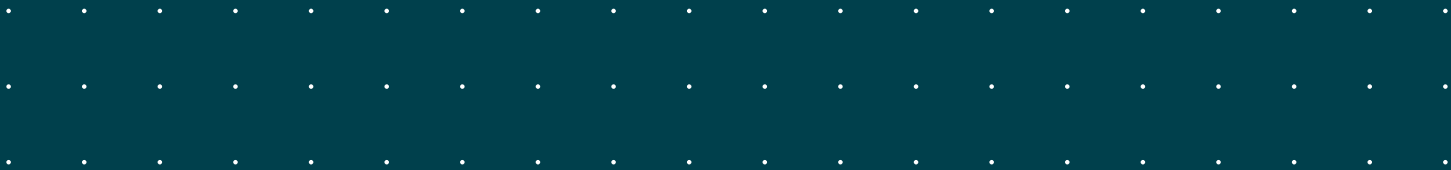


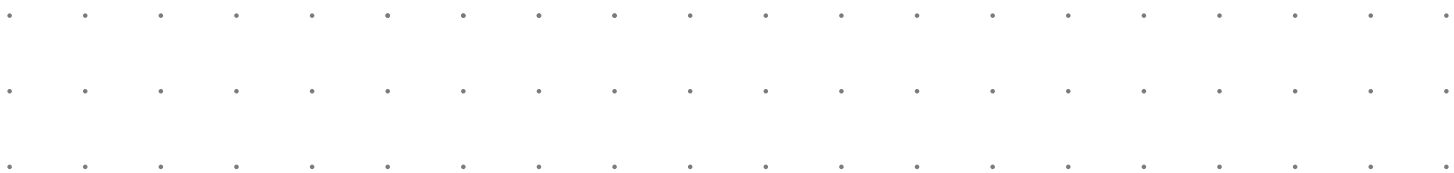


立达纺纱手册

第1册－短纤维纺纱技术

Werner Klein





出版

Rieter Machine Works Ltd.

版权所有

©2016 by Rieter Machine Works Ltd.,
Klosterstrasse 20, CH-8406 Wintherthur,
www.rieter.com

本著作的部分内容由The Textile Institute提供，并获授权使用。

封面页

棉花

现有卷册/版本

第1册－短纤维纺纱技术

ISBN 10 3-9523173-1-4 / ISBN 13 978-3-9523173-1-0

第2册－开清和梳棉

ISBN 10 3-9523173-2-2 / ISBN 13 978-3-9523173-2-7

第3册－纺纱准备

ISBN 10 3-9523173-3-0 / ISBN 13 978-3-9523173-3-4

第4册－环锭纺纱

ISBN 10 3-9523173-4-9 / ISBN 13 978-3-9523173-4-1

第5册－转杯纺纱

ISBN 10 3-9523173-5-7 / ISBN 13 978-3-9523173-5-8

第6册－其它纺纱系统

ISBN 10 3-9523173-6-5 / ISBN 13 978-3-9523173-6-5

第7册－化学纤维

ISBN 10 3-9523173-7-3 / ISBN 13 978-3-9523173-7-2

合集－所有卷册（第1册至第7册）

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

立达纺纱手册

第1册－短纤维纺纱技术

Werner Klein



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

在最近几十年间，纺纱技术不仅在纱线质量方面，而且在经济效益方面，都取得了巨大进步。例如，现在新的纺纱厂所达到的生产率水平，在20世纪80年代是令人难以置信的。

新型纺纱工艺，特别是紧密纺的采用，开创了环锭纱应用的新领域。考虑到工艺上的创新，诸如纱线强力、毛羽和伸长率等质量指标也已采用了新标准。

由于其重要的技术进步，转杯纺在纺纱系统中的地位得到进一步巩固。例如，过去常常令人烦恼的纱线接头，已在外观和强力一致性方面得到极大改善。因此，转杯纺现在终于不再局限于只是生产低质量纱线。像喷气纺这样的新型纺纱方法，也已表现出重要性和良好的发展势头，其进一步的完善值得期待。《立达纺纱手册》介绍了现代纺纱的最新技术，旨在为读者提供目前纺纱工艺和技术的概况。

本系列丛书的主要作者，Werner Klein，曾是瑞士纺织学院的高级讲师，也是曼彻斯特纺织学会出版的原《纺织技术手册》的作者。其他作者都是纺织行业的专家，拥有各自研究领域内的多年实际经验，并在立达公司担任不同职务。本系列丛书并不仅限于立达公司的产品，而是把其他制造商开发的工艺技术和解决方案也包括在内。

本册的结构及论题的组织沿袭了曼彻斯特纺织学会出版的原《短纤维纺纱技术》一书。我们能够继续完善这本规范的著作，得到了曼彻斯特纺织学会的许可。在此，对他们深表谢意。日新月异的技术发展使得本次修订成为必要，而这项工作也得到了立达员工的大力协助。

希望所有此纲要的读者都阅读愉快。

立达纺织机械有限公司



.....

.....

目录

纺纱引言	11	2.5.5.1. 给棉罗拉和刺辊之间的预开松作用	27
1. 原料—影响纺纱的因素	13	2.5.5.2. 主锡林和盖板之间的梳理作用	27
1.1. 原料的特性	13	2.5.5.3. 道夫转移区	28
1.2. 纤维细度	13	2.6. 纤维弯钩的伸直	28
1.2.1. 细度的影响	13	2.6.1. 伸直作用	28
1.2.2. 细度规格	13	2.6.2. 要求的工艺道数	29
1.2.3. 纤维成熟度	14	3. 除杂	31
1.3. 纤维长度	14	3.1. 需要除去的杂质	31
1.3.1. 纤维长度的影响	14	3.2. 除杂方法	31
1.3.2. 纤维长度图	14	3.3. 尘格和除尘刀	32
1.3.3. 各种纤维长度曲线图	15	3.4. 影响因素	32
1.3.3.1. 矩形长度曲线图	15	3.5. 除杂程度和除杂阻力	32
1.3.3.2. 三角形长度曲线图	15	3.6. 除尘杂	33
1.3.3.3. 梯形长度曲线图	15	4. 混合	35
1.3.3.4. 阶梯形长度曲线图	16	4.1. 混合的目的	35
1.3.3.5. 纤维照影机曲线图	16	4.2. 混合的评定	35
1.3.4. 长度规格	16	4.3. 解混合	35
1.3.5. 短绒率	17	4.4. 混合作用的形式	36
1.4. 纤维强度	17	4.4.1. 可能性	36
1.5. 纤维伸长	18	4.4.2. 纤维包混合	36
1.6. 纤维的长径比（刚性）	18	4.4.3. 纤维束混合	36
1.7. 纤维的清洁度	18	4.4.4. 纤维卷混合	36
1.7.1. 杂质	18	4.4.5. 纤维网混合	37
1.7.2. 棉结	19	4.4.6. 纤维条混合	37
1.7.3. 尘杂	20	4.4.7. 纤维混合	37
1.7.3.1. 定义	20	4.4.8. 粗纱混合	37
1.7.3.2. 尘杂引起的问题	20	4.5. 混合过程	37
1.8. 化学沉淀物（粘性物质）	21	4.5.1. 混合作用的几个阶段	37
1.9. 纤维影响的相对重要性	21	4.5.2. 称量	38
2. 开松	23	5. 降低纱线不匀	39
2.1. 开松的必要性	23	5.1. 纱线不匀	39
2.2. 开松类型和开松程度	23	5.1.1. 不匀极限	39
2.3. 开松强度	25	5.1.2. 加工过程中的均匀度恶化	39
2.4. 关于开松和除杂的一般考虑	25	5.1.3. 不同片段长度的不匀	39
2.5. 梳理	25	5.2. 提高均匀度的方法	40
2.5.1. 梳理的目的	25	5.3. 并合	40
2.5.2. 针布排列	25	5.3.1. 均匀效应	40
2.5.2.1. 梳理配置	26	5.3.2. 横向并合	40
2.5.2.2. 剥取配置	26	5.3.3. 后并	40
2.5.3. 作用于纤维上的力	26	5.4. 匀整	41
2.5.3.1. 梳理配置	26	5.4.1. 检测、开环和闭环控制	41
2.5.3.2. 剥取配置	26	5.4.2. 开环控制	41
2.5.3.3. 离心力	27	5.4.3. 闭环控制	41
2.5.4. 纤维转移系数	27	5.4.4. 牵伸的调节	42
2.5.5. 梳棉机上最重要的工作区	27	5.5. 牵伸同时加捻	42

6. 纱条的变细（牵伸）	43	8.1.2. 卷装形式	59
6.1. 牵伸装置的牵伸	43	8.1.2.1. 分类	59
6.1.1. 牵伸和变细	43	8.1.2.2. 应用最广泛的卷装形式— 承载物在内的卷装	59
6.1.2. 牵伸作用	43	8.2. 条筒中的铺放	61
6.2. 牵伸装置中的牵伸作用	43	8.2.1. 条子的铺放	61
6.2.1. 牵伸力	43	8.2.2. 大、小圈条	61
6.2.2. 粘滑运动	44	8.2.3. 条子的加捻	62
6.3. 牵伸区中纤维的特性	45	8.3. 卷动卷绕以及卷子形成	62
6.3.1. 纤维引导	45	8.4. 粗纱的卷绕	63
6.3.2. 浮游纤维	45	8.4.1. 卷装的构成	63
6.4. 摩擦力界	46	8.4.2. 速度关系	63
6.4.1. 纤维的摩擦力界	46	8.4.3. 卷绕原理	64
6.4.2. 影响因素	46	8.5. 管纱的卷绕	64
6.5. 牵伸分配	47	8.5.1. 管纱的构造	64
6.6. 其它牵伸可能性	47	8.5.1.1. 管纱的形状	64
6.6.1. 走锭纺纱	47	8.5.1.2. 管纱底部的形成	65
6.6.2. 分梳辊处的牵伸	47	8.5.1.3. 圆锥形纱层的形成	66
6.7. 附加牵伸效果	47	8.5.2. 卷绕过程	66
7. 纱线的形成	49	8.5.2.1. 卷绕原理	66
7.1. 纤维集合构成纱线	49	8.5.2.2. 钢丝圈速度的变化	67
7.1.1. 纤维的排列	49	8.5.2.3. 纱线捻度的变化	67
7.1.2. 纱线横截面中的纤维根数	49	8.5.3. 使用钢丝圈时卷绕过程中力与张力的关系	67
7.1.3. 纤维的配置	49	8.5.3.1. 引言	67
7.1.4. 纤维在纱线中的有序排列	49	8.5.3.2. 钢丝圈在钢领平面上的受力状况	68
7.1.5. 纱线结构中的纤维位置	50	8.5.3.3. 受力状态的改变	69
7.1.5.1. 环锭纱	50	8.5.3.4. 钢丝圈在通过锭子轴线平面时的状况	69
7.1.5.2. 自由端纱	50	8.5.3.5. 状态的变化	70
7.1.5.3. 包缠纱	50	8.5.3.6. 钢丝圈在切线平面上的状况	71
7.1.5.4. 喷气纱	51	8.5.3.7. 气圈张力	71
7.1.6. 纱线结构	51	8.5.4. 对钢丝圈的影响	72
7.2. 纤维的转移	52	9. 质量保证	73
7.3. 给予强力	52	9.1. 必要性	73
7.3.1. 给予强力的方法	52	9.2. 纱厂信息系统（MIS）的结构	73
7.3.2. 真捻（以环锭纱为例）	53	9.3. 立达“蛛网”（SPIDERweb）纱厂信息 系统（纱厂监控系统）	73
7.3.2.1. 捻向	53	9.4. 建议	74
7.3.2.2. 捻度和强力	53	参考文献	75
7.3.2.3. 纱线在长度和宽度方向的变形	53	图表目录	77
7.3.2.4. 捻度公式	54		
7.3.2.5. 捻度公式的推导	55		
7.3.3. 假捻	56		
7.3.3.1. 工作原理	56		
7.3.3.2. 通过假捻给予强力	56		
7.3.3.3. 纺纱工艺中其它地方的假捻	57		
7.3.4. 自捻	57		
8. 制品的处理	59		
8.1. 制品的载体	59		
8.1.1. 制品的载体和运输	59		

纺纱引言

2004年，全球纤维消费量约为7 000万吨，其中合成纤维3 800万吨，棉纤维2 200万吨，纤维素纤维250万吨，其它纤维750万吨。

在化学纤维中，大约有三分之一是长丝，三分之二是短纤维。短纤维中的大部分（大约3 300万吨）被用于短纤维纺纱。因而，在全球纺织品生产中，短纤维纺纱具有举足轻重的地位。

对于训练有素的管理人员来说，具备必要的技术和工艺知识是相当重要的。技术知识与机器设备密切相关，而工艺知识则涉及加工过程。工艺知识是对原料转化为半成品或者最终产品的基本原理的综合概括－它有别于实际情况或目前实施这些基本原理的可行性。

在纺纱方面，工艺涉及纱线生产研究。在此背景下，“纺纱”这个词是指采用合适的机器和装置，把大量长度相对较短、单个无序的纤维转化成长度很长、线性有序的产品。在天然纤维的加工过程中，总是牵涉到同样的基本工艺。本册旨在介绍纺纱工艺以及这些基本工艺所涉及的关系和准则，以便弄清或加深理解原料加工过程中所发生的情况。

Werner Klein
原瑞士纺织学院高级讲师
(Swiss Textile College)

工艺作用	短纤维纺纱使用的机器
开松	<div><div>• 开清机器</div><div>• 梳棉机</div><div>• 自由端转杯纺纱机</div></div>
除杂	<div><div>• 除杂机</div><div>• 梳棉机</div><div>• 精梳机</div><div>• 并条机（除尘杂）</div><div>• 转杯纺纱机</div></div>
混合	<div><div>• 开清机器</div><div>• 梳棉机（纤维混合）</div><div>• 并条机</div></div>
定向	<div><div>• 梳棉机</div><div>• 精梳机</div><div>• 并条机</div><div>• 粗纱机</div><div>• 最终纺纱机</div></div>
并合	<div><div>• 梳棉机</div><div>• 精梳机</div><div>• 自由端转杯纺纱机</div></div>
均匀	<div><div>• 带有匀整装置的梳棉机</div><div>• 并条机</div><div>• 自由端转杯纺纱机</div></div>
变细	<div><div>• 梳棉机</div><div>• 并条机</div><div>• 粗纱机</div><div>• 最终纺纱机</div></div>
给予强力	<div><div>• 最终纺纱机</div></div>
卷绕	<div><div>• 粗纱机</div><div>• 最终纺纱机</div></div>

表 1 短纤维纺纱使用的机器



.....

.....

1. 原料—影响纺纱的因素

1.1. 原料的特性

原料约占短纤维纱生产成本的50 - 75 %，这一事实充分表明了原料对纱线生产者的重要性。当加工一种纤维原料时非常轻松，而加工另一种相似的纤维原料则比较困难、费神费力，而且生产率和纱线质量还会下降时，原料的影响就变得更为明显。然而，几乎没有纺纱厂能用得起没有任何问题的原料，因为这种原料通常会十分昂贵。

纺纱生产者要想应付预期困难，就要了解和掌握原材料知识及其在加工和后续阶段中的性能。

纺纱生产者只有熟练掌握了原料知识，才能确定最佳的纺纱条件。然而，不可否认的是，如果原料已经达到或超出了可纺性极限，则再好的理论知识也不会有太大帮助。在纺纱厂的实际生产中，过分的原料成本节约通常并不能降低生产成本，反而常常会因为加工性能的恶化而增加生产成本。

下面以原料为主题，概括介绍一些对纺纱生产者至关重要的问题。本册仅涉及棉纤维，化学纤维将在其它册中另有论述。

1.2. 纤维细度

1.2.1. 细度的影响

细度通常是纤维最重要的三个特性之一。纱线横截面内的大量纤维不仅可以提高纱线强力，还可以使纤维在纱线中得到更加合理的分布。对于一定粗细的纱线而言，纤维细度决定纱线横截面内纤维根数的多少。横截面内纤维数量的增加不仅可以提高纱线强力，而且还可以使纱线获得更好的均匀度。

在纱线横截面内，最少约需要30根纤维。但是，在通常情况下约有100根以上的纤维。对于几乎所有新型纺纱工艺而言，100根纤维基本是下限。这表明纤维细度在未来将会变得更加重要。

纤维细度主要影响：

- 纺纱细度极限；
- 纱线强力；
- 纱线条干均匀度；
- 纱线丰满度；
- 织物悬垂性；
- 光泽；
- 手感；
- 加工生产率。

通常生产率受断头率、纱线每英寸的捻回数（可改善纱线手感）和纺纱条件的影响。在混纺纱的生产中，至少在传统的环锭纺加工中，必须牢记的是：细纤维大多集聚在纱的芯层，而较粗的纤维则多分布在纱的外围。细的棉纤维与较粗的合成纤维混纺，将生产出外表具有合成纤维特征的纱线。

1.2.2. 细度规格

除毛发纤维外，其它纤维的横截面很少是圆形，直径不易测量，因此纤维不能像钢丝那样用直径来表示其细度。对于纱线和纤维，细度通常采用质量和长度之间的关系来表示：

$$tex = \frac{\text{质量}(g)}{\text{长度}(km)} \text{ 或 } dtex = \frac{\text{质量}(dg)}{km}$$

化学纤维的细度几乎只用分特克斯dtex来表示，而棉纤维的细度则多用马克隆值Micronaire来表示。细度分级如下：

马克隆值	细度
3.1以下	非常细
3.1 - 3.9	细
4.0 - 4.9	中等（高级范围）
5.0 - 5.9	稍粗
6以上	粗

换算系数: $dtex = Mic \times 0.394$ （与成熟度有很大关系）

然而，应该牢记的是，马克隆值并不总是反映纤维的实际细度。例如，由于采用气流仪法测量马克隆值，当不成熟纤维所占比例较大时，测得的平均值较低，这与可纺纤维的真实值不相符。在这种情况下，用线密度（tex）表示细度规格更为准确，但测量起来比较困难。棉纤维是一种天然纤维，它在不同的土壤、不同的气候条件下生长，而且耕种条件每年都在变化。因而包括细度在内的纤维特性不可能保持不变，这就使得测量更为困难。Schenek^[1]给出了一个比较极端的例子，在一批500包的棉花中，不同棉包的马克隆值范围在2.4到3.9之间变化。长绒棉品种一般比中长绒棉更细。

1.2.3. 纤维成熟度

棉纤维由细胞壁和中腔构成，成熟度指数取决于胞壁的厚度。Schenek^[1]建议，当湿胀纤维的胞壁面积占横截面积的50 - 80 %时，可以被认为是成熟纤维；当胞壁面积占横截面积的30 - 45 %时，是不成熟纤维；而当胞壁面积占横截面积的比例小于25 %时，是死纤维。由于完全成熟的棉铃中也存在着大约5 %的均匀分布的不成熟纤维，原棉中没有不成熟的纤维是不可思议的，问题只是数量的多少。国际纺织制造商联合会推荐采用纤维成熟度仪FMT来确定棉纤维的成熟度。Lord和Heap^[3]曾提到过采用FMT测量并给出成熟度指数（MI）。

不成熟的纤维既没有足够的强力，也没有足够的纵向刚性，因而会导致：

- 纱线强力降低；
- 产生棉结；
- 短绒率增大；
- 可染性变化；
- 难于加工（主要在梳棉机上）。

1.3. 纤维长度

1.3.1. 纤维长度的影响

纤维长度也是最重要的三个纤维特性之一，它影响：

- 纺纱细度极限；
- 纱线强力；
- 纱线条干均匀度；
- 产品的手感；
- 产品的光泽；
- 纱线毛羽；
- 生产率。

生产率会受到下列因素的影响：

- 断头率；
- 落棉率；
- 捻度（影响手感）；
- 生产条件。

可以假设：长度在4 - 5 mm以下的纤维在纺纱过程中会被损失掉（成为落棉和飞花）；长度为12 - 15 mm左右的纤维，仅起到使纱线饱满的作用，而对纱线强力没什么贡献；只有长度在15 mm以上的纤维对纱线特性会产生正面影响。纤维长度的评估不仅在购买时是重要的，经过梳理后的纤维长度更为重要。根据纤维特性考虑梳棉机加工条件时，必须使经过梳理后的纤维长度没有明显变短。当不成熟纤维比例较高时，情况则有所不同。

1.3.2. 纤维长度图

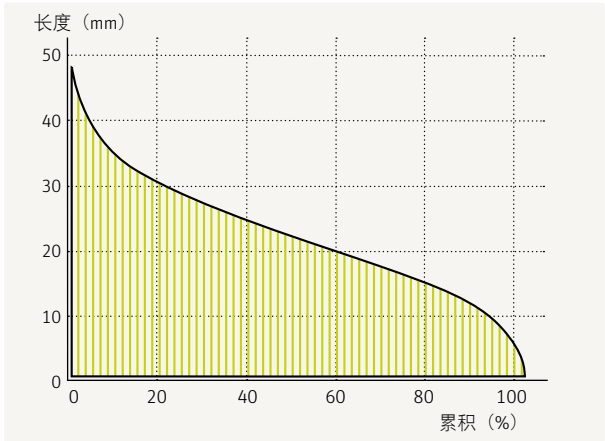


图 1 纤维长度-数量曲线图

在棉铃中的纤维，其长度差异不太大。许多纤维的长度显著变短发生在纺纱之前，由机械作用引起，如轧花和除杂。结果是，在所有纤维特性中，纤维长度具有最大的不规则性。

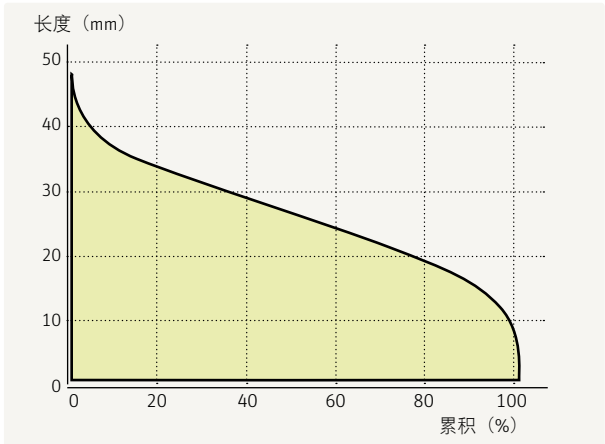


图 2 纤维长度-重量曲线图

即使是能握在手中的非常小的棉束，其中也会包含最短（2 mm）到最长（在30 - 60 mm之间，取决于品种）的各种长度的纤维。如果将这个棉束中的纤维按照长度整理并逐根排列，使各根纤维的一端位于坐标系中的一条直线上，就可得到典型的棉纤维自然长度排列图（图1），也称作纤维长度-数量曲线图。如果这个图研究各组不同长度纤维的质量变化，则可得纤维长度-重量曲线图。长度-重量曲线图的曲线比长度-数量曲线图的曲线明显要高，这是因为长纤维的质量比短纤维大，因而其影响更大。纤维长度-重量曲线与纤维在纱线截面中的分布相符合。因而这个图应该用于与纱线有关的考虑和计算中。另一方面，纤维长度-数量曲线强调短纤维的比例，它提供了一种直观评价纤维加工性能的好方法。这两种平均纤维长度有下列关系：

$$\bar{l}_w = \bar{l}_N + \frac{S^2}{\bar{l}_N}$$

式中， \bar{l}_w 是基于纤维长度-重量曲线的平均纤维长度； \bar{l}_N 是基于纤维长度-数量曲线的平均纤维长度；S是纤维长度分布的标准偏差。另外，关于纤维材料，其长度曲线图可以分为五种形式（图3-图7）。纤维长度曲线图可以用AFIS系统测量并绘制。

1.3.3. 各种纤维长度曲线图

1.3.3.1. 矩形长度曲线图

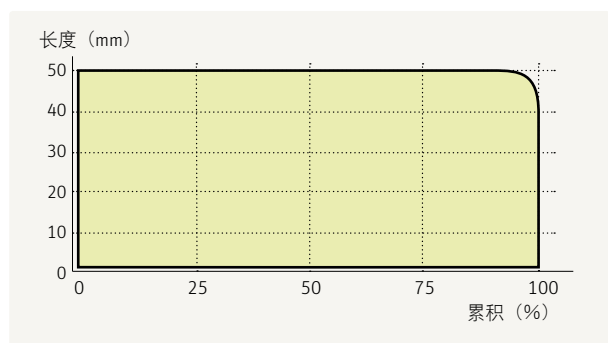


图3 矩形长度曲线图

只有化学纤维才可能得到矩形长度曲线。由于纤维是等长的，不存在长度变化，因此这种材料似乎是理想的。然而，这种看法其实是错误的。首先，由于

在纺纱过程中（主要在梳棉工序）纤维长度变短，所以纤维长度均匀性不能被保持到纱线中。其次，所有纤维都有同样的长度也不适于在纺纱机器上加工。例如，在牵伸过程中，这样的纤维不是单根运动，而是集束运动，因而最终将生产出不匀率很高的纱线。

1.3.3.2. 三角形长度曲线图

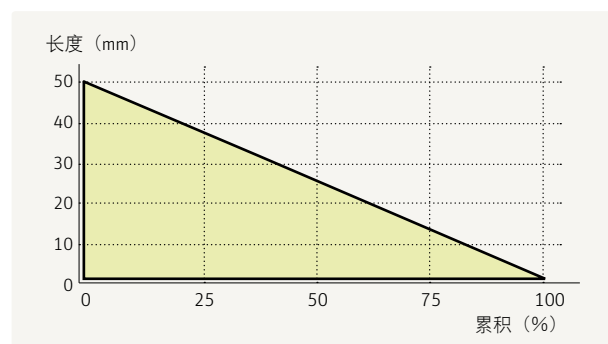


图4 三角形长度曲线图

与矩形长度曲线图的纤维相比，具有三角形长度曲线图（图4）的纤维的加工性能更好，但短纤维含量太高。例如，纤维在牵伸装置内的运动过程中，短纤维不能得到很好的控制，它们会自由运动，使纱线产生严重不匀。此外，短纤维不能始终束缚在纱体中，所以有一些被散失掉，在机器和装置中产生落棉和飞花。如果一根短纤维被束缚进纱体，它的一端常常会伸出纱体，使纱线表面毛羽增多。当然，对于某些产品性能来说，一定的毛羽是必要的（如针织物）。

1.3.3.3. 梯形长度曲线图

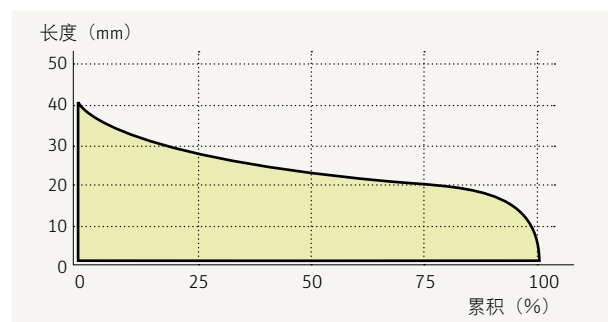


图5 梯形长度曲线图

对于加工而言，梯形长度曲线图（图5）是理想的长度图，并且曲线越平越适宜。然而，平的曲线常常意味着高的纤维价格。这个图形是典型的棉纤维长度曲线图。

1.3.3.4. 阶梯形长度曲线图

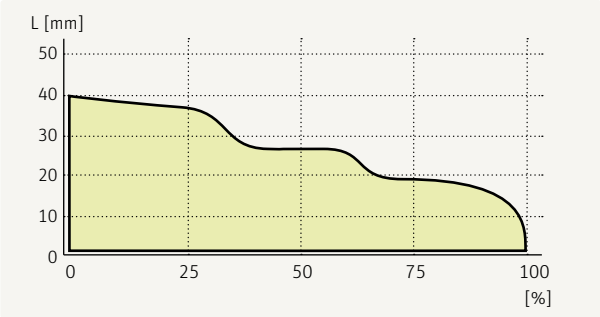


图 6 阶梯形长度曲线图

如果长度差异很大的纤维原料以不恰当的比例混合，就会产生阶梯形长度曲线（图6）。与矩形长度曲线的纤维相同，这种纤维仅以集束方式运动，并会产生前面所提到的后果。

1.3.3.5. 纤维照影机曲线图

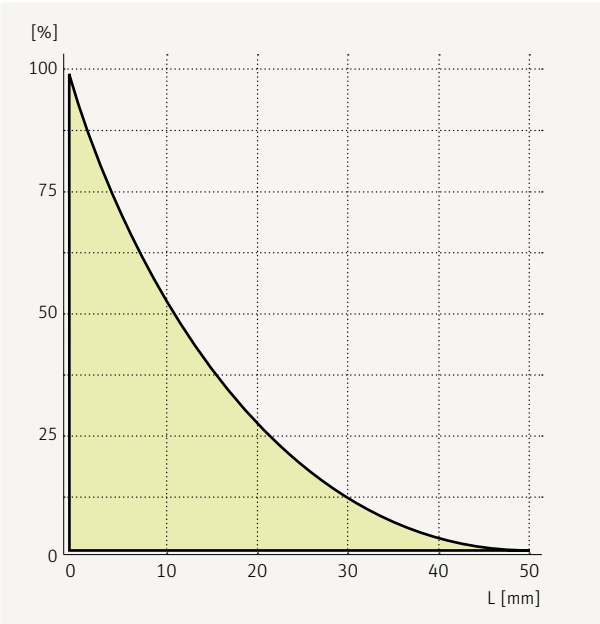


图 7 纤维照影机曲线图

除了上述纤维长度曲线图外，图7所示的是纤维照影机曲线图。在前面的纤维长度图中，纤维的一端被排列成一条直线。而在纤维照影机曲线图中，则是通过夹持棉花试样中随机分布的纤维来排列纤维的。从夹具伸出的纤维被梳直并采用光学方法测量。

标准纤维长度图是一种人造图形，实际中是不存在的。但纤维照影机曲线图与纤维在罗拉钳口处的排列相符，因而能很好地反映牵伸作用及纤维在纱线中的排列。这种曲线图由大容量纤维测试仪（如HVI）制成。这个长度被规定为跨距长度，即超过一定距离的夹持纤维长度。

1.3.4. 长度规格

我们所说的纤维长度，指的就是通过分级工之手，把纤维束中的纤维整理得平行有序，并通过测量所得到的真实纤维长度。根据由此得到的精确纤维长度所做的图就是纤维长度曲线图。从图8所示的纤维长度图中可以清楚地看出各种纤维长度值，例如：

- 最大纤维长度；
- 最小纤维长度；
- 平均纤维长度。

带着某些预期，统计人员可能会对这些数值感兴趣。但这些数值对纺纱生产者并没有什么用处，因为在此基础上并不能对产品和工艺下任何结论。生产者和经营者通常使用下面的数据：

