



# 立达纺纱手册

第6册 – 其它纺纱系统

Dr. Herbert Stalder



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

# 立达纺纱手册

第6册－其它纺纱系统

Dr. Herbert Stalder



立达纺纱手册

第1册 — 短纤纺纱技术

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

系列丛书《立达纺纱手册－短纤维纺纱》的第六册主要介绍新型纺纱技术和工艺。在过去二十年间，世界各地的研究人员都在积极地研究新型、经济性更高的纺纱系统。喷气纺就是研究成果之一，截至2007年底，全球已安装超过50 000头喷气纺（相当于1百万锭环锭纺），在纺纱领域已占有相当大的市场份额，且其市场份额预计还会进一步扩大。

本册第一部分对所有主要新型纺纱系统进行了简单介绍，第二部分则详细地介绍了其中最重要的喷气纺系统。

新型纺纱系统生产的纱线及最终产品性能与环锭纺有一定差异。另外，主要的新型纺纱系统－喷气纺也还处于进一步的研制开发阶段。为充分利用好这些新型纺纱工艺，必须对其进行彻底的了解。编写本册的目的就在于此。

应该指出的是，本册中的一些重要的基本工艺已在第一册《短纤维纺纱技术》中进行过论述，特别是分梳辊牵伸和转杯纺成纱过程等内容。

本册的结构及内容组织沿袭了曼彻斯特纺织学会出版的原《新型纺纱系统》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。

同时还要特别感谢第一版的合著者Werner Klein先生，他的工作对本册的编写起到了决定性作用，其广博的知识在本册中也有体现。

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

<b>1. 新型纺纱工艺</b>	<b>11</b>		
1.1. 概述	11	2.6.1.2. 借助假捻成纱	33
1.1.1. 引言	11	2.6.1.3. 纺纱元件	33
1.1.2. 新型纺纱工艺概况	12	2.6.2. 双喷嘴喷气纺	34
1.1.3. 各种新型纺纱工艺的应用可能性	13	2.6.2.1. 纺纱原理	34
<b>2. 各种新型纺纱方法</b>	<b>15</b>	2.6.2.2. 对原料的要求	35
2.1. 自由端纺纱工艺	15	2.6.2.3. 纱线特性	36
2.1.1. 成纱基本原理	15	2.6.2.4. 纺纱工艺之间的关系	36
2.1.2. 静电纺	15	2.6.2.5. 经济性	36
2.1.2.1. 纺纱原理	15	2.6.2.6. MJS纺纱机的主要参数	37
2.1.2.2. 主要参数	16	2.6.2.7. MJS纺纱机的工业影响力	37
2.1.3. 空气涡流纺	16	2.6.3. Dref-3000工艺	37
2.1.3.1. 纺纱原理	16	2.6.3.1. 纺纱原理	38
2.1.3.2. 主要参数	17	2.6.3.2. 所用原料	38
2.1.4. 摩擦纺	17	2.6.3.3. 主要参数	38
2.1.4.1. 纺纱原理	17	2.6.3.4. Dref-3000的工业影响力	38
2.1.4.2. 分类	18	2.6.4. PLYfil纺纱工艺	38
2.1.4.3. 工艺间的相互关系	18	2.6.4.1. 为股纱开辟市场前景	38
2.1.4.4. 优缺点	20	2.6.4.2. 短纤维纺纱机的主要参数	39
2.1.4.5. Dref-2000	20	2.7. 喷气纺	40
2.1.4.6. Dref-2000 的主要参数	20	2.7.1. 发展历程	40
2.1.4.7. Platt Saco Lowell Masterspinner	20	2.7.2. 纺纱原理	42
2.1.4.8. Masterspinner的主要参数	22	2.7.3. 对原料的要求	43
2.1.5. 曼切斯特大学的Discspinner纺纱机	22	2.7.4. 牵伸机构	43
2.2. 加捻纺	22	2.7.5. 纺纱喷嘴	43
2.3. 摩擦（自捻）纺	24	2.7.6. 卷绕	44
2.3.1. 工艺关系	24	2.7.7. 自动化	44
2.3.2. Repco纺纱系统（Platt Saco Lowell自捻纺）	25	2.7.8. 纱线结构	45
2.3.3. Repco纺纱机的主要参数	27	2.7.9. 纱线性能	46
2.4. 包缠纺	27	2.7.9.1. 纱线强力	46
2.4.1. 纺纱原理	27	2.7.9.2. 纱线均匀度及粗细节	46
2.4.2. 绪森包缠纺系统Parafil	28	2.7.9.3. 棉结	46
2.4.2.1. 纺纱原理	28	2.7.9.4. 毛羽	47
2.4.2.2. 主要参数	28	2.7.9.5. 纱线的耐磨性	47
2.4.3. 加工工艺与经济性之间的关系	28	2.7.10. 后道加工及最终产品	47
2.5. 粘合工艺	29	2.7.11. 经济性	49
2.5.1. 简介	29	2.7.11.1. 人力成本	49
2.5.2. Twilo工艺	29	2.7.11.2. 占地面积	49
2.5.2.1. 纺纱原理	29	2.7.11.3. 能耗	49
2.5.2.2. 工艺参数	31	2.7.11.4. 损耗	49
2.5.2.3. 实验机的主要参数（1975年前后）	31	2.7.12. 市场影响力	50
2.5.3. Bobtex工艺	31	2.7.13. 喷气纺纱系统比较	51
2.5.3.1. 纺纱原理	32	<b>3. 结语与展望</b>	<b>53</b>
2.5.3.2. 实验机的主要参数（1970年前后）	32	3.1. 加工原理	53
2.6. 假捻工艺	32	3.1.1. 工艺类型	53
2.6.1. 假捻原理	32		
2.6.1.1. 假捻的产生	32		

3.1.2. 加捻能力及系统的局限性	54
3.2. 应用领域	54
3.2.1. 纺纱厂工艺	54
3.2.2. 纱支范围	54
3.3. 纱线特性	55
3.3.1. 纱线截面内的纤维根数	55
3.3.2. 纱线性能特点	55
3.3.3. 强力的差异	55
3.4. 经济性比较	55
3.4.1. 各种工艺的生产率	55
3.5. 未来展望	56

参考文献	57
图表目录	59

## 1. 新型纺纱工艺

### 1.1. 概述

#### 1.1.1. 引言

尽管新型纺纱工艺已经投入实际应用近40年了，但迄今为止，传统纺纱机生产的短纤纱仍占最大比例。这些纺纱机大多是在1760-1830年期间研制的，尤其是：

- 走锭纺纱机；
- 翼锭纺纱机；
- 帽锭纺纱机；
- 离心式纺纱机；
- 离心罐式纺纱机；
- 环锭纺纱机。

走锭纺是不连续的纺纱方法，它已逐渐被环锭纺纱机所取代，即使是在它最后的应用领域—毛纺厂也是如此。翼锭、帽锭和离心式纺纱机则大多局限于精梳毛纺厂，但也只有少量在使用。韧皮纤维纺纱中使用的翼锭纺纱机是个例外。现在粗梳毛纺厂即使是离心罐式纺纱机也很少使用了。

如今，纱线大多还是在环锭纺纱机上生产的。环锭纺纱机能够取代几乎所有其它传统纺纱方法，且经得起新型纺纱机的冲击，主要归因于它的以下特性：

- 灵活性高，
- 应用广泛，
- 纱线质量高。

提到纱线质量，由于紧密纺的问世，环锭纺最近已向前大大迈进了一步（见《立达纺纱手册》第四册—环锭纺纱）。

然而，环锭纺也存在问题。其一，机器难以自动化。另外，环锭纺纱机的生产率目前受到钢丝圈速度（约45 m/s）、气圈中的纱线张力及锭速（约25 000 r/min）的限制，而这些方面在现有水平上不可能有太大提高。因此，只有找到新的解决方案，才能实现纺纱领域的根本进步。20世纪60年代末，寻求突破的研究从广泛的领域开展起来。

新型纺纱工艺的主要问题是：

- 纱线特性不同于环锭纱，而环锭纱的性能仍是比较纱线性能的基本标准；
- 纱线性能有时处于可用与不可用的边缘；
- 纱线性能难以保持均匀一致；
- 对原料要求更高；
- 其市场领域局限于：
  - 较小的纱支范围；
  - 特定的原料；
  - 特定的最终产品；
- 工艺技术要求高；
- 维修、维护费用高。

然而，与环锭纺相比，新型纺纱工艺也具有以下优点：

- 产量高；
- 加工工序少；
- 用工及占地大大减少；
- 易于实现自动化。

这些优点，尤其是新型纺纱工艺在经济性方面的优势对纱线生产商来讲是很有吸引力的，因此新型纺纱工艺已经在市场上或多或少获得了认可。尽管这些纺纱系统仍有一些不足，但在近期乃至中期阶段，在某些应用仍要考虑这些纺纱工艺。

然而，设备生产商、研究机构及一些独立的发明家提出了一系列已经可操作的、半研制状态的、及完全“乌托邦”式的纺纱方法，让人难以全面掌握。标准术语的缺乏也使问题更加糟糕。有时使用的是纺纱系统的通用名称，如“自由端纺纱”，有时使用的是工艺自身的名称，如“摩擦纺”，有时使用的是制造商的商标如“Dref”。相关文献有很多，遗憾的是很难找到简明扼要的介绍。因此，本册旨在为纺纱领域的技术人员提供新型纺纱概述，并采用通用术语来介绍纺纱原理。

### 1.1.2. 新型纺纱工艺概况

工艺类型	纺纱工艺	公司名称	纱线类型	纱线捻度	纱线强力赋予方式
自由端纺纱	转杯纺 静电纺 摩擦纺	Battelle工艺 Dref-2 Masterspinner 曼彻斯特大学	传统单纱	真捻	机械加捻工艺
	转盘纺 空气涡流纺	Polmatex PFI			
加捻纺纱		赛洛纺 Duospun	双股加捻	单纱及股纱中有捻	机械加捻
摩擦技术	自捻纺	Repco	双股纱	交互捻度	机械加捻
粘合工艺	粘合剂	(Pavena) Twilo	粘合纤维带	无捻	暂时粘合
	粘合纤维	Twilo			
	聚合物	Bobtex	多组分纱		永久粘合
毡缩工艺	毡合纤维、须条、粗纱或细纱	Periloc	毡合纱	有捻或无捻	毡合
假捻工艺		PLYfiL	双股线		
	双喷嘴喷气纺	Rotofil 村田MJS	集束单纱	纱芯无捻 包缠纤维有捻	空气动力包缠
	摩擦纺	Dref-3			
包缠工艺	空心锭子纺纱	Coverspun Parafil	长丝包缠单纱	短纤维无捻	机械包缠
纤维包缠工艺	喷气纺	村田MVS 立达喷气纺纱机 10	纤维包缠纱	纱芯无捻，包缠纤维有捻	空气动力包缠

表1 各种新型纺纱工艺的主要特点简介

### 1.1.3. 各种新型纺纱工艺的应用可能性

纺捻和自捻系统是典型的精梳纺纱工艺；Bobtex和Periloc系统生产的纱线具有粗纺纱的特点，但强力较高；Parafil和Dref-2工艺也应归在粗纺领域；其它所有方法都是生产短纤纱的，其中，下列工艺具有实际应用前景：

- 转杯纺（已在市场中牢固确立地位），
- 摩擦纺（特定应用），
- 包缠纺（应用有限），
- 假捻纺（市场地位已确立），
- 喷气纺（市场地位正在确立）。

由于转杯纺在市场中的重要地位，将对其单独分册进行讨论。其它很有前景的纺纱方法将在下面详细介绍。

• • • • •

.....

.....

2. 各种新型纺纱方法

2.1. 自由端纺纱工艺

2.1.1. 成纱基本原理

在所有其它纺纱工艺中，不间断的纤维流源源不断向前运行，从原料喂入到引纱装置，细度慢慢变细。在自由端纺纱工艺中，纤维流是不连续的，通常由分梳辊在特定位置将纤维须条开松成单纤维状态，然后通过气流传输纤维。纤维流的中断是通过将局部纤维速度提高到非常高的水平（高达100米/秒）来实现的，根据连续性方程，当横截面中的纤维根数降低到一定程度，纤维之间就将发生分离。这样，只要通过纱尾的转动就可加捻，相应地可大大提高转速。然而，纤维流的中断也直接导致了自由端纺纱中最重要也是最困难的问题，即控制单根纤维的形态、高速气流下的纤维输送及在不改变纤维伸直状态的条件下将纤维重新凝集到一起，这是形成新纤维条的基本条件。自由端纺纱中的这个棘手问题可以采用下述方法加以解决（见图1）。

让连续的分离状态的单纤维流向转动的纱尾，刷状的纱尾捕获与之接触的纤维，并通过连续的转动将其包缠进纱线中，然后只要将不断形成的纱线引出并卷绕到交叉卷绕卷装上即可。根据凝纤装置的不同，可将纺纱工艺分为以下几种：

- 转杯纺；
- 静电纺；
- 空气涡流纺；
- 摩擦纺；
- 转盘纺。

转杯纺在全球市场已获得广泛应用，因此这一重要且成熟的纺纱技术会单独分册探讨。下面将主要介绍其它自由端纺纱工艺。

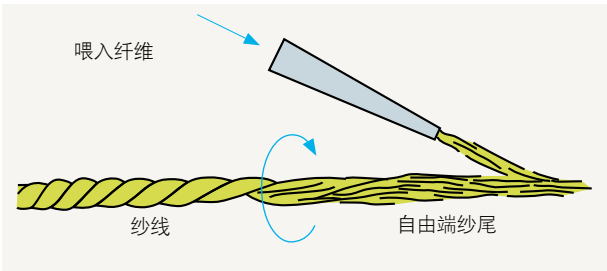


图1 自由端纱的形成

2.1.2. 静电纺

2.1.2.1. 纺纱原理

包括前苏联在内的多个科研团队曾研究过借助于静电场形成纤维须条的可能性，然而，只有巴特儿研究院（Battelle Institute）提出的工艺取得了一定成功。Electrospin公司（USA）在1971年的法国巴黎国际纺机展上展出了一台基于这种原理的纺纱试验机。

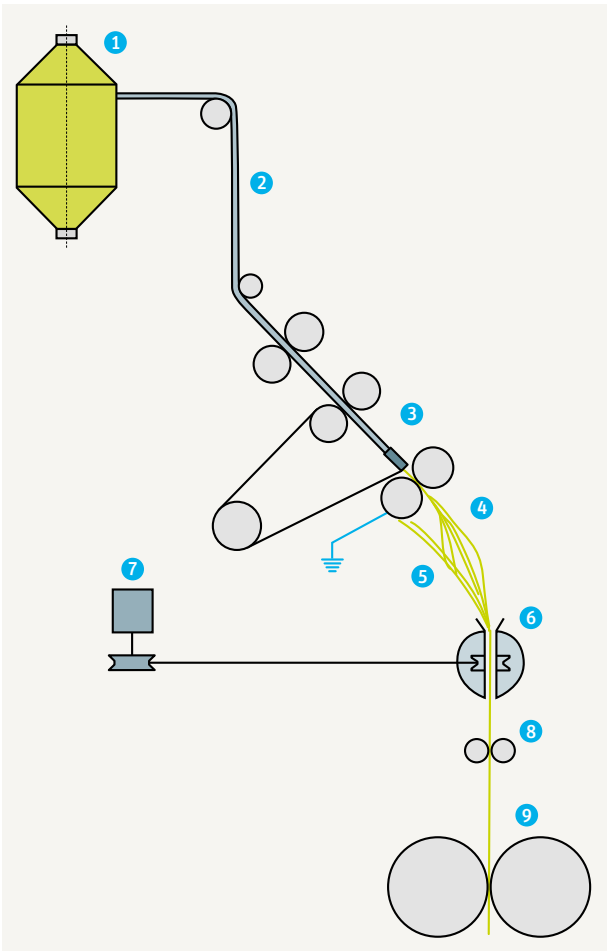


图2 静电纺原理

然而，此后就很少听到静电纺方面的消息。在基于巴特尔原理的纺纱工艺中（图2），来自粗纱机的粗纱（2）被输送至传统的双皮圈牵伸机构（3），获得高达80倍的牵伸。纤维从前罗拉输出后，必须获得凝聚以形成纤维须条，并加捻成纱。纤维凝聚成纤维须条通过静电场来进行，而加捻由加捻机构（6）完成。这种纺纱方法的复杂性在于将前罗拉接地，并给加捻装置加高压电（大约30 000 - 35 000 V），从而在前罗拉和加捻元件（6）之间形成静电场。静电场必须将纤维加速，并在保持纤维伸直状态的同时将纤维导向纱尾（5）。当纤维进入静电场后，它们将获取电荷并形成两极，即一端带正电，一端带负电。纱尾（5）从加捻元件处伸入电场，纱线带负电荷，因此总是被吸向前罗拉。由于两极的分布，前罗拉与加捻元件之间对纤维形成很强的伸直作用，且由于两端所带电荷，纤维在离开罗拉后得到加速，并被吸引到纱尾上，不断加入到纱线中。纱线的旋转将纤维不断包缠到纱线中，连续形成的纱线被引纱罗拉（8）引出，通过卷绕装置（9）卷绕到交叉卷绕卷装上。

这种工艺的问题是在静电场中成纱，具体如下：

- (a) 纤维的带电情况及其在静电场中的行为取决于空气湿度。因此，必须创造出适合每种纤维的特定的、均匀一致的环境，设备也需要进行空气调节。
- (b) 每根纤维上的电荷及纤维的运动都取决于纤维的质量。因此，质量低的短纤维的运动情况就与长纤维不同。
- (c) 要对静电场中纤维的数量设限。否则，充电和形成两极时相互之间会产生干扰。因此，这种纺纱方法只能生产细支纱。
- (d) 高生产速度时也有同样问题，因此生产速度也有相应限制。

由于这些问题，静电纺没有机会应用于纺纱厂。

2.1.2.2. 主要参数

每台机器的纺纱头数	20（1台实验机）
（1971）	
输出速度	可达40 m/min
原料	棉
纱支范围	Ne 20 - 40；15 - 30 tex
喂入原料	粗纱
纱线类型	传统单纱
纱线特性	低生产速度下生产的纱线质量好，具有环锭纱的特点，纱线结构与环锭纱相似，只能纺细支纱
特点	纱线质量对环境条件的依赖度大
注意	有臭氧产生

2.1.3. 空气涡流纺

2.1.3.1. 纺纱原理

Goetzfried和Lord对空气涡流纺进行过深入研究和试验，然而将其应用于工业生产的是波兰的Wifama-Polmatex公司。波兰已有几种涡流纺纱机处于试用当中，但这种纺纱工艺还没有实现成功的工业应用。在这种纺纱方法中（图3），纱线是通过空气涡流在涡流管（1）中形成的。为了达到这个目的，负压装置（6）通过切向进风孔（2）将空气吸入涡流管内，吸入的空气沿管壁螺旋上升，最终到达涡流管上部的密封堵头（3）。由于涡流管的上部是密封的，空气就流向涡流管的中心并向下向负压装置运动，这样就在密封堵头（3）处形成沿同一方向回旋的空气涡流（5）。经过开松的纤维原料从切向开口（4）进入涡流管，上升的气流会抓住纤维并将其向上运送到涡流（5）中。为形成纱线，将引纱的纱尾通过上部密封堵头（3）中的通道伸入涡流管内，涡流同样会抓住纱尾，并使其以与纤维相同的方式环绕旋转。由于纱的上端由引纱罗拉握持、纱的下端不断旋转，纱尾在涡流中每转一转，就给纱线加上一个捻回。

在空气涡流中旋转的纱尾周围有大量浮游、旋转纤维，这些纤维会被已结合到纱尾中的纤维抓住，并被不断捻到纱尾上而形成新的纱尾，这样就逐渐形成了纤维须条。



涡流纺的另一个相关问题是要保持良好的纤维状态，以使纤维正确、有序地捻入纱中，从而获得足够的纱线强度。因此，涡流纺主要采用均匀度高的合成纤维。涡流纺的另一个不足之处是成纱中捻度的变化。事实上，由于纤维环质量的变化，涡流（5）中纤维环的旋转速度不是恒定的，因此，加入纱线的捻度也随时间而变化。涡流纺的主要优点是没有高速转动的机器部件。

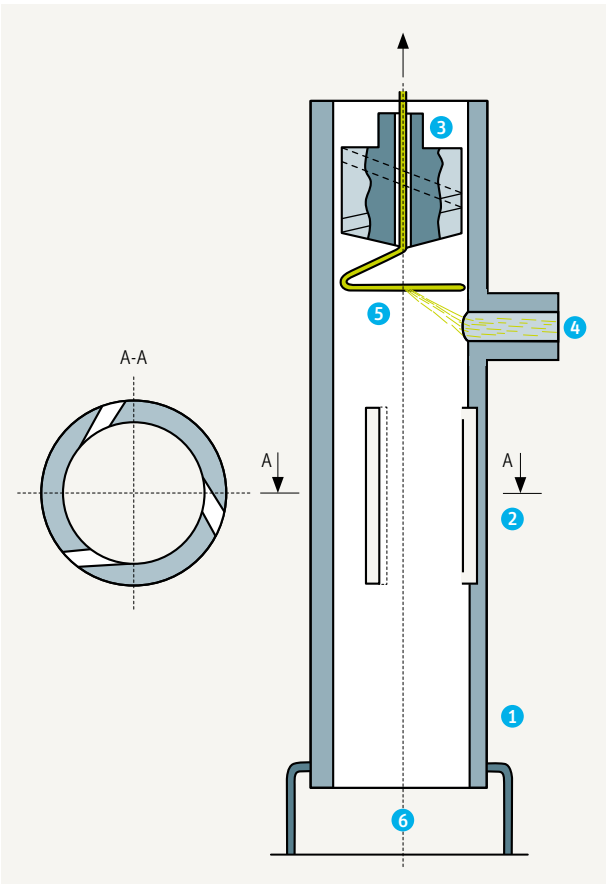


图3 空气涡流纺原理

2.1.3.2. 主要参数

每台机器的纺纱头数	192
输出速度	100 - 150 m/min
原料	合成纤维，40 - 50 mm
纱支范围	Ne 7.5 - 30；20 - 80 tex
喂入原料	熟条
纱线类型	传统单纱
纱线特性	强力低、捻度有变化、表面粗糙
应用领域	要求不高的机织产品
优点	无高速转动的机件，机器简单
特点	由于纱线质量低，不能纺棉

