/不利	高/有利

高/有利

中/正常

低/不利

表 4 化学纤维，聚酯纤维 (PES)、粘胶 (CV)、粘胶-莫代尔纤维 (modal) 和聚丙烯酸纤维 (PAC) 的一些特性

目前化学短纤约占所有纺织原料的1/3，包括很多特性各异的品种，几乎可用于任何领域的应用。行业的不断发展会带来更多新的纤维类型，但是很清楚的是，全新的聚合物会越来越罕见，而按特定用途对已知的聚合物的改性品种将越来越多。对于短纤纺纱厂来讲，这意味着基本上不会对化学纤维提出新要求。但是，对现有的化学纤维的很多特殊改动不可避免地会要求对工艺条件进行小的变动，由此对纺纱计划、机器设置和速度产生影响。在这个方面，纺纱厂、机器制造商和纤维生产商之间紧密互惠的合作显得尤为重要。

4.5. 纤维特性的改变

因为化学纤维是制造出来的原料，所以很多特性可以根据具体的最终用途的特殊需求进行调整。除了前面已经提到的，在实际的应用中还普遍进行如下改性（根据具体的要求）：

- 抗静电；
- 防沾污（防沾污剂）；
- 阻燃免烫；
- 亲水性。

4.6. 纤维重要特征总结

正如本章开头部分所提到的，化学纤维的主要优点是可通过选择合适的聚合物、添加剂以及后整理方法，对纤维的特性进行大幅度的调整。  
另一方面，在这种缩简版手册中很难对化学纤维的诸多特性作一个全面深入的总结。比如就某些特性而言，可改变的范围实在太广，无法进行简单描述。因此，我们仅提供短纤纺纱厂使用最多的化学纤维，即聚酯纤维（PES）、粘胶纤维 (CV) 和聚丙烯腈纤维 (PAN) 的典型基本特性的相关数据以及应力-应变及收缩特性的要点（表5）。

表 5 典型的纤维基本特性

## 5. 纺纱厂中的化学短纤维加工

### 5.1. 一般性问题

#### 5.1.1. 纺丝油剂

前面已经提到过纺纱厂在使用油剂时出现的几个问题，其他主要的影响因素如下：

- 纺丝油剂与灰尘混合后在机器部件上形成一层硬壳。这些沉积物会对加工造成巨大干扰——最严重的是梳棉机针布（特别是在刺辊上）、梳棉机和并条机的导条通道、粗纱机的锭翼以及转杯纺纱机的分梳辊和转杯。由于需要定期清洁这些部件，因此往往会增加额外的费用。
- 纺丝油剂分布不均匀可造成纤维剥落，导致断头增加、静电荷堆积。这种情况，我们称之为油剂宏分布，因为油剂成分只能通过采集成千上万的纤维样本才能建立。开发油剂在具体纤维上的分布模型仍然还处于单纯的科学模型阶段。纺纱厂必须了解，只有准确掌握的油剂成分，才能对油剂浓度进行准确的重量分析。
- 如果在机器没有运行时，纺丝油剂可渗透到罗拉和皮圈之类的部件，就会造成膨胀或破裂，对牵伸操作造成相应的破坏。
- 以二氧化钛作为消光剂处理的纤维的牵伸阻力较低（动摩擦减小），但同时纤维引导部件的磨损较大（静摩擦增大）。在这种情况下，需使用优化的纺丝油剂。除了二氧化钛，其他纺丝油剂成分也会增加纤维引导部件的磨损，尤其是腐蚀特性也起作用的时候，阳离子物质也脱不了干系。在转杯纺纱机的钢丝圈和分梳辊上出现磨损，会产生纺纱问题和降低纱线特性。

客观来讲，实际生产中出现的加工问题有时候只是怀疑，并不能证明就是纺丝油剂造成的。下面是几个实际操作中的例子：

- 如果将打开的纤维包放在纺纱车间而不进行充分的环境适应，水分可能在纤维表面冷凝（尤其是在冬天），这会导致严重的梳棉问题。
- 在温湿度过高的车间加工涤棉混纺时，棉蜡会沾污导致绕花。
- 过度老化的橡胶上罗拉、刀片和分梳辊上的凹痕也是造成加工和质量问题的源头。
- 纤维卷曲对加工的影响实际上与纺丝油剂一样大；从抓棉到纺纱机的通道中纤维的卷曲逐步减少；纺纱厂自身的条件对加工状况有非常大的影响。

### 5.1.2. 纤维材料的缺陷

#### 5.1.2.1. 集体切断

将长丝切断成短纤维时，有时候整束纤维会被挤压在一起，这样会形成粘连纤维束，给加工造成严重问题。如果卷曲设置是在切割后进行的，这个影响就更严重，因为也需要对纤维束进行设置。这种粘连纤维束不能从纤维束中分离开来。如果应用纺丝油剂的话，还会增加纤维束中的粘性。

最理想的是，粘连纤维束在开清阶段就被清除掉。但是，在开清阶段完全清除是不可能的，因此需要梳棉机来排除剩余部分，然后纤维束中就应该粘连了。

#### 5.1.2.2. 粗纤维（毛发、刚毛）

短纤维中偶尔会含有细度明显不同的纤维。造成化学纤维生产车间中这种现象的原因有很多。

这类纤维大部分会在环锭细纱机之前被清除掉；梳棉机盖板是最主要的清除部位。如果某些刚毛到达环锭细纱机时仍存在，就会造成断头。万一要越过环锭细纱机，那就会破坏纱线和最终产品的外观。

在这方面，转杯纺纱机的除杂具有优势，除了灰尘外，还可以清除掉粗纤维、纤维块和长纤维。



5.1.2.3. 超长纤维

如果某些纤维上略大于设定长度，这无关紧要。但是如果40 mm（双切长度）的短纤中出现了60 - 80 mm的纤维，问题就比较严重了，这样必然会造成加工上的困难。

由于大多数化学纤维都比较结实，在根据40 mm纤维长度设置的牵伸区无法折断超长纤维。输出罗拉会将这些纤维从喂入罗拉的夹持中拉出，相邻纤维会一起拉出，因此造成粗细节。

如果纤维不从上游的夹持中滑出，超长的纤维就会被拉长，最终也会产生同样的结果。纤维离开牵伸装置后会回复到原来的长度。这是突然发生的，相邻纤维会再次一起拉出。纤网或粗纱中会出现波纹，最终在环锭细纱机中会出现粗细节。

5.1.2.4. 纤维尘杂

切断和压缩会产生尘杂，即在丝束转换时产生的纤维碎渣。它也会对纺纱工艺造成干扰，主要是因为它会堆积在机器上。

5.1.3. 纤维造成的其他干扰

5.1.3.1. 抗起毛起球类型

在外衣领域，如果喜欢用单纱而不喜欢用股纱，那么单纱一般要选用抗起毛起球的纤维。这些纤维的弯曲断裂和摩擦强力低，拉伸强力也低。

因此断头率高、产生的飞花也多。这种情况在转杯纺中尤其明显，因为纱线中的纤维在高速时被磨掉，唯一的解决办法是降低转速。

5.1.3.2. 纤维消光剂

纤维消光是利用二氧化钛进行的。但是消光的同时也会使得纤维表面变得异常的粗糙，对机器部件的磨损很大，不仅对像罗拉表层这些软的部分，甚至对那些金属部件也会造成磨损。因此会产生大量的摩擦产生颗粒。

5.1.4. 静电

5.1.4.1. 静电的产生

在电中性原子中，质子数等于电子数，它们的电荷平衡，这是中性的原理。现在如果两个不同化学成分的物体互相接触，一个物体中的电子会跑到另外一个物体中，这样接触面就会形成正负相反的带电层。只要这两个物体一直保持接触，这些电荷就不明显。但是，如果将两个物体分开，电荷也就分开了，但是正负电荷仍然保持在他们原来的一侧（图25）。

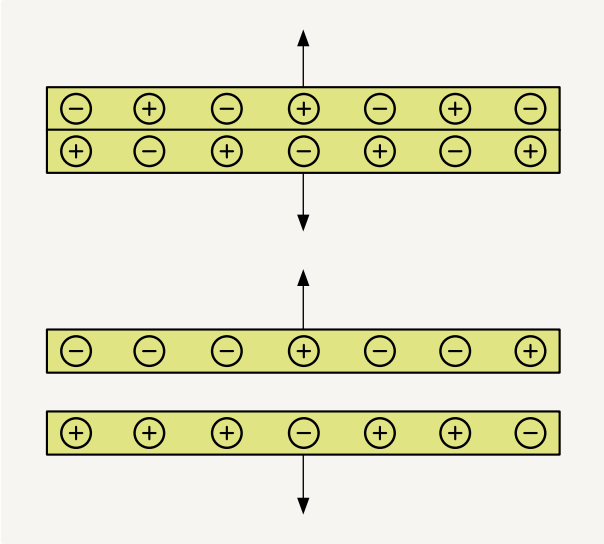


图 25 两种原料边界上带电层的产生

简单而言，静电就是电子不平衡分布的现象，定义为：“一个物体上聚集的非时变恒定的正和/或负电荷（局部或整体）。”

这种电荷经常会产生低电流水平上的高电压。电荷聚集在非导体或绝缘导线中，不可能因为电流流动而放电，此时电荷处于静止状态。

如果带电的物体（比如人体）与导体接触，会产生电流脉冲形式的放电，只持续毫秒。人类感觉这种放电像轻微的触电。



5.1.4.2. 影响因素

因此，静电从根本上讲是一个接触问题而不是摩擦问题。摩擦只是强化这个效果，因为摩擦增加了接触面积，而接触表面会因热和机械应力而改变。

电荷的强度取决于以下几个因素：

- 导电性：取决于材料自身的导电性和含水量造成的导电性；
- 介电常数；
- 产生电荷的工艺的速度；
- 两种材料的温度差别、相对湿度；
- 干燥的化学纤维和羊毛一般会聚集电荷，保水能力差的纤维（合成纤维）如果没有用适当的防静电剂进行处理也是如此。因此，这种问题往往在冬天出现的几率要高于夏天，因为冬天加热会烘干纤维。

5.1.4.3. 给纺纱厂造成的问题

静电会给纺纱厂带来两类问题：

- 纤维粘附到机器部件上；
- 纤维束散开。

集聚在纤维和机器上的电荷往往呈现不同的迹象。机器部件会吸引一根根的纤维，甚至整个纤维束。这就会形成绕花、纤维夹带、堵塞等，尤其是在锡林上、针布和引导管中。

纤维束散开是因为纤维束中的所有纤维都具有相同的电荷因此易互相排斥而造成的。轻微的情况会造成边缘的纤维散开，而极端的情况就会造成纤维束解体。

5.1.5. 环境条件

5.1.5.1.基本条件

纺纱厂使用的原料不仅因为不同的含水量具有不同的特征，而且运行性能（特性）也各有差别。

		正常	炎热地区 (最高)
	相对湿度 度%	°C	°C
粘胶			
纺纱准备	50 - 55	22 - 25	27
环锭纺	50 - 55	22 - 25	27
聚酰胺纤维：			
开清和梳棉车间	50 - 55	22 - 25	27
并条机和粗纱机	50 - 55	22 - 25	27
环锭纺	50 - 55	22 - 25	27
聚丙烯腈纤维：			
开清	4 - 55	20 - 24	27
纺纱准备	5 - 60	20 - 24	27
环锭纺	50 - 55	22 - 25	27
聚酯纤维：			
开清和梳棉车间	50 - 55	20 - 24	27
纺纱准备	45 - 50	22 - 25	27
环锭纺	约 50	22 - 25	27

表 6 适合加工化学纤维的环境条件

羊毛和化学纤维经常会出现这种情况。由于纤维的含水量主要取决于大气中的含水量和纤维暴露于大气的时间，纺纱厂的空调系统在加工化学纤维中起着重要的作用。不利的环境条件可能使纺纱无法进行。含水量过低主要会产生静电问题；而过高的话，可能会产生油剂沾污，形成纤维结，造成牵伸问题。

含水量低会增加静电，导致针布堵塞、堵条、锡林绕花。含水量高则会导致纱线条干不匀率提高，纱疵增加。实践证明下面的环境条件适合纺纱厂：

- 相对湿度 (rh): 50 - 60 %
- 温度：22 - 24 (-27)°C

详见表6（已经证明这些条件是有利的）。在纺纱过程中，相对湿度是一个非常重要的标准。但是，由于纺丝油剂发挥作用仅需很少的水分，水分过高会产生沾污；空气中的绝对含水量也是非常重要的，应该在以下范围内：

涤纶和涤/棉混纺

- 纺纱厂， 8.5 -11 g H<sub>2</sub>O/kg 干空气
- 络筒车间， 10.5 -13 g H<sub>2</sub>O /kg 干空气

涤纶/莫代尔混纺、涤纶/粘胶混纺：

- 纺纱厂，9 - 11 g H<sub>2</sub>O/kg 干空气
- 络筒车间，10.3 - 13 g H<sub>2</sub>O/kg 干空气

腈纶纤维

- 纺纱厂，9 - 10 g H<sub>2</sub>O/kg 干空气

在评估空调系统时，只考虑平均值是不够充分的，还应将设置值保持在较小的公差限度内，因为合成纤维对水分差异反应敏感。粘胶和棉纤维在这方面的问题较少。

5.2. 化学纤维的储存

实际上储存化学纤维的成本比棉纤维低。一方面是因为化学纤维生产商离纺纱厂的距离近，另一方面是因为运输时间短。但是，合成纤维的表现受温湿度条件（尤其是在寒冷季节）的影响是其不容忽视的缺点。如果将纤维存放在冷藏室（正常情况就是），纤维包运到开清车间后就立即开包，纤维表面会形成冷凝。这种冷凝会造成正常的纤维加工无法进行，尤其是在开清车间和梳棉车间，也会影响到纺丝油剂。合成纤维一般由生产商进行密封包装。这种纤维必须先放在开清车间或其他环境温度相同的车间至少24小时，然后才可以开始开包。在此期间，纤维包中的纤维调适到室温水平。应避免长时间存放，不仅是因为经济原因，还因为油剂的特性，长时间存放后会改变可加工性。但是，如果使用一种好的油剂，存放一两年也不会有什么改变。暴露于强光下也会影响可加工性，因此应避免强光。

5.3. 混合

混合理论上包括混合评估、“解”混合和混合类型，在“立达纺纱手册 – 第1册”中已经进行了介绍，下面的章节中主要介绍化纤混合。

5.3.1. 混合的目的

在某些应用领域，无论单独采用天然纤维还是单独采用化学纤维都不是最合适的，但是两种原料混纺就能得到所需产品的特征，因此原料混纺是一种很好的解决方案。采用天然纤维和化学纤维混纺的另外一个主要原因是天然纤维（比如棉花）价格太高；由于纤维消耗量越来越大，而天然纤维由于产能有限，未来价格可能会越来越高，这也是混纺产品占比持续升高的原因。另外，不但天然纤维和化学纤维混纺产品在不断增加，而且不同化学纤维的混纺产品也在不断增加。

5.3.2. 混合比例

将两种纤维成分混在一起时，二者对最终产品的优缺点都会起到一定的影响。单种特性影响程度的高低取决于混合成分的混合特性。如果能够知道最终产品的需求以及纤维的特性，那么基本上就可以确定最佳的混合比例。图26中Albrecht博士的方法对此进行了阐释[8]。

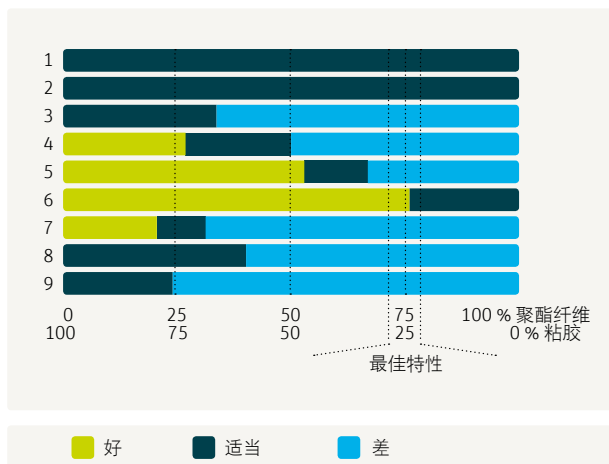


图26 参照最终产品的特性确定最佳混合比例（1 = 外观； 2 = 织物手感； 3 = 折痕回复性（干态）； 4 = 折痕回复性（湿态）； 5 = 褶裥保持性； 6 = 耐热性； 7 = 耐收缩性； 8 = 撕裂强力； 9 = 耐磨性）

以下是常见的化纤混合形式：

- 涤/棉： (85/15); 65/35; (67/33); 50/50; 45/55
- 涤纶/莫代尔： 65/35
- 涤纶/粘胶： 67/33
- 腈纶/棉： 85/15; 70/30; 50/50

### 5.3.3. 混合均匀度

在“立达纺纱手册—第1册”中已经提到，混合的均匀度必须从两个方向进行评定：纵向和横向。

纵向混合均匀度要求非常严格。如果超过设定的公差范围，会导致不均匀的织物外观、条纹、条块等。

在欧洲，法律规定了公差范围。例如50/50涤/棉混纺，允许的偏差为±3 %，即公差允许的极限混纺比例可为47/53或53/47。但是，纺纱厂通常不了解纱线的最终用途，上述的公差范围仍然会影响织物外观，因此公差范围不应超过±2 %（对于复杂的混合，甚至更严格为±1 %；双色混合甚至达到± 0.5 %）。

至于横向混合，大多情况下优先追求混合一致性。

### 5.3.4. 混合方法

不同纤维材料的混合方法很多，具体可参见“立达纺纱手册—第1册”，但是经过多年的发展，以下三种方法已经成为现代纺纱厂中化纤混合的主要方法：

- 开清工艺前端的纤维束混合
- 开清工艺后端的纤维束混合
- 条子混合

涤棉纤维束混合和条子混合典型工序见图27。

	开清工艺前端 纤维束混合		开清工艺后端 纤维束混合		条子混合	
工序	棉	涤	棉	涤	棉	涤
抓包	■	■	■	■	■	■
计重	■	■				
开清	■	■	■		■	
混合	■	■	■	■	■	■
精开清	■	■	■	■	■	■
精细混合			■	■		
梳棉	■	■	■	■	■	■
并合					■	■
第一道并条	■	■	■	■	■	■
第二道并条	■	■	■	■	■	■
粗纱	■	■	■	■	■	■
细纱	■	■	■	■	■	■