- 分级长度（贸易长度，分级工的长度）；
- 上四分位长度（用头端定向方法）；
- 右半部平均长度或平均长度（按重量加权）（ \bar{x} ）；
- 1 %，2.5 %，5 %或50 %跨距长度值（作为隔距长度）（例如，2.5 %跨距长度）。

贸易长度（分级工的长度，S）是最重要的长度规格。棉纤维的贸易长度分级以1/32英寸为单位，在长度-重量曲线图上，对应于约25 %（S）处的纤维长度；在长度-数量曲线图上，对应于约15 %（S）处的纤维长度。它也相当于纤维照影机曲线图的2.5 %跨距长度和HVI的右半部平均纤维长度（由纤维照影机曲线图计算而得）。

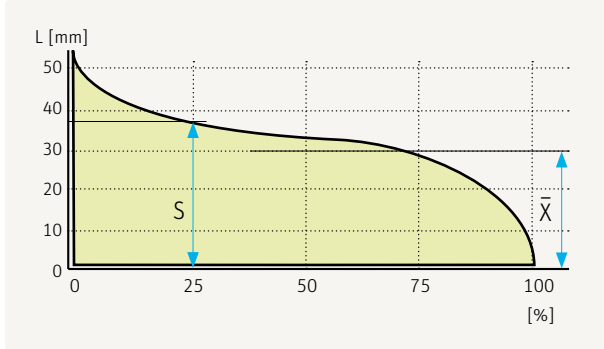


图 8 纤维长度-重量曲线图，长度规格

在设定机器参数时需要使用1 %和2.5 %跨距长度，特别是设定罗拉隔距时。下面的长度分组目前被用于表述棉纤维的贸易长度（分级工的长度）：

- 短纤维：小于或等于1英寸；
- 中等长度纤维：1 1/32 - 1 1/8英寸；
- 长纤维：1 5/32 - 1 3/8英寸；
- 超长纤维：大于等于1 13/32英寸。

长度规格只考虑贸易长度是不够的，因为没有考虑曲线的斜率。对于相同的贸易长度，纤维长度图既可能接近矩形纤维长度图，也可能接近三角形纤维长度图，相应的短纤维比例则为高或是低。为了评估长度分布的好坏，可以使用下列数据：

- 在纤维照影机曲线图上的第二点（例如，50 %跨距长度）；
- 变异系数；或
- 短绒率（例如，短于1/2英寸的百分率图）；或
- 用HVI测量得到的均匀度（UR）。

1.3.5. 短绒率

短绒率对1.3.1.部分列出的参数有非常大的影响（对转杯纺的影响较小，所以转杯纺除外）。除了这个影响，短绒率高也会导致严重的飞花污染（还有其它问题），这就增加了人员、机器、车间和空调的负荷，并提高了牵伸难度。不幸的是，近年来由于种种原因，棉花的短绒率增加了很多。这是由于机械采摘和剧烈轧花造成的。Schenek^[2]和Lord^[3]在其论著中分别采用了绝对短纤维含量和相对短纤维含量。目前在大多数情况下，绝对短纤维含量被定义为短于10，11，12或12.5 mm（1/2英寸）的纤维所占的百分比。

短纤维的界限还没有标准，但可以大致确定为12或12.5 mm左右。立达采用12.5 mm作为标准。由于短纤维不易测量，所以这个值不是绝对准确的。如果要求更准确的值，则可采用Lord建议的相对短纤维含量。但是这种测量要求非常高。

1.4. 纤维强度

强度通常是纤维的主要特性。这从这样一个事实可以看出：大自然中有无数种纤维，但大多数由于强度不足而不能被用作纺织纤维。对于纺织纤维而言，最小强度大约是6 cN/tex（断裂长度大约是6 km）。由于纤维被束缚成纱主要是通过加捻完成的，这种方式仅能利用原料强度的30 - 70 %。对于纱线最终获得的强度，下限大约是3 cN/tex，这是纱线的最低强度。因为大多数新型纺纱工艺对原料强度的利用低于传统工艺，所以纤维强度的重要性在未来会增加。

几种重要纤维的断裂强度是：

- 涤纶纤维 35 - 60 cN/tex
- 棉 15 - 40 cN/tex
- 羊毛 12 - 18 cN/tex

棉纤维的束纤维强力用卜氏纤维强力仪测定，其值被规定为卜氏值。所用到的卜氏值范围如下（93 000 卜氏值=93）：

- ≥ 93 = 优
- 87 - 92 = 非常强
- 81 - 86 = 强
- 75 - 80 = 中等
- 70 - 74 = 一般
- ≤ 70 = 弱

由于这种测量不是非常精确，因此应避免转换物理单位。今天通常用HVI测量仪测量纤维束。根据所采用的校准标准（美国农业部或HVI校准棉样），强力用g/tex（cN/tex）表示。

对于通常使用的HVI-CC校准，采用下列数值范围（1/8英寸隔距强度g/tex）^[27]：

- ≥ 32 = 非常强
- 30 - 32 = 强
- 26 - 29 = 基础
- 21 - 25 = 弱
- ≤ 20 = 非常弱

除涤纶和丙纶纤维外，纤维强度与其所含水分有关。在加工和测试中了解这一点是很重要的。由于纤维水分取决于周围空气条件，因此它与气候条件和加工之前暴露的时间有很大关系。棉、亚麻等纤维的强力随含水量的增加而增加，而锦纶纤维、粘胶纤维和羊毛则相反。

1.5. 纤维伸长

必须清楚地区分三个概念:

- 永久性伸长: 在负荷去除后, 纤维不能回缩的伸长部分;
- 弹性伸长: 在负荷去除后, 纤维能回缩的伸长部分;
- 断裂伸长: 纤维被拉伸至断裂时最大可能的伸长, 即永久性伸长与弹性伸长之和。

伸长率被规定为伸长部分相对于原始长度的百分率。由于没有弹性的纺织产品几乎没有可用性, 所以弹性伸长性能是相当重要的。为了能承受高负荷(包括在加工过程中), 纺织品必须能变形(如在膝部和肘部), 也能恢复原来的形状。因而, 纤维伸长率应该至少是1-2 % (玻璃纤维), 稍高一些则更好。例如, 与棉相比, 羊毛具有更高的抗折皱性, 这就是由于它们的伸长率不同引起的:

- 棉 6 - 10 %;
- 羊毛 25 - 45 %。

下面是棉纤维的伸长率范围^[27]:

- < 5.0 % = 非常低;
- 5.0 - 5.8 % = 低;
- 5.9 - 6.7 % = 平均;
- 6.8 - 7.6 % = 高;
- > 7.6 % = 非常高。

化学纤维有较高的伸长率值, 大约是15 %到30 %。对于功能性纺织品, 有时需要更高的伸长率, 但这会使纺纱厂的加工更困难, 特别是在牵伸作用时。对于运动装、针织品、紧身衣和弹力产品, 都需要高的伸长率。如果单根纤维承受拉伸负荷, 则对它的强力和伸长都有要求。因而, 强力和伸长是密不可分的, 这个关系可用应力/应变图来表示。每种纤维都有其典型的应力/应变曲线。在混纺时, 应保证被混纤维的应力-应变曲线在形状上是相似的。伸长率的测试困难而费时。

1.6. 纤维的长径比 (刚性)

当纤维做滚动、转动和扭转运动时, 纤维的刚性起着重要作用。刚性太大的纤维难以适应这些运动。例如, 纤维不能适当地束缚进纱体内, 产生毛羽, 或在加工中被损失掉; 纤维刚性不足, 则弹性太小, 变形后不能恢复原来的形状, 且没有纵向抵抗力, 在大多数情况下, 这会导致棉结形成。纤维刚性取决于纤维的物质成分, 也取决于纤维长度和细度之间的关系。结构和直径相同的纤维, 越短则刚性越大。

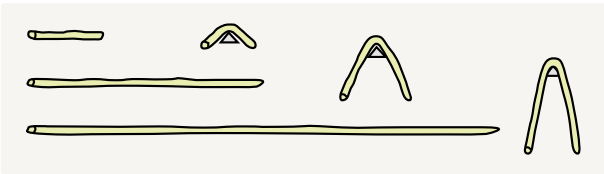


图 9 不同长度纤维的刚性

纤维的长径比可用来表示纤维的刚性:

长径比=纤维长度/纤维直径

由于在纺纱的纱线形成过程中, 纤维被束缚进纱内时必须发生卷绕, 所以在某种程度上, 长径比也决定着纤维在纱线中的位置:

- 细和/或长纤维在纱的芯部;
- 粗和/或短纤维在纱的外围。

1.7. 纤维的清洁度

1.7.1. 杂质

原棉(如皮棉)中除了包含可用纤维外, 还包含各种杂质^[1, 25]:

植物性杂质

- 碎壳
- 破籽
- 碎茎
- 叶片
- 木片

矿物性物质

- 泥土
- 沙子
- 运输过程中带入的矿物性尘埃
- 运输过程中带入的尘杂

粘性污染物

- 糖分(昆虫分泌物)
- 油脂、油、沥青
- 添加剂

其它杂质

- 金属碎片
- 布片
- 包装材料（大多为高分子材料）

纤维碎片

- 纤维微粒（它们最终构成尘杂的主要部分）

杂质对加工过程会产生很大干扰。

金属杂质会引起火灾或损坏梳理针布。布片或包装材料会形成纱线中的异性纤维，造成纱线不适于预定用途。

植物性杂质能引起牵伸不良、纱线断裂、充塞梳理针布、污染纱线等。矿物性杂质能引起集杂，机器磨损率高（研磨效应，在转杯纺中尤为明显）等。

新型纺纱工艺对杂质非常敏感。杂质始终是一个问题，但这些年来却变得越来越严重。其中主要原因包括现代化高效能采摘方法；强烈的轧花和除杂；预烘干；收获、包装和运输过程中的随意处理；使用现代包装材料等。

如今，杂质（如异性纤维）几乎已成为纺纱生产者的恶梦。杂质含量（主要为植物性杂质）在定级中已被考虑在内。图10所示的是美棉中的杂质范围（资料来源于特吕茨勒公司文献）。杂质程度分级如下：

- <1.2 % =非常干净；
- 1.2 - 2.0 % =干净；
- 2.1 - 4.0 % =中等；
- 4.1 - 7 % =脏；
- >7.1 % =非常脏。

国际纺织制造商联合会每半年发表一篇关于棉污染情况的调查报告，并指出污染最严重的产地。

1.7.2. 棉结

棉结是纤维结或小的纤维缠结。一般而言，棉结可分为两种：纤维结和带籽屑棉结。前者是指仅由纤维组成的小结，后者是指含有碎壳、籽片或叶片等杂质粒子的小结。Artzt和Schreiber^[11]所做的研究表明，纤维结占主要部分，特别是由不成熟和死纤维为芯形成的纤维结。很清楚，成熟度指数^[3]和棉结之间有联系。因为细纤维相比粗纤维有较小的纵向刚度，所以棉结和纤维细度之间成指数关系。加工方法也有相当大的影响。原棉中的棉结大部分由采摘和剧烈轧花产生。在开清棉工序中，棉结数量有相当大的增加。梳棉机是把棉结数量减少到可用水平的第一台机器。在梳棉机上，棉结的减少主要是通过解开，而不是消除。棉结的危害不仅表现在其本身会成为粗节，而且还表现在染色织物中。由于棉结与其余的纤维着色不同，因而在成品织物上会变得清晰可见。

根据乌斯特公司整理的研究结果（Zellweger Luwa AG）^[28]，100 %棉包中的每克棉结数分级如下：

- <150 =非常低；
- 150 - 250 =低；
- 250 - 350 =平均；
- 350 - 450 =高；
- >550 =非常高。

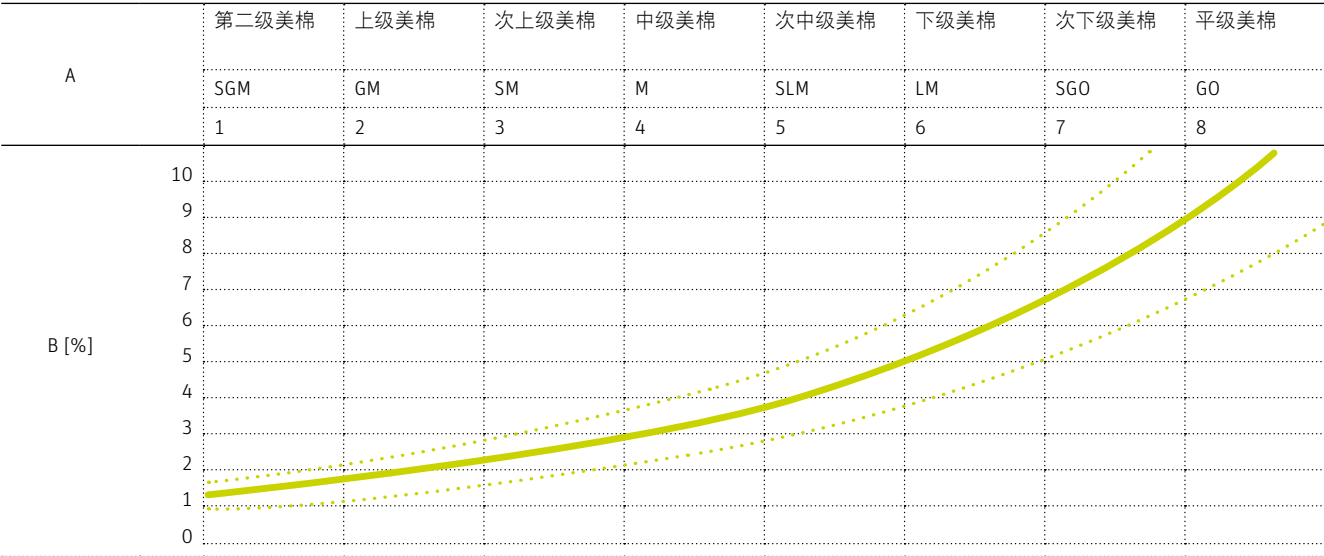


图 10 不同等级棉花中的杂质比例

A. 分级; B. 含杂率

1.7.3. 尘杂
1.7.3.1. 定义

尘杂由小和微小的各种物质粒子组成，并作为悬浮颗粒存在于气体中，下沉缓慢，所以尘杂可以在空气中传输相当大的距离。依照国际棉花测试方法委员会（ITMF）建立的分级系统，尘杂分为下列类型：

粒子尺寸(μm)	
杂质	> 500
尘杂	50 - 500
微尘	15 - 50
可吸入尘杂	< 15

国际纺织公报^[4]上发表的一篇论文指出，微尘由50 - 80 %的纤维碎片、叶片和碎壳，10 - 25 %的沙子和泥土以及10 - 25 %的水溶性材料组成。纤维碎片的高比例表明大部分微尘是在加工过程中产生的。Mandl^[5]指出，约有40 %的微尘在纤维和纤维束之间自由活动，20 - 30 %受到松散束缚，余下的20 - 30 %则被牢牢地束缚在纤维中。

1.7.3.2. 尘杂引起的问题

Leifeld^[6]列出了由尘杂引起的下列问题。

- 对人体的危害：
- 尘杂使人体产生不适，例如眼睛和鼻子；
 - 尘杂能引起过敏；
 - 尘杂能引起呼吸道疾病（棉纤维吸入性肺炎）。

- 环境问题：
- 尘杂集淀；
 - 尘杂集聚，然后落到机器上；
 - 空调污染。

- 对产品的影响：
- 直接恶化质量；
 - 或间接引起机器产生故障。

- 对机器的危害：
- 尘杂集聚导致运行紊乱；
 - 运动堵塞和运转失真；
 - 纱线不匀加剧；
 - 断头增多；
 - 机器部件磨损加快（如纺杯）。

环锭纱

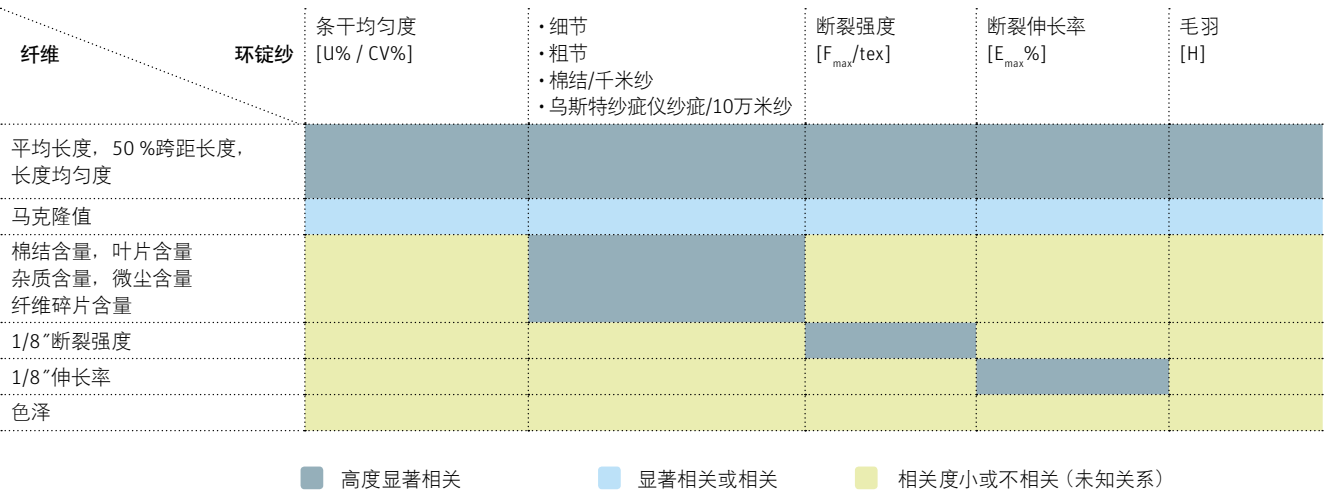


图 11 纤维性能和纱线性能之间的相关性（根据乌斯特公司资料^[23]）

1.8. 化学沉淀物（粘性物质）

棉纤维上最有名的粘性物质是糖分。严格地讲，这是白粉虱或蚜虫的分泌物，但今天所有粘性物质都被错误地称为糖分。Schenek^[1,7]对这些粘性物质进行了如下分类：

分泌物	糖分；
真菌和细菌	腐烂分解物；
植物性物质	植物汁及叶蜜中的糖，过多的蜡；
脂肪，油	轧花中产生的籽油；
病原体	
合成物质	脱叶剂，杀虫剂，化学肥料，收割机上的漏油。

然而，在大多数情况下，粘性棉花中所发现的粘性物质是成分最易变化的糖类中的一种，主要（但不是唯一的）包括果糖、葡萄糖、蔗糖、松三糖、海藻糖等^[26]。

这些糖类大多是（但不总是）由昆虫或植物本身产生的，它取决于采摘之前植物所受到的影响。

然而，纤维发粘与否，不仅取决于粘性层的量和成分，而且像溶液一样还取决于它的饱和程度，以及纺纱厂的工作温度。因此，考虑粘性对生产过程产生的影响，不能仅凭数量的多少就得出结论。Elsner^[8]指出，在棉的储存过程中，糖分通过发酵和微生物作用发生分解，含水率越高，这种分解越快。然而，在粘性棉的纺纱过程中，生产区域的空气相对湿度及环境温度应尽可能保持得低一些。

1.9. 纤维影响的相对重要性

纤维参数对纱线参数和运行性能的影响随环境条件变化而改变。对于不同的纺纱系统，如新型纺纱工艺或传统纺纱工艺，纤维参数的重要性也有所不同。图11表示的是乌斯特公司^[23]所确定的纤维性能和纱线性能之间的关系，图12表示的是Sasser^[24]所确定的纤维性能对纱线强度的影响。

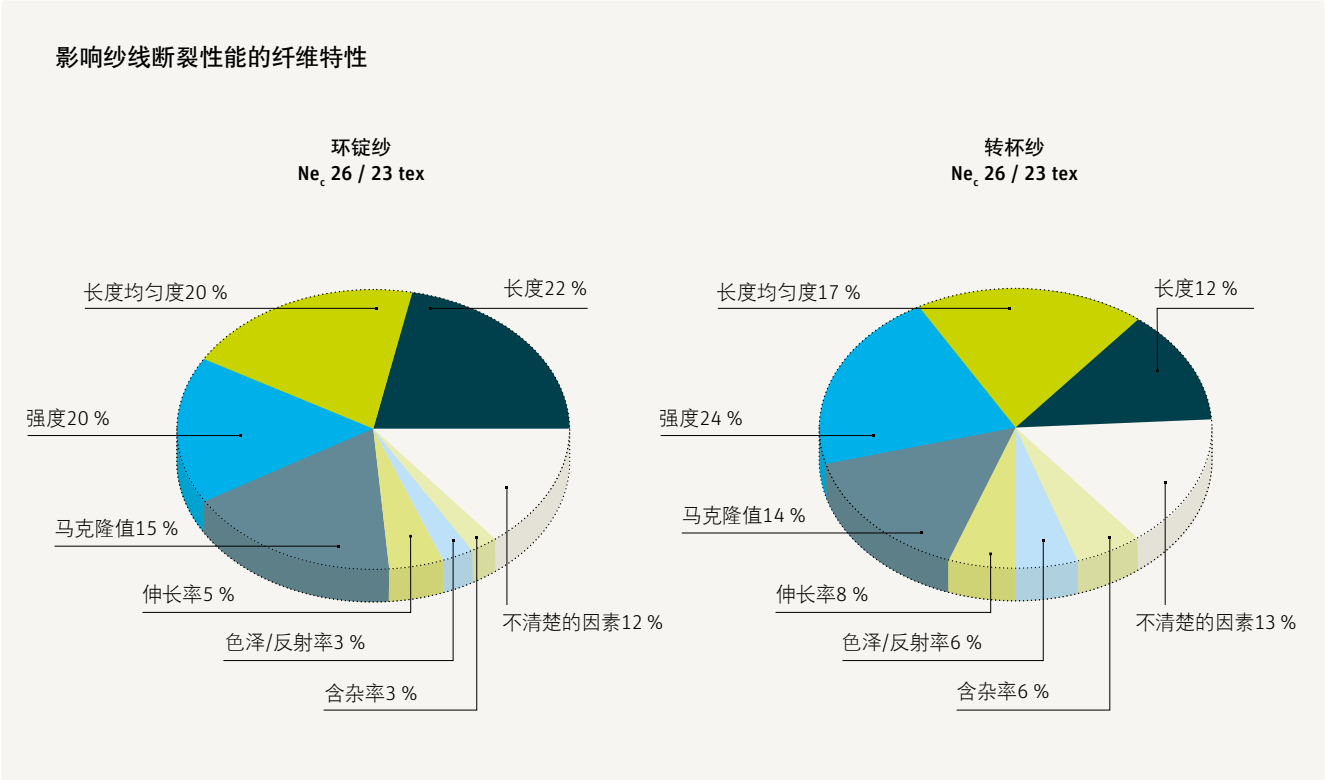


图 12 纤维性能对纱线强力的影响（根据Sasser^[24]的研究结果）

.....

.....

2. 开松

2.1. 开松的必要性

纺纱加工的原料几乎毫无例外地要求是开松状态的、可加工的纤维原料。然而，为了便于运输和储存，纺纱厂获得的原料都是压紧的形式（原料包）。因此，在其它加工之前必须首先进行开松加工。

2.2. 开松类型和开松程度

开松分为两个阶段：

- 开松为纤维束：在开清工序；
- 开松为单纤维：在梳棉和转杯纺工序。

此外，开松的工艺作用包括：

- 松解－纤维束的体积增加，而纤维根数保持不变。即，纤维束的密度减小；或
- 分离－原来的一个纤维束变成两个或更多的纤维束，而纤维束的密度不变。

类型	外观	说明
罗拉		小直径，广泛采用。例如，用于梯形开棉机。
滚筒		大直径。例如，用于单滚筒轴流式开棉机。
缝合轴		轴上有许多长打手棒，几乎不用。
多翼打手		有两个、三个、或更多翼打手。目前仅在老的开清线上还有使用。
角钉帘		横向木板或塑料板上植有角钉的环形带，开松非常温和。
抓手		在开包机或混棉机上起抓取作用（二者均已过时）。
盖板条或梳理板		与梳棉机的锡林一起使用。

表 2 开松装置

开松作用	开松装置	开松类型		强烈程度	温和程度	说明
		松解	分离			
撕扯		x	xx	++	+++	用在开包机上。当在棉箱内翻滚较大时，会产生棉结。
分解		xxxx		++++	+	用在梳棉机和转杯纺纱机上。把纤维束分解为单纤维的唯一方式。
抓取		x	xx	++	+++	用在抓包机上。作用非常温和。
拉出		x	x	++	+	广泛采用，例如用在水平开松除杂机上。开松强度取决于针布密度。
撕扯		xx	x	+++	-	刺辊。对纤维有损伤，但对于除去轧棉时产生的细小杂质粒子是必要的。
打击		(x)	xx	-	+	两翼或三翼打手。开松作用很差。几乎不能在原料上产生新的表面（已过时）。
梳理		xxx	(x)	+++	++	梳针打手。非常温和的松解。如果用于开松除杂机，通常会造成较大的纤维损失（已过时）。
气流中流动		(x)		-		开松效果极小，例如在输送管道中。

表 3 不同形式的开松

分离能满足除杂的需要，而松解则是纤维混合与排列所必需的。每一次开松作用都包含着松解与分离作用，且其作用的程度非常重要。如果在喂入梳棉机的原料中，纤维束主要经历了分离作用，但松解程度相对较小，那么纤维长度变短将是十分确定的。因而，为了能够准确评价开松程度，除了测量分离程度（即纤维束尺寸）外，还需要测量纤维束密度（单位g/cm³）。这两种测量都很费力，因此纤维束规格通常用毫克/束来表示。一些公司提供了这方面的资料，例如立达公司提供的图13表明了了几种机器的开松程度与原料产量之间的关系。特吕茨勒公司^[10]提供的图14显示了在开清棉工序中，从一台机器到下一台机器，原料开松程度增加的情况。图中的曲线表明机器M4到M5已经多余，它们不仅增加了加工费用，也使原料产生了不必要损伤。只有在充分增加松解程度（即减小纤维束密度），并因此改善梳理效果时，这两台机器的存在才是合理的。图15表示的是特吕茨勒公司^[10]确定的开松曲线的理想形式。

各种开松装置见表2；
各种开松形式见表3。

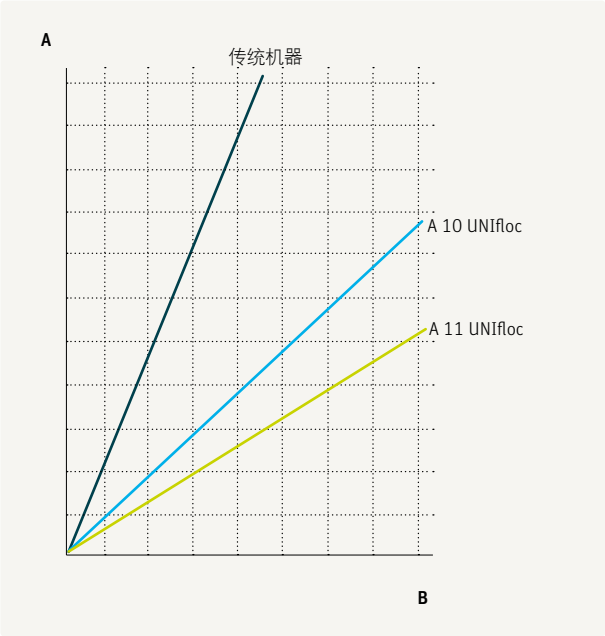


图 13 开松程度与产量的关系
A，开松程度（纤维束重量，mg）；B，原料产量（kg/h）

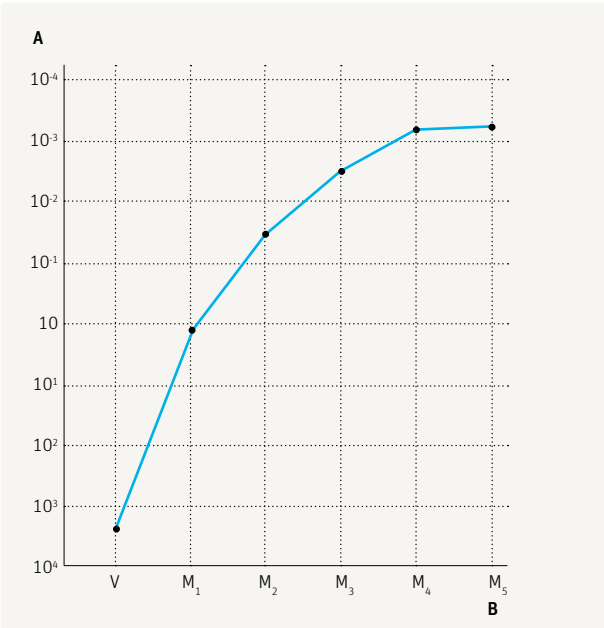


图 14 开松程度随经过的机器道数而增加的情况（某开清车间）
A，开松程度，纤维束重量（克/束）；B，机器道数；V，喂入原料；M1-M5，机器1-5。

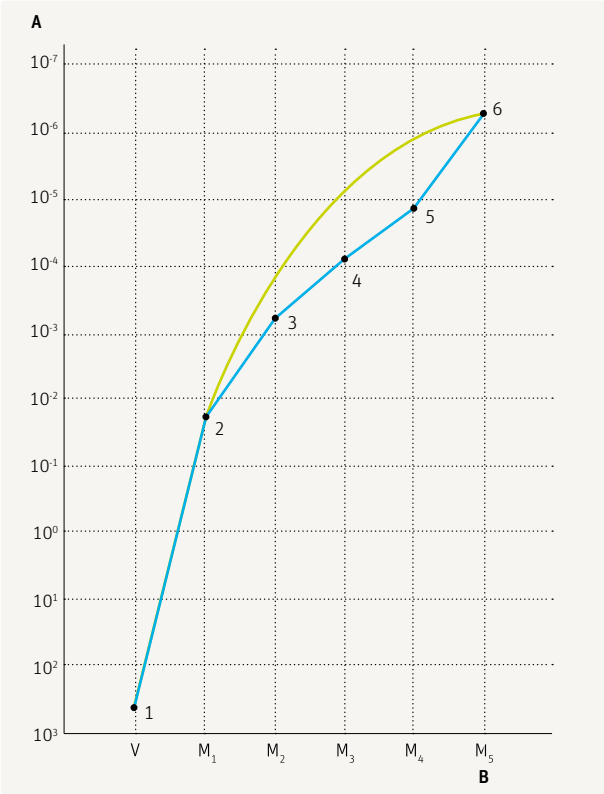


图 15 较老的开清车间中开松曲线的理想形式（绿线）
A，开松程度，纤维束重量（克/束）；B，机器道数；M1-M5，机器1-5。
显然，机器4和5是多余的；在现代生产线中，它们应该被去掉。

2.3. 开松强度

开松强度取决于下列因素:

- 原料
 - 喂入原料厚度;
 - 喂入原料密度;
 - 纤维抱合力;
 - 纤维的排列;
 - 喂入原料中纤维束的尺寸。
- 机器/装置
 - 喂入形式—自由状态或握持状态;
 - 喂给装置的形式;
 - 开松装置的类型;
 - 针布类型;
 - 针布密度;
 - 针板、梳针、锯齿等在机件表面的排列, 即直线排列或交错排列;
 - 握持装置与开松装置之间的隔距。
- 速度
 - 开松装置的速度;
 - 原料的生产速度。
- 环境条件
 - 湿度;
 - 温度。

2.4. 关于开松和除杂的一般考虑

原料的除杂程度不会好于开松程度。因此, 应注意下面一些问题:

- 尘杂实际上仅能从原料的表面被除掉。
- 因而必须连续地在原料上产生新的表面。
- 因而开松机器的形式必须与原料已取得的开松程度相适应。
- 开松装置应越来越细致, 即在开清线中, 每个位置都要求特定的机器。
- 原料的除杂程度与开松程度线性相关。

- 原料新暴露表面上的杂质应尽可能立即除去。
- 这意味着每个开松步骤后, 应立即紧跟除杂步骤, 期间不要经过输送。因为在输送过程中, 原料的表面会被再次遮盖, 又需要重新暴露。
- 理想情况下, 开松和除杂机器应形成一个单元。
- 原料在开清棉工序的开松程度高, 有利于梳棉工序的除杂。
- 原料在开清棉工序被高度松解, 可减少在梳棉机上纤维的损伤。
- 由于对开松程度不断改善的要求, 所以原棉的开松与除杂在一台(万能)开松机上完成是非常困难的。
- 另一方面, 开清线上的每一台机器通常也代表着对纤维产生了相当大的损伤。
- 因而, 除了经济性考虑之外, 从质量角度考虑, 开清棉车间应采用尽可能少的机器道数。
- 在握持状态下对喂入原料进行开松, 通常开松强度高但不温和。
- 在自由状态下对喂入原料进行开松, 作用温和但不强烈。
- 开松的纤维束(块)应尽可能接近球形。狭长纤维束(块)在滚动或气动输送过程中会产生缠结, 最终会形成棉结。
- 减小喂给装置与开松罗拉之间的隔距, 将增加原料的开松程度, 但也增加了纤维原料的应力(损伤)。

2.5. 梳理

2.5.1. 梳理的目的

梳理的首要的目是将纤维束分离成单纤维。此外, 梳理还有除杂、减少棉结、提高纤维的平行度、混合和排除部分短纤维的作用。然而, 短纤维的清除效果只能通过比例来看。

排除的原料主要在盖板花中。假设盖板落棉在1% - 2%, 其中大约一半是短纤维。由于短纤维排除的比例太小, 以至于采用目前粗略的纤维测量仪器难于进行测量。梳理作用是借助于相对配置的锯齿或梳针来完成的。

2.5.2. 针布排列

两针面之间的配置有两种可能: 梳理配置和剥取配置。

在剥取配置中，作用在一个针齿上的力的方向已经发生了变化（图19）。力F可分解为两个分力：分力D把纤维压向针齿，剥取分力A有把纤维推离针齿的趋势。纤维被另一针布的针齿抓取并被剥离。

2.5.3.3. 离心力

离心力是由机器部件旋转产生的。然而，只有在机器部件的旋转速度相当大时，离心力才能产生显著影响。实际上，这样的速度仅出现在主锡林上，在某种程度上也出现在刺辊上。

离心力的方向为离开主锡林的方向，既作用于纤维上，也作用于杂质上。尽管如此，纤维不会被离心力所抛落（至少长纤维是这样），这是由于主锡林转动产生的较大空气阻力把纤维压回与主锡林对应的盖板。与其它类型的作用力相比，离心力的影响较小，除了考虑对杂质和短纤维的作用时。在这种情况下，离心力有助于将杂质和短纤维从主锡林转移到盖板上。

2.5.4. 纤维转移系数

其它条件相同时，对梳理配置针齿作用力的研究表明，纤维被哪个针尖抓取是随机的。

这种随机结果并不是普遍适用的。尽管道夫与主锡林之间也是梳理配置，但道夫必须能抓取部分纤维。如果下列转移条件得到改善，则实现这一点是可能的：

- 增加道夫针布的齿尖密度（不适用于金属针布）。
- 道夫针布采用较大的梳理角，使拉向针齿的分力E增大，从而有助于增加梳理能力。
- 通过经常磨针，保持针布的抓取效果。
- 通过连续剥取棉网，保持道夫针布的清洁和接收纤维能力。
- 设置非常小的主锡林和道夫隔距。
- 在主锡林和道夫汇合区域创造特殊的气流条件，促进纤维转移。

即使采取了上述措施，纤维从锡林转移至道夫的机率甚至还达不到50:50。

根据Artzt和Schreiber的研究结果^[11]，金属针布的转移系数仅为0.2~0.3。

这意味着，一根纤维在转移至道夫之前，平均要随主锡林旋转3~5转。这是由于纤维对主锡林有很强的附着力引起的。经过多次通过盖板，有的纤维被挤进了主锡林针布内。

2.5.5. 梳棉机上最重要的工作区

2.5.5.1. 给棉罗拉和刺辊之间的预开松作用

由于刺辊必须以很大的作用力将纤维束从相当厚的喂入棉层中撕扯出来，所以给棉罗拉和刺辊之间的区域是梳棉机上问题最严重的区域。在这里，纤维损伤几乎是不可避免的。

然而，纤维损伤并不是唯一重要的方面。对梳理质量有直接影响的开松程度也很重要——开松程度越好，梳棉机的生产率越高。

开松程度，除杂程度，尤其是原料的损伤受到以下因素的影响：

- 喂入棉层的厚度；
- 喂入棉层的密度；
- 喂入棉层的均匀度；
- 生产速度；
- 锡林转速；
- 锡林针布；
- 给棉板形式；
- 给棉板配置（顺向喂入或逆向喂入）。

另一方面，刺辊是除去大杂质的主要区域。

2.5.5.2. 主锡林和盖板之间的梳理作用

梳棉机的主要作用是把纤维束分离成单纤维，它是在主锡林和盖板之间完成的。只有通过纤维的分离，才有可能除去剩余杂质，特别是细小的粒子和尘杂。这些杂质进入盖板花，被排杂系统吸走，或落下成为落棉而被除去。

当一根盖板进入工作区后，首先会抓取纤维，使盖板针面负荷达到饱和。这个过程进行得较快，仅在几根盖板进入工作区后就完成了。此后，盖板几乎不进一步抓取纤维，只起梳理作用。

于是，如果一个纤维束没有被前几根盖板抓取，则就难以获得开松，它将在两个工作针面之间滚动，并且常常导致棉结形成^[13]。

在这个工作区，棉结的减少也同样重要。Kaufmann^[12]指出，75 %的棉结能被分梳开，实际上其中约有60 %的棉结被分梳开。

剩余40 %能分梳开的棉结：

- 30 - 33 %进入条子；
- 5 - 6 %随盖板花排除；
- 2 - 4 %随落棉排除。

分离的强度取决于：

- 针布的锋利度；
- 主锡林与盖板间的隔距；
- 针布的针齿密度；
- 刺辊的速度（高，但不太高）；
- 道夫的速度（高，但不太高）。

2.5.5.3. 道夫转移区

主锡林与道夫间的针布配置并不是像可能预期的那样为剥取配置，而是梳理配置。这是纤维获得凝聚并最终形成棉网的唯一途径。它既有优点也有缺点。优点是纤维在这里获得了补充梳理作用。这是重要的，因为纤维在此处受到的作用与盖板处稍有不同。

应该指出的一个缺点是，在这里纤维会形成弯钩。转移之前，一些纤维的一端被主锡林的针齿握持（图20，T）。在转移过程中，纤维伸出的另一端被道夫针布抓住。然而，由于主锡林的速度要比道夫高很多，锡林针布的针齿（T）沿回转方向梳理纤维，而纤维的后端仍然被握持在道夫的针齿上（A）。

这样，在纤维头端就形成了弯钩。在棉网中，并且在生条中，大多数纤维弯钩呈后弯钩形。然而，除了形成弯钩这一严重缺点外，此处也产生梳理作用，锡林针布梳理被道夫针布握持的纤维，或道夫针布梳理被锡林针布握持的纤维。在这里还可以解开棉结，或在下次通过盖板区时解开没有分离的棉结^[11, 14]。

此处的梳理强度（如在其它梳理位置一样）取决于^[14]：

- 针布类型；
- 针齿的几何形状；
- 单位面积的针齿数；
- 梳理针面之间的距离；
- 针面间速度关系；
- 针布的锋利度；
- 针布的磨损程度。

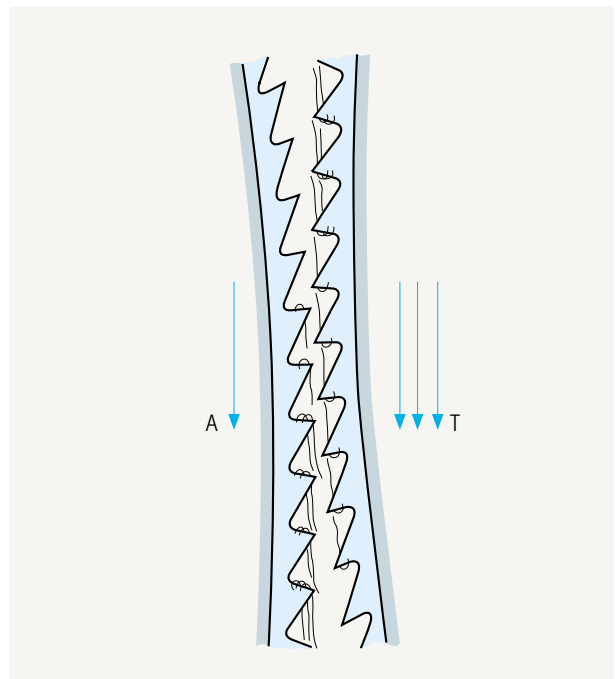


图 20 纤维从主锡林（T）到道夫（A）的转移

梳理强度也与锡林直径有关，大直径意味着在工作区有大的接触面积。这样，除了改善转移系数外，原料受针布梳理的范围也变长了。

2.6. 纤维弯钩的伸直

2.6.1. 伸直作用

如前所述，在梳棉机上棉网形成过程中的一个缺点是纤维会形成弯钩。根据Morton和Yen在英国曼彻斯特所做的研究及其它研究，我们可以假设，棉网中的纤维呈现下列弯钩：

- 50 %以上的后弯钩；
- 约15 %的前弯钩；
- 约15 %的两端弯钩；
- 20 %以下的没有弯钩。

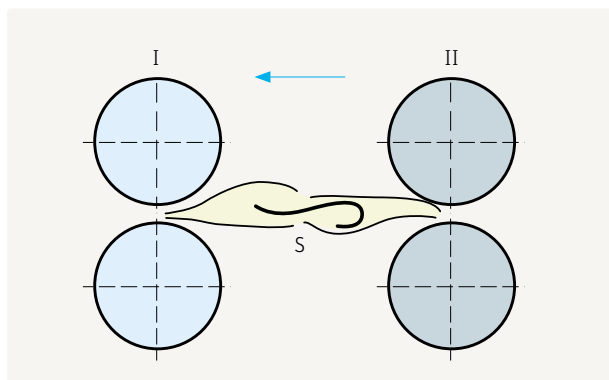


图 21 牵伸装置中的后弯钩

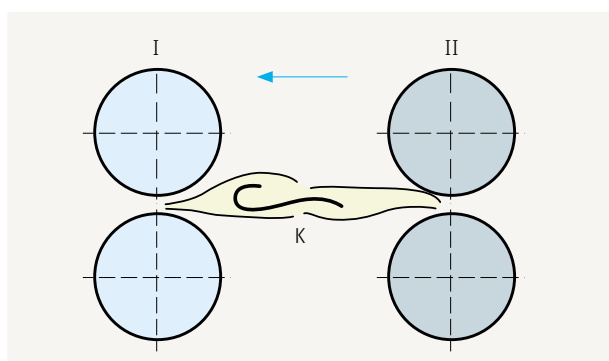


图 22 牵伸装置中的前弯钩

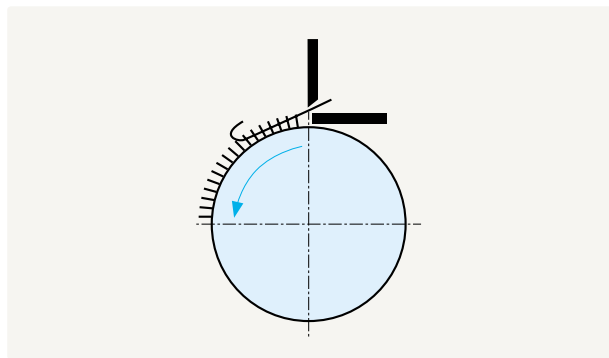


图 23 精梳机中的前弯钩

这些纤维弯钩会把较长的纤维变成短纤维，这对纱线质量是不利的。因而，在成纱之前必须消除弯钩。这可以采用下述的牵伸或精梳方法来完成：

在牵伸装置中，纤维弯钩可能以前弯钩或后弯钩的形式位于纤维集合体中（图21和图22）。首先考虑后弯钩（S）：可以看到，在一定时间内，后弯钩与纤维须条中的其余纤维一起以后罗拉的速度向前罗拉运动。如果纤维头端进入牵伸罗拉钳口区，则纤维会加速。然而，由于尾端正随相对较粗的慢速运动的纤维集合体一起运动，因此在整根纤维都达到牵伸速度（快速）之前，纤维被伸直—即弯钩被消除。另一方面，前弯钩（K）立即全部被前罗拉钳口所握持并在向前传输过程中保持不变（图24）。然而，精梳机主要伸直前弯钩，因为圆梳的梳针仅能梳直前弯钩（图23）。

2.6.2. 要求的工艺道数

为了消除纤维弯钩，喂入精梳机的纤维弯钩必须是前弯钩，而喂入环锭细纱机的纤维弯钩必须是后弯钩。如图24和25所示，在梳棉机到这些机器之间，每经过一道工艺就发生一次弯钩倒向。因此，介于其间的工艺道数有确定要求：在梳棉机至精梳机之间，工艺道数必须是偶数；而在梳棉机至环锭细纱机之间，工艺道数必须是奇数。在转杯纺系统中，弯钩的配置不太重要^[15]。

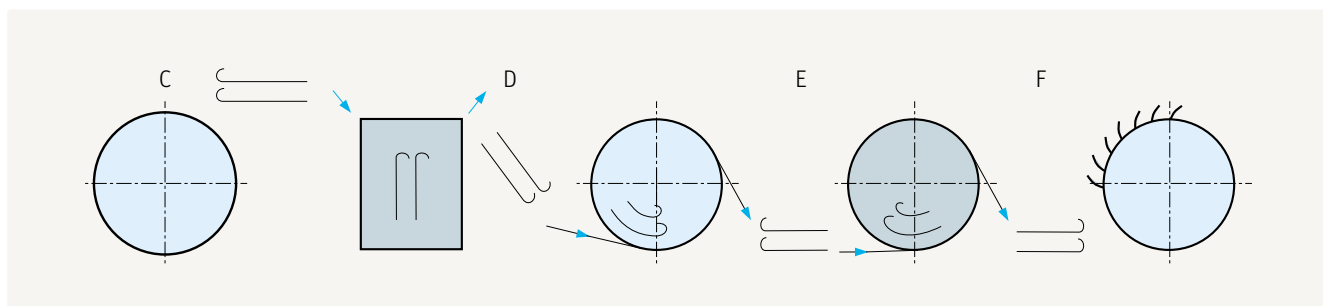


图 24 梳棉机和精梳机之间弯钩配置的倒向
C，梳棉机；D，条卷机；E，并卷机；F，精梳机

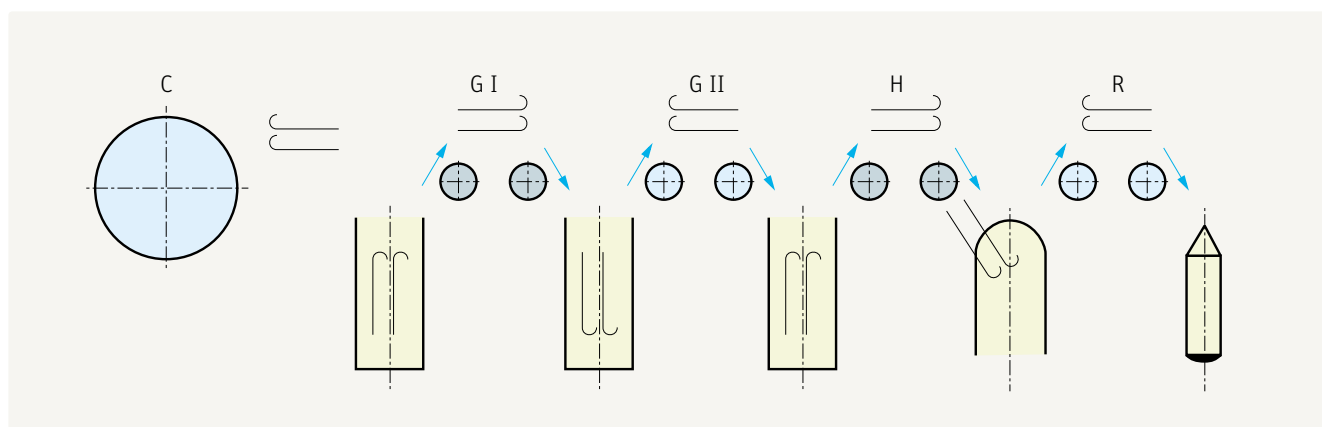


图 25 梳棉机和环锭细纱机之间弯钩配置的倒向

C, 梳棉机; GI, 并条机I; GII, 并条机II; H, 粗纱机; R, 环锭细纱机

3. 除杂

3.1. 需要除去的杂质

在除杂过程中，必须减弱杂质与纤维之间的粘附力，以使杂质粒子能与纤维原料分离。所采用的主要方法为将喂入原料开松为纤维束，并使这些纤维束在尘格上方加速运动。泥土、尘杂和棉结都应除去。

除杂始终是一个重要的基本作用，而且还会变得更加重要。首先，由于机器采摘，棉花中包含了越来越多的杂质，而且经过剧烈的轧棉加工后，有些杂质被粉碎了；其次，与传统纺纱工艺相比，几乎所有的新型纺纱工艺对原料除杂都提出了更高要求。

3.2. 除杂方法

天然纤维可能用到的除杂方法大体上可分为以下三类：

- 化学除杂；
- 湿法除杂（洗）；
- 机械除杂。

此处的讨论将限于机械除杂范围内。通常，机械除杂仅能除去纤维束表面的杂质。

除杂会用到下列步骤：

- 击打 = 杂质掉落
- 打击 = 杂质排出
- 刮擦 = 杂质分离
- 抽吸 = 杂质分离
- 梳理 = 杂质排出
- 离心力作用 = 杂质排出

在开松装置上用针板、鼻形打手等进行击打作用，使纤维束与尘棒反复碰撞，杂质掉落。

在打击作用中，纤维束受到突然的强烈打击。当纤维束被加速到较高速度时，由于杂质受到的空气阻力较小，其惯性力比开松过的纤维束大得多。当纤维束被猛掷到尘棒上时，尺寸小的杂质穿过尘棒间隙进入落棉箱，而纤维束则继续围绕在转动着的打手周围。当纤维被引导通过机器部件时，在尘棒、除尘刀甚至其它纤维的较高摩擦作用下，杂质被刮擦掉。

这个作用在除去尘杂中是最重要的。抽吸方法不太适合于除去大杂质，而适用于排除尘杂。输送气流通过过滤装置或穿孔金属板时，在打击或输送过程中已从原料中释放的尘杂粒子，随气流穿过小孔被排除，而纤维束则不能通过。

在梳理时，梳针完全穿过纤维层，并把杂质从纤维层内带出。这是机械除杂中唯一能从原料内部而不仅仅从表面除去杂质的一种形式。

不需要打击，纯粹利用离心力，也可以产生除杂作用。例如，在梳棉机上，由于和纤维相比，杂质具有较高的质量与表面积比，因而杂质粒子可被抛至盖板上，而纤维则由于气流的作用仍保留在锡林针布上。原Platt公司的“气流除杂机”（图26），就主要采用了这种方法。在这个机器上，在输送方向被突然改变（管道转折角度超过90°）之前，输送气流和纤维原料（A）被迅速加速，纤维束能绕过弯管继续向前运动，而较重的杂质则直接从管道的狭缝中抛出，落入废棉箱中（C）。

然而，近几十年来，由于杂质变得越来越小，这种方法已不起作用了——它已被废弃了。

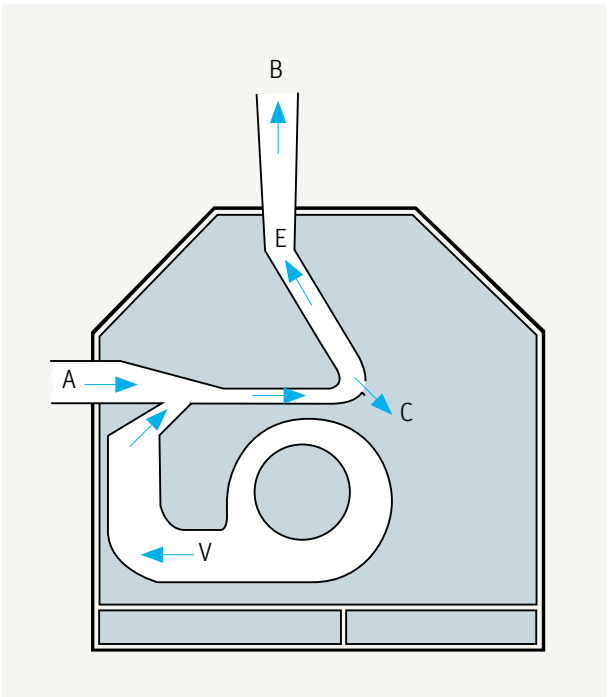


图 26 原Platt公司的气流除杂机

3.3. 尘格和除尘刀

不考虑穿孔表面和梳理元件，可以使用一些装置使原料和杂质分离。这些装置允许杂质通过，但能将纤维束留住。大多数情况下，使用尘格（在打手下面），并在尘格前面附加一把或两把除尘刀（图27）。尘格可由穿孔金属板（除杂效果低）、狭缝金属板（除杂效果低）、一根接一根排列的带刃尘棒等制成。通过调节尘格和除尘刀，可控制除杂效果。除杂强度取决于：尘棒与开松装置的隔距；尘棒相对于开松装置的安装角；尘棒间隔距。

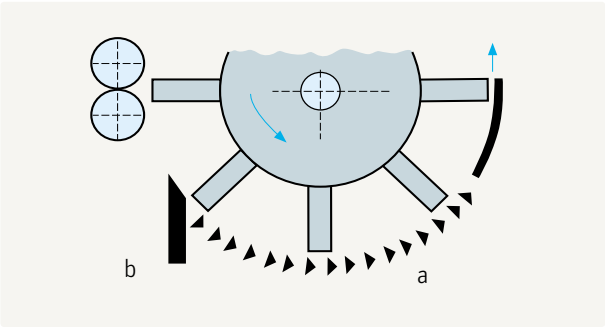


图 27 开松元件的配合，尘棒（a）和除尘刀（b）

3.4. 影响因素

- 杂质粒子越大，越容易被除去。
- 由于几乎每台开清棉机器都能造成杂质破碎，所以在加工开始阶段应除去尽可能多的杂质。
- 除杂应紧接在开松后进行（如有可能，在同一机台上更好）。
- 开松程度越高，除杂效率越高。
- 非常高的除杂效果几乎总是以高的纤维损失为代价的。
- 在两可的情况下，开清棉工序的除杂应稍少一些，而梳棉工序的除杂应稍多一些。
- 在使用废棉回用设备的地方，开清棉工序的落棉比例稍高一些，也可以接受。

- 较高的开松罗拉速度，会产生较好的开松效果，但同时纤维损伤也更大。
- 开松罗拉速度超过某一最佳值后，不能改善除杂能力，但纤维应力会增加，从而造成纤维损失增加。
- 高含杂原棉与洁净原棉混合，高含杂原棉中的杂质会分布在更大的原料体积中，这将使除杂更加困难。
- 高含潮率的原料比低含潮率的原料除杂困难。
- 产量提高，或喂入棉层增厚，会使除杂效果下降。

3.5. 除杂程度和除杂阻力

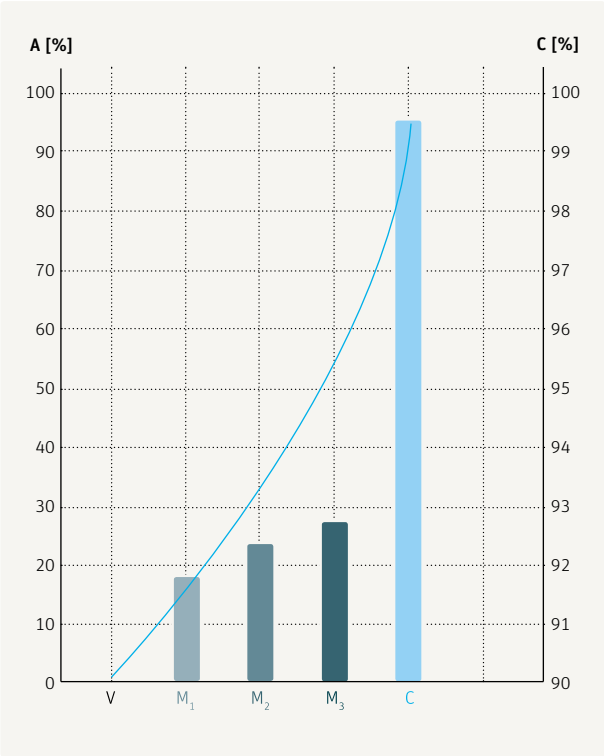


图 28 除杂程度随经过的机器道数而增加的情况
A，开清棉机器的除杂程度；C，除杂程度（在垂直轴上）；V，喂入原料；M1 - M3，开清棉机器1 - 3；C，梳棉机

以前，一台机器的除杂效果仅能做出估计。而今天，除杂效果可被较精确地确定，并具有较好的再现性，可以进行比较。为达到这个目的，除杂指数定义如下：

$$C_T = \frac{D_F - D_D}{D_F} \times 100 \%$$

式中： D_F — 喂入原料的含杂率；
 D_D — 输出原料的含杂率；
 T — 全部。

含杂率通常借助于重力测量法来确定，如使用微杂质分析仪MDTA3，AFIS或锡莱分析机测定。图28（来源于特吕茨勒公司^[16]）表明了各台单机以及整个开清棉车间和梳棉车间设备的除杂指数。

除杂指数在很大程度上取决于含杂率，但含杂率不是影响除杂指数的唯一因素，杂质粒子的大小、杂质对纤维的粘附力也有影响。因此，含杂率相同但类型不同的棉纤维，其除杂指数可能不同。有些类型的原棉除杂容易，但有些类型的原棉除杂却比较困难。

为表示除杂的难易，引入了一个新的概念，即“除杂阻力”。图29^[16]显示了卧式开松除杂机的情况：

- I区表示原棉具有较低的除杂阻力；
- II区表示原棉具有中等的除杂阻力；
- III区表示原棉具有较高的除杂阻力。

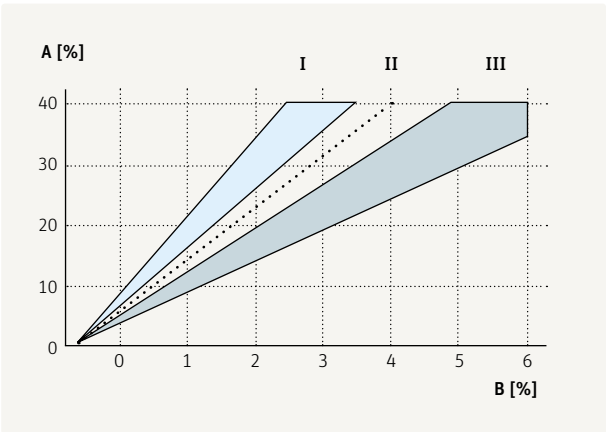


图 29 各种类型原棉的除杂阻力（除杂难易）
A，机器的除杂程度；
B，原棉的初始含杂率；
I，低除杂阻力区；
II，中等除杂阻力区；
III，高除杂阻力区。

3.6. 除尘杂

轧花之前棉花中的尘杂非常少，但在机器加工原棉过程中会产生尘杂。即便尘杂被除去了，杂质的破碎及纤维的粉碎和摩擦又会产生新的尘杂。以前尘杂对纺纱生产者没有太大影响，但现在尘杂已成为问题。

首先，在开清棉车间空气中尘杂浓度极限方面，已通过了越来越严格的法律；其次，许多新型纺纱工艺，尤其是转杯纺，对尘杂的反应非常敏感。

然而，尘杂的除去并不简单。尘杂粒子非常轻，因而随棉纤维一起在输送气流中漂浮。此外，尘杂粒子十分牢固地粘附于纤维之上。如果要除去它们，必须通过摩擦的方法。因而在加工过程中，粘附尘杂的主要排除位置是产生高的纤维与金属摩擦或纤维与纤维摩擦的地方。前者发生在梳棉机的主锡林和盖板间，后者发生在牵伸装置中，主要在并条机的牵伸装置中。现在，并条机牵伸装置周围的吸风排杂系统使并条机成为了良好的尘杂排除机器。在离开并条机的原料中，尘杂含量大约只是原有或新产生尘杂的15 % 左右^[4]。

容易从纤维中分离出来的尘杂，应尽可能在开清棉工序除去。各个机器制造商提供了用于开清棉车间的专门除尘杂机器或装置，它们大多数使用穿孔表面连同吸风装置进行工作。然而，必须记住的是：在穿孔表面上的纤维束也起着过滤器的作用，所以，通常只有比其空隙小的尘杂才能被除去。

加工过程中，被释放的尘杂立即在释放点被吸走也很重要。



.....

.....

