



立达纺纱手册

第5册 – 转杯纺纱

Heinz Ernst

出版

Rieter Machine Works Ltd.

版权所有

©2016 by Rieter Machine Works Ltd.,
Klosterstrasse 20, CH-8406 Winterthur,
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

转杯纺纱机R 60

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5册 - 转杯纺纱

Heinz Ernst

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》的第五册论述转杯纺纱系统的技术和工艺。在过去四十年中，整个纺织行业都在积极寻求新的、更经济的纺纱系统。转杯纺就是这方面的重要成就之一，于上世纪七十年代初投放市场，截至2007年年底，全球已有约800万头转杯纺（相当于约4 800万环锭纺纱锭）处于运转当中，占有相当大的纺纱市场份额。

转杯纺成功的一个重要驱动力就是其突出的经济性。转杯纺纱技术能够建立加工成本的新基准，这一点从一开始就非常明显。这种新技术很快就占领了粗支纱领域，尤其是在那些劳动力成本上升成为纺纱行业基本问题的市场中。之后，当整个转杯纺工艺流程都可以实现自动化后，这种优势就变得越发明显，并使劳动力成本成为一个小小问题。如今，转杯纺工艺代表着一种成熟的纺纱方法，可以加工各种原料，在短纤维纺纱领域及在单位能耗方面具有其它纺纱系统无可比拟的优势。

因而，转杯纺系统生产的纱线及其最终产品的质量在一定程度上不同于环锭纺的质量标准。为了充分利用转杯纺这种新工艺的优点，必须对其透彻了解，本册就是为了有助于实现这一目标而编写的。

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》中进行论述，特别是分梳辊牵伸和转杯纺成纱过程等内容。

本册的作者Heinz Ernst以前是立达公司员工，最近刚从立达英格尔施塔特公司退休，在该公司他负责转杯纺产品管理工作。作为纺织工艺专家，Heinz Ernst过去还经常在世界各地的研讨会上发表演讲。Heinz Ernst具有多年丰富的实践经验和很高的声望。

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《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。

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

1. 转杯纺工艺的重要性	11	3.1.2. 自动接头	48
1.1. 历史背景	11	3.1.2.1. 断头和质量停车后的自动接头	49
1.2. 转杯纺的发展及现状	11	3.1.2.2. 落筒换管后的自动接头	49
1.3. 转杯纺的潜力	14	3.1.2.3. 接头速度与接头质量	52
1.3.1. 转杯纺的工艺潜力	14	3.1.3. 人工操作机器上的半自动接头系统	53
1.3.2. 转杯纺的经济性潜力	14	3.1.4. 自动落筒换管	54
1.4. 转杯纺纱原理	14	3.1.4.1. 落筒换管和在空管上启动纺	
1.5. 转杯纺纱机的性能参数	15	纱一步完成(集成自动化)	54
1.5.1. 工艺参数设置	15	3.1.4.2. 落筒换管和采用带底纱筒管	
1.5.2. 与产量有关的参数设置	15	启动纺纱通过两步操作完成	54
1.5.3. 机器参数	15	3.1.4.3. 留纱尾	54
2. 机器与工艺	17	3.1.5. 批次改变	55
2.1. 转杯纺纱机的结构	17	3.1.5.1. 个别纺纱锭位上的批次改变	55
2.2. 转杯纺纱机的工作原理	18	3.1.5.2. 机器一面的批次改变	55
2.3. 纺纱器	20	3.1.5.3. 整合机器上的批次改变	55
2.3.1. 条子喂入	20	3.1.6. 空管供应	55
2.3.2. 分梳机构	21	3.1.7. 更换条筒之后的自动条子接头	55
2.3.3. 除杂	22	3.2. 转杯纺纱厂中的运输自动化	56
2.3.4. 纤维输送至转杯	23	3.2.1. 条筒规格对自动换筒的重要性	56
2.3.5. 纤维输送至转杯的纤维凝聚槽	24	3.2.2. 并条机和转杯纺纱机之间的条筒运输	57
2.3.6. 成纱和加捻	25	3.2.3. 转杯纺纱机和随后区域之间的筒子运输	58
2.3.7. 转杯速度和转杯直径	26	4. 应用工程	61
2.3.8. 转杯清洁	27	4.1. 原料选择	61
2.3.9. 转杯轴承和传动	28	4.2. 纤维性能	63
2.3.10. 纱线的引出	32	4.2.1. 纤维支数	64
2.4. 筒子的形成	32	4.2.2. 纤维长度	65
2.4.1. 卷绕、停车装置和质量控制	33	4.2.3. 纤维强度和纤维伸长率	67
2.4.2. 卷绕张力的补偿	33	4.3. 原料准备	67
2.4.3. 卷绕螺旋角和输出速度	35	4.3.1. 原棉中的有害物质	68
2.4.4. 防叠装置	36	4.3.1.1. 有机和无机杂质	68
2.4.5. 筒子肩部的边缘位移	36	4.3.1.2. 废纱	68
2.4.6. 长度测量	36	4.3.1.3. 石英砂和矿物尘杂	68
2.4.7. 纱线上蜡装置	37	4.3.1.4. 糖分	68
2.5. 传动装置	37	4.3.2. 加工化学纤维的工艺问题	68
2.6. 吸风系统	39	4.3.2.1. 纺丝油剂(化学纤维)	69
2.6.1. 机器的吸风系统	39	4.3.2.2. 消光剂(化学纤维)	69
2.6.2. 机械手的吸风系统	40	4.3.3. 加工阶段	69
2.7. 操作和控制	40	4.3.3.1. 开清棉	69
2.8. 质量控制系统	40	4.3.3.2. 梳棉	69
2.8.1. 作为转杯纺纱机整体组成部分的质量控制系统	41	4.3.3.3. 并条机	70
2.8.2. 检测方法比较	42	4.3.3.4. 精梳	71
2.9. 生产监控	42	4.4. 纺纱部件的应用范围	71
3. 机器和运输自动化	45	4.4.1. 分梳辊的应用范围	72
3.1. 转杯纺中的机器自动化	45	4.4.2. 转杯的应用范围	73
3.1.1. 操作机械手的应用选择	46		
3.1.1.1. 配备一个操作机械手的机器	46		
3.1.1.2. 配备两个操作机械手的机器	46		
3.1.1.3. 配备三个操作机械手的机器	48		
3.1.1.4. 配备四个操作机械手的机器	48		

4.4.3. 假捻盘和引纱管的应用范围	76
4.4.3.1. 假捻盘	76
4.4.3.2. 带和不带陶瓷插件 (TWISTstop) 的引纱管	78
4.5. 生产花式纱的部件	79
4.6. 牵伸倍数和纱线捻度的选择和影响	79
4.6.1. 牵伸	79
4.6.2. 纱线捻度和捻系数	80
4.7. 主要转杯纱的纱线参数和机器参数	82
4.8. 纺纱厂中的环境条件	84
4.9. 后道加工和最终产品	84
4.9.1. 加工性能	84
4.9.2. 转杯纱织物	85
4.9.2.1. 床单	86
4.9.2.2. 金刚砂布底布	86
4.9.2.3. 牛仔布	86
4.9.2.4. 法兰绒织物/斜纹绒床单	86
4.9.2.5. 毛圈织物	87
4.9.2.6. 针织物/T恤衫	87
4.9.2.7. 运动装/休闲服	87
4.9.3. 后整理	87
5. 纺纱工艺	89
5.1. 纱线形成	89
5.1.1. 转杯内的纤维流	89
5.1.2. 转杯凝聚槽内的纤维凝聚 (后并)	89
5.1.3. 加捻和纱线形成	90
5.2. 真捻和假捻	92
5.3. 包缠纤维	94
5.4. 纱线结构和纺织物理性能	94
5.4.1. 与支数有关的纱线强度 (cN/tex)	95
5.4.2. 断裂伸长率 (%)	95
5.4.3. 纱线毛羽	96
5.4.4. 纱线不匀率 (CVm%)	96
5.4.5. 常发性纱疵 (细节、粗节、棉结)	97
6. 转杯纺的经济性	99
6.1. 同类转杯纱与环锭纱的成本结构	99
6.2. 运输和维护方面的优势带来的人工成本节约	103
6.3. 后道加工中的人工成本节约	104
参考文献	105
图表目录	107

1. 转杯纺工艺的重要性

1.1. 历史背景

转杯纺自推出之始就具有环锭纺所无可比拟的高产潜能。随着转杯转速和卷绕速度的不断提高，这种潜能也得到不断提高。因而，与环锭纱相比，转杯纱的生产成本更低，并成功地应用于各种适用的应用范围。转杯纺在一台机器上结合了两个加工阶段——细纱和络筒，因而能直接生产适于销售的交叉卷绕卷装，而不用首先卷绕成小的细纱管纱。转杯纺设备配备集成纱线监测系统及每个纺纱位置处的纱线上蜡装置，可免除随后的再卷绕加工。由于转杯纺系统可以直接加工生条（梳棉条子）或熟条（并条条子），环锭纺中所必需的粗纱工序也被省去。

最后且重要的一点是，在转杯纺纱机上实现操作功能自动化要比环锭纺纱机容易得多，转杯纺系统已从这一事实中受益。现在，高性能转杯纺纱机所有操作功能的自动化已经成为标准。在许多纺织厂中，条筒和卷装自动运输已经成为转杯纺系统的基本特征。

这种工艺方面的挑战，不仅在转杯纺推出之时，而且在此后也一直将转杯纱的评价标准从环锭纱的结构特征中分别开来。转杯纱大量应用于机织牛仔布和针织物，这表明了其在某些重要的最终产品领域的成功应用。转杯纱的应用范围还在进一步拓展当中，这种发展一方面通过有选择地改进纱线性能，另一方面通过不断提高纺纱稳定性来实现。

转杯纺系统的基本特征是将纤维条子开松与纱线形成这两个功能阶段分开，纱线加捻和卷绕分别进行。为了实现这种特征，纤维束必须至少在一点被断开。这发生在将熟条或生条开松成单纤维的阶段与随后在转杯纺系统的加捻装置（转杯凝聚槽）内把这些纤维结合在一起的阶段之间。由于单纤维被分梳辊从紧密的纤维束中分离出来并向转杯凝聚槽输送，并且只在转杯凝聚槽中再次结合在一起，因而我们可以将其归为自由端纺纱。

1.2. 转杯纺的发展及现状

采用转杯纺工艺生产纱线的想法已经出现很长时间：

- 早在1937年，转杯纺专利就已被提出（Berthelsen的基本转杯专利）。
- 然而，直到1951年，不莱梅Spinnbau公司的J. Meimberg才首次提出实用的设计，但因其性能不能令人满意，机器的进一步开发被中断。
- 20世纪60年代，这个想法在捷克斯洛伐克被再次采用，并于1965年在布尔诺展会上展出了第一台真正适用于工业化生产的机器。随后，在1967年举行的与当年的ITMA相当的一个展会上展出了BD 200型转杯纺纱机。当年转杯纺工艺在纺纱厂实现了工业化应用。
- 20世纪70年代初，立达、Schubert&Salzer及Platt公司组成了合作团体，共同开发转杯纺工艺，并在1971年的ITMA展会上推出了转杯纺各个发展阶段的机器原型。

在接下来的几年中，研究人员在转杯纺工艺和经济潜力开发方面进行了大量研究，系统性研发主要集中在以下几个方面：

- 充分扩大转杯纱的支数范围，特别注意纱线质量；
- 优化转杯纱的服用性能，如改善转杯纱最终产品的手感；
- 考虑到后道加工阶段性能的快速提高，改善纱线的纺织物理性能。

不断进行的研究和开发改进了纺纱部件和纺纱条件，使得如今已经很难将转杯纱和环锭纱区分开来。

转杯纺纱机本身已不再只是传统意义上的纺纱机器，而是将条子纺成纱线的高产、计算机化的复杂系统。

转杯纺在经济性方面的改进比其工艺上的进步更引人注目。例如，自20世纪60年代推出转杯纺以来，转杯转速已从最初的约30 000 r/min的水平增加到目前的160 000 r/min的实际生产转速（图1）。如今（2005年），转杯转速达到170 000 r/min在技术上已没有任何难度，转杯纺单头产量已达到环锭纺单锭产量的5到10倍。在工资水平较高的国家，纺60英支以下的纱线时，转杯纺比环锭纺的经济性更高。

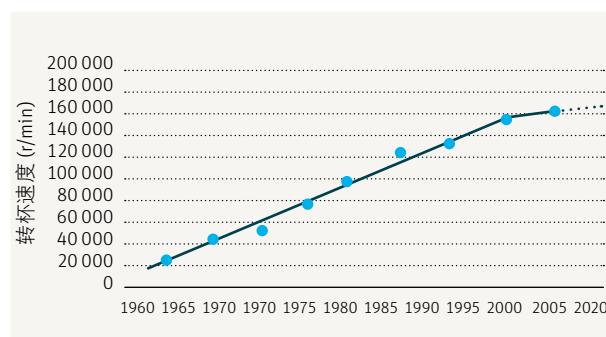


图1 自转杯纺系统投产以来可达到的转杯速度的发展

近年来，转杯纺在全球的安装总量超过800万头（图2），使得转杯纱产量占到了短纤维纱产量的20%左右。在一些国家（如美国、德国），转杯纱的比例已占纱线总产量的50%左右。通过时装面料和纺织应用方面的开发，以及纺纱机器制造方面的发展，转杯纱的应用范围得到进一步扩大和重新定位。喷气纱已能获得一

定的市场份额，但目前主要是在美国市场有所应用。尽管喷气纺方面的研发力度已得到加强，但其在加工纯棉方面的局限性阻碍了它的广泛应用。

近年来，自动化转杯纺纱机在全球的市场份额约为35%，这一数字受到中国安装的大量非自动转杯纺纱机的影响。在世界其它地区，自动化转杯纺纱机



图2 2007年全球安装的转杯总量（共800多万头），数据来源于ITMF（见参考文献）

所占的比例要高得多。例如，图3给出了土耳其的情况。在最近十年中，土耳其是转杯纺的大投资国。在自动化转杯纺纱机推出后不久，土耳其转杯纺的比例在短短的几年内就增加了超过80%。

如今，转杯纺系统在并条机和转杯纺纱机之间可以采用条筒自动运输，从转杯纺纱机到成品库或直接到后道工序之间可以采用筒子自动运输，这对提高转杯纺的经济性具有重要贡献。

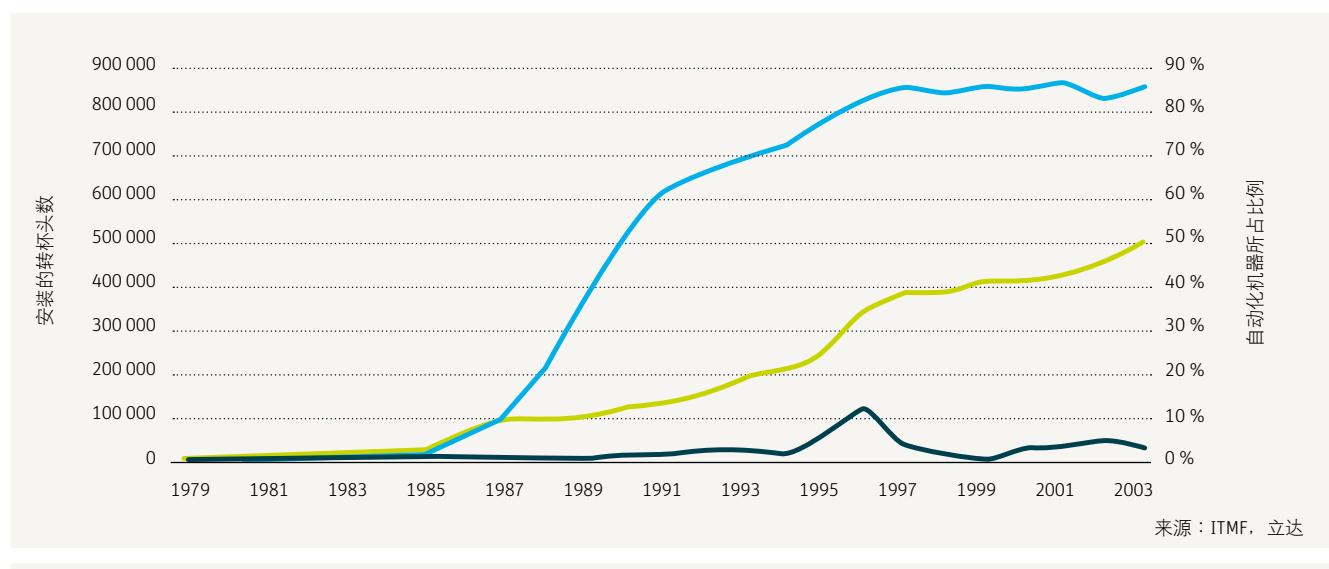


图3 土耳其1979到2003年间所安装的转杯头数及自动化机器所占比例和转杯纺方面的新增投资

转杯纺工艺可以加工60 mm (2.25吋) 以下的纤维，涵盖整个传统棉型短纤维范围。然而，各机器制造商 (Schubert&Salzer、Duesberg Busson) 开发的采用较大转杯加工较长纤维的转杯纺纱机却难以获得市场认可。图4给出了转杯纱在短纤维范围内的纱支分布情况。转杯纱的纱支范围主要在6英支到40英支之间，但也涵盖3英支到60英支的整个范围，尽管6英支和40英支之外的纱线产量较小。

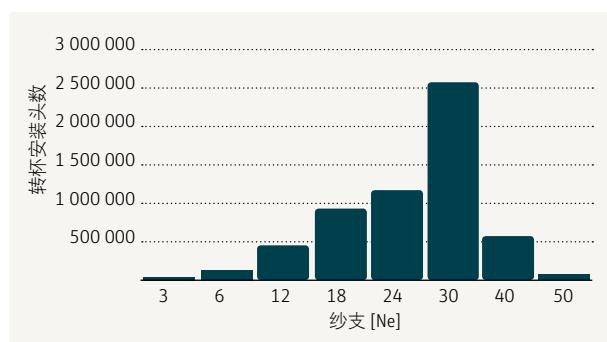


图4 不同纱支的全球转杯安装总量 (ITMF)

棉纤维是转杯纺纱机加工的主要纤维，约占纱线总产量的55%，但几乎所有短纤维纺纱原料都可以在转杯纺纱机上进行纯纺或混纺。除棉纤维外，涤纶纤维 (PES) 的加工已经发展成为转杯纱的重要应用领域。全球每年约有3%的纤维消费增长将主要产生于涤纶纤维。

粘胶、莫代尔、腈纶及它们之间的混纺也在纱线产量中占有稳定比例。然而，这些纤维及一系列其它天然和化学纤维的加工通常更多地受到时尚的影响，因而其份额随地区和季节产生很大波动。在某些应用中，转杯纺的另一个经济性潜力来自于对纺纱厂下脚纤维（次等原料）的利用，而以前是不可能采用这种原料的。

自转杯纺系统推出以来，转杯纱已经牢固地确立了其在机织物和针织物应用领域的地位。与环锭纱相比，在很多情况下将转杯纱加工成最终产品的加工性能具有很多优势，最终产品质量更高。首先，转杯纱可以成功地应用于转杯纱特性符合最终产品要求的领域。图5给出了按照纱支细分的应用转杯纱的主要最终产品。该图表明，在服装领域转杯纱主要应用于生产牛仔服、裤子、运动服、休闲服、衬衫、上衣面料和内衣，而在家纺领域转杯纱主要应用于毛巾产品和室内装饰织物。其它值得一提的应用转杯纱的最终产品包括服装领域的袜子和毛衫，家纺领域的床单和室内装饰织物，以及产业用纺织品领域的金刚砂布、遮篷布和卷帘用纺织基材。

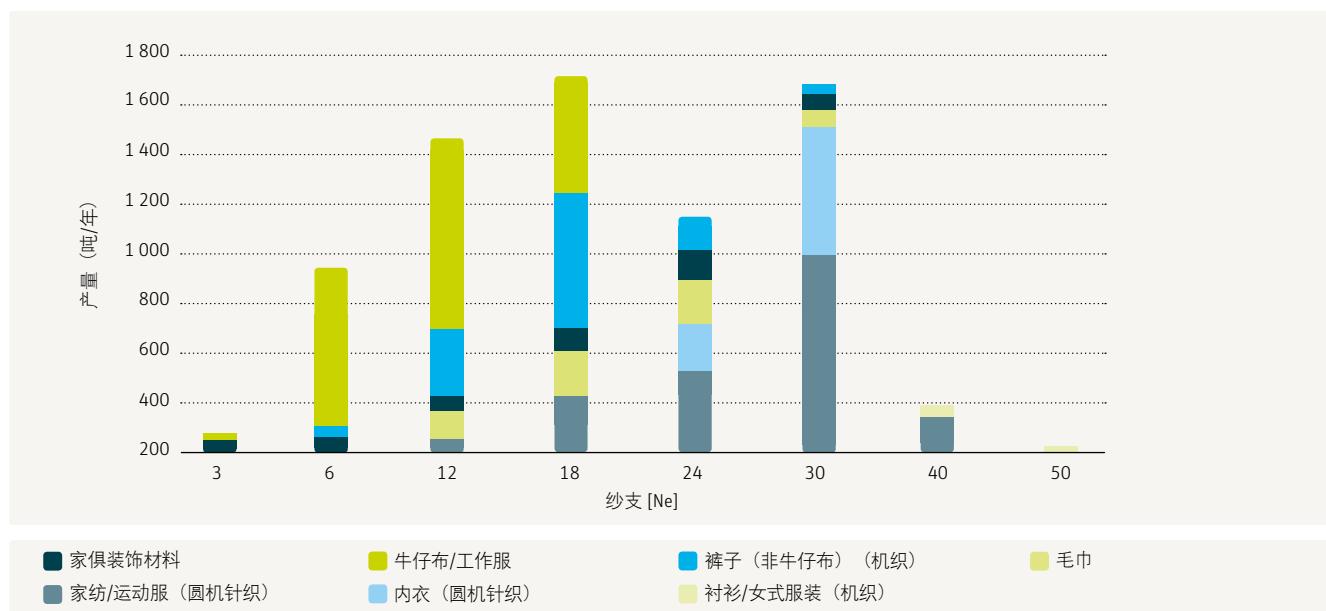


图5 不同纱支的转杯纱最终产品的全球年产量 (吨)

1.3. 转杯纺的潜力

在近几十年开发的众多纺纱工艺中，如包博集聚纺纱（Bobtex）、雷普科纺纱（Repco）、脱维罗法纺纱（Twilo）、摩擦纺、喷气纺和包缠纺等，只有转杯纺和喷气纺（持保留态度）已经成功地打开了市场。从本质上讲，转杯纺的工艺性能和经济性潜力是这种纺纱工艺取得成功的决定性因素。