2.1.4. 摩擦纺

2.1.4.1. 纺纱原理

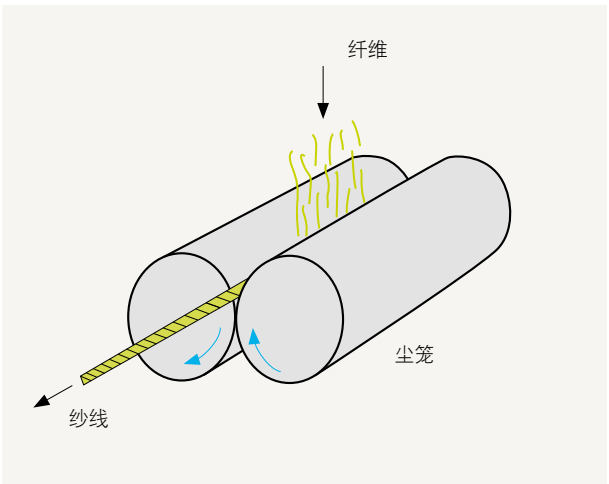


图4 摩擦纺原理

摩擦纺被归为自由端纺纱，这是因为纤维须条（熟条）也必须完全开松成单纤维状态，然后再凝聚成新的条子（纱线）。内部具有负压的带孔尘笼产生的吸力使单纤维与转动的纱尾接合，形成新的纱条。在两个尘笼组成的楔形区中，纱尾的连续转动直接影响纤维的凝聚和纱线的强力。纱尾的转动由两个尘笼的转动以及纱尾与尘笼表面的摩擦接触而产生。在楔形区内，通过纤维凝聚形成的纱线被不断引出并卷绕到交叉卷绕卷装上。

成纱的细度由单位时间内喂入的纤维量及成纱引出速度决定，捻回数则取决于纱尾转数与引纱速度之间的关系。纱线中的加捻率明显低于纱尾在两尘笼间转动所可能形成的捻度，这通常是由于滑移造成的，体现了成纱过程的复杂性。摩擦纺和转杯纺系统在经济性及工艺技术方向的局限性为所纺纱支范围几乎相同，因此这两种纺纱工艺是市场上的直接竞争者。

#### 2.1.4.2. 分类

摩擦纺中的基本工序与转杯纺相同，即：

- 纤维须条的开松；
- 纤维的加速；
- 纤维凝聚成新纱条；
- 通过加捻赋予纱线强力；
- 成纱的引出；
- 将纱线卷绕到交叉卷绕卷装上。

摩擦纺的开松装置也与转杯纺相同，纤维的凝聚在运动或静止的表面上完成，而加捻则可通过在某种表面上力的转换来实现。纤维的凝聚有几种方式，所采用的表面也有不同类型。因此，摩擦纺系统不止一种，可以根据以下方面来进行分类：

- 喂入方式：
  - (a) 单根须条喂入；
  - (b) 多根须条喂入（Dref-2000和Dref-3000）；
- 开松装置：
  - (a) 一套开松装置；
  - (b) 两套开松装置或牵伸装置（Dref-3000）；
- 纤维凝聚与加捻是否分开进行：
  - (a) 纤维凝聚装置与摩擦装置分开；
  - (b) 摩擦装置同时作为纤维凝聚装置；

- 摩擦表面数量：
  - (a) 一个摩擦表面（Dref-1）；
  - (b) 两个摩擦表面；
- 摩擦装置类型：
  - (a) 带孔尘笼；
  - (b) 一个带孔尘笼加一个实心辊；
  - (c) 两个圆盘；
  - (d) 圆盘与辊结合；
  - (e) 两条十字皮带。

应用最为广泛的摩擦纺系统具有以下特点：

- 单根须条喂入；
- 一个分梳辊；
- 摩擦装置同时作为凝纤装置；
- 两个摩擦表面；
- 两个尘笼或一个尘笼和一个实心辊结合。

#### 2.1.4.3. 工艺间的相互关系

##### 喂入

多根须条喂入可提高均匀度，但同时也会增加生产成本，对开松度的要求也很高。

##### 开松

摩擦纺与转杯纺相同，也要进行纤维开松，也同样存在着纤维的伸直与沿长度方向取向的问题，但这些问题对摩擦纺的纱线特性影响更大。

##### 纤维输送

纤维由气流输送到凝聚装置，纤维输送有的通过输送管道进行（Platt Saco Lowell Masterspinner），有的不需要输送管道（Dref-2000）。纤维未经输送管道引导会造成取向差，这不仅会影响纱线特性，也会影响纺纱细度极限。

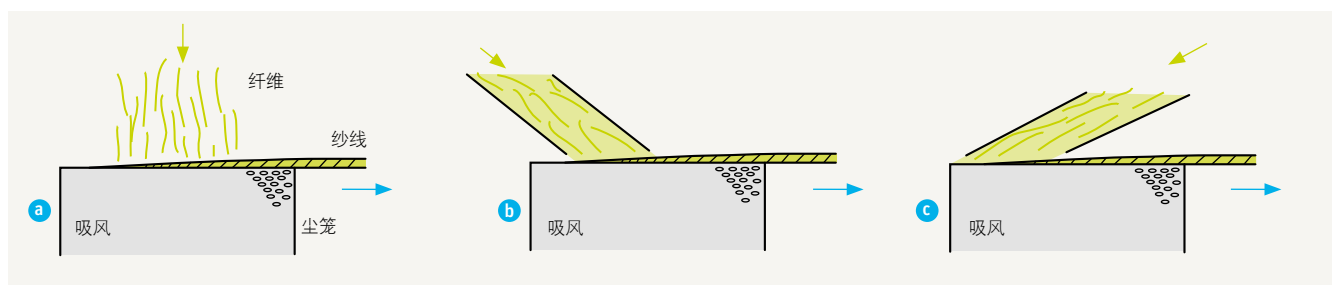


图5 摩擦纺中纤维流的方向

### 纤维凝聚

纤维由吸风气流带动，运动至凝聚表面，与纱尾发生接触（图5（a），（b）和（c））。在转杯纺中，纤维还得到加速，因此被进一步拉直，但在摩擦纺中情况则相反。纤维与比它们运动更慢的表面相接触，结果是纤维发生弯曲，取向变差。纤维以圈状包进纱尾<sup>[1]</sup>，这种情况在纱线产品中很明显，且对长纤维来讲更严重，因此摩擦纺纱线的强力要低于转杯纱。

就纤维流的方向而言，纤维接触尘笼和纱尾的方向与纱线输出方向之间有垂直（Dref）、方向相同或方向相反三种情况。根据Luenenschloss和Brockmanns所介绍的摩擦纺系统<sup>[2]</sup>，可将摩擦纺分为向前纺纱（图5（b））或向后纺纱（图5（c））。通常，可将纤维的引导分为以下几类（参见图5）：

- 直角方向引导（a）；
- 向前引导（b）；
- 向后引导（c）。

与转杯纺相同，摩擦纺中也会发生后合并，但合并程度较低。

### 加捻

加捻的问题与纤维凝聚并入一样大。松散的纤维条必须通过与尘笼的摩擦而获得捻度，但不借助于纤维与尘笼表面的高接触压力。转动向纱线的传递取决于摩擦系数和接触压力，而这两者的不同在纺纱位置很难长时间保持恒定，因此产生的滑移也是变化的。摩擦纺纱线的一个显著特点是加捻率的不确定性。然而，从技术和经济性的角度来看，这种加捻方法也有明显的优点。其它所有加捻装置每往纱线上加一个捻回，就需要加捻元件转一转，而在摩擦纺中，加捻元件转一转，就可以给纱线加上几个捻回，这是由于尘笼直径与纱线直径之间的巨大差异造成的。

如图6（a）、（b）所示，尘笼转一小部分就可使纱线转一圈，即尘笼转一转可给纱线加上100个甚至更多个捻回。该图还表明，纺细支纱（纱线直径小）时，尘笼与纱条之间的传动比比纺粗支纱时大。因此，尽管细支纱因与尘笼接触面积小、产生的滑移大，但尘笼每转一转往细支纱上加的捻回数仍比粗支纱多。摩擦纺是唯一的引纱速度不受纱线支数影响的纺纱方法<sup>[1]</sup>。

摩擦纺中的高传动比（高达200:1）还有其它优势，那就是尘笼采用较低转速就能满足要求，根据直径比，加捻只用到尘笼转动的15 - 40 %<sup>[2]</sup>。引纱速度也可得到相应提高，可达500 m/min甚至更高。遗憾的是，纱线质量将纺纱速度限制在大约200 m/min。事实上，纤维输送率的提高会导致纱线质量恶化。

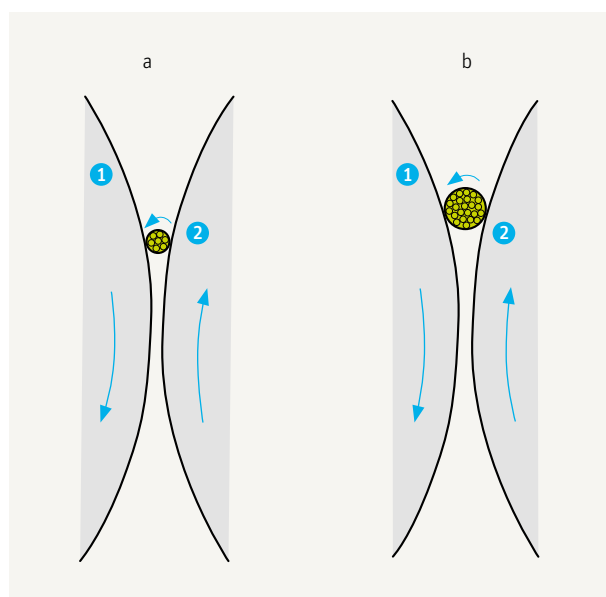


图6 摩擦纺尘笼楔形区内的细支纱和粗支纱

### 引纱与卷绕

与其它大多数纺纱工艺不同，摩擦纺中从纺纱区所引出纱线的纱线张力非常低（断头率相应也低），因此，纱线张力对纺纱极限没有影响。纱线直接卷绕在交叉卷绕卷装上，因此与传统纺纱工艺相比，省掉了倒筒工序。

#### 2.1.4.4. 优缺点

摩擦纺的优点如下：

- 引纱速度高；
- 纱线生产成本低（低于环锭纺）；
- 无需倒筒；
- 断头率低；
- 纱线特性与环锭纺相似；
- 无包缠纤维；
- 均匀度高（特别适于针织产品）；
- 手感柔软，优于环锭纱；
- 纱线外观光滑。

摩擦纺的缺点包括：

- 纱线强力低；
- 纱线易卷缩；
- 纱线截面内所需纤维根数多；
- 很难保持恒定的纺纱条件；
- 耗气量大；
- 纺纱速度越高，不匀和疵点率越高，纱线强力越低。

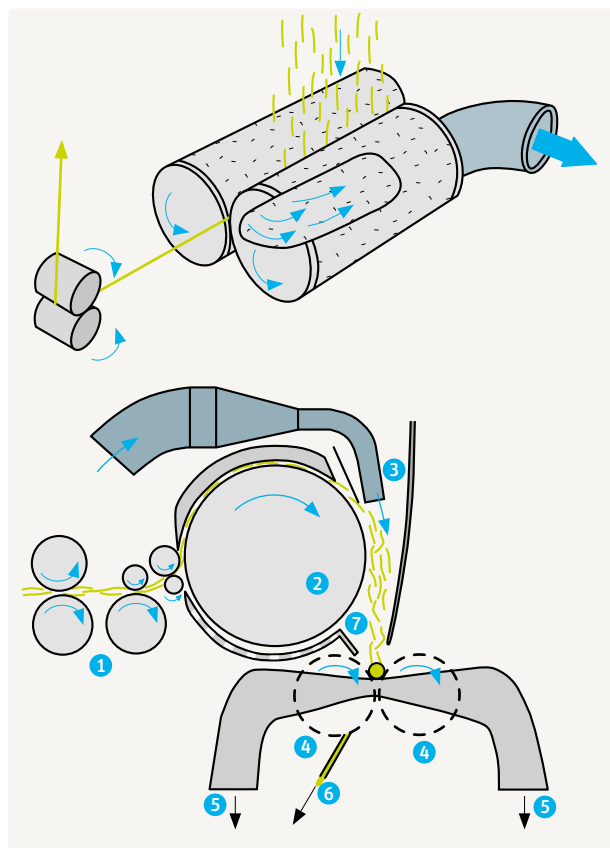


图7 Dref-2000纺纱系统

#### 2.1.4.5. Dref-2000

在E. Fehrer博士发明的工艺(图7)中,一根或多根普梳条经过牵伸机构(1)进入主分梳辊(包有锯齿针布的滚筒)(2)。尽管牵伸机构的牵伸作用比较小,但锯齿分梳辊可将须条分梳成单纤维状态。分离的单纤维被吹风管(3)从分梳辊上吹起,形成纤维薄层(7),并下行进入尘笼(4)。吸风气流(5)将纤维吸入两尘笼之间的楔形区。伸入楔形区的纱尾(6)也被吸向尘笼,这样尘笼转动时,纱尾也转动,新进入的纤维与纱尾接触,被纱尾抓住并捻进纱线。只需不断将纱引出,即可将新进入楔形区的纤维不断捻进纱线。

Dref-2000主要适用于粗支纱（中、长纤维）及回用纱，在此市场领域，Dref-2000已经确立了牢固地位。

#### 2.1.4.6. Dref-2000的主要参数

每台机器的纺纱头数	6 - 64
输出速度	250 m/min
原料	毛、韧皮纤维、合成纤维、回用纤维
纱支范围	Ne 0.3 - 14.5 ; 2 000 - 40 tex
喂入原料	普梳条
纱线卷装	可达8 kg
纱线类型	普通自由端纱
纱线特性	具有粗纺纱特点，圆形、均匀
应用领域	家用纺织品、地毯、毛毯、回用纺织品、产业用纺织品
优点	可纺废纤维、加工工序少
特点	回用，生产花式纱、包芯纱

#### 2.1.4.7. Platt Saco Lowell Masterspinner

如图8和图9所示,短纤维纺纱厂生产的普通熟条(2)由条筒(1)进入开松机构。开松机构由喂入罗拉(3)和分梳辊(4)构成,像转杯纺中的开松装置一样开松纤维条。

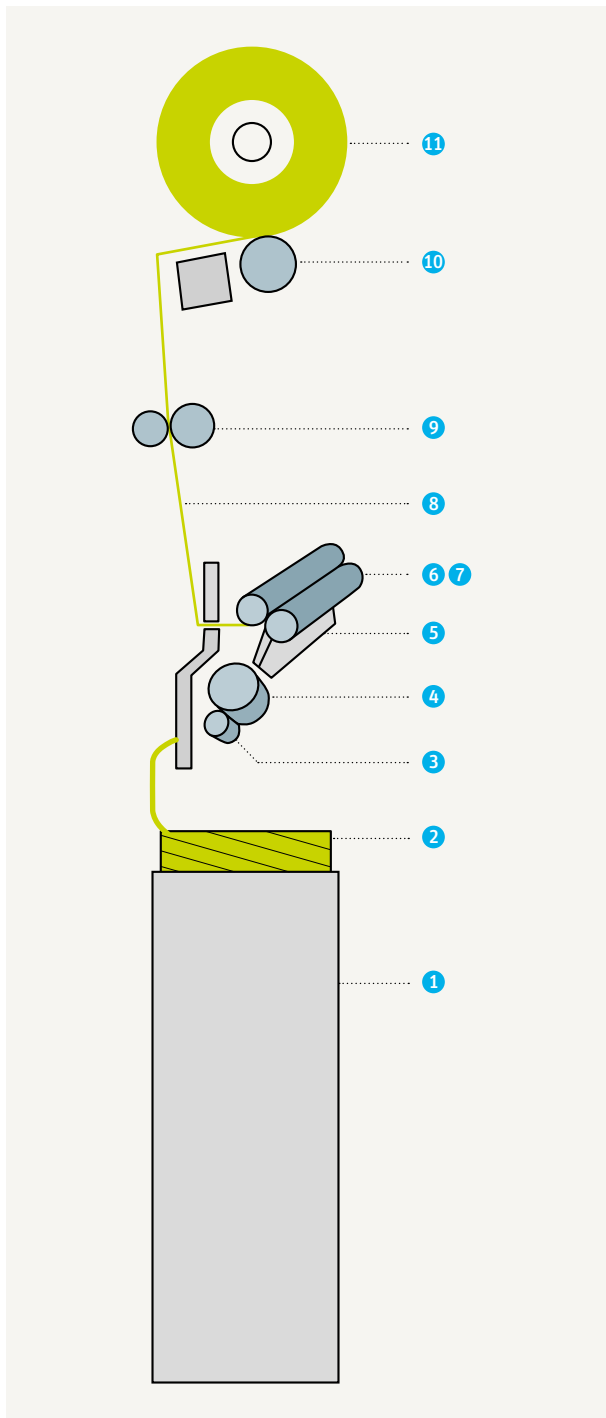


图8 Masterspinner摩擦纺纱机

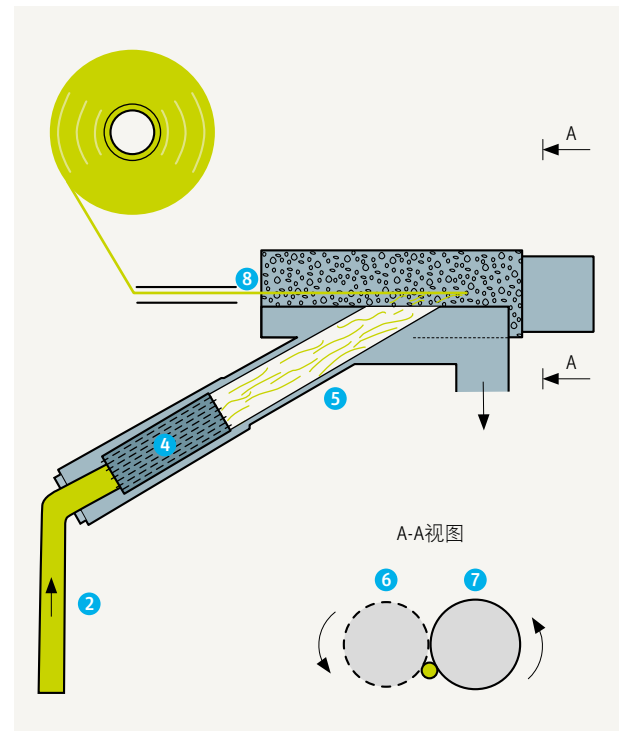


图9 Masterspinner纺纱原理

分离纤维由吸风辊（6）内部负压产生的气流带动，经过特制的纤维输送管道（5），进入两摩擦辊之间的楔形区。如前所述，一个摩擦辊是带孔的，起到吸风辊（6）的作用，另一个摩擦辊是实心的。纱线（8）在楔形区形成，并通过引纱罗拉（9）及卷绕罗拉（10）卷绕在交叉卷绕卷装（11）上。20世纪80年代，有一些10头的及少量144头的摩擦纺纱机交付使用。但这些机器后来并没有取得成功，主要有两个原因：

- 纱线强力不够，即纤维性能的利用率低；
- 纺纱质量不稳定。

因此，摩擦纺设备Masterspinner已退出市场。

2.1.4.8. Masterspinner的主要参数

每台机器的纺纱头数	144
输出速度	150 - 300 m/min
原料	棉及长度小于40 mm的合成纤维；混纺
纱支范围	16 - 60 tex；Ne 10 - 36
喂入原料	熟条
纱线类型	带有真捻的自由端纱（无包缠纤维）
纱线特性	强力低、均匀度高
应用领域	针织纱、起绒纱及一些纬纱
优点	生产成本低、能自动化、没有快速运动的机件
特点	应用领域有限，引纱速度与纱线细度无关，但受到纱线质量的限制

2.1.5. 曼切斯特大学的Discspinner纺纱机

如图10<sup>[3]</sup>所示，与大多数自由端纺纱工艺一样，单根熟条（1）经喂入装置（2）到达分梳辊（3），分梳辊将须条分梳成单纤维。转盘（4）内由风机产生的局部负压（气流8）将单纤维引导至带孔转盘（纺纱盘4）的凝聚表面。纱尾（5）被吸入与分梳辊相对的纺纱区，纱线不断由外部加捻元件（6）加捻，这样纱尾就在纺纱盘的带孔表面上不停地转动。

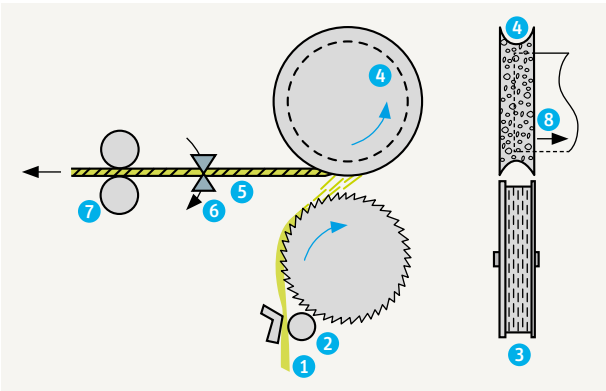


图10 转盘纺纱原理

纱尾的转动使得与纱尾接触的纤维也随之转动，从而形成连续的纱线（参见2.1.1.节的自由端纺纱原理部分）。形成的纱线由引纱罗拉（7）拉出，并卷绕到交叉卷绕卷装上。

有趣的是，这种工艺中纤维的凝聚和加捻是单独由不同的部件完成的，这样就可以使用各种不同类型的加捻元件，工艺也就变得非常灵活。然而，这种工艺仍处于研发阶段。

2.2. 加捻纺

这是一种早就为人所知、近年来又得到重新开发的工艺，目前主要用在精梳毛纺厂，有两种系统供应：

- Ems SA、Huber和Suhner AG公司生产的Duospun系统；
- 青泽公司（Zinser Textilmaschinen GmbH）生产的赛络纺系统（Sirospun）。

这两种系统的区别在于离开牵伸机构的两根纱头之一发生断头时所采取的方法不同，这也是唯一可以取得专利的部分。在Duospun系统中，两个纱头马上重新并到一起，而赛络纺系统则在此位置中止纺纱。