图 27 涤棉纤维束混合和条子混合典型工序

虽然纤维束混合在很多国家越来越普遍，但是条子混纺仍然是天然纤维和化学纤维混纺中最常用的方法。

#### 5.3.4.1. 开清工艺前端纤维束混合

开清工艺前端纤维束混合，一般是在称重给棉机上完成的（图28）。给棉机配有称量装置，各种原料可定量喂给。至少有2台或通常是超过2台的称重给棉机一起运行，将称重过的原料喂入到传送带上，然后再输送到混棉机内进行混合。



图 28 称重给棉机 (Temafa)

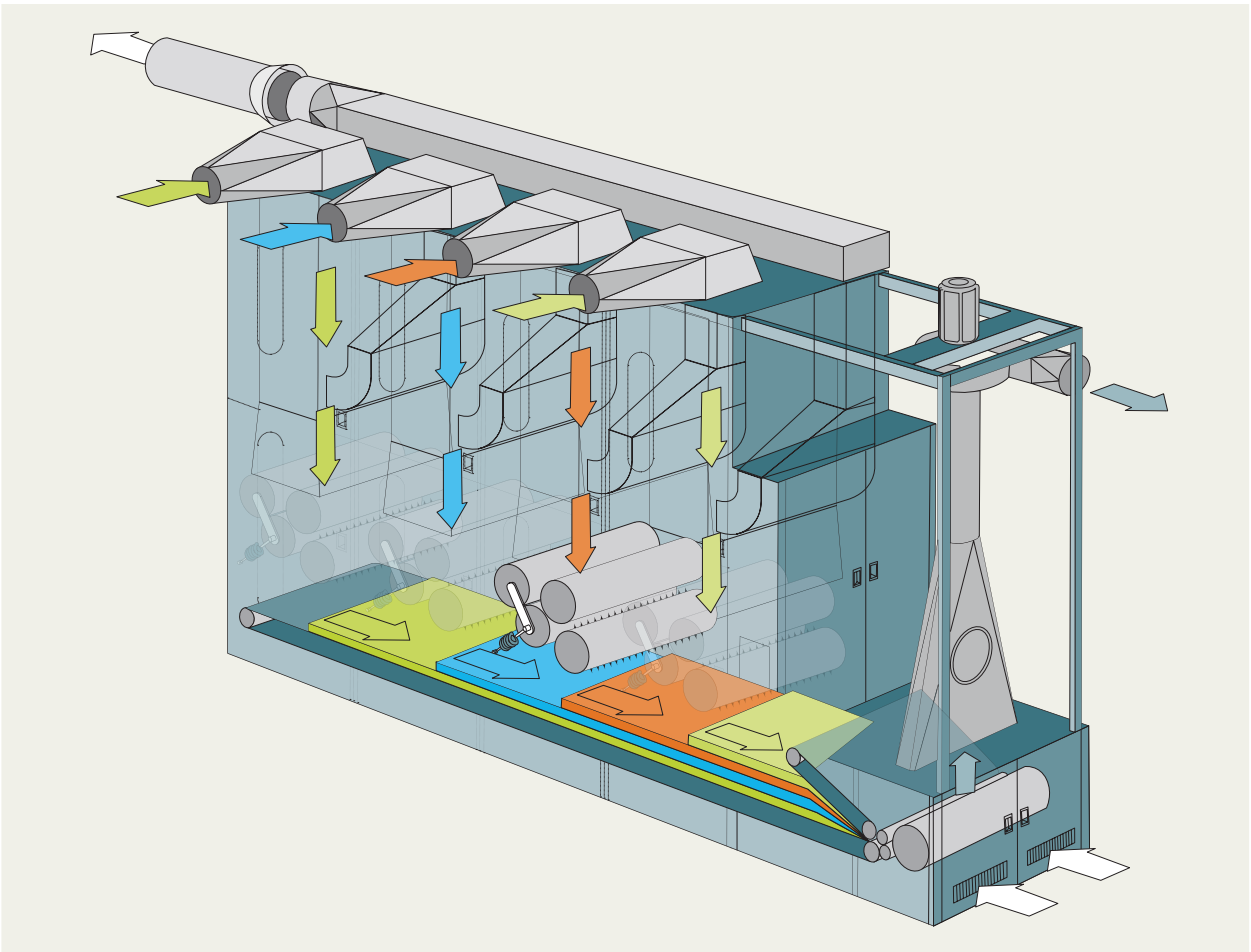


图 29 立达精细混棉机A 81 UNIBlend

各个称重给棉机进行加工时，对原料进行一定程度的开松，以保证两种或两种以上原料开松度相同，这对获得均匀混合至关重要。

在开清工艺前端进行的纤维束混合，由于纤维参数及其运动状态的不同，可能会在后道开清工序出现“解”混合的情况。

#### 5.3.4.2. 开清工艺末端纤维束混合

在开清工艺末端进行纤维束混合可以避免“解”混合，这种混纺工艺需要使用像立达的精细混棉机A 81 UNIBlend（图29）这样的混棉机。几个棉箱并行排列，用于输送不同类型的原料；每个棉箱的底部设有一个计量装置，保证每个棉箱将精确计量的原料喂入到输送带上，再经过剥棉打手装置。

图31是在开清工艺末端进行纤维束混合的完整设备安装图。

纤维束混合的优点是横向混合均匀。要保证纵向混合均匀度也达到高质量标准，则需要使用现代化的纤维束混棉机，如立达精细混棉机A 81 UNIBlend。

#### 5.3.4.3. 条子混合

条子混合需要在棉纺厂通用的两道并条之前，再增加一道预并。这样的优点是：每种原料可以分别在最适合的并条机上预加工，然后确保纤维的纵向混合均匀

度非常高；条子混合的主要缺点是横向混合均匀度比较差，会导致最终成品的条花疵点（见“立达纺纱手册—第1册”）。

#### 5.3.5. 废料混合

棉卷留头、生条断头和熟条断头可以按计量均匀混入。纯纺化纤时，这些废料不能加入；清花落杂、盖板花和粗纱断头也不应该重新混入。

### 5.4. 开清工艺

#### 5.4.1. 开清设备

与天然纤维不同，化纤通常不含杂质，因此，如果加工100 %化纤，就不需要清棉机，清花设备的主要工作就减少为：

- 开松；
- 混合。

另外，化纤开松比棉花容易，因为化纤压得没有那么紧。因此开清设备所需数量最少，一般包括：

- 自动抓棉机；
- 混棉机；
- 精开棉机（同时将原料输送到梳棉机组）。

图30和图31显示了生产100 %化纤和涤/棉混纺典型开清流程。



图 30 100 %化纤典型开清流程



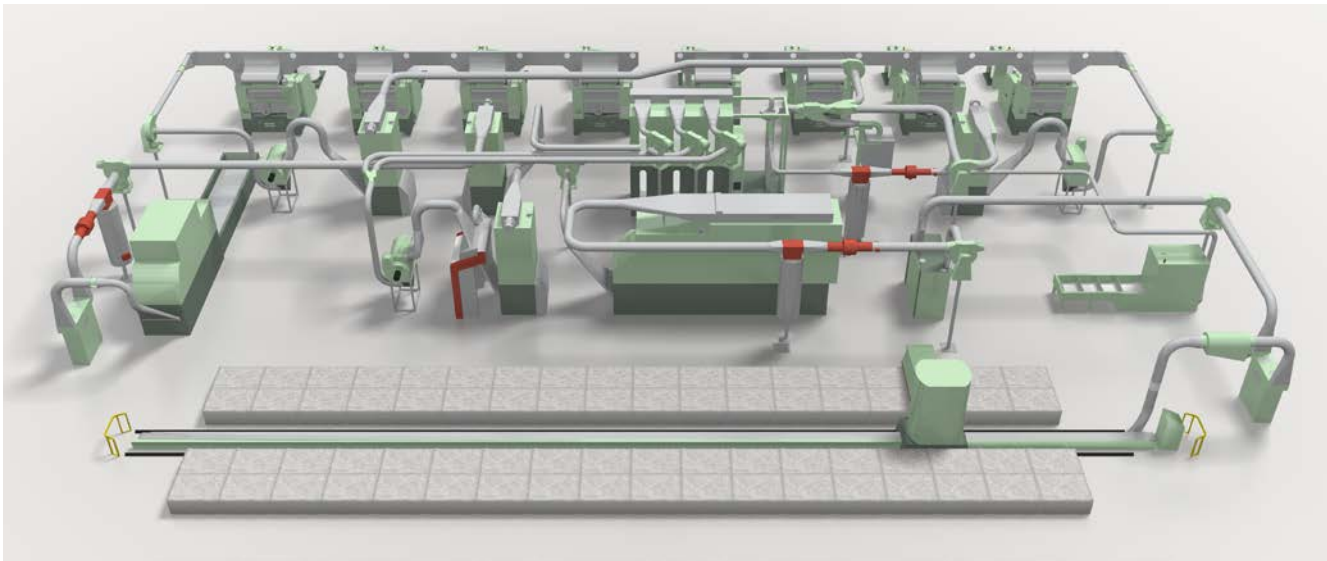


图 31 涤/棉混纺典型开清流程

5.4.2. 排包

化纤生产中，纤维的生产条件几乎相同。但是，不能错误的认为这些纤维的特性始终相同。化学纤维间的差异性比天然纤维小，但这并不表示化纤可以单独加工并能保证足够同质。例如：一个纤维包紧挨另一个纤维包，不同纤维包的一般纤维特性（比如长度、卷曲等）、最终产品应用或不同棉包含水率方面就存在差异。为弥补这些差异性，需要同时从12个（最好20个）纤维包中抓取纤维。

不同批次间原料也会有细小差别。纺纱厂不会只用同一批次原料进行生产，而是要连续生产，在一个较长的时间内保证生产出同样质量的纱线。相应地，12个棉包的排列，应该保证同时抓取至少3个（最好4个）批次的棉包。

5.4.3. 基本设置

一般来讲，化纤加工要比棉纤维更加柔和，罗拉针布应选择齿密更稀的锯齿、开松元件之间隔距更大、罗拉转速更慢。因为不含杂质，尘棒间隔距几乎是最小的。

具体工艺参数设置应根据纤维的主要特性来确定。比如：平滑的涤纶只需轻微的开松，而粘胶、消光纤维或聚丙烯纤维则需要进行高强度的开松。下面的纤维参数对开清工艺参数设置会产生影响：

- 长度；
- 细度；
- 体积；
- 卷曲度；
- 弹性；
- 纺丝油剂；
- 消光剂。

5.4.4. 问题

加工化纤出现的主要问题包括：

- 静电（见5.1.4.节）；
- 纺丝油剂或标记颜料积留在机器部件上和通道内部；
- 过长的通道会导致索丝形成，最后产生棉结；
- 通道中的弯道过多也会形成索丝和棉结。

喂棉箱挂花会造成棉层波动。尤其是在梳棉机喂棉箱中，这样会明显降低质量。因此相关的部件应定期清洁，比如用肥皂水清洗。  
加工腈纶时，因为纤维蓬松，应将喂棉箱厚度方向调整得更大些。

5.4.5. 工艺环境

开清车间工作环境中的干空气含水量最佳值应达到9 - 13 g/kg，相对湿度为：

温度 °C	相对湿度 %
20	60 (- 85)
25	45 - 58
30	(35 -) 48

表 7 开清工艺中加工化纤的适宜环境条件

5.5. 梳理  
5.5.1. 概述

梳棉机非常适合用于加工纤维长度达60 mm的化纤，但在加工时，必须对机器元件和设置进行调整，因为与棉纤维相比，化纤具有不同的纤维特性。  
正如在开清流程中的设置中所述（第5.4.3.节），化纤通常对高强度的梳理更为敏感，因此在化纤梳理时应比棉纤维更为柔和。  
但是和棉纤维时一样，梳棉机会产生短绒。因此，化纤梳理后也会包含少量的短绒。短绒通常产生于：

- 较长的纤维；
- 较细的纤维；
- 较紧的设置；
- 较紧的设置；
- 较高的刺辊和锡林转速。

因此，与加工棉纤维相比，要选择较大的隔距、齿密更低的针布、更低的转速。  
涤纶条子定量范围如下（腈纶通常更细）：

- 高支纱： 4 - 5 ktex
- 中支纱到低支纱： 4.5 - 6.5 ktex
- 一般纱： 约5 ktex

涤纶条子定量不应低于4 ktex，腈纶不低于3.6 ktex。  
纤维卷曲度是影响产量的一个重要参数。纤维卷曲度高，棉网粘合力好，棉网稳定，反之亦然。在梳理卷曲度低的纤维时，产量必须降低，有时候必须提高棉网重量。

5.5.2. 机器部件和基本设置  
5.5.2.1. 梳理针布

针布在梳理工艺中对质量和产量影响最大。化纤很敏感，所以非常重要是要配置恰当的梳理针布，以避免损伤纤维，影响成纱质量。  
在“立达纺纱手册-第2册”中已经介绍了针布最重要的参数，其中还提到，有很多标准会影响到梳理针布的最佳特性，比如：

- 梳棉机的型号和设计；
- 锡林转速；
- 产量；
- 原料喂入量；
- 原料种类；
- 纤维特性；
- 总的质量要求。

因为标准非常多，不可能一一给出梳理针布总的综合建议。但是，我们还是在表8中以立达梳棉机C 70为例，给出了用于梳理不同纤维种类的针布建议。

纤维		梳棉机C 70	
		化纤 > 1.0 dtex	化纤 < 0.6 dtex
刺辊	齿密	60 - 120	60 - 120
	角度	5 - 20	5 - 10
	转速	1 000 - 1 400	900 - 1 200
锡林	齿密	600 - 700	700 - 800
	角度	20 - 30	20 - 30
	转速	650 - 750	650 - 750
盖板	针布	400 - 500磅/平方英寸	500 - 600磅/平方英寸
道夫	齿密	300 - 500	300 - 500
	角度	30 - 40	30 - 40

表 8 立达梳棉机C 70针布型号和转速推荐

齿尖角度为正的刺辊针布有利于更好地开松纤维束，而齿尖角度为负的刺辊针布则对纤维的作用更柔和，握持力低，能更好地将纤维转移到锡林，且不易充塞。如果是生产腈纶或非常敏感的纤维，建议给刺辊配置齿尖角度为负的针布。

在超细纤维加工（细度< 1.0 dtex）初期，选择针齿密高的锡林针布，保证齿间中的纤维数量与粗纤维一样保持恒定，或者通过更高的齿密来提高质量。采用齿密高的针布会造成过大的梳理力，因为纤维/金属的摩擦力较大，纤维进入齿隙也比较困难。另一方面，太低的齿密又会因为齿间纤维数量过多而造成负荷过大，阻碍锡林道夫间纤维转移 [9]。

对于棉和合成纤维的混纺，梳理针布类型可选接近梳理同种棉花时所用的针布类型，但是仍然有必要使用“组合式”的针布，能同时用于梳理混合纤维和100 %纯棉。

针布的使用寿命很大程度上取决于加工的纤维类型、使用的纺丝油剂及纺丝油剂中的添加剂。

针布磨砺间隔很大程度上也取决于纺丝油剂和纺丝油剂添加剂，这里还不能提供相关的参考建议。至于道夫，其针布应定期进行（轻微）磨砺，以保持针布锋利。

5.5.2.2. 刺辊

刺辊设置是梳棉机一个非常重要的参数，加工化纤及其混纺时，必须根据纤维的特殊性能进行优化。

由于100 %化纤非常敏感，梳棉机通常配置单刺辊，以保证纤维开松柔和，减少可纺纤维的损耗，从而保持纤维长度和强度等特性，以获得更高的成纱质量。

表8对刺辊针布进行了推荐。一般加工100 %化纤时，使用小、零甚至是负角度的刺辊针布是最适合的，以避免纤维损伤，使刺辊锡林间纤维转移顺畅。在某些情况下，刺辊使用针辊加工100 % 化纤的效果也非常好。

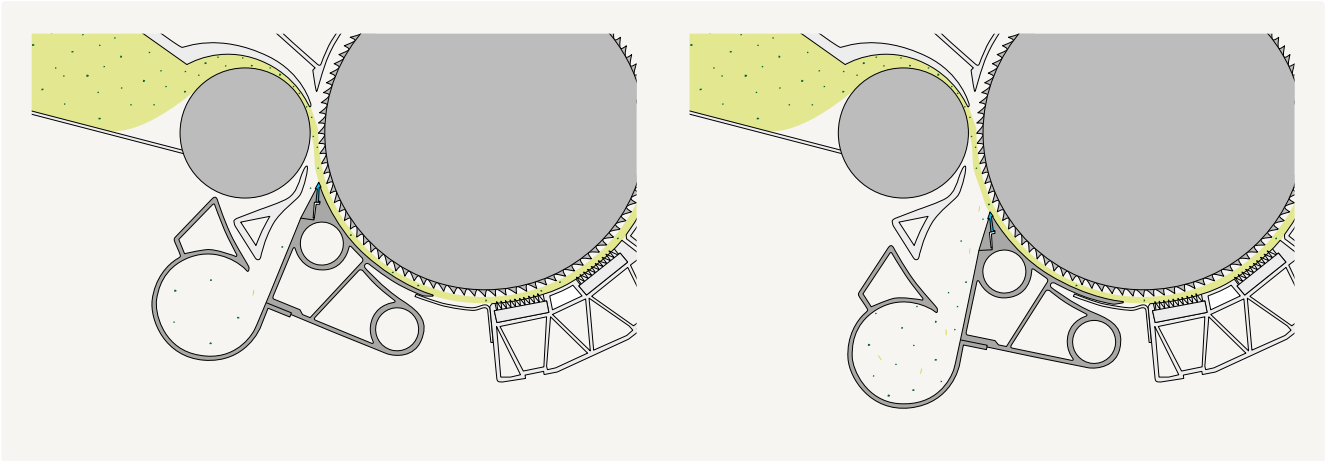


图 32 立达梳棉机C 70可调刺辊除尘刀（左：加工化纤时开口最小，右：加工棉纤维时开口更大）



一般来说，化纤不含杂质；但是，由于供应商或加工工艺不同，有可能会出现纤维块、并丝等，这些都可以调整刺辊除尘刀来清除。立达梳棉机C 70，其刺辊除尘刀可以在线调整，图32中显示：加工化纤时建议除尘刀开口最小（左）、而加工100 %棉时，为排除更多杂质，除尘刀开口要加大。