4. 混合

4.1. 混合的目的

纺纱厂使用的原料，其特性总是不同的。一方面是由于天然纤维的耕种条件不同以及化学纤维的生产条件不同造成的，这是不可避免的；另一方面是由于纺纱生产者为了改变原料的加工特性和最终产品的特性，故意而为的。

混合的主要目的是：

- 赋予最终产品所需特性（例如，化学纤维与天然纤维混合可使产品具有期望的易护理特性）；
- 抵消原料性能变化（同一产地的原棉，其性能也存在不同，因而必须混合使用）；
- 控制原料成本（混入廉价的原料）；
- 对原料的加工性能产生有利影响（通过与载体纤维混合，改善短纤维原料的加工性能）；
- 通过纤维颜色、特性等的变化，使产品获得花色效果。

4.2. 混合的评定

混合的均匀性必须从两个方向进行评定：纵向和横向。在有纵向不匀的地方，原料的个别成分在纱线的不同部分具有不同的比例分布（图30），这会在织物上产生经向条花疵点。在有横向不匀的地方，纤维在纱线截面中会分布不匀（图31）。混合不匀会导致最终产品的外观不匀。

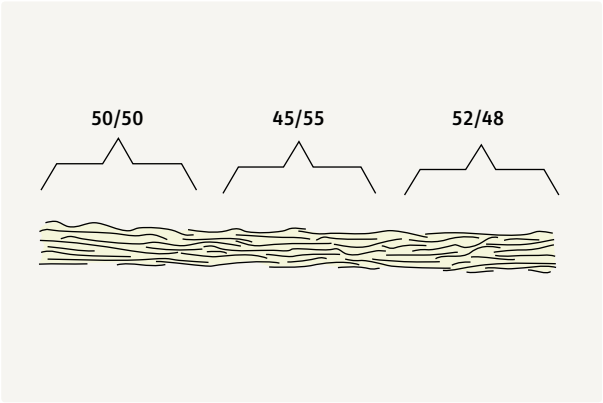


图 30 纵向混合不匀

混合均匀度的测定，例如合成纤维和天然纤维的混合均匀度测定，是昂贵且困难的。通常要将一种成分溶解掉或者染上不同的颜色。

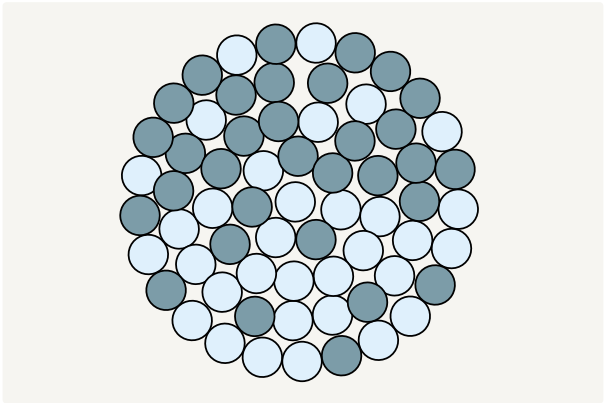


图 31 横向混合不匀

4.3. 解混合

为了将不同纤维均匀地分布在纱线中，首先必须在加工过程中的某些阶段对纤维进行充分混合；其次还必须使这种混合状态保持到捻合成纱阶段。众所周知，满足第一个要求已经很不容易，而满足第二个要求有时则更加困难。长度、表面结构、卷曲度等特性不同的纤维，在运动过程中的表现也不相同，经常产生所谓的“解混合”结果。棉箱（开包机、棉箱给棉机）中的纤维在翻滚过程中，在存在纤维结构不同的地方（例如，棉和化纤）会发生成分迁移。在牵伸装置的牵伸过程中也会出现类似结果。长度或表面形态（光滑/粗糙，染色/未染色，等等）差异大的纤维，彼此之间不可能同样紧密地接触在一起。当受到牵伸力作用时，它们的运动情况不同——这就产生了纤维集束，并且最终导致解混合。气动输送也能引起解混合。

4.4. 混合作用的形式
4.4.1. 可能性

混合可以在各个加工阶段，通过使用各种方法、设备、机器和中间产品进行。各种混合形式区别如下：

混合形式	加工阶段
纤维包混合	开清工序之前
纤维束混合	开清工序中
纤维卷混合	(采用成卷机)
纤维网混合	并卷机或混并机上
纤维条混合	并条机、条卷机（或精梳机）上
纤维混合	梳棉机或转杯纺纱机上
粗纱混合	环锭纺纱机上

此外，也必须区别受控制混合与未受控制混合。在未受控制混合中，各种混合成分被随机集合到一起，并且没有形成混合系统（例如，纤维包混合常常是这种情况）。在受控制混合中，每种混合成分经过精确称量并以有序的方式供给到机器中（例如称量棉箱给棉机）。不同混合工艺在资本成本、劳动强度、混合精度、出错几率和简易程度等方面往往大相径庭，各有优缺点，因而很难提出采用这种或那种混合原理的专利诀窍。

4.4.2. 纤维包混合

这种混合方法在加工的开始阶段进行－对天然纤维或化学纤维都适用。因为即使是化学纤维，其特性也存在差异，也需要进行混合。

纤维包混合是把6包到60包的纤维包排放在一起，同时抓取纤维束的方法。适当使用这种方法，可使纱线特性在几年内基本保持不变。如果采用受控制混合，即在偏差限制范围内选择和排放纤维包，所混合纤维可获得相同的平均长度、细度和/或强度，达到良好的混合效果。由于纤维包混合之后还要进行许多其它加工，因此这种混合方法可以产生良好的横向（横截面）混合效果。但是性能差异较大的原料（如天然纤维与化学纤维混合）采用这种方式混合时，由于纤维束从包中抓取时未受控制，及随后存在解混合可能，因此纵向混合效果常常不能令人满意。

4.4.3. 纤维束混合

与纤维包混合相比，纤维束混合已经相当精细了，而且由于自动抓棉机的使用（混合纤维包的数量并不总是充足的），这种混合方法正变得越来越重要。在每道开清设备中，纤维束混合总是不可避免的，但是混合的程度较小，并且纤维束是在未受控制的状态下进行混合的。在称重棉箱给棉机和混棉机上，纤维束的混合程度比较大，并且是在受控制的状态下进行的。

纤维束混合通常具有与纤维包混合相同的优缺点。但在这两种混合方法中由于可进行称量，纵向和横向混合效果通常都是令人满意的。然而，如果混合在梳棉之前进行，则纵向混合效果能得到相当大的改善，因为之后几乎没有任何滚动发生，因而也就不会出现解混合现象。

如今在许多国家，纤维束混合正变得越来越重要。

4.4.4. 纤维卷混合

这种混合方法现在几乎不用了，但在以前偶尔使用过（例如，棉与化学纤维的混合）。在这种情况下，需要一台并合成卷机；在并合成卷机的喂入部分有一个输送帘子，上面可以放置4～6个棉卷（L），这些棉卷可被同时退解（图32）。从棉卷上退解下来的棉层并合向前输送，经过打手、一对尘笼和棉卷卷绕装置。

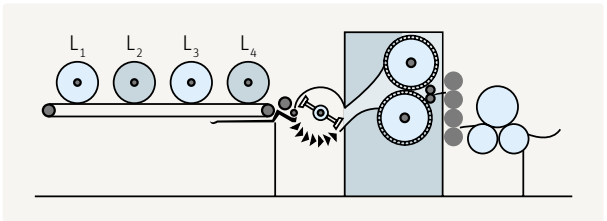


图 32 老式成卷机上的纤维卷混合

因为随后不产生翻滚运动，所以纤维卷混合可产生极好的横向混合和良好的纵向混合。此外，它还具有所有清棉设备的优点：对喂入原料的变化具有很强的适应性。然而，由于必须额外增加一个加工工序，这种适应性的取得是以经济性低和机构复杂为代价的。

4.4.5. 纤维网混合

无可否认，纤维网混合（图33）在并卷机上已经用了很长时间了。它不是把不同成分混合到一起，而是产生非常均匀的小卷，作为精梳机的喂入原料。另一个发展是一种并条机（复并机），它把各种成分以纤维网的形式（在四个牵伸装置之后）并合到一起，而不是以条子的形式并合到一起，达到受控制混合效果。与纤维条混合相比，这种混合方式能获得良好的纵向混合和较好的横向混合，但在保养和调节等方面费用较高且工作量大。

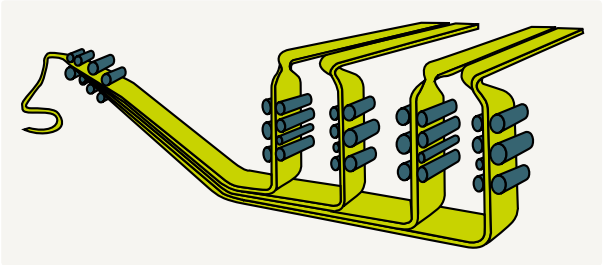


图 33 纤维网混合

4.4.6. 纤维条混合

天然纤维和化学纤维的混合大多是以条子的形式在并条机上进行。这种混合方法的纵向混合均匀度最好。在并条机之前，每种原料可以分别在最适合的机器上加工。然而，在棉纺厂中，在惯例的两道并条之前，还必须增加一道混并。例如，对于混纺比为67/33的混合，一种成分的4根条子与另一成分的2根条子被一起喂入—假设条子的定量相同（图34）。除了必须进行三道并条

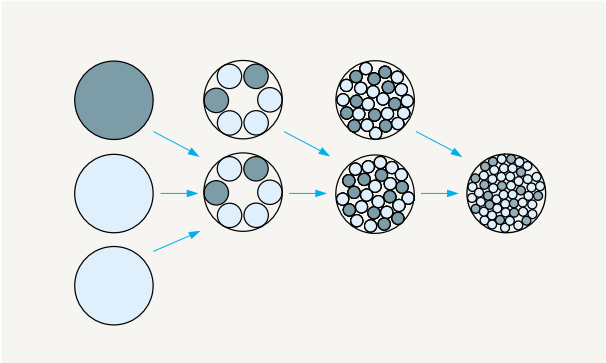


图 34 不同原料的条子混合

之外，这种混合方法的主要缺点是产品的横向混合均匀度差。由于并条机之后不再有产生进一步混合作用的机器，单个成分可能以纤维束的形式保留到成纱中，这会在最终产品中产生经向条花疵点。

4.4.7. 纤维混合

毫无疑问，如果对单纤维进行混合，则能取得最为精细的混合效果。这种混合只有在梳棉机上（程度较小）、粗纺梳毛机上（有时较强烈）及转杯纺纱机上（仅在短片段上）才能获得。然而，受控制的称重混合不能在这些机器上进行。这种混合方式仅能使先前产生的混合更为细致。

4.4.8. 粗纱混合

这种混合方法在短纤维纺纱厂中不常用。在毛纺中，这种方法在生产花式纱时还有一些使用。两根不同颜色的粗纱被喂入到环锭细纱机的牵伸装置中。由于单纤维在牵伸装置中不发生混合，在经过牵伸装置后，纤维须条被直接加捻成纱，在纱线的短片段上形成一种或另一种颜色为主的情况，这种纱线被称为混色纱。赛络纱（替代双股纱）生产是这方面的另一应用。

4.5. 混合过程

4.5.1. 混合作用的几个阶段

混合分三个阶段进行^[17]（图35）：

- 称量：准确地测量和确定每种成分的重量；
- 混合：将称量过的原料混合到一起；
- 混合均匀：将各种成分均匀地分布在纤维集体中。

每个阶段都同样重要。然而，困难主要在于混合均匀以及保持已取得的混合效果。对于表面结构不同及拉伸中能量吸收能力不同的纤维，要保持混合效果是非常难的，因为在各个加工阶段都有发生解混合的趋势。

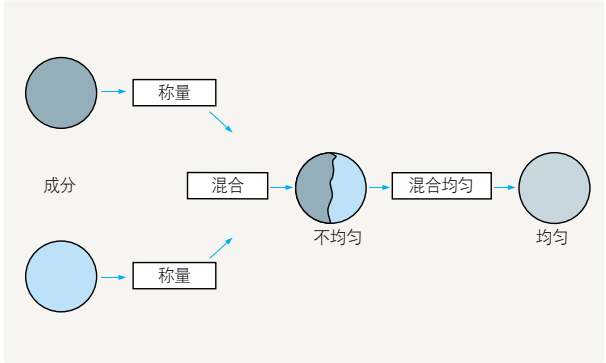


图 35 混合作用的各个阶段

4.5.2. 称量

应区分下面几种方法^[17]:

- 随机混合，如开清机器、梳棉机等机器中的混合。
- 称量间歇混合，如称量棉箱给棉机中的混合，不同成分分批间歇喂入。
- 称量连续混合，如精细混棉机A 81 UNIBlend（立达）、纤维束混合机（特吕茨勒）和并条机中的混合。并条机上不是分批喂入，但某一成分的纤维可能以束的形式保留在整个产品中。

5. 降低纱线不匀

5.1. 纱线不匀

5.1.1. 不匀极限

纺纱厂总是设法生产出尽可能均匀的纱线，因而纱线的均匀性是最重要的。为了生产出完全均匀的纱线，纤维的所有特性必须在整根纱条上均匀分布。然而，由于纤维原料的不均匀性和机械设备的约束，不可能得到完全均匀的纱线。因此，可达到的纱线均匀度有一个极限。Martindale指出，最佳的可能性是，在所有条件都非常有利的情况下，能够达到如下的均匀度极限（环锭纱）：

$$U_{\text{极限}} = \frac{80}{\sqrt{n}} \times \sqrt{1 + 0.0004 CV_0^2}$$

或

$$CV_{\text{极限}} = \frac{100}{\sqrt{n}} \times \sqrt{1 + 0.0004 CV_0^2}$$

式中，n是纱线截面中的纤维根数，CV₀是纤维直径的变异系数。由于棉纤维和化学纤维的直径变异系数很小，在工业应用中可以忽略不计，上述等式可简化为：

$$U_{\text{极限}} = \frac{80}{\sqrt{n}} \text{ 或 } CV_{\text{极限}} = \frac{100}{\sqrt{n}}$$

上式可表达为CV=1.25U（公认的近似关系）。纤维根数可由下式估算：

$$n_f = \frac{\text{tex}_{\text{纱线}}}{\text{tex}_{\text{纤维}}}$$

不匀率指数I用来评价实际生产中取得的成纱均匀度。它的计算方法为：

$$I = \frac{CV_{\text{实际}}}{CV_{\text{极限}}}$$

5.1.2. 加工过程中的均匀度恶化

在纺纱厂的加工过程中，在并条机之后，产品的不匀率随工艺道数的增加而增加。这有两个原因：

- 纱条截面中的纤维根数逐渐减少。纱条截面中的纤维数量越少，纤维的均匀排列越困难。
- 每道牵伸作用都会增加纱条不匀。

任一台机器对均匀度恶化所产生的影响都可以计算出来。例如，用条干不匀率CV值为4 %的粗纱，生产出条干不匀率CV值为13.6 %的环锭纱，则环锭细纱机所造成的不匀是：

$$CV_{\text{实际}}^2 = CV_{\text{喂入}}^2 + CV_{\text{增加}}^2$$

在本例中：

$$CV_{\text{增加}} = \sqrt{13.6^2 - 4^2} = 13 \%$$

5.1.3. 不同片段长度的不匀

纱线片段长度，譬如为10 mm，仅包含很少的纤维。如果这些纤维中仅有某些纤维不规则排列，也会对纱线不匀造成很大影响。如果纱线片段长度为10 m，那么整个长度上有大量纤维，则少数纤维的不规则排列几乎难以被观察到。因此，同样的纱线，基于8 mm片段长度，条干不匀率CV值是14 %；而基于100 m片段长度，条干不匀率CV值只有2 %。纱线不匀的程度取决于纱线的片段长度。因而，不匀率有短片段不匀（乌斯特试验仪测定），中片段不匀（很少用）和长片段不匀（支数变异）。如果将纱线的变异系数和对应的片段长度绘制在一个坐标系中，就得到了众所周知的变异系数-长度曲线（见图36的简化示例）。纱线短片段不匀，会导致产品的外观不匀；中长片段（到长片段）不匀，会导致产品的经向条花；长片段不匀，会导致针织物和机织物中出现横档。

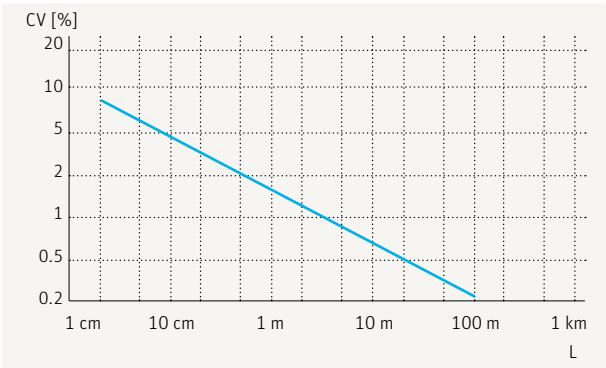


图 36 变异系数-长度曲线(CV_L%)

5.2. 提高均匀度的方法

每个加工阶段都是产生疵点的来源，尤其是牵伸装置中的牵伸，会大大增加不匀性。为了最终获得可用的纱线性能，加工过程必须包括一些可以增加均匀性的工艺。这些工艺可以是：并合、匀整、或牵伸同时加捻。

现在，并合仍被广泛采用，匀整也变得越来越重要，但牵伸同时加捻仅在毛纺厂大量应用。这些工艺概述如下。

5.3. 并合

5.3.1. 均匀效应

这是一个简单、不很精确但最充分的均匀方法（图37）。若干个半制品被一起喂入，例如几根条子被一起喂入到牵伸装置，生产出单个的新产品。所有细节、所有粗节分别各自重合的可能性是很小的。相反，它们趋向于被分散，并因此相互补偿，且补偿大多以随机方式进行。只有短片段到中片段不匀能得到均匀。

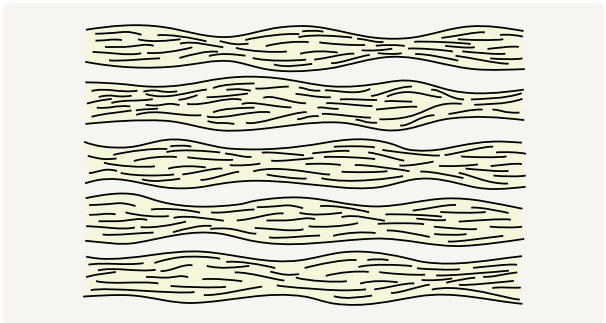


图 37 并合的均匀效应

5.3.2. 横向并合

原则上，每种并合加工都是横向并合，因为喂入品总是并排喂入并合在一起的。然而，此处要介绍的是一种十分特殊的横向并合。

如果采用两道并条，分别是头并和二并，且每台并条机有两个输出眼。头道并条机第一个眼输出的所有条筒只被传送到第二道并条机的第一个眼，且第二个眼的条筒也以同样方法处理。

在这种方法中，半成品是直线传送的。然而，头道并条机输出的一半条筒也可以横向传送，即横向喂入第二道并条机（图38）。横向并合能够改善长片段均匀度和混合效果。但遗憾的是，由于机器道数的减少和生产速度的不断提高，横向并合在实际生产中的应用正在逐渐减少。例如，以前一个重要的横向并合点是成卷机和梳棉机之间的棉卷混合。

在缓冲区，棉卷垂直放置，但水平移走。

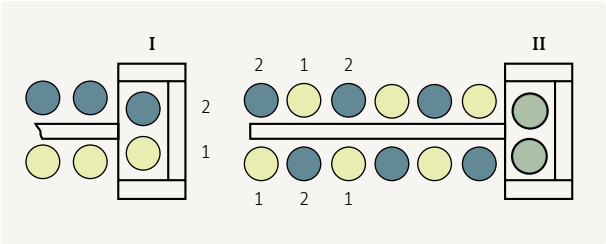


图 38 并条机上的横向并合

5.3.3. 后并

在过去，只能对半成品进行并合，如条子、纤维网等。随着转杯纺的发展，一种更为深入的并合工艺出现了，即纤维并合。

分梳辊和输纤管把条子几乎分解成了单纤维，这些纤维在纺杯凝聚槽中一根叠一根整齐排放，在纺杯内被重新凝聚为纤维集合体。

这种所谓的“后并”可产生精细的混合效果和良好的均匀作用，但仅在纺杯周长片段长度上起作用。对于可能已存在于条子中的长片段不匀，后并不能产生积极影响。

5.4. 匀整

5.4.1. 检测、开环和闭环控制

为了更好地理解随后的论述，让我们简要地以房间加热为例，来弄清楚这三个概念。如果在一个供暖的房间里放上温度计，并且读取温度，那么只能测量出室内温度。如果温度不符合要求，就要采取适当的措施。然而，也能借助于外面的恒温器控制供热系统，并由外界温度的高低来确定供热的多少。

只要房间的温度保持稳定（例如，如果房间一直只有一个人），则不会有什么问题发生。然而，如果公寓的主人召集了一个10~15人参加的聚会，房间将肯定会变得很热。开环系统缺少对变化结果、甚至变化是否发生的核对。这个系统可被称为控制链。如果恒温器装在房间内，并且设定一个具体的温度，则这个系统就不同了。通过不断比较实际温度和设定温度，不管房间里发生了什么，温度都被保持恒定。这种系统具有持续的自我监测功能，可被称作闭环控制系统。开环和闭环控制在纺纱厂都有应用。在开环和闭环控制中，都对通过检测装置的纤维体积进行检测，并通过改变牵伸倍数来进行匀整，其过程描述如下。

5.4.2. 开环控制

为了连续检测实际值（体积），在喂入区域安装一个检测传感器——有机械式、光学式和气动式或其它形式（图39）。调节装置用于比较检测结果和设定值、放大偏差信号并将其送入匀整装置，匀整装置最终将脉冲转换为机械调节量。

通过这一系列步骤进行控制，需要添加一个元件，即记忆延迟装置。由于原料必须走过从检测点到匀整点这段距离，因而到达匀整点需要一定的延时。在原料走到匀整点这一瞬间前，信号必须被保留在记忆延迟装置中。除了缺乏自我监测外，这一额外要求是开环控制的第二个缺点。其第三个缺点是，任何时间都要求匀整量非常精确。

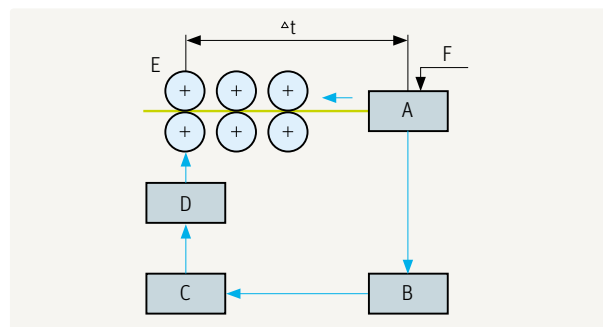


图 39 开环控制原理

A, 检测传感器; B, 记忆延迟装置; C, 放大装置; D, 匀整装置; E, 匀整点; F, 设定值输入

5.4.3. 闭环控制

检测传感器通常被安置在输出部分，即匀整装置的下游（图40）。与开环控制相比，其检测点在匀整点之后。闭环控制可以使用同样的检测、调节和匀整装置，但不需要记忆延迟装置。此外，实际值无需被定为绝对值，而可以源自于负值、正值或中性脉冲。

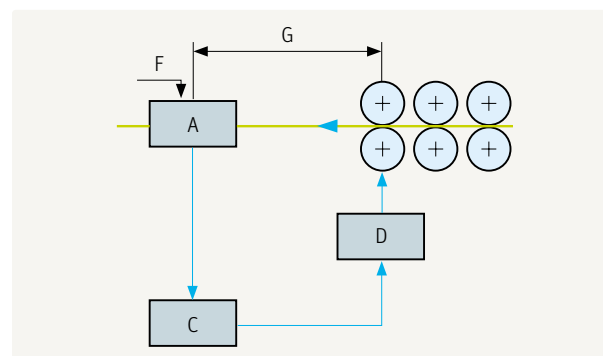


图 40 闭环控制原理

A, 检测传感器; C, 放大装置; D, 匀整装置; F, 设定值输入; G, 死区距离

如果经过传感器的原料太多，调节传送装置将接收到一个负信号（即降低速度），直到实际值和设定值再次一致。当实际值与设定值一致时，既不产生正信号也不产生负信号——保持原来的瞬时速度。比起开环控制，闭环控制的原理是相当简单的。然而，这个优点，及其自我监测的优点，必须与一个严重的缺点相权衡，即系统中固有的匀整死区。当匀整信号到达匀整点时，被检测的部分已经通过了匀整点，因此被检测的部分不能得到补偿。

5.4.4. 牵伸的调节

调整喂入速度还是输出速度也可以进行选择。在棉纺厂, 一般采用调整喂入速度。改变输出速度, 除了导致其它改变之外, 还会导致产量状况不断改变。然而, 如果梳棉机和并条机被合并成一个生产单元, 为保持同步性, 要求喂入速度恒定。

然后,捻度被重新分布,并且牵伸均匀地影响纱条所有部分。如果遇到另一个细节,整个上述过程将得到重复,补偿作用连续发生。这种工艺典型地应用于走锭纺和粗梳毛纺系统。

6. 纱条的变细(牵伸)

6.1. 牵伸装置的牵伸

6.1.1. 牵伸和变细

今天，在大多数纺纱厂中，生产的第一个半制品是生条。在生条截面中约有20 000 - 40 000根纤维。

经过几个工序的加工，在成纱截面中，纤维数量必须减少到约100根左右。减少纱条截面中的纤维数量可以通过下面两种方法来完成：

- 通过牵伸，即把大致恒定的纤维总数分布到产品的更长片段中去^[13]；或
- 通过把纤维排除（损失）到落棉（p）中去。

这里所说的排除并不是有意让纤维数量减少，而是除杂所带来的不可避免的副作用；它仅出现在开清棉、梳棉和精梳工序（在精梳工序中，损失一些纤维是有意而为的，其目的是为了除去短纤维）。

然而，由于这里同时发生了牵伸，所以采用了“变细”这个术语。它被定义为：

变细=牵伸 × $\frac{100}{(100 - p)}$

式中的p是落棉率。

须条横截面中纤维数量的减少，逻辑上将导致其直径减小。以细度表示，可以得到下面的关系式：

$\frac{d_A}{d_z} = \frac{\sqrt{tex_A}}{\sqrt{tex_z}}$

式中： d_A = 输出产品直径；
d_z = 喂入产品直径。

6.1.2. 牵伸作用

在牵伸过程中，纤维之间必须克服摩擦抱合力，尽可能有规律地相对运动。这里所说的“有规律”意味着所有纤维在受控制状态下，彼此间以等于牵伸倍数的相对移动达到重新排列。

然而，这样的规律性是以纤维原料和机械设备的理想化为前提的。实际上牵伸作用总是不规则地进行的，因而每个牵伸阶段都会导致不匀率的增加。

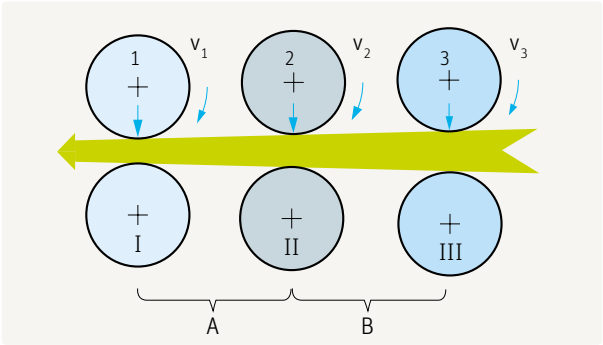


图 41 罗拉牵伸装置中的牵伸

牵伸主要受罗拉牵伸装置的影响（图41）。纤维被牢牢钳持在下钢罗拉和加压上胶辊组成的钳口之间。现在，如果让这几对罗拉以这样一种方式运转：即它们的表面速度沿输送方向，从一对罗拉到下一对罗拉逐渐增加，那么纤维将被拉开，即产生了牵伸作用。牵伸倍数可以定义为输出长度（L_D）与喂入长度（L_F）的比值，或相应的罗拉表面速度比：

$V = \frac{L_D}{L_F} = \frac{V_D}{V_F}$

式中： V = 罗拉表面速度， D = 输出， F = 喂入。图示的牵伸装置有两个部分牵伸区，即：

- 后牵伸区(B): $V_B = v_2 / v_3$, 和
- 主牵伸区(A): $V_M = v_1 / v_2$

总牵伸倍数总是部分牵伸区牵伸倍数的乘积，而不是它们的和：

$V_{\text{总}} = V_1 \times V_2 \times \dots \times V_n$

6.2. 牵伸装置中的牵伸作用

6.2.1. 牵伸力

随着纤维沿罗拉表面的输送，它们被拉开。为了完成牵伸，纤维必须以罗拉表面速度运动。从罗拉速度到纤维速度的转移，代表了牵伸作用的问题之一。这种转移仅通过摩擦力实现，但纤维须条是相当厚的，仅有外层与罗拉接触；此外，还有各种非恒定的力作用于纤维上。

为了用示意图进行说明（图42），在这里将考虑牵伸装置中作用于纤维f上的各种力。这根纤维的尾端位于纤维体B₁中，B₁正以较慢的速度v₂向前运动。纤维前端已经处于以较高速度v₁运动的纤维体B₂中。在这个例子中，张力F_z作用于纤维f上；这个张力由以较高速度运动的纤维体B₂中与f相邻的纤维以及纤维体B₁的握持力F_R形成。为了允许纤维f加速并最终产生牵伸，F_z必须大于F_R。如果F_z仅稍大于F_R，则纤维须条不能获得永久变形。在这种情况下，纤维的伸直和伸长是暂时的。延伸力去除后，这种伸直和伸长就会立即消失。

如前面已经间接说明的那样，产生牵伸作用要经过三个阶段：

- 使纤维伸直（去掉卷曲）；
- 使纤维伸长；
- 使纤维从周围的纤维须条中滑出。

有效牵伸力可以由图43中的曲线形式表示。到达m点之前，曲线以很陡的斜率上升，到了m点纤维开始滑动，这是伸直和伸长阶段。到n点，许多纤维已经滑动。从n点再向前，随着牵伸倍数的增加，曲线缓慢下降。随着牵伸程度增加牵伸力减小的原因很容易解释——因为牵伸倍数的增加意味着纱条横截面内纤维数量减少，所以需被加速的纤维数量不断减少，即需要从慢速运动的须条中抽出的纤维数量不断减少。

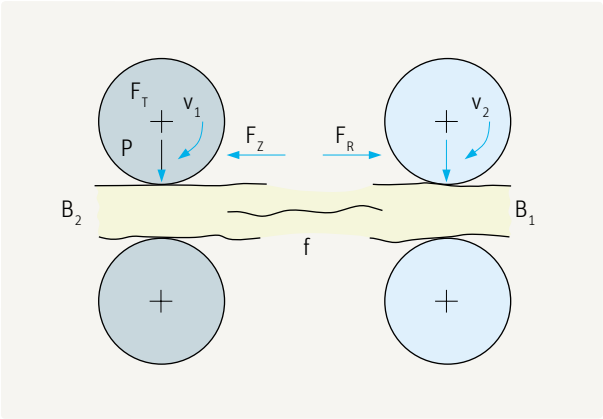


图 42 牵伸过程中作用在纤维（f）上的力

除了须条横截面内的纤维数量外，牵伸力在很大程度上也取决于：

- 纤维在须条中的排列（平行或交叉排列，有无弯钩）；
- 纤维之间的抱合力（与纤维表面结构、卷曲度、整理情况等有关）；
- 纤维长度；
- 罗拉钳口间距。

6.2.2. 粘滑运动

采用较小的牵伸倍数，即牵伸倍数V在1到2之间，牵伸力通常不足以引起永久性的纤维相对移动。在这个区域，即所谓的临界牵伸区，经常可以观察到极具破坏性的粘滑效应。

这里，牵伸力必须使纤维从静态（紧密须条中纤维的静止抱合）变为动态，也就是使纤维与相邻纤维产生相对运动。与其它领域的情况相同，这种力学作用不仅需要相当大的力，而且还会有干扰发生。在临界牵伸区，牵伸力也许能瞬间足够克服摩擦抱合力，但不能维持纤维加速。