纺纱方法（4）如图11和12所示。两根粗纱分别通过稍做改装、但与传统环锭纺纱机基本相同的牵伸机构，获得常规倍数的牵伸，然后从引纱罗拉出来，再分别由常规的锭子（纱管）加捻，在纺纱三角区中形成两根单纱，随后并到一起形成复合纱。每一单股及最终的复合纱都有捻度，且捻向相同。通过这种捻上加捻的方式（ZZ或SS）形成的纱线比传统的捻向相反（ZS或SZ）的单纱形成的股纱更紧密，纱芯更紧实。要生产加捻纱，只需在环锭纺纱机上加几个辅助部件，并加大纱架以适应是常规两倍的卷装数量。

这种纺纱工艺已应用于精梳毛纺，主要具有经济性方面的优势，因为其产量是环锭纺纱机及络筒机的两倍（在几乎相同的速度下同时生产两根纱而不是一根）。另外，加捻纺还省去了合股及加捻工序。

因此，加捻纺在精梳毛纺中已牢牢占据了一定的市场份额。然而，由于加捻结构不同，加捻纺还不能完全取代传统的双股纱生产工艺。

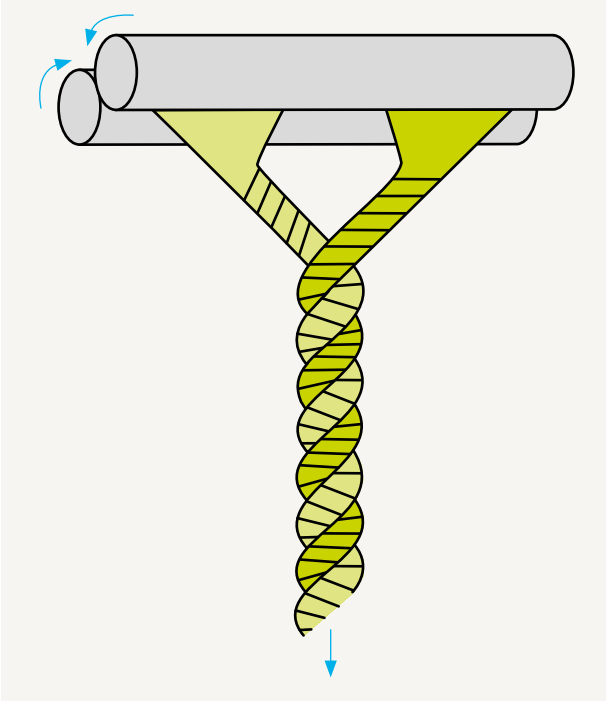


图11 加捻纱的形成

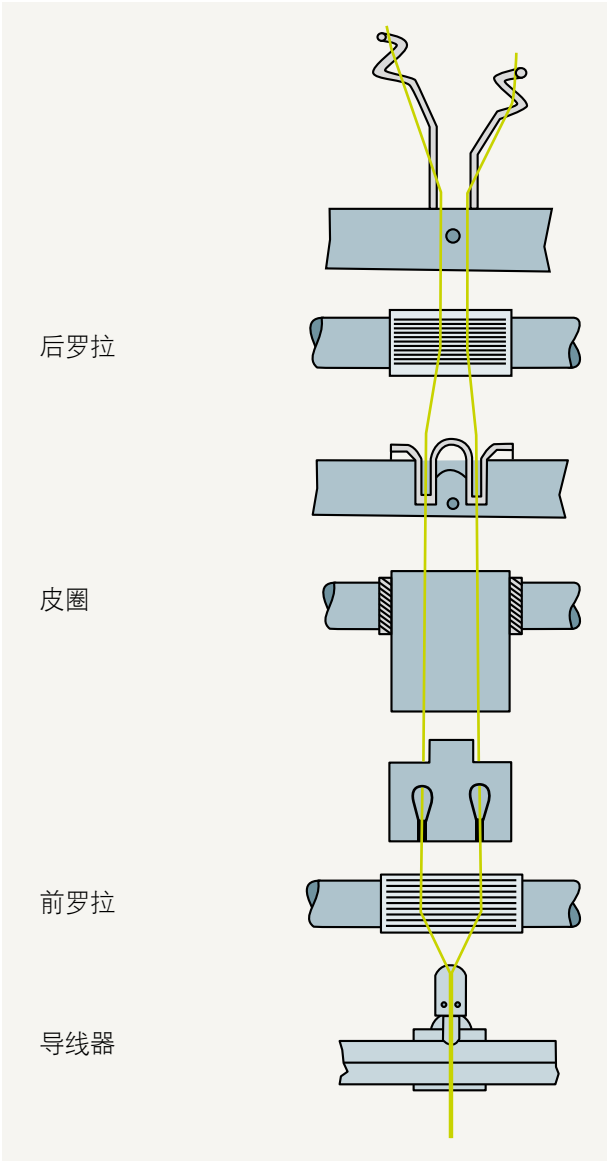


图12 加捻纺纱工艺



2.3. 摩擦（自捻）纺  
2.3.1. 工艺关系

这种设计独特的纺纱系统是由澳大利亚CSIRO研究中心研发的。纤维条通过两个往复运动的搓条辊，获得方向交替变化的捻回（短长度内Z捻和S捻交替），解捻时捻回又散开。然而，如果两根捻向相同的纤维条紧挨着平行通过，则解捻就不再是单独作用于单根纱线，而是同时作用于两根纱线，并将两根纱线捻并在一起，这样就形成了捻向连续变化的双股纱：单纱为S捻时股纱为Z捻，单纱为Z捻时股纱为S捻（图13）。

然而，由于搓条辊的搓动有转向点，这样在每一个Z捻及邻近S捻之间总有一小段须条是无捻的，在此区域（图14）的双股纱也是无捻的，这一段纱没有强力，无法卷绕或进一步加工。

为了消除无捻区的影响，获得足够的强力，就不能让两根纱平行运行，而是必须让其以一定的相位差通过，这样在一根纱为Z捻（另外一根纱无捻）或两根纱都为Z捻时，股纱中形成S捻；而一根纱为S捻（另外一根纱无捻）或两根纱都为S捻时，股纱中形成Z捻。如果不能避免S捻纱段与Z捻纱段的合并，两段纱之间的扭力平衡就会造成无法并捻的情况，这样生产出来的合股纱总是由三个连续的区域组成（图15）：

- 由两个Z捻纱段合并成S捻纱，其中一根纱有小段无捻；

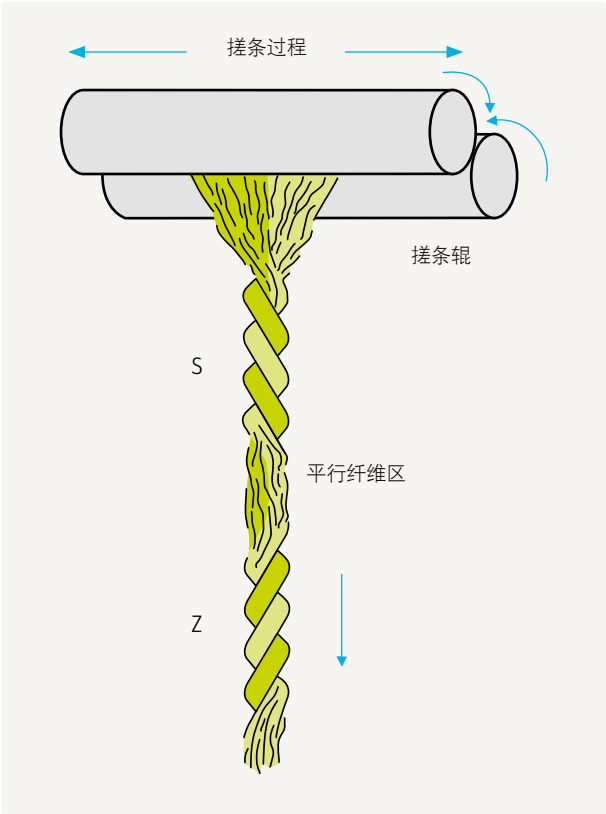


图13 纤维须条的来回摩擦

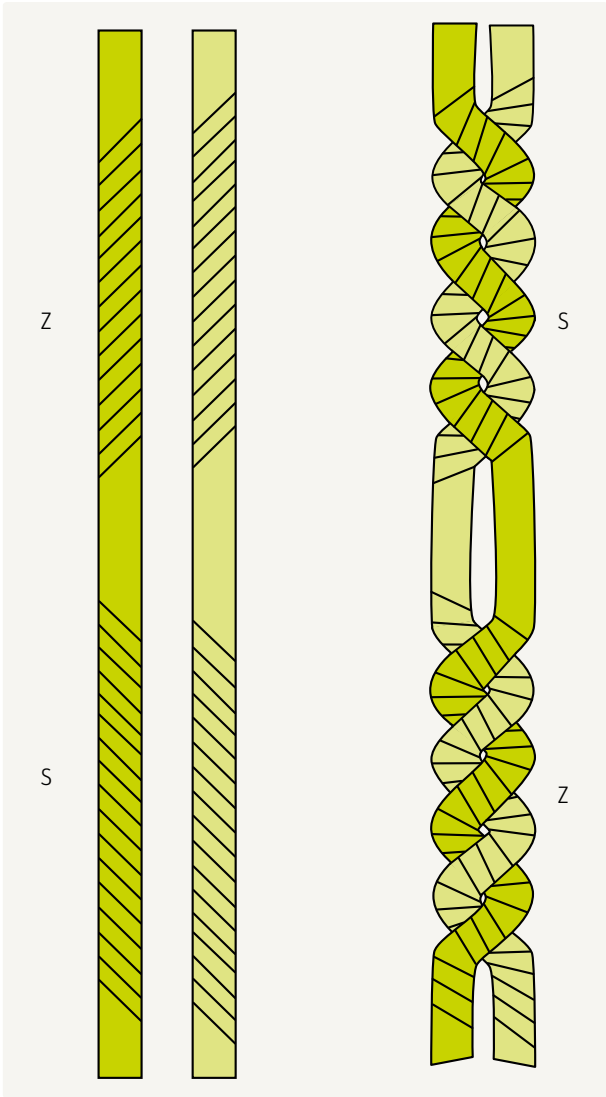


图14 将已经过摩擦加强的两根纤维须条结合在一起



- 没有合股的两段平行纱线，一股纱为S捻，另一股为Z捻；
- 由两个S捻纱段合并成Z捻纱，其中一根纱有小段无捻。

除了一个大的弱节（图14）外，合股纱中还有3个小的弱节。这种合股纱的强力足以承受卷绕力的作用，但不够承受进一步的加工。为了进行进一步加工，必须再加捻。然而，由于双股纱的捻回是交替的，因此进一步合股（二合一加捻工艺）（图16）时形成的股纱在不同片段捻度是不同的。

### 2.3.2. Repco纺纱系统（Platt Saco Lowell自捻纺）

Platt Saco Lowell从CSIRO获得了自捻纺工艺的使用许可，所生产出的自捻纺机器叫做Repco纺纱机（Repco Spinner）。

八根粗纱条（2）由纱架（1）进入双皮圈牵伸机构（3），进行常规牵伸倍数范围内的牵伸（图17），由两个往复运动的摩擦辊组成的摩擦装置（4）与牵伸机构相连。纤维条离开牵伸机构，进入摩擦装置加上交替捻回，在捻回相互消掉之前，以一定的相位差将须条两两合并（图15），这样就制成了前面所述的自捻（ST）双股纱。四根纱线向前运动至卷绕装置（5），卷绕到交叉卷绕卷装上。此工艺仅适用于长纤纺，因此只用在精梳毛纺厂中。

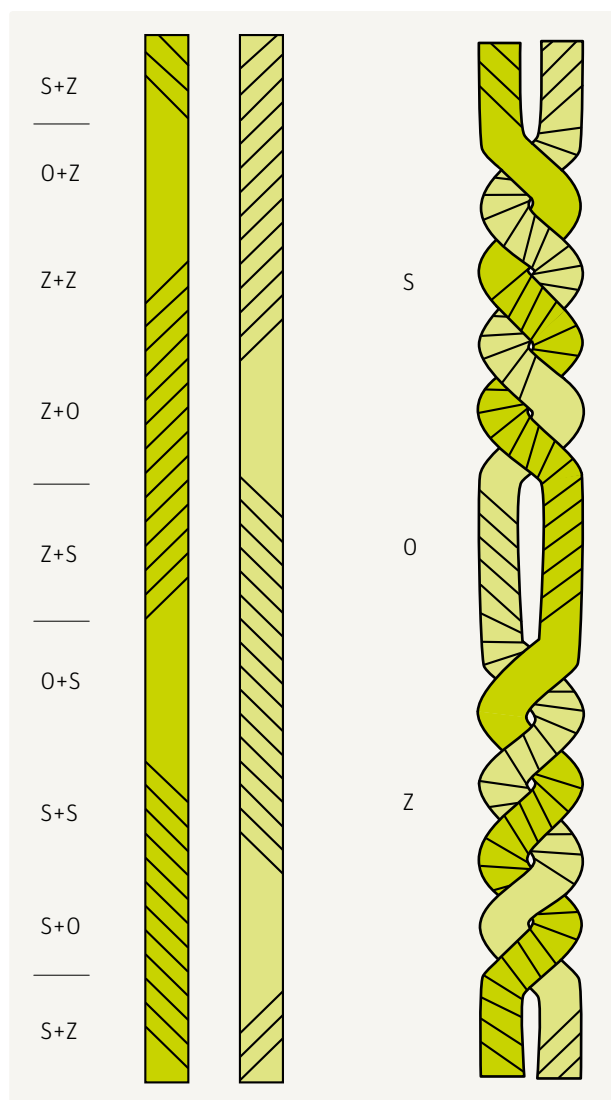


图15 通过相位差将两股纤维结合在一起

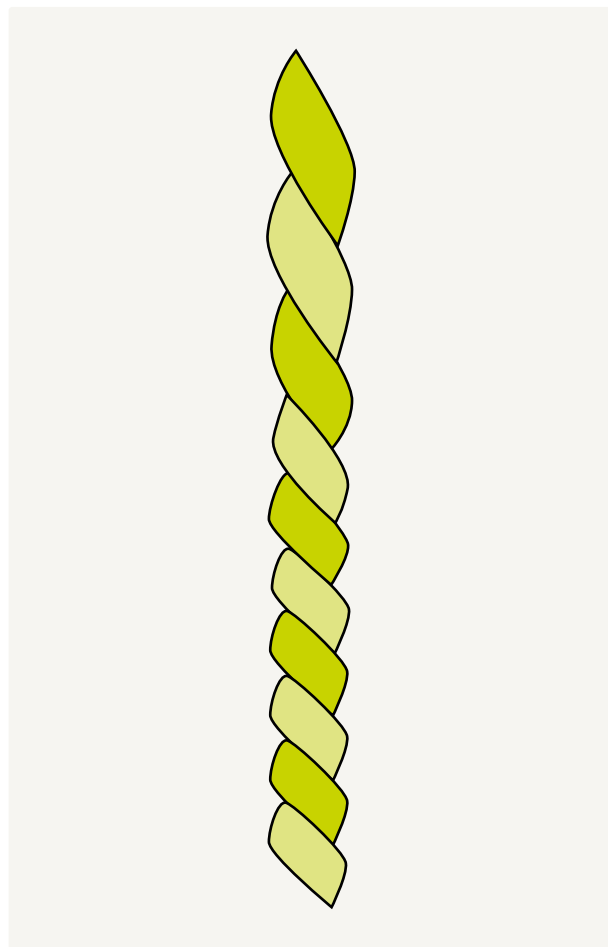


图16 Repco双股线的加捻结构

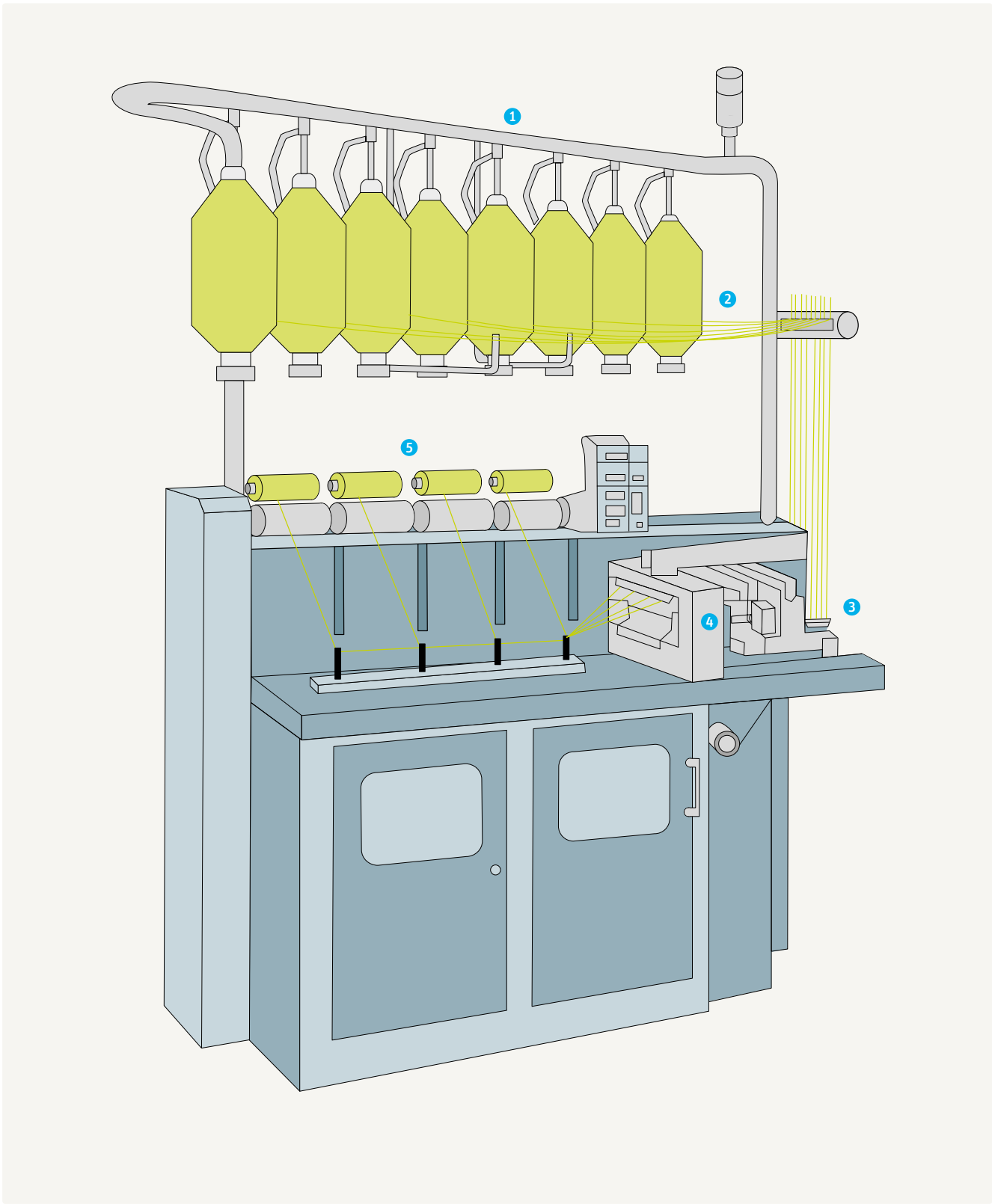


图17 Repco纺纱机

2.3.3. Repco纺纱机的主要参数

每台机器的纺纱头数	4 (5)
输出速度	可达300 m/min
原料	毛及合成纤维
纱支范围	Ne 9/2 - 45/2；13 - 65 tex x 2
喂入原料	粗纱
纱线类型	双股纱
纱线特性	丰满、圆整、捻度变化
应用领域	外衣、套衫
优点	耗能低、占地少、用工省、噪音低
特点	纺纱厂要有准备机器
注意	属精梳毛纺领域

20世纪80年代，Repco纺纱工艺以其经济性优势占领了部分精梳毛纺市场，然而，由于以下各种原因，大多数Repco纺纱机已经从市场中消失了：

- Platt Saco Lowell中止了对此工艺的进一步开发（Platt Saco Lowell公司已经不存在了）；
- Repco纱的加捻结构不同于传统的双股纱；
- 靠摩擦加捻，因此要调整 and 保持捻度的稳定非常困难。

2.4. 包缠纺

2.4.1. 纺纱原理

包缠纺系统如图18和19所示。粗纱或须条（1）经三罗拉、四罗拉或五罗拉牵伸机构牵伸，输出纤维条不加捻通过空心锭（3）。为了在纤维条散开之前赋予其一定的强力，在纤维条从牵伸机构出来后，采用连续长丝（4）对其进行包缠，连续长丝来自于安装在空心锭上的一个小的、快速转动的筒管（5）。制成的纱线由引纱罗拉引出，卷绕到卷绕装置上。因此，包缠纱是由两个组分构成的，纱芯（a）是无捻的短纤组分，长丝（b）绕在纱芯上。有几家制造商提供包缠纺工艺，如Leesona、Mackie等，最常用的包缠纺系统是绪森公司（Suessen）的Parafil系统，这种工艺将稍做详细介绍。