刺辊速度取决于刺辊直径和加工的原料类型，应在其设计的速度范围内取较低值。加工化纤典型的刺辊速度见表8。刺辊速度的通用规则是：纤维越细，梳棉机产量越高，刺辊速度越快。

如果是化纤与棉混纺，刺辊应更接近加工棉纤维时的设置，即：

- 单刺辊；
- 小角度针布；
- 将除尘刀开口稍微打开，以确保去除杂质、纤维块、并丝等。

### 5.5.2.3. 预梳理区和后梳理区

在现代梳棉机中，刺辊和回转盖板之间、回转盖板和道夫之间都插入了一块或多块固定盖板。固定盖板对进入锡林和回转盖板之间主梳理区之前的纤维束进一步开松，或为道夫棉网转移做好准备。

另外，除固定盖板外，还设计配置了棉网清洁器以清除微尘、杂质和短绒。加工化纤时，由于杂质少，除尘刀隔距应当设置的很小，加工与棉纤维的混纺时，则要稍微打开点。立达梳棉机C 70，棉网清洁器开口大小很容易调整，无需任何工具就可以通过更换插板加以调整（图 33）。

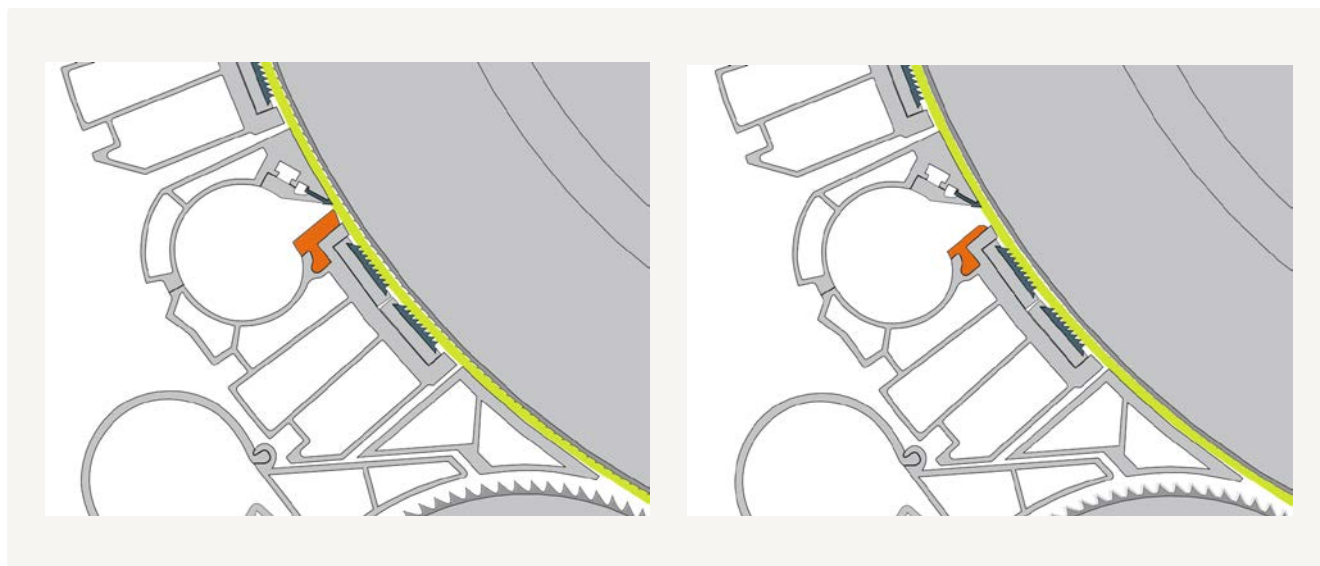


图 33 立达梳棉机C 70棉网清洁器开口大小可调（左：开口最小，右：开口最大）

5.5.2.4. 主梳理区

根据原料，优化锡林和回转盖板之间主梳理区工艺时，最重要的参数包括：

- 锡林针布；
- 盖板针布；
- 锡林速度；
- 锡林和盖板之间的隔距。

锡林针布和速度推荐见表9锡林和盖板针布之间的隔距应大于加工棉纤维时的隔距。对于蓬松的腈纶，隔距还应比涤纶更大。这样可避免出现以下情况：

- 纤维损伤；
- 产生灰尘；
- 静电集聚。

但是，隔距也不能设得太大，否则会造成：

- 纤维束开松不好；
- 棉结去除和梳开棉结能力下降；
- 针布充堵。

主梳理区和梳棉机其它典型隔距设置见表9。

位置	元件	隔距设置 [mm] / (100/°)
1	刺辊分梳板	[0.60] (24)
2	刺辊锡林隔距	[0.30] (12)
3	刺辊罩板	[1.00] (40)
4	预梳理区第1块双联固定盖板	[0.65/0.80] (26/32)
5	预梳理区第2块双联固定盖板	[0.55/0.70] (22/28)
6	预梳理区第3块双联固定盖板	[0.45/0.60] (18/24)
7	回转盖板曲轨后面	[1.30] (52)
8	回转盖板第1隔距点	[0.40] (16)
9	回转盖板第2隔距点	[0.375] (15)
10	回转盖板第3隔距点	[0.35] (14)
11	回转盖板第4隔距点	[0.30] (12)
12	回转盖板第5隔距点	[0.25] (10)
13	回转盖板曲轨前面	[1.30] (52)
14	后梳理区第1块双联固定盖板	[0.45/0.60] (18/24)
15	后梳理区第2块固定盖板	[0.45/0.60] (18/24)
16	锡林道夫隔距	[0.25] (10)

表 9 适用于化纤的梳理隔距推荐值

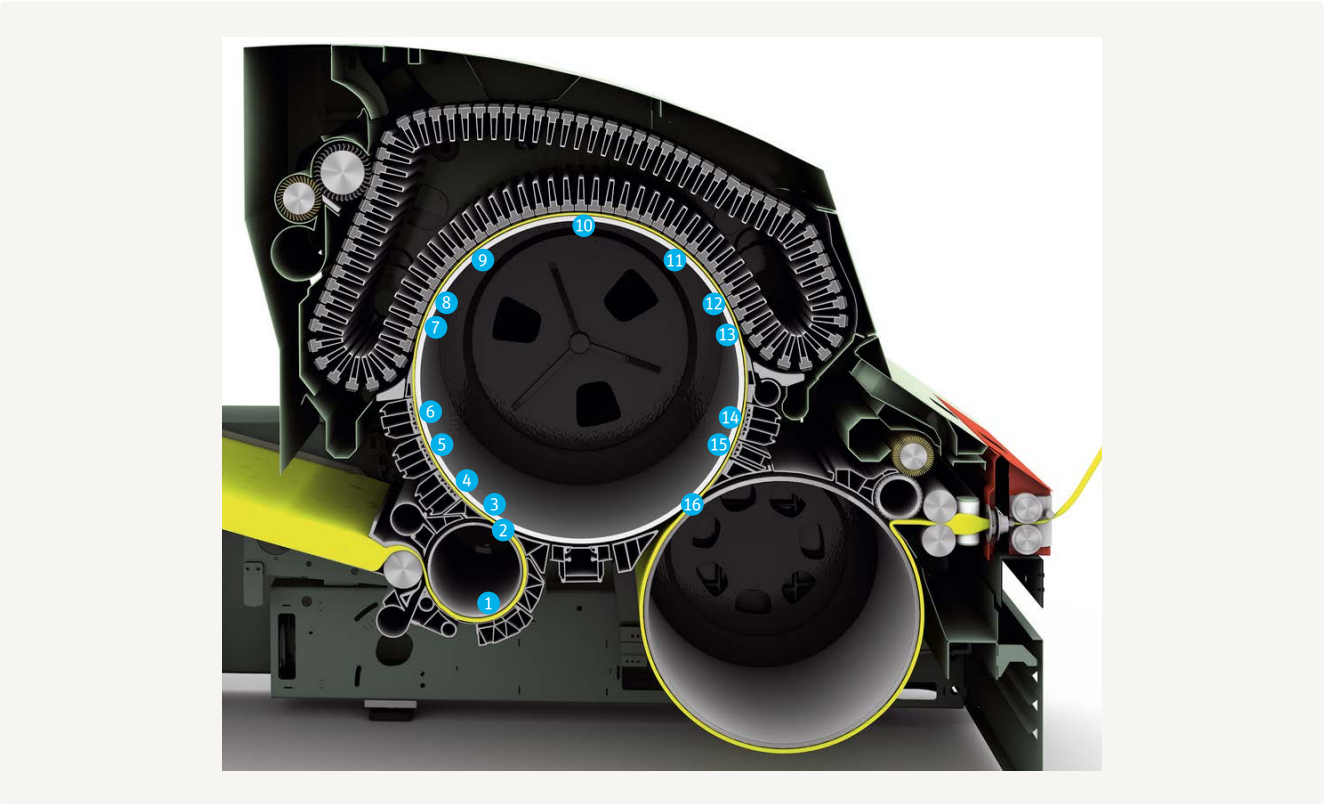


图 34 梳棉机隔距设置图

5.5.2.5. 道夫

道夫表面速度大大低于锡林表面速度，棉网因此在道夫上形成。  
道夫针布（相关推荐值见表8）纤维集聚能力由于纤维细度不同而不同。如果纤维集聚量接近或超过针布容量，多余的纤维会缠结，形成很难控制的带有云斑的脆弱棉网。尤其在加工较细的化纤时，应防止出现道夫表面纤维集聚过多的情况，否则在后续牵伸过程中可能会造成过多的棉结。

5.5.3. 问题

使用不恰当的纺丝油剂会导致棉结产生、针布沾污和充塞，还可能产生静电。  
梳棉机的运行会使梳棉机部件（以及纤维）温度升高，进而使加工区变得干燥，相应地每台梳棉机中都有一种特殊的小环境。如果在过于干燥的环境中进行加工，纤维就会变干，容易产生静电。  
有些情况下，可以通过提高锡林转速，避免针布充塞；转速提高，离心力加大，纤维易于转移到道夫。或者，偶尔对道夫针布进行磨砺，加大盖板隔距，预防针布充塞。还有，应定期清除针布上沉积的纺丝油剂。  
道夫和锡林的转速越高，棉网越干净，但也会产生更多短绒，也可能造成热损伤。另外，刺辊隔距设置过紧也会造成生条短绒过多。  
如果发现纤维在设备上运行不畅，可尝试更换每平方英寸齿数更少的针布来解决问题。

5.5.4. 工艺环境

梳棉车间的湿度应足以控制静电的集聚并保持纤维的强度，但是如果湿度过高的话，会加剧纤维间的粘连。另外，如果湿度过高，针布还易于充塞。  
而且化纤应在温度较低的环境下加工。表10提供了梳棉车间加工化纤及其混纺时的推荐环境条件。

含水量	温度	湿度
9 - 12 g/kg	22 - 28 °C	48 - 60 % rh

表 10 梳棉车间加工化纤的适宜环境条件

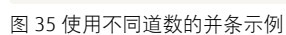
5.6. 精梳

目前，化学纤维通常无需精梳，因为没有需要精梳的理由。但是在混纺纱的生产中，精梳可显示其在生产高质量纱线和复杂的染色色泽方面的重要性。在精梳-混合工艺中，两种纤维在梳棉机和精梳机之间的并条机上进行混合。其余后续的工艺流程，比如精梳、并条（大多数时候只需要一道并条）、粗纱机和环锭细纱机，不加工单独的纤维成分，只加工混合纤维，确保纵向和横向达到最好的混合。同时，精梳机还可以清除过短的化学纤维，否则会显著降低纱线的品质。  
由于增加了精梳工序，加工成本自然就更高。但是这种加工方式的灵活度更高，比如：如果市场上混纺纱需求低，工厂就可以很轻松地切换为精梳棉纱的生产，而选择其他加工工艺的话，这是不可能办到的。

5.7. 并条

5.7.1. 并条机道数

纺纱厂所需的并条机道数不仅取决于加工的原料和所需的成纱质量，还取决于所采用的纺纱技术。图35中显示的是针对不同的原料和纺纱技术采用的道数。  
如果用环锭细纱机加工涤/棉混纺条子，共需要包括合并条机在内的3道并条，以达到最高的质量标准。如果是转杯纺纱技术纺制同样的原料，仅需2道并条。采用转杯纺纱时，喂入的条子已完全开松为单纤维，这就确保了纤维/纤维混合，因此并条机道数所需较少。



如果以合成原料条子与精梳棉条混合，对合成纤维附加一个预牵伸是比较有利的。通常在并条机混合的精梳棉条的纤维平行度高；而直接来自梳棉机的聚酯纤维的取向或多或少是随机的，在条子中略有交错。但是如果采用预并，那么喂入的两种原料条子中纤维排列相当，而且额外成本较低。

两种成分在纵向上较大的差别也造成了牵伸阻力上的差别。如果将这两种不同的条子同时喂入牵伸装置，会导致纤维的包块移动。这会产生条子和混合的不匀率，进而导致纱线的不匀率，细节和Classimat疵点更多。

环锭纺生产100 %合成纤维时，需要2道并条，在环锭细纱机的高牵伸系统前消除粗梳条子的前后弯钩。因此，就生产成本和成纱质量而言，在纺纱准备时使用2道并条是最佳解决方案，大多数情况下都采取这种方式。

纤维弯钩对转杯纺技术影响较小，因此在加工100 %合成纤维时，并条机的道数可根据所需的纱线质量进行调整。下面列出了多种可选方案，从第一个到最后一个，成纱质量逐步提高：

- 集成牵伸模块的梳棉机
- 梳棉机+自调匀整并条机
- 集成牵伸模块的梳棉机+自调匀整并条机
- 梳棉机+并条机+自调匀整并条机

受并条机道数影响最大的是喷气纺。为避免在喷气纺纱机的高速牵伸系统中出现问题，需要使用3道并条。

### 5.7.2. 基本设置

与加工棉相比，在并条机上加工混合原料几乎不会产生什么难题，只是在牵伸纯合成纤维时，需要一些调整和专业知识。

#### 5.7.2.1. 罗拉隔距设置

罗拉设置（牵伸罗拉对之间的隔距）必须根据原料的纤维长度进行调整。设置过窄会造成纤维损伤，而过宽，会增加浮游纤维的数量，导致条子的不匀率增加。

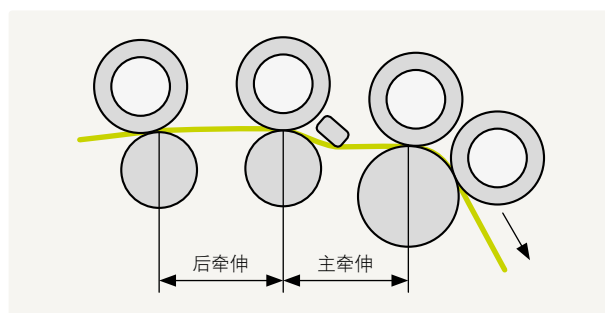


图 36 四上三下牵伸系统的罗拉设置

对于聚酯纤维和聚酰胺纤维，推荐采用下面的罗拉设置（图36）：

- 后牵伸区：纤维切断长度+20 %
- 主牵伸区：纤维切断长度+5 - 10 %。

如果是以下情况，最好采用更宽的设置：

- 加工低起毛起球纤维；
- 加工高强度纤维；
- 加工细纤维；
- 加工卷曲度较高的纤维；
- 加工上油差的纤维；
- 使用较低的后牵伸。

如果是丙烯酸纤维，主牵伸区设置过窄可能导致冷拉定型，造成最终产品收缩过大。如果加工的纤维长度超过40 mm，建议去掉牵伸装置中所有的纤维引导元件（如压力棒）。提供的例子是根据不同原料而采用的四上三下牵伸系统的罗拉设置，表11做出了举例。设置仅供初步参考，最佳设置需要通过实验来确定。有关五上三下牵伸系统中的标准纤维的通用设置（涉及起毛起球性、强力、卷曲等），见图37。

对于特殊的纤维类型，必须对设置进行调整。

原料	后牵伸罗拉设置 [mm]	主牵伸罗拉设置 [mm]
50 %精梳棉 50 %聚酯纤维 1.7 dtex / 40 mm	48	43
50 %普梳棉 50 %莫代尔 1.3 dtex / 38 mm	46	42
100 %粘胶1.3 dtex / 40 mm	48	44
100 %聚丙烯酸纤维 1.3 dtex / 40 mm 卷曲的	50	44
100 %聚酯纤维 1.9 dtex / 36 mm 卷曲的	50	43
100 %聚酯纤维缝纫线 1.3 dtex / 38 mm	50	44
100 %聚丙烯酸纤维 3.3 dtex / 60 mm 卷曲染色的	65	58