1.3.1. 转杯纺的工艺潜力

- 转杯纺是一种稳定的纺纱工艺，即在正常纺纱条件下可以无故障运行，运行情况或纱线质量没有变化。
- 采用标准的纺纱设备和设置，转杯纺工艺具有可重现性，并可推广到大量纺纱锭位。因而在一台机器或一组机器的各纺纱锭位间，可使纱线质量一致性得到长期和充分的保证。
- 转杯纺是真正的自由端纺纱工艺，即给纱线加上的是真捻，这使转杯纱在纱线结构及应用方面可以与环锭纱相媲美（转杯纱与环锭纱在纺纱原理方面的差异将在后续章节中详细论述）。因而，与环锭纱相比，转杯纱从一开始就具有更广阔的应用范围。
- 通常，转杯纺可以喂入一般品质的普通熟条进行生产，而不需要其它纺纱工艺有时所必需的特殊准备工序（如喷气纺）。
- 对于采用相对简单并耐用的纺纱部件来达到工艺要求的纺纱运转来说，转杯纺是最恰当的纺纱方法。
- 转杯纺工艺对纺纱厂的温度、湿度和空调等环境条件没有特殊要求，实际上转杯纺对这些条件的要求不如环锭纺或喷气纺那么苛刻。

1.3.2. 转杯纺的经济性潜力

转杯纺的经济性优势很快就表现出来，而且随着转杯纺工艺的发展，其经济性也越来越高，盈亏平衡点也进一步向纱支更细的方向移动，以下几个方面对经济性具有决定性影响：

- 转杯纺是第一种采用熟条喂入、只用一个工序就能生产出可用于后道加工或销售的交叉卷绕筒子的纺纱工艺，可省去粗纱和络筒工序，因此从一开始纱厂就有使用这种工艺的强大动因，尽管转杯纺设备的单头投资成本要比环锭纺设备的单锭投资成本高。
- 就每公斤转杯纱的生产成本而言，直接人工成本所占比例低于资本成本和能耗成本。
- 转杯纺运转效率非常高，远高于环锭纺。在纱厂实际生产中，机器效率可高达99%。转杯纺纱机无需像环锭纺纱机那样停止机器以落下卷装。
- 在许多情况下，转杯纱在织造厂和针织厂后道加工中的优势产生于交叉卷绕筒子所具有的更长无疵点运行长度，即后道加工中的故障和停车更少。
- 最后且同样重要的一点是，与环锭纺相比，转杯纺不仅产量要高得多，而且在灰尘和噪音排放方面的环境友好性也更佳。

1.4. 转杯纺纱原理

在短纤维纺纱厂中，转杯纺纱机的基本工艺步骤与其它机器不同，其基本作用包括：

- 条子喂给：生条或熟条经喇叭口，通过喂给罗拉和喂给板的握持输送至高速回转的分梳辊。
- 条子开松：表面有锯齿的分梳辊高速回转，把喂给板和喂给罗拉之间握持的条子分解成单纤维。纤维离开高速回转的分梳辊后，喂入到纤维输送通道内。
- 纤维输送到转杯：纤维在某一点依靠离心力和转杯内负压气流吸力的作用脱离分梳辊表面，并通过纤维输送通道被送到转杯内壁斜面。
- 纤维在转杯凝聚槽中的凝聚：纤维在高速回转的转杯的离心力作用下，从转杯内壁斜面滑向凝聚槽内，并在此凝聚成纤维环。
- 成纱：当引纱纱尾经假捻盘引入转杯凝聚槽时，受到假捻盘外转杯回转的加捻作用，加捻作用继续延伸到转杯内的纱条上。纱尾围绕自身轴线转动并不断将转杯凝聚槽内积聚的纤维捻入。假捻盘对加捻具有辅助作用，即起着阻捻元件的作用。

- 纱线引出和卷绕：转杯内形成的纱线通过假捻盘和引纱管由引纱罗拉不断引出，并卷绕成交叉卷绕筒子。在引纱和卷绕之间，有几个传感器监测纱线运动及纱线质量，并在超过预先设定值时启动清纱动作。

1.5. 转杯纺纱机的性能参数

1.5.1. 工艺参数设置

纤维长度	60 mm以下的天然纤维和化学纤维
条子定量	Nm 0.14 - 0.40; Ne 0.08 - 0.24; 7.0 - 2.5 ktex
纱支范围	Nm 5 - 100; Ne 3 - 60; 200 - 10 tex
牵伸范围	40 - 400倍
捻度范围	196 - 1 500捻/米；5 - 38捻/吋
卷绕螺旋角	可在30°至40°之间调节，调节间隔为1°

1.5.2. 与产量有关的参数设置

转杯转速	35 000 - 160 000 r/min
分梳辊速度	6 000 - 10 000 r/min
引纱速度, 圆柱形筒子	达350 m/min (240头) 达270 m/min (500头)
引纱速度, 圆锥形筒子	达260 m/min (500头)
筒纱尺寸, 圆柱形筒子	达6公斤或直径350 mm
筒纱尺寸, 圆锥形筒子	直径达270 mm

1.5.3. 机器参数

转杯总头数	达500头
每节头数	20或24头，取决于机器制造商
节数	达25节（采用20头/节） 达20节（采用24头/节）
机械手数量	达4个

2. 机器与工艺

2.1. 转杯纺纱机的结构

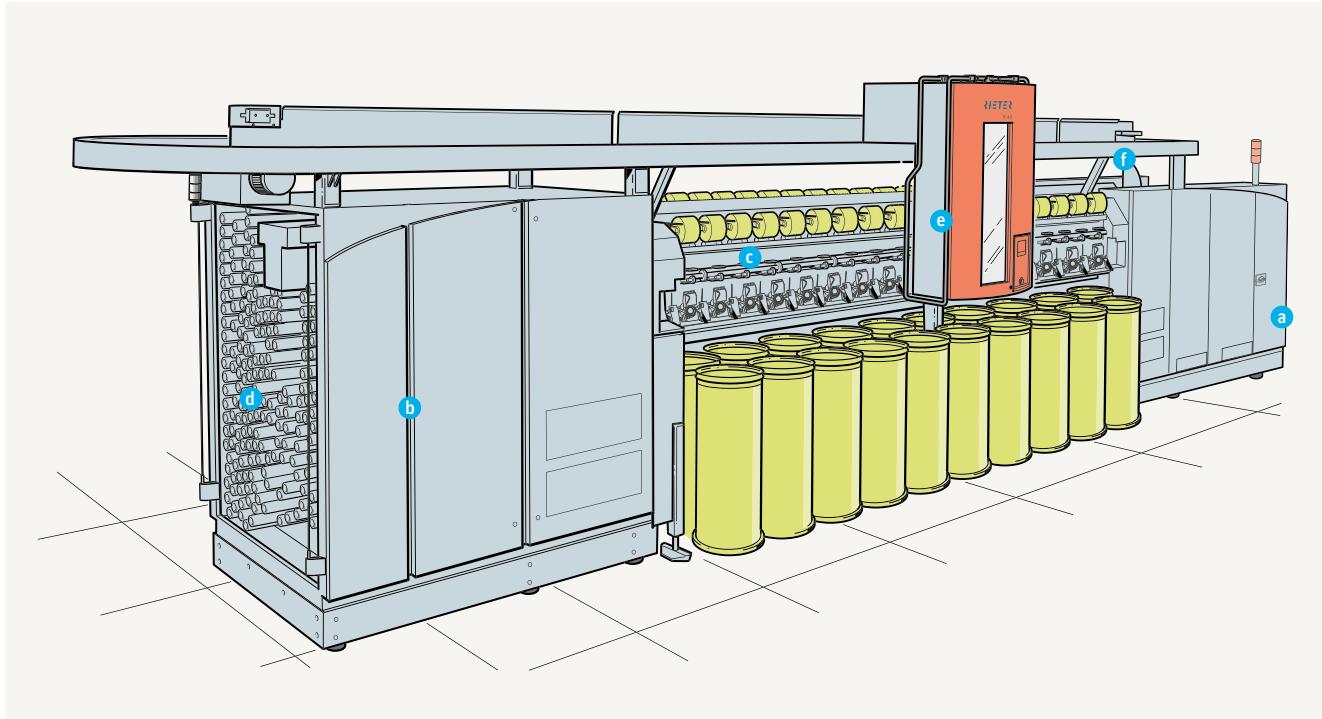


图6 转杯纺纱机的结构

现代转杯纺纱机是双面机器，即机器的两面都有纺纱器和卷绕装置，这是为了更有效地利用机器成本中所占比例较大的传动装置和纺纱机械手。转杯纺纱机主要由以下基本功能单元组成（图6）：

- 车头箱（a）和车尾箱（b），箱内有传动转杯、喂入装置、分梳辊和卷绕装置的中央传动系统；
- 纺纱器和卷绕装置结合形成的机器节（c）；

- 带有空管库和空管运输系统（在车尾箱）的空管供给系统（d）；
- 机器每一面各有1·2个用于清洁、接头和落筒换管的操作机械手（e）；
- 将交叉卷绕满纱筒运输到车尾的卷装传送带（f）；
- 在每个纺纱锭位上的质量控制和监测系统（可选配）。

2.2. 转杯纺纱机的工作原理

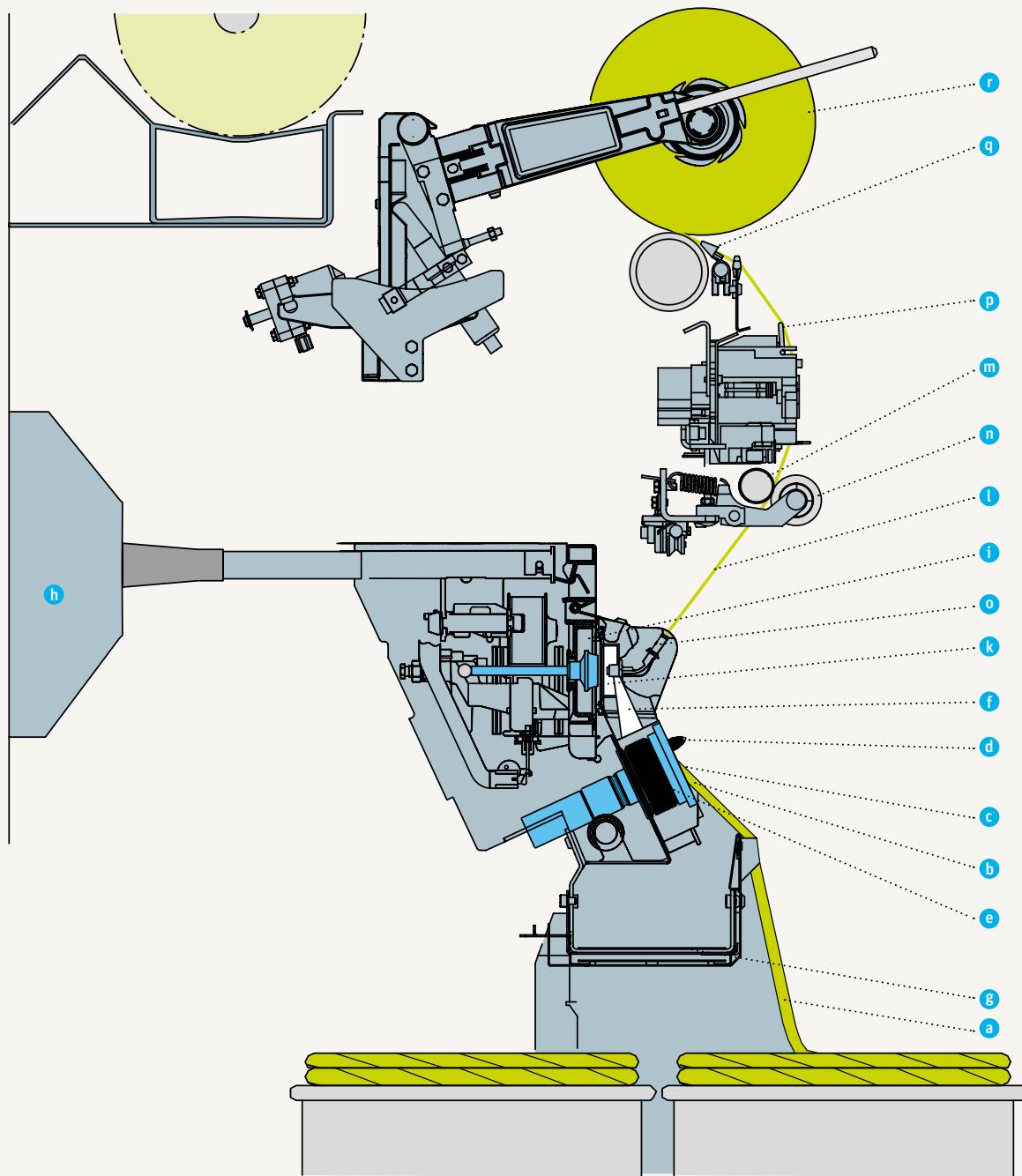


图7 从条子喂入纺纱器到把纱线卷绕成圆柱形或圆锥形交叉卷绕筒子的纤维路径

转杯纺的喂入原料是头并条子或二并条子（即熟条，大多采用熟条）或梳棉条子（生条）（a）（见图7）。条子从纺纱装置下面的圆形或矩形条筒中引出，经喂给喇叭口（b），通过喂给罗拉（d）和喂给板（c）输送至转动的分梳辊（e）。转动的喂给罗拉与喂给板握持条子，并将它喂入到分梳辊壳体内。喂给板上装有加压弹簧，以确保条子被喂给罗拉牢牢地握持。

如果发生纱线断头，则喂给离合器分离，喂给罗拉停止转动，从而自动停止条子喂给。引起该作用的脉冲信号由纱线传感器（纱线监控器）产生。在传统环锭纺纱工艺中，喂入的纤维须条（即熟条）在纺纱过程中仅仅变细，其结构保持不变。在转杯纺纱工艺中，纤维须条被开松成单纤维，这项任务主要由分梳辊完成。表面通常包有锯齿针布的分梳辊梳理从喂给罗拉和喂给板之间的钳口中伸出的纤维须丛，并把分解出的纤维输送到纤维输送通道（f）内。

把纤维从分梳辊经纤维输送通道输送到转杯内需要气流。气流由位于机节内的主管道（h）产生，转杯罩壳（i）内呈负压状态。而负压是由中央风机从每个转杯罩壳上的小管道抽吸空气而产生的。为了有利于负压的产生，转杯壳体必须尽可能密封。大部分的输送气流从除杂口进来，只有少量气流从引纱管进来。

分梳辊产生的离心力使喂入条子中的杂质通过分梳辊壳体的排杂口被排除。排除的杂质落到输送带（g）上，输送带把杂质运送到纺纱机的一端或两端，在那里由机器两侧的吸嘴排除。

纤维输送通道里的吸风气流把纤维从分梳辊表面剥离，并将它们引导至转杯（k）。在这一运动过程中，由于纤维输送通道逐渐变细，气流和纤维都会加速。这种加速形成继喂给罗拉钳口/分梳辊之后的第二次牵伸，并引起纤维的进一步分离。此外，气流还会使纤维得到部分伸直。第三次牵伸发生在纤维到达转杯壁上时，因为转杯的圆周速度是纤维速度的好几倍。这是一个非常重要的特征，因为它对良好的纤维取向度具有很大贡献。随着纤维从转杯内壁滑进凝聚槽，在转杯内巨大的离心力作用下，纤维发生最后的伸直。

平均来看，从纤维输送通道的出口同时出来1-5根纤维（横截面内）。在滑下转杯内壁之后，纤维在凝聚槽内以纵向取向的形式停住。因为转杯在纤维输送通道固定出口下方连续的回转，纤维在凝聚槽内的不断积聚得以实现（即一根纤维铺放在另一根纤维上）。这样，在凝聚槽内就形成了一个连续的纤维环。这一作用被称为“后并”（参见“5.1.2.转杯凝聚槽内的纤维凝聚（后并）”）。

如果没有进一步的作用，则转杯随时会被堵塞。为了把这些纤维形成一根新的纱线，纱线（l）的自由端要从转杯中心延伸到转杯边缘，作用于这点的离心力（比纤维重量大100 000多倍）把纱尾牢牢地压向凝聚槽内壁，就像纤维环中纤维的情况一样，因而纱尾紧紧贴附在转杯壁上。这样，转杯转动就带着纱线一起转动，纱线就像曲柄的一只臂一样绕着假捻盘（o）转动。

转杯每转一转，在纱线上产生一个真捻捻回。当纱线已经达到它的最大捻度时（由主要受力条件所决定），纱尾开始绕自身轴线转动，即在转杯凝聚槽内转动，这时自由的纱尾正处于平行纤维须条上的捻合区，于是纱尾的转动引起刷子状纱尾抓住纤维环中的纤维，并把它们捻合成新的纱体，新的纱体再握持住后来的纤维，并将它们捻进纱体，以此类推，于是一根纱线就这样被连续地纺成。必须利用引纱罗拉（m+n）经纱线补偿杆（p）把纱线拉出转杯，并通过卷绕罗拉（q）把纱线卷绕成交叉卷绕筒子（r）。

通过机械手及落筒系统实现机器自动化将在“3.1. 转杯纺中的机器自动化”中介绍，运输自动化将在“3.2. 转杯纺纱厂中的运输自动化”中介绍。

2.3. 纺纱器

纺纱器是一个独立的功能单元，分梳辊和转杯通过龙带集中传动。在一些纺纱系统中，条子喂入是通过一根连续的喂给罗拉来实现的。转杯罩壳附有铰链连接的打开装置，可以采用人工操作或机械手操作的方式打开。因此，人工检查和更换纺纱部件及机械手自动清洁转杯和假捻盘都能很容易地实现。纺纱装置主要由以下功能单元组成（图8+图9）：

- 通过喂给喇叭口（a）、喂给罗拉和喂给板（b）喂入条子；
- 通过分梳辊（c）把纤维条子分解成单纤维；
- 除杂；
- 纤维输送并喂入转杯（d）；
- 在转杯（e）内成纱和加捻；
- 通过假捻盘和引纱管（f）将纱线引出。

不同制造商生产的转杯纺纱机的主要区别在于纺纱断面的几何形状。纺纱几何涉及把条子分解成单纤维（特别注意分梳辊的最佳排杂效果）、转杯内的纱线形成、以及引纱管引出纱线等过程中的几何形状，其中一些重要的差别已引起关注。

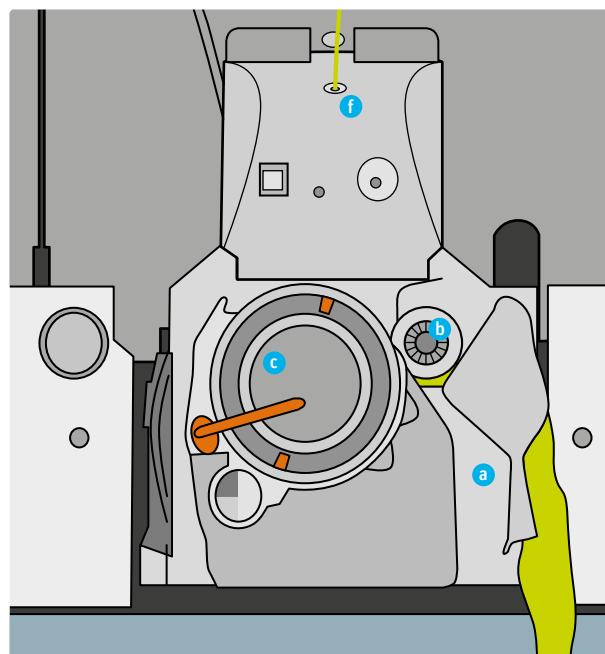


图8 带有分梳辊和条子入口的纺纱器正视图

2.3.1. 条子喂入

喂入的生条或熟条由喂给喇叭口¹（a）引导，并在喂给罗拉和弹簧加压的喂给板（b）之间被喂入到转动的分梳辊（c）（图8+图9）。每个纺纱锭位都装有这种联合的喂给罗拉/喂给板装置。每个纺纱锭位的喂给罗拉传动由中央传动的转动蜗杆轴提供。如果发生断头或关闭纺纱锭位，喂给罗拉会通过电磁离合器与蜗杆轴分离，使条子喂入停止。然而，即使纺纱器罩盖被打开，喂给罗拉的离合器轮仍保持与蜗杆轴啮合，这可以防止关闭转杯盖时对离合器轮的损害。而在罩盖打开时传动轴和喂给罗拉分离的系统内，关闭转杯盖时会发生离合器轮的损害。牵伸和输出速度的集中设置自动决定了喂给罗拉的速度，因此也决定了生条或熟条的喂入速度。