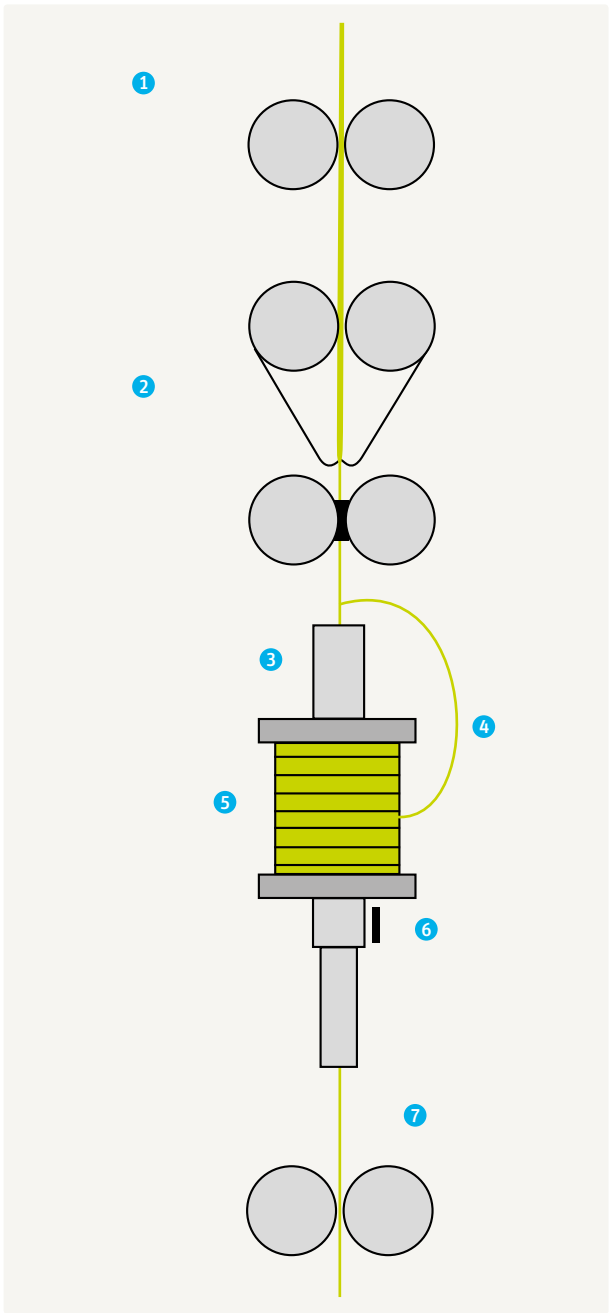


图18 包缠纺纱原理

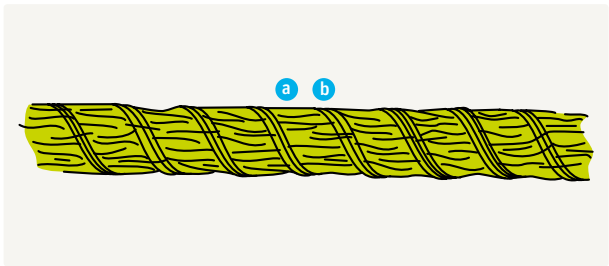


图19 包缠纱

2.4.2. 绪森包缠纺系统Parafil  
2.4.2.1. 纺纱原理

绪森公司（Suessen）提供两种机型：PL 1000，中等卷装，纱支范围为25 - 100 tex；PL 2000，大卷装，纱支范围为25 - 500 tex。根据所加工原料的不同，可采用三罗拉、四罗拉或五罗拉牵伸机构，空心锭（图20）转速可达35 000转/分，且被设计作为假捻装置。纤维须条（Fa）不是直接垂直通过锭子，而是在进入锭子后不久又被引出（1），并回绕锭子约1/4圆周，这样，锭子转动时就给位于牵伸装置和空心锭头端之间的须条加上了捻度。根据假捻原理，这些捻度在锭子头端又被去掉。假捻可防止此段纱线在用长丝（Fi）包缠之前散开。

Parafil纱（绪森公司叫Parallelyarn）通常比环锭纱更均匀，且由于采用了长丝及纤维的高度平行排列，其强力也比较高。同时，这种纱线的覆盖能力高，毛羽少。这种纱线主要应用于：

- 针织机用纱；
- 天鹅绒（家用和汽车装饰用材料）；
- 机织产品（男士及女士服装）；
- 地毯纱（主要用于簇绒地毯）。

目前，这种工艺更适用于纤维长度在60 mm以上的长纤维。在Parafil纱中，长丝可占纱线的2 - 5 %。

2.4.2.2. 主要参数

每台机器的纺纱头数	80
输出速度	200 m/min
原料	60 - 220 mm的合成纤维 +长丝
纱支范围	Ne 1.2 - 24； 25 - 500 tex
喂入原料	熟条
纱线类型	长丝包缠、单纱
纱线特性	强力高、均匀性好、双组分纱
应用领域	地毯、家用纺织品、外衣
优点	生产成本相当低
特点	需用独立的络筒机络长丝管纱

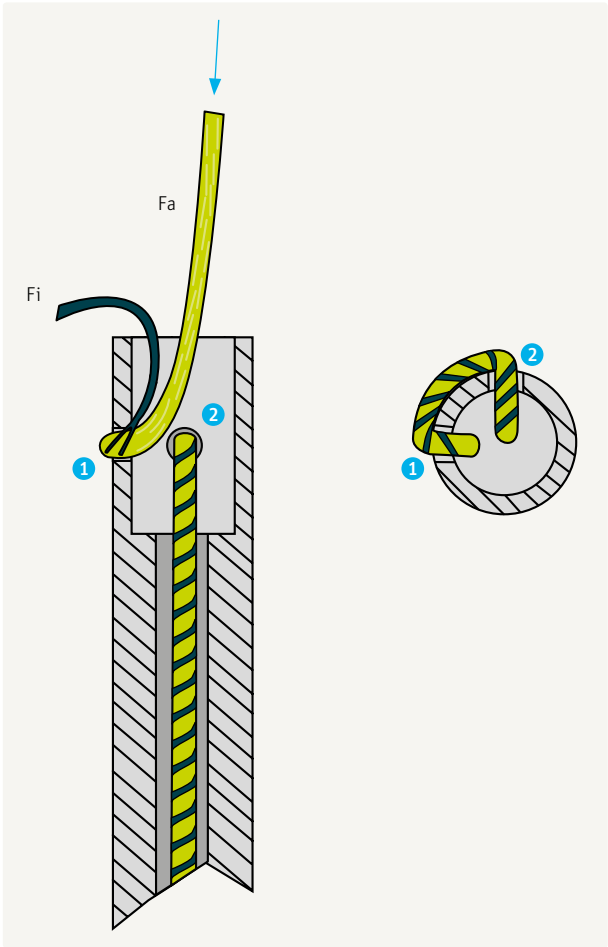


图20 绪森包缠纺工艺（Parafil）中的假捻装置

2.4.3. 加工工艺与经济性之间的关系

长丝比例太高会产生干扰作用，因此，这类纱主要应用于粗支纱及一些粗、中支纱。如果要生产中、高支纱，必须采用昂贵的特殊长丝。一般相对于短纤维来说，高价长丝对成本的影响更大。因此，由于原料花费大，不可能采用包缠工艺经济地生产高支纱。包缠纺通常采用20 - 110 dtex的细长丝。

所有纺织聚合物长丝都可用作包缠成分，但最常用的是单丝或复丝的锦纶纤维、涤纶纤维及粘胶纤维。如果最终成纱只要短纤维成分，就必须采用维纶长丝，纺纱后只要将其溶掉即可。

与环锭纱相比，包缠纱的主要特点为<sup>[5]</sup>：

- 均匀性更好；
- 强力更高，一方面是由于长丝成分，另一方面是由于纤维的高度平行排列且纤维结合在一起；
- 覆盖能力高；
- 毛羽少；
- 不用合股；
- 不卷缩。

由于纤维结合在一起，包缠纱具有轻微的波状特征，可以加强这种特征，以达到一定的花式效果。在复摇机上捻接没有问题，且通常在织造厂可省掉上浆，也可省掉合股。

每米的包缠圈数通常近似于常规的纱线捻度。合成长丝生产商供应的大卷装必须重新绕成小筒管（管纱），这可在特殊的络纱机上完成。

由于长丝的高成本对包缠纺的经济性具有负面影响，该系统的应用领域相当有限。因此，绪森公司已决定停止ParafL纺纱机的销售。

2.5. 粘合工艺

2.5.1. 简介

目前所使用的所有纱线几乎都是通过须在条中加入某种形式的捻度来获得强力的，然而，这只是在短纤纱中产生强力的方式之一。理论上，粘接纤维也可以达到纤维之间的相互结合。因此，多年来也有许多研制这种纺纱系统的尝试。一些前沿性的研究成果包括：

- Vezelinstitut TNO（荷兰）的Twilo工艺；
- 立达Rieter（瑞士）的Pavena工艺；
- Bobtex公司（加拿大）的Bobtex工艺。

这种工艺的设计思路很吸引人，但实现起来很困难，因此，目前这些工艺仍未获得认可。

可以通过以下方式将平行纤维条粘合起来：

- 粘合剂（Pavena、新型Twilo）；
- 粘合纤维（Twilo）；
- 聚合物（Bobtex）。

粘合剂和粘合纤维只需在加工中将纤维结合在一起，制成机织或针织物后，织物组织中的纱线结合点会产生结合力，此时粘合剂就是多余的了，因此在缝制过程中被去除。然而，在Bobtex工艺中，聚合物是纱线的一个组成部分。Twilo和Pavena工艺因纤维条中纤维排列的平行度高，其最终产品性能好、纤维性能（手感、硬挺性、柔软性等）没有因加捻而受到影响、覆盖能力高。实际工艺的另一个优点是生产速度快，缺点是因纱中纤维没有牢固的结合，洗涤性能稍差。

然而，所有粘合纺纱系统在商业上都没有获得成功的主要原因是经济性方面的因素。为了生产柔软、具有吸引力的产品，机织或针织后必须将粘合剂洗除，这就造成了原材料成本的大大提高。此外，添加和/或洗除粘合剂也需要成本高、耗能大的加热工艺，因此，粘合纺纱工艺在经济性上是不可行的。

2.5.2. Twilo工艺

2.5.2.1. 纺纱原理

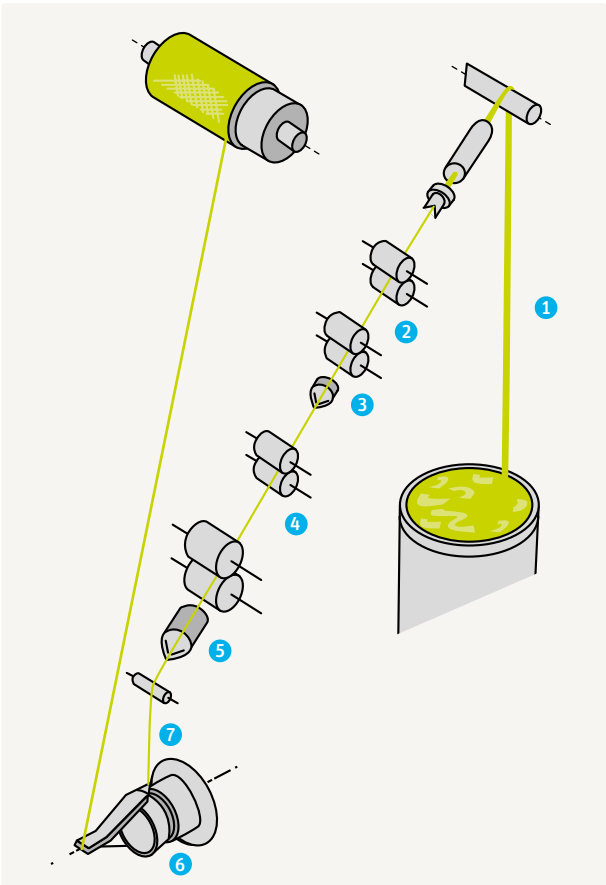


图21 Twilo 纺纱原理

荷兰Signaalapparaten公司生产的纺纱机采用三道并条机的条子作为喂入原料。第一道通常在混合并条机上进行，少量（5 - 11 %）的粘合纤维与棉条、合成纤维或粘胶纤维条子混合。粘合纤维可采用维纶（PVA）纤维，这种纤维在70℃左右的水中会变粘并被激活，因此，加水是粘合的前提条件。

熟条（1）进入四罗拉牵伸机构的第一牵伸区（2），并在干态下经受5 - 10倍的预牵伸，预牵伸（2）后通过具有假捻装置的润湿区（3），在这里通过喷水给须条加捻（假捻）。最后的拉细是在无捻状态下、在第二个两罗拉牵伸区（4）完成的，牵伸倍数可达40倍。为保证须条离开牵伸机构（4）后尽可能

变细和紧密，牵伸机构后跟有第二个假捻装置（5），这个装置的另一个作用是辅助将纱线加热到70℃左右，此处还有喷水水流给纱线加捻。

此时维纶纤维还未完全溶解，纤维的完全溶解只有在温度为140℃的干燥辊（6）上才能实现。此处，湿纤维被加热到80℃以上，维纶纤维发生第一阶段的溶解，之后经过干燥，转变为赋予强力的粘合剂。

最后，纱线被卷绕到圆柱形交叉卷绕卷装上。除了粘合纤维外，Signaalapparaten纺纱机也采用粘合剂来赋予纱线强力。

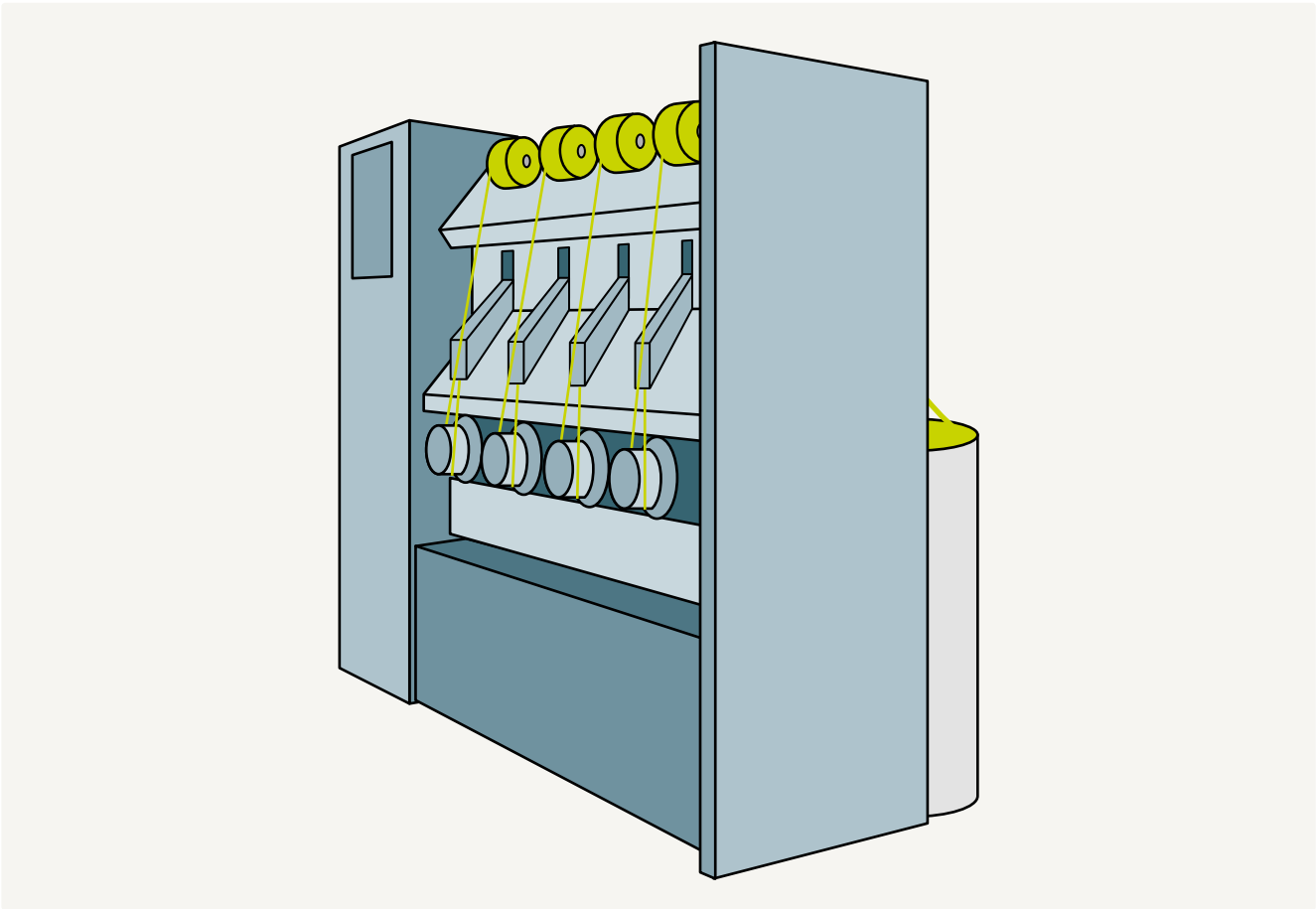


图22 Twilo 纺纱机

2.5.2.2. 工艺参数

原料

可加工棉及纯合成纤维，也可加工混纺纤维。纤维的线密度在1.4 - 6 dtex之间，长度在30 - 80 mm之间。纤维越细，粘合纤维的用量就越大。粘合纤维的线密度和长度通常为1.7 dtex和40 mm。

纱线特性

纱线不是圆的而是扁的，因此最终产品覆盖能力高。由于粘合剂的存在，纱线硬挺、伸长率低，均匀度与环锭纱相当，强力在一定程度上取决于输出速度。

工艺特点如下：

- 能耗相对较高；
- 需用水；
- 必须将粘合纤维或粘合剂洗除，因此粘合纤维或粘合剂实际上被浪费了。如果不洗除，最终产品无法使用；
- 需要一系列的专门技术。

2.5.2.3. 实验机的主要参数（1975年前后）

每台机器的纺纱头数	8
输出速度	500（600）m/min
原料	棉和合成纤维（长度小于80 mm）
纱支范围	Ne 6 - 40；15 - 100 tex
喂入原料	熟条
纱线类型	粘合纱
纱线特性	扁纱、覆盖能力高、均匀度好
应用领域	浴巾、衬里、涂层材料
优点	不用加捻
特点	需用水和气

2.5.3. Bobtex工艺

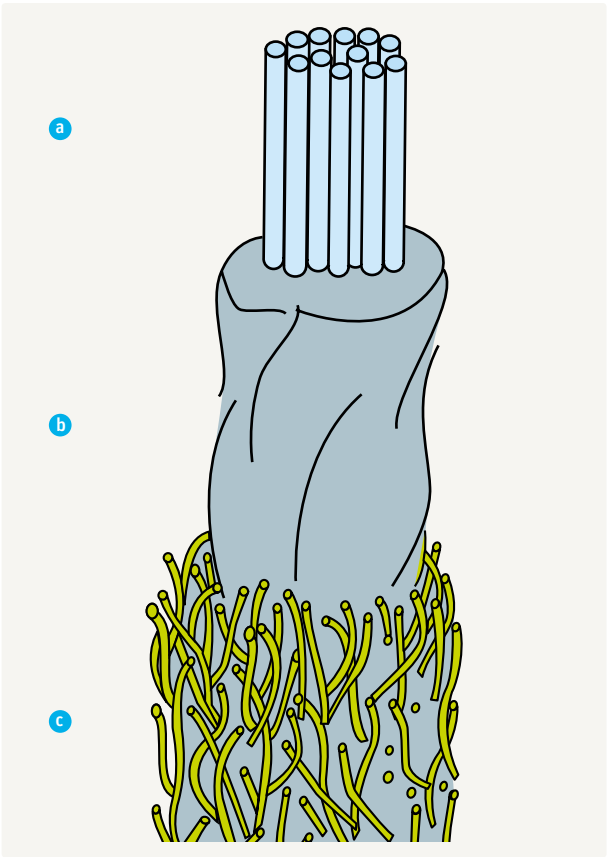


图23 Bobtex纱

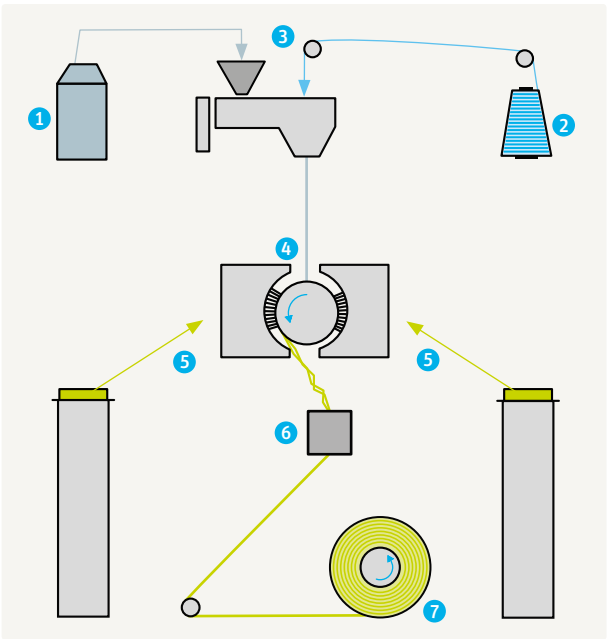


图24 Bobtex纺纱原理

2.5.3.1. 纺纱原理

Bobtex纺纱机（Bobtex这个名称源自发明者Bobkowicz的名字）有两个纺纱头，生产的是多组分纱。多组分纱由以下组分构成（图23）：

- 占10 - 60 %的单丝或复丝作为纱线载体的芯纱（a）；
- 占20 - 50 %的聚合物中间层（b）；
- 占30 - 60 %的嵌在中间层内、形成包覆层的短纤维（c）。

如图24所示，在纱线生产过程中，长丝（2）通过挤压机（3）之后被熔融聚合物（1）粘附。在聚合物凝固之前，在装置（4）上将开松过的短纤维压入熔融材料，形成包覆层。装置（4）作为开松装置，将从侧面喂入的两根熟条或生条（5）拉细，假捻装置（6）确保短纤维的顺利加入。成纱卷绕到位于机器底部的大卷装（7）上。

2.5.3.2. 实验机的主要参数（1970年前后）

每台机器的纺纱头数	2
输出速度	约为600 m/min
原料	长丝/聚合物/纤维
纱支范围	Ne 2 - 20；30 - 300 tex
喂入原料	生条
纱线类型	三组分纱线
纱线特性	高覆盖能力、硬挺、均匀、具有毛纺纱特征
应用领域	袋布、地毯底布、工业用机织织物
优点	产量高，卷装重量可达50 kg
特点	耗能、耗水高

2.6. 假捻工艺

2.6.1. 假捻原理

2.6.1.1. 假捻的产生

如果将纤维须条（图25（A））牢牢地夹持在具有一定间隔的夹持点 $K_1$ 和 $K_2$ 之间，并在两点之间的某处加捻，则在加捻元件（T）的前后会产生数量相同但捻向相反的捻回，如图25（B）所示，右边为Z捻，左边为S捻。如果夹持点处采用旋转的罗拉（图25（B）中的 $Z_1$ 和 $Z_2$ ），且加捻时纱线通过罗拉，则最终结果遵守假捻原理，但不同于前面所述的纱线静止的情况。进入（b）区的纱线上已经有了在（a）区加入的捻度，在图25（B）所示的例子中，加入的是Z捻。