表 11 不同原料的罗拉设置举例（四上三下）

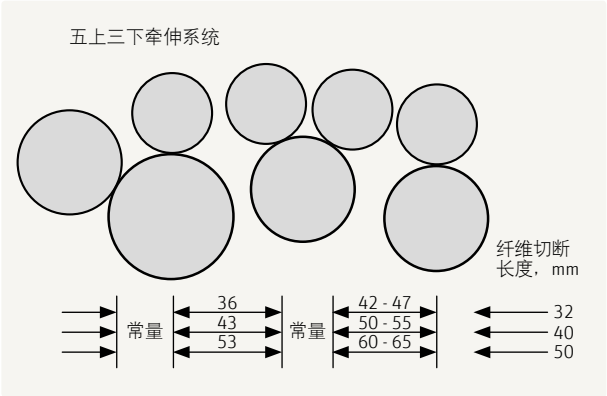


图 37 五上三下牵伸系统

5.7.2.2. 上罗拉压力

上罗拉压力的作用是确保纤维的夹持，从而取得最佳的牵伸。在旧版并条机上，罗拉负荷必须要设置得很高，远远高于加工棉花时的负荷。而现代的并条机已采用高压设置，适用于所有纤维，因此加工不同原料时，通常不需要改变压力。只有在出现高牵伸力时，才需要提高上罗拉压力。比如：对较重的条子或牵伸阻力大的纤维进行牵伸时。

图38和表12是立达并条机上罗拉的常规和上罗拉高设置示例。

如果是上罗拉压力设置的高，必须考虑到有效的夹持区增大，同时还必须将罗拉设置（第5.7.2.1.节）提高 1 - 2 mm。

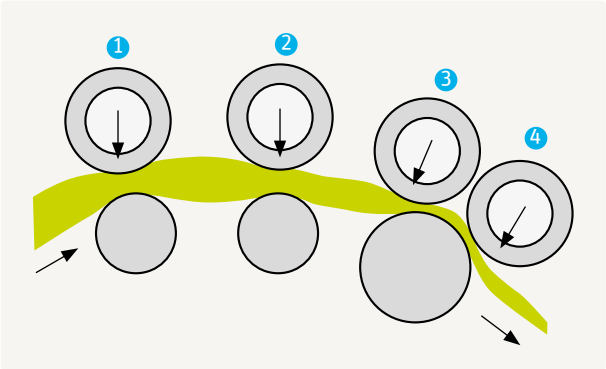


图 38 四上三下牵伸系统上的上罗拉压力

	罗拉1	罗拉2	罗拉3	罗拉4
常规设置	320 N	320 N	320 N	200 N
高牵伸力设置	440 N	440 N	320 N	200 N

表 12 四上三下牵伸系统上的上罗拉压力示例



5.7.2.3. 牵伸分配

并条机上总的牵伸分为2步进行：包括后牵伸和主牵伸（图36）。后牵伸的作用是赋予条子预张力并去除纤维的卷曲，为主牵伸准备好纤维。通常后牵伸倍数为1.28 - 1.7，具体取决于几个影响因素。一般而言，如果是以下情况，需要较高的后牵伸倍数：

- 旧版并条机；
- 较细的纤维；
- 较长的纤维；
- 不起毛起球的纤维；
- 高强度纤维。

不管是哪种情况，一定要避免出现粘滑运动（见“立达纺纱手册 – 第1册”）。由于后牵伸取决于原料，总的牵伸通常是通过系统设置的，主牵伸须以给定的总牵伸减去后牵伸来计算。但是，对于高质量的产品，主牵伸应限制为以下值：

- 棉/化学纤维混纺：3.8
- 粘胶：6.3
- 丙烯酸纤维（卷曲的）：5.2
- 聚酯纤维（卷曲的）：6.0
- 聚酯纤维（缝纫线）：3.7
- 聚丙烯纤维：6.1

不同原料及第一和第二道并条机的牵伸设置见表13。

5.7.2.4. 速度

并条机的最高速度取决于纤维原料，并受以下因素的限制：

- 皮辊绕花增加；
- 皮辊温度对于敏感的化学纤维来说过高；
- 机器停机次数增加，效率下降；
- 条子质量降低；
- 皮辊套使用寿命缩短。

一般来说，使用以下纤维时，最高速度较低：

- 细纤维；
- 低起毛起球纤维；
- 高强度纤维；
- 高卷曲度纤维；
- 上油质量差的纤维；
- 低熔点纤维。

图39显示了不同纤维原料的并条机标准和最高速度示例。建议不要将出条速度设置到最高，因为并条工艺对总的纺纱成本影响较小，而出条速度会影响条子质量。

原料	1. 并条机道数		2. 并条机道数	
	后牵伸倍数	总牵伸倍数	后牵伸倍数	总牵伸倍数
50 %精梳棉 50 %聚酯纤维 1.7 dtex / 40 mm	1.41	8	1.28	8
50 %普梳棉 50 %莫代尔 1.3 dtex / 38 mm	1.41	8	1.28	8
100 %粘胶 1.3 dtex / 40 mm	1.41	9	1.28	8.3
100 %聚丙烯酸纤维 1.3 dtex / 40 mm 卷曲的	1.7	6.8	1.28	6.7
100 %聚酯纤维 1.9dtex / 36 mm 卷曲的	1.41	8.4	1.28	8
100 %聚酯缝纫线 1.3 dtex / 38 mm	1.7	6.4	1.7	6.4
100 %聚丙烯酸纤维 3.3 dtex / 60 mm 卷曲染色的	1.7	6	1.41	8

表 13 不同原料的牵伸分配示例

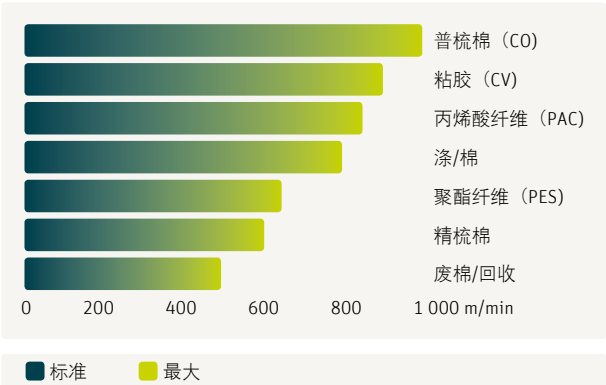


图 39 不同原料的并条机标准和最高出条速度

5.7.2.5. 纤网集聚

用输出罗拉输送纤维时，纤维束必须进行集聚，然后引导到压辊。这个过程要使用纤网漏斗和喇叭口（集聚器），部件的口径必须根据条子重量和纤维原料的蓬松度进行调整。

输出罗拉和压辊之间的牵伸张力也需要根据具体的纤维原料进行设置，以聚集纤网，将条子从喇叭口中拉过，确保良好的均匀度。以下是一般张力牵伸倍数推荐值：

- 棉：1.00 - 1.02
- 涤/棉：0.99 - 1.00
- 化学纤维：0.98 - 1.00

5.7.3. 问题

并条机的运行性能受以下因素影响：

- 纤维参数（如细度、卷曲、长度等）；
- 纺丝油剂；
- 空气中的含水量；
- 纤维接触到的机器部件的状况；
- 设置。

主要的问题（几乎都是在加工100 %化学纤维时引起的）包括：

- 机器部件上形成绕花；
- 纤维从毛绒和条子边缘分离，堵塞条子引导通道；
- 牵伸问题和牵伸干扰；
- 纤维和纺丝油剂的热损伤。

如果剩余的纤维卷曲度以及相应的纤维扩散能力太低，就可能形成绕花。另外，细纤维相比于粗纤维更易形成绕花。因此，在加工细纤维时必须经常降低出条速度。

机器部件（主要是牵伸锡林）上形成绕花的其他原因包括：

- 静电集聚（空气太干燥时）；
- 纺丝油剂沾污（纺丝油剂差或含水量过多）；
- 边缘纤维的分离。

但是，绕花经常是由于皮辊质量差或维护保养不到位所造成的。为避免形成绕花，建议注意以下事项：

- 皮辊套防静电处理；
- 肖氏硬度（75）- 83°（使用软的皮辊套更易形成绕花）；
- 避免损坏皮辊套；
- 定期清洗皮辊套。

涂层表面处理也非常有益，虽然上漆并不是特别有用。以酸处理或紫外线照射（Berkolising）对涂层进行平滑处理可以取得较好的效果。毛绒和条子边缘的纤维分离会形成绕花，堵塞引导通道，并造成纤维缠绕，最终导致条子断裂，条子的毛羽增加。以下情况尤其会造成这些问题：

- 纺丝油剂差（纤维粘附差）；
- 静电；
- 条子混合时喂入差。

在条子混合中，纤维分离可能性最低的条子应在外侧喂入，比如用精梳棉进行的混合时，棉条就不能在边缘喂入。

引导通道堵塞部分是由静电造成的，但是主要还是因为纺丝油剂堆积造成的。堆积的原因可能是纺丝油剂本身的问题，也可能是空气中的含水量过高造成的。只有通过定期清洗才能避免产生这一问题。

牵伸方面的问题与以下因素有关：

- 不合适的纺丝油剂（纤维间粘附过度）；
- 混合中棉纤维和化学纤维成分的纤维长度不匹配；
- 纤维卷曲度高；
- 牵伸设置过窄（主要是后牵伸间距）；
- 错误的后牵伸；
- 牵伸装置中纤维过多（使用低并合或较细的给料条子）。



热损伤是皮辊加热而造成的。速度为400 m/min时，皮辊温度就可达80℃。如果是正常流量的纤维通过牵伸装置时，不会出现纤维损伤，因为接触时间很短。但是，当并条机停止，纤维在受力状态下被加热时，就会造成损伤。比如：聚酯纤维在80℃时，结构会发生变化（聚烯烃纤维更早些），这主要会影响染色特性。即使将对条子的影响仅局限在1 - 2 cm的长度内，也会影响5 - 50 m的纱线。这种纱疵只有在染色后才比较明显。

受热不仅会影响纤维本身，也会影响纺丝油剂；只要温度达到50℃时，就可能出现这种问题。主要是粘度发生了变化，最后会严重影响到几个工艺参数，比如摩擦力。

5.7.4. 加工环境

原料	相对湿度%	温度		水/空气 g/kg
		Deg C	Deg F	
聚酯纤维	50 - 52	24 - 26	75 - 79	10 - 11
粘胶/聚酯纤维	48 - 54	24 - 26	75 - 79	10 - 12
涤/棉混纺	45 - 50	24 - 26	75 - 79	9 - 11

表 14 适合在并条机上加工化学纤维的环境条件

5.8. 粗纱生产

5.8.1. 基本设置

5.8.1.1. 罗拉隔距设置

和并条机上的罗拉隔距设置一样，粗纱机上的罗拉隔距设置也必须根据纤维长度来调整。隔距设置过窄会造成纤维损伤，而如果隔距过宽又会增加浮游纤维的数量，导致粗纱条干的不均匀度增加。后牵伸隔距是保证粗纱质量的一个重要参数。最佳的设置不仅考虑纤维长度的影响，还要考虑纤维原料的牵伸阻力。牵伸阻力越大，后区牵伸罗拉隔距的设置越高。

图40/表15为立达粗纱机的罗拉设置的示例，表中的值仅作初步设置参考，还需进一步优化。

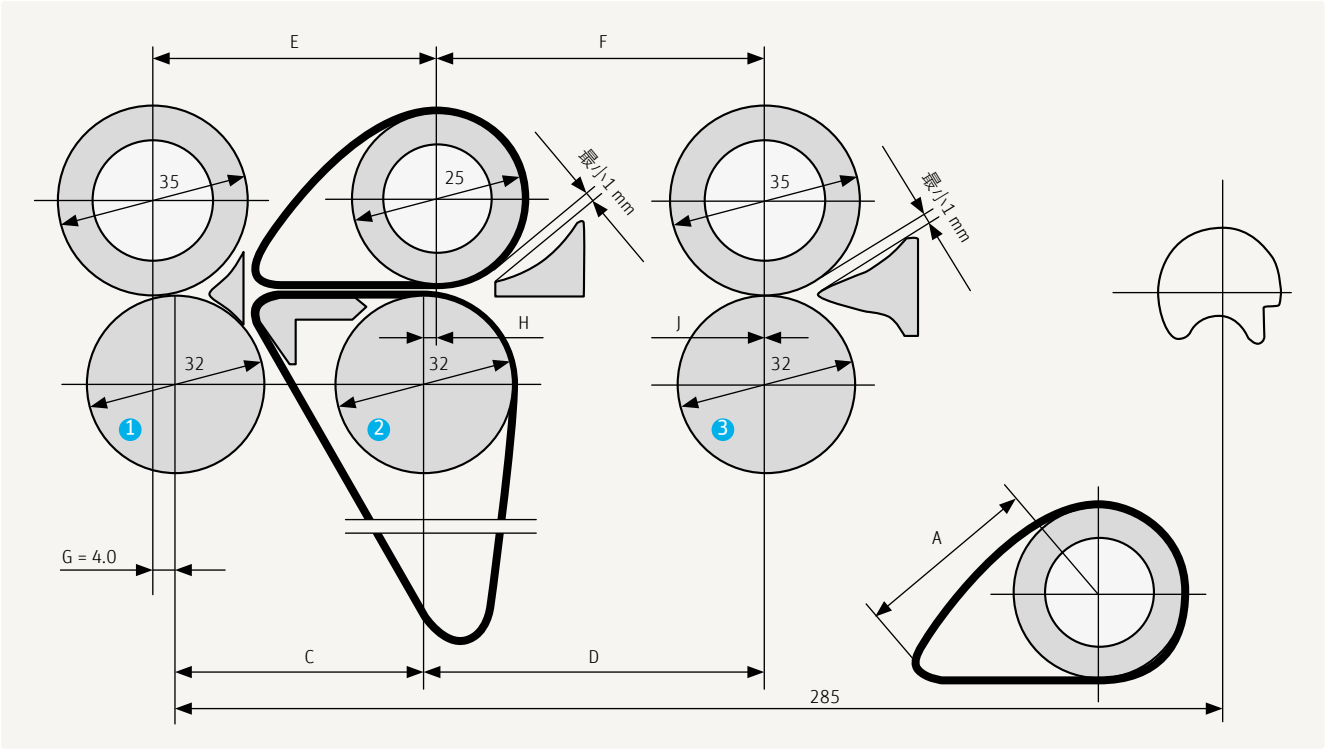


图 40 粗纱机牵伸系统的罗拉隔距设置

设置	1	2	3
原料	不大于40 mm的棉纤维、合成纤维及其混纺	不大于50 mm的棉纤维、合成纤维及其混纺	不大于60 mm的棉纤维、合成纤维及其混纺
A = 上肖长度	34.5 mm	45.0 mm	60.5 mm
B = 导杆	24.0 mm	33.0 mm	48.0 mm
C = 下罗拉主牵伸隔距	49.0 mm	69.0 mm	76.0 mm
D = 下罗拉后牵伸隔距	最小60.0 mm	最小60.0 mm	最小70.0 mm
E = 上罗拉主牵伸隔距	55.0 mm	66.0 mm	82.0 mm
F = 上罗拉后牵伸隔距	最小59.0 mm	最小59.0 mm	最小70.0 mm
G = 1 <sup>st</sup> 上罗拉前冲	4.0 mm	4.0 mm	4.0 mm
H = 2 <sup>nd</sup> 上罗拉后冲	2.0 mm	2.0 mm	2.0 mm
J = 3 <sup>rd</sup> 上罗拉后冲	0.0 mm	0.0 mm	0.0 mm

表 15 立达粗纱机上根据纤维长度确定的标准罗拉隔距设置示例

5.8.1.2. 牵伸分配

粗纱机上后牵伸的作用和影响因素与并条机上后牵伸的情况非常类似（第5.7.2.2.节）。最佳的设置取决于纤维原料，应该设置得足够高，使纤维上具备预张力并去除卷曲；也要足够低，以避免粘滑运动（见“立达纺纱手册-第1册”）。通常后牵伸的设置介于1.1 - 1.4。对于牵伸阻力大的纤维，必须降低后牵伸的设置，以避免喂入罗拉和中罗拉的振动，有时候甚至要低于1.1。

总牵伸必然取决于输出的定量，而该定量取决于所需纱线的支数。一般来讲，如果是加工合成纤维或混纺纱，粗纱机上的总牵伸设置应不低于7.5。表16是棉/化学纤维混纺时推荐的总牵伸设置。

推荐的总牵伸范围		
纤维类型	最佳牵伸倍数	可行的牵伸范围
棉/合成纤维及化学纤维混纺	7.5 至 12.5	7 至 13
100 % 合成纤维（聚酯纤维、粘胶、丙烯酸纤维和尼龙），长度不大于60 mm	8 至 14	7.5 至 17

表 16 总牵伸范围推荐值

5.8.1.3. 集合器

集合器（图41）引导纤维穿过牵伸系统，略压紧纤维束，以减少毛羽和飞花。集合器的开口根据喂入条子的定量来选择，但是加工蓬松度较高的化学纤维时，必须进行调整。

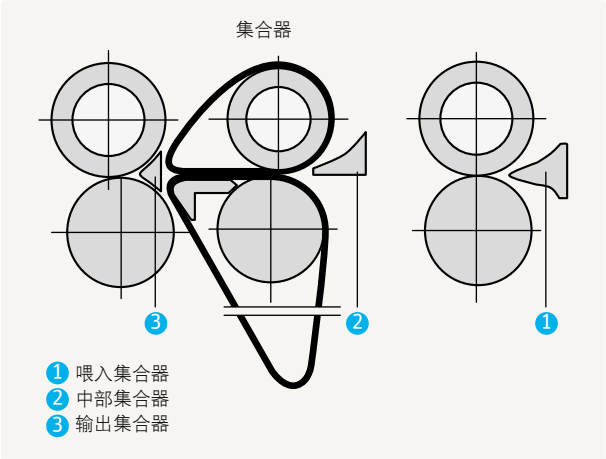


图 41 粗纱机牵伸系统中的集合器

5.8.1.4. 粗纱捻度

因为其纤维较长，纤维间摩擦较大，因此化学纤维粗纱的捻度必须低于棉纤维。捻度过高，环锭纺工艺中的牵伸会产生问题，而纤维之间的高粘附度所造成的含水量过高也会加剧这一问题。当然，还必须保持足够高的捻度，以避免粗纱和环锭纺工艺中出现意外牵伸。