因而纤维被制动，并再次达到与相邻慢速运动纤维相同的速度。

牵伸力将再次产生作用并使纤维加速，但不能维持加速。这样，纤维在加速和停滞状态之间不断变化，即产生一种对纱条均匀度具有极坏影响的“停止-前进”运动。这种运动在牵伸力-牵伸倍数图（图44）中清晰可见，尽管有较大或较小的偏差。

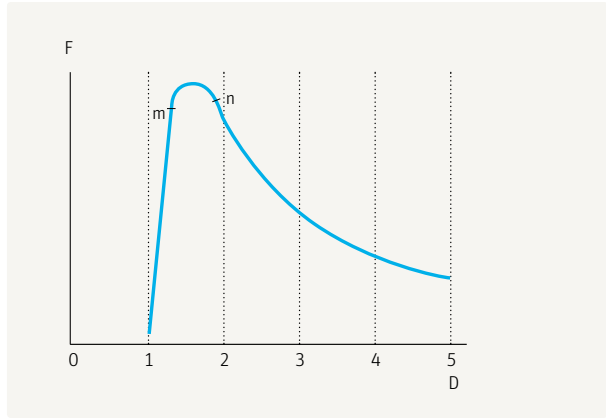


图 43 牵伸力示意图
F，牵伸力大小；D，牵伸倍数

棉条的临界牵伸区大约在牵伸倍数为1.15到1.4之间。棉粗纱（在环锭纺纱机上）的临界牵伸区在牵伸倍数为1.3和1.7之间。通常化学纤维的粘滑效应更明显，范围更大，且取决于纤维之间的摩擦，例如，消光、纺丝整理工艺等。在临界牵伸区内运行会有风险。

6.3. 牵伸区中纤维的特性

6.3.1. 纤维引导

加工中所用的纤维表现出很大的长度差异。因而，纤维在牵伸区中呈现出两种情况（见图45）：

- 被引导（如纤维a, b, c）；
- 浮游（如纤维d）。

纤维a的长度大于两钳口间距，因此暂时跨过两个钳口线，一直至少被一对罗拉钳口所握持，这样该纤维以受控制方式运动。仅就纤维引导而言，这种纤维是最佳的，但仍然会引起紊乱。首先，当它受到以不同速度运动的两个钳口的握持时，可能会发生断裂；其次，如果它能抵抗这种拉力，它将从一个钳口被拉出，并带出一些与它相邻的纤维，这会导致纤维集束，从而产生不匀。纤维b, c和d的长度小于罗拉间距，当它们进入牵伸区时，将首先以 v_2 速度运动（如纤维b）。当它们最终进入输出罗拉钳口区时，将以 v_1 速度运动（如纤维c）。在这两种情况下，它们都是在受控制状态下得到引导和运动。然而，在它们运动过程中的一定区间内，即在离开喂入罗拉对的钳口线之后及到达输出罗拉对的钳口线之前，它们没有受到控制引导—处于浮游状态（如纤维d）。

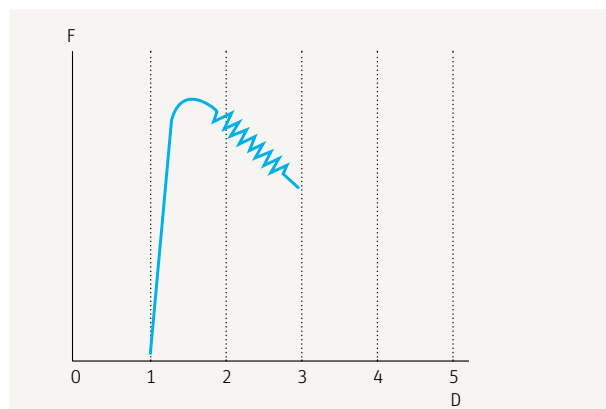


图 44 说明粘滑区的牵伸力示意图
F, 牵伸力大小; D, 牵伸倍数（锯齿线表示纤维在粘和滑之间的连续变化。）

6.3.2. 浮游纤维

以50 mm的罗拉间距为例，从理论上讲，一根长40 mm的纤维在牵伸区的路径中有40/50或4/5将是处于受控制状态，仅有1/5的路径未受控制；另一方面，对于一根长10 mm的纤维，仅有1/5的路径将是受控制状态，而4/5的路径是非控制状态。这些浮游纤维是牵伸过程中的问题。

如果整个纤维须条以速度 v_2 进入输出罗拉钳口区（须条内纤维没有移动），如果纤维被抽引出首先发生在这里，且如果只有被钳持的纤维才被抽引出，那么将可以得到理想的纤维运动。在这种情况下，每根纤维在任一特定瞬间的运动速度将是 v_2 或 v_1 。

这样，纤维将在受控制状态下得到连续引导。然而，只有在喂入纤维被粘合在一起时（如立达以前的Pavil纺纱系统上的情况），才能达到最大程度的控制引导。因为仅当纤维被前罗拉钳持后，纤维才能产生加速运动。然而，在正常情况下，牵伸条件并不会如此有利。大多数浮游纤维在通过牵伸区的任一时刻，会以 v_2 到 v_1 之间的任何速度运动，或甚至能改变几次运动速度，这总会引起或大或小的不匀。然而，幸运的是，一些有利条件可在某种程度上减小这些不利影响。

通过下面方法可以对浮游纤维达到一定的附加引导：

- 有足够数量的较长纤维作为短纤维的载体纤维；
- 采用附加引导装置，如罗拉、针排、胶圈等；
- 合理的摩擦力界。

最后一个因素对于牵伸性能是极其重要的，现在我们将做专门的论述。

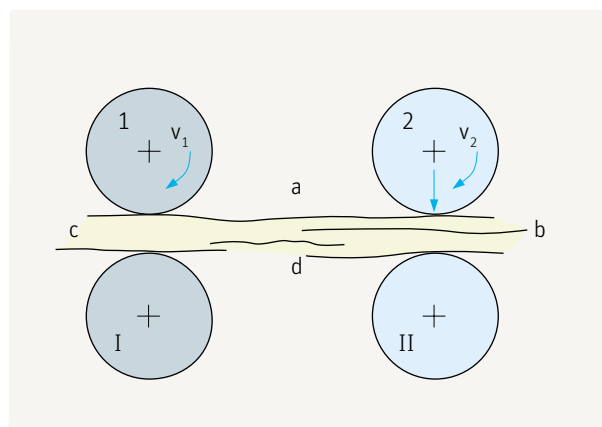


图 45 牵伸区中的受引导纤维及浮游纤维

6.4. 摩擦力界
6.4.1. 纤维的摩擦力界

为了确保纤维输送，胶辊必须以相当大的压力压向下罗拉。这个压力不仅存在于垂直方向，而且也通过纤维在水平方向扩散。纤维的压缩，以及由此产生的纤维间的摩擦力被传递到牵伸区中。然而，随着离钳口线距离的增加，摩擦力逐渐减小，并最终减小为零。摩擦力界是纤维引导的一个极其重要的媒介^[18]，它可以将牵伸的紊乱效应保持在可接受的范围内。

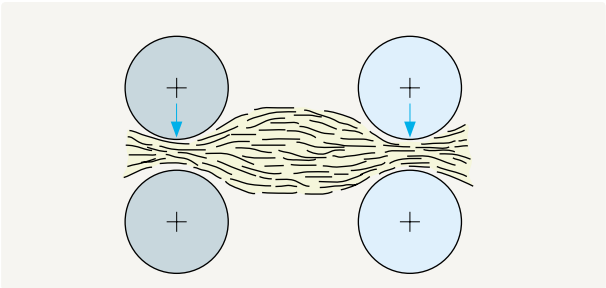


图 46 通过施加压力在纤维须条上产生的摩擦力界

每个牵伸区有两个摩擦力界—后摩擦力界从喂入罗拉向外扩散，前摩擦力界从输出罗拉向后扩散。如果两对罗拉间的隔距被设定得太小，摩擦力界会有部分重叠，将会出现牵伸紊乱。

另一方面，如果罗拉隔距太大，两个摩擦力界之间的中间区太长，那么浮游纤维的不良引导将引起不匀增大。为了在较长的距离上引导纤维，后摩擦力界应在牵伸区中向前延伸到较远的地方，且前摩擦力界应该范围短、但强度大，以便尽可能使仅被前罗拉钳口握持的纤维才能从纤维须条中抽引出。这样就可以得到理想的牵伸状况。

6.4.2. 影响因素

摩擦力界会受到纺纱生产者和机器设计者的很大影响，其途径主要是：

- 胶辊压力；
- 胶管的硬度；
- 罗拉直径；
- 纤维须条的质量；
- 须条的密度；
- 须条的横截面；
- 须条的宽度；
- 须条的捻度。

各参数产生的影响如下：

增大罗拉压力将引起须条压缩增强并使摩擦力界相应延长，但压力仅能增大到最佳压力为止。由于在现代牵伸装置中，罗拉加压已经达到最佳状态，所以不能再利用这一途径进一步改善纤维引导。非常硬的上罗拉，例如钢罗拉（图47，a），会在钳口线中心产生非常高的压力。然而，由于纤维须条的外层能避开压力的作用，因此压力曲线从中心到两边出现很陡的下降。因而，显然摩擦力界在远离钳口线的方向不会很长；上罗拉采用中等硬度的胶管（图47，b），可以使这种情况得到一定改善；对于开松好但密集的纤维原料，上罗拉可采用软的胶管（见图47，c），以达到最佳效果，因为它完全包围了纤维体。采用不同直径的罗拉可获得类似结果（图48）。采用较大直径的罗拉，整个压力将分散在较大的面积上，所以产生较低的压力峰值、但较大的压力宽度。增加的摩擦力界更深地延伸到牵伸区中。

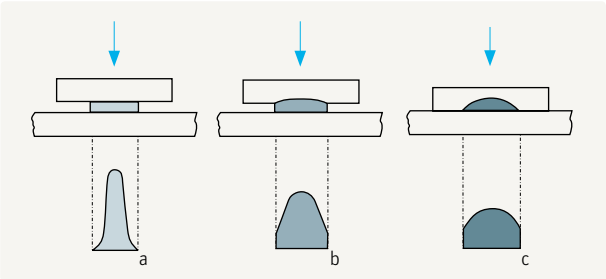


图 47 罗拉硬度对摩擦力界的影响

纤维体的质量主要通过纤维的数量施加影响。非常小的纤维体质量等同于缺少接触表面，因而缺少摩擦，从而使摩擦力界较短。

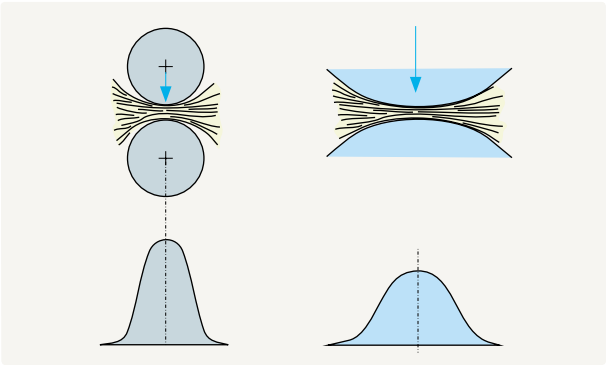


图 48 罗拉直径对摩擦力界的影响

须条较高的密度，即受到较强的压缩，有助于扩展压力和摩擦的宽度，于是产生较长的摩擦力界。

纤维体的横截面具有决定性影响。较细的须条，运动时容易分开，既不能承受压力也不能承受摩擦力，因而不能产生清晰可辨的摩擦力界。

在每一次牵伸作用中，纤维扩散是一个问题，其结果是纤维体逐渐变宽。为了解决这个问题，可在牵伸装置中加装集束器，对纤维须条进行压缩。

然而，这并不是最有效的方法，因为静止集束元件上的摩擦产生了不利阻力，并导致宽纤维带实际上不呈圆形，而呈自身折叠后的形状。只有圆形横截面才能产生最佳效果。且最好使须条具有保护性的捻度，以使纤维体以圆的、紧密的形状握持在一起（也就是粗纱）。

如果要通过调节单个参数的方法来影响摩擦力界，那么应该牢记的是，在整个牵伸过程中自始至终存在很强的相互作用。

6.5. 牵伸分配

在短纤维纺纱厂，通常采用有两个牵伸区的3罗拉牵伸装置。在亚洲，4罗拉或5罗拉牵伸装置仍在使用。第一个牵伸区（后牵伸区）的牵伸任务仅仅是为第二个牵伸区即主牵伸区做准备。在这个牵伸区中，纤维必须被伸直和伸展到一定程度，以便主牵伸区不需要做很多准备工作，可以立即引起纤维运动。这样，主牵伸区可以受到较小的干扰影响。

后区牵伸倍数通常在临界牵伸区之下。然而，在某些情况下，需要较高的后区牵伸倍数，例如在并条机和环锭细纱机上（牵伸倍数约为40倍左右或40倍以上）。在这种情况下，会选择超过临界牵伸倍数的后区牵伸倍数。

主牵伸必须与牵伸条件相适应，主要在牵伸区内纤维须条的质量和须条中纤维的排列这两个方面。随着半制品细度的增加以及纤维平行度的增加，牵伸倍数可以增加。由于纤维在生条中的排列方向是相对随机的，头道并条的牵伸倍数不应太高。如果没有互相冲突的因素，则从二道并条等机器一直到环锭细纱机，牵伸倍数可以增加。

6.6. 其它牵伸可能性

6.6.1. 走锭纺纱

如果将产品的一端牢牢握持，并且使另一端做远离固定点的运动，于是便引起了拉开，即产生了牵伸作用。显然辅助支撑是必要的。

为了防止纱条在其弱点处滑开，必须给它施加保护性的捻度（见5.5）。

6.6.2. 分梳辊处的牵伸

牵伸装置和走锭纺纱机都不能把纤维须条牵伸成单纤维。如果对纤维有这种要求，必须使用分梳辊。从梳棉机上的刺辊，我们已经熟悉了这个原理。如今该原理在新型纺纱工艺中得到了应用。例如，在转杯纺纱机上。表面包覆有锯齿或梳针针布、小直径、高速旋转的罗拉（即分梳辊），从慢速运动的喂入原料（条子）中撕扯出单根纤维。这种形式的牵伸不能用于所有的传统纺纱系统，因为它不仅破坏了纤维已经取得的平行伸直度，而且也完全消除了纤维在须条中的原有状态。这就导致了随后必须要有凝聚装置，该装置也起伸直纤维的作用。

6.7. 附加牵伸效果

除了减小纱条的直径外，牵伸还会引起：

- 使纤维延伸；
- 使纤维伸直；
- 使纤维与纱条轴向平行。

所有这些都代表着纺纱的重要作用。



.....

.....

7. 纱线的形成

7.1. 纤维集构成成纱线

7.1.1. 纤维的排列

纱线特性在很大程度上取决于其纤维特性，但同样也取决于纱线本身的结构。下列因素非常重要：

- 纱线横截面中的纤维根数；
- 纤维在纱条中的分布；
- 纤维的线性排列；
- 纤维在纱条中的位置（如，长纤维在内，短纤维在外）；
- 纤维被捻合的情况（完全或部分捻合）；
- 纱线的整体结构；
- 捻度。

7.1.2. 纱线横截面中的纤维根数

纱线横截面中的纤维根数主要决定纱线的强度、均匀度、手感、绝缘性能、纱线断头率以及原料的纺纱细度极限。因此，纱线横截面中的纤维根数有如下的下限（在正常情况下）：

棉纱	环锭纱	精梳纱	33根纤维
		普梳纱	75根纤维
	转杯纱	普梳纱	100根纤维
合成纤维纱	环锭纱	普梳纱	50根纤维
	转杯纱	普梳纱	100根纤维

纺纱细度极限可通过下列公式的变换近似地加以计算：

$$n_f = \frac{tex_{\text{纱}}}{tex_{\text{纤维}}} \quad \text{可得} \quad tex_{\text{纱}} = n_f \times tex_{\text{纤维}}$$

式中， n_f 是纤维根数。然而，这个公式没有考虑其它参数，如纤维长度、摩擦系数等，这些参数也影响纺纱细度极限。如果想要确定混纺纱的平均纤维细度，可用下面的公式：

$$tex_{\text{纤维}} = \frac{p_x \times tex_x + p_y \times tex_y}{100}$$

式中， p 表示纤维在纱线中的百分率，下标 x 表示一种纤维成分，下标 y 表示另一种纤维成分。

7.1.3. 纤维的配置

纱线用户期望他们购得的纱线具有均匀的结构和外观（除其它质量特征外）。然而，只有满足某些先决条件，才可获得均匀的纱线。这些先决条件非常容易解释，但却很难获得：即在整个纱线长度上的每处纱线横截面中应具有：

- 单纤维的根数相同；
- 每组中具有相同质量特性（即长度，见图49 a/b）、细度、粗度的纤维根数相同。

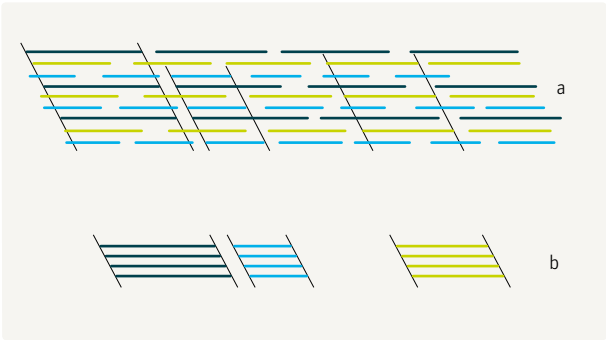


图 49 纱线中不同长度纤维的理想排列
a, 纱条内的分布;
b, 从纱条组别中提取的长度组

7.1.4. 纤维在纱线中的有序排列

当然也希望纱线具有最佳强度。如今纱线强度几乎都是通过加捻获得的。因而毫无疑问，纱线强度主要取决于加捻程度，但也取决于大的纤维接触面积，这就意味着纤维具有：

- 高的伸直度（伸直）；
- 可得到的最高平行度；
- 整个纤维的捻合，如有可能，纤维两端均捻合到纱线结构中。

此外，在不采用粘合法生产纱线的情况下，纱线中的所有纤维、或至少部分纤维（如包缠纱）的螺旋形缠绕具有决定性意义，因为最终纱线结构的稳定性和强度来源于纱线向内的压力，而这个向内的压力就是由加捻产生的纤维缠绕而施加的。

与环锭纱相比，转杯纱强度较低的一个原因就是纤维在转杯纱中的平行度较低及伸直度较低（纤维有弯钩）。

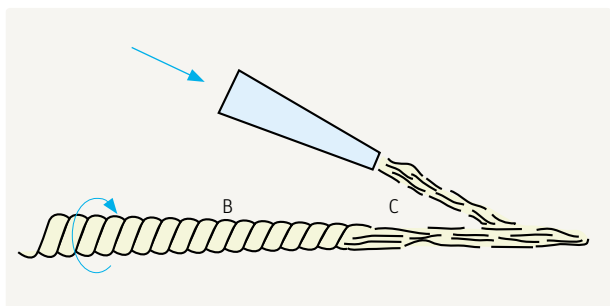


图 51 自由端纺纱中纤维的捻合

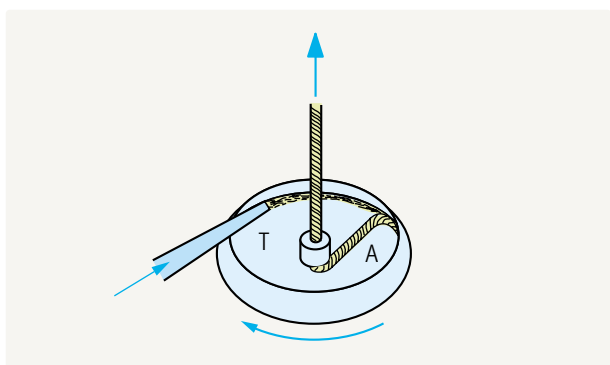


图 52 纺杯中的纱线形成

因而，与外层加捻相比，这种所谓的芯层加捻的典型特征是纱线手感较硬，且强力较低。因为外层的捻度相对较小，所以对纱线强力的贡献也较小。然而，这种纱的耐磨性通常更好。由于外层纤维对纱线强力的贡献不大，磨损造成的外层纤维脱掉影响不大。在转杯纱中，外层纤维还表现出其它一些特性，其中之一就是存在缠绕纤维。当纱条随纺杯在纤维喂入通道下面转过时，这些纤维直接飞到纱条上，通过纱线在纺杯内进一步的转动，它们像雪茄上的带子一样包缠在已纺好的纱条表面。这是转杯纱的一个典型特点。

转杯纱的另一个特性是在薄的外层纤维上几乎没有任何捻度，或者有反向捻度。这是由阻捻盘（图52中，T）和捻合区（A）之间的假捻引起的。在捻合区，在纺杯的每一转中，新纤维添加到已经加好捻度的纤维纱条上。这些后加的纤维仅具有部分捻度。如果加上的捻度小于假捻效应，则在阻捻盘处假捻（相反捻度）退捻的过程中，纤维被反向加捻，于是就反向围绕包缠着其它纤维。

疏松外层的另一个缺点是它们对轴向摩擦的敏感性。由于这些疏松层的纤维没有被牢牢地握持在纱体中，在纱线通过有棱边的机件、导纱元件等时，它们有聚集成小结的趋向。因而，自由端纱应尽可能不进行重复卷绕。

7.1.5.3. 包缠纱

包缠纱主要由无捻度的纤维平行排列构成（见图53）。这些纤维形成了很粗的纱芯。合成纤维长丝或与纱芯材料相同的短纤维包缠在纱芯的外边，但它们只占整个纱线纤维原料的一小部分。如果纱条被长丝包缠，它将有较高的强力，因为纱的主体纤维本身是伸直、平行排列的，并紧密地压在一起，长丝也贡献部分强力。因而，对于一定的纱线强力，这种纱线在横截面上需要较少的纤维。



图 53 捆绑纱（包缠纱）

7.1.5.4. 喷气纱

如果像在假捻纺纱（如喷气纺和Dref 3型摩擦纺）中那样，仅用有限长度的纤维（短纤维）对芯层纤维进行包缠，那么纱线强力将低于环锭纱的强力，因为相对较短的纤维不能以最佳的方式把纱线结构握持在一起。生产这种纱线时对最短纤维长度有要求。因而，现在假捻纺纱工艺主要适用于化学纤维纺纱、棉与化纤混纺或精梳棉纺纱。像涡流纺那样采用一个喷嘴的喷气纺纱系统，可允许较高的包缠纤维比例，因而可得到较好的纱线性能和较高的产量。

7.1.6. 纱线结构

纱线结构的一个方面是外观，仅由纱线外层产生。纱线结构的另一个方面是内部和外部的构成。纱线结构是非常易变的，这种变化在某种程度上是针对纱线用途故意而为的，但在更大程度上是由现有的纺纱工艺决定的。例如，采用新型纺纱工艺很难生产出与环锭纱同样的纱线—环锭纱仍代表着比较的标准（表4）。

纱线结构主要取决于原料、纺纱工艺、纺纱系统、机器、机器的设置、捻度等等。纱线结构可以是开放的或封闭的；蓬松的或紧密的；光滑的或粗糙的或毛茸的；柔软的或较硬的；圆的或扁的；细的或粗的，等等。

但纱线结构不仅仅影响外观。它对纱线的下列性能也有或大或小的影响：

- 手感；
- 强力；
- 伸长；
- 绝缘性能；
- 覆盖能力；
- 抵抗磨损、损坏、应变等的能力；
- 耐磨性；
- 吸收染料的性能；
- 纤维朝纵向集束的倾向；
- 穿着舒适性等等。

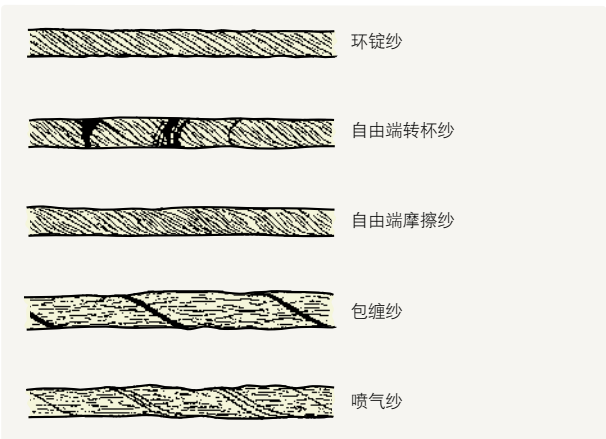


图 54 各种纺纱工艺所纺纱线的结构差异（图中没有关注毛羽）

7.2. 纤维的转移

由于纤维的不同特性，它们在纱体中占据不同的位置，分组主要是在拉伸过程中产生的。结果是，长纤维常常位于纱线芯层中，因为它们具有更大的摩擦抱合力，因而对拉伸有较高的阻力，所以被保留在纱线的内部。短纤维常常位于纱线的外部。通过纤维的转移，这种趋势得到加强，因为纤维并不总是停留在它们起初占据的位置。例如，如果任何拉力（甚至极小的拉力）作用于纱线上，外层张力高的纤维整个或部分地（如，纤维头端）压向内层。在此过程中，它们把内层张力低的纤维挤了出去。纤维转移从外层到芯层，反之亦然。当然，这种转移主要发生在纱线形成过程中，但在纱线完全形成之后仍会发生。当纱线受到最小的作用力时，例如，在施加弯曲、张力负荷等时，在纤维形成纱线过程中存在的张力导致纤维继续转移，甚至在纱线形成结束之后。例如，短纤维被挤到纱线表面，然后部分地被摩擦掉。此外，在纤维转移过程中，纱体中某些纤维失去了它们的螺旋线排列；纤维越短，这种现象就越明显，且纤维排列越随机。

除了取决于纤维长度，纤维转移也取决于纤维的弹性、刚性、细度、卷曲度等等。短的、粗的、刚性大的纤维向纱的外层移动，而长的、细的、易弯曲的纤维向纱的芯层移动。卷曲度很大的纤维，由于它们对捻合会产生较大的阻力，因而主要分布在外层。在决定混纺成分时，应充分考虑纤维的转移。

7.3. 给予强力

7.3.1. 给予强力的方法

为了使由相对较短的单纤维组成的纱线获得强力，必须使纤维固有的强力全部或部分地转换为纱线的强力。从原理上来讲，有两种方法可供选择：粘合或加捻。

纤维固有强力得到全部利用仅能通过使用粘合剂粘合的方法来获得，例如，在Twilo纺纱工艺中。粘合效果可由粘合剂或粘性纤维（维纶纤维）产生。由于这种加工方法市场份额小，因而纤维须条的加捻仍是赋予纱线强力的唯一方法，即便在将来也是如此。

在加捻过程中产生的纤维伸长通过随之产生的纤维张力，增大了纱线向内的压力，即引起了纤维间摩擦力增加，最终形成了所需的、非常强的纱体抱合力（图55）。

不是通过粘合方法把纤维须条握持在一起的纱线，不能完全利用单根纤维的固有强力。

通过加捻把纤维须条握持在一起的短纤维纱，纤维的强力利用率为25 %到70 %（通常为30 % - 50 %）。为了产生所需的捻度，可用的方法包括真捻、假捻和自捻（像在雷普科纺纱工艺中）。

7.3.2. 真捻
(以环锭纱为例)

7.3.2.1. 捻向

捻度借助于锭子、纺杯、罗拉等产生。由于总有两种可能的捻向，即左捻和右捻，所以纤维缠绕也能有两种方向。根据纤维的横向方向，并联系字母Z和S的对角线方向，捻向可分别表示为Z捻或S捻（图56）。尽管不排除采用S捻，但在短纤维纺纱中通常采用Z捻。

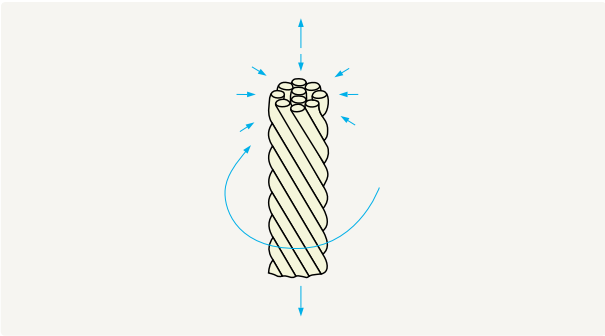


图 55 通过加捻给予纱线强力

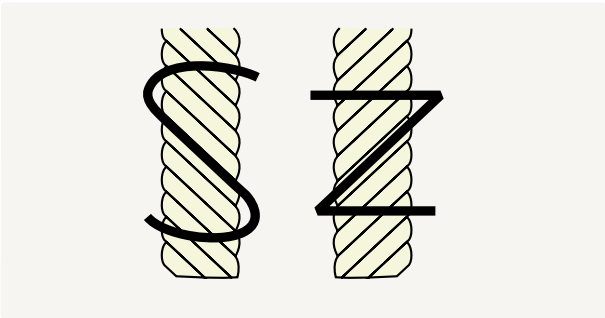


图 56 纱线的两种捻向

7.3.2.2. 捻度和强力

通过对短纤维加捻得到的纱线，其强力随着捻度的增加而增加。在曲线（图57）较低的部分，强力仅由滑动摩擦力产生，即在张力负荷下，纤维滑脱时产生的摩擦阻力。抱合摩擦力仅在曲线的中部到上部产生，这是由高张力引起高压，再由高压引起摩擦，并且最终这种压力变得相当大，以至于越来越少的纤维相互