加捻元件在左边产生S捻时，就意味着在第一区（a）中加入的每一个Z捻都会被第二区（b）中加入的一个S捻消除，因此，在加捻元件与输出罗拉之间的纤维须条是无捻的。在假捻装置中，只在喂入罗拉和加捻元件之间有捻回。此原理已应用于假捻变形工艺。

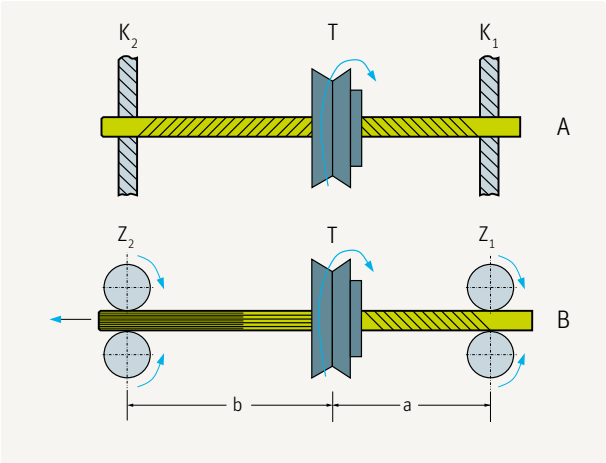


图25 假捻原理

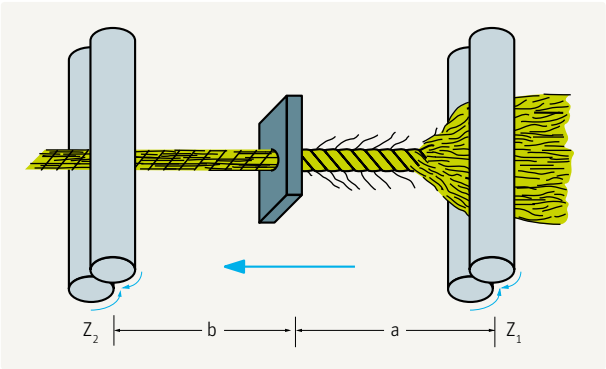


图26 通过假捻纺纱



2.6.1.2. 借助假捻成纱

如上所述，离开假捻装置的纤维须条中的纤维是平行、无捻的，因此，假捻成纱原理不适于赋予纱线强力。尽管如此，现在仍在研究改进系统，以用于纺纱。例如，让喂入罗拉Z<sub>1</sub>的纤维须条以非常大的宽度进入假捻区（a），这样，由于须条分得比较开，或多或少有一部分边缘纤维不受加捻作用。

在图26中，与前面部分所述不同的是，进入加捻元件的纤维须条不再是全部加捻，纤维量占大部分的芯部加捻，而边缘的包覆纤维无捻或只加上了少量的捻回。这样，加捻元件所加的反向捻回会将纤维须条芯部的捻回全部消除，但同时给原来没有加上捻的外层纤维加捻，这些纤维包缠在芯纤维上形成束纱（图27）。

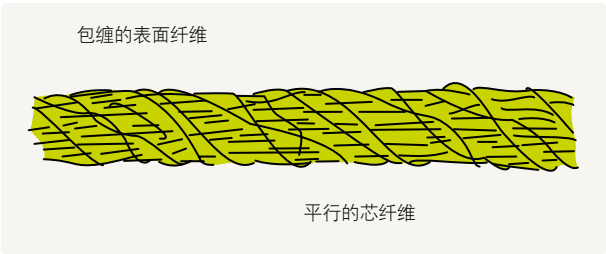


图27 假捻纱（束纱）

采用这种纺纱原理的工艺有Du Pont的Rotofil（已放弃）、Dr. Ernst Fehrer, Linz的Dref-3000及村田的喷气纺纱。假捻原理展示了未曾预见的成纱可能性。

2.6.1.3. 纺纱元件

与自由端纺纱相比，假捻纺的纤维须条不是开松到单纤维状态，而是从喂入到卷绕一直保持连贯的须条状态。现在的牵伸机构仅限于将须条拉细，加捻可采用如下各种方式：

- 气动加捻（单喷嘴或双喷嘴）；
- 水力加捻；
- 机械加捻；
- 尘笼加捻；
- 双转盘加捻；
- 双皮带加捻；
- 转管加捻等。

一些机械加捻装置所需纺纱张力要大于气动加捻系统。

2.6.2. 双喷嘴喷气纺  
2.6.2.1. 纺纱原理

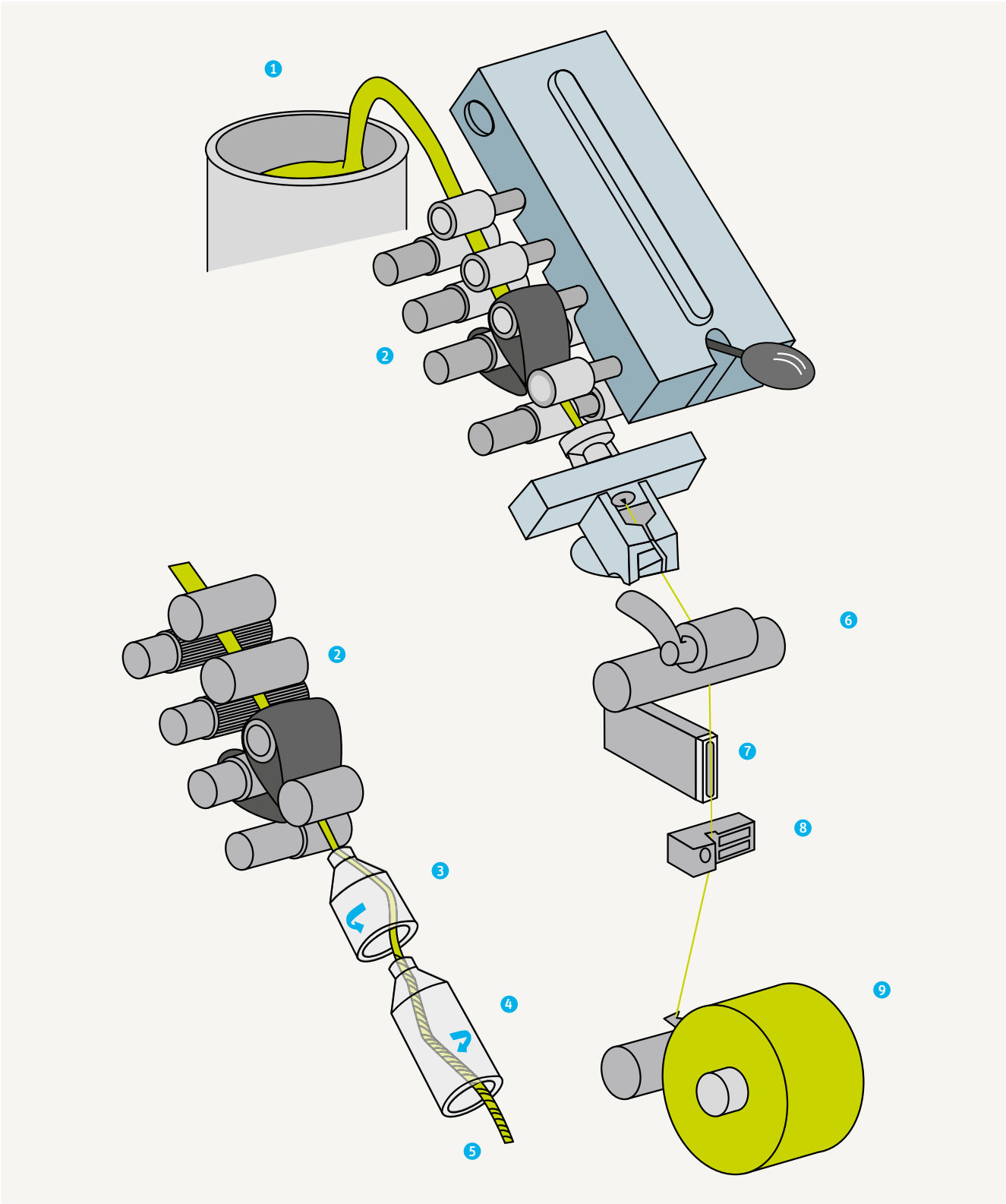


图28 双喷嘴喷气纺原理（村田MJS）

如图28所示，熟条由条筒（1）喂入，进入牵伸装置（2），获得100 - 200倍的牵伸，输出纤维须条进入紧接牵伸装置之后的两个气流喷嘴（3和4）。第二个喷嘴（4）是真正的假捻元件，产生角速度超过2百万转/分的空气涡流，对通过的纤维须条加捻，使纤维须条以250 000转/分左右的转速在气流中螺旋转动。压缩空气进入假捻元件中腔的速度可达声速。由于转动时轴向力很低，因此纱中的张力也较低。

空气涡流产生扭力的能力很强，可使纱线中的捻回回到牵伸机构。因此，纤维须条离开前罗拉后被迅速加速到最高转速。最终成为包缠纤维包裹纱线的边缘纤维量很少，不超过纱线总重量的5 %。边缘纤维与芯纤维捻向相同的捻回较少，甚至可有少量反向捻回，这一方面是由于纤维须条以较大的宽度从前罗拉输出，但主要还是由于第一喷嘴（3）产生的涡流方向与第二喷嘴（4）产生的涡流方向相反。

事实上，第一涡流的强度比第二涡流弱，不会真正影响到芯纤维，但可以在一端抓住纤维须条上伸出的边缘纤维。由于第一涡流的作用方向与第二涡流产生的捻回方向相反，这就阻止了边缘纤维被捻进纱芯，甚至会给边缘纤维加上相反方向的捻回。纤维须条经过第二喷嘴时，产生下述作用。

根据假捻原理，喷嘴（4）处气流产生的捻度被消掉，占绝大部分的芯纤维不再有捻度，而是呈平行排列状态，而边缘纤维（之前无捻、少捻甚至是有反向捻度）则获得由喷嘴（4）处气流加上的捻回，从而包缠平行的纤维须条，将纤维体束在一起，形成抱合力。H. Stadler博士所绘制的加捻图<sup>[1]</sup>说明了这一加捻过程（见图29）。

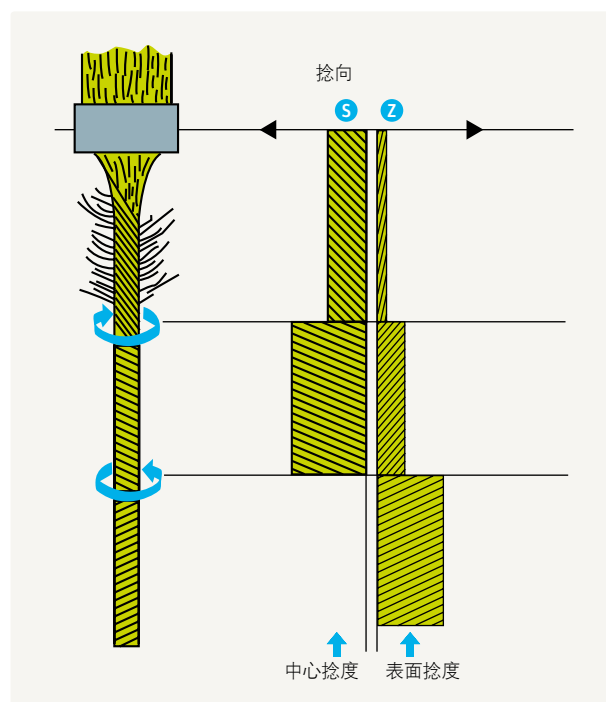


图29 运动纤维须条的捻度分布

所形成的短纤维纱条经过引纱罗拉（图28中的6）引出，再经过纱线吸风装置（7）和电子清纱器（8），最后卷绕到交叉卷绕卷装（9）上。

双喷嘴喷气纺纱系统是一种非常有趣的纺纱工艺，已经投入实际应用，并获得了一定的成功。

### 2.6.2.2. 对原料的要求

迄今为止，喷气纺工艺仅限于纺制纯合成纤维、合成纤维混纺或合成纤维与棉纤维混纺，对于纯棉只能加工精梳棉，且产品强力通常较低（仅为环锭纱强力的50 - 70 %，这就意味着在双喷嘴喷气纺纱机上加工100 %纯棉并不是好的纺纱方法）。纤维原料中的杂质对纺纱加工有很强的干扰作用，采用较长、较细的纤维时，几乎所有的纱线特性都能够得到改善。纱线截面中的纤维根数至少在80根左右。

纤维原料应具有以下特性：

- 高强度；
- 纤维与纤维之间具有相当大的摩擦力；
- 抗弯硬挺度低；
- 加捻阻力小；
- 短纤维比例低。

#### 2.6.2.3. 纱线特性

喷气纱的纱线特性主要在以下几方面与环锭纱略有不同：

- 强力稍低,
- 刚性更高,
- 质感更硬。

采用较细的纤维并用柔软剂（如有机硅树脂）整理成品可降低硬度。

喷气纱与环锭纱的进一步比较如下：

优点：

- 均匀度高（类似于环锭纱）；
- 耐磨性好；
- 不易起球；
- 不易缠结；
- 收缩性与环锭纱相似。

缺点：

- 抗弯硬挺度高；
- 覆盖能力稍低；
- 包缠纤维在整个纱线长度上的分布不均匀，有的表面多、有的表面少。

包缠捻回多则纱线强力高，但同时硬度也大。合成纤维纱及合成纤维含量至少为50 %的合成纤维与棉的混纺纱的强力可以达到环锭纱强力的80 %或接近环锭纱。

#### 2.6.2.4. 纺纱工艺之间的关系

喂入原料

喂入原料采用熟条比较合适，应进行三道牵伸，以使纱中纤维获得足够的平行伸直度。由于牵伸机构的最大牵伸倍数为200，因此需要使用较细的条子，条子重量一般在3 g/m (3 ktex) 以内。

### 牵伸机构

采用四罗拉双皮圈牵伸机构, 牵伸倍数为65~220倍, 上下皮圈均较短。纤维条未开松到单纤维状态而只是拉细, 这样做的优点是不必重新凝集纤维, 纤维平行度比自由端纺纱高。

## 加捻气流

双喷嘴喷气纺纱使用顺次排列的两股气流。纱中捻度取决于生产速度及气流中的气压，后者通常在4-6 bar范围内。空气涡流旋转速度在100万到200万转/分，其中第一气流的速度比第二气流低，纱线可获得空气涡流转速的6-12%左右。

## 纤维的包缠

双喷嘴喷气纺无法生产粗支纱，这主要是因为纱线表面积与其横截面之间的比值。纱线越粗，比值越小，则表面包缠纤维越难将数量众多的芯纤维有效地包裹在一起。

可通过调整下列参数来改变包缠作用、纺纱条件和成纱质量：

- 原料；
- 纤维条离开牵伸机构的宽度；
- 牵伸倍数；
- 前罗拉与引纱罗拉之间的纺纱张力（纱线张力）；
- 气流中的气压；
- 第一、第二气流之间的捻度关系。

这些参数在一定范围内是可以调节的。

#### 2.6.2.5. 经济性

村田 (Murata) 双喷嘴喷气纺纱机 (MJS) 是全自动机器, 可减少用工, 从经济角度讲是一个优点。其自动化装置包括:

- 使用打结技术的自动接头,
- 自动落纱,
- 清纱器,
- 纱线长度测量装置。

与转杯纺相同，喷气纺也省去了粗纱机和络筒工艺，经济性得到提高。因此，与环锭纺相比，喷气纺的纱线生产成本大大降低。

2.6.2.6. MJS纺纱机的主要参数

每台机器的纺纱头数	可达72（单面机器）
输出速度	150 - 300 m/min
原料	合成纤维及混纺纤维（精梳棉）
纱支范围	7.5 - 30 tex；Ne 20 - 80
喂入原料	熟条
纱线类型	单根束纱
纱线特性	合理的强力、毛羽低、外表粗糙
应用领域	女士外衣、衬衫面料、床单
特点	生产成本低、用工少、没有高速旋转的机件、需三道并条

2.6.2.7. MJS纺纱机的工业影响力

在2000年前后，纺纱厂中安装的MJS纺纱头数达到220 000头（相当于近3 000台机器），这些机器大部分（大约2/3）是在美国，其它的主要在亚洲国家，欧洲纺纱厂没有安装这种纺纱机。MJS纺纱机的局限性主要是不能加工100 %棉纤维，即使该工艺具有良好的经济性、纺合成纤维或混纺纱时整体纱线质量高也无法弥补这一缺陷。

2.6.3. Dref-3000工艺

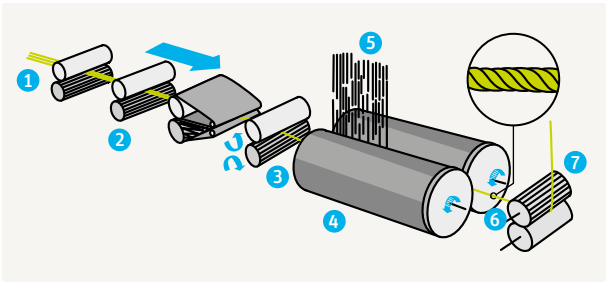


图30 Dref-3000纺纱原理

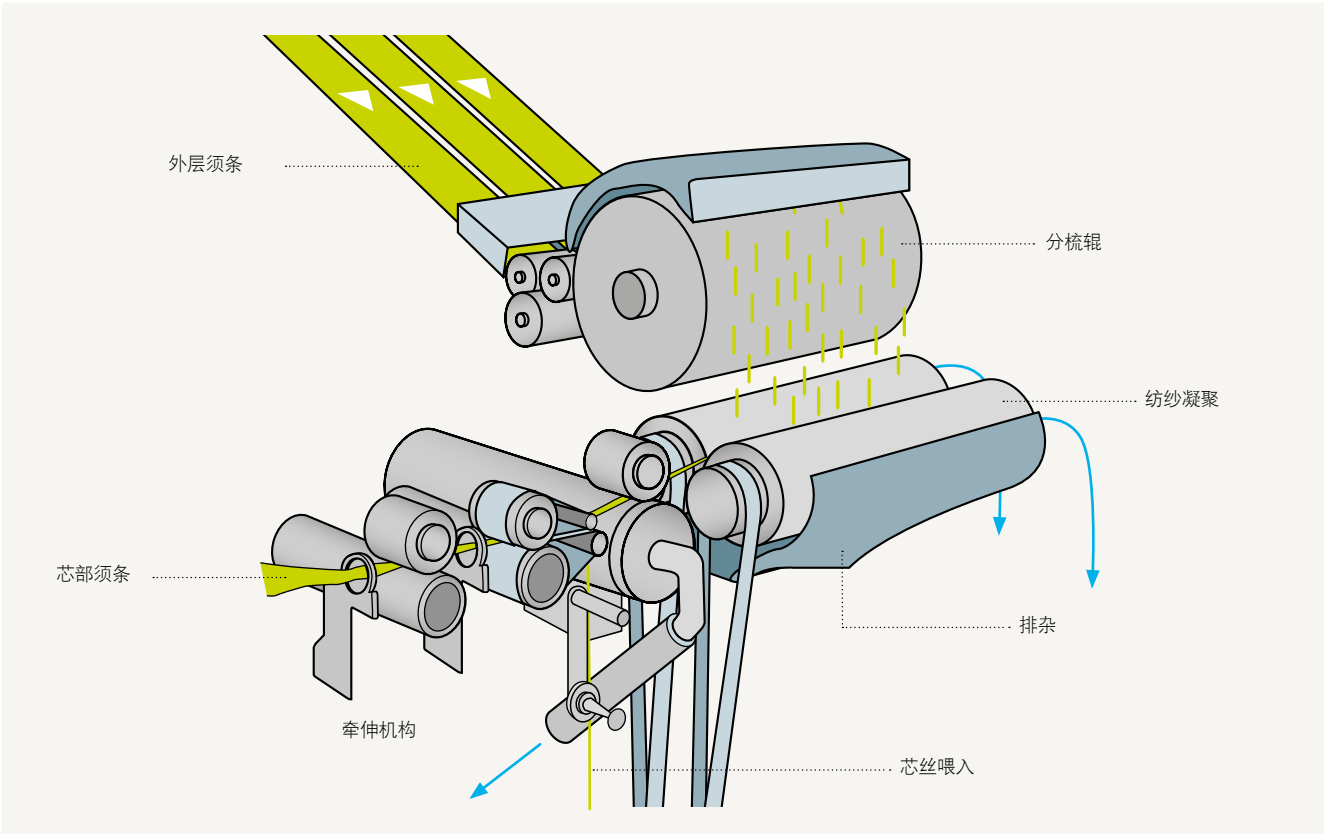


图31 Dref-3000的纺纱机构

### 2.6.3.1. 纺纱原理

Dref-3000纺纱系统（图30和图31）根据摩擦纺纱原理生产束纱，基本上是Dref-2000工艺的拓展，以配合纺纱尘笼（4）前的牵伸机构（2）。

线密度为2.5 - 3.5 ktex的熟条(1)进入三罗拉双皮圈牵伸机构(2)。经过100 - 150倍左右牵伸的须条(3)从牵伸机构出来,进入尘笼(4)的楔形区。一对引纱罗拉(7)牵引须条通过尘笼的楔形区,并将须条拉出纺纱区。

经过凝聚的纤维须条被引纱罗拉(7)及牵伸机构(2)夹持,且通过一对尘笼(4)在两夹持点之间转动,因此在两夹持点之间被加上假捻,这就意味着在牵伸罗拉和尘笼之间的须条有捻,而在尘笼与引纱罗拉之间的须条无捻。如果这种情况持续下去,须条就会散开。在须条散开之前,从上部向两尘笼楔形区喂入的短纤维(5)因尘笼的转动而包缠在水平运动的须条上,形成束纱。

纤维层(5)自上而下运动,从第二个罗拉牵伸机构中输出。喂入牵伸机构的是4-6根线密度为2.5-3.5 ktex的熟条。

纱线由引纱罗拉 (7) 引出, 然后卷绕在卷绕装置上, 最后以交叉卷绕卷装的形式离开机器。

#### 2.6.3.2. 所用原料

这种工艺可以纺制几乎所有类型的纤维原料,即使是其它工艺加工有问题的纤维,如芳族聚酰胺纤维和碳纤维。通常采用涤纶纤维和锦纶纤维做纱芯,棉纤维做包缠纤维。由于芯纤维和包缠纤维是单独喂入的,因此,包缠纤维的比例可达15-60%。长丝也可做芯制成包芯纱,可用的纤维线密度为0.6-6.7 dtex。