一般，以下情况下必须保持较高的捻度：

- 较粗的纤维；
- 较短的纤维；
- 较轻的粗纱定量。

图42根据粗纱的定量和纤维的细度推荐的化学纤维粗纱的捻度。对于混纺纱，其捻度因根据混纺的比例设置在介于棉花的捻度和合成纤维的捻度之间。

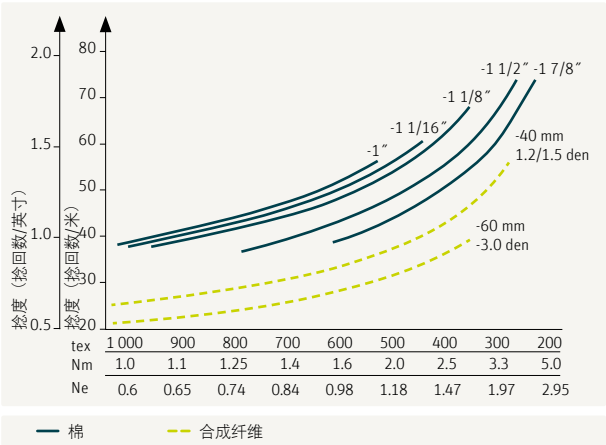


图 42 推荐的粗纱捻度

5.8.1.5. 锭翼速度

锭翼的速度是受到限制的，因为速度提高时离心力会增大，可能导致粗纱层成形不良。筒管直径越大，限制也越严格，锭翼的速度要按筒管尺寸成比例下降。最佳的翼锭速度必须通过试验来确定。

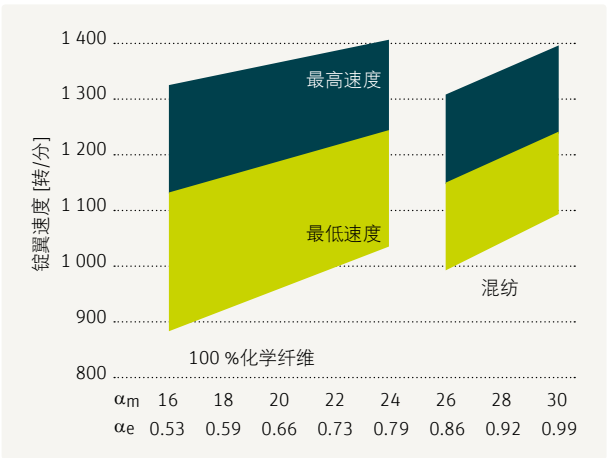


图 43 根据纤维原料和捻系数推荐的锭翼速度

5.8.2. 问题

问题仍然主要是纺丝油剂造成的。除了已经提到的外，上罗拉涂层和皮圈长期接触纺丝油剂会造成这些部件膨胀，并形成沉积物，在长时间不使用后尤其明显。另外，皮圈经常被纺丝油剂弄脏，造成这些部件粘滞。应定期清洗这些部件。

如果粗纱上出现太多粗节，甚至大肚纱，可能是以下原因造成的：

- 牵伸装置的出口过窄；
- 集合器设置过窄；
- 夹持线隔距过短；
- 皮辊载荷不足；
- 喂入条子过粗；
- 皮圈损坏。

5.8.3. 加工环境

温度	23 - 27 °C
相对湿度	48 - 56 %
含水量	9 - 12 g/kg

表 17 适合在粗纱机上加工化学纤维的环境条件

5.9. 环锭纺

5.9.1. 基本设置

5.9.1.1. 罗拉设置和上肖长度

与并条机和粗纱机上的罗拉设置一样，环锭细纱机上的罗拉设置必须根据纤维长度进行调整。正如在其他使用三上三下罗拉牵伸系统的工艺中所介绍的，有两个罗拉隔距必须进行调整：一个是后牵伸（图44中的B），其作用是对纤维的预张紧；另外一个为主牵伸（图44中的A），作用是将纤维原料牵伸至所需的纱线支数。

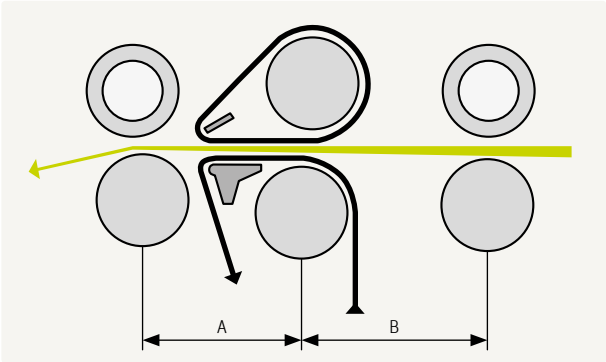


图 44 环锭细纱机的罗拉设置（A：主牵伸；B：后牵伸）

正如在粗纱生产设置的相关章节中（第5.8.1.1.节）提到的，后牵伸隔距的最佳设置不仅要考虑纤维长度，还要考虑纤维原料的牵伸阻力。牵伸阻力越大，后牵伸罗拉设置越高。

表18中是针对不同纤维原料的主牵伸和后牵伸设置推荐值。

纤维原料	后牵伸隔距	主牵伸隔距
混纺 < 40 mm	70 mm	42.5 mm
化学纤维 < 40 mm	70 mm	42.5 mm
化学纤维51 mm	70 mm	54 mm
化学纤维60 mm	80 mm	68 mm

表 18 后牵伸和主牵伸区隔距示例

针对加工不同长度的纤维所需的不同的主牵伸区隔距，可提供不同长度的上肖（图45）。表19提供了适用于不同纤维长度的上肖。

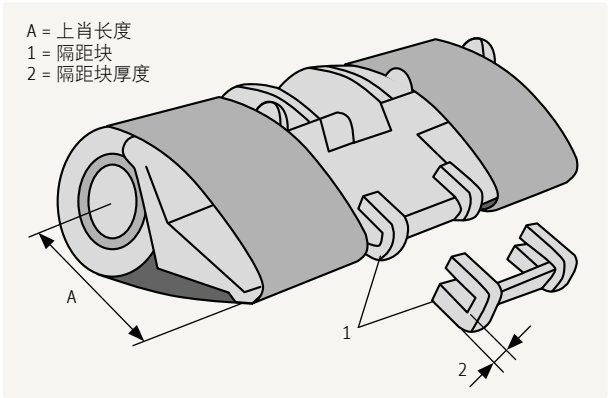


图 45 上肖长度和上肖隔距块

上肖长度	最大纤维长度
36 mm	32 - 40 mm
43 mm	40 - 51 mm
59 mm	50 - 60 mm

表 19 按纤维长度确定的上肖长度

如果出于经济考虑，必须纺制超过上肖规定长度的纤维（比如纤维长度超过40 mm，而上肖长度只有36 mm），可将中下罗拉向后推8 mm，以适应增加的纤维长度。然后要对中上罗拉及上肖和后罗拉作相应的调整。

隔距块厚度（图45）必须根据纤维原料的细度进行调整。在调整隔距块厚度时，要考虑蓬松度高的纤维，以避免过度控制纤维，造成纱线断头增加，细节和粗节增多。

5.9.1.2. 上罗拉压力和上罗拉套

若使用老式的牵伸装置，可能需要增加上罗拉的压力，前罗拉上的压力不应低于12 daN，甚至可高达15 daN。

一般，前上罗拉硬度越低，对纤维的控制和引导效果越好。但是，在加工化学纤维和混纺时，前上罗拉硬度越低，越有可能形成绕花，而且磨损很快。为避免这个问题，应该选择硬度高的上罗拉。另外，至少对前罗拉来说（见第5.7.3.节）是有利的。

加工化学纤维时，建议的上罗拉套肖氏硬度为：喂入罗拉65 - 75°，前罗拉75 - 85°。加工混纺时，应选择可确保优质的成纱质量且不易形成绕花的罗拉套。

5.9.1.3. 牵伸分配

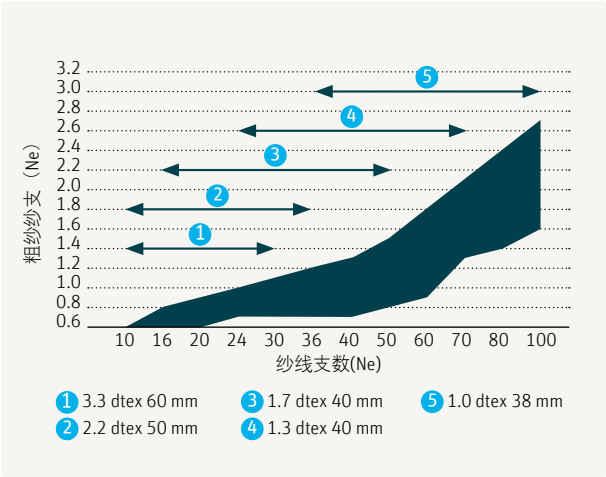


图 46 根据所需的纱线支数和纤维原料的粗纱支数推荐值

当然，环锭细纱机的牵伸系统总牵伸取决于粗纱和纱线支数之间的关系。为防止出现加工问题和成纱质量的下降，必须将总牵伸设置在实用的范围内（具体要根据使用的纤维原料的特性）。最后，粗纱定量必须一步步地调整，达到所需的纱线支数，以避免牵伸过程超出实用的范围。图46提供了取决于所需的纱线支数和使用的纤维原料的粗纱定量推荐值。

如果确定总牵伸在实用的牵伸限度内，应将其划分为后牵伸和主牵伸。

与总牵伸一样，必须将后牵伸设置在限度内。一方面，应该足够高，以达到粗纱预张的目的，保证主牵伸区最佳的牵伸工艺；另一方面，后牵伸又必须足够低，以防止出现粘滑运动（“立达纺纱手册·第1册”），也防止在长纺纱机上加工牵伸阻力大的纤维时驱动系统过载。一般规则是：

- 后牵伸较高的话，要缩短后牵伸隔距，以确保成纱质量；
- 后牵伸较低的话，要增加后牵伸隔距，这样就可降低对纤维长度、粗纱牵伸阻力和气候条件变化的敏感度。

在加工不同纤维和不同牵伸水平时的正常后牵伸示例见表20。

纤维	总牵伸	后牵伸
混纺	< 70	1.16 - 1.22
化学纤维 < 40 mm	< 60	1.16 - 1.20
莱赛尔 < 40 mm	< 60	1.10 - 1.14
粘性聚酯纤维 < 40 mm	< 60	1.09
化学纤维 < 50 mm	< 50	1.16 - 1.18
化学纤维 < 60 mm	< 45	1.16 - 1.18

表 20 适用于加工不同纤维和不同牵伸水平的正常后牵伸

主牵伸必须根据所需的纱线支数选择适当的后牵伸后进行设置。

5.9.1.4. 钢丝圈速度

钢丝圈的速度是环锭细纱机生产速度最主要的制约因素。与纺制棉纤维不同，纺制化学纤维或混纺时，必须降低钢丝圈最高速度。钢丝圈速度提高，会增加纤维热损伤的风险（第5.9.2.节）。因此，建议在生产化学纤维时将钢丝圈最高速度设置为28 - 30 m/s。而在加工低熔点的纤维（比如聚丙烯纤维）或低起毛起球的纤维类型时，钢丝圈最高速度要进一步降低到小于28 m/s。在纺制混纺纱时，基本上不会造成纤维热损伤。

另外，断头率增加会将钢丝圈最高速度限制在中高支纱范围内，因为低支纱的离心力大，而高支纱的纱线断裂强力小。图47中显示了纺制正常的合成纤维时，钢丝圈最高速度范围（根据纱线支数）。

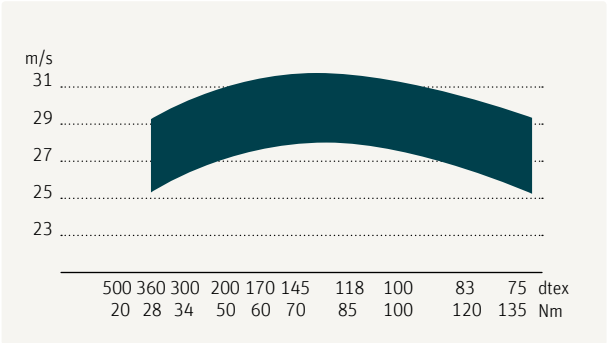


图 47 适用于合成纤维的钢丝圈最高速度范围

5.9.1.5. 钢丝圈形式

钢丝圈有很多参数（图48）， 必须根据以下因素进行选择：

- 法兰类型；
- 纤维原料；
- 纱支；
- 钢领直径；
- 钢领外形。

钢领和钢丝圈的制造商提供了相关的推荐， 帮助用户选择最适合各种应用的钢丝圈。

一般来讲， 应该使用弯曲度较大的钢丝圈， 因为合成纤维对摩擦比较敏感， 这样可避免纱线接触到钢领冠顶， 否则会造成纱线熔融。

钢丝圈另外一个重要参数是钢丝截面， 它会影响到成纱质量、 纺纱稳定性和钢丝圈的使用寿命。 针对各种具体的应用开发出来的不同形式的钢丝圈， 见图49。

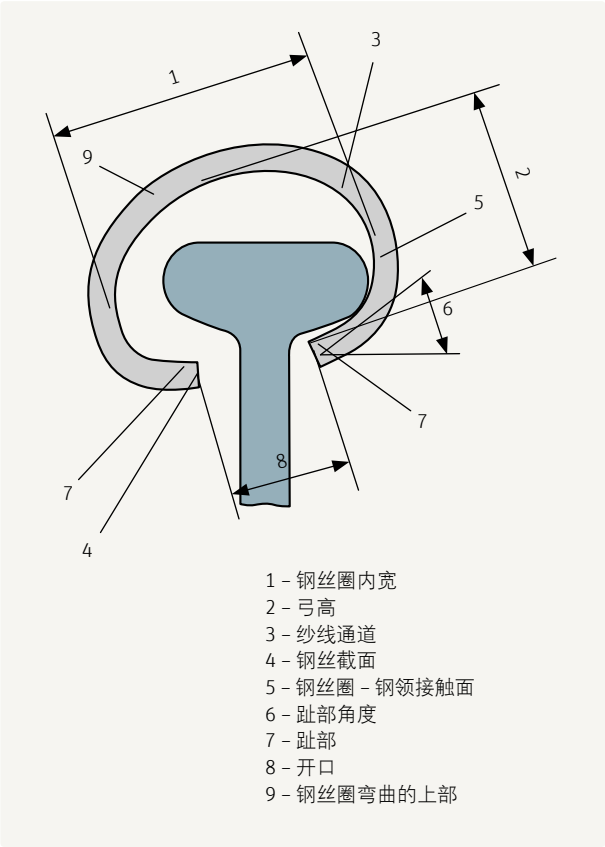


图 48 C形钢丝圈的参数

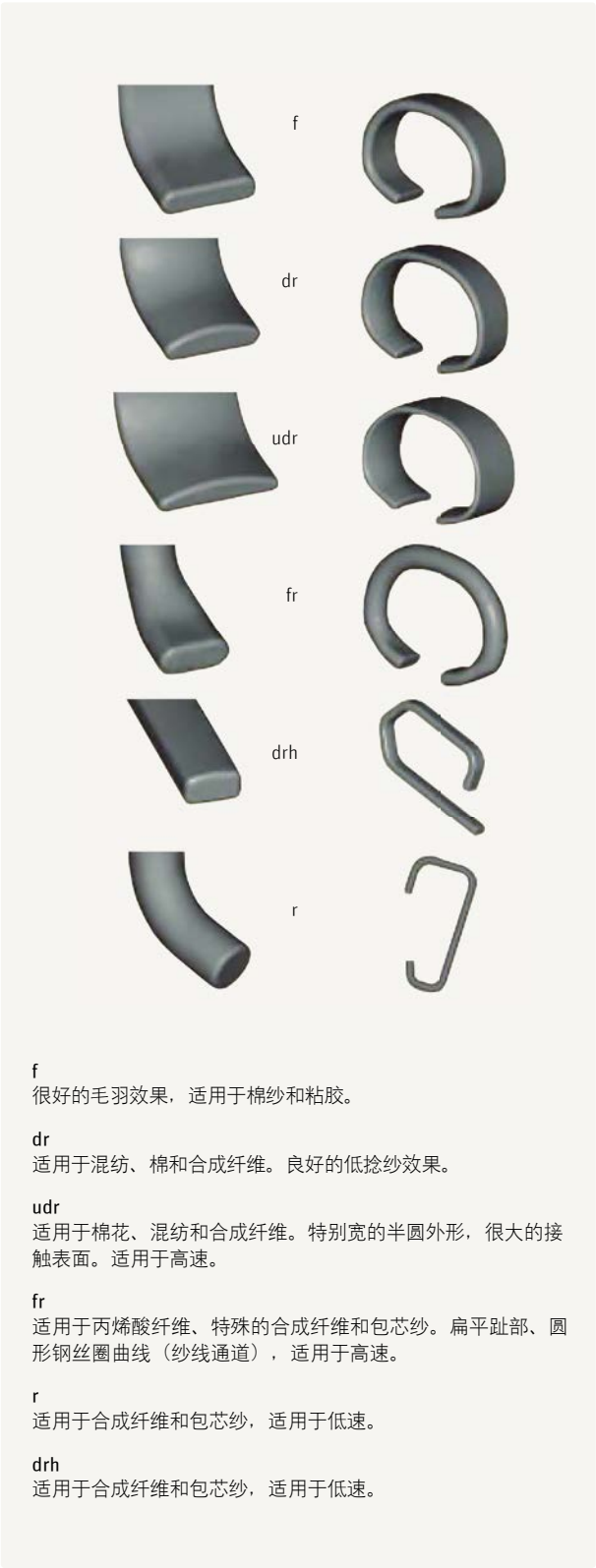


图 49 钢丝截面及推荐的应用

混纺原料	涤/棉								聚酯纤维/莫代尔	纯聚酯纤维
	普梳				精梳					
混纺比例 %	67/33		50/50		67/33		50/50		65/35	
聚酯纤维长度 (mm)	32	38/40	32	38/40	32	38/40	32	38/40		
横截面内最少纤维数	70	60	75	65	65	55	70	60	60	50 (-60)