在喂给罗拉和弹簧加压喂给板连续喂入条子的系统中，每个纺纱锭位都配有喂给罗拉制动/离合器装置，如果发生断头或缺条，会关闭该纺纱锭位。

¹ 可以采用标准尺寸（用于棉、涤纶和粘胶纤维）或扩大尺寸（用于腈纶和高膨松纤维）的喂给喇叭口。

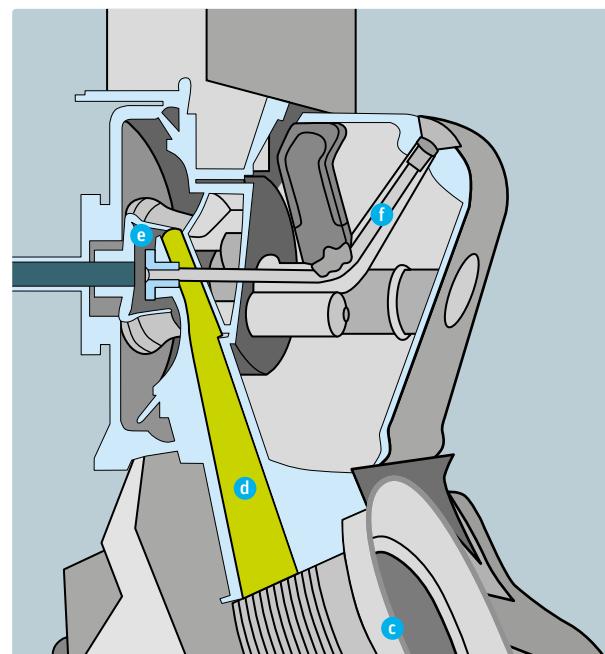


图9 纺纱器剖面图

2.3.2. 分梳机构

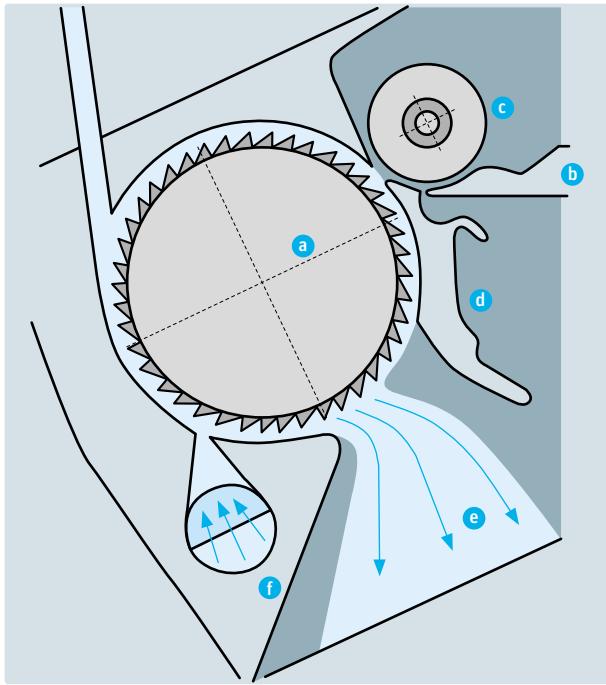


图10 带有分梳辊（a）、条子入口（b+c）、纤维须条支撑（d）、除杂（e）和可调节旁通（f）的分梳辊壳体

纺纱器中的喂给分梳部分类似于梳棉机的给棉刺辊部分。转动的分梳辊锯齿（图10, a）高速通过纤维须条，并从喂给板（b）与喂给罗拉（c）夹持的条子中分解出单纤维。在这种情况下，条子须从通过喂给罗拉的带动缓慢向前移动。通过这种连续作用，分梳辊依靠摩擦力带走从喂给罗拉与喂给板夹持点露出的所有纤维。即使条子存在质量偏差，固定纤维须条支撑（d）也可提供均匀的梳理。离开转动的分梳辊之后，纤维被送到纤维输送通道内。必须确保分梳辊处的气流与纤维流的速度大于分梳辊自身的圆周速度。如果分梳辊速度等于或大于气流速度（分梳辊速度很高时会发生这种情况），将导致纤维在剥离点处弯曲，这将导致纱线质量与运转性能变差。当纤维从分梳辊的针布上剥离时，纤维中的杂质通过分梳辊下面的排杂开口（e）除去。除杂程度可通过旁通系统（f）进行调节（参见“2.3.3. 除杂”）。

分梳辊的表面或是结实的钢环（钢环上有精加工而成的适当形状的锯齿），或是在钢环或分梳辊体表面螺旋包卷锯齿针布构成。分梳辊针布的种类、几何形状和表面镀层，分梳辊本身及转杯都对纱线形成和成纱质量具有非常重要的影响。

为了与所加工原料的热学和物理性能及所要求的纱线性能相匹配，可选用各种用途的分梳辊。分梳辊针布主要在以下几方面有所不同：

- 锯齿的形状及倾斜角度（工作角），齿高和齿尖的宽度；
- 齿尖的密度；
- 锯齿的几何外形；
- 不同的表面处理。

有关根据分梳辊的应用范围正确选择分梳辊的相关内容，请参见“4.4.1. 分梳辊的应用范围”。

分梳辊是磨损件，必须根据磨损快慢定期更换。如果更换周期过长，则纱线质量与纺纱条件都会变差。

除了要正确选择分梳辊的针布外，也必须特别注意分梳辊速度的设定。分梳辊的速度范围在6 000 r/min至10 000 r/min之间，通常采用6 500 r/min至8 000 r/min。分梳辊的速度由具体应用决定，速度过高或过低对纱线形成及纱线质量都有负面影响。分梳辊速度过低可导致：

- 条子不能充分分解成单纤维；
- 不能充分开松棉结和纤维束；
- 除杂不充分；
- 分梳辊上容易形成绕花。

由于分梳辊速度过低而造成的除杂不充分，不仅会造成断头增多而影响纺纱稳定性，而且也使纱线本身包含了较多杂质，从而造成纱线条干不匀率恶化及粗节、细节、棉结和纱疵分级仪疵点（偶发性纱疵）增多。

然而，分梳辊速度过高也有负面影响，而且也不能提高分梳性能。分梳辊速度过高将导致：

- 不同程度的纤维损伤，即纤维变短；
- 纱线强度及制成的织物强力下降；
- 转杯纺纱机上及后道加工中飞花增多；
- 加工化学纤维时产生熔点。

因而，除非在特殊情况下（如加工要求特别苛刻的原料），并已进行了彻底的纺纱试验，一般不应忽视制造商对分梳辊类型和速度的建议。

分梳辊腔体有开放式与封闭式两种设计。开放式腔体的优点是可以避免纤维在分梳辊前的集聚。通过多级有效的密封保护，可防止辅面层气流和周围环境对分梳辊的影响。开放式腔体分梳辊的检查和更换要比封闭式系统容易得多。

2.3.3. 除杂

转杯纺纱机的除杂装置基本都是相同的，即都是在分梳辊壳体上开有或大或小的排杂开口。高的分梳辊圆周速度使得所有比纤维重的微粒（杂质和其它外来微粒）从排杂开口排除出去，而纤维则继续留在分梳辊上，之后被送入纤维输送通道内。被排除的杂质落到传送带上，传送带把杂质交替地带到车头或车尾。从机器两侧收集的杂质通过吸嘴将其除去，并通过负压将其送入中央过滤室。传送带上的揩擦器不断地清洁位于分梳辊下面的外壳。

如“4.3. 原料准备”中所述，配备合适除杂装置的现代纺纱准备机械能可靠地从原棉中除去大部分异物、尘杂和杂质颗粒。然而，也有一定数量的有机和无机外来杂质会在开清棉机械与并条机的除杂过程中残留下来，其数量取决于所用原棉对除杂的敏感性以及采摘和轧棉的方法。

因而，在转杯纺纱系统中，高效的除杂是保证稳定的纺纱条件和良好的纱线质量的最重要先决条件之一。遗憾地是，转杯的凝聚槽不仅聚集纤维，也会聚集微粒、杂质、尘杂等。这些杂质积聚会改变凝聚槽的几何形状和纱线质量，并导致纺纱稳定性的降低。由于离心力的作用非常大，一个只有 0.2 mg 的杂质颗粒就能在纤维环上施加大约 15 g 的力，并阻止捻度传递，导致纱线断头。这清楚地说明了高效除杂对转杯纺纱机运转的重要性。

在纺纱器中进行除杂可以确保绝大多数还残留在纤维条子中并且干扰纺纱过程的外来杂质被除掉。然而，纺纱器中的除杂绝不能取代纺纱准备过程中的细致除杂。喂入熟条或生条中残留的杂质越少，纺纱器中就越能有效地减少残留的杂质和异物微粒。

带有可调节旁通（图11、图12、图13）的除杂装置特别有效，除杂效果可以根据所用原料的含杂量进行单独调节。在传统的纺纱器中，负压所必需的几乎所有气流都要通过除杂开口吸入，即以与排杂相反的方向吸入。有时候这会使除杂作用受到阻碍，主要是在小的和/或轻的杂质情况下。

旁通可根据原料调节流入除杂开口的气流。通过旁通提供的气流量越大，从除杂开口补入的气流量就越小，杂质就越容易分离。而且，这还能阻止已经除掉的杂质被再次吸回到纺纱器中。

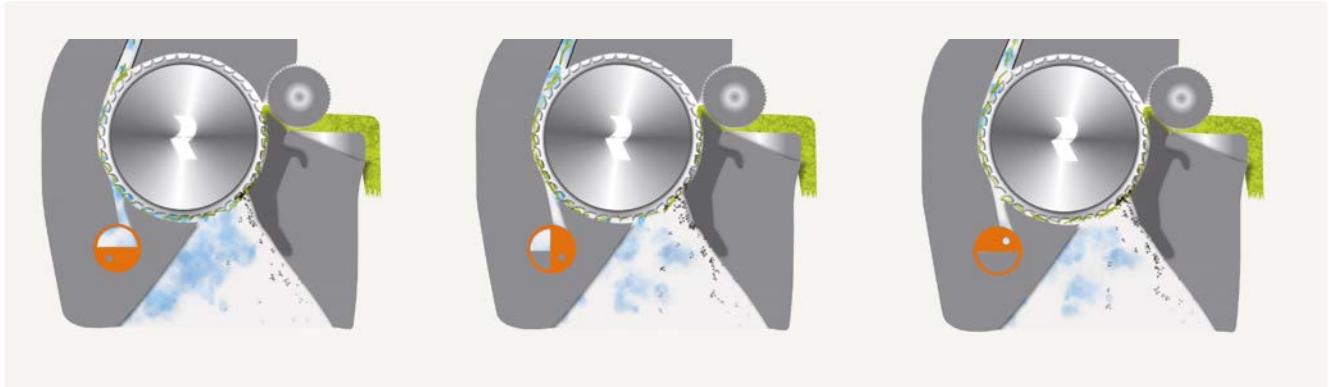


图11 旁通全开（除杂作用最大）

图12 旁通半开（除杂程度中等）

图13 旁通关闭（除杂作用最小）

2.3.4. 纤维输送至转杯

对条子进行开松后，必须把纤维输送给转杯。一个呈流道形状的封闭纤维输送通道起着引导纤维的作用。分梳辊的离心力和转杯罩壳中的负压吸力使纤维从分梳辊上剥离。被剥离的纤维在通过纤维输送通道输送到转杯的过程中，会受到密封转杯罩壳中气流吸力产生的气流的作用。采用带孔转杯的纺纱系统中（自排风式转杯），局部纺纱负压是由转杯产生的，负压的大小取决于转杯的大小和转速。因而，局部纺纱负压随着转杯直径的变小而下降。如果污物（杂质、尘杂、纤维碎片）积聚在转杯底部的开孔处，也会使局部负压下降。

纤维输送通道（图14, a）的形状对纤维输送和纤维理想的纵向取向度具有关键影响。纤维输送通道的入口和出口的设计和制造必须使纤维从分梳辊上的转移、纤维在输送管中的输送以及纤维到转杯内壁（图14, b）的输送都可以无故障地进行。纤维输送通道朝着转杯方向逐渐变窄，这会引起气流与纤维流加速。这种加速具有重要意义，因为它能使纤维进一步分离，并使横截面中的纤维根数减少到1 - 5根，并且还能伸直纤维。纤维输送通道断面收缩区也是转杯纺中的二次牵伸区（继喂给罗拉/分梳辊之后）。

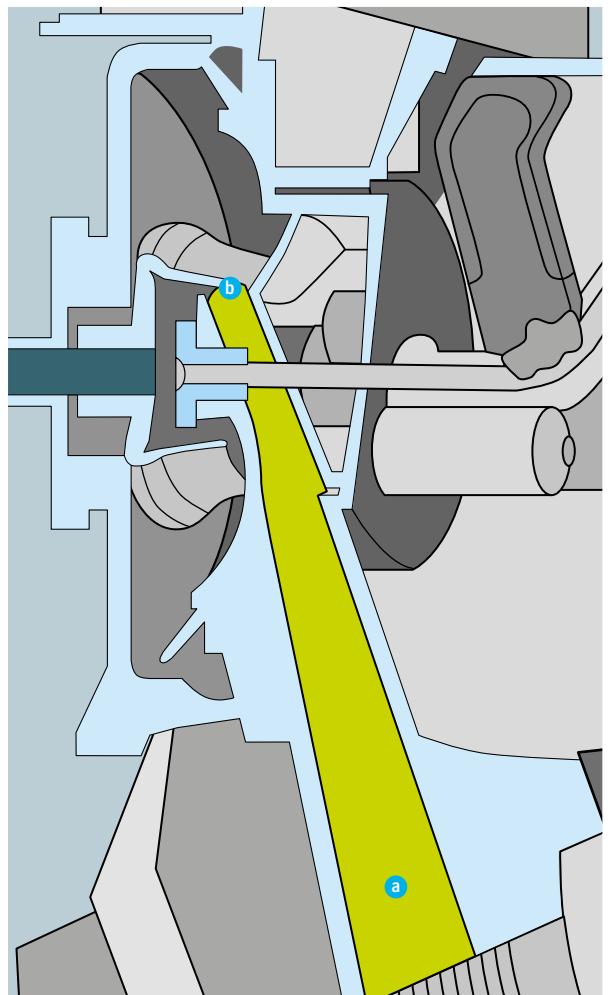


图14 纤维输送通道（a）和转杯（b）的剖面图

纺纱厂使用的纺纱器系统有一体式纤维输送通道和分体式纤维输送通道两种。分体式纤维输送通道的设计可便于打开转杯盖，但两部分纤维输送通道的界面处必须是密封的，以防止辅面层气流的进入及空气涡流的产生。纤维离开纤维输送通道出口后，被直接引导至转杯壁，以使其凝聚在转杯凝聚槽中，而气流则连同残留的尘杂质过转杯边缘，到达中央过滤室。纤维输送通道出口的位置必须非常靠近转杯壁，以避免可纺纤维通过转杯边缘被吸出。可更换纤维输送通道插件（纤维输送通道在插件处结合）可达到这个目的，是否使用插件则取决于给定转杯的直径。纺纱厂的大量试验证明，几种转杯直径（尽管大小很接近）可以使用同一种纤维输送通道插件。这就显著改善了纺纱参数改变时的生产灵活性，因为每次转杯直径改变时不需要更换整套转杯罩盖。转杯壳体封住了输送管插件，以防止转杯壳体内的气流泄露。

然而，如果纤维输送通道与转杯壁之间的距离超出了最佳范围，例如，由于所使用的纤维输送通道插件太小，可纺纤维就能不受控制地进入排杂系统，其结果是断头增加，更糟的是纱支发生改变（通常未被发现）以及由于最终织物次品导致的巨额成本增加。

纤维输送通道插件还可选配安装所谓的SPEEDpass快速通道（图15）。这是纤维输送通道中的一个附加开口，通过这个开口排出了一定比例的纤维输送气流，其目的是为了增加纤维输送通道中的气流量和流速，以促进纤维从分梳辊针布上的剥离，因此特别适于加工化学纤维及化纤含量超过50%的混纺纤维。同时，气流量增大特别有利于粗支纱的生产，有利于产量的提高。

通过这个开口还可排除棉尘（加工化纤时则排除整理剂磨损颗粒），因此，微尘不会积聚在转杯凝聚槽中，从而保持纱线特性和纱线品质的稳定性。

2.3.5. 纤维输送至转杯的纤维凝聚槽

转杯同时起着纤维凝聚和加捻的作用，所以它在纱线形成中是最重要的、也是最复杂的部件（图16）。如前所述，转杯凝聚槽除了具有成纱作用之外，还将喂入的纤维与转杯中的输送气流分离，输送气流通过转杯壁排出（采用间接转杯轴承的系统），或通过转杯底部的孔排出（采用直接转杯轴承的系统）。

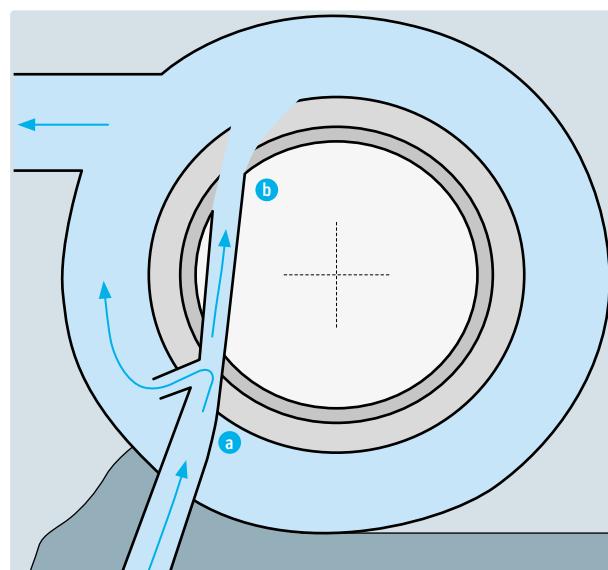


图15 配有SPEEDpass快速通道（b）的纤维输送通道（a）

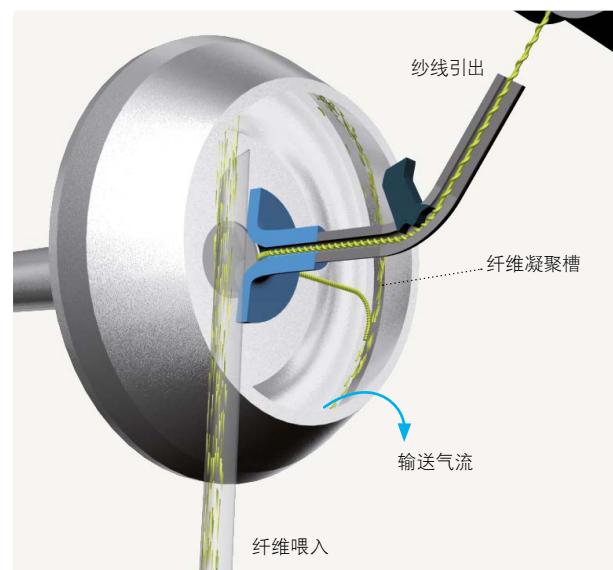


图16 纤维切向喂入到转杯中及纤维输送到转杯的纤维凝聚槽中

喂入的纤维从纤维输送通道到转杯凝聚槽的转移，首先要经过转杯内壁的过渡，然后到达凝聚槽。

对于有序的成纱，这种喂入方式是绝对必要的。转杯内壁的圆周速度必须远远高于将纤维输送到转杯壁的气流速度。这个速度差确保与转杯内壁相遇的纤维能加速到其输送速度的许多倍。由于纤维不会立即获得相遇的转杯内壁的圆周速度，纤维就落后于转杯内壁的滑移面，并以螺旋向下的方式漂移到凝聚槽内。由于转杯内壁是倾斜的，纤维螺旋向下的方向与转杯的转动方向相反。沿着转杯凝聚槽的方向，由于转杯内径加大，离心力也随之增大，这使得纤维可以沿纵向有序、均匀地从转杯内壁转移到转杯凝聚槽中。纤维与转杯内壁之间的速度差也确保了当纤维碰到转杯内壁时能沿纵向延伸，从而有助于获得（期望的）纤维在转杯凝聚槽中的平行排列。

2.3.6. 成纱和加捻

转杯凝聚槽把送入其中的纤维集合成纤维环，纤维环在捻合点变成加捻纱线（参见图17），同时捻合点相对于转杯凝聚槽以纱线引出的速度向前移动。捻合点在纱线刚从凝聚槽中被剥离后的位置马上开始。在转杯中形成的纤维环由单纤维层组成。转杯每转一转，在凝聚槽内铺放一薄层单纤维，其数量相当于所谓的“后并”：

$$\text{后并} = \frac{\text{转杯周长} \times \text{纱线捻度}}{1000}$$

形成纱线的纤维层数由转杯直径、捻系数和纱线支数决定。由于后并的增大和减小与转杯直径呈线性关系，因而采用较小的转杯直径意味着形成纱线的纤维层数减少，而采用较大的转杯直径则意味着形成纱线的纤维层数增加（参见“5.1.2. 转杯凝聚槽内的纤维凝聚（后并）”）。并合线性的纤维束，即由若干层纤维形成条子或纱线，从原理上讲意味着改善了纤维须条的均匀度，后并对于长度不超过转杯周长的纱条变异产生正面影响。

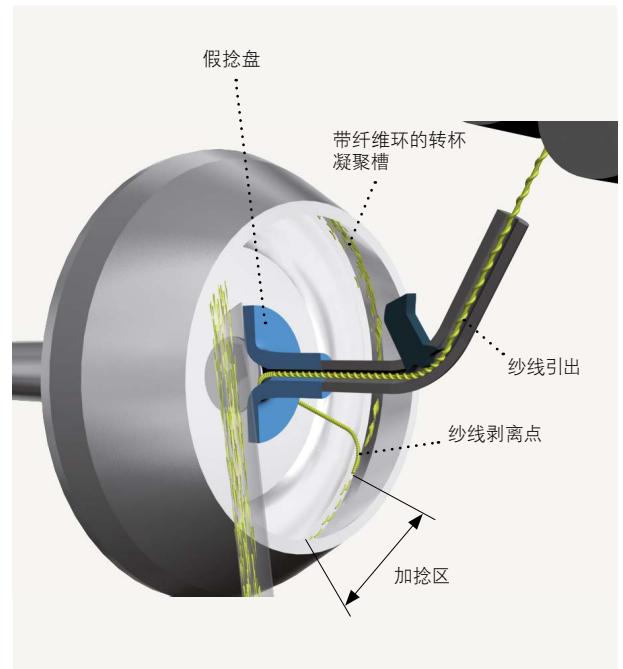


图17 转杯凝聚槽中的成纱和加捻

当给定纱支所需要的纤维数量被铺放在凝聚槽内时，已经纺好的纱线尾端伸进凝聚槽内，并随转杯转动，将捻度传递给纤维环。以恒定的超喂率运转的捻合区称为“加捻区”，纱线离开凝聚槽的点称为“剥离点”（图17）。

转杯纺是一种真捻成纱的自由端纺纱工艺，加捻部件是转杯，转杯使纱线绕自身轴线转动而加捻。纱线最终捻度是影响纱线强度的决定性因素。然而，为了维持纺纱过程，即在凝聚槽内捻合纤维，纺纱捻度是必需的，通常这个捻度要高于纱线强度所必需的纱线捻度。这意味着必须给纱线的径向加上附加捻度（加上假捻）。假捻是通过纱线在假捻盘上滚动加上的，因而假捻盘不仅仅是一个导纱部件。根据纺纱条件不同，假捻可以达到纱线设定捻度的60 %。

通过纱线在假捻盘上滚动产生的假捻效应，在假捻盘与转杯凝聚槽之间是Z捻，在假捻盘与引纱罗拉钳口之间是S捻。在引纱罗拉钳口处，假捻效应再次降到零，纱体只有预先设定的真捻Z捻。假捻盘的假捻效应可以通过在紧接假捻盘之后的引纱管上添加阻捻器而提高（参见“5.2. 真捻和假捻”）。

所有的转杯纺纱机都被设计为纺Z捻纱，Z捻是生产中惯用的捻向。纺S捻的纱线意味着要重新设计转杯传动、条子喂入纺纱器和纤维喂入转杯的机构。

由于转杯必须处理大量纤维，加上离心力的作用及原料中可能含有的磨损成分或纤维本身的摩擦作用，使得转杯和分梳辊针布受到自然磨损和刮擦作用。为了防止磨损发生，通常在钢制转杯的表面镀上硼、金刚石或硼/金刚石等镀层。根据纤维加工量的不同，目前这些镀层可使转杯和分梳辊达到30 000小时的超长使用寿命。