滑脱，越来越多的纤维断裂。这样强力继续上升到某一最大值，即达到单根纤维强力的最佳利用值。之后，强力再次下降。如两条曲线所示，这个强力最大值—即所谓的临界捻度（C点）取决于原料。通常，纱线捻度低于临界捻度（A-针织纱，B-经纱）；只有特殊纱，如巴里纱（C）、绉纱（D）的捻度超过临界捻度。选择低于最大强力的捻度是恰当的，因为较高的强力通常是不必要的，而且会引起最终产品的手感变得太硬，并会降低生产率。捻度的最后结果采用下列等式计算：

$$\text{纱线捻度} = \frac{\text{锭子速度 (r/min)}}{\text{输出速度 (m/min)}}$$

由于锭子速度总是尽可能达到最高极限（因此可被认为是恒量），较高的纱线捻度只能通过减小输出速度即降低生产率获得。

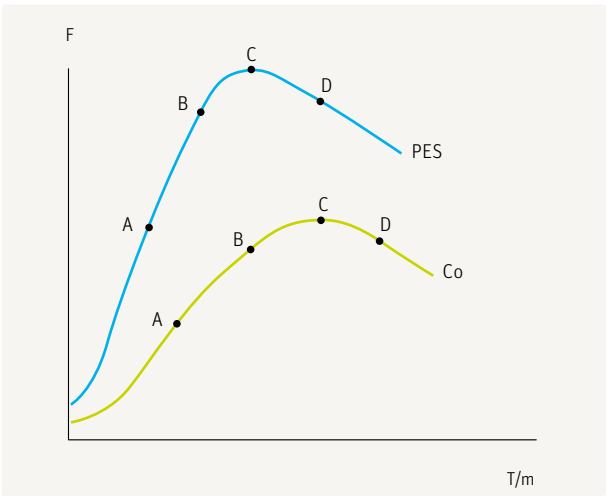


图 57 纱线强力和捻度之间的关系
F，强力；T/m，纱线的每米捻回数；
PES，涤纶纤维；Co，棉纤维

7.3.2.3. 纱线在长度和宽度方向的变形

只有利用纤维的伸长来增加它们的长度，纤维才能以螺旋线的形式缠绕其它纤维。当一根纤维被伸长，它的弹性力图把它拉回到原来的长度。这种恢复无伸长状态的趋势产生了朝向纱芯的高张力，于是纱线向内的压力不断增加。这些张力引起强的挤压，因而增大了纱体的密度，即这种挤压造成了纱线直径的减少。

因此，直径与捻度是成反比的。然而，这种趋势也导致纱线缩短（称之为捻缩，或纺缩）。通过纤维相对于纱轴的倾斜排列，可以产生同样的结果。因而，成纱的长度不可能与前罗拉处测算的输出长度一致。纱线缩短的程度也取决于原料，尤其取决于捻回数。Johannsen和Walz^[20]指出，从图58可得出棉纱的捻缩情况（以德克萨斯棉为例）。

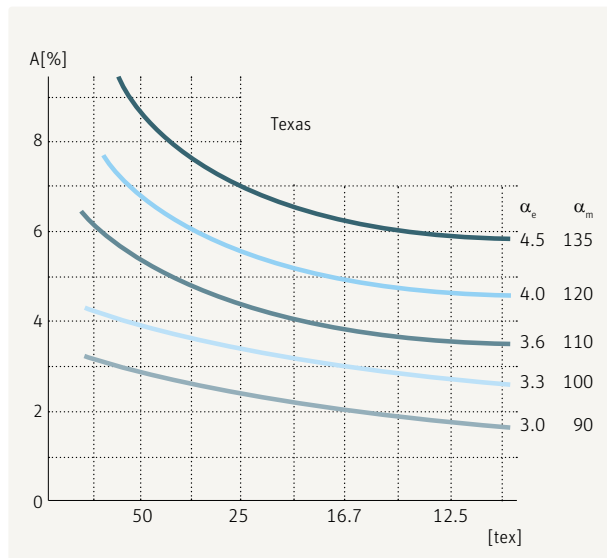


图 58 不同捻系数时的纱线缩短
A，捻缩率（%）；tex，纱线线密度；
α，捻系数（e，英制；m，公制）

7.3.2.4. 捻度公式

为了解释在加捻中涉及到的几个关系，在下边的理论模型中考虑了两根纱，并假设一根纱线的粗细是另一个纱线的两倍^[21]。分别考虑单根纤维f和f'的各种情况（图59）。加捻之前，这些纤维分别位于纱线外层的AC线、A'C'线上。

假设纱线被握持在AG（A'G'）线和CD（C'D'）线，并且每根纱线被扭转360°，纤维就会占据由AEC和A'E'C'表示的新位置。只有每根纤维的长度增加了，才能形成这种螺旋线排列。然而，由于纱线II的直径较大，纤维f'的伸长必然比纤维f的明显要大。

如果将纱线展开到一个平面上，这个差异就会变得更清楚。展开后可以得到高度H相同的两个三角形（ABC和A'B'C'）。纤维f已从H伸长到l，而纤维f'从H伸长到L。纱线II较大的伸长也意味着较大的张力和向心压力。纱线II的强力比纱线I的明显要大。

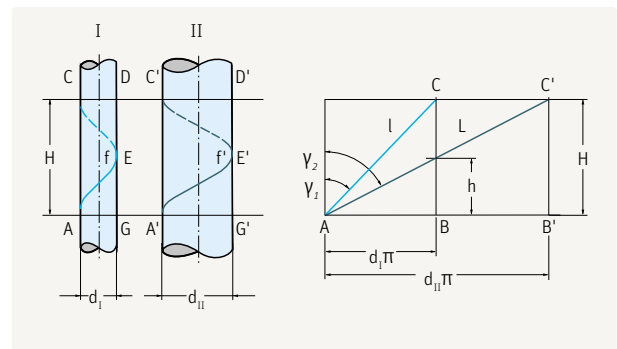


图 59 不同粗细的纱中两根纤维（f和f'）的缠绕

纤维在纱线中的伸长很难测量，所以不能期望用其作为评定纱线强力的尺度。然而，可以用一个角来作为评定尺度，如倾斜于纱轴的角 γ （一般称之为捻回角）。如上所述，纱线II比纱线I的强力大，同时纱线II的捻回角 γ 也比纱线I大。

强力（F）与捻回角成正比：

$$\frac{F_I}{F_{II}} = \frac{\gamma_I}{\gamma_{II}}$$

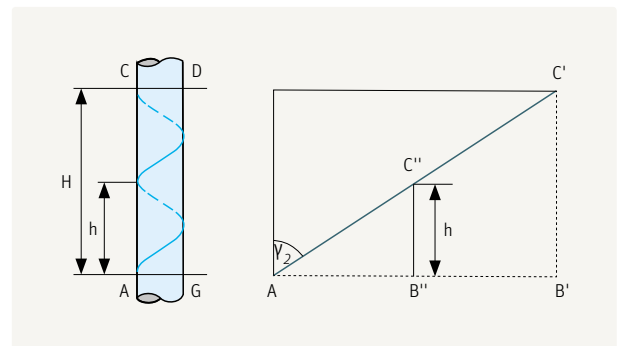


图 60 细的纱线中的捻回数

换句话说，捻回角越大则强力越高。如果两根纱线要有相同的强力，捻回角必须相同，所以 $\gamma_I = \gamma_{II}$ （这里忽略了所有其它影响因素）。

这只有将纱线I的每转高度从H减小到h才是可能的。
因而，在本例中，纱线I的捻度必须是纱线II的两倍（图60）。

7.3.2.5. 捻度公式的推导

如果将两根纱线放大，可以得到图61的情况^[20]，并可以导出下边的关系式：

$$\frac{h}{H} = \frac{d_I}{d_{II}} \quad \text{及} \quad \frac{d_I}{d_{II}} = \frac{T_2}{T_1}$$

T = 纱线的捻度

纱线的质量由下式给出

$$m = V \text{ (体积)} \times \sigma \text{ (质量密度)}$$

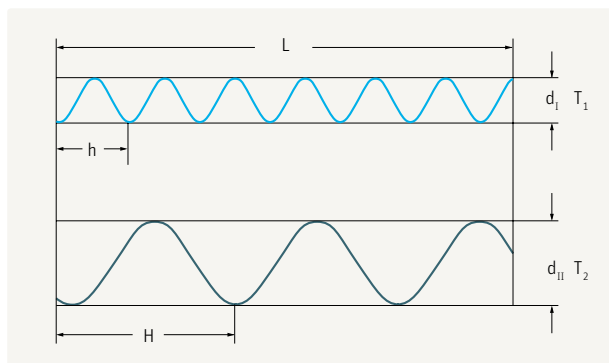


图 61 不同粗细的纱中的捻回数

由于体积由下式得出

$$V = A \text{ (横截面面积)} \times L \text{ (长度)},$$

且面积为：

$$A = d^2 \times \frac{\pi}{4}$$

纱线的质量为：

$$m = d^2 \times \frac{\pi}{4} \times L \times \sigma$$

纱线I和纱线II的质量为：

$$m_I = \frac{d_I^2 \times \pi}{4} \times L \times \sigma$$

$$m_{II} = \frac{d_{II}^2 \times \pi}{4} \times L \times \sigma$$

如果将这些质量带入英制支数公式，可以得到下面的结果：

$$Ne_I = \frac{L}{m} = \frac{L}{\frac{d_I^2 \times \pi}{4} \times L \times \sigma} = \frac{4}{d_I^2 \times \pi \times \sigma}$$

$$Ne_{II} = \frac{L}{m} = \frac{L}{\frac{d_{II}^2 \times \pi}{4} \times L \times \sigma} = \frac{4}{d_{II}^2 \times \pi \times \sigma}$$

这里纱支有下列关系：

$$\frac{Ne_I}{Ne_{II}} = \frac{\frac{4}{d_I^2 \times \pi \times \sigma}}{\frac{4}{d_{II}^2 \times \pi \times \sigma}} = \frac{d_{II}^2 \times \pi \times \sigma}{d_I^2 \times \pi \times \sigma}$$

将其简化为：

$$\frac{Ne_I}{Ne_{II}} = \frac{d_{II}^2}{d_I^2}$$

直径有下列关系：

$$\frac{d_{II}^2}{d_I^2} = \frac{Ne_I}{Ne_{II}} \quad \text{i.e.} \quad \frac{d_{II}}{d_I} = \frac{\sqrt{Ne_I}}{\sqrt{Ne_{II}}}$$

但由于

$$\frac{d_{II}}{d_I} = \frac{T_1}{T_2} \quad \text{因此我们得出} \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{\sqrt{Ne_I}}{\sqrt{Ne_{II}}}$$

用另一种形式可表达为：

$$\frac{T_1}{\sqrt{Ne_I}} = \frac{T_2}{\sqrt{Ne_{II}}} = \frac{T_3}{\sqrt{Ne_{III}}} = \frac{T_n}{\sqrt{Ne_n}} = \text{常数} = \alpha$$

这个常数可以任意指定，例如为 α ，于是可以得到如下的通用公式：

$$\frac{T}{\sqrt{Ne}} = \alpha_e \quad \dots \quad T = \alpha_e \sqrt{Ne} = \text{捻/吋}$$

根据英制支数系统得到捻系数 α_e 。对于棉纱，英制捻系数 α_e 为下面的值：

纱线类型	短纤维	中等长度纤维	长纤维
针织纱	-	2.5 - 3.0	2.1 - 2.6
纬纱	3.3 - 3.8	3.0 - 3.5	2.5 - 3.0
半经纱	3.7 - 4.0	3.5 - 3.8	3.0 - 3.4
经纱	4.0 - 5.0	3.8 - 4.5	3.4 - 3.9

对于其它支数系统，采用下面的公式：
每米捻度：

$$\begin{aligned} T/m &= \alpha_m \times \sqrt{\frac{100}{\text{tex}}} \\ &= \frac{\alpha_{\text{tex}}}{\sqrt{\text{tex}}} \end{aligned}$$

转换系数为：

$$T/\text{英寸} = T/m \times 0.0254$$

$$\alpha_e = \alpha_m \times 0.033$$

$$\alpha_e = \frac{\alpha_{\text{tex}}}{958}$$

7.3.3. 假捻

7.3.3.1. 工作原理

如果一个纤维须条（图62）被相距一定距离的两个握持点 K_1 和 K_2 所握持，并且在两握持点之间的某一点被加捻，则在加捻元件（T）两边的纱条将获得相同的捻回数，但捻向相反。在上例中，左边显示的是S捻，右边显示的是Z捻（从垂直方向可以看出）。如果握持点被转动的罗拉钳口（ Z_1 和 Z_2 ）所取代，使纱线在加捻过程中运动并通过这两个罗拉钳口，则同样的事情发生——但现在情况却有所不同。如前面所假设的，对于静止须条，开始时纱条的两部分都不被退捻。然而，对于运动的纱条，进入路段b的纱条已被加上在路段a被加上的捻回，在本例中，这些捻回是Z捻。

然而，加捻元件正在左边路段上产生S捻，所以加在第一路段a上的每一个Z捻捻回都被施加在第二路段b上的S捻捻回所抵消。因而，在加捻元件和输出罗拉之间的纱条上不存在任何捻度。在假捻装置中，仅在喂入罗拉和加捻元件之间的纱段上存在捻度。这个原理被用在假捻变形中。

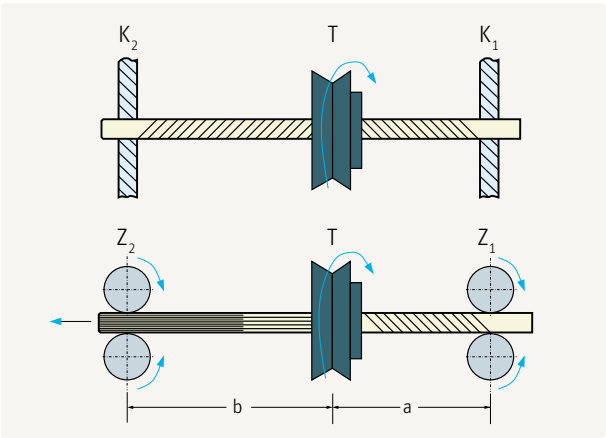


图 62 假捻的产生
（上）在静止状态下；（下）在运动状态下

7.3.3.2. 通过假捻给予强力

如上所述，离开假捻装置的纱条由平行、无捻的纤维组成（图63）。因而，这种加捻原理通常不适用于给予纱线强力。尽管如此，目前仍有采用这种方法纺纱的——但采用的是经过改造的系统。例如，由罗拉 Z_1 喂入的纤维须条进入假捻区a时必须是非常宽的。其结果是，由于须条宽度很宽，有相当多的边缘纤维能避开这种加捻效应。

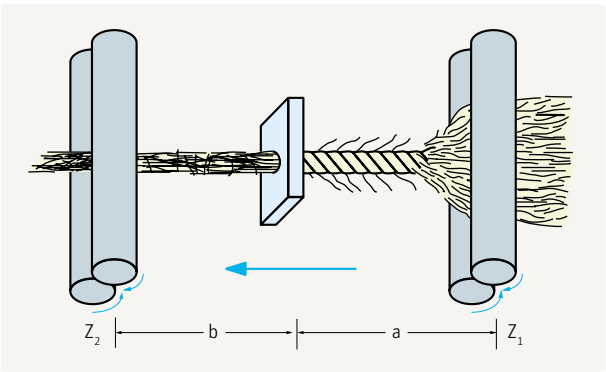


图 63 借助于假捻形成纱线

与前边描述的作用相反，进入加捻元件的纤维须条不再被充分地加捻，而是仅纱条的芯层被加捻，外层纤维没有捻度或仅有较小的捻度，纱芯仍然代表着纤维的较大部分。由加捻元件施加的相反捻度取消了新到达纱条上的所有捻度，尤其是纱芯中的捻回。

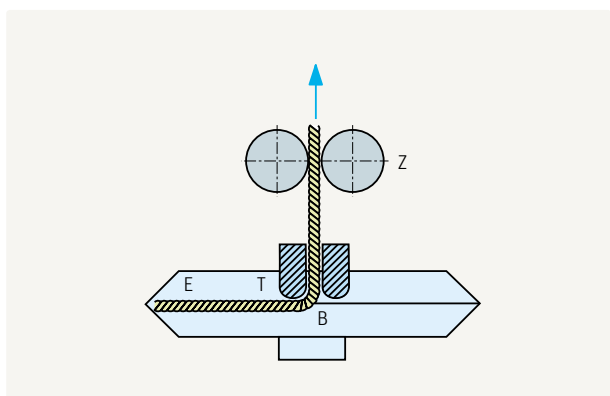


图 64 纺杯中假捻的产生

然而，捻度以相反方向被施加到所有到达时被退捻的纤维上，即外层纤维上。

这些纤维围绕着纱芯纤维进行包缠，产生捆绑纱。村田喷气纺系统以相似的、但不完全相同的方式运行，而在Dref 3型摩擦纺纱系统上则有较大差异。

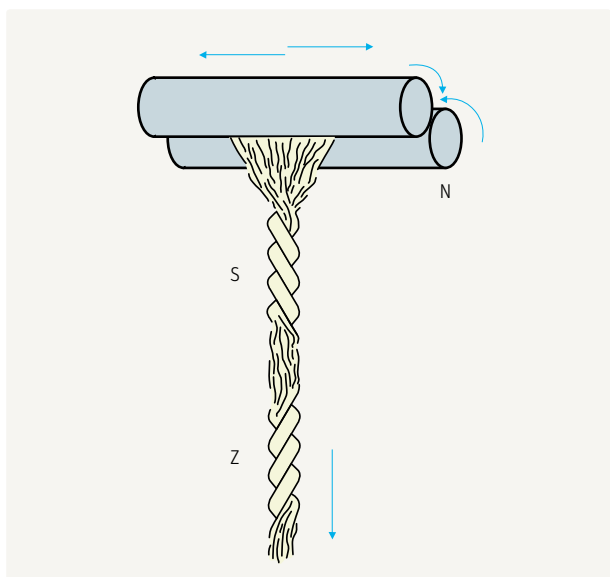


图 65 自捻纺纱

7.3.3.3. 纺纱工艺中其它地方的假捻

假捻的产生不局限于前面所给的例子。无论是否想要，假捻作用出现在纺纱工艺的各种地方。例如，在粗纱机锭翼的顶孔处以及在转杯纺纱机的阻捻盘处。

在两个握持点之间的加捻元件起作用的任何地方，都会产生假捻。如上例所示，握持点可以是静止的（例如，如图64所示，在纺杯中的纱线接触点E处和引纱罗拉Z处）。加捻元件（阻捻盘T）可以是转动的（如7.3.3.1.部分所述）。另外，加捻元件（T）可以是静止的，如转杯纺中的情况，且纱条在阻捻盘的接触表面上能连续滚动，这种滚动是由纺杯在E点的转动所引起的。两种情况的效果相同。假捻发生在E和T之间。没有这种假捻效应，转杯纺将不可能达到现在通常采用的高纺杯转速。

7.3.4. 自捻

如果须条从一对不断往复运动的摩擦辊之间通过（由输出运动引起），它将在连续的短片段上被加上交替的Z捻和S捻（图65和图66）。然而，在纱线离开罗拉握持线之后，纱线上产生的退捻力矩将立即消除这个捻度。如果不是一根纤维须条，而是将紧密平行排列的两根纤维须条通过，退捻力矩将不再单独作用在一根纱条上。它必定作用在两根纱条上，并引起两根须条互相捻合，产生了一根捻向连续变化的股线——在两根单纱是S捻的地方，股线是Z捻；而在两根单纱是Z捻的地方，股线是S捻。在大多数情况下，由

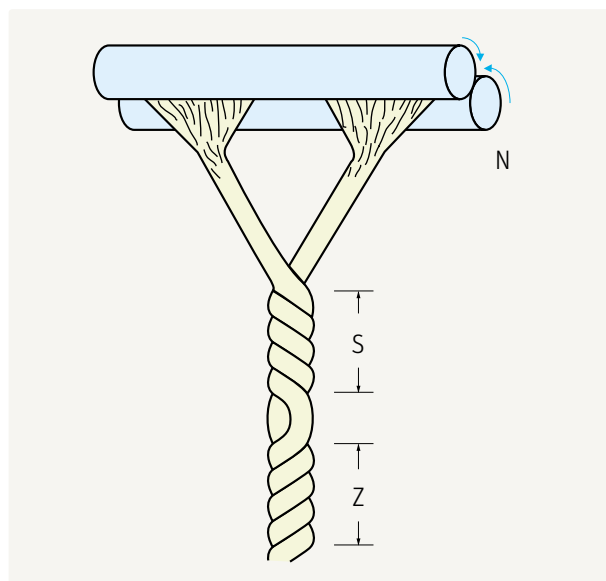


图 66 借助于自捻形成纱线

尽管规模不是很大，自捻纺纱（也称作雷普科纺纱）在其唯一的应用领域—精梳毛纺中已应用多年。

8. 制品的处理

8.1. 制品的载体

8.1.1. 制品的载体和运输

纺纱厂是生产厂，但也更是大型运输机构。当然这种说法有点夸张——但它在一定程度上也反映了真实情况。考虑到制品数量及其运输距离，这个比喻就显而易见了。在纺纱厂中，制品的储存和运输是基本的成本要素。此外，它们还常常是产生制品质量降低的影响因素。可运输性总是要求在前面的机器上有一个取下操作，而在随后的机器上有一个喂入操作。在实践中，这些操作常常不能精确完成。

此外，卷绕的必要性对许多机器的运行性能都是一种障碍。比如，仅仅因为管纱卷绕（通过钢丝圈实现），环锭纺纱机便几乎不能得到进一步发展。

因而在纺纱厂中，制品的处理和运输是重要问题——机器设计者和工厂工作人员必须考虑的问题。对于这个复杂的问题，总有必要找到新的、最佳的、最适宜的方法。在制品载体方面，以下几点非常重要：

- 容纳尽可能多的制品；
- 能够以简单的方式装满或卷绕；
- 制品可被方便地移走；
- 保护制品；
- 运输方便（在满卷装或空卷装状态下）；
- 占据较少的空间；
- 经济；
- 根据人体工学精心设计。

8.1.2. 卷装形式

8.1.2.1. 分类

纺纱厂的半制品和成品采用三类卷装形式^[18]：

- 容器：装载制品进行运输。例如条筒。这种卷装形式对制品的保护性好，但空卷装状态和满卷装状态占用相同的空间。

- 承载形式：制品被卷绕在其上。例如，圆柱形筒子、锭子、筒管、锥形筒子等。这种形式对制品的保护作用较小，但易于运输，适合在受控制和无故障方式下高速退绕，且空卷装状态占用空间较小，因而常用于有限的空间内运行很多生产单元的情况。例如，环锭纺纱机理想的喂入形式仍是粗纱管。
- 无支撑的卷装形式：这种卷装仅由制品构成。例如，团、饼、缕以及绞纱等。它们仅能用于特殊用途。

8.1.2.2. 应用最广泛的卷装形式——承载物在内的卷装

粗纱管

这种单根纱圈靠得很近的卷绕方式形成了所谓的平行卷绕。

承载物为塑料或木制管子。为了防止上下两端的纱层滑脱，这种卷装的两端被制成圆锥形。卷绕高度可达16英寸。卷绕过程中不产生很大的张力。因此，这种卷装形式适于像粗纱这样强力较低的制品（图67）。

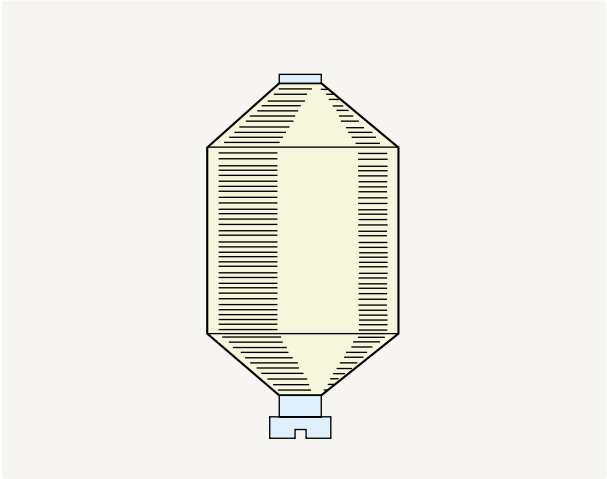


图 67 粗纱纱管

有边筒子卷装

这种卷装形式也是平行卷绕，但是卷绕高度恒定（图68）。

因而，它们的承载容量较大，但是制品容易卡在边缘下及被粗糙的边缘擦伤。

因此，这种卷装形式不用在短纤维纺纱厂。

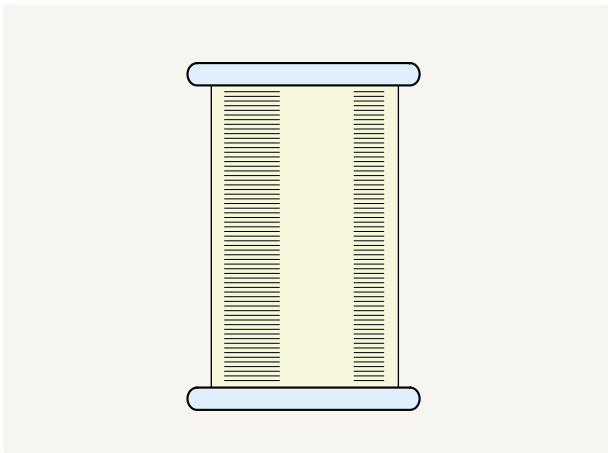


图 68 有边筒子卷装

管纱（另见图83，图85）

这种卷绕不是平行铺放纱层而是以圆锥形铺放纱层（图69）。因而，每个圆锥形纱层的卷绕高度要远远短于筒管长度。通过卷绕装置（钢领板）连续的短动程升降，纱线一层叠一层卷绕。在长度达300 mm的塑料筒管或纸筒管上形成卷绕。

就卷绕而言，这种运转形式不是很好，因为：

- 卷绕机构复杂；
- 卷绕过程中纱线张力不断发生变化；
- 一般需要钢丝圈来形成卷绕；
- 这就限制了机器的运行性能。

然而，由于纱线层的圆锥形排列，这种卷装形式允许高速退绕。所以从退绕方面讲，这种卷绕方式是最佳的。

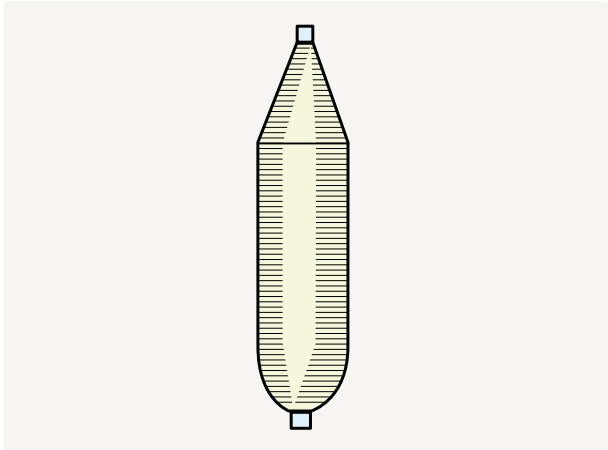


图 69 管纱

圆锥形交叉卷绕卷装

借助于横向运动，纱线在纸管或塑料管上从一边到另一边交叉移动（图70）。交叉卷绕的卷装可以承载大量制品，并且在卷绕和退绕都有足够空间的地方采用这种方式是很理想的，它使卷绕和退绕都能以高速进行。圆锥形交叉卷绕卷装形式采用的圆锥角 α 有 $9^{\circ}15'$ ， $5^{\circ}57'$ ， $4^{\circ}20'$ ， $3^{\circ}30'$ 和 2° 几种。

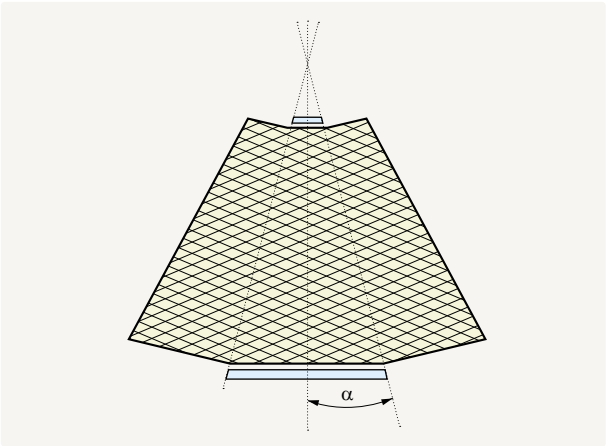


图 70 交叉卷绕锥形筒子

圆柱形交叉卷绕卷装

这种卷装一般制成筒子纱的形式，且易于生产（图71）。

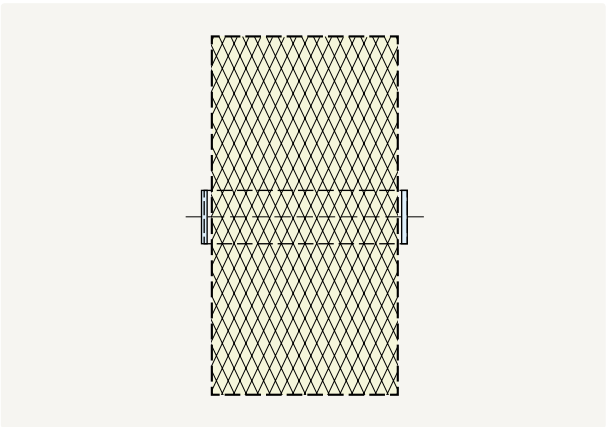


图 71 圆柱形交叉卷绕卷装

扁柱形筒子（扁平筒子）

这种也是圆柱形卷绕，但是卷装要比圆柱形的窄得多，有点类似于圆盘（图72）。例如，当这种卷装被用作捻线机的喂入原料时，可允许每个锭位后面插两个卷装，从而免去了之前的并纱工序。

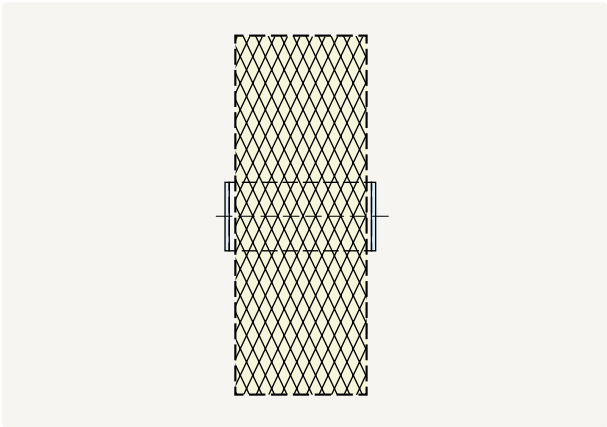


图 72 扁柱形筒子

8.2. 条筒中的铺放

8.2.1. 条子的铺放

事实证明，条子的摆线形铺放是充满条筒的最佳方式（图73）。在这个过程中，铺放点的两种移动运动同时进行。带有圈条斜管L的圈条盘R，把条子从小压辊D上引出，并连续铺放成条圈。然而，由于底盘C带动条筒连续转动，所以条圈的铺放点不断移动。于是，在条筒内就形成了条圈的螺旋形排列（图74）。