图 21 化学纤维纺制各种纱线的纺纱极限

5.9.1.6. 纺纱极限和纱线捻度

环锭细纱机加工化学纤维和混纺纱时，纺纱极限一般在50 - 75根范围内（表21）。这个范围比棉纤维的低，这是因为化学纤维的粘性高、长度变化小。因为同样的原因， 纺制化学纤维的捻度可低于棉纱，而且化学纤维的临界捻度水平（最高拉伸负荷）也较低（图50）。适合混纺的最佳值在这些最大值之间，具体取决于原料的分布比例：化学纤维比例越高，越接近100 %化学纤维的值，反之亦然。

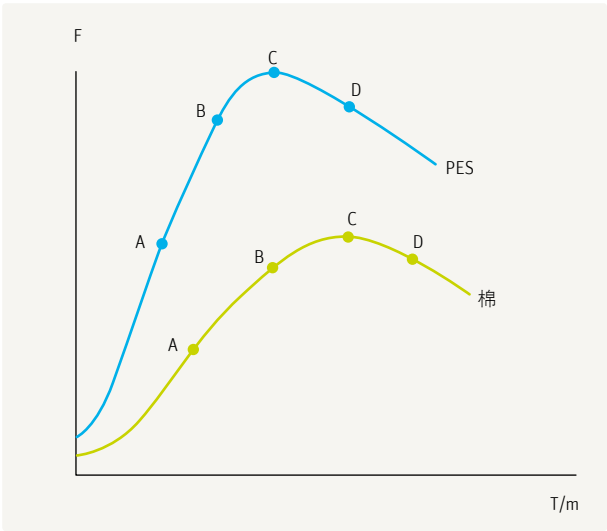


图 50 捻回数和纱线强力之间的关系；F，强力；T/m纱线中每米的捻回数；PES，聚酯纤维；CO，棉纤维

以聚酯纤维和混纺纺制的纱线，常用捻系数见图51。用这些原料纺制的针织纱的捻系数大约比这些值低10 %。丙烯酸纤维纱线的捻系数约比聚酯纤维纱线的高5 %。

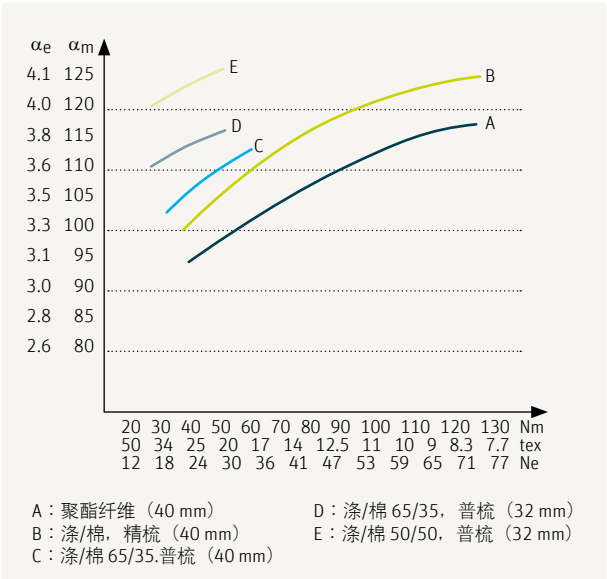


图 51 一般的捻系数



5.9.2. 问题

5.9.2.1. 一般性问题

环锭纺进行化学纤维加工产生的问题可能是由以下原因引起的：

- 纤维；
- 机器；
- 粗纱；
- 空调。

纤维方面的问题可能由以下原因造成：

- 纺丝油剂差（纤维间粘附高，易沾污）；
- 塑化点低（这是主要原因，会很快造成热损伤）。

机器方面应考虑的因素包括：

- 不正确的设置；
- 牵伸装置中不正确的上肖开口；
- 错误的后牵伸；
- 上罗拉压力过低；
- 粗纱引导运动抬升过高；
- 上罗拉和引导皮圈不正确或损坏；
- 吸风负压过低；
- 选择的钢领和钢丝圈不正确；
- 导纱钩、钢领和钢丝圈损坏，钢领、锭子和导纱钩中心定位不准确（这些都是对化学纤维加工非常重要的因素），速度过高。

有关粗纱的问题包括：

- 毛羽量过高；
- 不匀率过大；
- 捻度过高。

在空调系统中，含水量可能：

- 过低（会产生静电、绕花、毛羽）；
- 过高（会造成纺丝油剂沾污、纺纱元件粘滞、形成绕花）。

络筒机上还会出现另外一个问题。如果环锭细纱机上使用的塑料管不合适，在成形过程中纱线会产生静电，这样到络筒过程中会产生重复断头，无法进行退绕。这种情况主要发生在筒管的底部。

5.9.2.2. 纤维热损伤[10] [11] [12]

合成纤维加工中最大的问题是纤维易在气圈控制环上和钢领及钢丝圈中发生热损伤。在气圈控制环部位出现这个问题的原因是气圈过大，纱线被压在气圈控制环上，造成纤维与金属激烈摩擦。接触的时间较长，使纤维明显升温，从而引起纤维物质的变化，甚至发生熔融。导致的结果包括：

- 纱线强力降低；
- 纱线伸长率降低；
- 产生纤维颗粒；
- 断头和尘杂量增加，尤其是在后面的工序，如络纱中；
- 在导纱钩摩擦时形成大肚纱；
- 染色性能的变化。

这种形式的损伤并不会在整个纱线长度上出现，只会断断续续地出现，尤其是当纱线在气圈控制环上的接触压力较大时，也就是气圈变大时。较大的气圈出现在钢领板运动下半部（在直径最大的筒管上进行络纱时）和筒管络纱的第一阶段（直到筒管成形到一半）（图52）。因此，熔点很少在中等或小直径筒管的纱线长度上（分层络纱）、以及整个筒管上层的长度上看到。

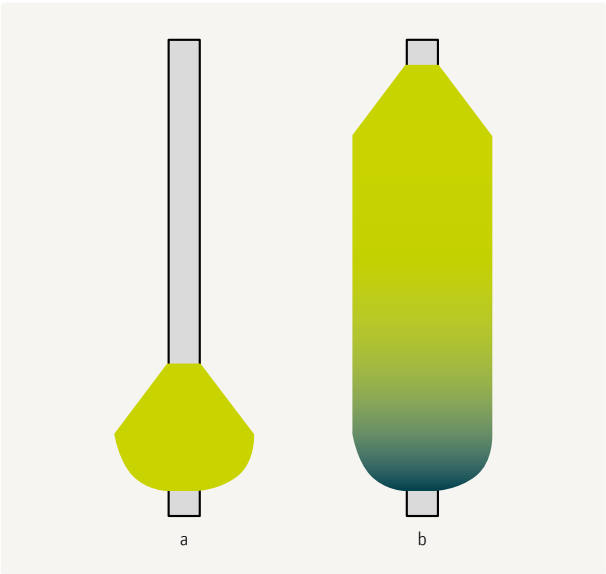


图 52 （a）分层络纱下部的熔点 （b）筒管下半部的熔点



造成的损伤是锭速的线性函数。除了降低速度外，只能通过使用较小的钢领和更短的提升动程来降低损伤程度。如果将钢领和提升动程都降到非常小，可无需使用气圈环。在这些条件下，即使以35 m/s的钢丝圈速度进行纺纱也不会出现熔点。采用较小的钢领进行纺纱可生产较细的纱线，可在环锭细纱机上使用一个自动落纱，在络筒机上使用一个捻接器。

在染色中可以很容易检测到这种热损伤，但是在纺纱中就很难发现。经常会出现一层细细的粉状的沉积物。

热损伤也会出现在钢领和钢丝圈区域，当纱线被压在钢领上，纤维会因摩擦而受热。张力较高时，纱线通常就在钢丝圈的这个低位，因为气圈会收窄或牵伸（见“立达纺纱手册—第1册”第8.5.3.节）。高张力只会在升程的上半部和钢领板运动的上半部进行落纱时（较小直径）（图53）出现。因此，这种损伤只出现在分层落纱的上半部，在整个纱管结构中也只出现在上半部。经常会发现钢领板上比较粗糙的碎片状沉积物，就是这种损伤。

加工合成纤维时通常需要弯曲较大（C形）钢丝圈，以避免这种损伤。这种钢丝圈有较大的空间让纱线通过。

### 5.9.3. 加工环境

实践证明，干燥空气中9.5 - 11.5 g/kg的水蒸气含量是有利的。当纺纱温度为23 - 27℃时，此含水量可确保45 - 55 %的相对湿度。但是，为防止发生静电，一般最好不要让相对湿度低于50 %。

## 5.10. 紧密纺

紧密纺是在环锭纺技术的基础上发展起来的，可进一步提高成纱质量，包括更高的纱线强度和更低的纱线毛羽（见“立达纺纱手册—第4册”）。紧密纺纱机中使用的并和和加捻插件与环锭细纱机的一样，因此这些部件的设置以及由它们引起的问题与环锭纺中是相同的，已经在第5.9.1和5.9.2节中作了介绍。在本节中将介绍集聚区的其他设置以及与特殊的紧密纱结构相关的问题。

### 5.10.1. 基本设置

#### 5.10.1.1. 集聚区

立达的紧密纺系统元件见图54。必须根据具体的纤维和所需纱线细度来选择合适的吸风单元和气流导向元件。

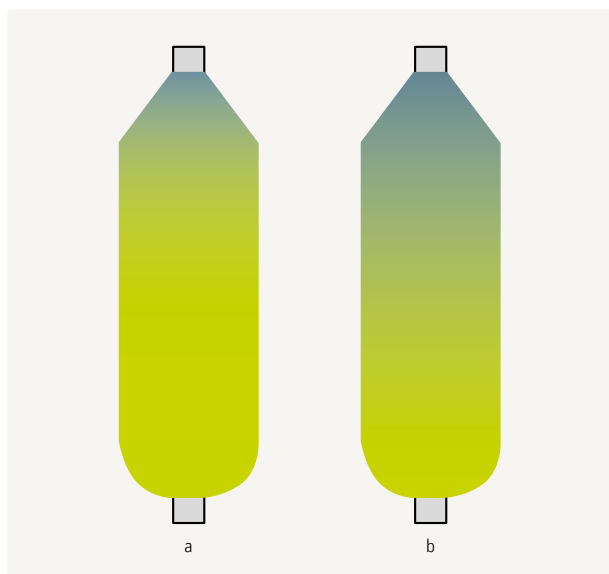


图 53 (a) 分层络纱上部的熔点 (b) 筒管上半部的熔点

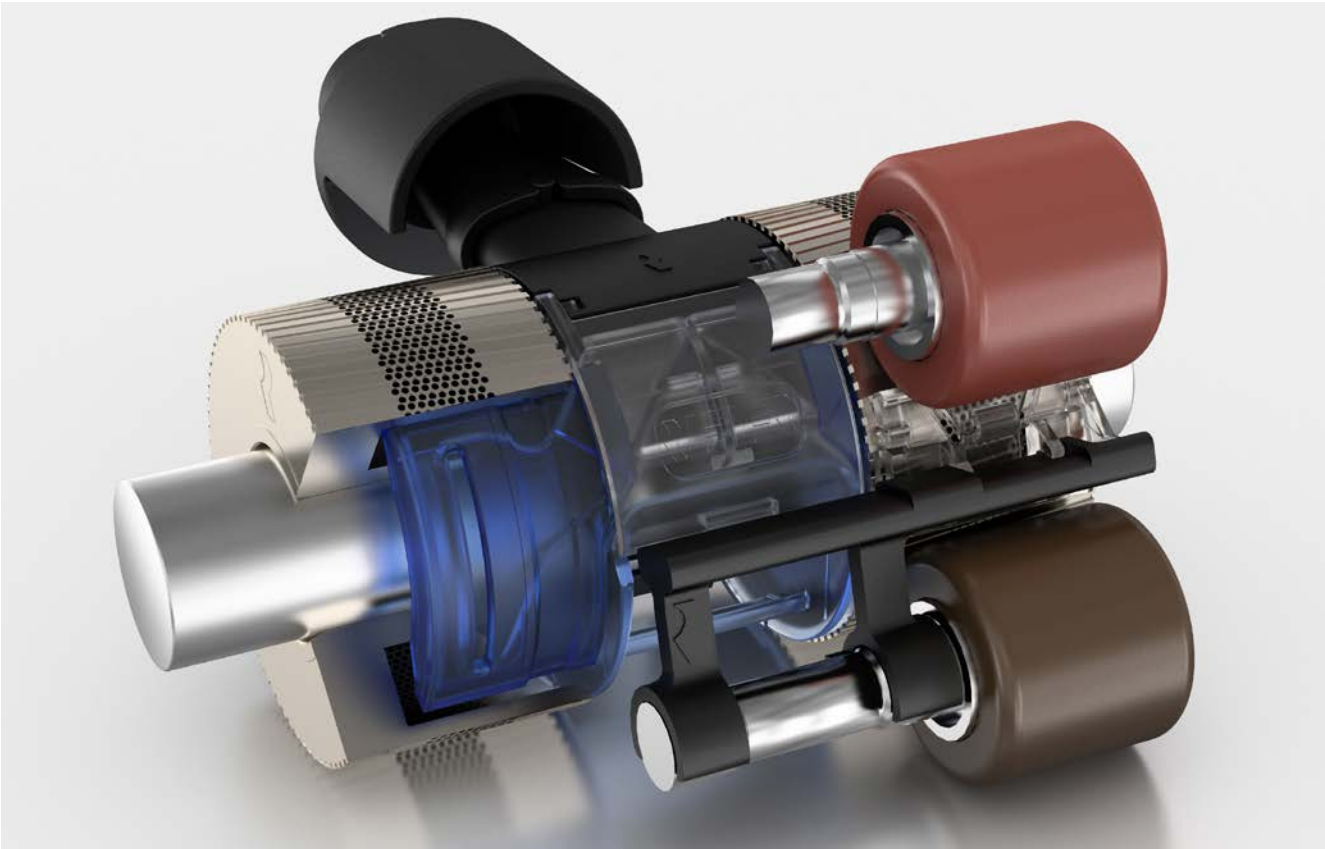


图 54 集聚装置

建议用于纺化学纤维和混纺纱的吸风单元是线性吸风单元（图55）

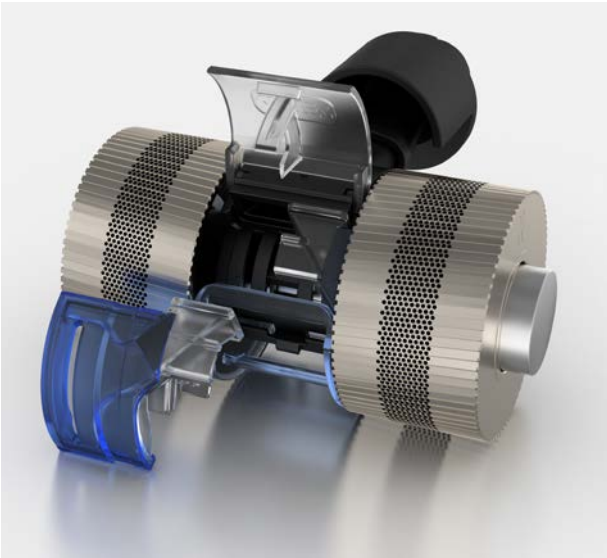


图 55 建议用于纺化学纤维和混纺纱的吸风单元是线性吸风单元

### 5.10.1.2. 钢领后处理

正如在“立达纺纱手册—第4册”中所述，钢丝圈可以利用纱线毛羽中脱落的纤维片段进行摩擦润滑。因为紧密纱的毛羽量低，因此钢丝圈的润滑不足。虽然可以通过选择适当的钢丝圈形式（见第5.10.1.3.节）来增加润滑，但是会增加钢领/钢丝圈系统的磨损。为此，强烈推荐使用带耐磨损处理的钢领（如布雷克公司出品的TITAN钢领）。

### 5.10.1.3. 钢丝圈形式

上一节已经讲过，毛羽量低的紧密纱会造成钢领/钢丝圈系统润滑不足。为尽量消除这种影响，应该选择纱线间隙小的钢丝圈，使得纱线毛羽更靠近钢领和钢丝圈之间的接触区域，利用脱落的纤维片段获得更多的润滑。因为润滑少，钢领和钢丝圈之间的摩擦较高，应使用较低的号数。

5.11. 转杯纺  
5.11.1. 纤维选择

受转杯纺技术的限制，选择适当的纤维在转杯纺工艺中起着重要的作用。需考虑两个纤维参数：

- 纤维细度；
- 纤维长度。

纤维细度决定于纱线横截面内的纤维根数，转杯纺的要求高于环锭纺。正如第4.1.1.3.节中介绍的，转杯纱通常需要至少100根纤维，对可纺纤维的最小细度有限制。根据纤维细度可纺制的纱线支数见表22。

纤维细度	纱线支数		
dtex	tex	Ne	Nm
1.7	20	30	50
1.3	16	38	64
1.1	13	45	77

表 22 纤维细度对转杯纱支数的限制

纺杯直径限制了纤维的长度。如果纤维长度对于给定的纺杯直径来说过长，可能会出现以下问题：

- 包缠纤维数量增加；
- 成纱稳定性降低；
- 成纱质量降低。

一般情况下，最大的纤维推荐长度可按以下公式计算：

最大纤维长度≤ 1.3 x 纺杯直径






5.11.2. 基本设置  
5.11.2.1. 分梳辊类型和速度

在加工化学纤维和混纺纱时，选择合适的分梳辊是非常重要的，可确保喂入纤维的良好分离，并尽量减少纤维损伤。对分梳工艺影响较大的参数包括：






- 针布类型；
- 分梳辊表面涂层；
- 分梳辊速度。

一般而言，参数选择越高，梳理强度越大，更易造成纤维损伤。因此，如果是比较敏感的化学纤维，分梳辊针布梳理强度应比棉较低。分梳辊表面涂层（金属针布或固定齿环）的作用是延长其使用寿命。最常见的涂层是嵌入镍基中的金刚石颗粒层（DN涂层）。为改善这个涂层的粗糙度，还要在上面涂一层镍。但是，在纺制非常敏感的纤维时，建议只使用镍涂层（N涂层），以防止损伤纤维。如果是后面一种情况，使用寿命就要短些。不同纤维类型的分梳辊类型和分梳辊涂层的推荐请见图56。