### 2.6.3.3. 主要参数

每台机器的纺纱头数	3 - 24
输出速度	250 m/min
原料	棉/合成纤维
纱支范围	Ne 0.9 - 14.5 ; 40 - 700 tex
喂入原料	熟条
纱线类型	束纱
纱线特性	包缠纤维少= 环锭纱的特性 包缠纤维多= 转杯纱的特性
应用领域	家用纺织品、运动及休闲服、外衣及产业用纺织品
优点	加工工序少
特点	加工工艺简单

#### 2.6.3.4. Dref-3000的工业影响力

Dref-3000是生产具有以下特殊性能纱线的典型工艺：

- 由非常规纤维生产的纱线；
- 具有特殊芯/皮结构的复合纱；
- 具有特殊性能的纱线（防护用纺织品）。

因此, Dref-3000不是用于大批量生产的纺纱工艺, 而是生产针对性很强的特殊、特制纱线的奇妙且成功的纺纱系统。

#### 2.6.4. PLYfil纺纱工艺

#### 2.6.4.1. 为股纱开辟市场前景

股纱很少采用新型纺纱工艺生产的纱线制造（Repeco和纺捻工艺除外），大多数的股纱由环锭纺单纱制成。合股加捻通常是成本密集型工艺，且股纱一般比单纱贵得多，因此，股纱的应用领域近年来在收缩。目前，在短纤纺领域，尽管股纱可能是更合适的选择，但单纱的应用却日益增多。绪森公司的PLYfiL工艺向世人展示了经济生产股纱的可能性，合股加捻纺纱也有望收复失地。与传统合股加捻纱相比，PLYfiL工艺所生产的股纱稍有不同，它更柔软、丰满、蓬松，但强力跟传统合股纱一样且非常均匀。

PLYfiL纺纱工艺尤其适合纺中到细支股纱，因此是环锭纺和加捻纺（赛洛纺Siro）的直接竞争者。

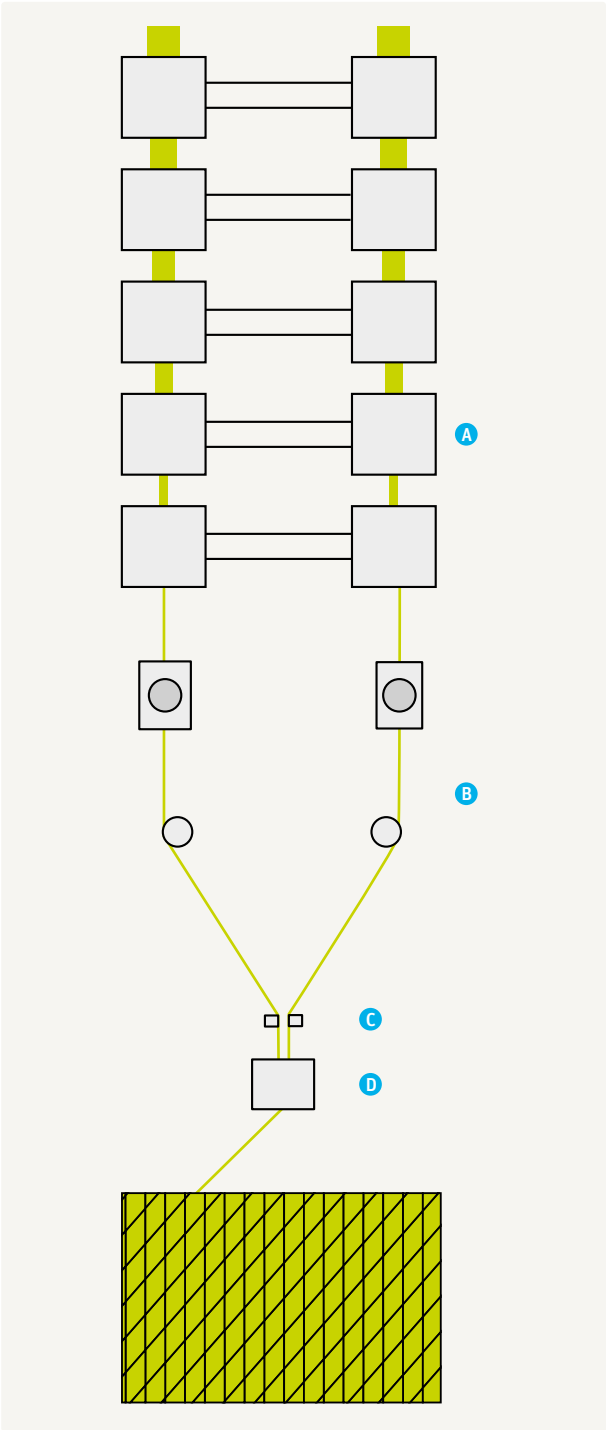


图32 PLYfiL纺纱系统

纺纱原理

采用熟条喂入，经牵伸倍数可达350倍的五罗拉牵伸机构（图32，A）牵伸，牵伸机构（A）后为强力赋予装置（B）。同村田假捻法一样，用气流将边缘纤维及突出的纤维头缠绕在条子上。如之前相关章节所述，形成的是芯纤维平行排列、包缠纤维缠绕纱体的束纱。与同类型的其它工艺相比，此时纱线的强力只要使纱条能够承受卷绕和后续的加工即可。股纱没有喷气纱所具有的典型的包缠特点，因此纱线不像喷气纱那么硬。

两根这样的纱线在C处并合，并由引纱罗拉（D）引出。纱线卷绕成筒子纱，以作为加捻工序（钢领或最好是二合一加捻）的喂入原料，省去了络筒工序。

加捻时，包缠纤维解捻。在股纱中，所有纤维都是平行的，这种工艺与传统加捻的不同之处是要获得柔软的股纱无需将每一根单纱中的捻回都退掉。因此，可采用比较低的捻系数加捻，输出速度相应也可以提高。

2.6.4.2. 短纤维纺纱机的主要参数

每台机器的纺纱头数	20 - 100
卷绕头数	10 - 50
输出速度	150 - 250 m/min
原料	棉、合成纤维、混纺纤维（长度小于90 mm）
纱支范围	8.3 - 25 tex x 2 (Nm 2 x 40 - 120)
喂入原料	熟条，2.5 - 5 ktex
纱线类型	合股、低强束纱
股纱特性	均匀、强力高、柔软， 股纱中纤维平行
应用领域	衬衫、内衣
优点	非常经济，不需要粗纱机及络筒工序



应用领域

绪森有两种PLYfiL机型供应：

- 用于短纤维纺纱厂的PLYfiL 1000；
- 用于中长纤维纺纱厂的PLYfiL 2000。

PLYfiL股纱适用于机织和针织产品，短纤股纱主要适于生产衬衫面料及内衣等，而长纤纱则应用于男士服装及女士服装领域。

尽管PLYfiL有很多极具吸引力的优点，但绪森还是中止了这种机器的销售，因为股纱市场相当有限，尤其是短纤维。对PLYfiL来讲，其独特的股纱结构也使市场进一步受到限制。

2.7. 喷气纺

2.7.1. 发展历程

双喷嘴喷气纺纱系统（参见“2.6.2.双喷嘴喷气纺”）在纺纱过程中通过假捻获得纱芯无捻而表面或包缠纤维有捻的独特束纱结构。然而，假捻将有捻表面纤维的比例限制在5 %左右的较低比例。因此，双喷嘴喷气纺成功地应用于加工化纤及化纤与棉的混纺纤维，但在纺100 %棉纤维即稍短纤维时，纱线强力不够（图33）。因此，在棉/涤混纺市场很大的美国，喷气纺获得了大量应用。而在棉纤维加工占主导地位的欧洲和亚洲，喷气纺没有取得成功。

鉴于这种情况，村田研发了一种生产束纱的新型纺纱工艺。二十世纪八十年代，第一个专利公开。当时采用的是空气涡流与旋转机件相结合。自此以后，村田不再采用旋转机件，在成纱区只用空气涡流，不用运动的机件。在97年的Otemas展会上，Murata展出了名为村田涡流纺纱机（MVS）的新型喷气纺系统，这种机型随后也在99年的ITMA展会上展出（图34 a）。与其它双喷嘴喷气纺纱系统相同，村田涡流纺纱机也采用牵伸机构来加工熟条，且在纺纱区没有运动机件。然而，喷气纺不采用假捻成纱。

2008年，立达推出了自己的喷气纺纱机J 10，这是一种双面纺纱机，具有100个单独驱动的纺纱头和4个移动机械手，其目标是将纺纱系统的经济性不断向前推进（图34 b）。

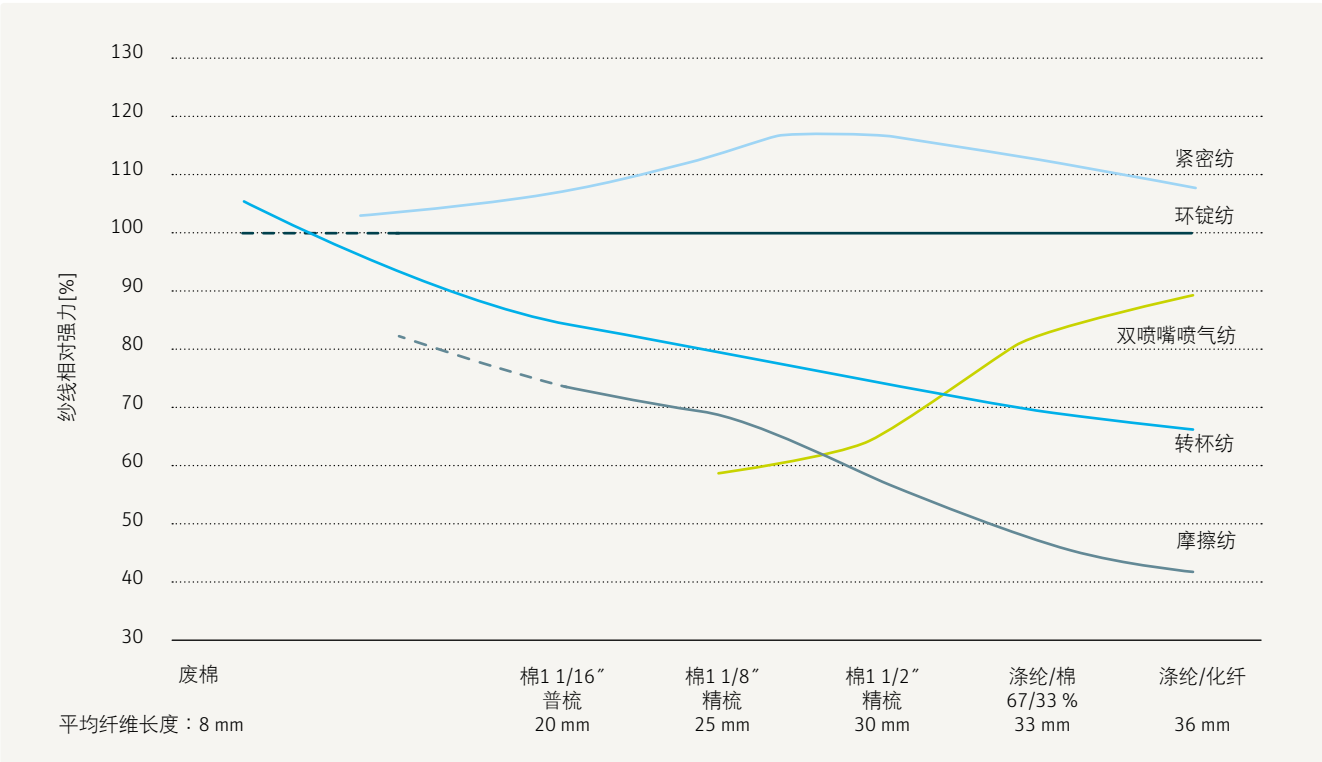


图33 纱线相对强力



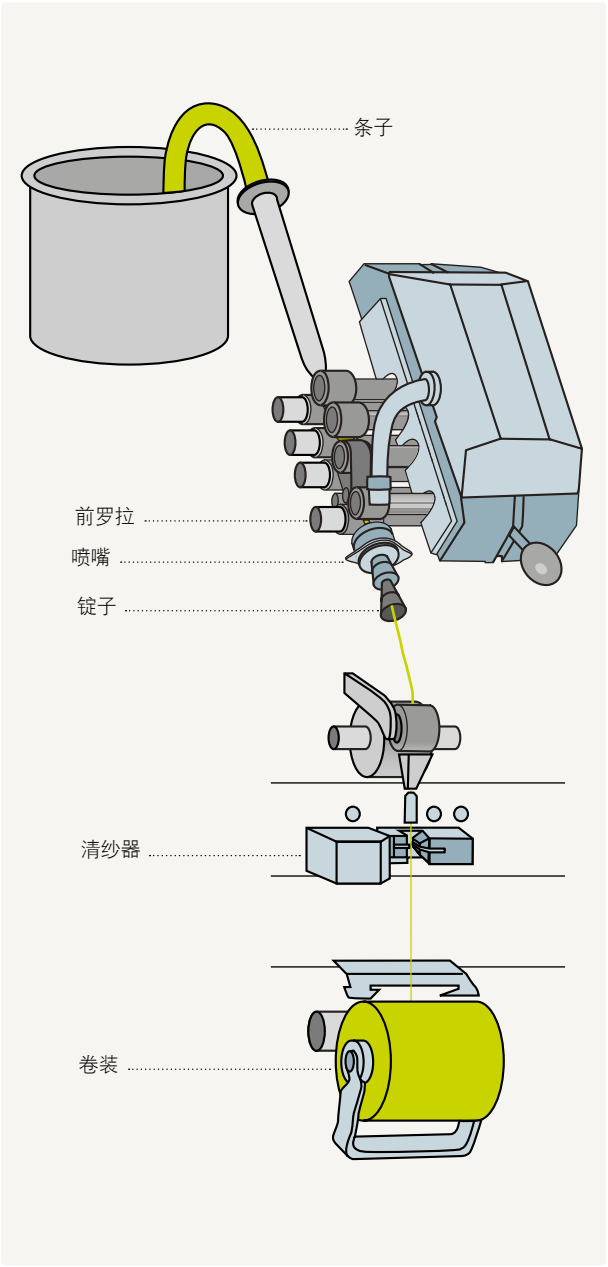


图34 a) 村田 (MVS) 喷气纺纱原理

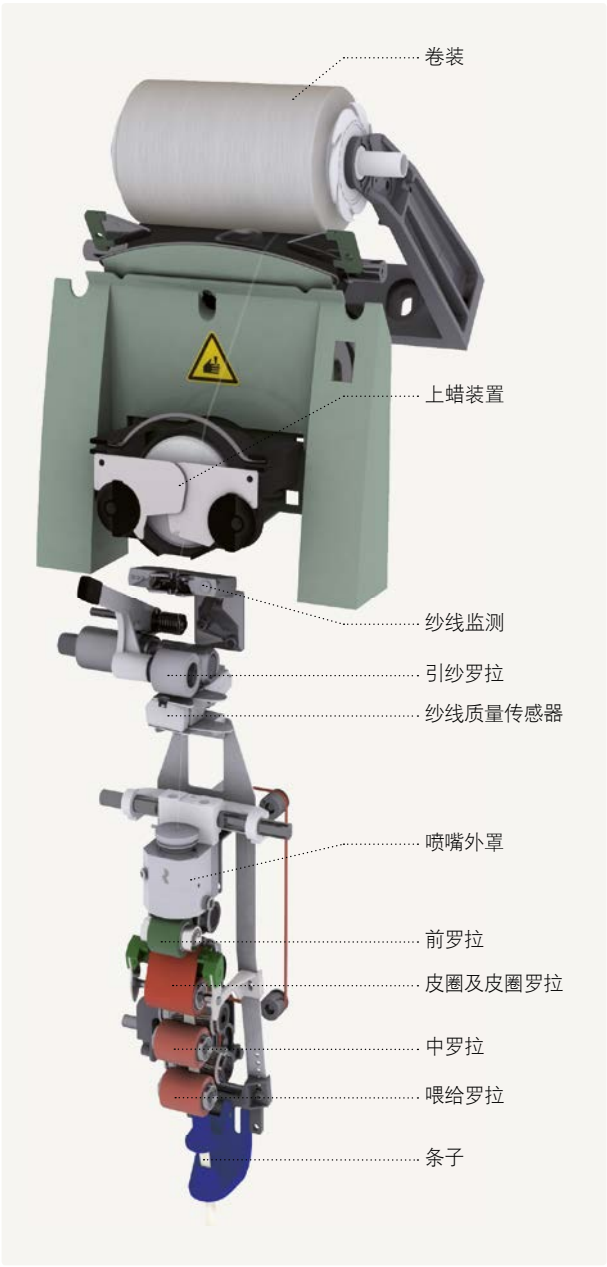


图34 b) 立达 (J10) 喷气纺纱原理

在牵伸机构与固定锭子（套管）入口处成纱点之间，纤维相互之间是完全平行输送的（图35）。在纤维输送过程中，将一定数量的纤维末端从主纤维流中分离出来。这些纤维末端在空心锭入口处单股涡流的作用下，被捻在不转动的纱芯周围。

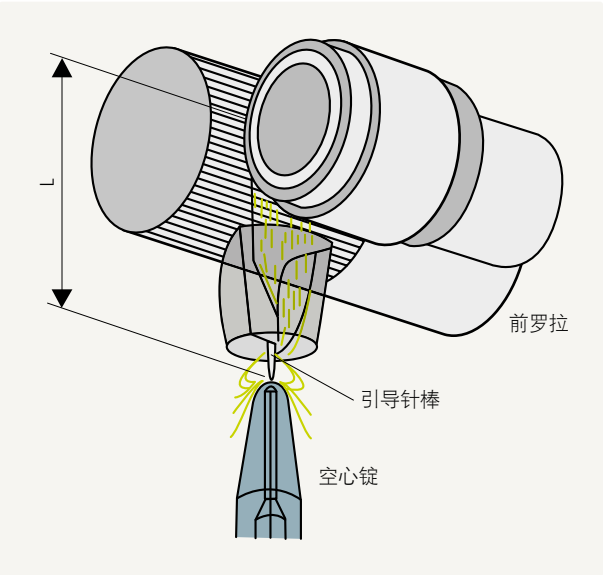


图35 由前罗拉送出纤维（村田MVS）

与喷气纺相比，这种纺纱工艺可将表面纤维即包缠纤维量大大提高至15 - 30 %，这对提高纱线强力具有积极作用，尤其是纺棉时，这种工艺实际上克服了双喷嘴喷气纺纱原理的主要缺陷。

2.7.2. 纺纱原理

为了进行喷气纺，必须解决牵伸系统与进入锭子之间的这个区域内的两个难题：

- 自由纤维端的分离；
- 防止假捻的形成。

纤维喂入管道和锭子外是外罩（图36），靠近锭子入口处的空气涡流产生一定的负压，在管道中形成气流，这股气流将纤维从牵伸机构输送至锭子入口。

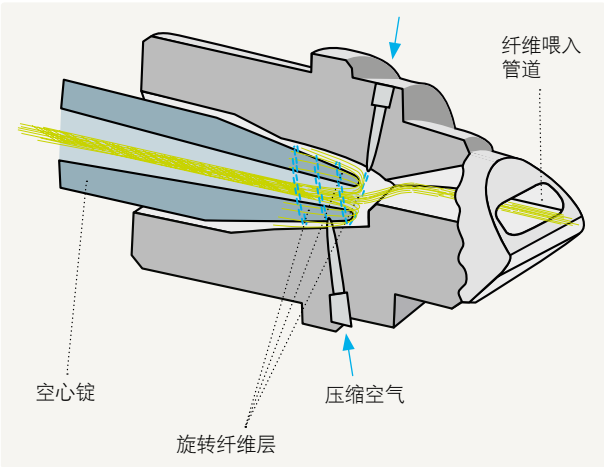


图36 喷嘴部分（立达J 10）

为了形成自由纤维端，正确地选择距离L（图35）很重要。此距离应稍短于所加工纤维的平均长度，这样可以使纤维喂给管道中的输送气流从主纤维流中分离出纤维端。显然，L越长，分离出的自由纤维端越多。因此，L是一个很重要的工艺参数。当然，在纤维端分离过程中，可能将整个纤维（主要是短纤维）从主纤维流中分离出来。这些短纤维是无法结合到纱体中的，往往是在锭子周围损失掉了。因此，在喷气纺中，纤维损失量（相对较短的纤维）相对较高（5 - 10 %）。纤维须条中短纤维量越高，纤维损失的比例也就越高。

通过空气涡流的作用，纤维末端绕锭子顶部旋转并捻绕在无捻纱芯周围，成为有捻的表面纤维或包缠纤维，这一过程发生在锭子顶部。表面纤维的捻度在形成的纱线中产生一定的扭矩，此扭矩会对牵伸机构和锭子之间的纤维束加捻，因此，必须避免此类捻度的产生，以防止对形成必须的自由纤维端的干扰。这可以通过阻止捻回传递的方法解决。为此，村田采用了引导针棒（图35），在纤维束进入锭子前使其绕行，有效地阻止了捻回的传递。

一旦进入锭子顶部，成纱工艺就结束了，纱线就可以引出并卷绕在卷装上。

### 2.7.3. 对原料的要求

由于包缠纤维比例较高，这种喷气纺工艺完全可以纺1英寸以上的100 %棉纤维。如果要纺细支纱，棉纤维须经过精梳。加工合成纤维（长度小于40 mm）及棉/合成混纺纤维也丝毫没有问题。

然而，与环锭纺相同，采用长、细纤维时，几乎所有纱线性能都可得到改善。

在喷气纺的整个纺纱过程中，纤维始终保持其取向状态，尤其是芯纤维完全保持与纤维流轴向平行。因此，为了取得良好的纺纱效果，最好采用平行度好的纤维须条进行加工，这也有助于改善牵伸系统的性能。因此，粗梳后的须条要经三道并条。由于喷气纺纱机的总牵伸倍数有限（出于工艺考虑采用180 - 220倍牵伸），纺细支纱时必须使用细度为2.5 ktex或更细的须条。