2.3.7. 转杯速度和转杯直径

在转杯纺的发展过程中，转杯转速已从最初的约为30 000 r/min提高到现在的160 000 r/min。然而，这只有在同时减小转杯直径的条件下才有可能实现。可以证明，在近几十年里采用的所有转杯转速与转杯直径都是密切相关的。这可以通过转杯转速与离心力关系曲线图说明。图18给出了离心力（cN/tex）与转杯转速及不同转杯直径下纺纱范围之间的关系。在转杯中作用于纱线上的离心力绝对不能超过纱线强力，这代表了实际生产中不能达到、也不应达到的理论绝对纺纱细度极限。纺纱张力必须总是处于足够安全的范围内，即纱线张力应低于纱线固有强力“正常”变化范围内的强力值，否则就不能实现经济的生产运行。

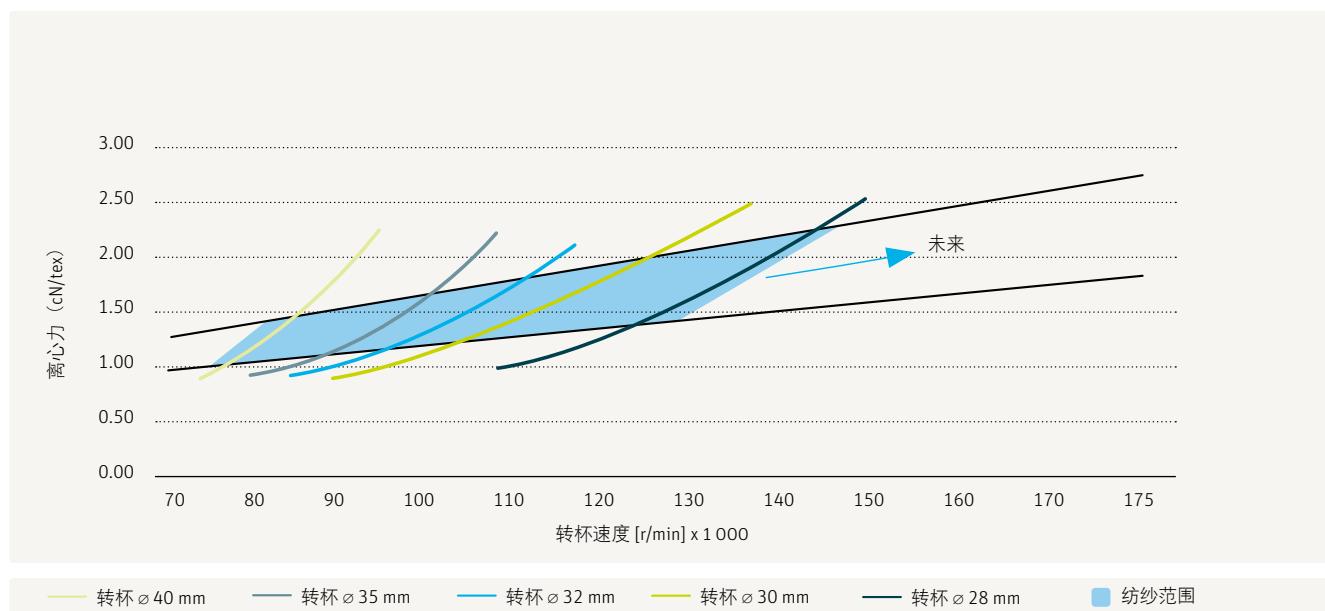


图18 离心力与转杯直径和转杯速度之间的关系

然而，不仅应该了解转杯最大速度的作用，也应该考虑转杯最小速度的影响。如果转杯速度和纺纱张力降低到一定程度，使转杯凝聚槽中的离心力不足以在假捻盘上产生纺纱稳定性所必需的阻捻和假捻效应（假捻盘和转杯凝聚槽之间），那么转杯凝聚槽中的纤维捻合就会受到严重扰乱或中断，并且会发生纱线断裂。计算所谓的最小捻系数(α_{\min})，并从中得到不同转杯直径对应的最佳转杯速度范围时（参见图19），就可以清楚地看出转杯最小速度的影响。

为了提高转杯速度和产量，减小转杯直径通常能起到惊人的效果。转杯纺的发展使得反复预测的转杯直径极限（下限）不断被打破。结果，现在采用直径为28 mm的转杯，以高达160 000 r/min的速度（并采用合适的原料）可以纺出高品质纱线。在此也应提到的是，关于减小转杯直径时必须增大捻度的频繁预言并没有成为现实。

转杯直径与纤维长度之间的基本关系虽然具有一定的实用价值，但是随着转杯纺工艺的发展，两者之间的关系已发生了很大改变（参见“5. 纺纱工艺”）。

2.3.8. 转杯清洁

在转杯纺的功能纺纱单元中，一个重要的元素就是转杯的自动清洁能力。这是转杯纺纱系统优于其它纺纱工艺的重要特点之一，其它纺纱工艺在纺纱部位不能自动清洁喂入的原料。

大部分杂质已由分梳辊壳体处的排杂装置排除（参见“2.3.3. 除杂”），而轻的杂质，尤其是尘杂，可以随纤维输送气流被送到转杯，并与纤维一起被沉积到转杯的纤维凝聚槽中。这些微尘沉积物会严重妨碍纤维在凝聚槽中的捻合，甚至引起纱条断裂。即便没有引起纱条断裂，微尘沉积物在凝聚槽中的不断积累也会持续改变凝聚槽的几何形状，从而导致纱线质量的逐渐恶化。如果微尘沉积物在转杯凝聚槽中不是均匀分布在转杯圆周上，而是分布于某些点处，就会产生“云斑疵点”这种周期性纱疵。

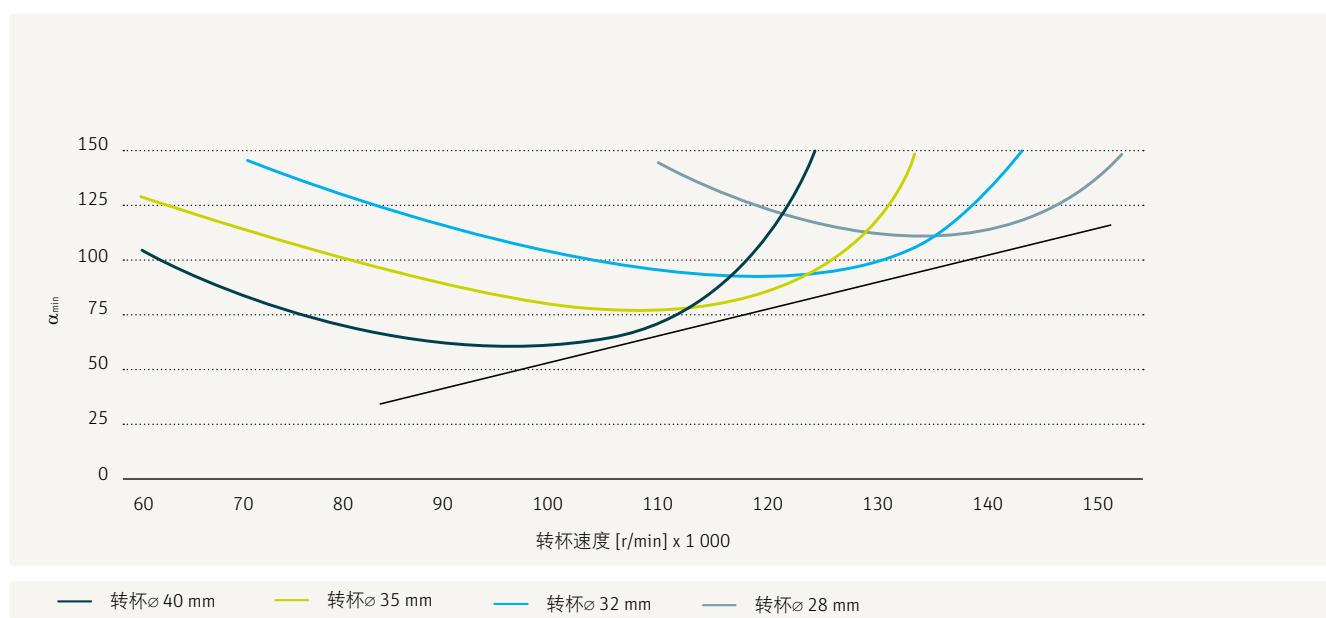


图19 不同转杯直径下最小捻系数 α_{\min} 与转杯速度之间的关系（资料来源：ITV Denkendorf）

为了降低这些微尘沉积物的负面影响，必须定期对转杯凝聚槽进行清洁。这可以在达到预设的时间后自动停车，然后让机械手靠近纺纱锭位对转杯进行清洁。然而，这种预防性清洁意味着每次清洁处理都需要中断纺纱过程，从原理上讲，由于随后的接头处理，会在纱线上产生一个额外的接头。此外，这也会造成机器效率的降低。因此转杯的预防性清洁只在特殊情况下采用，尤其是在纺亚麻纤维和严重污染的原料时采用。

在纺纱厂的运行中，转杯清洁大多是在纺纱锭位的每次接头中自动完成的，即在每次断头、每次质量停车和每次落筒换管时进行。由于清洁的转杯凝聚槽是纺纱成功启动和高接头质量的先决条件，因此在现代化转杯纺纱系统中，采用回转的清洁头来清洁转杯凝聚槽。清洁头用两个刮刀清理转杯凝聚槽，同时用三个空气喷嘴清洁转杯滑移面和凝聚槽。接头频率和相应的清洁周期就可以充分保证无故障纺纱运转所必需的转杯凝聚槽和转杯的清洁度。

尽管听起来有点自相矛盾，但纺纱过程中不发生断头（这可能是许多纺纱厂操作人员所希望的）并非总是件好事。如果快要达到满纱筒时仍没有出现任何断头，那么当使用有污染的原料时，转杯凝聚槽中形成微尘沉积物并导致纱线质量逐渐恶化的风险就非常高。而且，在后道加工中由此所产生的费用比接头造成的极小效率损失要高得多。这是因为自动接头处纱线的截面形态或强度与正常纱线没有本质区别，同时，机器效率也不会因少量断头而受到很大影响。

清洁转杯的系统通常有两种：采用压缩空气进行气动清洁和采用刮刀进行机械清洁。这两种系统也可以结合使用（见图20）。

在清洁转杯的过程中，假捻盘和引纱管表面也得到清洁。其它清洁假捻盘及与之相连的引纱管表面的方式还有采用刷子进行机械清洁，或采用空气喷嘴进行气动清洁。

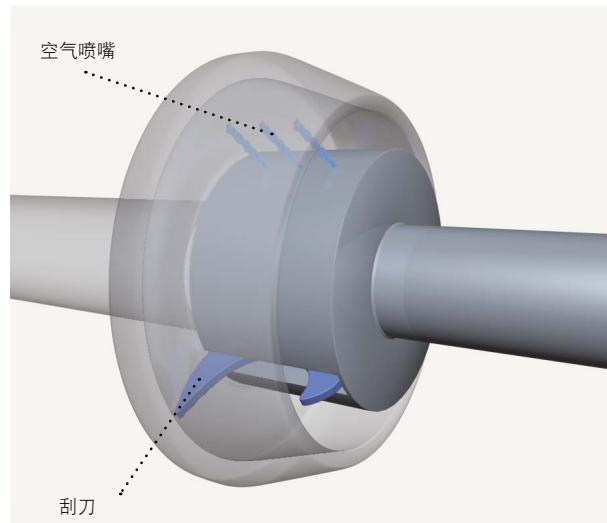


图20 带有空气喷嘴和刮刀的转杯清洁组件

2.3.9. 转杯轴承和传动

目前，所有转杯纺纱机的转杯都是利用摩擦传动原理传动的，即通过机器两侧的龙带带动转杯轴进行传动。采用其它传动方式，如采用单独电机驱动转杯的转杯纺系统目前在纺纱厂中应用的不多。转杯轴承系统有两种类型：

- 直接转杯轴承（图21）。在这种轴承中，切向传动的转杯轴（a）放入滚珠轴承座（b）中。滚珠轴承的转动速度与由龙带传动的转杯轴速度相同。这种轴承原理将转杯速度限制在110 000 r/min左右。尽管直接转杯轴承适于单独传动，但因为成本太高，很少采用单独电机来进行转杯传动。

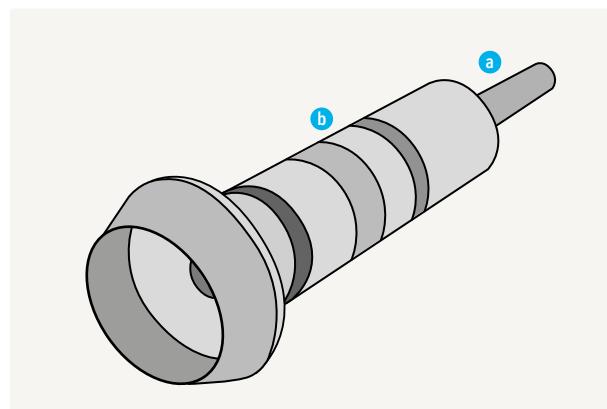


图21 直接转杯轴承，转杯轴（a）位于滚珠轴承座（b）中

· 间接转杯轴承。在这种轴承中，转杯轴也是采用切向传动，并在两对并排安装的支撑盘上运转（见图22）。采用这种双盘支撑间接轴承，根据支撑盘直径的大小不同，转杯与轴承的速度之比可减小到8:1到10:1。因此，即使转杯转速为160 000 r/min时，这些轴承的转速也仅为16 000 r/min，或最大为20 000 r/min（取决于支撑盘的直径）。一方面，这种轴承系统允许比直接轴承系统高得多的转杯速度；另一方面，间接轴承系统的使用寿命也远高于直接传动轴承系统的使用寿命。因而，转速高达160 000 r/min的高性能转杯纺纱机只采用间接转杯轴承。

如上所述，两种轴承系统都是通过机器两侧的龙带来传动转杯，转杯速度既可以通过分级速度调节轮进行调节，也可以通过变频器进行无级调节。龙带（a）通过压辊（b）与转杯轴啮合来传动转杯（见图23）。如果一个纺纱锭位停止运行，且转杯罩盖打开，那么这个纺纱锭位的压辊升起，龙带与转杯轴脱离啮合，支撑盘之间的制动器使转杯轴停止转动。由于转杯是通过龙带在支撑盘表面上的轻微压力而保持其位置的，因此更换、检查及重新安装转杯时，不用工具即可轻松地拆卸转杯。

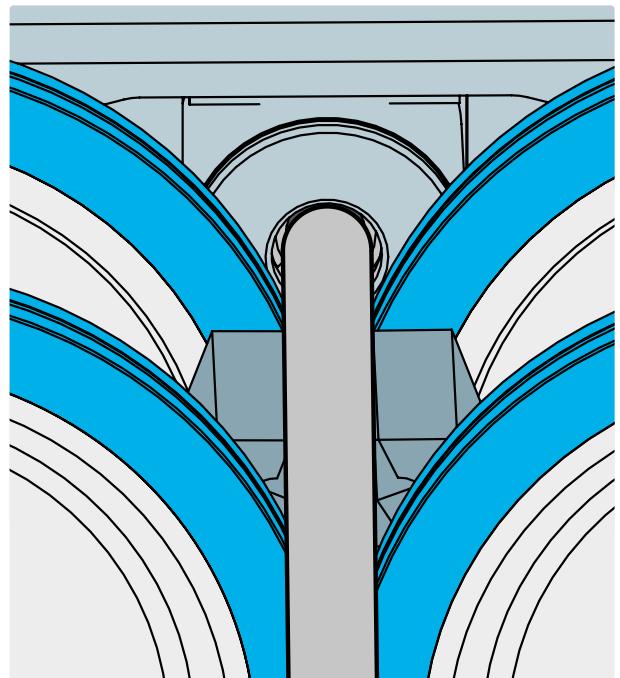


图22 安装好转杯的支撑盘轴承（双盘轴承）

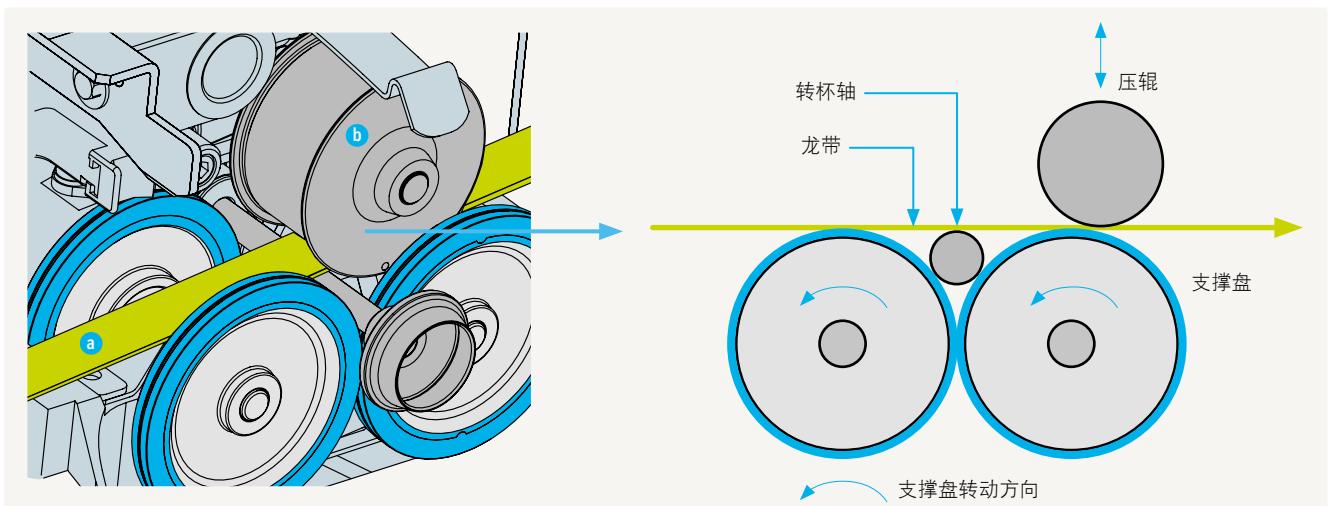


图23 带有龙带（a）用压辊（b）的支撑盘轴承（双盘轴承）

转杯的切向布置对转杯传动很重要，而转杯的轴向定位则是各个纺纱锭位纤维喂入转杯和纱线从转杯中引出均匀一致进行的先决条件。在直接转杯传动的情况下，转杯的切向和轴向位置是通过固定的滚珠轴承座确定的。而在支撑盘轴承上的转杯，其轴向也必须固定在适当的位置。通过稍微交叉两个支撑盘的方式可对转杯进行轴向固定，但转杯会受到向后的压力（朝向纺纱箱体方向）。为抵消这种向后的轴向压力，可以使用不同的轴承系统：

- **钢滚珠轴承或动静压轴承**：转杯所受到的轴向推力通过在油浴中转动的钢滚珠被抵消。尽管采用了润滑油，但是由于机械摩擦，转杯轴的前部和钢滚珠还会受到严重磨损。因此，在新型轴承系统中，转杯轴的前部镀上了陶瓷镀层。在最近几十年中，几乎所有的机器制造商都采用了这种止推轴承系统。然而，这种系统也存在严重的缺陷：由于止推轴承区内有粘性沉积物，因此备件消耗大、清洁和保养费力、污染严重。这就促使了新型轴承系统的开发，目前高性能转杯纺纱机都采用新型轴承系统。
- **磁性轴承**（见图24和图25）。在环形磁铁产生的磁场中，转杯轴的末端被固定在适当的位置，不与轴承接触。转杯轴精确的径向定位是这种系统发挥功能的先决条件，目前这种系统还没有速度限制。
- **EC轴承**（见图26和图27）。与油浴轴承不同，采用EC轴承的转杯轴的末端在嵌在润滑脂内的钢滚珠上运转。轴承座是密封的，润滑脂不会漏出，这种轴承可基本免除维护。
- **空气轴承**（见图28和图29）。在这种轴承系统中，由气垫为转杯提供轴向支撑。气垫由压力为6巴的压缩空气源提供给每个纺纱锭位。这个系统既不需要润滑油也不需要润滑脂，因而可避免粘性沉积物，而且在气垫周围还有持续的气流可以确保不断清洁轴承系统（自清洁效果）。空气轴承系统的其它优点还包括维护保养工作量小及备件消耗少。转杯轴末端精确的水平表面是该系统无故障运行的前提条件。