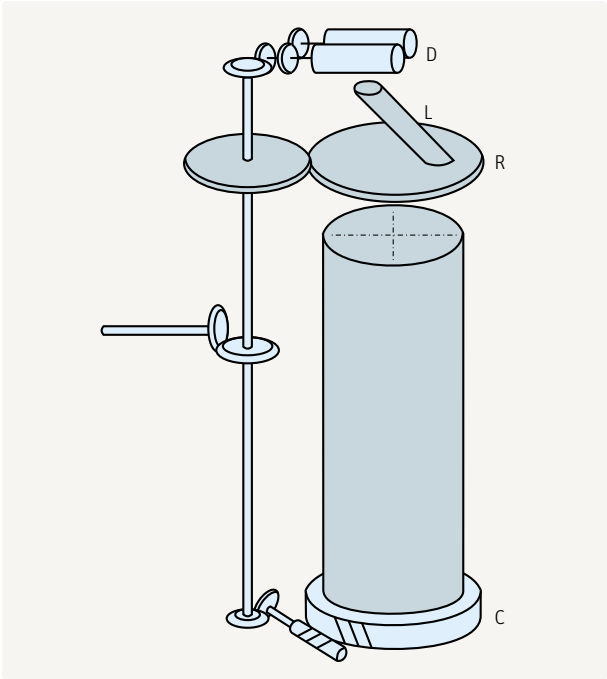


图 73 圈条装置（圈条器）

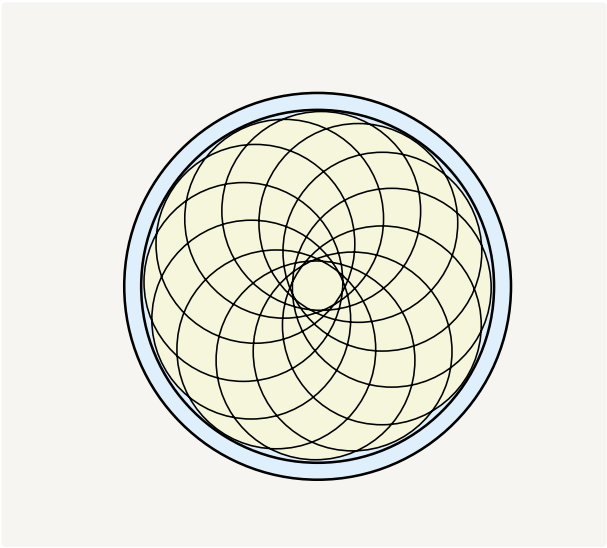


图 74 条子在条筒中的铺放

在许多圈条器中，条筒不再回转。在这种情况下，圈条盘和底盘的两种运动都必需在上面产生。圈条盘以较高的转速在第二大盘上转动，而第二大盘以较低的速度也在转动，这也可以引起条圈的移动，从而实现摆线铺放。不管在哪种情况下，条子的铺放必须使得在条筒的中心从顶部到底部形成一个中空的空间（一般称作气孔）。这个气孔是保证条子层不在条筒中心完全重叠所必需的，它可避免制品在条筒中心形成一个棱锥体，而在边上的部分形成半空。

8.2.2. 大、小圈条

用大圈条（见图77，过条筒中心圈条）或用小圈条（见图76，不过条筒中心圈条）圈放都可以形成气孔。采用小圈条时，条圈直径（ d_B ）小于条筒半径（ r_C ）。采用大圈条时，条圈直径大于条筒半径。一般中、小尺寸的条筒采用大圈条，而大尺寸的条筒采用小圈条。条筒与条圈直径之间的近似关系为：

$$\frac{d_C}{d_B} = 1.45 \quad \text{或} \quad \frac{d_C}{d_B} = 2.5$$

用中、小尺寸的条筒时最好采用大圈条，这是因为对于同样的圆周速度圈条盘可以采用较低的转速（这样可以减小作用力、噪音和磨损）。此外，条筒容量也可以提高5 - 10 %。

然而，采用大条筒时，圈条盘尽可能小则更为有利，因为这样可以减小转动质量。

将条子圈放在矩形条筒内，是圈条的特殊研究成果，是为了最佳利用空间而开发的。

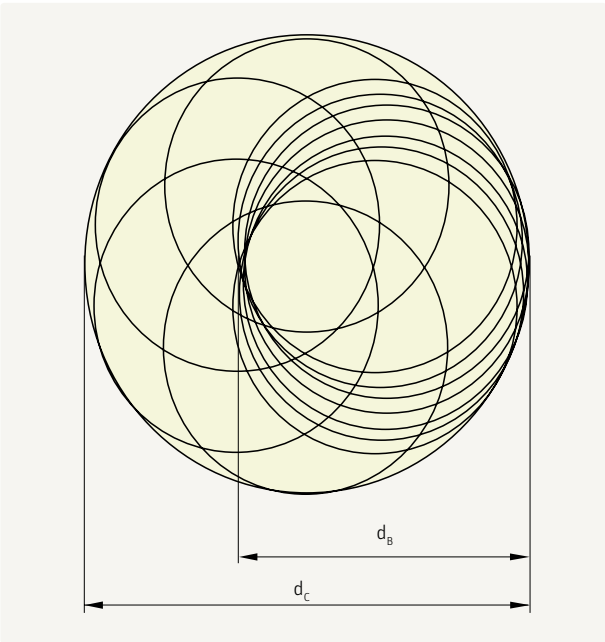


图 75 条子的大圈条铺放（过条筒中心圈条）

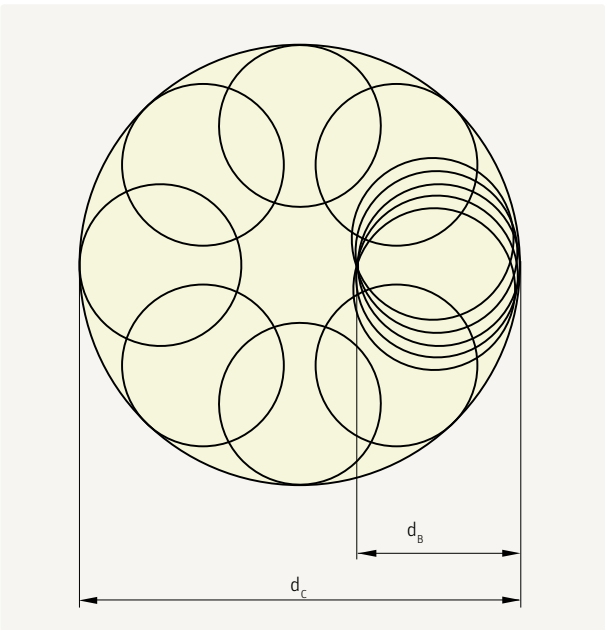


图 76 小圈条铺放（不过条筒中心圈放）

8.2.3. 条子的加捻

条子的摆线形铺放有一些优点，但也有缺点，它会在条子上产生捻度。大多数情况下，这是无关紧要的，因为只产生少量的捻回。然而，在加工化纤时，它会产生不利影响。

由于圈条盘和底盘都转动，所以在这两个地方都会产生捻度。圈条盘产生的捻回不是永久性的：当随后把条子从条筒中引出时，捻回就会被解掉。而另一方面，由底盘产生的捻回会保留下来。

在条子的铺放过程中，底盘不产生捻回，只是使圈放点的位置产生移动。由于条子在条筒中必须按螺旋形圈放，在条子被引出的过程中就会产生捻度。

8.3. 卷动卷绕以及卷子形成

在这种卷绕作用中，一种横向很宽的制品（如棉卷和棉网），沿整个宽度被卷绕在心轴或筒管上（图 77）。由于产品的宽度和承载管的宽度相同，所以不需要横动机构。在这种情况下，卷绕是一个非常简单的过程。然而，退绕却没有这样容易，棉卷的层与层之间有可能发生分离不清。

它们彼此粘住、扯开或刮开，因而会产生不利影响。如果棉卷中的棉层不形成紧凑的、自隔离的结构，这种情况更容易发生。纤维在棉卷表面随机排列比高度平行排列能更好地分离棉层。

在精梳工序中，常常可以通过并卷机的小卷上竖起的毛茸清楚地看到这一点。

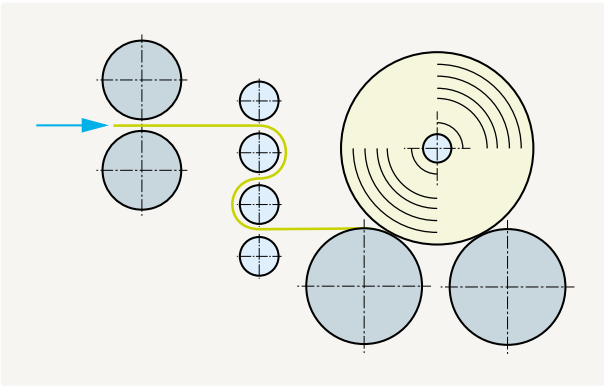


图 77 棉卷层在心轴上的卷绕

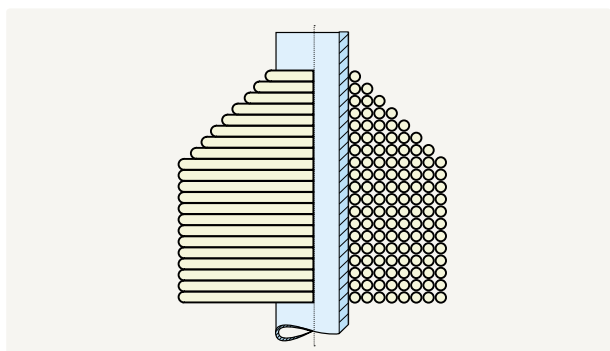


图 78 粗纱管的构造（剖面图）

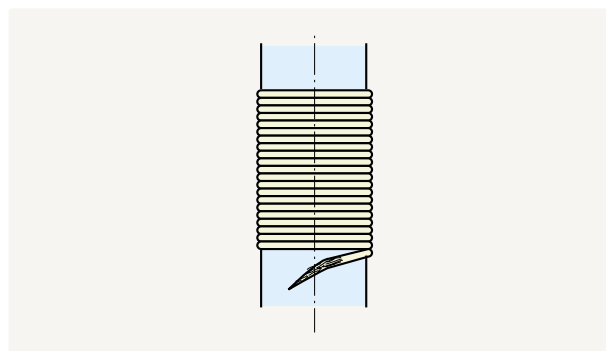


图 79 纱圈彼此靠近的卷绕

8.4. 粗纱的卷绕

8.4.1. 卷装的构成

粗纱在卷装上的卷绕是以平行纱层的方式实现的。即简管上每圈粗纱紧靠相邻粗纱圈旁卷绕（见图78和图79）。为了能在整个简管长度上卷绕，卷绕点必须连续移动。

从原理上讲，这可通过调节压掌位置来实现，而压掌位置的调节可以通过锭翼的上升和下降、或简管的上下运动来实现。然而在实践中，锭翼适当的上升和下降运动难以实施，因为它将导致纺纱几何的不断变化——即从牵伸装置到锭翼顶端纱路的倾斜程度及长度的不断变化。唯一实用的、也是更复杂的方法是卷装与龙筋一起不断地上升和下降。

由于第一层粗纱的卷绕是在空管上形成，因而它的直径和周长（纱圈长度）都较小。第二层粗纱铺放在第一层粗纱上，即纱圈的周长已经增大了。然而，由于每个纱圈彼此之间必须靠得很紧，以使卷装承载尽可能多的制品，所以卷装（与龙筋一起作为一个单元）在卷绕第二层粗纱时的移动速度必须比卷绕第一层粗纱时的慢。卷绕第三层粗纱时更慢，依此类推。即龙筋及简管的速度必须不断地降低。

要求的第二个运动变化就是龙筋的升降动程必须不断地缩短。这是必须的，因为缺少有边筒子那样对卷装端部的限制。如果升降动程保持不变，即卷装两端被制成直的，那么纱圈就会在两端脱落。为了防止纱圈脱落，卷装两端要被制成圆锥形，因此龙筋的升降动程必须逐层减小。

8.4.2. 速度关系

给粗纱加捻需要一个装置，即锭翼（也就是锭子）。而实现粗纱的卷绕则需要两个装置，即锭翼和简管。只有当这两个装置的速度差等于输出速度时，才能完成卷绕。就设计而言，如果这两个装置中的其中之一不转动，就可以很容易地获得这种速度差。然而，这样的设计将会阻碍锭翼另一个任务的实现，即粗纱加捻的实现。如果锭翼不转动，产品中将没有捻回；如果卷装不转动，产品中的捻回将会非常少——每个纱圈中只有一个捻回。这样的话，直径为106 mm的简管在每个周长上（=333 mm）只有一个捻回，即每米只有三个捻回，而不是所要求的每米40~60个捻回。

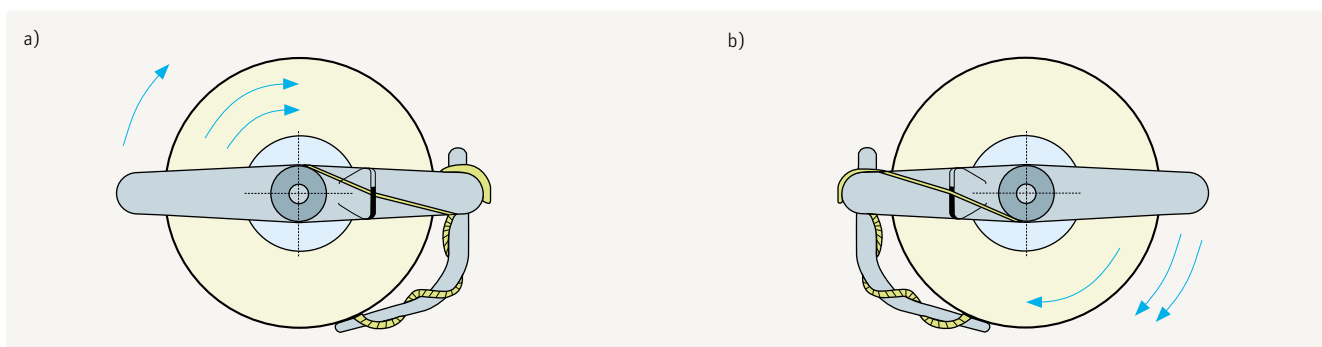


图 80 粗纱管的卷绕
(a) 管导卷绕；(b) 翼导卷绕

为完成这两个任务，粗纱的卷绕和受控制加捻要达到所选的程度，两个装置的转动方向必须一致。不过，筒管转速必须大于锭翼转速，或锭翼转速大于筒管转速，这是指管导卷绕或翼导卷绕（图80）。翼导卷绕的优点有：采用预先设定的锭速，可以在较低筒管速度下运行——即筒管速度低于锭子速度。

然而，所有现代短纤维粗纱机的设计都采用管导卷绕原理。管导卷绕有以下突出优点：

- 由于从电动机到锭子的传动路径较短，而到筒管的传动路径较长，卷绕点的粗纱断头或意外牵伸较少。此外，筒管的传动中包括了一个产生滑溜的位置，即锥轮皮带传动。当粗纱机启动时，锭子立即开始转动，而筒管有一定的滞后才开始转动。采用翼导卷绕时，在压掌处粗纱将受到撕扯，并产生拉伸疵点。采用管导卷绕时，不会出现这种情况。
- 纱线层不会退绕。采用翼导卷绕时，由于粗纱在筒管转动方向逆着空气阻力运动，粗纱断头会引起粗纱退绕。而另一方面，采用管导卷绕时，空气阻力不会使粗纱离开筒管，而是把它压回到筒管上。
- 随着卷装直径增大，速度降低。采用管导卷绕时，随着筒管直径增大，即随着转动质量的增加，筒管速度慢慢降低，这对于减少能量消耗是有利的。而另一方面，采用翼导卷绕时，筒管速度必须逐渐增大，这完全是不合理的。

8.4.3. 卷绕原理

如前面所提到的，只有当筒管和锭子（锭翼）的圆周速度存在差异时，才会产生卷绕。在每一时刻，这个速度差必须与纱线输出速度一致，这是由于输出的长度和卷绕的长度必须相同。然而，随着粗纱层逐渐卷绕在筒管上，筒管直径增大。因此，在没有干预的情况下，圆周速度（及最终的线速度差）也将增加。卷绕长度将不断增大，这就会造成粗纱断头。为了避免这种情况发生，必须以精确控制的方式不断降低筒管速度，以保持这种速度差始终等于输出长度。因而可以得到以下的普遍原理。如果圆周速度（bo表示筒管，spi表示锭子）如下计算得出：

$$V_{bo} = d_{bo} \times \pi \times n_{bo}$$

$$V_{spi} = d_{spi} \times \pi \times n_{spi}$$

那么，由于输出速度如下：

$$L = V_{bo} - V_{spi}$$

$$L = d_{bo} \times \pi \times n_{bo} - d_{spi} \times \pi \times n_{spi}$$

筒管直径和纱锭直径相等，在这种情况下，只有压掌处的卷绕点是重要的，因而可以得到以下式子：

$$L = d \times \pi \times n_{bo} - d \times \pi \times n_{spi}$$

$$L = d \times \pi (n_{bo} - n_{spi})$$

通过等式变换，可以得到任何给定筒管直径时相应的筒管速度：

$$(n_{bo} - n_{spi}) \times d \times \pi = L$$

于是得到：

$$n_{bo} = \frac{L}{d \times \pi} + n_{spi}$$

8.5. 管纱的卷绕

8.5.1. 管纱的构造

8.5.1.1. 管纱的形状

管纱（图81）由外观明显不同的三个部分组成——桶状底部A，圆柱形中间部分W和圆锥形顶部K。从底部到顶部，管纱由许多圆锥形纱层构成（图82），但是只有在管纱底部形成后才能得到恒定的锥度。在管纱底部时，卷绕是在近似圆柱形的筒管上以接近圆柱形纱层开始的。随着纱线一层在另一层上的卷绕，锥度逐渐增加。

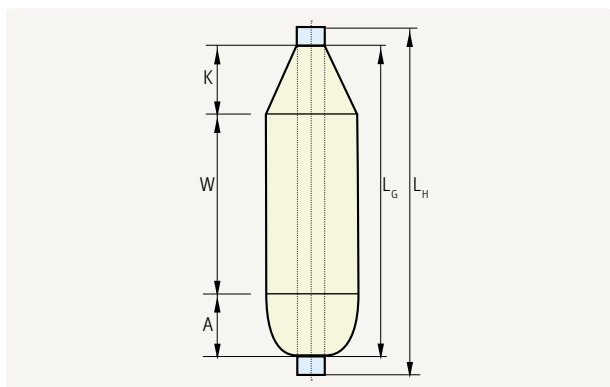


图 81 管纱卷装

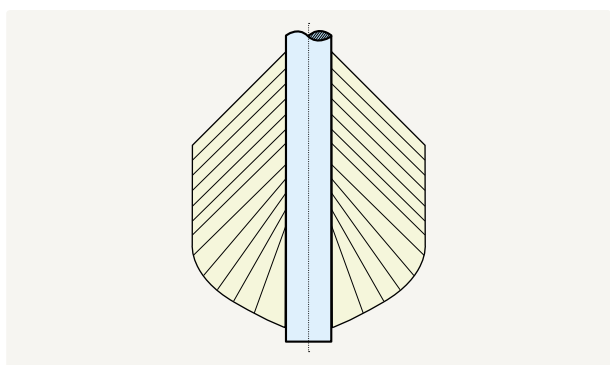


图 82 管纱的层状构造

每层纱由一个主要层（称作绕纱层）和一个交叉层（称作束缚层）组成（图83）。绕纱层在钢领板缓慢上升过程中形成，卷绕的每个纱圈间互相靠得很近。绕纱层是有效的管纱填充层。束缚层由离的很开、陡然向下倾斜的纱圈构成，在钢领板快速下降过程中形成。束缚层在两个绕纱层之间形成了分隔层，以防止在络纱机上高速退绕时几层纱线被同时拉下。在没有这种分隔层的情况下，各纱层之间将不可避免地互相嵌入，使纱线不可能一层层退绕。

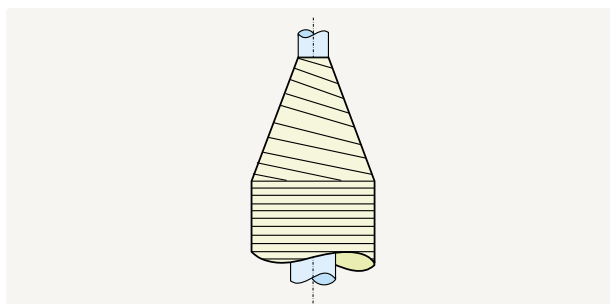


图 83 绕纱层和束缚层

钢领板的升降是由心形凸轮引起的，并通过链条、钢领板牵吊带、钢领板牵吊轮传到钢领板上（图84）。凸轮表面长的、较平缓的部分使钢领板缓慢地上升并作加速运动，而短的、较陡的部分引起钢领板快速下降并作减速运动。

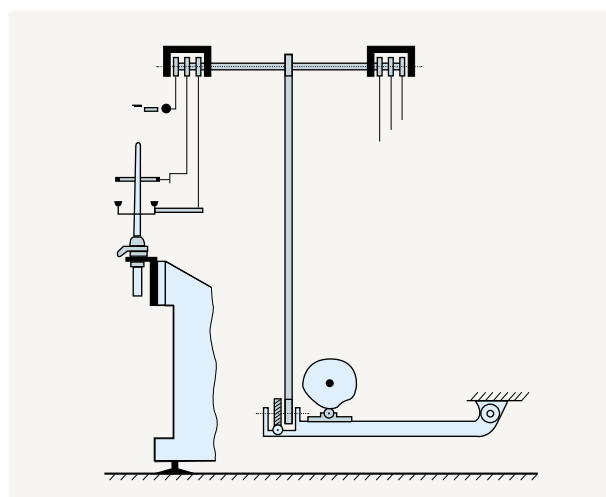


图 84 卷绕机构

8.5.1.2. 管纱底部的形成

Johannsen和Walz^[20]对典型管纱形状的形成做了如下解释。

心形凸轮和输出罗拉通过传动装置连接在一起。于是，凸轮每转一圈输出的量，即每两层纱线的长度总是相同的。因而，每两层纱的体积也相等。

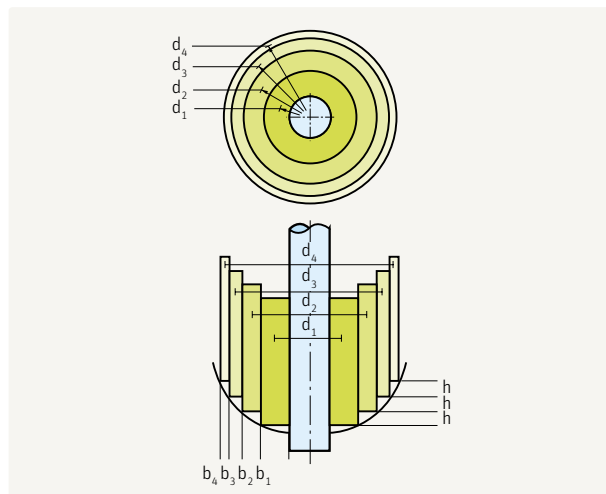


图 85 管纱底部曲线的形成

筒管上两层纱线的卷绕是以一个小的平均纱层直径 d_1 开始的(图85)。纱层的平均直径随着每个新卷绕的纱层而逐渐增加。

要使每层纱体积不变, 仅能有一种结果, 也就是纱层宽度从 b_1 到 b_2 到 b_3 等逐渐地减小。

由于每卷绕一层纱后, 钢领板也上升一个恒定的高度 h , 因此在管纱底部就形成了自动上升的曲线而不是直线。

8.5.1.3. 圆锥形纱层的形成

前面已经提到, 钢领板不是匀速运动, 它的速度在上升过程中不断增加, 在下降过程中不断减小。在每一层纱顶端的速度要高于在底部的速度, 即钢领板在顶端停留的时间不像在底部那么长: 因此在顶端卷绕的纱线较少, 且纱层较薄。例如假设: 当钢领板在其动程顶部的速度是在动程底部时的两倍, 则第一层纱在顶部的厚度将是在底部的一半, 即 $1/2 b_1$ 而不是 b_1 (图86)。

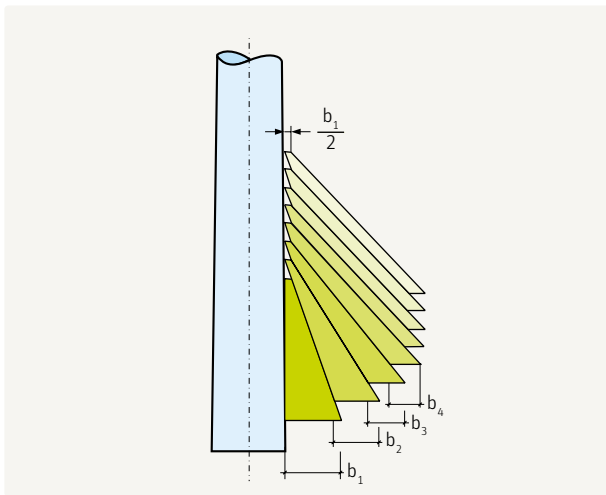


图 86 圆锥形纱层的形成

第一层对应于底边为 b_1 、顶边为 $1/2 b_1$ 的梯形, 第二层纱的卷绕照此进行。由于钢领板以不变的短动程上升, 新纱层的上部将再次卷绕在空管上。

管纱顶部的平均直径将与第一层相同, 并且体积和厚度也相同, 即厚度为 $1/2 b_1$ 。每一层新卷绕的纱层在顶部的厚度都为 $1/2 b_1$ 。然而在管纱底部, 卷绕直径不断增大, 所以纱层的厚度从 b_1 到 b_2 到 b_3 到 b_4 逐渐减小, 于是就形成了不断变窄的梯形。

在某个阶段, 这种梯形将变为平行四边形, 即底边将与顶边的尺寸相同, 都为 $1/2 b_1$ 。由于现在所有其它卷绕条件都相同, 在形成纱层时不会出现其它变化。一个圆锥纱层将卷绕在另一个纱层上, 直到完整的管纱形成, 即管纱的圆柱形部分形成为止。

传动变速齿轮对这个过程影响很小。如果齿轮的齿数太多, 则达到恒定圆锥形纱层的时间将太快, 管纱将太薄; 如果钢领板上升太慢, 管纱将太厚。

8.5.2. 卷绕过程

8.5.2.1. 卷绕原理

与粗纱机上的情况相同, 为了使卷绕发生, 必须采用两个速度不同的部件: 一个部件是锭子, 另一个是起着锭翼作用的钢丝圈。此外, 二者的速度差必须等于同期前罗拉的输出长度。在粗纱机上, 每个部件都有它自己的控制驱动装置。在环锭细纱机中, 仅锭子才有驱动装置, 钢丝圈是由锭子通过纱线拖动的。达到要求的钢丝圈速度与锭速的预定速度差, 是由钢丝圈在钢领运行表面产生的近乎强制制动所引起的。可以通过调节钢丝圈的质量来对这个过程施加影响。对于锭导卷绕(参见8.4.2.), 可应用下面的关系式。输出长度由下式给出:

$$L = v_{spi} - v_T$$

式中 v_T 是钢丝圈速度。因此可得到:

$$L = d \times \pi \times n_{spi} - d \times \pi \times n_T \quad \text{及} \quad L = d \times \pi (n_{spi} - n_T)$$

于是所要求的钢丝圈速度为:

$$n_T = n_{spi} - \frac{L}{d \times \pi}$$

与粗纱机上的情况相同, 直径 d 是卷绕点处的直径。

8.5.2.2. 钢丝圈速度的变化

与粗纱机不同，由于环锭细纱机上形成的卷绕层呈圆锥形，所以其卷绕直径随着钢领板的上升和下降而不断变化（图87）。

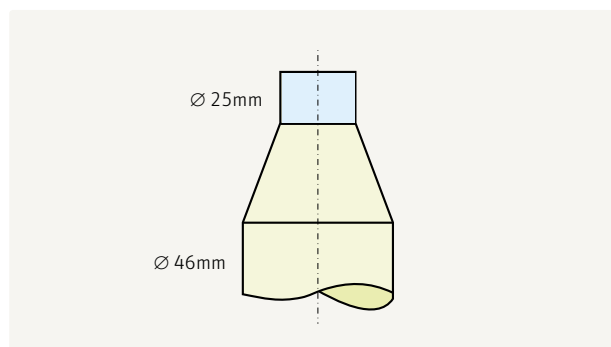


图 87 不同的卷绕直径

钢丝圈在管纱底部和顶端必须具有不同的速度。例如，假设锭速为13 500 r/min，纱层直径已给定（见图87），且输出速度为15 m/min，则钢丝圈在管纱底部的速度为：

$$n_{TB} = 13\,500 - \frac{15\,000}{46\pi} = 13\,500 - 104 = 13\,396 \text{ min}^{-1}$$

在管纱顶端的速度为：

$$n_{TS} = 13\,500 - \frac{15\,000}{25\pi} = 13\,500 - 191 = 13\,309 \text{ min}^{-1}$$

与恒定的锭子速度相比，钢丝圈速度有0.77 %到1.41 %的变化。

8.5.2.3. 纱线捻度的变化

等式：

$$\text{捻度 (捻/m)} = \text{锭速(r/min)/输出速度(m/min)}$$

该等式一般被用来计算纱线的捻回数。上面的等式不是完全准确的，因为捻回是由钢丝圈产生，而不是由锭子产生。在所给的例子中，卷绕管纱底部（大直径）时，每分钟丢失104个捻回；卷绕顶端（小直径）

时，每分钟丢失191个捻回。然而，由于两个原因，可以说这些丢失的捻回只是理论问题而不是实际问题。首先，在估算纱线捻度时，测试仪器的测量不准确性要大于捻度变化；其次，在任何情况下，纱线最终都会得到它的全部捻度。一旦纱线从管纱上轴向退绕下来后，这种情况就会发生。因为纱线绕着筒管每转一圈都会导致在纱线上加上一个额外的捻回，于是这种丢失捻回的补偿就很容易解释了。

如果管纱顶端每分钟丢失191个捻回，且在这一段时间必须卷绕15 m纱线，结果是：

$$T_m(\text{丢失}) = 191 \text{ 捻回/min} / 15 \text{ m/min} = 12.73 \text{ 捻回/m}$$

在纱线退绕过程中，在管纱上的每个纱圈（一个周长）产生一个额外的捻回。所以在管纱顶端（管纱直径25 mm）有：

$$T_o(\text{额外}) = 1\,000 \text{ mm/m} / 25 \text{ mm} \times \pi = 12.73 \text{ 捻回/m}$$

这正好是先前丢失的捻回数。然而，必须确保管纱总是要被轴向退绕，即使在捻度测试过程中也不例外。

8.5.3. 使用钢丝圈时卷绕过程中力与张力的关系

8.5.3.1. 引言

在接下来的阐述中，故意地接受了某些不准确性。例如，实际上是三维的过程用二维来表示。

其目的不是介绍精确的科学理论或详细的计算基础，而是为参与日常实践的纺织行家提供对相互关系的认识，尤其是阐明力的相互作用。为达到此目的，采用了简化模型；关于科学的精确应用可从许多文献中得到^[18, 20, 21]。