### 2.7.4. 牵伸机构

与双喷嘴喷气纺相同，牵伸机构也是喷气纺中非常重要的部件。纤维流均匀、纤维取向度好，就可以进行高速高倍牵伸。为此，喷气纺的机器制造商为喷气纺纱机配备了四罗拉牵伸系统（图37）。

预牵伸区的牵伸比在1.57到2.10之间，B和D之间的隔距可以根据纤维的长度进行调节。第一牵伸区中的牵伸隔距应比所加工纤维的最大长度稍长。

后牵伸区的牵伸比在1.2 - 2.4之间，同预牵伸区一样，A和C之间的隔距也可以进行调节，以适应所加工的纤维。

在主牵伸区中，通过一对皮圈控制纤维。为获得最佳效果，主牵伸应不低于30倍、不高于60倍。由于皮圈可提供有效的纤维控制，因此主牵伸区的牵伸隔距是不可调的。

采用气动方式对牵伸罗拉进行必要的清洁。

### 2.7.5. 纺纱喷嘴

纺纱喷嘴是成纱元件，即喷气纺工艺的核心。压力高达0.6 Mpa的压缩空气由4个小孔进入纺纱室，产生非常强的空气涡流（见图36）。在孔的出口处，空气涡流的转速高达1 000 000转/分，高速涡流具有两个作用：

- 形成负压并藉此产生通过纤维喂入管道的气流，
- 使纤维自由端绕锭子顶部旋转。

为了抓住牵伸系统出口处夹持的纤维，并引导纤维准确地通过纺纱喷嘴的纤维喂入管道，并到达固定的锭子，这一过程是需要负压的。

从牵伸机构与锭子入口之间的主纤维流中分离出的纤维端最终形成纤维层环绕在锭子顶部（图36），空气涡流使这些纤维端旋转，成为包缠纤维。纤维转速非常高，可达300 000转/分以上，但由于机械摩擦作用，纤维转速还是比涡流速度低。

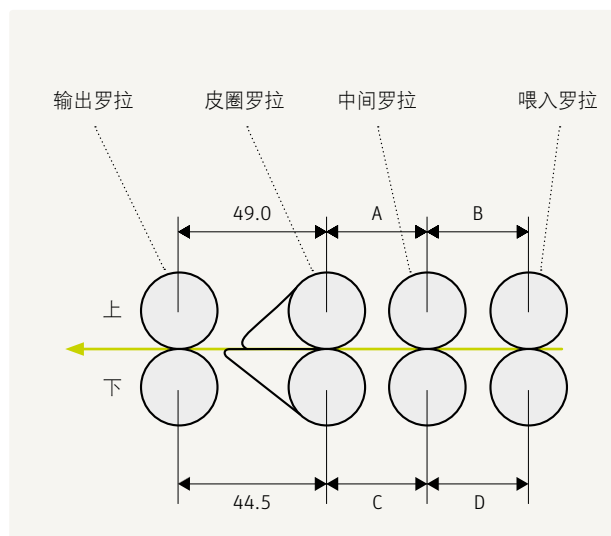


图37 牵伸机构（村田MVS）

除了产生捻度，纤维端的转动还在喷嘴与引纱罗拉之间的纱线中产生纺纱张力，纺纱张力 $P_{\text{spinn}}$ 可以近似计算（图38）。锭子顶部与喷嘴外罩间的纤维端是弯曲的。但由于作用于纤维上的离心力作用，可以假定纤维端 $f$ 有一定的径向取向，如图38所示。按此假设，作用于纤维上A点的力 $P_A$ 可以根据转杯纺中纺纱张力的公式计算，因为其受力条件与转杯纺相同，即纤维或纱线都受到离心力的作用<sup>[15]</sup>。纤维 $f$ 在A点所受的合力为：

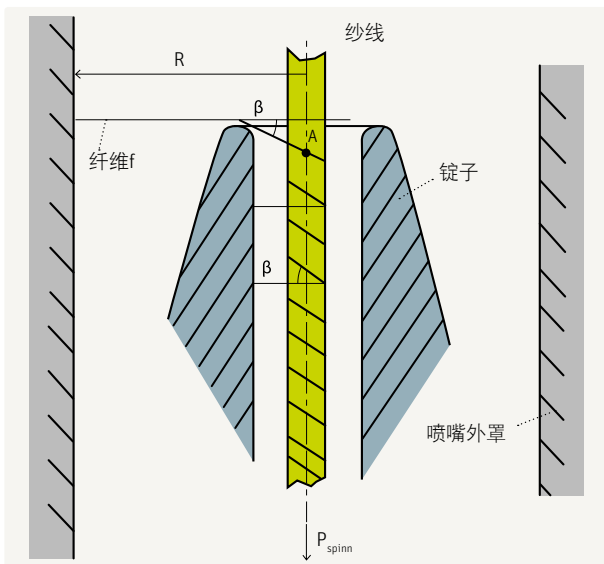


图38 纺纱张力的计算（立达）

$$P_A = \frac{1}{2} T_{\text{fiber}} \omega_f^2 R^2 e^{\mu\beta}$$

式中：

$T_{\text{fiber}}$  = 纤维支数（tex）  
 $\omega_f$  = 角速度（s<sup>-1</sup>）  
 $R$  = 纺纱外罩的半径（cm）  
 $\beta$  = 纤维倾斜角

由此可计算出纱轴方向上纤维所受到的力 $P_{Aa}$ ：

$$P_{Aa} = P_A \sin\beta$$

$$P_{Aa} = \frac{1}{2} T_{\text{fiber}} \omega_f^2 R^2 e^{\mu\beta} \sin\beta$$

为了得到纺纱张力，纤维所受到的轴向力必须乘以包缠纤维根数：

$$P_{\text{spinn}} = P_{Aa} n$$

最后得出：

$$P_{\text{spinn}} = \frac{1}{2} T_{\text{yarn}} W \omega_f^2 R^2 e^{\mu\beta} \sin\beta$$

式中：

$T_{\text{yarn}}$  = 纱线支数（tex）

$W$  = 包缠纤维比例， $0 < W < 1$

由此公式根据实际的纺纱数据计算得到的纺纱张力结果表明，张力值低于10 cN。此结果与实测纺纱张力值非常吻合，这意味着喷气纺中纺纱张力非常小，在5 - 15 cN之间，比环锭纺低得多。低张力对断头率有影响。与环锭纺不同的是，因喷气纺中纺纱张力很低，纱线断头大多不是发生在纱线的弱节，如果发生断头，大多是由于进入纺纱喷嘴中纤维流的不匀造成的，而此类不匀可能是由喂入须条的粗节、牵伸故障、纤维聚集及大的杂质等因素造成的。

## 2.7.6. 卷绕

卷绕系统必须能够满足喷气纺纱机高达450米/分的生产速度的要求。村田MVS喷气纺纱机上装有纺纱机常见的横动系统，与转杯纺纱机相同。但由于喷气纺纱机的输出速度至少是转杯纺的两倍，每面机器上的纺纱头数就受到了限制。因为纺纱头数的增多及卷绕速度的提高会大大增加横动系统中的质量力。村田MVS喷气纺纱机是单面机，最大纺纱头数是80。而立达J 10喷气纺纱机为双面机，开始投放市场的机型即为100头，而且纺纱头数还有增加的可能。由于采用单独驱动，最大纺纱头数不受卷绕系统的限制。喷气纺纱机每个纺纱位置都配有清纱器，可有效清除纱疵，因此其圆柱型或稍带锥形的纱线卷装在后道加工中可直接使用。

## 2.7.7. 自动化

喷气纺纱是高产工艺，因此喷气纺纱机是全自动机器。

自动化体现在以下功能中：

- 修复断头；
- 落满纱卷装；
- 插入空管并启动纺纱。

为了修复纱线断头，喷气纺纱机配有3个沿机器运动的机械手。发生纱线断头时，其中一个机械手从卷装上找到纱头，然后重新启动纺纱并将纱头与刚离开喷嘴的纱头重新并合在一起。捻接过程中所纺出的纱线存放在储纱装置中。与转杯纺相同，纱线断头修复不是通过接头方式完成的。

另有一个特殊的机械手在机器前运动，落满纱管，即将满纱管从卷装托持装置上取下、放在传送带上，并插上空管。

### 2.7.8. 纱线结构

如前所述，喷气纱为束纱（芯/皮）结构，事实上，喷气纱是由包缠纤维包束平行无捻的芯纤维构成的，包缠纤维对芯纤维加压，并藉此产生纤维间的摩擦力，以使纱线获得所需的强力。由于喷气纱中包缠纤维的比例可达纱线总重的15 - 30 %，芯纤维事实上完全被包缠纤维包覆，因此喷气纺纱看起来很像环锭纱之类的全加捻纱。

喷气纱的这种特殊结构自然会影响到纱线性能，这些性能主要由两个参数决定：

- 包缠纤维的比例，
- 包缠纤维的加捻程度。

包缠纤维的比例受纺纱牵伸及牵伸隔距L（图35）的影响，并且还随纱线支数的变化而变化。

纺纱牵伸为引纱罗拉速度与牵伸机构输出罗拉速度之比，此比值通常略低于1，说明引纱线速度略低于牵伸机构输出罗拉的速度。如果纺纱牵伸降低，则包缠纤维量增加。

L是牵伸机构输出罗拉钳口与锭子之间的距离。L增加，就有更多的纤维有机会从主纤维流中分离出来成为包缠纤维。

实践表明，纱支粗，包缠纤维量增加，但并不是随纱支变化而成比例增加。因此，当纱线变粗时，包缠纤维量趋向减少。细支纱包缠纤维的比例可达30 %，而粗支纱中包缠纤维的比例则降至15 %或更低。

对纱线性能具有重要影响的第二个工艺参数是包缠捻度，包缠捻度受到纺纱速度和压缩空气流速的影响。

对于给定的喷嘴条件，纤维层旋转的速度基本上是恒定的。因此，纱线输出速度提高必然导致包缠捻度的下降，图39所示的纺纱结果即说明了这一情况。

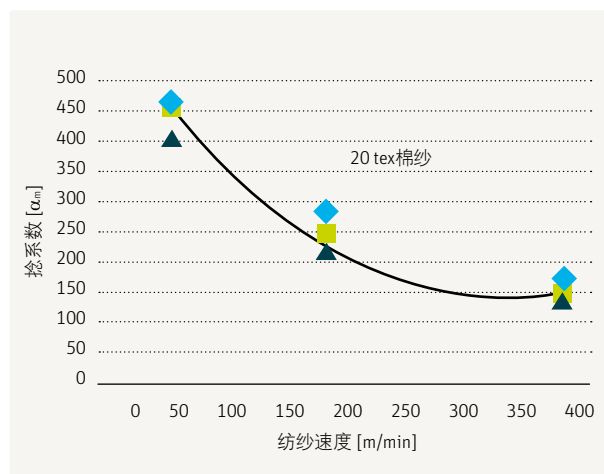


图39 纱线捻度与纺纱速度之间的关系（立达）

包缠捻度水平随压缩空气流速变化。流速主要取决于空气压力及气孔的横截面积，压缩空气压力升高，包缠捻度成比例增加（图40）；同样，气孔的横截面积大，包缠捻度高。

因此，在喷气纺中，准确控制包缠捻度相对来说比较容易。

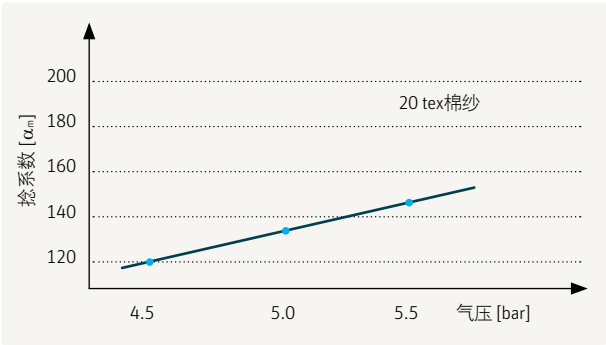


图40 纱线捻度与气压之间的关系（立达）

2.7.9. 纱线性能

本节主要介绍喷气纱的性能及这些性能的影响因素。

2.7.9.1. 纱线强力

纱线强力很大程度上取决于包缠捻度（图41）。为了得到理想的强力，包缠捻度应在140 - 160 $\alpha_m$ 之间，高于或低于这个范围，强力都会下降。因此，强力/包缠捻度之比曲线类似于环锭纱的强力/捻度曲线。为了得到理想的纱线强力，喷气纱所需捻度比环锭纱稍高。

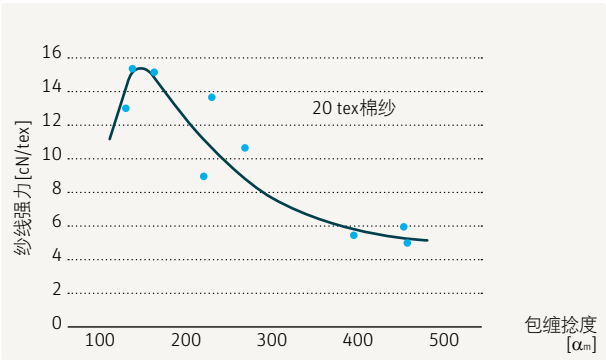


图41 纱线强力与捻度之间的关系（立达）

喷气纱的强力对包缠纤维比例的依赖度较小。实践证明，包缠纤维比例为15 %或更高时，纱线强力值较高。如果包缠纤维比例下降到15 %以下，纱线没有被包缠纤维完全包覆，纱轴就会弯曲成螺旋形，纱线强力就将降低。

在喷气纺产品中，纱线强力介于环锭纱和转杯纱之间，接近短纤维转杯纱和长纤维环锭纱的强力值（图42和43）。

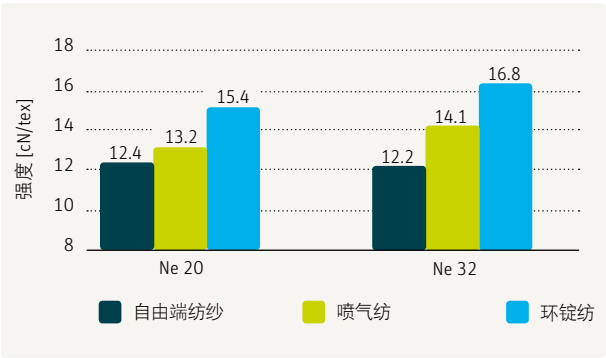


图42 100 %棉普梳纱强力比较（村田）

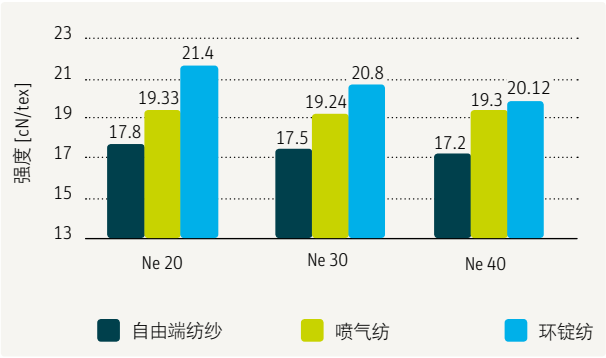


图43 50 %涤纶、50 %棉普梳纱强力比较（村田）

2.7.9.2. 纱线均匀度及粗细节

如2.7.4.节所述，牵伸机构非常重要，其工艺参数设置必须适合所加工的纤维原料。牵伸机构事实上是影响纱线均匀度的主要机件。喷气纱的均匀度好，可与环锭纱相媲美。

2.7.9.3. 棉结

喷气纱中的棉结数量与粗细节关联度不大，200 %棉结就是一个典型的例子。纺纱结果表明，有时包缠纤维或纤维束也可能被计为棉结。包缠捻度越高，发生这种情况的机率越大。



图44的纺纱结果表明，纺纱速度下降，即包缠捻度增加，棉结数量大幅提高。

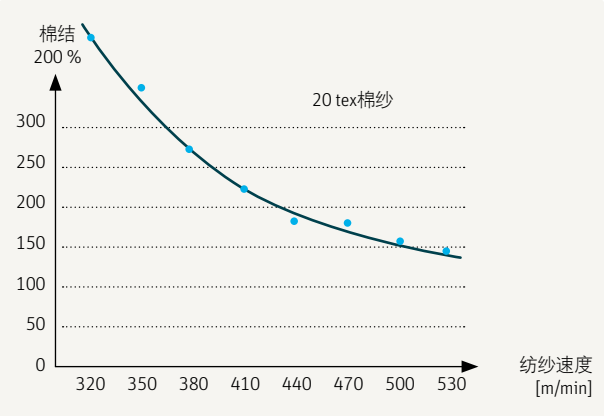


图44 棉结数与纺纱速度之间的关系（立达）

因此，棉结数也体现了纱线结构特点。即便如此，只要包缠捻度不是过高，喷气纱200 %的棉结数同环锭纱的棉结数是相似的。

2.7.9.4. 毛羽

喷气纱的毛羽比环锭纱的毛羽低很多（图45），尤其是长度在3 mm及以上的毛羽。毛羽低是由于喷气纱特殊的结构。芯纤维藏在纱中，不会伸到纱线表面，这就意味着芯纤维不会影响纱线毛羽。因此，毛羽只是由占纤维总量较小部分的包缠纤维形成的。

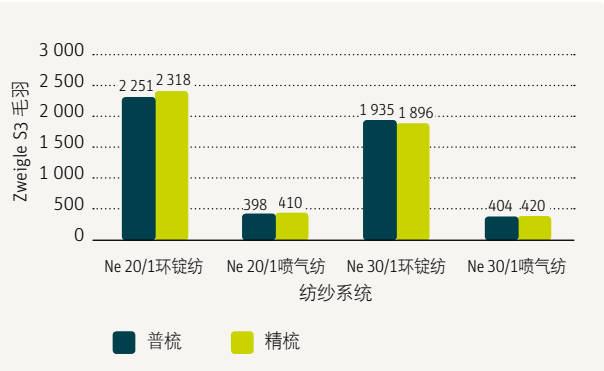


图45 Zweigle S3毛羽（村田）

与环锭纱相同，喷气纱的毛羽很大程度上取决于捻度。包缠捻度越高，毛羽越低，反之亦然（图46），因此，可以通过包缠捻度改善喷气纱的毛羽。

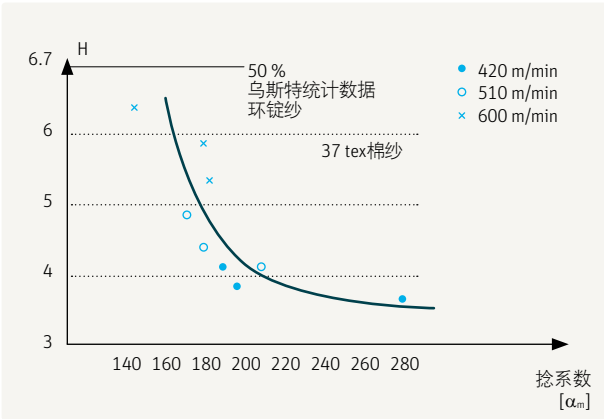


图46 乌斯特毛羽与包缠捻度之间的关系（立达）

2.7.9.5. 纱线的耐磨性

低毛羽对喷气纱的耐磨性具有积极影响。由Staff Test所测得的喷气纱的耐磨性明显比环锭纱要好。

2.7.10. 后道加工及最终产品

喷气纱在后道机织、针织加工中的性能都很好。一般来讲，其加工性能至少与环锭纱相当。在后道加工中，喷气纱稍低的纱线强力因以下方面的优良特性而得到弥补：

- 低毛羽，
- 耐磨性好，
- 纱疵少。

喷气纱中的长毛羽数量大大降低，这对喷气纱的加工，尤其是作为经纱特别有利。

喷气纱优良的耐磨性前面已经提到过，图47的纺纱结果进一步证实了这一点，这可大大降低机织和针织时产生的灰尘和飞花。

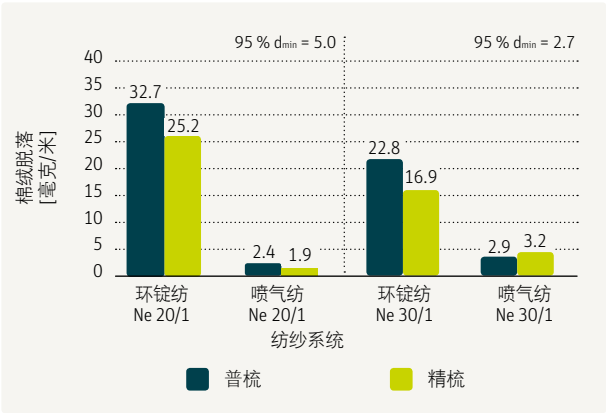


图47 棉绒脱落情况（村田）

喷气纱的大纱疵一般较少，这对纱线加工当然也是非常有利的。

由喷气纱制成的织物质量相当好，详见图48。与环锭纱织物相比，喷气纱织物的拉伸强力明显稍低，其它质量指标将在下文详细论述。

喷气纱织物的抗起球性相当好（图49），这在一定程度上与芯纤维完全被包覆有关。

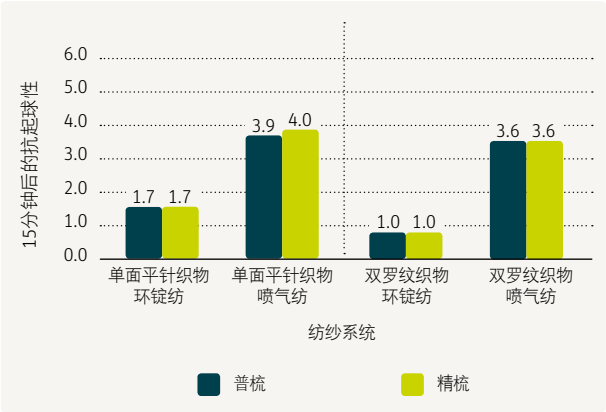


图49 15分钟后的抗起球性（村田）

喷气纱织物外观极佳。根据美国棉花公司（Cotton Incorporated）所做的试验，喷气纱织物整体上表面清晰、光泽度较好。

喷气纱织物的手感（柔软度）介于环锭纱织物和转杯纱织物之间。

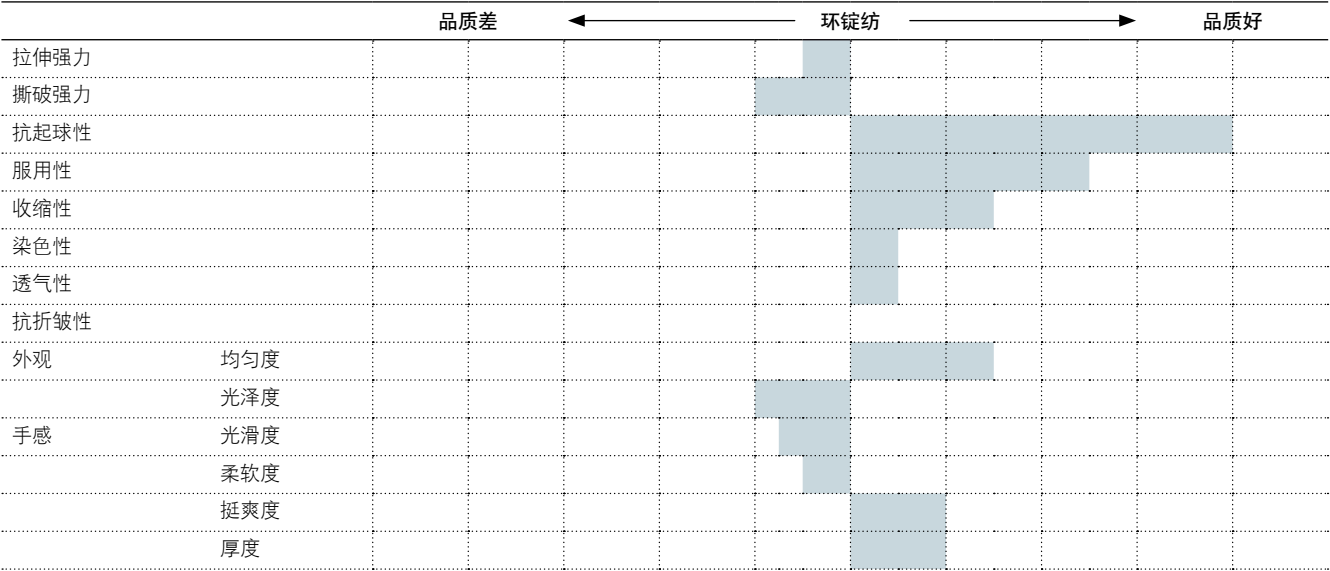


图48 喷气纱织物与环锭纱标准织物质量对比



由于其产品整体性能优良，喷气纺在可纺支数范围内（Ne 15 - 60）获得了广泛应用，喷气纺主要产品见图50。

喷气纱产品	
家用纺织品	服装
床单	厚实斜纹织物
毛巾	平针织物
窗帘	印花织物
盖被	工作服
床用织物	职业服装
桌布	军用服装

图50 喷气纺产品

2.7.11. 经济性

由于不同国家及不同纱厂之间的成本结构差异很大，很难对生产成本进行比较。为了评价喷气纺的经济性，最好采用主要的成本构成要素来进行比较。下面就以环锭纺做参考，讨论一下喷气纺的生产成本。