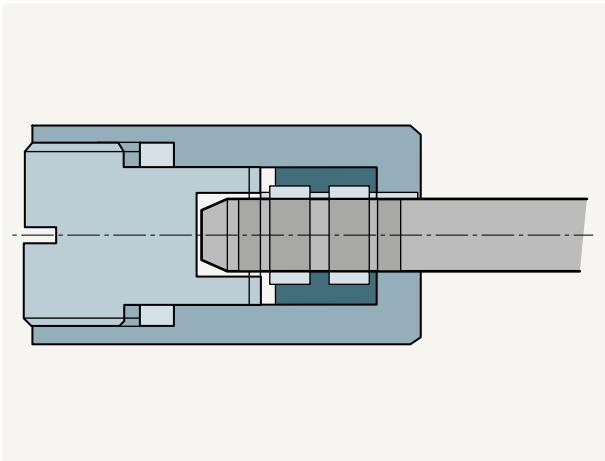


图24 带有磁性轴承的止推转杯轴承

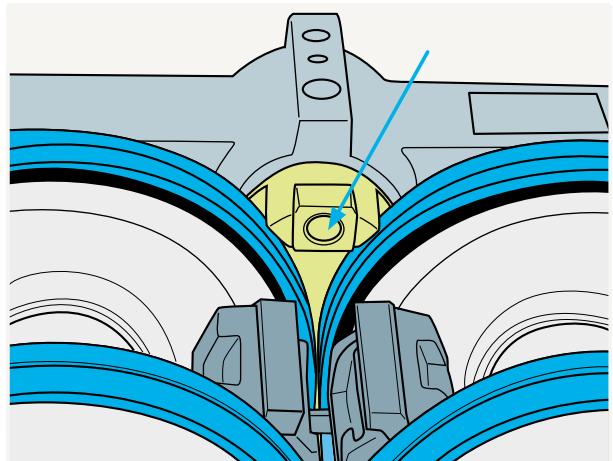


图25 磁性轴承的定位

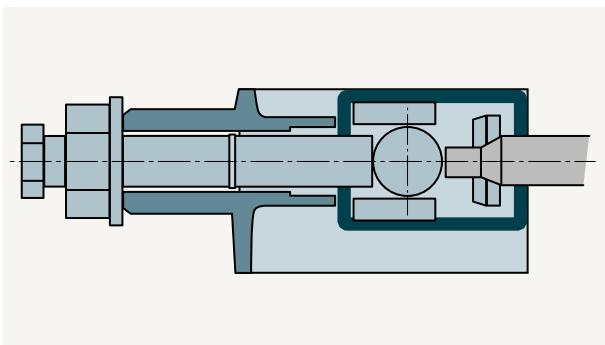


图26 带有EC轴承的止推转杯轴承

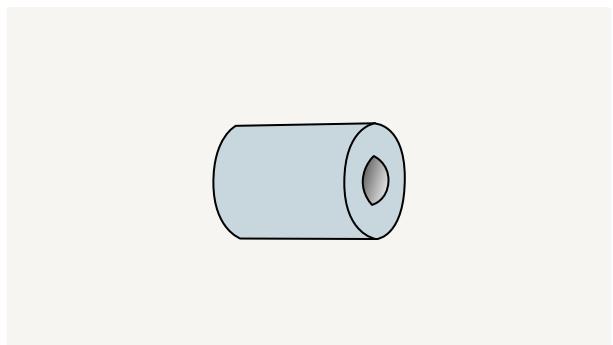


图27 EC轴承的密封润滑脂杯

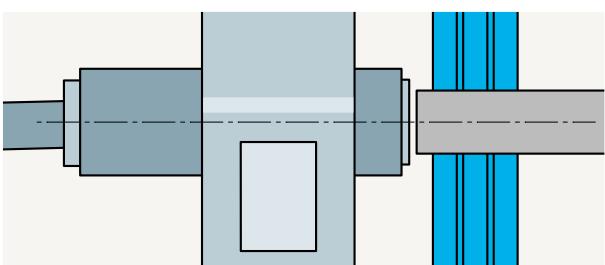


图28 带有空气轴承的止推转杯轴承

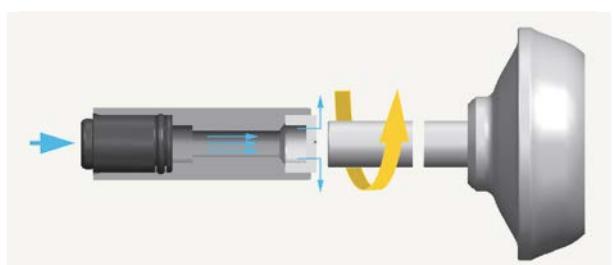


图29 空气轴承的气流；气压为6巴

2.3.10. 纱线的引出

纱线通过引纱罗拉（图30, a）从转杯内引出，伸入转杯内的假捻盘（b）使纱线发生近乎直角的转向，然后紧接在假捻盘之后的引纱管（c）将纱线引出。然而，如前所述，假捻盘绝不仅仅是一个引导装置。由于转杯的转动，引出的纱线不断在假捻盘表面滚动，这种滚动给纱线加上了临时的附加捻度（与纱线捻度方向相反），从而产生纺纱稳定性所必需的假捻效应，这种假捻效应可以达到纱线设定捻度的60%（见“5.2. 真捻和假捻”）。假捻效应越大，纺纱张力就越高。

根据假捻盘表面结构的不同，纱线在假捻盘表面滚动时，会快速连续地抬起。这种高频率振动与假捻效应一起促使捻度传递到转杯凝聚槽内。假捻盘表面结构变化越大，纱线振动就越剧烈，也就越有利于捻度传递和假捻效应延伸进转杯内。因此，假捻效应越大，可以选定的纱线真捻捻度就越低，纺出的纱线就越膨松和柔软。假捻盘通过螺丝钉或磁锁固定安装在转杯盖上，更换方便，有时不用工具即可更换。如今假捻盘通常采用高品质陶瓷制成，在正常纺纱条件下，其使用寿命可达数年。

“4.4.3. 假捻盘和引纱管的应用范围”详细论述了不同假捻盘表面的应用范围、假捻盘相对于转杯凝聚槽的位置、以及不同引纱管对纱线质量、纱线结构和纺纱稳定性的影响。

2.4. 筒子的形成

转杯纺纱机生产的筒子可直接销售，供后道工序使用，无需再经过络筒机。每个纺纱锭位的上蜡装置、质量监控传感器以及从 2° 到 $4^{\circ}20'$ （美国 $3^{\circ}51'$ ）的圆柱形筒子形式，可以确保为后道加工阶段，如针织、机织、纱线染色或并纱提供最合适的交叉卷绕筒子。

现在几乎所有转杯纺纱机都生产 150 mm （6”）横向动程的筒子，这就产生了下列筒子形式（取决于不同的卷绕机构）：

- 圆柱形筒子：最大直径为 350 mm ；最大筒子重量达 6 kg ；
- 圆锥形筒子（ 2° - $4^{\circ}51'$ ）：最大直径为 280 mm ；筒子重量取决于筒子密度。

筒子重量大可以减少纺纱厂和后道加工中的运输费用，以及空筒管的资本费用。

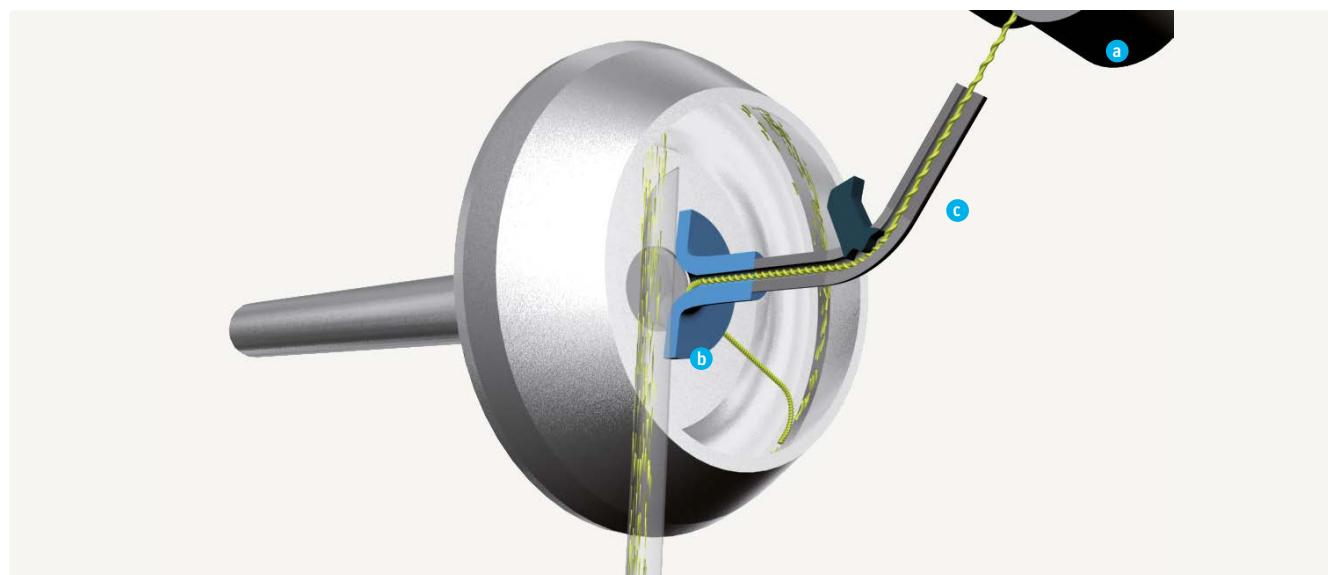


图30 通过引纱罗拉（a）假捻盘（b）和引纱管（c）将纱线引出

与络筒机的筒子相比，转杯纺纱机的交叉卷绕筒子主要有两个优点：

- 转杯纺筒子中的接头数仅为络筒机筒子接头数的2 - 3 %。因为转杯纺的筒子由连续生产出的纱线卷绕而成，而络筒机的筒子则是把大量60 - 120 g的小管纱通过接头接在一起形成的；
- 与络筒机上1 400 m/min的速度相比，转杯纺的卷绕速度不超过350 m/min，这有利于产生更好的筒子结构，并且可以使每个筒子上的纱线长度更加一致。然而，不可否认的是，从转杯纺筒子上退绕纱线时，产生的气圈更大。

新型转杯纺纱机的筒子必须满足下列要求：

- 不同筒子之间的密度应尽可能均匀；
- 所有筒子的纱线长度相同，这可以通过单独的长度检测装置来实现；
- 通过调整纱线张力，尤其是通过筒子上的可变卷绕交叉角来获得适应性强的卷绕密度；
- 筒子无重叠卷绕发生；
- 必要时能给纱线上蜡；
- 在筒管上形成容易取得的储备纱线，以便在退绕过程中，在该筒子用完之前，其纱头能与下个要退绕筒子的开始纱头接到一起，使得后道加工更换筒子时可以不用停车。

2.4.1. 卷绕、停车装置和质量控制

纺好的纱线通过引纱罗拉从转杯内引出，引纱罗拉经过假捻盘和引纱管将成纱拉出纺纱器。在将纱线卷绕成圆柱形或圆锥形筒子的过程中，引纱罗拉之下的纱线承受非常大的纺纱张力，而引纱罗拉之上的卷绕张力则有相当大的降低。卷绕张力可以无级调节。卷绕张力越低，筒子就越松软（例如，染色筒子）。卷绕张力越大，筒子就越紧密，但可能会降低纱线的伸长率。

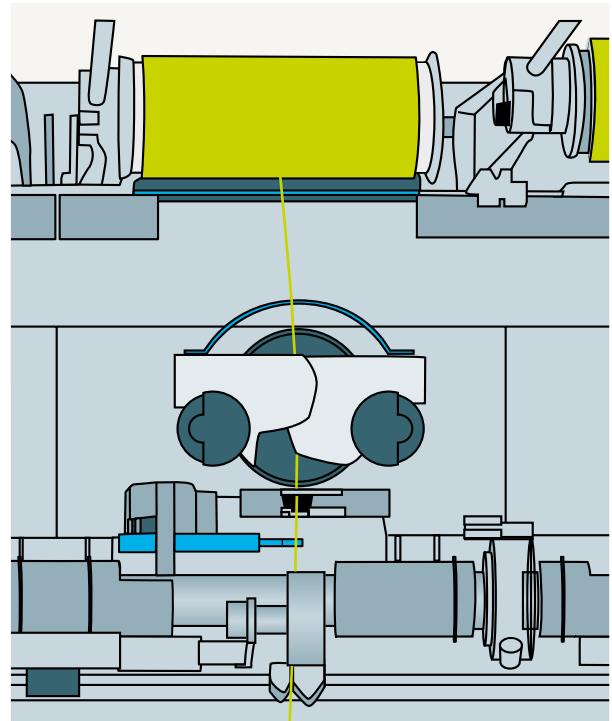


图31 带有筒子的卷绕头

筒管夹持在夹纱盘之间（图31），纱线卷绕到筒管上。圆柱形筒子和 2° 圆锥形筒子由整体式卷绕罗拉传动。在 $3^{\circ}50'$ 和 $4^{\circ}20'$ 圆锥形筒子的情况下，由于卷绕罗拉两边的筒子圆周速度不同，必须进行速度补偿。

2.4.2. 卷绕张力的补偿

为了获得均匀的筒子密度，需要根据纱线横动动程和卷绕螺旋角补偿卷绕张力。卷绕部分设置了导纱器，通过导纱器的往复运动，实现纱线在筒子上的交叉铺放。由于引纱罗拉与筒子右左两侧间的纱线长度大于引纱罗拉与筒子中部之间的纱线长度，为了补偿纱线路径长度变化，需要采用补偿弓（图32, a）和纱线张力杆（图32, b）。然而，采用补偿弓和纱线张力杆进行纱线路径长度补偿仅适用于卷绕圆柱形筒子和锥度小于 2° 的圆锥形筒子。

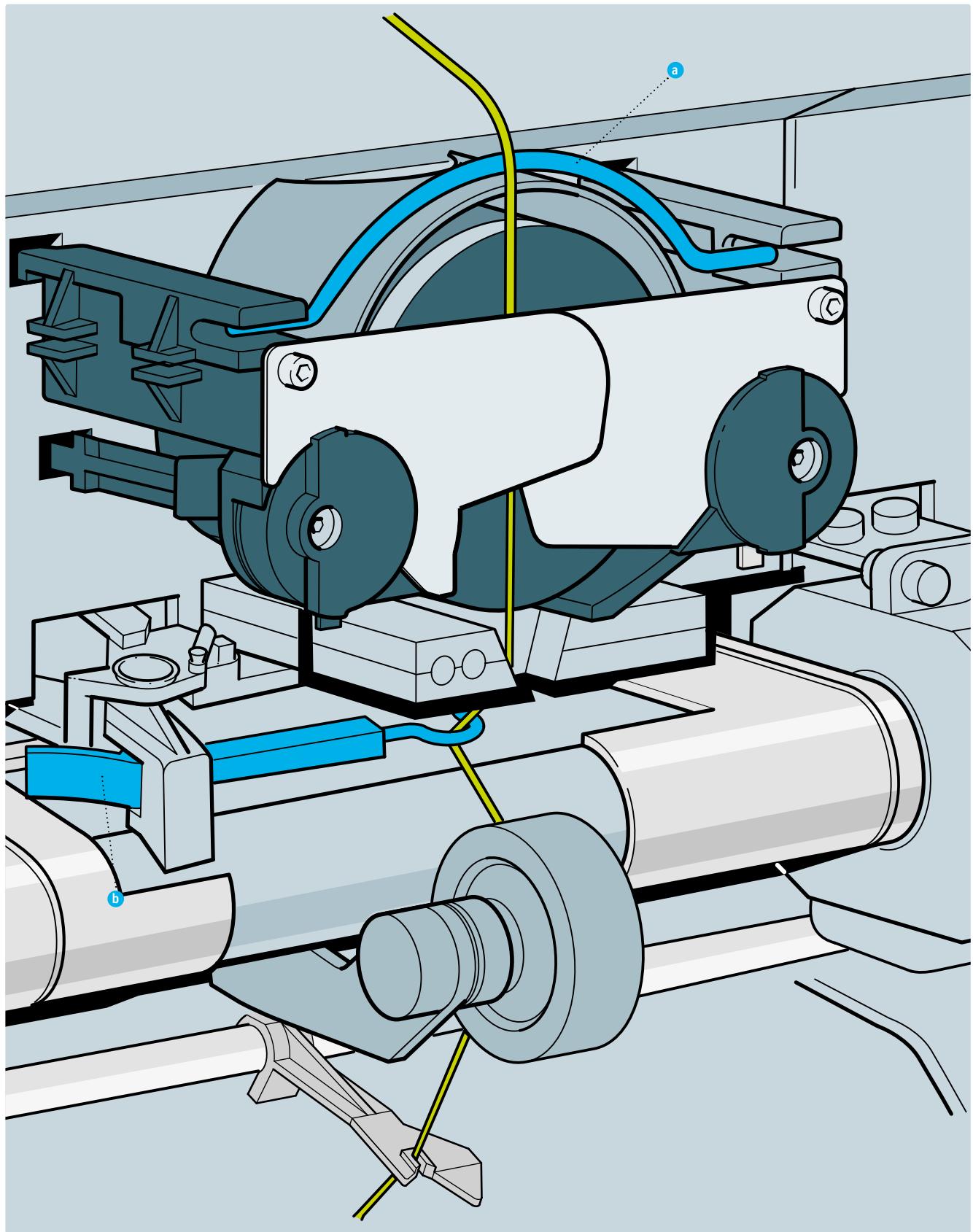


图32 采用补偿杆（a）和纱线张力杆（b）的卷绕张力补偿机构

当生产锥度为 $3^{\circ}51'$ 或 $4^{\circ}20'$ 的圆锥形筒子时，补偿弓和纱线张力杆已不能满足张力补偿的需要，可采用三段差速卷绕罗拉，例如，筒子传动（图33）采用这种卷绕罗拉，可通过轮盘差速传动装置对筒子两端直径不同造成的速度差进行补偿。

2.4.3. 卷绕螺旋角和输出速度

装有沟槽导纱器的横动导纱杆决定了纱线的交叉角（卷绕螺旋角），横动运动由车头箱内的横动传动装置产生。机器的两面分别配有独立的横动传动装置，以相反的方向运行。转杯纺允许的最大输出速度不仅取决于卷绕螺旋角，而且也取决于筒管形状和每台机器的转杯头数。

纱线卷绕螺旋角主要影响筒子的密度和退绕性能。因而，卷绕螺旋角必须符合精确的要求，这可以通过调节导纱器单位时间内的横动位移来实现。卷绕螺旋角通常可以在 30° 到 40° 之间变化。卷绕螺旋角越大，卷绕密度越低，筒子就越松软（采用最新一代高压染色设备时，较硬的筒子也可以进行染色）。

如前所述，筒子的密度（ γ ）不仅取决于卷绕螺旋角，而且也取决于以下因素：

- (可调节的) 卷绕张力；
- (可调节的) 卷绕罗拉上的筒子接触压力；
- 纱线支数。

纱线越细，筒子密度就越大。筒子密度可以采用众所周知的物理学公式来计算：

密度 (γ) = 质量/体积

$\gamma = \text{纱线净重 (g)} / \text{纱线体积 (cm}^3\text{)}$

棉和棉型纤维纺制的纱线筒子密度标准值为：

• 染色用筒子： $\gamma = 0.33 - 0.38 \text{ g/cm}^3$ ；

• 硬筒子： $\gamma = 0.38 - 0.42 \text{ g/cm}^3$ 。

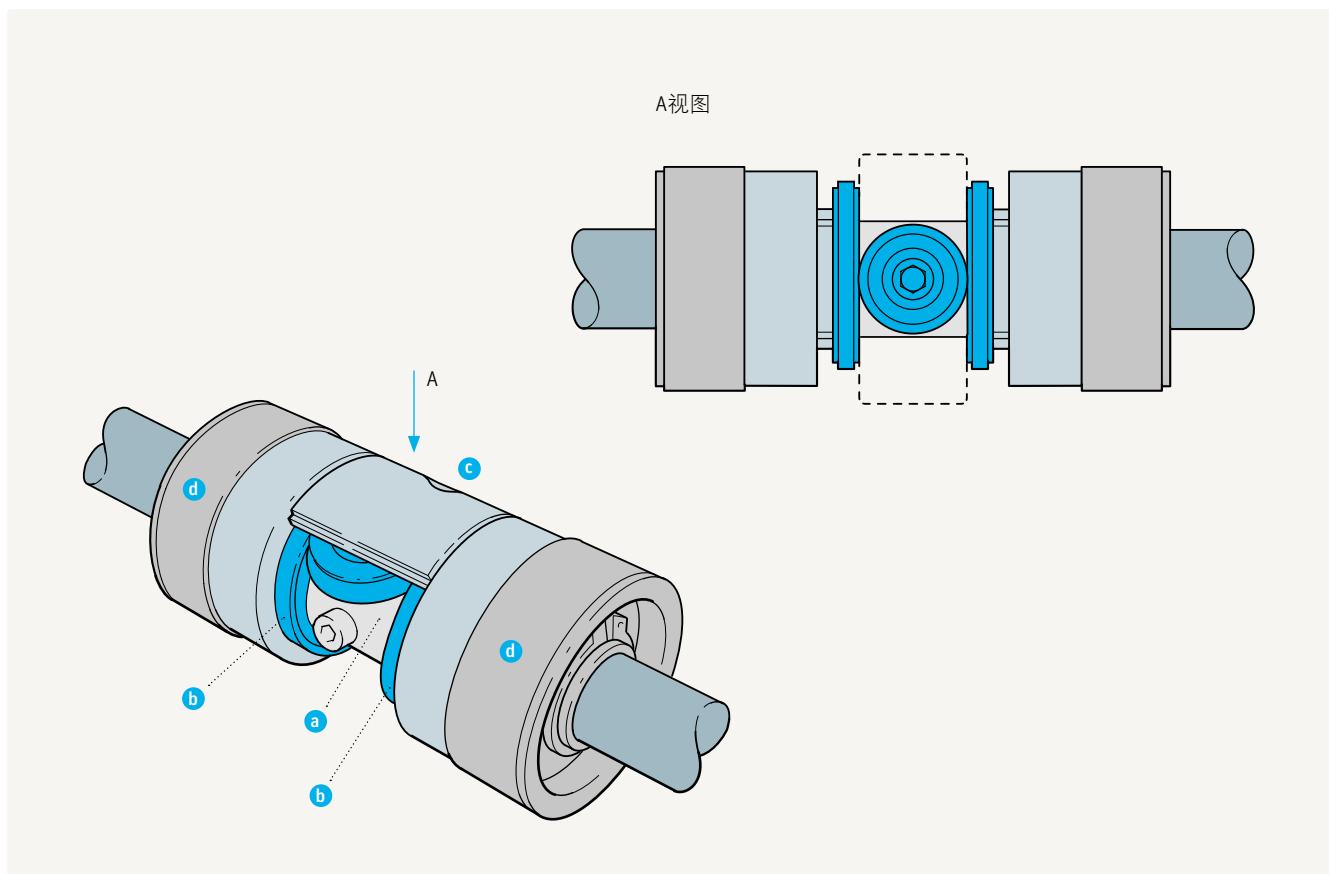


图33 三段卷绕罗拉：动力驱动的中部 (a)，动力驱动的两边 (b)，轮和盘差速传动装置 (c) 及传动筒子的摩擦涂层 (d)

2.4.4. 防叠装置

通常，纱圈不规则地分布在整个筒子表面上。然而，在卷绕过程中，可能会出现一层新的纱圈正好铺放在前一层纱圈上的情况，而且这个过程会重复进行几个连续的纱层（一圈铺在一圈上，等等）。这样，纱线就形成凸起的带状或条状（长斜方形），即发生所谓的重叠卷绕或重叠。重叠使筒子容量减少，并使退绕困难，因而必须尽力防止其发生。重叠的发生率由纱线横动次数与筒子转数之间的数学关系决定，比率大体上是1:1, 1:2, 1:3等。防叠装置可将筒子上的重叠（常常是平行纱层）减小到最低程度。重叠出现在一定的筒子直径时，该直径取决于往复运动程与卷绕螺旋角（见表1）。防叠装置不断改变横动装置的运动速度，因此卷绕螺旋角也不断发生改变，从而在很大程度上防止了重叠的产生。

动程 [mm]	卷绕螺旋角				
	30°	32°	34°	37°	40°
152	(384)*	(360)*	337	308	283
148**	(375)*	350	329	301	276
145**	(368)*	344	323	295	271
142**	(361)*	337	316	289	266
138	350	328	307	281	258

* 重叠已超出所允许的350 mm最大筒子直径

** 标准动程箱（见“2.4.5. 筒子肩部的边缘位移”）

表1 筒子直径的1:1重叠

2.4.5. 筒子肩部的边缘位移

在横动的反转点，即筒子边缘，由于必须减速并反向加速，导纱器的运动出现短暂停顿，因而筒子边缘卷绕的纱线要比在其它位置卷绕得多，形成大量纱线积聚，并造成下列后果：

- 筒子边缘过硬过紧；
- 在筒子边缘出现“打滑”（纱层出现横向错位，对后道加工形成干扰）；
- 染色筒子中心与边缘的上染率不同。

为了避免纱线在筒子边缘的同一位置重复铺放，应在横动装置的反转点处设置位移（图34）。采用传统传动装置时，这一位移可设置为0至5 mm。对于横向运动无级可调的传动装置（图35和图36），横向位移可调节的范围为0至30 mm，这对要求筒子边缘区密度低且松的染色筒子生产特别有利。