金属针布

形式/类型	形式										
	类型	OB 20 B		OB 20/4		OB 20		OS 21		OS 43	
材料/原料/类别	涂层	DN	*	DN		DN	*	DN	*	DN	
	棉	可行	可行	可行		可行	可行	可行	可行	可行	
	再生纤维	可行				可行		可行			
	粘胶	可行		可行		可行		可行			
	聚酯纤维/聚丙烯酸纤维							可行		可行	
	混纺 (如涤/棉)	可行	可行	可行		可行	可行	可行	可行	可行	

固定齿环

形式/类型	形式										
	类型	B 174		B 174 - 4.8		B 20		S 21		S 43	
材料/原料/类别	涂层	DN	N	DN	N	DN	N	DN		DN	
	棉	可行	可行	可行	可行	可行	可行	可行	可行		
	再生纤维	可行						可行			
	粘胶	可行		可行				可行			
	聚酯纤维/聚丙烯酸纤维							可行	可行	可行	
	混纺 (如涤/棉)	可行	可行	可行	可行	可行	可行	可行	可行	可行	

可行

推荐

D - 金刚石涂层  
DN - 金刚石-镍涂层

N - 镍涂层  
\* - 针布针齿后处理

图 56 立达分梳辊推荐

分梳辊的最佳速度必须通过纺纱试验来确定。分梳辊最高速度的限制因素包括纤维损伤和纤维与金属摩擦产生的熔融点。另外，如果遇到纤维分离不充分以及出现分梳辊绕花时，则需要限制最低速度。表23显示的是加工化学纤维时典型的分梳辊速度。

纤维原料	分梳辊速度 [转/min]
PES/CO	8 000 - 10 000
PES	7 000 - 9 000
PAC	7 000 - 9 000
PA	6 500 - 8 000
粘胶	8 000 - 9 000

表 23 分梳辊推荐速度

5.11.2.2. 纺杯类型和转速

纺杯对成纱质量、纺纱稳定性以及生产效率的影响较大。根据使用的原料和成纱质量要求，选择以下纺杯参数必须根据所：

- 纺杯槽类型；
- 纺杯涂层；
- 纺杯直径；
- 纺杯速度。

纤维被收集在纺杯凝聚槽内，进行加捻。凝聚槽的几何尺寸会影响成纱质量参数以及纺纱稳定性，因此应根据纤维原料和纱线应用进行选择。图57中是立达推荐的不同原料和应用的纺杯槽类型。

纺杯涂层的作用是利用耐磨损的材料延长纺杯的使用寿命。很多时候是用硼对纺杯槽进行处理，同时在整个转杯内采用镍基金刚石涂层（BD型），用于各种纤维原料，包括化学纤维。特别是在用粘胶纺纱时，纺杯用硼处理，同时采用镍涂层（B型），这样是比较有利的，因为这样转杯滑动面就可以非常光滑。图57中提供了推荐的纺杯涂层（根据使用的纤维材料和应用确定）。

纺杯直径取决于纤维的长度（见5.11.1.），但是也取决于纱线支数和纺杯速度。因为纱线支数的影响，纺制的纱线越粗，纺杯直径越大。至于纺杯速度，每个纺杯的直径都有对应的最佳速度范围。如果低于这个速度范围，会造成纺纱张力过低、纺纱状态不稳定；而如果超出这个速度范围，会造成张力过高、纱线断裂。适用于特定化学纤维的最高纺杯速度受到原料本身（比如聚酯纤维、粘胶等）、纤维质量和纺丝油剂（比如高效型、普通型等）的影响。一般，棉纤维混纺最高速度可以高于纯化学纤维的最高速度；而粘胶的最高速度大于聚酯纤维或聚丙烯酸纤维的速度。比如：纺制高质量粘胶的纺杯速度最高可达130 000 rpm [13]。最高速度必须通过纺纱试验来确定。必须记住：纺杯速度越高的纺杯直径越小，包缠纤维越多，成品织物的手感越粗糙。

类别/应用	形式					
	槽型	XG	XGM	XK	XK5	XT
	应用	1., 2.	1., 2.	1.	1., 2.	1., 2., 3.
涂层/原料	涂层	BD	BD	BD	B	BD
	棉					
	再生纤维					
	粘胶					
	聚酯纤维/聚丙烯酸纤维					
	混纺（如涤/棉）					
类别/应用	形式					
	槽型	XT5	XTC	XU	XV	XDS
	应用	1., 2.	1., 2., 3., 4.	1., 2., 3.	4.	1., 2.
涂层/原料	涂层	B	BD	BD	BD	BD
	棉					
	再生纤维					
	粘胶					
	聚酯纤维/聚丙烯酸纤维					
	混纺（如涤/棉）					
1. - 机织 2. - 针织 3. - 牛仔布		4. - 防止纤维滑移		B - 硼化钢 BD - 硼化金刚石涂层 ■ - 适用		

图 57 立达纺杯推荐



### 5.11.2.3. 活络通道

活络通道通常是根椐纺杯直径来选择的，但是在纺制化学纤维时，可使用带SPEEDpass快速通道的活络通道（图58）。利用SPEEDpass快速通道，可通过纺纱箱额外吸取额外的气流，可对排杂区域的纤维进行更好的控制，为纤维通道增加额外的气流，这在以恒定速度、拉伸状态下输送纤维时能明显看到[14]。

另外，从分梳辊上脱落的纤维整理剂颗粒可以由SPEEDpass快速通道吸走，因此可明显减少纤维整理剂沉积对纺杯造成的污染。

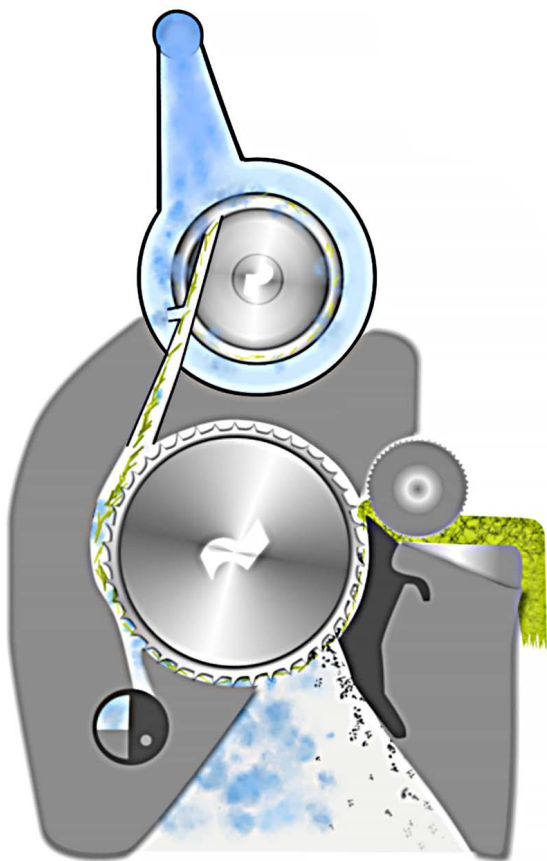


图 58 带SPEEDpass快速通道的立达纤维引导通道

### 5.11.2.4. 阻捻头

阻捻头对纱线的特性起着至关重要的作用。根据所需的纱线手感（毛羽量或光滑度）以及针织及机织中后道加工的要求，已经研发了众多针对各种具体应用的阻捻头。

图59根据具体的纤维原料和应用推荐了阻捻头。光滑的阻捻头一般能保证更好的纱线特性，纱线也更耐磨。阻捻头散热很好，但是通常假捻度低，断头率高。相反，带槽的阻捻头能以较低的捻度运行。因为其假捻度高，因此运行性能好，但是毛羽量会增加，也可能出现熔融点。实践证明4-6个槽的陶瓷阻捻头比较适合用于纺制对热不太敏感的混纺纱和混纺纤维。













图区	陶瓷形式						
	型号	KG	KG R	K3K	K4K	K4K R或RR	K8K
	备注	1.	-	1., 2.	1., 2.	2.	2.
		针织	机织	针织	机织	针织	机织
材料	棉						
	再生纤维						
	粘胶						
	聚酯纤维/聚丙烯酸纤维						
	混纺 (如涤/棉)						
图区	陶瓷形式						
	型号	K8K R或RR	KR8K	KR8K R或RR	KS	KS R或RR	KS-NX
	备注	2.	2.	2.	1.	-	-
		针织	机织	针织	机织	针织	机织
材料	棉						
	再生纤维						
	粘胶						
	聚酯纤维/聚丙烯酸纤维						
	混纺 (如涤/棉)						









图	陶瓷形式												
	型号	MIMA 1-4K		MIMA 2-4K		nano4		nano6		KSF		KSF-NX	
	备注	2.		2.		-		-		-		-	
		针织	机织	针织	机织	针织	机织	针织	机织	针织	机织	针织	机织
表	棉												
	再生纤维												
	粘胶												
	聚酯纤维/聚丙烯酸纤维												
	混纺（如涤/棉）												
<div><div></div> - 可行</div> <div><div></div> - 推荐</div> <div>1. - 牛仔布 2. - 机织加工时防止纤维滑移（经纱）</div> <div>3. - 也用于 <math>\varnothing \leq 30</math> mm 的纺杯</div>													

图 59 立达阻捻头推荐

5.11.2.5. 纺纱极限和纱线捻度

因为纤维利用率低，转杯纱的横截面内需要更多的纤维根量（纺纱极限：所有纤维原料都是100根）和高于环锭纱的捻系数。表24列出了根据不同应用所需的典型的捻系数范围。  
表24列出了根据不同应用所需的典型的捻系数范围。

针织用纱	$\alpha_e$	$\alpha_m$	$\alpha_{tex}$
PES	3 - 3.3	90 - 100	2 800 - 3 150
PAC	3.1 - 3.5	95 - 105	3 000 - 3 300
PA	3 - 3.3	90 - 100	2 800 - 3 150
CV	3.3 - 3.6	100 - 110	3 150 - 3 450
机织用纱	$\alpha_e$	$\alpha_m$	$\alpha_{tex}$
PES	3.3 - 3.8	100 - 115	3 150 - 3 600
PAC	3.3 - 4	100 - 120	3 150 - 3 800
PA	3.1 - 3.8	95 - 115	3 000 - 3 600
CV	3.3 - 3.6	100 - 110	3 150 - 3 450

表 24 适用于不同化学纤维和应用的转杯纱捻系数

混纺纱的捻度应根据混纺成分的比例设置在介于这些值和棉纱适用值的范围内。

5.11.3. 问题

转杯纺加工化学纤维时出现的问题可能是以下因素造成的：

- 纤维；
- 机器；
- 空调。

纤维方面的问题可能由以下原因造成：

- 油剂差（沾污分梳辊、阻捻头及纺杯槽）；
- 纤维原料熔点低（易因分梳辊、纺杯和阻捻头之间的高摩擦而造成热损伤）；
- 高摩擦系数（造成分梳辊上形成绕花）。

机器方面应考虑的因素包括：

- 不正确的设置；
- 因低罗拉速度分梳辊上出现绕花；
- 因分梳辊或纺杯速度过高而造成纤维热损伤；
- 设置不正确或分梳辊磨损；
- 选择的分梳辊、纺杯或阻捻头等纺纱部件不合适。

在空调系统中，含水量可能：

- 过低（会产生静电、绕花、毛羽）；
- 过高（造成纺纱油剂沾污、形成皮辊绕花）。

5.11.4. 加工环境

实践证明干燥空气中的9.5 - 11.5 g/kg水蒸气含量是有利的。当纺纱温度为23 - 27℃时，这个含水量可保证45 - 55 %的相对湿度。但是，为防止发生静电，一般最好不要让相对湿度低于50 %。

5.12.. 喷气纺

喷气纺通常是指使用气流对短纤维进行加捻的纺纱技术。历史上有很多不同的喷气纺技术，但是因为各种原因，只有两种获得了市场的认可：

- 双喷嘴喷气纺技术；
- 单喷嘴喷气纺技术。

单喷嘴喷气纺技术具有很大的潜力，优于原来的双喷嘴喷气纺技术，也将取代这种技术。

与现有的其他纺纱技术相比，因为其独特的纱线结构，喷气纱能为后道加工带来新的可能性，补充现有的纺纱工艺[15]。

因为上述原因，下面将只介绍单喷嘴喷气纺技术。

5.12.1. 对纤维和条子的要求

喷气纺技术对纤维和条子质量有特殊的要求。这种技术最重要的纤维参数包括：

- 纤维长度；
- 纤维细度。

纤维长度是至关重要，因为通常纤维越长，牵伸系统的输出罗拉与纺纱喷嘴之间的距离越大（纺锭间距，见第5.12.2.3.节）。这样往往会造成包缠纤维比例升高，且纱线强力提高。立达利用莱赛尔纤维进行了试验，但是结果显示，使用这种原料时，最佳纺锭间距只受到纱线支数的影响[16]。

特别是在纺制含棉的混纺纱时，更容易损失可纺纤维，因为喂入的条子中短纤维含量高。

喷气纺技术纺化学纤维时，纱线横截面内大约需要75根纤维。虽然这个数量低于转杯纺，但是高于环锭纺。因此纤维的细度受所纺的纱线支数的限制。

以下是喷气纺技术中重要的条子参数：

- 纤维伸直平行度；
- 条子支数。

由于喷气纺工艺要求喂入的纤维具有较高的平行度，因此建议在梳棉机后使用3道并条，以优化成纱质量。因为受纺织技术限制，喷气纺的牵伸系统总牵伸倍数大约180 - 220，条子的定量必须根据纱线支数进行调整。

5.12.2. 基本设置

5.12.2.1. 罗拉设置

喷气纺纱机上对喂入条子的牵伸是通过四上四下罗拉牵伸系统进行的。这些罗拉对之间的3个牵伸区分别称为前牵伸、中牵伸和主牵伸（见图60）。

与粗纱机或环锭细纱机的牵伸系统类似，牵伸隔距必须根据纤维长度和牵伸阻力进行设置。为避免纤维损伤，牵伸隔距应始终大于纤维最大长度。

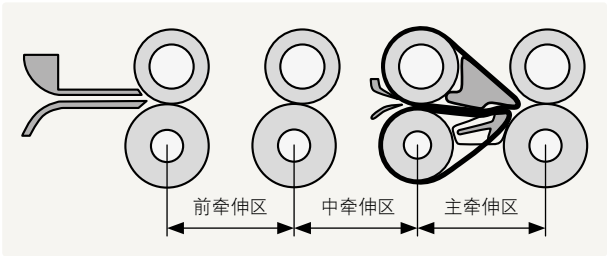


图 60 喷气纺纱机的四上四下罗拉牵伸系统

主牵伸罗拉的距离一般以上肖来固定，以确保主牵伸区的最佳纤维控制。这是非常重要的，由于输出罗拉转速高且此区域的纤维含量少会造成高牵伸比和高气流。预牵伸和中牵伸区隔距的最佳设置必须通过试验以及相应的牵伸分配来确定（第5.12.2.2节）。在表25中提供了根据莱赛尔纤维的纤维长度和纱支确定的罗拉设置示例。

5.12.2.2. 牵伸分配

总牵伸可根据条子和纱线支数计算。正如在第5.12.1节中介绍的，因纺纱技术限制总牵伸倍数在约180 - 220。总牵伸倍数较高，会降低成纱质量，运行性能也不能令人满意。

得益于主牵伸使用的皮圈以及由相关部件对纤维进行的良好控制，可以获得最高的牵伸比。但是，为取得最佳的效果，主牵伸不得低于30，且不得超过60。

设置好最佳的罗拉隔距后，预牵伸区、中牵伸区和主牵伸区牵伸比的正确设置必须通过纺纱试验来确定。

推荐的设置范围为：

- 预牵伸为 1.7 - 2.2；
- 中牵伸为 1.3 - 2.6。

根据纤维长度和纱支确定的牵伸分配示例见表25。

有效距离

纤维长度 [mm]	总牵伸	Ne	前牵伸区		中牵伸区		主牵伸区	
			牵伸倍数	隔距	牵伸倍数	隔距	牵伸倍数	隔距
36	124	18	1.76	45	2.3	43	31	49
	191	36			2.6		47	
	190	50			2.6		41	
38	124	18	1.76	49	2.3	46	31	48
	191	36			2.6		47	
	191	50			2.6		41	
42	124	18	1.76	50	2.3	47	31	52
	191	36			2.6		47	
	191	50			2.6		41	
44	124	18	1.76	50	2.3	47	31	52
	191	36			2.6		47	
	191	50			2.6		41	

表 25 根据不同纤维长度和纱支确定的罗拉设定和牵伸分配



图 61 纺锭（1 - 纺纱腔，2 - 纤维喂入部件，3 - 锭子）

5.12.2.3. 纺锭

纺锭由几个部件组成（见图61），可以根据不要的要求（比如纤维原料和纱线应用）进行改动：

- 纤维喂入部件（2）；
- 锭子（3）。

针对不同的纤维原料和纱线应用（如针织和针织），已经研制出各种形状的纺锭部件。正确选择这些部件对取得最佳成纱质量至关重要。相关的机器操作手册中提供了这些方面的推荐。

5.12.2.4. 纺锭间距

输出罗拉和锭尖之间距离（图64中的距离“A”）的正确设置对纱线结构以及纱线参数和纤维的浪费有非常重要的影响。最佳的设置取决于纤维长度和所纺纱线的支数。通常要设置为比平均纤维长度稍微短一些。另外，如果是高支的纱线，设置更短些。根据要处理的纤维原料，确定纺锭间距的典型范围见表26。