2.7.11.1. 人力成本

由于采用自动化且省去了粗纱机和络筒工序，喷气纺纱厂的人力成本大大降低（图51）。

2.7.11.2. 占地面积

与环锭纺纱厂相比，喷气纺纱厂所需场地极小，占地面积一般为传统纺纱厂的50 %左右。

2.7.11.3. 能耗

喷气纺的能耗绝大部分用在产生压缩空气上。但从另一方面讲，由于占地面积大大减小，纱厂空调能耗也得到降低。另外机器驱动所需能耗也较低。因此，喷气纺的总耗能大大低于环锭纺。

2.7.11.4. 损耗

喷气纺中的纤维损耗较多，损耗成本自然就较高。

下面通过几个成本计算的例子（图52、53、54），介绍一下整体成本情况，总成本中包括空调的能耗费用，但不包括空调设备的资本成本。图52对土耳其Ne 30（粘胶）纱的生产成本进行了比较，喷气纺的成本与转杯纺在同一水平，但比环锭纺低很多。图53比较了Ne 50（化纤）纱的生产成本，这种纱已超出了转杯纺的范围，但喷气纺的生产成本也同样比环锭纺低很多。图54所示为目前印度Ne 30（粘胶）纱的生产成本。令人惊讶的是，尽管印度的工资水平很低，喷气纺的生产成本仍然比环锭纺低很多。

总之，喷气纺是一种在经济性方面极具吸引力的纺纱工艺。

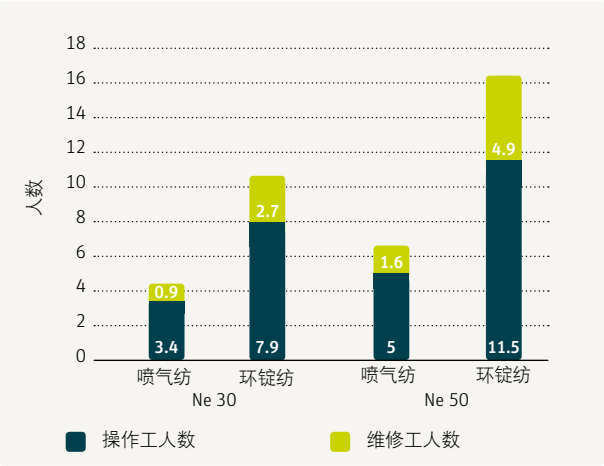


图51 人力成本节约（立达）

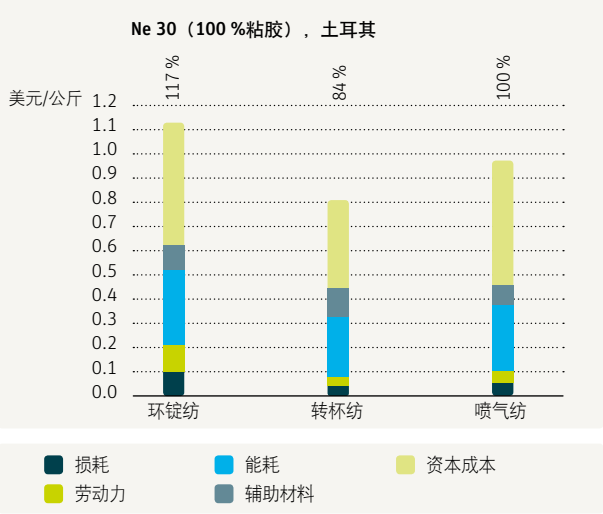


图52 纺纱成本比较 (立达)

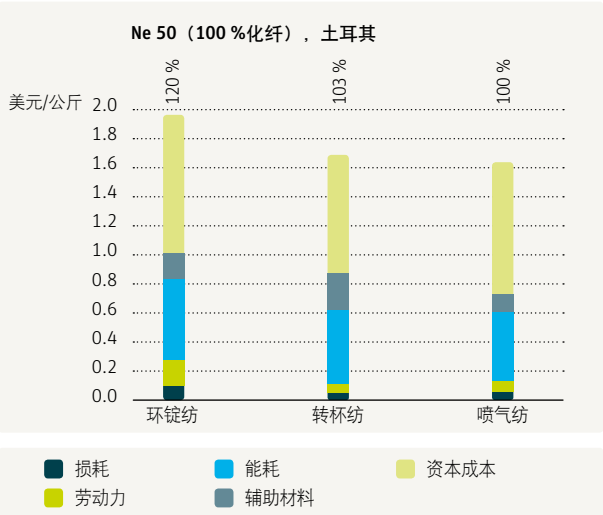


图53 纺纱成本比较 (立达)

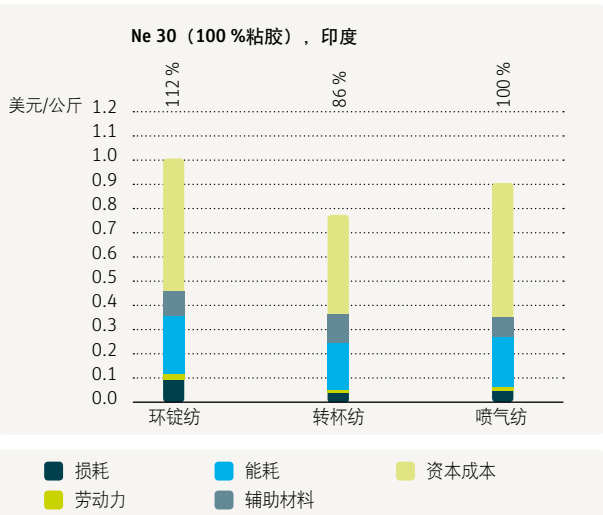


图54 纺纱成本比较 (立达)

2.7.12. 市场影响力

喷气纺是很新的纺纱系统，然而，截至2004年年中，全球范围内已交付使用的喷气纺设备已达32 000头（相当于600 000锭环锭纺），主要分布在包括欧洲在内的超过15个国家中。

2.7.13. 喷气纺纱系统比较

特点	村田MVS 861	立达喷气纺纱机J 10
机器设计	单面机器	每面独立驱动的双面机器
机器长度（单机头数）	达80	达100
纺纱头节距（mm）	215	260
输出速度（m/min）	高达450	高达450
自动化工序	3个捻接器（72-80纺纱头）+1-2个落纱装置	4个机械手
排气	向上，向下	向下
废纤维处理	自动	手工（可选：与自动系统相连）
条筒尺寸（mm）	在机器后	500 x 1 200（机下2排）或矩形条筒235 x 920 x 1 200

表1 a) 机器参数

特点	村田MVS 861	立达喷气纺纱机J 10
纱支（Ne/tex）	15 - 60 / 39 - 10	20 - 50 / 29.5 - 12
纤维长度（mm）	长度小于38	长度小于40
条子支数（ktex）	2.5 - 5	2 - 4.5
总牵伸（倍）	35 - 300	43 - 200（机械317）
卷绕形式	圆柱形，5°57'圆锥形	圆柱形
卷装直径（mm）	达300	达300
纱线接合类型	捻接	接头
清纱器	Muratec Spin清纱器（标准）	Uster Quantum清纱器

表1 b) 工艺参数和技术参数

[illegible]

• • • • •

.....

3. 结语与展望

3.1. 加工原理  
3.1.1. 工艺类型

	自由端纺纱			加捻纺 Sirospun / Duospun	自捻纺 Repco	包缠纺 Parafil	假捻纺		粘合纺 Twilo	喷气纺  村田MVS 立达J 10
	转杯纺	Dref-2000	Master Spinner				双喷嘴喷气纺	Dref-3000		
喂入原料类型：										
条子	•	•	•			•	•	•	•	•
粗纱				•	•					
喂入原料方式：										
单根条子	•		•			•	•	•	•	•
两根条子				•						
成组条子		•						•		
开松与牵伸装置：										
牵伸机构				•	•	•	•	•	•	•
分梳辊	•	•	•					•		
纤维引导：										
有引导				•	•	•	•	•	•	•
自由流动	•	•	•					•		
纤维（到纱条）方向：										
直线向前				•	•	•	•	•	•	•
直角		•						•		
切线向前	•									
切线向后			•							
凝纤装置：										
不需要				•	•	•	•		•	•
转杯	•									
尘笼		•	•					•		
加捻装置：										
气动式							•			•
机械式·转杯	•									
• 尘笼		•	•					•		
• 摩擦辊					•					
• 锭子				•		•				
卷装：										
管纱				•						
交叉卷绕筒子	•	•	•		•	•	•	•	•	•

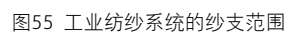
表2 各种纺纱方法的工艺比较

纺纱工艺	加捻能力/分钟	系统局限性	
		是否加捻	是否有牵伸及纤维输送
环锭纺	15 000 - 25 000	是	否
转杯纺	80 000 - 120 000	是	部分
双喷嘴喷气纺	150 000 - 250 000	否	是
喷气纺	250 000 - 400 000	否	是

### 3.2. 应用领域

工艺		短纤纺领域	精纺领域	粗支纱领域	回用纱领域
自由端纺纱:	转杯纺 Dref-2000	•		• •	• •
加捻纺:	Duo / Siro	(•)	•		
假捻纺:	双喷嘴喷气纺 Dref-3000	• •			
喷气纺		•			

### 3.2.2. 纱支范围



3.3. 纱线特性  
3.3.1. 纱线截面内的纤维根数

	最少根数	大多超过根数
精梳环锭纱	35	60
普梳环锭纱	80	100
自由端转杯纱	90	120
长丝包缠纱	40	50
双喷嘴喷气纱	80	100
喷气纱	80	100

表5 几种主要纱线的纱线截面所需纤维根数

3.3.2. 纱线性能特点

环锭纱	转杯纱	双喷嘴喷气纱 (假捻)	喷气纱
•拉伸强度高 •均匀度高 •毛羽值高 •刚度低 •极易扭结	•拉伸强度低于环锭纱 •均匀度非常高 •刚度高于环锭纱 •不易扭结	•强度高 •均匀度高 •不易扭结 •刚度高 •收缩率高	•强度高 •均匀度高 •毛羽值低 •刚度稍高于环锭纱 •耐磨性好

表6 几种主要纱线的性能特点<sup>[8]</sup>

3.3.3. 强力的差异

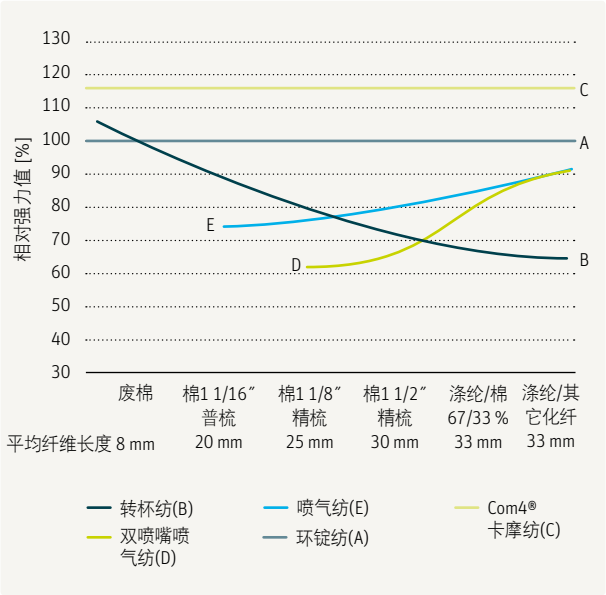


图56 几种主要纱线的相对强力值

3.4. 经济性比较  
3.4.1. 各种工艺的生产率

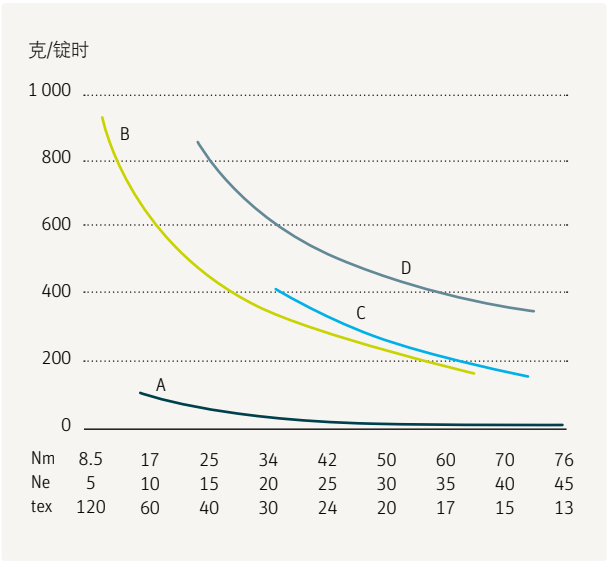


图57 不同纺纱方法的生产率<sup>[11]</sup>：  
A环锭纺，B转杯纺，C双喷嘴喷气纺，D喷气纺

### 3.5. 未来展望

目前及可预见的将来所使用的短纤维纺纱工艺包括

- 环锭纺
- 紧密纺
- 转杯纺
- 喷气纺

这些纺纱工艺在纱线结构、纱支范围、自动化程度、成本结构及最终产品外观等方面都具有明显不同的特点,相应地,各种工艺的优势和缺陷也各有不同。

这就使得不同的工艺分别适用于不同的特定领域。环锭纺以及重要性日益凸显的紧密纺以其简单性、通用性及纱线质量高等特点将长期保持优势地位。转杯纺肯定会继续在中、粗支纱领域展示其优势且保持其市场份额。喷气纺由于成本比环锭纺和转杯纺低,将在中支纱领域获得一定应用。

因此,将来每种工艺都将找到其特定的生产领域和纱线应用,这样就可以将现有每种工艺的特点发挥到极致,并可生产特制纱线。

进步永远不会停止，本书提到的各种纺纱工艺都将得到进一步的开发和完善，这样，纺纱厂就能更好地发挥这些工艺的优势，纺纱技术将一如既往地得到不断发展。



## 参考文献

- [1] Dr. H. Stalder  
New spinning processes and their possible applications and development potential  
Lecture presented at meeting at ETH, Zurich, Switzerland
- [2] J. Luenenschloss and K. J. Brockmanns  
Melliand Textilberichte., 1982, 63,175, 261
- [3] C. A. Lawrence and R. K. Jiang.  
Text. Horiz., 1986, 6, No. 10, 40;  
Melliand Textilberichte, 1987, 68, 83 (E36)
- [4] W. Klein  
Chemiefasern/Textilindustrie, 1983, 33/85, 248;  
Textil-Praxis, 1983, 38, 205 (No. 3, X)
- [5] J. Fischer  
Textil-Praxis, 1985, 40, 1061 (No. 10, II)
- [6] T. H. M. Terwee  
Chemiefasern,Textilindustrie,  
1979, 29/81, 736 (E108)
- [7] Dr. H. Stalder  
Textil-Praxis, 1983, 38, 208 (No. 3, XII)
- [8] J. Luenenschloss and K. J. Brockmanns.  
International Textile Bulletin, Yarn Forming,  
1985, 31, No. 3, 29
- [9] L. Schoeller. "Experience with friction spinning"  
Reutlinger OE-Kolloquium, 1985
- [10] H. W. Krause.  
J. Text. Inst., 1985, 76, 185
- [11] R. J. Gilmartin  
Textile Month, 1987, June, 33
- [12] P. Artzt, H. Dallman, and K. Ziegler  
Chemiefasern/ Textilindustrie,  
1985, 35/87, 876 (E104)
- [13] F. W. Schneiter  
Technology Course  
Maschinenfabrik Rieter AG, Winterthur, Switzerland
- [14] M. Frey and P. Toggweiler  
Technology Handbook of Rotor Spinning  
Maschinenfabrik Rieter AG, Winterthur, Switzerland
- [15] Dr. H. Stalder  
Will rotor spinning supplement a replace the conventional process  
Annual Conference of The Textile Institute, 1972

• • • • •

• • • • •

## 图表目录

表1 各种新型纺纱工艺的主要特点简介	12	图36 喷嘴部分 (立达J10)	42
图1 自由端纱的形成	15	图37 牵伸机构 (村田MVS)	43
图2 静电纺原理	15	图38 纺纱张力的计算 (立达)	44
图3 空气涡流纺原理	17	图39 纱线捻度与纺纱速度之间的关系 (立达)	45
图4 摩擦纺原理	17	图40 纱线捻度与气压之间的关系 (立达)	46
图5 摩擦纺中纤维流的方向	18	图41 纱线强力与捻度之间的关系 (立达)	46
图6 摩擦纺尘笼楔形区内的细支纱和粗支纱	19	图42 100 %棉普梳纱强力比较 (村田)	46
图7 Dref-2000纺纱系统	20	图43 50 %涤纶、50 %棉普梳纱强力比较 (村田)	46
图8 Masterspinner摩擦纺纱机	21	图44 棉结数与纺纱速度之间的关系 (立达)	47
图9 Masterspinner纺纱原理	21	图45 Zweigle S3毛羽 (村田)	47
图10 转盘纺纱原理	22	图46 乌斯特毛羽与包缠捻度之间的关系 (立达)	47
图11 加捻纱的形成	23	图47 棉绒脱落情况 (村田)	48
图12 加捻纺纱工艺	23	图48 喷气纱织物与环锭纱标准织物质量对比	48
图13 纤维须条的来回摩擦	24	图49 15分钟后的抗起球性 (村田)	48
图14 将已经过摩擦加强的两根纤维须条结合在一起	24	图50 喷气纺产品	49
图15 通过相位差将两股纤维结合在一起	25	图51 人力成本节约 (立达)	49
图16 Repco双股线的加捻结构	25	图52 纺纱成本比较 (立达)	50
图17 Repco纺纱机	26	图53 纺纱成本比较 (立达)	50
图18 包缠纺纱原理	27	图54 纺纱成本比较 (立达)	50
图19 包缠纱	27	表1 a) 机器参数	51
图20 绪森包缠纺工艺 (Parafil) 中的假捻装置	28	表1 b) 工艺参数和技术参数	51
图21 Twilo 纺纱原理	29	表2 各种纺纱方法的工艺比较	53
图22 Twilo 纺纱机	30	表3 主要纺纱系统的加捻能力及局限性比较 <sup>[1]</sup>	54
图23 Bobtex纱	31	表4 主要纺纱工艺的应用领域	54
图24 Bobtex纺纱原理	31	图55 工业纺纱系统的纱支范围	54
图25 假捻原理	32	表5 几种主要纱线的纱线截面所需纤维根数	55
图26 通过假捻纺纱	32	表6 几种主要纱线的性能特点 <sup>[8]</sup>	55
图27 假捻纱 (束纱)	33	图56 几种主要纱线的相对强力值	55
图28 双喷嘴喷气纺原理 (村田MJS)	34	图57 不同纺纱方法的生产率 <sup>[11]</sup>	55
图29 运动纤维须条的捻度分布	35		
图30 Dref-3000纺纱原理	37		
图31 Dref-3000的纺纱机构	37		
图32 PLYfil纺纱系统	39		
图33 纱线相对强力	40		
图34 a) 村田 (MVS) 喷气纺纱原理	41		
图34 b) 立达 (J10) 喷气纺纱原理	41		
图35 由罗拉送出纤维 (村田MVS)	42		

# 立达纺纱手册

## 第6册－其它纺纱系统

其它纺纱系统生产的纱线及最终产品的质量在一定程度上不同于环锭纺的标准。为了充分利用其它纺纱系统的优势，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。

**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。

1926-v3 zh 1611

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

ISBN 10 3-9523173-6-5

ISBN 13 978-3-9523173-6-5



9 783952 317365