整个推导基于力的平行四边形法则。为了获得完整性，这里简要复述一些学校教授的相关内容（图88）。

如果要使一节车厢在轨道上前进，可以直接在轨道方向拉它（以力 F_T ）。

在这种情况下，这个力的全部都对前进运动有贡献。如果力的方向朝一侧倾斜（在力 F_R 的方向拉），则结果就不同了。现在合力（ F_T ）只有一部分（ F_T ）对前进运动有贡献。

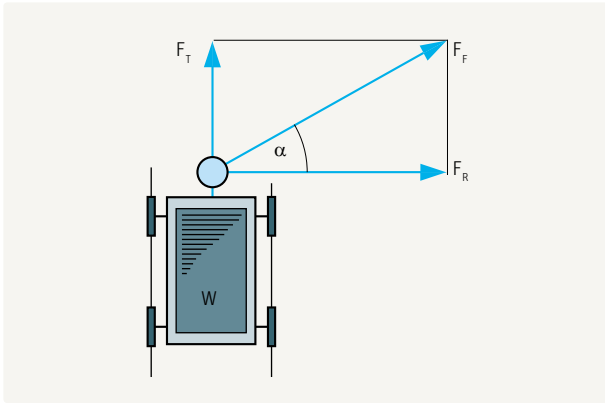


图 88 力的平行四边形中力的分解

力 F_F 的一部分（即力 F_R ）在与运动方向呈 90° 夹角的方向将车厢压向轨道。就前进运动而言，这一分力是不产生效果的。因而，拉力 F_F 可以被分解成牵引车厢向前的切向力 F_T 和径向力 F_R 两个分力。因此，如果必须用力 F_T 才能使车厢向前运动，并且拉力与前进方向成一定角度 α ，那么这个拉力必须达到力 F_F 的大小（这里忽略了摩擦力）。这些力可用图来表示和测量，或根据下列公式进行计算：

$$F_F = \frac{F_T}{\sin \alpha}$$

8.5.3.2. 钢丝圈在钢领平面上的受力状况

在钢领（2）平面上，有以下诸力作用于钢丝圈（1）上（图89）：

- 张力 F_F ，即纱线的卷绕张力，其作用方向总是与管纱圆周（3）相切。
- 钢领和钢丝圈间的摩擦力 F_H ，在定态情况下，即钢丝圈速度不变时，制动力 F_H 与纱线张力 F_F 的向前分力 F_T 相平衡。因此有：

$$F_H = F_T \text{ 或 } F_H = F_F \times \sin \alpha$$

力 F_N 沿法向作用于钢领表面（它将钢丝圈拉向管纱方向，从而减小了由离心力 F_Z 产生的钢丝圈在钢领上的摩擦力）。摩擦力 F_H 由这个法向力引起，并符合下面的关系：

$$F_H = \mu \times F_N$$

式中 μ 是摩擦系数。

- 离心力 F_Z ，它是作用于钢丝圈上的最大力。这个力可根据下式计算^[20]：

$$F_Z = m_L \times \omega_L^2 \times d_R / 2$$

$$\omega_L = n_{\text{spindle}} \times \pi / 30$$

式中 m_L 是钢丝圈的质量， ω_L 是钢丝圈的角速度， d_R 是钢领直径。

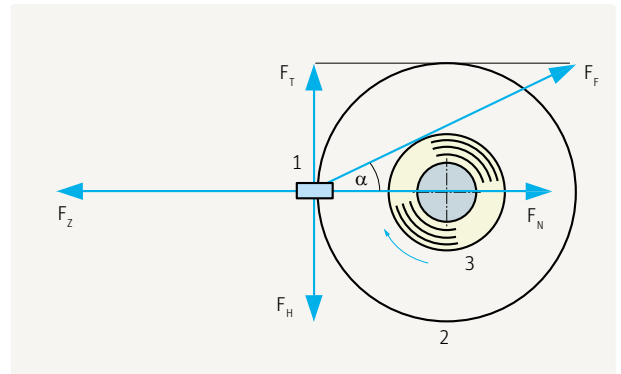


图 89 作用于钢丝圈上的力

Krause教授（ETH，苏黎世）证明了这些力之间的下述关系，解出了张力：

$$F_F = \frac{\mu \times F_Z}{\sin \alpha + \mu \times \cos \alpha}$$

$$F_F = \frac{\mu \times m_L \times \omega_L^2 \times d_R}{2 \times (\sin \alpha + \mu \times \cos \alpha)}$$

对于粗略计算， $\mu \times \cos \alpha$ 项可以忽略不计。因此，近似地有：

$$F_F = \frac{\mu \times m_L \times \omega_L^2 \times d_R}{2 \times \sin \alpha}$$

8.5.3.3. 受力状态的改变

在管纱卷绕过程中，运转状态不断发生变化。卷绕直径的变化尤其大，即当纱圈卷绕在空管上（小直径）时及卷绕在满管纱圆周上（大直径）时。这种变化不仅发生在管纱卷绕开始时（管纱底部形成时），而且还发生在每次钢领板升降动程的很短时间间隔内，如图90中所说明的例子。

前面已经提到，因为张力 F_F 产生于卷绕点，因此必须假定它与管纱圆周相切。由于摩擦力 F_H 的变化很小，所以可以假定它在两种情况下相等。

纱线张力的分力 F_T 也是相等的。然而，由于角 α 的差异，张力 F_F 是不同的。同样，张力 F_F 与角 α 的关系也可以从上面给出的公式中看到。

由于纱线在钢丝圈上形成的迎角不同，因此空管卷绕时作用于纱线上的张力比满管纱直径卷绕时的张力大得多。即在纱线被卷绕到筒管上的过程中，当钢领板在其升降动程的上端时，纱线的张力要比钢领板在最底部时的纱线张力大得多。这可容易地从任一环锭细纱机的气圈上观察到。如果测量一段时间内的纱线张力，就可以得到图93所示的曲线。

为了确保纱线张力波动不至于太大，筒管和钢领直径之间必须具有最小比值，这个比值大约在1:2到1:2.2之间。

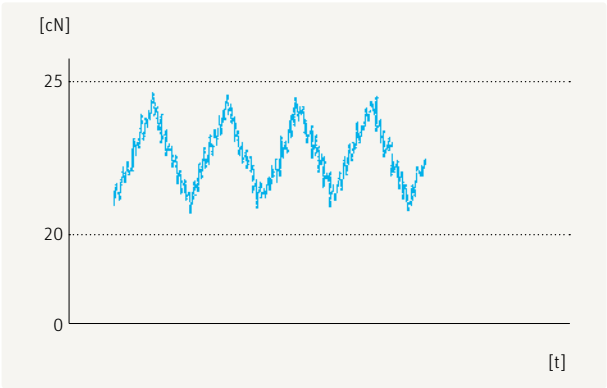


图 91 卷绕直径变化引起的纱线张力的连续变化

8.5.3.4. 钢丝圈在通过锭子轴线平面时的状况

H. W. Krause教授和H. Stalder博士（ETH，苏黎世）准确地阐述了这些状况。

纱线对钢丝圈的影响可以用两个力来表示（见图92）。其中之一是张力 F_F ，其与x轴的夹角为 α ；另一个是力 F_B ，它由气圈引起，且可以假定其方向与气圈曲线相切。这个力在与y轴呈 γ 角的方向上，牵拉钢丝圈向上。因此，钢丝圈被两个分力（ $F_B + F_F$ ）的合力 F_L 牵拉向上。因而，随着钢领板的上升和下降，角 δ 经历相当大的变化。

此外，钢丝圈还受到力 F_Z （离心力）和力 F_N （法向力）的作用。钢丝圈的重力在这里可以忽略不计。

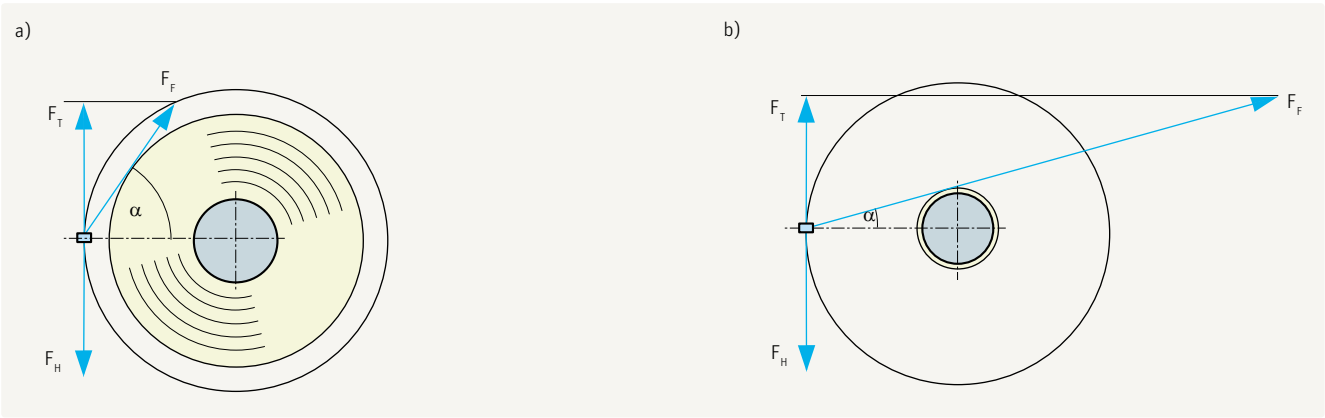


图 90 纱线上的张力 (F_F)
a, 大管纱直径时; b, 小管纱直径（空管）时

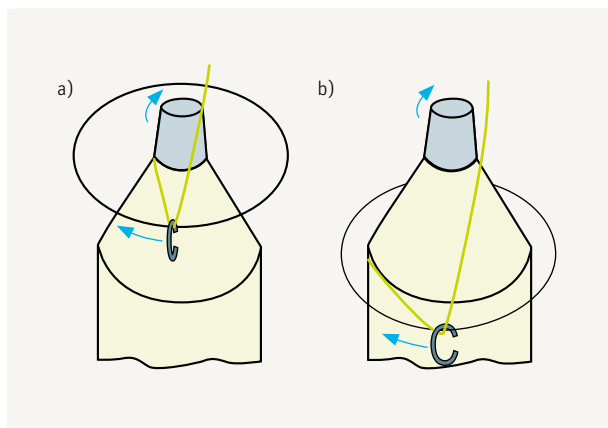


图 95 钢丝圈在钢领上的倾斜变化
a) 直立；b) 倾斜

8.5.3.6. 钢丝圈在切线平面上的状况

纱线在锭子轴线平面内不是绝对垂直地运动，它按照气圈转动时产生的空气阻力引起的曲线运动。因而，像先前在简图中假定的那样，气圈张力 F_B 不起垂直拉力的作用，实际的结果是它以一定角度倾斜向上。准确的表述要求用三维图来表示并做相应的分析。然而，即使没有这些，也能从下图（图96）中看到。图中，气圈张力可以分解为两个分力，即分力 F_C ，它迫使钢丝圈对着钢领向上；和分力 F_A ，它对钢丝圈起着抑制力的作用，并稍微增强了由钢领和钢丝圈间摩擦力引起的抑制力。分力 F_A 相对较小，可以被忽略，钢丝圈受到的空气阻力同样也可忽略。

8.5.3.7. 气圈张力

气圈上的纱线张力（ F_B ）最终几乎穿入到纺纱三角区中，而且在实际生产中是造成大部分纱线断头的原因。通过纱线在导纱钩上的绕行，这个张力被减小到很小的程度。由于纱线在钢丝圈处转向，并在那里产生摩擦力，因此在纱线张力 F_F 和气圈张力 F_B 之间必须获得力的平衡。这种平衡由下式给出^[20]：

$$F_F = F_B \times e^{\mu\xi}$$

式中 e 是自然对数（2.718）的底数， μ 是纱线与钢丝圈间的摩擦系数， ξ 是纱线在钢丝圈上的包围角。 $e^{\mu\xi}$ 的值一般在1.2到1.8之间。因而，气圈张力 F_B 要稍大于卷绕张力（ F_F ）的一半。

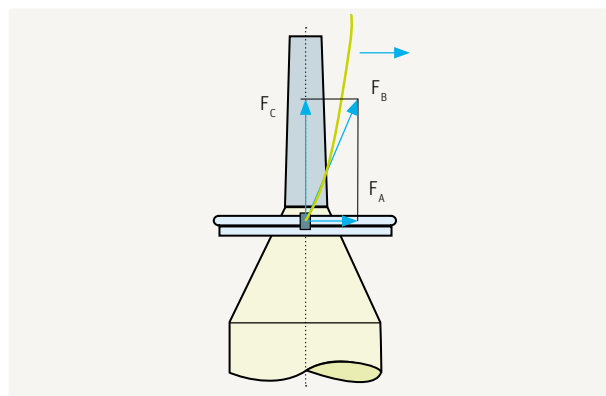


图 96 倾斜气圈的张力分解

在气圈最大直径处的纱线张力 F_V （图97）可近似地由Krause教授给出的下述公式得到：

$$F_V = k \times \omega_L^2 \times H^2 \times \sigma$$

式中 ω_L 是钢丝圈的角速度， H 是气圈高度， σ 是纱线的比质量，也就是（纱线质量/纱线长度） $\approx \text{tex}$ ， k 是常数。因此，对于给定的纱线支数，纱线在气圈上的张力主要取决于钢丝圈速度和气圈高度。钢丝圈速度高，气圈高度大，将导致纱线在气圈上的张力很大。

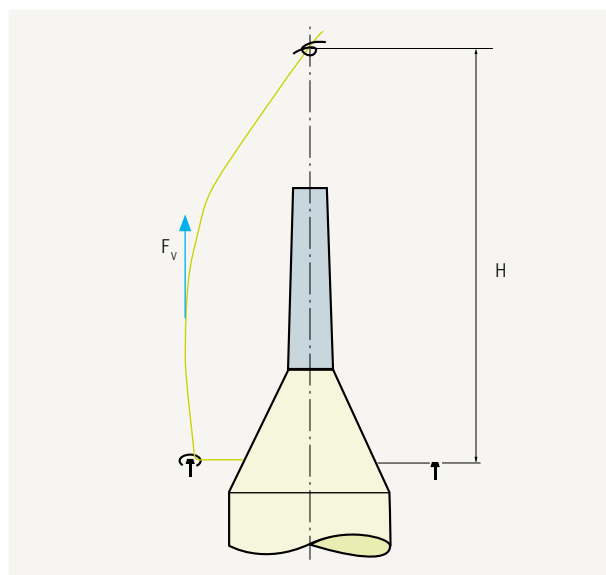


图 97 气圈张力

这里提到的所有力都作用于钢丝圈上。由于力本身和它们的迎角在不断变化，所以钢丝圈在钢领上的倾斜状态也在变化。这些可分析的变化由气圈或由钢领和钢丝圈间的摩擦状况引起的突变力而得以加强。因而，钢丝圈不可能安静、均匀、稳定地运行。这是环锭纺的重要问题之一。

更大的问题是发热。由于钢丝圈没有自己的驱动装置，而是不得不随着锭子运动，因而它的运动必须被制动。然而，制动不可能不发热。这样就在钢丝圈上产生非常高的温度。温度会达到摄氏400多度。这里散热的问题变得非常突出。由于钢丝圈的质量太小，因此不能及时把热量散发到空气中或钢领上。

这些不同的解释说明, 在目前的条件下, 由于钢领、钢丝圈和纱线间的相互作用, 要取得很大的改进是不太容易的。即使采用立达公司推出的全新设计的钢领和钢丝圈, 钢丝圈的线速度仍不会超过 50 m/s (180 km/h)。

9. 质量保证

9.1. 必要性

没有必要的技术知识是不可能运行高科技纺纱厂的，但是没有必要的管理技能同样也不行。除了许多其它内容外，管理技能还包括确保产品质量的长期稳定性。一个用来确保整个生产过程安全性的工具是纱厂信息系统（MIS, Mill Information System）。这个工具不仅能够确保产品质量，还有一个很重要的优点，即可以通过下列途径显著降低生产成本：

- 确保达到精确的质量要求；
- 优化原材料利用率；
- 提高生产效率；
- 提高员工效率。

在质量方面，高科技纺纱厂使用久享盛名的“统计质量控制办公室”作为管理工具是不恰当的。生产中，到这个工具能反映出生产中的问题时，已经造成了巨大的损失。因为像梳棉机、并条机等高性能机器在很短的时间内就能生产出大量的半制品。这可以通过一个简单的例子来说明：一台以800 m/min速度运行的并条机在一分钟内生产的棉条就可供生产55到60管纱线，而这些纱线足够制造25件衬衫。在纺纱厂中，如果任何一个生产单元出了差错，次品率都会同样高。下面的宣传语比以往任何时候都更具意义：

“避免生产中出现问题的要比纠正生产中出现的问题更加重要”

要达到这个要求，不仅需要胜任的质量管理，还需要在原料流经过的所有相关部门采用带有控制装置的监测信息系统进行全面质量控制。这个系统可以是独立的，也可以是成组的。

这个系统必须从生产第一个半制品的地方开始，一直到整个纺纱工艺结束。即从梳棉机的喂入工艺开始，一直到络筒机结束。由于目前几乎所有机器的关键部位都安装了传感器，因此有必要为这些控制单元配备附加数据收集与评价系统，以获得质量管理和工厂管理所必需的工具。幸运的是，用户目前可从一些机械制造商那里，如立达公司，得到控制质量和经济性的“纱厂信息系统”。立达纱厂信息系统（蛛网系统SPIDERweb）的优点是它能控制从开清机器直至络筒机的整个纺纱工艺流程，而其它许多系统仅能控制某些机组。

9.2. 纱厂信息系统（MIS）的结构

这个系统的主要特征是有一个三级或四级结构，这个结构从最低的级别开始。即在这个级别，在机器的特殊控制部位直接安装上灵敏的传感器。这些传感器收集数据，并把这些数据传到第二级——机器级。在机器级，进行简单的计算机收集、传送并评估从传感器上得来的信号，然后通常以简单的方式将统计结果显示在机器控制面板上，通知有关责任人员，使他们能够快速做出反应。

第三级是个人电脑工作站级。在这一级会有选择地评估机器级收集到的数据，同时把信息显示到管理者的办公室。信息通常是以图表的形式（图99）给出。MIS的最高级通常是一个商用主机。

这里，通过一个局域网以压缩和兼容的形式收集来自第三级（或第二级）的所有信息，并以一种易于使用的方式（例如用图表的方式，见图98）进行有选择的评估。如果出现轻微偏差，通过第二、第三、第四级的详细分析，便能立即采取措施。

9.3. 立达“蛛网”（SPIDERweb）纱厂信息系统（纱厂监控系统）

SPIDERweb是基于Windows界面的用户友好型数据系统。其模块化设计允许连接任意数量的机器，并可随时扩展连接附加机器。它可实现对棉包排放直至络筒机的整个纱厂工艺流程的控制和监测。

蛛网系统可以根据工厂要求显示和分析每台机器的产量数据和质量数据。产量数据包括单位时间产量、效率、停车事件、停车时间等；质量数据包括纱条的CV值、波谱图以及纱疵数据等。这个系统的一个非常重要的特征是它有一个报警系统。一旦工厂任何部位的任何控制项目超过工厂预先设定的允许极限，就会立即显示出来，这样就能马上排除这个问题。

蛛网系统SPIDERweb是很重要的现代化管理工具。它将管理人员从费时的日常工作中解放出来，使他们能集中精力解决异常事件，而这也是称职的管理人员的必要条件之一。

蛛网系统SPIDERweb为责任人员提供了运行工厂的全部必要数据。必需的原始数据可从立达公司得到，也可由工厂自己详细制定。

这个系统的另一个优点是具有不断提高产品质量和产量的潜力，这由下述影响而实现：当报警纪录指出了有缺陷的生产单元以及能够排除缺陷的理由时，就可以降低报警极限。新的报警结果明细使得下一个有缺陷的生产单元得以改进，以此类推。随着每一步改进的实现，新的改进变得越来越难。当然，当要为改进所付出的努力大于能够取得的成果时，改进就没有必要进行了。

9.4. 建议

如果购买机器时没有一起购买这套系统，则必须考虑以下几点：

- 纱厂信息（监控）系统迟早都是必不可少的；
- 现在购买的机器日后将变成这个全面系统的一部分；
- 这些机器必须与纱厂信息系统相适配；
- 管理者对此没有考虑，可能会产生无法解决的问题。

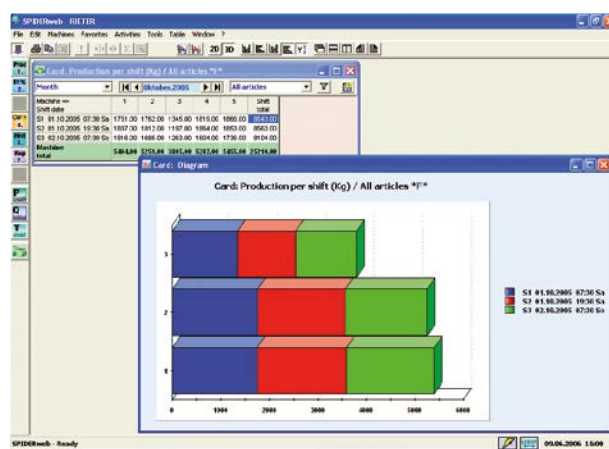


图 99 蛛网系统示意图



图 98 蛛网系统的不同级别

参考文献

- [1] A. Schenek. Massnahmen zur Vermeidung von Reklamationen bei der Verarbeitung von Baumwolle. Textil-Praxis, 6/1984, 559-563.
- [2] A. Schenek. Messmethoden zur Bestimmung des Kurzfaserteils in Rohbaumwolle. Melliand Textilber., 8/1982, 551-554.
- [3] E. Lord. The Characteristics of Raw Cotton (Manual of Cotton Spinning, Volume II, Part 1), The Textile Institute and Butterworths, Manchester and London, 1961.
- [4] Rohstoffentstaubung in der Putzerei und ihre maschinentechnische Lösung. Int. Text. Bull., Spinning, 1/1980, 89-100.
- [5] G. Mandl. Staubkontrolle in der Baumwollspinnerei. Melliand Textilber., 4/1980, 305-308.
- [6] F. Leifeld. Staubbekämpfung in der Spinnerei-Vorbereitung. Melliand Textilber., 4/1980, 475-479.
- [7] A. Schenek, Naturfaserlexikon Deutscher Fachverlag 2000/2006
- [8] O. Elsner and R. Gan. Abbau des Zuckers von Honigtau auf Baumwolle. Textilbetrieb, 1980, No. 7/8.
- [9] H. Deussen. Faserparameter für neue Spinnverfahren. Chemiefasern/ Textilindustrie, 9/1984, 622.
- [10] F. Leifeld. Fortschritte beim Öffnen und Kardieren. Melliand Textilber., 3/1982, 184-191.
- [11] P. Artzt, O. Schreiber. Faserbeanspruchung an Hochleistungskarden. Melliand Textilber., 2/1973, 107-115.
- [12] D. Kaufmann. Untersuchungen an der Wanderdeckelkarde. Textil-Praxis, 1961/62.
- [13] Autorenkollektiv. "Spinnereitechnische Grundlagen", VEB-Verlag, Leipzig, Germany.
- [14] P. Artzt and O. Schreiber. Abhängigkeit der Nissenzahlen in Kardenbändern. Textil-Praxis, 1973, 28, 608-611; 1974, 29, 754, 761-762.
- [15] R. Binder and M. Frey. Technologische Untersuchungsergebnisse von teilautomatisierten Baumwollspinnereien. Textil-Praxis, 6/1967, 381-387.
- [16] F. Leifeld. Rechnerische Ermittlung der Reinigungswirkung einer Spinnereivorbereitungsanlage. Melliand Textilber., 11/1984, 717-720.
- [17] W. Wanner. Mischverfahren der Stapelfaserspinnerei. Chemiefasern/ Textilindustrie, 1977, 977, 980, 983-986.
- [18] W.I. Budnikow, I.W. Budnikow, W.E. Sotikow, N.J. Kanarski, and A.P. Rakow. "Grundlagen des Spinnens", Band I-II, VEB Verlag Technik, Berlin, Germany, 1995.
- [19] K.Y. Wang and G. Jordan. Luftgesponnene Garne – ihre charakteristischen Eigenschaften. Melliand Textilber., 6/1984, 374-377.
- [20] O. Johannsen and F. Walz. "Handbuch der Baumwollspinnerei", Band III, Verlag Handwerk and Technik, Germany, 1954.
- [21] A.P. Rakow and W.M. Krjukow. "Die Baumwollspinnerei", Band II, VEB Fachbuch-Verlag, Leipzig, Germany, 1953.
- [22] K.-J. Brockmanns. Strukturuntersuchungen an Fasergarnen. Textilbetrieb, 1982, 100, No. 1/2, 41-44.
- [23] Zellweger Uster AG. Uster News Bull., 1991, No. 38, 23.

[24] P. Sasser. Text. Asia, 1988, No. 8, 80-84.

[25] Cotton Contamination Surveys, 1999 – 2001 –
2003 – 2005.
ITMF International Textile Manufacturers Federation

[26] Dr. E. Hequet. International committee on cotton
testing methods, working group stickiness.
Bremen march 2002

[27] Cotton fiber chart 2006.
ITMF International Textile Manufacturers Federation

[28] Uster statistics 2001.
Uster Luwa AG

图表目录

表 1	短纤维纺纱使用的机器	11	图 38	并条机上的横向并合	40
图 1	纤维长度-数量曲线图	14	图 39	开环控制原理	41
图 2	纤维长度-重量曲线图	14	图 40	闭环控制原理	41
图 3	矩形长度曲线图	15	图 41	罗拉牵伸装置中的牵伸	43
图 4	三角形长度曲线图	15	图 42	牵伸过程中作用在纤维 (f) 上的力	44
图 5	梯形长度曲线图	15	图 43	牵伸力示意图	44
图 6	阶梯形长度曲线图	16	图 44	说明粘滑区的牵伸力示意图	45
图 7	纤维照影机曲线图	16	图 45	牵伸区中的受引导纤维及浮游纤维	45
图 8	纤维长度-重量曲线图, 长度规格	16	图 46	通过施加压力在纤维须条上产生的摩擦力界	46
图 9	不同长度纤维的刚性	18	图 47	罗拉硬度对摩擦力界的影响	46
图 10	不同等级棉花中的杂质比例	19	图 48	罗拉直径对摩擦力界的影响	46
图 11	纤维性能和纱线性能之间的相关性 (根据乌斯特公司资料 ^[23])	20	图 49	纱线中不同长度纤维的理想排列	49
图 12	纤维性能对纱线强力的影响 (根据Sasser ^[24] 的研究结果)	21	图 50	环锭纱中的捻度结构 ^[22]	50
表 2	开松装置	23	表 4	纺纱工艺引起的纱线结构差异	50
表 3	开松形式	23	图 51	自由端纺纱中纤维的捻合	51
图 13	开松程度与产量的关系	24	图 52	纺杯中的纱线形成	51
图 14	开松程度随经过的机器道数而增加的情况 (某开清车间)	24	图 53	捆绑纱(包缠纱)	51
图 15	较老的开清车间中开松曲线的理想形式 (绿线)	24	图 54	各种纺纱工艺所纺纱线的结构差异	52
图 16	梳理配置	26	图 55	通过加捻给予纱线强力	53
图 17	剥取配置	26	图 56	纱线的两种捻向	53
图 18	梳理配置时的受力情况	26	图 57	纱线强力和捻度之间的关系	53
图 19	剥取配置时的受力情况	26	图 58	不同捻系数时的纱线缩短	54
图 20	纤维从主锡林 (T) 到道夫 (A) 的转移	28	图 59	不同粗细的纱中两根纤维 (f和f') 的缠绕	54
图 21	牵伸装置中的后弯钩	29	图 60	细的纱线中的捻回数	54
图 22	牵伸装置中的前弯钩	29	图 61	不同粗细的纱中的捻回数	55
图 23	精梳机中的前弯钩	29	图 62	假捻的产生	56
图 24	梳棉机和精梳机之间弯钩配置的倒向	29	图 63	借助于假捻形成纱线	56
图 25	梳棉机和环锭细纱机之间弯钩配置的倒向	30	图 64	纺杯中假捻的产生	57
图 26	原Platt公司的气流除杂机	31	图 65	自捻纺纱	57
图 27	开松元件的配合, 尘棒 (a) 和除尘刀 (b)	32	图 66	借助于自捻形成纱线	57
图 28	除杂程度随经过的机器道数而增加的情况	32	图 67	粗纱纱管	59
图 29	各种类型原棉的除杂阻力 (除杂难易)	33	图 68	有边筒子卷装	60
图 30	纵向混合不匀	35	图 69	管纱	60
图 31	横向混合不匀	35	图 70	交叉卷绕锥形筒子	60
图 32	老式成卷机上的纤维卷混合	36	图 71	圆柱形交叉卷绕卷装	60
图 33	纤维网混合	37	图 72	扁柱形筒子	61
图 34	不同原料的条子混合	37	图 73	圈条装置 (圈条器)	61
图 35	混合作用的各个阶段	37	图 74	条子在条筒中的铺放	61
图 36	变异系数-长度曲线(CV _L %)	39	图 75	条子的大圈条铺放 (过条筒中心圈条)	62
图 37	并合的均匀效应	40	图 76	小圈条铺放 (不过条筒中心圈放)	62
			图 77	棉卷层在心轴上的卷绕	62
			图 78	粗纱管的构造 (剖面图)	63
			图 79	纱圈彼此靠近的卷绕	63
			图 80	粗纱管的卷绕	63

图 81	管纱卷装	65
图 82	管纱的层状构造	65
图 83	绕纱层和束缚层	65
图 84	卷绕机构	65
图 85	管纱底部曲线的形成	65
图 86	圆锥形纱层的形成	66
图 87	不同的卷绕直径	67
图 88	力的平行四边形中力的分解	68
图 89	作用于钢丝圈上的力	68
图 90	纱线上的张力 (F_t)	69
图 91	卷绕直径变化引起的纱线张力的连续变化	69
图 92	钢丝圈上力的分解: a, 正视图; b, 俯视图	70
图 93	纱线张力的合力 F_L	70
图 94 a	钢丝圈的上升和下降	70
图 94 b	钢丝圈的上升和下降	70
图 95	钢丝圈在钢领上的倾斜变化	71
图 96	倾斜气圈的张力分解	71
图 97	气圈张力	71
图 98	蛛网系统的不同级别	74
图 99	蛛网系统示意图	74

立达纺纱手册

第1册－短纤维纺纱技术

《立达纺纱手册》系列丛书第1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。

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。

1921-v4 zh 1611

www.rieter.com

ISBN 10 3-9523173-1-4

ISBN 13 978-3-9523173-1-0



9 783952 317310