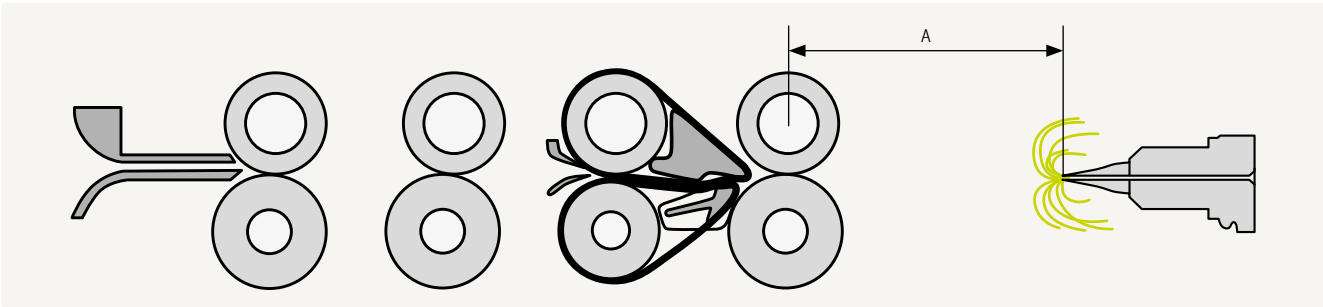


图 62 纺锭间距

纤维原料	纺锭间距
棉/化学纤维混纺	19.5 - 21 mm
100 %化学纤维	20 - 22 mm

表 26 根据纤维原料确定的典型的纺锭间距

5.12.2.5. 纺纱速度

喷气纺另外一个非常重要的参数是纺纱速度。和纺锭间距一样，它对纱线结构和纱线参数有很大的影响。最佳的纺纱速度取决于纤维原料、纱支和纱线应用。以下情况速度必须设置得低些：

- 纤维长度较短；
- 纱支较高；
- 纺机织用纱（相比于针织用纱）。

典型的纺纱速度设置见表27。

纱线支数	涤/棉 - 混纺		100 %化学纤维	
	机织	针织	机织	针织
Ne 20 - Ne 30	380 m/min	400 m/min	420 m/min	440 m/min
Ne 30 - Ne 40	360 m/min	380 m/min	400 m/min	420 m/min
Ne 40 - Ne 50	350 m/min	360 m/min	340 m/min	360 m/min
Ne 50 - Ne 60	-	-	300 m/min	320 m/min

表 27 根据纤维原料、纱支和纱线应用确定的典型的纺纱速度

5.12.2.6. 纺纱压力

与纺纱速度一样（见第5.12.2.5.节），纺纱压力对纱线结构和纱线参数也有影响。在一定的范围内，纺纱压力越高，纱线捻度越高。同样，纺纱压力必须根据纤维原料、纱支和纱线应用来设置，具体方式如下：

- 纤维长度短，则设置较高的纺纱压力；
- 纱支高，则设置较低的纺纱压力；
- 机织用纱，则设置较高的纺纱压力（相比针织用纱）。

5.12.3. 问题

喷气纺工艺加工化学纤维时出现的问题可能是由以下因素造成的：

- 纤维；
- 机器；
- 条子；
- 空调。

与纤维相关的问题可能是油剂沾污锭子而造成的，沾污后会造成纤维和锭子之间产生很大的摩擦，严重影响加捻。特别是在以100 %聚酯纤维纺纱时，这个问题经常发生。

机器方面应考虑的因素包括：

- 不正确的设置；
- 因为牵伸系统的牵伸分配不恰当，造成条干均匀度高及纺纱稳定性低；
- 因为上皮辊和导条皮圈的选配不当、磨损或损坏，造成条干均匀度高及纺纱稳定性低；
- 因为选用的纺锭部件不合适，造成强度低或毛羽高；
- 因为纺纱速度和纺纱压力不当，造成纱线强度低、毛羽高或纺纱稳定性低。

与条子相关的问题包括：

- 不匀率过大；
- 纤维伸直平行度低。

在空调系统中，含水量可能：

- 过低（造成静电、形成罗拉绕花）；
- 过高（造成纺纱油剂沾污、形成皮辊绕花）。

5.12.4. 加工环境

环境条件（温度和相对湿度）在喷气纺技术中很重要，任何不合适的条件都可能对纺纱稳定性和成纱质量造成严重影响。对于化学纤维，应保证纺纱厂条件达到以下要求：

- 相对湿度：48 - 56 %
- 温度：25 - 28℃
- 空气更换：至少每小时 25 - 28次，最好是每小时28 - 32 次。

5.13. 蒸纱和热定型[17]

5.13.1. 概述

蒸纱是以温度低于100℃的水蒸汽进行处理的方法，可降低单纱和股纱的捻度不稳定性。  
热定型是以温度高于100℃的蒸汽进行处理的方法，以降低用于卷装和经轴染色的短纤纱的收缩性。

5.13.2. 适用于后处理的纱线卷装

可能的话，蒸纱和热定型应在管纱上进行。在热处理过程中，纱管会受到纱线压缩力造成的径向压缩负荷。因此，最好使用专门制作的能经受定型过程的纱管。一次性纱管也可用于汽蒸，但是他们很容易变形，造成纱线从纱管上脱落。  
为尽量确保蒸汽均匀无阻地达到所有的管纱，不能将管纱按预先确定的形式进行排列，而应该在容器内随机分布。  
交叉卷绕卷装中的短纤单纱和股纱的汽蒸必须尽量在稳定、带孔的管上进行，以优化汽蒸的效果。如果用可支持有销载纱车（替代直接放入蒸纱锅）的卷装，还可进一步提高效率。  
良好的卷装成形和较大的落纱角度有助于确保蒸汽的均匀渗透，从而保证蒸纱的效果。

5.13.3. 蒸纱设备

对管纱和交叉卷装中纱线的汽蒸和热定型一定要在真空蒸纱装置中进行。外壳可加热的设备特别适合用于汽蒸处理。在操作中，自动压力和温度控制系统（可以用自动程序控制）比手动控制装置更为可靠，可有效地消除主要的温度差异。

5.13.4. 操作模式

在蒸纱和热定型期间一定要避免湿蒸。在处理含纤维素纤维的短纤混纺纱时（如聚酯纤维和棉、莫代尔或粘胶纤维混纺），如果在饱和点以下工作，多余的水可能造成纤维束纤维成分不同程度的膨胀，这样会导致成品上出现染色差异和条纹。  
为避免出现冷凝，为安全起见，最好在饱和点以上操作。同样出于安全考虑，蒸纱设备也是每次先进行排空，然后才能开始实际的处理操作。

5.13.5. 蒸纱和热定型的操作步骤

蒸纱和热定型的操作步骤如下：

- 放入材料；
- 抽真空；
- 第一次放入蒸汽；
- 抽真空；
- 第二次放入蒸汽；
- 抽真空；
- 第三次放入蒸汽；
- 抽真空；
- 放入空气，打开设备；
- 取出材料。

按上述操作步骤没有取得需要的效果，应该在前一次汽蒸时间的基础上增加一定的时间。任何情况下都不能提高温度，否则会存在这样的风险：不同汽蒸批次的纱线的染料亲和性程度可能会不同。应谨慎处理，确保每个操作步骤之间进行彻底的抽空（大约到0.6-0.8巴）。

5.13.6. 蒸纱

下面是推荐的有关单纱和股纱捻度稳定性的操作指南：

原料	温度	汽蒸各阶段的时间长度
100 % 聚酯纤维 涤/棉 PBS/莫代尔 PBS/粘胶 聚酯纤维/ 羊毛	70℃ (最高80℃)	第1和第2阶段分别2分钟,  第3阶段皮圈成形15 - 20分钟, 卷装20 - 30分钟。

表 28 蒸纱操作指南推荐

如果是纯的聚酯纤维纱线（染色的纤维束、精梳条子或股纱），不论在任何情况下延长在蒸汽中的时间，都不会造成捻度不稳定性降低。遇到这些情况时，必须提高处理温度。但是，无论在任何情况下，应提前进行试验，确定染色能否经受这种变化。

5.13.7. 热定型

这个工序可以降低以PES-B生产的（未固型的）单纱和股纱的收缩性。  
根据要采用的染色工艺（高温染色，一般水温为125℃；或载体染色，通常是在沸点），纱线的收缩率应设置成比实际处理时高4 %。

原料	温度	汽蒸各阶段的时间长度
管纱含100 %聚酯纤维短纤纱 涤/棉 聚酯纤维/莫代尔 聚酯纤维/粘胶	最高115℃	第1阶段22分钟  第3阶段至少15分钟

表 29 热定型操作指南推荐

与所有80℃以上的处理工艺一样，恒定的温度在热定型过程中特别重要。同时还应注意在定型工艺的每个操作阶段之间，要确保进行彻底的抽空，排出原料中的空气（表 29）。





## 参考文献

- [1] Melliand International, August 2012.
- [2] The Fibre Year Consulting, „The Fibre Year 2011,“ 2011.
- [3] B. v. Falkai, Synthesefasern: Grundlagen, Technologie, Verarbeitung, Weinheim Deerfield Beach (Florida): Chemie, 1981.
- [4] E. H., in 4<sup>th</sup> OE Kolloquium, Reutlingen, Germany.
- [5] Rieter (Coelho I., Schwippl H., Souza S.), „Processing of Polyester Fibres – Processing characteristics of Alya polyester fibres from M&G on Rieter spinning machines“.
- [6] K. S., Melliand Textilberichte, p. 219, 1986.
- [7] K. S., „Staple Fibres – Basic Concepts“.
- [8] W. Albrecht, Chemiefasern, p. 876, 1971.
- [9] Rieter (Dr. Rakshit A., Schwippl H.), „Processing of Micro Polyester Fibres – Processing characteristics of Recron micro polyester fibres on Rieter’s ring and compact spinning systems“.
- [10] R. H., Melliand Textilberichte, p. 752, 1974.
- [11] R. H. Egbers G., Melliand Textilberichte, p. 561, 1973.
- [12] H. W. J. W. a. M. J. Ehrler P., Textil-Praxis, p. 369, 1979.
- [13] Rieter (Leitner H., Schwippl H., Truong J.), „Processing of Viscose Fibres – Processing characteristics of viscose fibres from South Pacific Viscose (SPV) on Rieter rotor spinning machines“.
- [14] Rieter (Krueger P., Leitner H., Schwippl H.), „Processing of TENCEL microfibrils – Processing characteristics of TENCEL LF microfibrils on Rieter high performance spinning machinery“.
- [15] „Rieter (Baldischwieler O., Leitner H., Schwippl H.),“ Processing characteristics of TENCEL LF/cotton blends on Rieter’s 4 end spinning systems.
- [16] Rieter (Leitner H., Schwippl H.), „Processing TENCEL fibres – Processing of various cut staples at different delivery speeds on the Rieter air-jet spinning machine using TENCEL fibres“.
- [17] Akzo, „Technische Information Diolen“.

• • • • •

[illegible]

## 图表目录

图1	2011年全球纤维产量[1]	11	表3	与水相关的性能	27
图2	全球人口和纤维消耗量[2]	11	表4	化学纤维, 聚酯纤维 (PES)、粘胶 (CV)、粘胶-莫代尔纤维 (modal) 和聚丙烯酸纤维 (PAC) 的一些特性	29
图3	多年来全球纤维产量[2]	11	表5	典型的纤维基本特性	30
图4	化学纤维的分类[3]	13	图25	两种原料边界上带电层的产生	32
图5	2011年全球生产的化学纤维比例分布[1]	14	表6	适合加工化学纤维的环境条件	33
表1	分类和定义 (依据ISO标准)	14	图26	参照最终产品的特性确定最佳混合比例 (1 = 外观; 2 = 织物手感; 3 = 折痕回复性 (干态); 4 = 折痕回复性 (湿态); 5 = 褶裥保持性; 6 = 耐热性; 7 = 耐收缩性; 8 = 撕裂强力; 9 = 耐磨性)	35
图6	2009年短纤纺纱使用的各种纤维构成比例[2]	14	图27	涤棉纤维束混合和条子混合典型工序	35
图7	熔体纺纱	15	图28	称重给棉机 (Temafa)	36
图8	干法纺丝	16	图29	立达精细混棉机A 81 UNIBlend	36
图9	湿法纺丝	16	图30	100 %化纤典型开清流程	37
图10	牵伸工序	16	图31	涤/棉混纺典型开清流程	38
图11	聚酯短纤维的生产流程	18	表7	开清工艺中加工化纤的适宜环境条件	39
图12	聚丙烯腈短纤维的生产流程	18	表8	立达梳棉机C 70针布型号和转速推荐	40
图13	粘胶短纤的生产流程	19	图32	立达梳棉机C 70可调刺辊除尘刀 (左: 加工化纤时开口最小, 右: 加工棉纤维时开口更大)	40
图14	纤维细度对纱线特征的影响	21	图33	立达梳棉机C 70棉网清洁器开口大小可调 (左: 开口最小, 右: 开口最大)	41
图15	短纤长度曲线图: (a) 三角形; (b) 矩形; (c) 梯形	22	图34	梳棉机隔距设置图	42
图16	化学纤维横截面类型	23	表9	适用于化纤的梳理隔距推荐值	42
图17	未卷曲 (a) 和卷曲 (b) 纤维的拉伸力	23	表10	梳棉车间加工化纤的适宜环境条件	43
图18	牵伸力与卷曲强度	24	图35	使用不同道数的并条示例	44
图19	卷曲度和卷曲稳定性	24	图36	四上三下牵伸系统的罗拉设置	45
图20	卷曲度随着工艺步骤进行的变化	24	表11	不同原料的罗拉设置举例	46
表2	消光度	24			
图21	强力/伸长图; a) 高强度; b) 一般强度; c) 低强度 (高伸长率)	25			
图22	棉纤维 (1) / 聚酯纤维 (2, 分别与最高、高和低模量聚酯纤维进行混纺) A: 强力 B: 伸长率	25			
图23	横向强力的影响: a 耐久性, b 抗起毛球性	26			
图24	收缩特征的影响 (低/高) (a) 匹染特性、染色牢度、织造效率、织物外观; (b) 卷曲性、纤维在针织物中的横向运动、起毛起球性、纱线染色性能	26			

图37 五上三下牵伸系统	46	图51 一般的捻系数	55
图38 四上三下牵伸系统上的上罗拉压力	46	图52 (a) 分层络纱下部的熔点 (b) 筒管下半部的熔点	56
表12 四上三下牵伸系统上的上罗拉压力示例	46	图53 (a) 分层络纱上部的熔点 (b) 筒管上半部的熔点	57
表13 不同原料的牵伸分配示例	47	图54 集聚装置	58
图39 不同原料的并条机标准和最高出条速度	48	图55 纺化学纤维和混纺纱的吸风单元推荐	58
表14 适合在并条机上加工化学纤维的环境条件	49	表22 纤维细度对转杯纱支数的限制	59
图40 粗纱机牵伸系统的罗拉隔距设置	49	图56 立达分梳辊推荐	60
表15 立达粗纱机上根据纤维长度确定的标准罗拉隔距设置示例	50	表23 分梳辊推荐速度	61
表16 总牵伸范围推荐值	50	图57 立达纺杯推荐	62
图41 粗纱机牵伸系统中的集合器	50	图58 带SPEEDpass快速通道的立达纤维引导通道	63
图42 推荐的粗纱捻度	51	图59 立达阻捻头推荐	65
图43 根据纤维原料和捻系数推荐的锭翼速度	51	表24 适用于不同化学纤维和应用的转杯纱捻系数	65
表17 适合在粗纱机上加工化学纤维的环境条件	51	图60 喷气纺纱机的四上四下罗拉牵伸系统	67
图44 环锭细纱机的罗拉设置 (A：主牵伸；B：后牵伸)	52	表25 根据不同纤维长度和纱支确定的罗拉设定和牵伸分配	67
表18 后牵伸和主牵伸区隔距示例	52	图61 纺锭 (1 - 纺纱腔, 2 - 纤维喂入部件, 3 - 锭子)	68
图45 上肖长度和上肖隔距块	52	图62 纺锭间距	68
表19 按纤维长度确定的上肖长度	52	表26 根据纤维原料确定的典型的纺锭间距	69
图46 根据所需的纱线支数和纤维原料的粗纱支数推荐值	53	表27 根据纤维原料、纱支和纱线应用确定的典型的纺纱速度	69
表20 适用于加工不同纤维和不同牵伸水平的正常后牵伸	53	表28 蒸纱操作指南推荐	71
图47 适用于合成纤维的钢丝圈最高速度范围	53	表29 热定型操作指南推荐	71
图48 C形钢丝圈参数	54		
图49 钢丝截面及推荐的应用	54		
表21 化学纤维纺制各种纱线的纺纱极限	55		
图50 捻回数 and 纱线强力之间的关系；F，强力；T/m，纱线中每米的捻回数；PES，聚酯纤维；CO，棉纤维	55		

• • • • • • • • • • • • • •  
• • • • • • • • • • • • • • • • • •  
• • • • • • • • • • • • • • • • • •

# 立达纺纱手册

## 第7册 – 化学纤维

本系列丛书的最后一册论述化学纤维这个重要领域。从化学纤维商业应用的开始直至现在，其市场份额的增长速度令人印象深刻。具有不同性能的化学纤维品种正在不断增加。在如今的许多应用中，纤维实际上已可以做到“量身定做”。因而，纺纱生产者详细地了解这些纤维的性能及影响其加工的具体特性是非常重要的。

**Rieter Machine Works Ltd.**  
Klosterstrasse 20  
CH-8406 Winterthur  
T +41 52 208 7171  
F +41 52 208 8320  
machines@rieter.com  
aftersales@rieter.com

**Rieter India Private Ltd.**  
Gat No. 768/2, Village Wing  
Shindewadi-Bhor Road  
Taluka Khandala, District Satara  
IN-Maharashtra 412 801  
T +91 2169 304 141  
F +91 2169 304 226

**立达（中国）纺织仪器  
有限公司上海分公司**  
中国上海市天山西路1068号  
联强国际广场A幢6楼B-1单元  
邮编：200335  
电话：+86 21 6037 3333  
传真：+86 21 6037 3399

本资料中的图片及参数及与之相关的参数资料为即期发行物。立达保留根据需要随时对有关参数进行修改并恕不另行通知的权利。立达系统和立达创新产品均受到专利保护。

2451-v2 zh 1611

[www.rieter.com](http://www.rieter.com)

ISBN 10 3-9523173-7-3

ISBN 13 978-3-9523173-7-2



9 783952 317372