2.4.6. 长度测量

如果筒子达到一定直径后就被落下（络筒车间使用的老办法），由于纱线张力不同，各个筒子的纱线长度就会不同。在后道加工中，当很多筒子同时退绕时（例如在整经机上），这些筒子退绕完的时间就不同，因而需要重新配置筒子架，这会造成大量工作和纱线损失。因此，多年来一直尝试生产纱线长度恒定一致的筒子。在转杯纺纱机上，通过使用特殊的测量装置就能达到这一目的。在每个纺纱锭位上，测量装置精确记录卷绕长度，并在某个纺纱锭位达到预定纱线长度时停止该纺纱锭位。各筒子间长度差异的技术标准为±0.5 %以内。

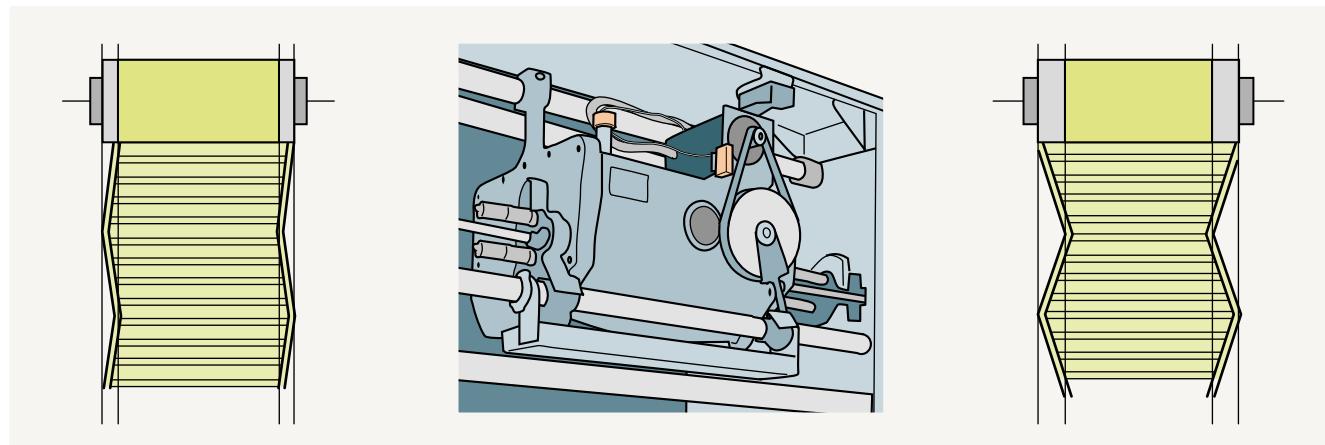


图34 传统的动程位移

图35 可变动程位移的传动装置

图36 可变动程位移

2.4.7. 纱线上蜡装置

在针织生产过程中，绕过织针的纱线发生急剧弯曲，粗糙的纱线会引起运行紊乱、断纱和高磨损。为了改善其运转性能，需对针织纱进行上蜡。转杯纺纱机可在纺纱锭位直接完成上蜡。

纺纱厂的研究结果表明，通常每公斤纱上0.5到3克蜡，最多可使摩擦系数减少40 %至50 %。要使上蜡效果达到最佳，蜡的种类与质量是决定性因素。蜡有不同的硬度、熔点及渗透性，所以要根据纤维原料、纱线种类以及针织物的要求来选择蜡。所使用的蜡块大小不同，上蜡装置也不同。大蜡块使用时间长，可显著减少更换蜡块工作。应该指出的是，过度上蜡与润滑不足一样有害，因为二者都会产生高的摩擦系数。

上蜡装置（见图37和图32）位于引纱罗拉和筒子之间，当纱线从蜡块上通过时，蜡块上小的润滑粒就会留在纱线上。当纱线在针织机的织针上急剧弯曲时，这些润滑粒就被磨去，从而确保良好的运转性能。通过弹簧将蜡块自动推到一个最佳位置，以防止磨损发生。如果发生纱线断头，转动的蜡块就会停止运动。

上蜡装置总是需要纱线补偿装置，如补偿弓或纱线张力杆。上蜡装置或其下方配有不同种类的罩盖，以防止松散的蜡屑落入条筒中污染条子。

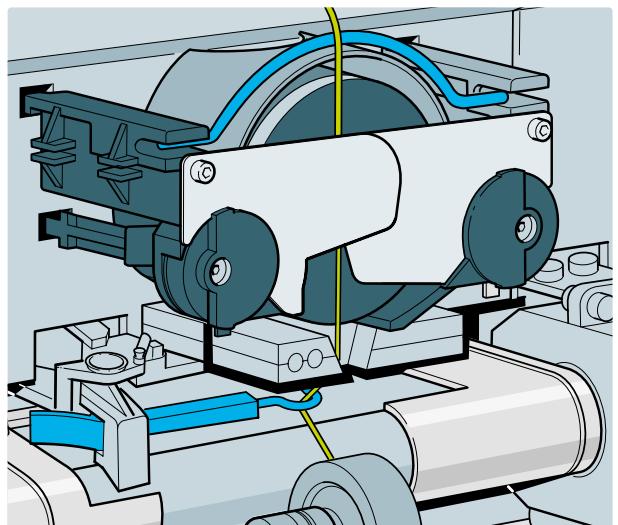


图37 使用大蜡块的上蜡装置

2.5. 传动装置

在全自动转杯纺纱机所采用的各种传动装置中，用于转杯、分梳辊和纺纱负压的传动装置在能耗中所占比例很大。图38给出了转杯纺纱机的各主要传动装置的能耗比例。

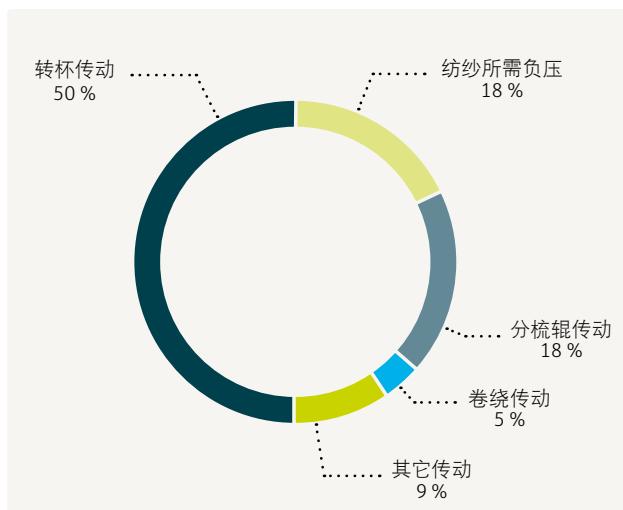


图38 转杯纺纱机各种传动装置的能耗比例

转杯与分梳辊通常由龙带传动，并逐渐趋于同步传动。单独传动在灵活性方面具有优势，但成本高，且控制非常复杂。选择传动装置要考虑的主要因素有运转平稳性、成本因素和能耗。

通过喂给罗拉、引纱罗拉以及卷绕罗拉的传动装置来设置牵伸倍数 ($n_{\text{喂给罗拉}}/n_{\text{引纱罗拉}}$)、纱线捻度 ($n_{\text{转杯速度}}/n_{\text{引纱罗拉}}$) 以及卷绕张力 ($n_{\text{引纱罗拉}}/n_{\text{卷绕罗拉}}$)。图39给出了用于设置牵伸倍数、捻度以及卷绕张力的传动装置之间的配合。这些设置可以通过无级调节变频器传动来实现，也可以通过传统的变换齿轮传动来实现。

采用无级调节变频器传动可减少改变参数设置时操作人员的工作量及停机时间，因为这种传动装置不再需要更换齿轮，而且在机器控制面板上即可直接对牵伸倍数、纱线捻度及张力进行单独设置，还能设定转杯和分梳辊的速度（某些情况下为可选项）。

筒子传送带（机器的两面各有一个）从车尾箱传动。当传送带上放置的满纱筒数量达到预设值时，传送带自动开始运动。传送带将筒子输送到机器末端，准备运走。当所有筒子都离开传送带后，传送带的传动装置停止传动。落筒有各种方式（参见“3.2.3. 转杯纺纱机和随后区域之间的筒子运输”）。

空管通过成对排列的窄传送带输送（送到机械手处，图40），两个传送带通过一个单独的电机来传动。机器的两面各装有一对独立运转的传送带。筒管库的筒子运输系统在每个传送带上各放一个空管。一旦机械手需要空管，传送带就启动并把空管输送给机械手的筒管握持器。

杂质传送带（机器两面各有一个）的传动设计使得两个传送带交替来回运动（图41），反转点通过一个传感器来控制。设置于反转点的吸风装置从纺纱器中吸出杂质，并将其输送到中央过滤器。

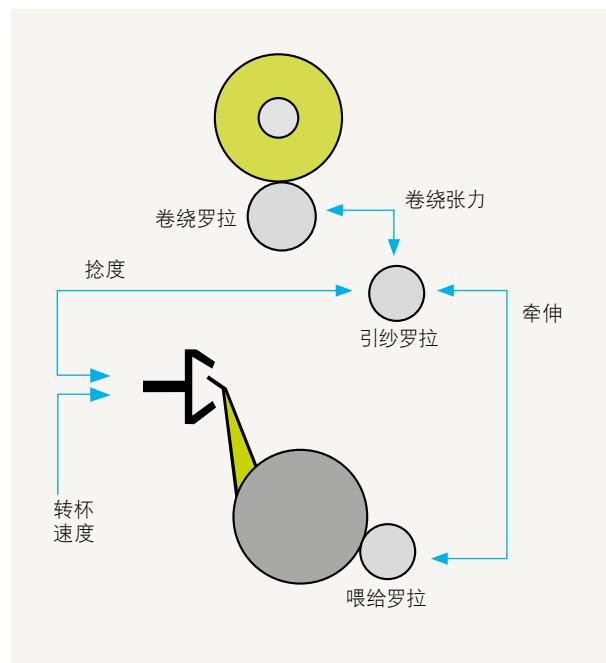


图39 用于牵伸、加捻及卷绕张力的可无级调速的变频器传动

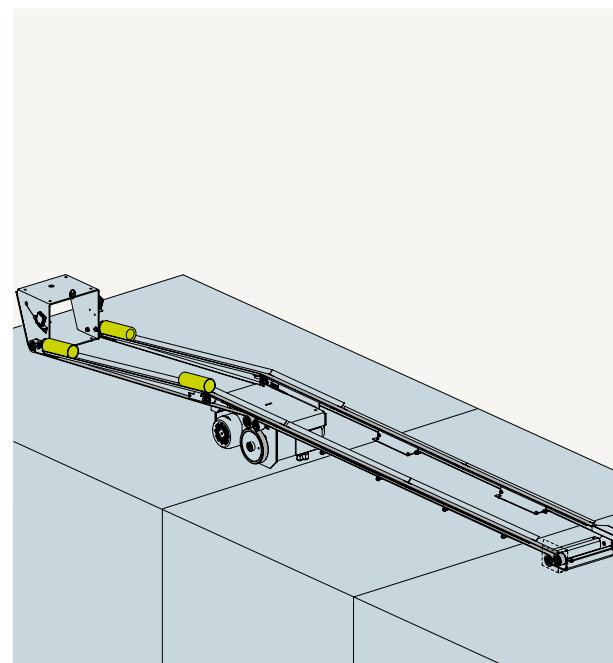


图40 通过传送带供应空管

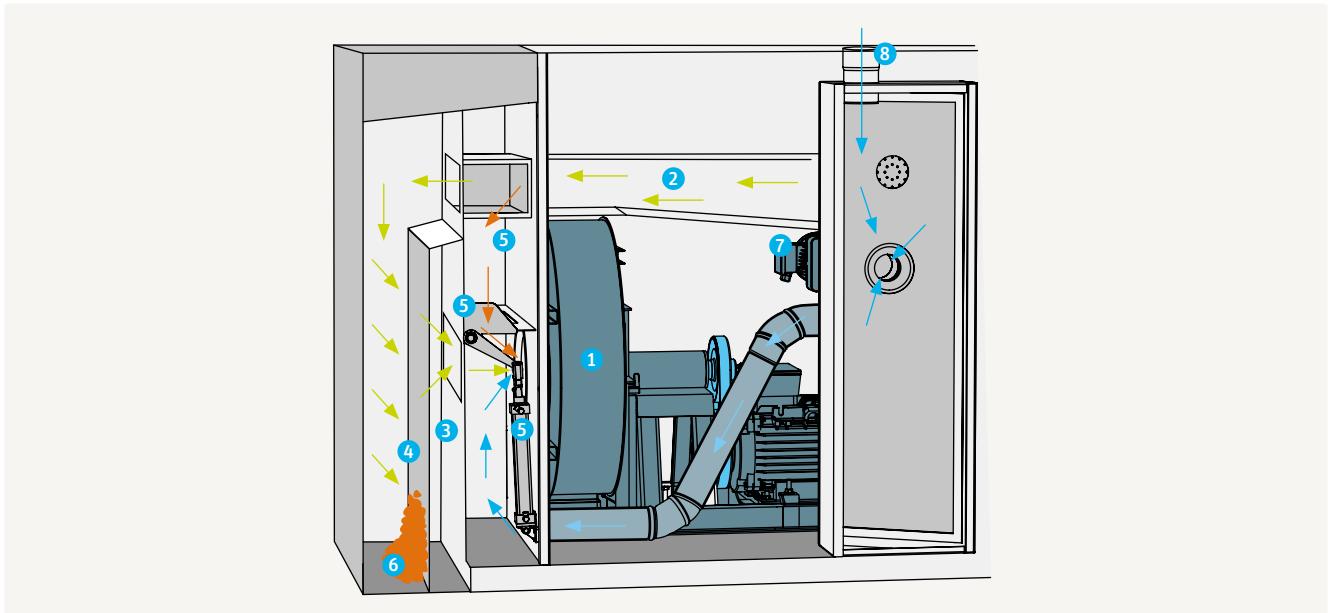


图42 负压传动

所有控制机构的动力均由发电机通过外部驱动电机来供应。电机与发电机都位于车头箱内。三相电机的飞轮质量可以产生足够的电力，对于只有几秒钟的短暂停电不用关掉机器。

2.6. 吸风系统

在纺纱过程中，每个纺纱锭位的接头处理和杂质传送带上的杂质清除都需要负压。机器用负压由位于车尾箱内的电机传动的吸风风机产生，转杯用负压则由位于车尾箱内的单独风机供应（图42）。

2.6.1. 机器的吸风系统

主风机（图42, 1）通过负压管道（2）和过滤箱（3）从每个纺纱锭位抽吸空气，从而在纺纱器的转杯罩壳中产生大约60 - 85 hPa的负压。气流携带的杂质、尘杂和纤维碎片由过滤箱中的过滤层（4）收集起来，并借助气流作用留在过滤器上。然而，随着过滤器逐渐充满，负压必然会减弱。如果负压降低到可调极限值以下（警告级别）时，气流就会自动转入旁路通道（5）流走，这时过滤器上的杂质层就不能再停留，而是会掉落到过滤箱（6）的底部，于是负压又完全恢复。

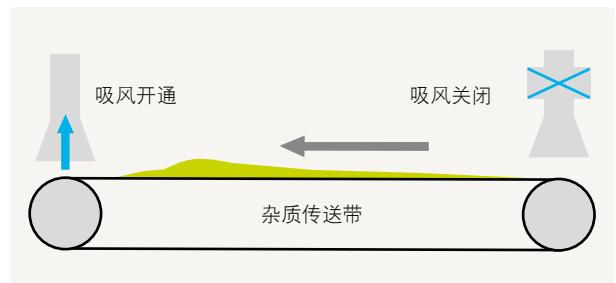


图41 带有吸风装置的杂质传送带

补偿因过滤层不断加厚造成纺纱负压下降的另一个方法是保持负压恒定，即随着过滤层增加不断提高吸风风机的速度，于是负压就会不断增大。纺纱负压由传感器连续监测，并根据过滤器负荷进行调整。然而，随着风机输出功率的提高，能耗也会增加。因而，杂质层的厚度有一个极限，当达到这一极限时，必须手工去除过滤器上的杂质层。通过延长手工清除过滤器的时间间隔，操作人员的工作量可大大减轻。风机除产生纺纱负压外，还产生处理从纺纱器中排除的杂质所必需的抽吸力。从纺纱器中抽出的杂质被放置在杂质传送带上，并通过机器左右两端的吸嘴送入过滤器。吸嘴控制采用这样的方式，即只有传送带朝它运动时，它才处于工作状态。如果传送带改变运动方向，当时正在工作的吸嘴会关闭，而机器对面的吸嘴则会打开。

2.6.2. 机械手的吸风系统

纺纱机械手所必需的负压由车尾箱内的附加风机（图42, 7）产生。机械手的吸风管（8）安装在其内部导轨之间。吸风管在每个纺纱锭位都有一个开口，这个开口能通过翻门保持关闭。当机械手接近某个纺纱锭位时，该锭位的翻门打开，这样就可以给机械手提供负压。“除杂”功能由机器的控制系统控制，当打开过滤箱和清洁过滤箱时，机器控制系统就会使机械手不能定位。

2.7. 操作和控制

机器中央控制面板（图43）是用户控制机器的中央界面，不仅可以用来输入和输出数据，还可以更改机器设置、设定综合质量控制系统的特征值、启动或停止机器及筒子运输系统、设定机械手的行走路线、当机器出现问题及不运转时显示故障原因、及通过显示器显示当前和累计的机器产量、运行性能、质量数据等内容。通过分析停止或失效的纺纱锭位（即断头和质量停车太多的纺纱锭位），为领班或机修工提供工作数据，以便他们能在指导下立即排除机器故障。

在采用变频器传动的机器上，可在控制面板上直接输入相关数值来设定和改变纺纱参数，而无需停下机器费时费力地变换齿轮和塔轮。另一个优点是设定值的输入和改变可在机器运行时完成，这就可以大大减少改变批次和纱支时的停车时间。

数据的输入和查询（在新型系统上）可通过触摸屏（图43）来完成，并通过菜单帮助程序对用户进行引导。同时，触摸屏会以文字数字和/或图形的形式显示数据。在更简单的系统中，数据的输入和查询通过键盘来完成，数据输出通过打印机或显示器来进行。

在纺纱厂中，可通过设定不同的访问密码（纱厂管理人员、维修/服务人员、操作人员等）来管理访问权限。

还有各种菜单可供用户输入和查询机器、产量和质量信息，并有多种显示语言可供选择（图43）。



图43 机器控制面板的触摸屏

如果显示器上显示产量或质量故障，操作人员或维修人员就能根据每台机器的当前产量和质量数据，立即采取必要措施。如果机器与更高级别的数据收集系统连接，纱厂管理人员就能获得综合全面的数据资料，以实现高效的产量和质量监控（参见“2.9. 生产监控”）。

机械手控制面板（图44）的作用与机器控制系统的中央控制面板类似，可通过按钮完成与机械手有关的所有设置和查询，其中设定和优化接头（长度、质量和强度）对操作人员尤为重要。



图44 机械手控制面板

操作面板上所显示的每次接头过程中的接头数量，以及断头或质量停车后接头或空管上接头时的机械手效率数据是优化设置的关键资料，并且还能指示出总的纺纱状况（如原料质量、纱线参数、纺纱部件、转速和速度等）是否得到了恰当协调。

2.8. 质量控制系统

与环锭纱相比，转杯纱的纱疵要少得多，这一事实对转杯纺纱系统的成功有着重要贡献。对乌斯特统计资料的比较表明，即使在转杯纺纱速度比环锭纺高10倍的情况下，转杯纱的粗节、细节和棉结数也明显低于环锭纱，而且纱支越细，这种差异就越大，其中的原因是由于转杯中的后并作用（后并均衡了质量变异）（参见“5.1.2. 转杯凝聚槽内的纤维凝聚（后并）”）及不使用罗拉牵伸系统对纤维进行引导和控制。此外，与环锭纱的交叉卷绕卷装相比，转杯纱的筒子中仅有少量接头。在转杯纺纱厂中，一个4-5公斤的交叉卷绕筒子，在正常断头率的情况下与纺纱有关的接头不超过3-5个。然而，在络筒机上生产的一个3公斤环锭纱交叉卷绕筒子就含有30-40个接头，这是由与系统有关的管纱接头加上因清除纱疵产生的一定数量的接头引起的，很快接头总数就会超过50个（每个筒子上的捻接数或打结数）。

这也是多年来转杯纱可以不经过清纱而直接用于后道加工的重要原因。然而，如今的质量标准不再允许这样做了，现在对转杯纱的质量要求已经有了很大提高。例如，品牌牛仔布产品（如牛仔裤、衬衫等）的生产厂家就对纱线和织物质量制定了严格规定，只有通过质量检测的纱线才能用于加工生产。

因此，质量控制系统很快就成为高性能转杯纺纱机的组成部分。当那些采用订单制生产的纺纱厂首先采用通过质量检测的纱线来形成其产品优势时，越来越多的综合型纺织厂也开始在后道加工中使用经过质量检测和电子清纱器的纱线，在生产高档机织物和针织物时更是如此。

在某些情况下，全球质量控制系统的主要供应商（例如，生产Uster Quantum Clearer[®]电子清纱器的乌斯特公司和生产BarcoProfile电子清纱器的Barco公司）采用了不同的检测系统，但是却在很大程度上提供了可比较的性能范围：

- 根据可调整的清纱极限，检测、计数并清除有害纱疵；
- 对根据纱疵分级未清除的纱疵（无害纱疵）进行计数；
- 检测并清除异性物质（异性纤维）；
- 测试纺织纱线的主要物理特性：纱线条干不匀率、常发性纱疵和偶发性纱疵（乌斯特纱疵分级仪纱疵）（不包括纱线强度和伸长率）。

操作人员可随时调取每个纺纱锭位所有批次的质量数据。如果出现质量变异可根据需要立即采取必要的干预措施。

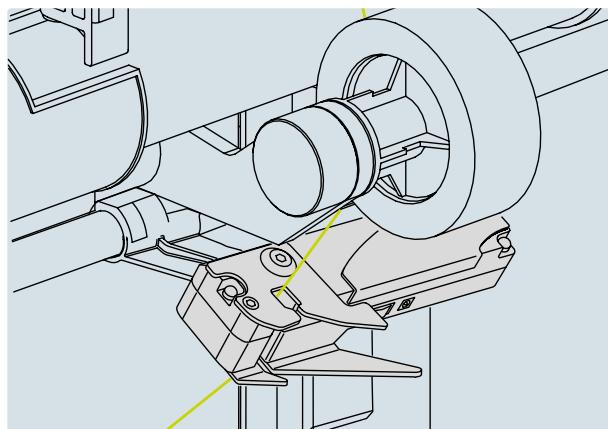


图45 Uster Quantum Clearer电子清纱器

2.8.1. 作为转杯纺纱机整体组成部分的质量控制系统

乌斯特Uster Quantum Clearer[®]电子清纱器（图45）和Barco公司的BarcoProfile[®]质量控制系统（图46）通常是转杯纺纱机的组成部分，可通过中央操作控制面板进行调节和操作，并能检索和显示所有相关的质量数据。

乌斯特Uster Quantum Clearer[®]电子清纱器可选用电容式或光学式检测头进行质量控制。通过集成在电容式或光学式检测头上的光学传感器可以检测纱线上的异性物质。BarcoProfile电子清纱器只采用光学检测原理进行质量控制，并检测异性物质。用于检测异性物质的传感器单独安装在引纱管上，而不是安装在检测头中。这样做的优点是传感器的运行和改造不受清纱器模块的影响。

转杯纺纱机的每个纺纱锭位都安装有电容式或光学式检测头，这些检测头直接与中央分析装置以及机器的控制系统相连接。如果在检测头的检测区检测到纱疵超过了预设的清纱极限，那么这个纺纱锭位会被立即关闭。当有疵点的纱段被拉出筒子并被切除后，这个纺纱锭位才重新开始纺纱。

2.8.2. 检测方法比较

采用电容式检测原理时，记录单位长度的重量，即检测槽中纤维原料的质量；采用光学式检测原理时，检测信号对应于被测物的外部轮廓，即纱线的直径。这两种检测原理的性能和差异在表2和表3中说明。

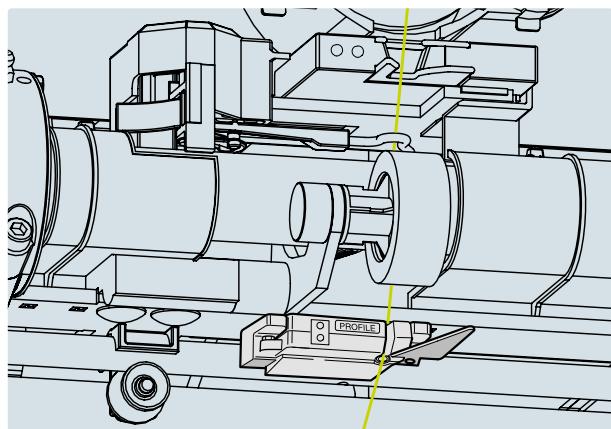


图46 Barco Profile电子清纱器

纱线		电容式检测原理	光学式检测原理
正常纱线		0 %基准值	0 %基准值
横截面是正常纱线两倍的粗节		横截面增加 : +100 %	直径增加 : +42 %
横截面是正常纱线一半的细节		直径减小 : -50 %	直径减小 : -29 %

表2 不同检测原理的灵敏度

	电容式检测原理	光学式检测原理
特性 · 纱线	检测信号对应于纱线质量, 或纤维根数	检测信号对应于纱线直径
影响因素 · 纤维	不能检测含有导电纤维的纱线	可检测所有纤维
· 染色纱	对检测无影响	深色纱线可能需要其它设置
· 纤维	对检测无影响	对检测无影响
· 湿度	湿度变化对检测有影响	湿度对检测无影响 : 非常干的纱线呈现较多的毛羽 – 因而直径较大 – 可能被误切

表3 不同检测原理的特性

2.9. 生产监控

一套纺纱设备有40台、50台或更多机器的转杯纺纱厂绝不少见，这些机器通常可加工范围很广的各种纱线，这就不可避免地提高了对高效生产和质量监控的要求。然而，与此形成对比的是，在现代的、完全合理化的纺纱厂中，员工数量却一直在减少（每个操作和维修人员分管更多的机器、管理机构得到精简等）。

一个纺纱厂的机器数量越多，原料和产品多样化方面的物流越复杂，综合生产监控就越重要（不受员工变化影响）。只有随时可以获得最新、最完整的机器、生产和质量数据时，才能保证综合生产监控的实施。任何监控数据的遗漏都将产生严重的后果：在生产过程中，每一个未被检测到的故障都会导致机器效率和产量的降低，并直接导致生产成本增加。在新型高产转杯纺纱机上，如果不能马上发现有缺陷的纱线产品，很快就会生产出大量不能用的、或质量严重下降的纱线。如果这种疵纱已交货，并且在成品布中才被检测出来，就会造成对成品的额外索赔。

由机器制造商和其它供应商提供的生产监控系统在市场上已经存在多年，它们通常由一个中央控制计算机和一些用于数据输出的外围设备（打印机和显示器）组成。在纺纱厂中，每一台配备必需的传感器的转杯纺纱机或其它任何机器，都通过电缆与中央控制计算机直接相连（见图47）。在很短的时间间隔内，从机器和纺纱锭位传来的所有信号都得到扫描、存储和处理。与机器生产不同的是，中央控制计算机具有存储功能，可对生产和质量数据进行长期分析。

所有重要的机器生产数据和质量数据都能以表格和图形的方式获得，这些数据包括速度、效率、停车及其产生原因，以及许多其它数据。

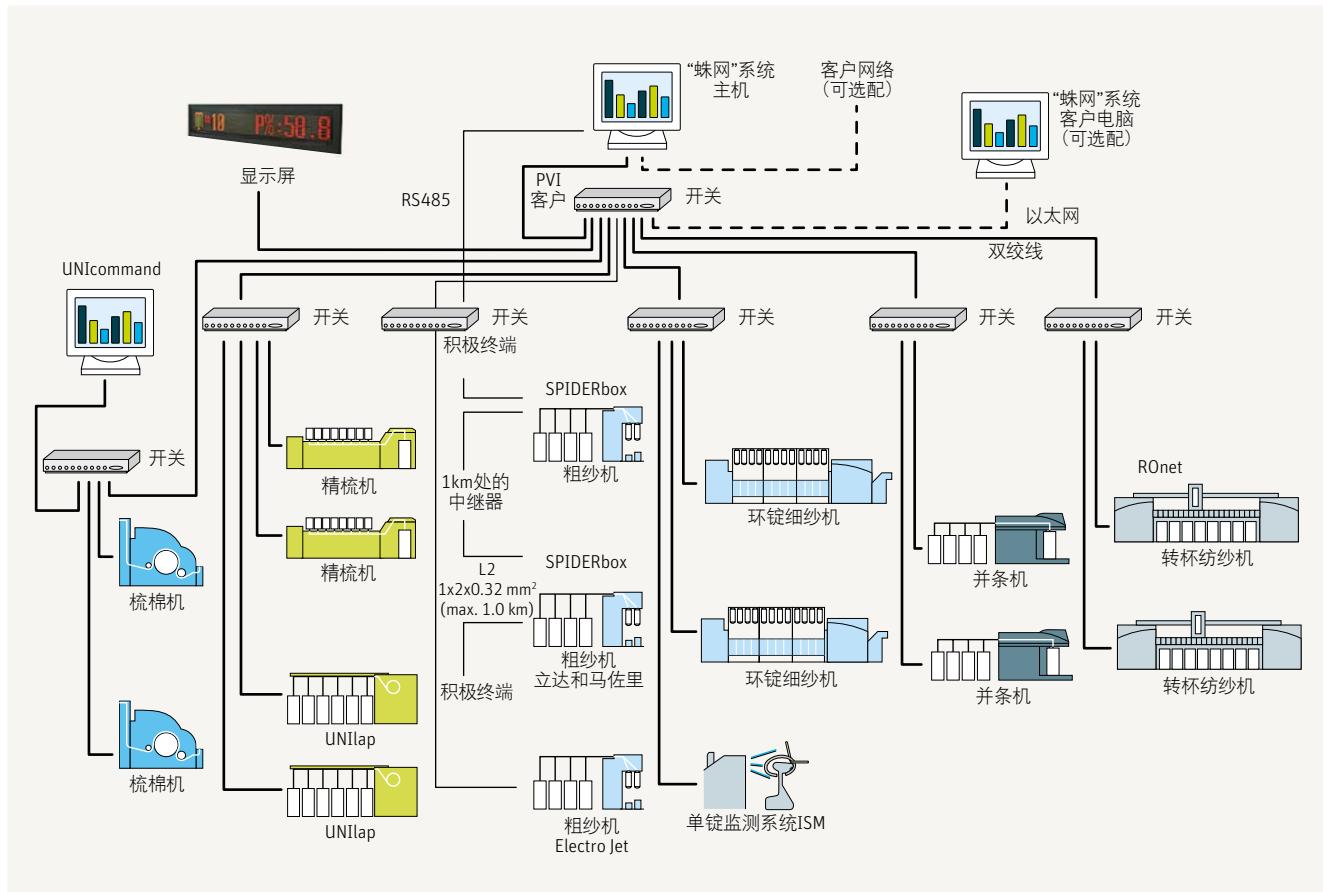


图47 生产监控系统图；带有外围设备并与生产机器连接的中央计算机

根据上述标准，可打印单机和机组报告。报告可以在轮班结束时，或是在需要时自动打印出来。未能达到规定的基准效率或者超过某些预设标准（断头、质量停车等）的机器或纺纱锭位会被单独列出来。

纱厂的管理人员可以利用这些信息来分析产量、生产率和质量，并以此作为员工和生产技术方面调整的决策依据。例如，当订单出现瓶颈时对机器分配进行改变；当原料质量和纺纱准备工序忽然发生变化时对机器设置进行调整等。

原料计划部门可以利用这些信息购买原料（基于成本/效益标准来选择原料质量）、按照纺纱厂的生产率计划原料流量、按照纱线质量要求确定纺纱参数（转杯速度、纱线捻度等）、并监控订单处理（生产的公斤数、完成的筒子数等）。

未能达到效率要求、或超过一定的断头率或质量停车次数的机台资料，随时都可供领班或轮班长使用。因此，领班或机修工能重点监控这些运转不良的机器和纺纱锭位，并及时采取适当措施。

维修服务人员可以收到有关处于停顿状态、运行不良或不运转的纺纱锭位的报告，或机械手效率达不到要求等报告，并立即采取必要措施。基于转杯纺纱机的运行时间，可对机器和机械手的定期维修保养制定计划、实施维护并进行监控。

3. 机器和运输自动化

当降低生产成本、提高产品质量及生产灵活性方面的压力特别大时，就需要开发并采用机器自动操作系统以及机器之间的自动运输系统，纺织行业如此，纺纱行业更是如此。因而，近年来机器自动化和运输自动化成为纺纱工艺过程的组成部分就不足为奇了。

转杯纺自动化尤其非常先进（至少与其它纺纱工艺相比是如此），自动化不仅体现在转杯纺纱机本身（如转杯清洁、接头、空管运输、落筒换管等），而且也体现在从梳棉机到并条机、再到转杯纺纱机、一直到全自动落筒或筒子堆放等各工序之间的运输自动化。梳棉机和并条机之间及各道并条机之间的自动运输系统在本系列丛书的相关卷册中已有详细论述，这里就不再赘言了。

3.1. 转杯纺中的机器自动化

近年来，转杯纺纱机的自动操作系统已经成为高性能转杯纺纱机的组成部分，自动化系统被开发用于下述几个阶段的所有人工操作：

- 从新的条筒中自动抓取条子头端，并将其引入纺纱器中（目前仅在某些情况下采用）；
- 在断头、质量停车或落筒换管后，自动清洁转杯、假捻盘和引纱管；
- 在断头、质量停车或落筒换管后，自动接头（启动）；
- 当达到预设的纱线长度后，自动落下满纱筒并换上空筒管；
- 自动将空管喂给机械手以便落筒换管；
- 可编程的批次结束/批次改变；
- 在机器末端自动排放落下的筒子；
- 自动或半自动清洁过滤器。

发生故障时，通过自动监测和干预，可把人工操作降低到最低程度，或取代人工操作。然而，自动化的重要性绝不仅限于节省操作人员和人工成本方面，自动化对产品质量（即纱线质量）也有重要影响。例如，断头后自动接头可获得以下优势：

- 在转杯高速转动（大于100 000 r/min）的情况下，已不再可能进行人工接头。
- 人工接头的接头平均强度不超过原纱条强度的40%，而自动接头的接头强度可达到原纱条强度的100%。
- 由于现在电子清纱器已是转杯纺纱机上的标准部件，因此只要清纱后的接头质量不比所清除纱疵的质量差，纱疵就值得清除（接头粗且强力低是手工接头的结果）。只有能控制纤维喂入并同步引出纱线的接头系统才能产生在纱线和最终产品中看不见的接头，因此才允许使用更精细的清纱设置。
- 均匀一致的接头质量对经济的转杯纱后道加工至关重要，这只有通过工艺控制和可重现参数设置产生的接头才能得以保证。
- 最后且同样重要的一点是，在自动转杯纺纱机每次断头或落筒换管之后，必然会进行转杯凝聚槽的彻底清洁，这样就减小了纱线质量逐渐下降的风险。

在实际生产中，机器自动化有两种类型：

- 集成自动化。在这种自动化中，所有操作功能（转杯清洁、接断头、落筒换管）都集成在一个机械手中（图48）。落筒换管和随后的重启纺纱锭位是作为一个操作步骤完成的。
- 独立操作装置自动化。在这种自动化中，纺纱启动（断头或落筒换管之后）通过一个接头机械手完成，而带底纱筒管（不是空管）的运输和落筒换管则由第二个机械手完成。采用独立运转的机械手和使用带底纱筒管之间没有必然联系，但这种自动化系统要使用带底纱筒管，这就形成了技术上的复杂性（增加带底纱筒管装置、带底纱筒管的运输等），这也可能是以前供应独立操作机械手的制造商如今采用集成机器自动化系统的原因。

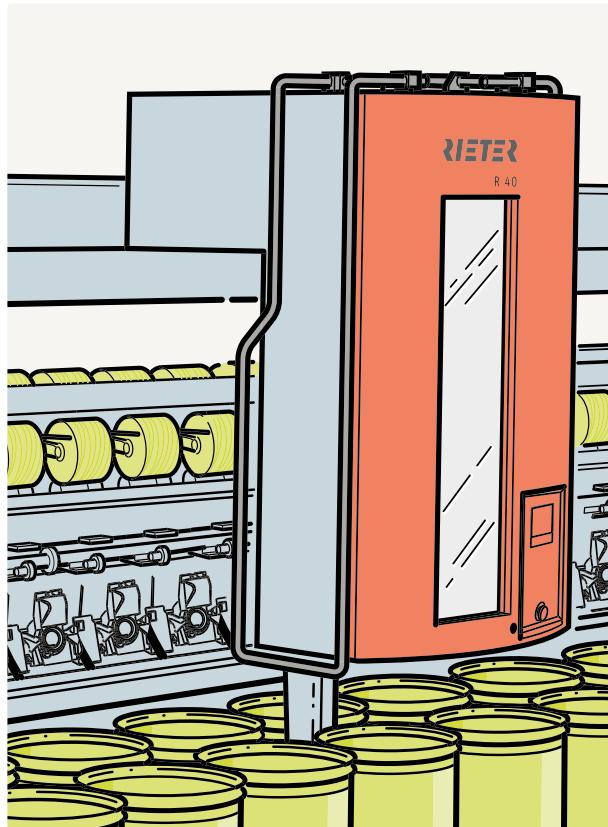


图48 新型高性能转杯纺纱机上的操作机械手

操作机械手可采用机械/电子传动和控制，也可采用气动/电子传动和控制，其模块化设计极大地简化了维修和保养。在落筒换管和随后重启纺纱的过程中，气动控制机械手的模块化结构允许各项功能同步进行。在断头或质量停车后只需不到25秒的时间就可完成全部接头过程。机械手以0.4 m/s的速度行走。

3.1.1. 操作机械手的应用选择

转杯纺纱机可配备多达4个机械手（机器每面可达两个），其行走路线通常是这样的：机械手在一定的工作范围内来回移动，依次处理行走方向上需要干预的所有纺纱锭位。机械手的行走路线可根据机器的运行状况加以优化。

3.1.1.1. 配备一个操作机械手的机器

每台机器配一个机械手（如果有的话）仅对短机器来说是经济合理的。在启动纺纱、断头累积、或落筒换管期间，依靠一个机械手来处理所有纺纱锭位会需要很长时间。如果机械手需要检修，就不能处理断头，也不能落筒换管。仅用一个机械手的低成本优势往往不足以弥补长时间停车造成的效率降低。

3.1.1.2. 配备两个操作机械手的机器

在目前常见的240 - 280头机器上，两个操作机械手（机器每面各一个）通常就足以高效地满足纺纱锭位的需求。每个机械手负责一面机器，当一个机械手进行维修保养时，通过编制程序也可以使第二个机械手服务另一面机器（图49）。在这种情况下，机械手经过车头上的环路从机器的一面转到另一面，这样就使得因纺纱锭位停止产生的停车时间减少了一半。在这种机器长度上，采用4个机械只有在极端的纺纱条件下（例如，兼具粗支纱、小卷装和高输出速度等特点）才能显著提高生产效率，才有必要再增加两个机械手。

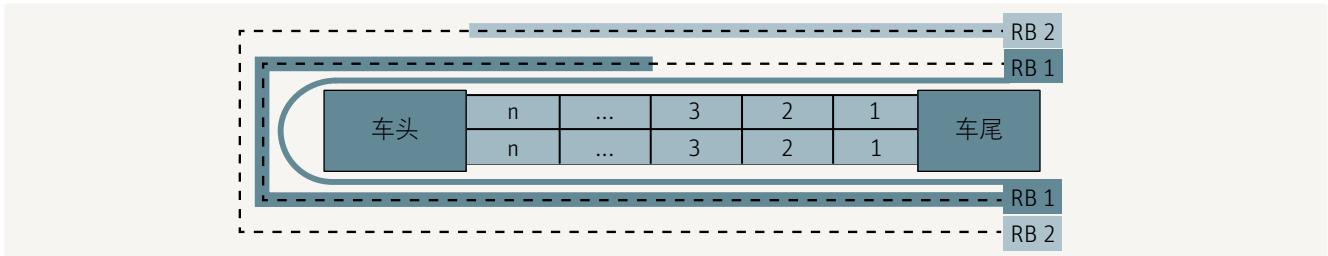


图49 机器的每一面采用一个机械手的行走路线：每一个机械手也能服务机器的另一面

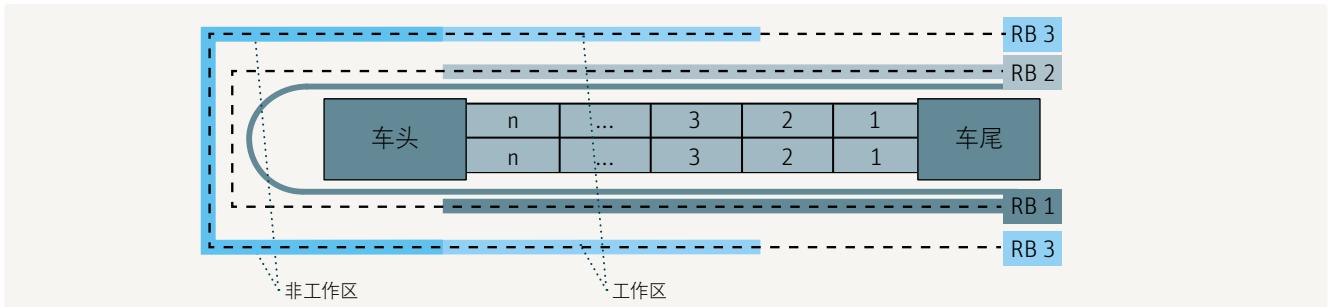


图50 采用三个机械手的行走路线。机器每一面配一个机械手，3号机械手交替服务机器的两面

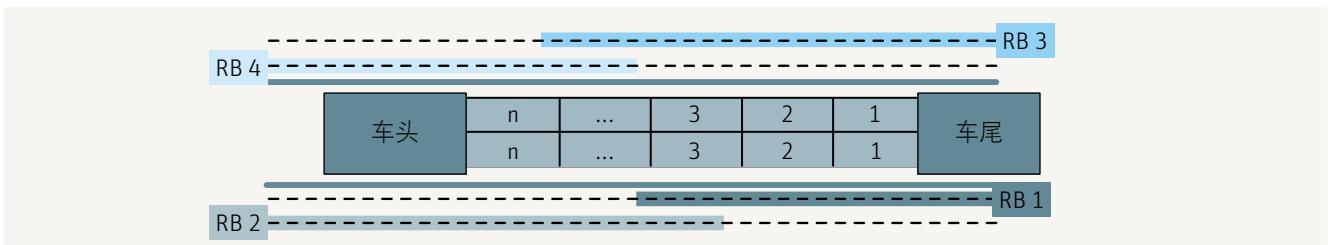


图52 机器每面配备两个机械手时的行走路线

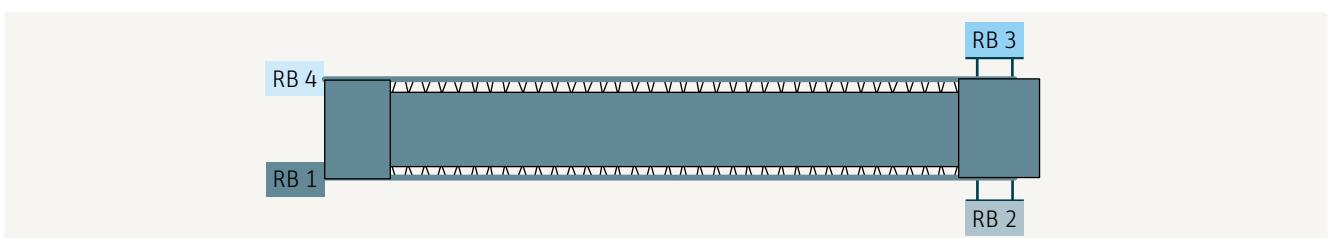


图53 带有四个机械手服务站的转杯纺纱机

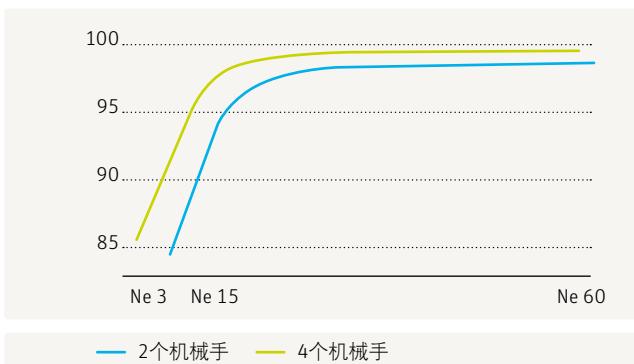


图51 配备两个和四个机械手时的机器效率

当机器配2个和4个机械手时，可以采用下面的方法控制机械手，以优化行走路线：在原先的行走方向上，如果没有需要服务的纺纱锭位，则该机械手会改变其行走方向。所有机械手控制指令都通过机器控制面板输入。

3.1.1.3. 配备三个操作机械手的机器

从理论上讲，每台机器采用3个机械手是可行的（图50）。两个机械手（RB 1和RB 2）各服务机器一面，第三个机械手（RB 3）则在机器两面交替工作来为另外两个机械手提供帮助。然而，由于第三个机械手通过环路从机器的一面到另一面所行走的距离很长（相当于其工作行程的1/4），因此对效率的增加有限。这种方法存在一个严重缺点：由于第三个机械手绕车端环路频繁地来回移动，这就严重干扰了机器尾端的工作，例如，落下满纱筒。到目前为止，每台机器配3个机械手的方法在纺纱厂并不常用。

3.1.1.4. 配备四个操作机械手的机器

对于多达500头的超长转杯纺纱机来说，配备4个机械手（机器每面各两个）是必不可少的，这样即使在小卷装、高输出速度或高断头率的情况下，也可以达到最大的机器效率。原料处理量越大，即落筒换管越频繁，通过使用4个机械手获得的效率增加也就越高（见图51）。

机器每面配两个机械手，每个机械手行走一定长度，行走区在机器中部有一定重叠（图52）。机械手的中央控制系统确保两个机械手不会发生碰撞。不需要机器尾端的环路和机械手在机器另一面运行。如果一个机械手处于维修中，那么另一个机械手就负责机器的整个一面。每个机械手在车头或车尾有一个服务站（如图53所示），服务站在机械手行走范围之外，不会妨碍机械手工作。

可以对机械手编程，使两个机械手服务的机器节有一个或多个重叠，这样做很有好处，尤其当一个机器节有大量卷装需要更换时。也可以采用如下方式控制机械手：如果在原来的行走方向上没有需要机械手服务的纺纱锭位，那么这个机械手就改变行走方向。所有机械手控制指令都通过机器控制面板输入。

3.1.2. 自动接头

断头或落筒换管之后，纺纱锭位上中断的纺纱过程必须重新启动。就纺纱技术而言，这需要将反向引入转杯的纱尾与凝聚槽内的纤维环搭接。接头的质量与纱线本身的质量同样重要，因为这两者在很大程度上决定了纱线的市场价值。接头质量基本上取决于下列因素：

- 接头强度占原纱强度的百分比；
- 接头之间的强度变异（接头强度的CV%）；
- 接头粗度（直径或质量）；
- 接头长度；
- 接头的重复精确性。

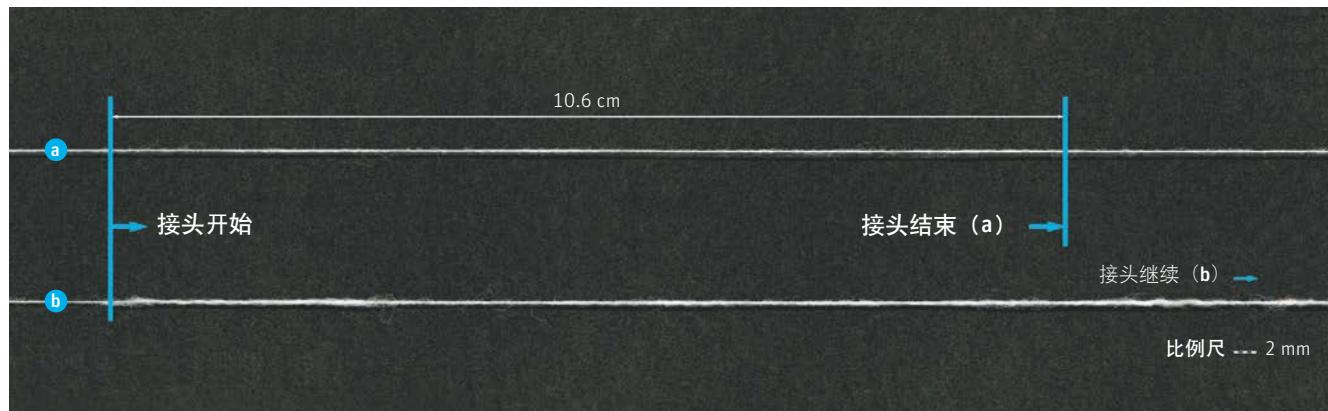


图54 接头质量 (Ne 30, 捻系数 $\alpha_n = 4.6$, 100 %棉)
a) 采用处理器控制机械手系统时的接头质量
b) 采用机械控制机械手时的接头质量

每个质量过大的接头在最终织物中都是有害的，并会降低织物质量。粗节越长，对织物外观的影响就越大。太粗的接头通常强度很低，这是因为该处的捻度太小，这还会在后道加工中造成问题。有缺陷的接头通常会导致优质纱线大幅贬值。

实际上，强度高且外观如原纱般的接头只能通过处理器控制的机械手系统产生，因为接头各步骤的时间精度必须控制在毫秒范围内。通过控制纤维喂入和同步引纱可产生无痕接头，在纱线上和最终产品上都看不出接头。从图54可以看出，采用处理器控制机械手代替机械/电气控制机械手产生的接头质量改进十分明显。重复精确性通过精确控制转杯速度和纤维流来达到。在转杯高速运转时，接头系统确保能够承受高纺纱张力的高强度接头，相关内容请参见“3.1.2.3. 接头速度与接头质量”。

断头或质量停车后的接头过程（参见“3.1.2.1. 断头和质量停车后的自动接头”）和落筒换管后的接头过程（参见“3.1.2.2. 落筒换管后的自动接头”）在某些功能步骤上有所不同。

3.1.2.1. 断头和质量停车后的自动接头

断头或质量停车之后，纺纱锭位的条子喂入被立即中断（来自纱线监测器的信号使喂给罗拉脱开），以防止纤维原料喂入超出转杯运转负荷。筒子从卷绕罗拉上抬起，以防止纱线层破坏。通过机器控制系统触发机械手。

人工排除故障后，因质量报警或维修而停止、并已向机器控制系统报告的纺纱锭位不会重新启动。机械手通过传感器发现因缺条子而被停止的纺纱锭位，在新的条子喂入之前，机械手不会对该纺纱锭位进行操作。

在机械手准确定位之后，接头过程开始。在喂给罗拉和喂给板之间等待的条子头端很快进入分梳辊区，以清除短纤维和受损纤维。此后，条子立即退出，以防止条子头端中的纤维再次受损。

接着，利用精确气流对转杯内壁和凝聚槽进行彻底的气动清洁，必要时用刮刀再次清洁转杯凝聚槽，然后采用压缩空气将清除的沉积物吹出并排除。

线尾被引出筒子并通过引纱管反向引入转杯内（图55-步骤A）。同时，开始喂入条子，并将纤维在控制状态下喂入转杯（取决于转杯速度）。在转杯凝聚槽内，纱尾与喂入纤维搭接，转杯的转动给搭接区加上捻度。随后，纤维喂入转杯，从转杯中引出纱线也同步开始（步骤B）。纱线在转杯中保留的长度和接头区加上的捻度由纱线的引出时间决定。

在接头形成之后，转杯被加速到满速，接头过程结束。在接头被卷绕到筒子上之前，每个接头都要经过质量电子检测（电容式）或直径电子检测（光学式）（步骤C）。如果接头超过了预设极限，纺纱过程将再次中断（条子喂入停止），上述接头过程重复进行。

自动接头的成功率几乎为100%，第一次接头的成功率在80%到90%之间，而剩余纺纱锭位在第二次接头后通常能重新启动（接头次数可设置为1到3之间）。不成功的接头次数不超过1%，并通过纺纱锭位上的信号灯加以显示。

3.1.2.2. 落筒换管后的自动接头

与断头或质量停车后的接头相比，在落筒换管之后，筒子架的筒管上没有可用来接头的纱线。这意味着为了重新启动纺纱过程，在纺纱锭位上必须使用“外来纱线”来接头。

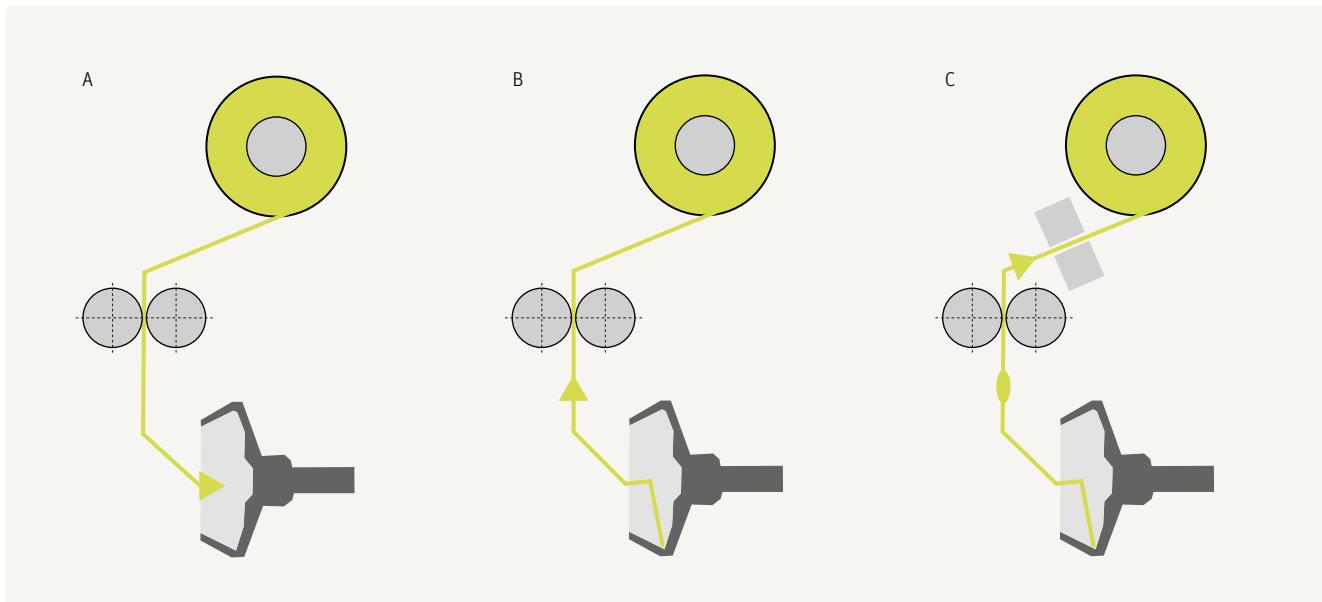


图55 断头或质量停车后的自动接头

- A 纱尾被引出筒子并引入转杯，同时开始喂入纤维
 B 在处理器控制下形成接头，并开始引出纱线
 C 接头经过电子检测，然后被卷绕到筒子上

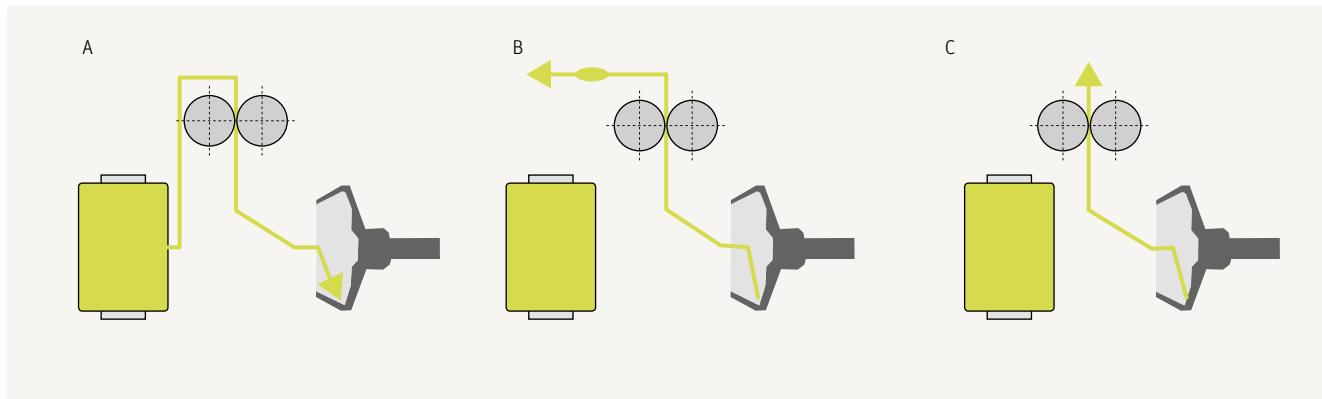


图56 落筒换管后的自动接头

- A 从机械手携带的筒子上引出接头纱，并喂入转杯以形成接头
 B 接头纱和接头由机械手引出
 C 纱线继续由机械手控制，并卷绕到空管上

在空管上接头时，用来接头的种子纱来自机械手携带的筒子。用空管更换满纱筒并清洁转杯后，从种子纱筒上引出的纱线被反向引入转杯，纤维也开始喂入转杯并形成接头（图56-步骤A）。这种系统的独特

优势是种子纱和接头均由机械手引出并喂入过滤器中（步骤B）。新形成的原纱也进入机械手的引出装置，并以固定纱线储备的形式（首层纱线被后来的纱层覆盖，纱尾保持自由状态）由机械手转移到空管上（步骤C）。

在空管上接头的突出优点是：

- 可以选择“接头友好”的纱线来接头，例如强度高、不太细的纱线等，因为接头纱（包括接头）会被剪下和清除，不会卷绕到筒子上。
- 可以调整接头质量和强度，因此可以实现高接头强度、高接头成功率。接头的长度和质量无关紧要，因为接头会被清除掉。在许多情况下，落筒换管后的接头成功率是100 %。
- 在空管上接头时，只有原纱被卷绕到筒子上，因此在后道加工中不会发生接头纱和接头引起的问题。

采用带底纱筒管接头：落筒换管后重启纺纱过程，可在筒管握持器中放入预卷绕的带底纱筒管（带有20 - 50米的原纱），并用该筒管上的纱尾接头。在这种情况下，落筒换管后的接头与断头或质量停车后的接头相同（参见上述相关内容）。接头所需要的带底纱筒管由安装于传动端的打底纱装置生产，并通过转移装置传送到停靠在其上的自动落纱装置。带底纱筒管的数量决定了行走一次可能进行落筒换管的数量。当所有带底纱筒管都用完时，落纱装置返回中转站，装载新的带底纱筒管。当需要频繁落筒换管时（小卷装，例如染色筒子；运行时间短的粗支纱筒子），可采用附加传送装置来为运转中的自动落纱装置提供带底纱筒管。

然而，由于各种因素，采用带底纱筒管接头也存在下列问题：

- 带底纱筒管必须使用原纱。为此，在机器开始运转之前必须生产数只筒子（这需要花费时间），或者必须使用之前生产的储备筒子。
- 生产带底纱筒管会牵涉大量技术工作（检修、保养），还需要打底纱装置、带底纱筒管中转站、以及某些情况下的附加传送装置。
- 带底纱筒管上纱线的卷绕方向与成纱卷绕方向相反。在最终产品/染色方法比较敏感时，这种方向上的差异会显现出来。
- 与空管上接头生产的筒子相比，这种系统的一个严重缺点是每个筒子上都包含一个额外的接头。在生产粗支纱（例如牛仔纱）时，起绕接头数会超过与纺纱有关的接头数（断头或质量停车后的接头）。
- 即使技术上设计独特的接头系统能够产生高质量接头，也必须尽量减少每个筒子上的接头数。无论原因何在，质量差的接头都是纱线中潜在的强力弱环。

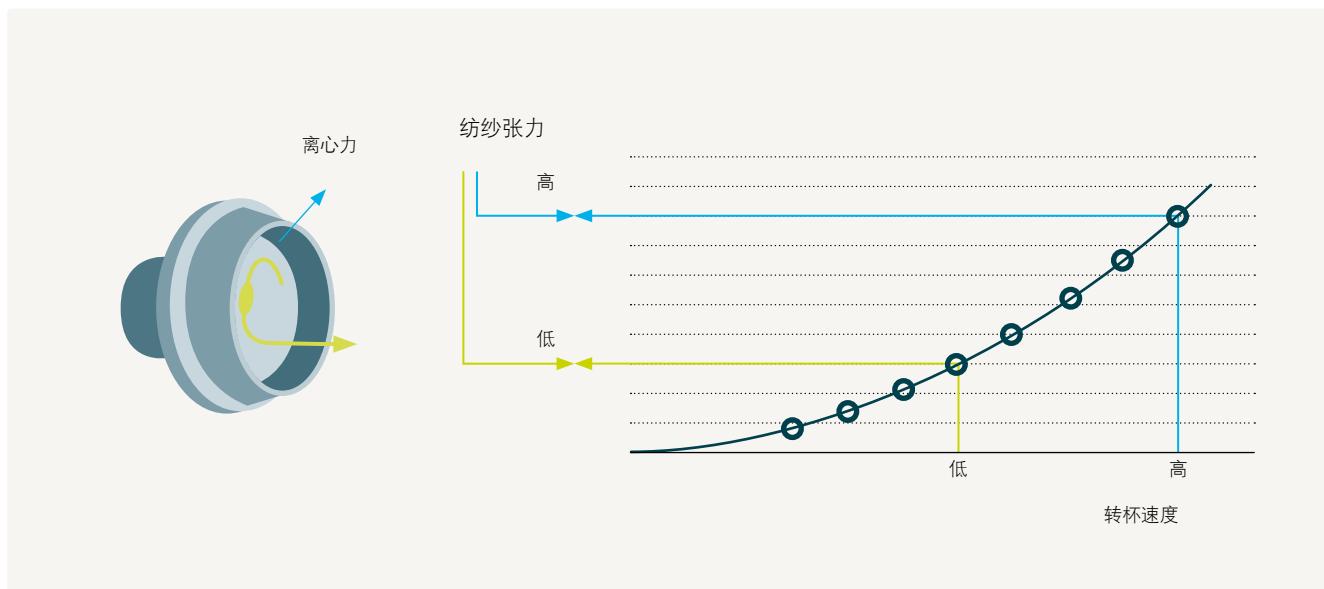


图57 接头速度对纺纱张力和接头强度的影响

3.1.2.3. 接头速度与接头质量

在高转杯速度（即正常纺纱速度的80 %至100 %）下完成接头过程的接头系统，通过引纱过程中的高纺纱张力确保获得高强度接头（图57）。接头过程中接头转杯速度由原料和纱线结构决定。接头速度越低，纺纱张力越低，则低强度接头在接头后保留下并卷绕到筒子上的风险就越大。实践证明，勉强在接头过程中保留下来的接头，在后道加工中造成的花费是非常高的。因而，高速接头产生的强力检测作用很有好处，因为在纺纱锭位上没有检测接头强力的监测系统。然而，电容式或光学式质量控制系统具有检查接头质量的特殊监测通道。如果接头超过纤维质量或纤维厚度极限（可调节）时，纺纱过程会再次立即停止。机械手把带有非常粗接头的一段纱线拉出筒子并除掉，然后重复接头过程。

如果高速接头是高强度接头的标准，那么恒速接头就是保持接头粗度和长度均匀一致的先决条件（图58）。这与在转杯加速时完成接头过程的系统是相反的（图59）。因为转杯轴是通过龙带摩擦传动的，所以纺纱锭位之间的速度差是不可避免的，这是由于在接头过程中，尤其是在转杯加速期间，龙带与不同转杯轴之间的打滑程度不同。纺纱锭位间的速度差对接头质量和长度具有直接影响，甚至还会影接头强力。

图60给出了一系列检测结果，以百分比表示出自动接头的强度和伸长率与相应纱线值的比较。除个别检测值外，接头的波动范围几乎与正常纱线值相同。而且，即使是强度最低的接头，其强度也远高于后道加工要求的最小接头强度的60 %以上（与平均纱线强度相比）。

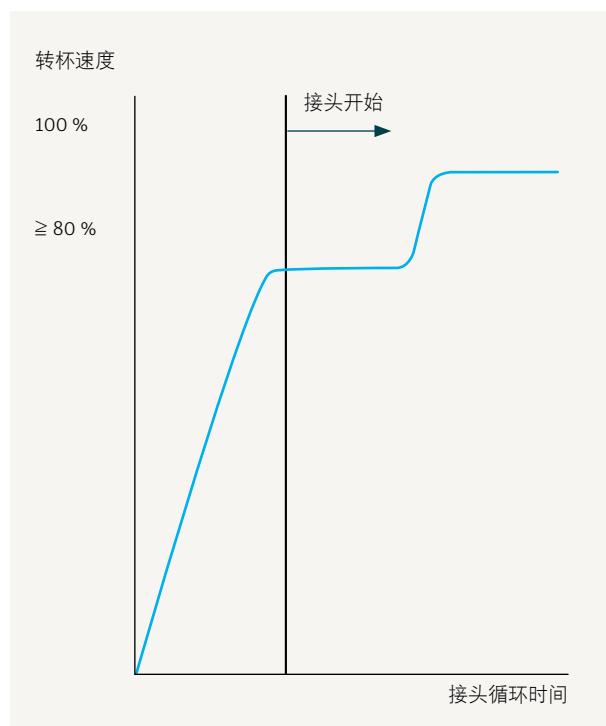


图58 恒定、高转杯速度下的自动接头

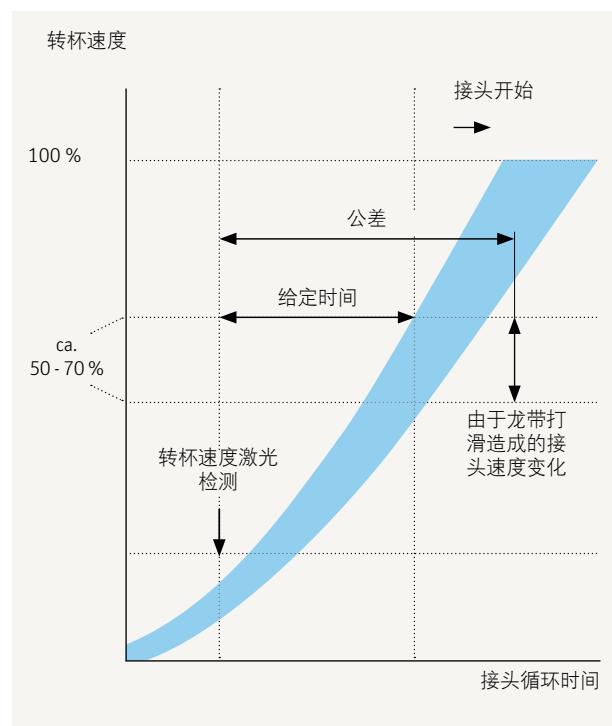


图59 转杯加速过程中的自动接头

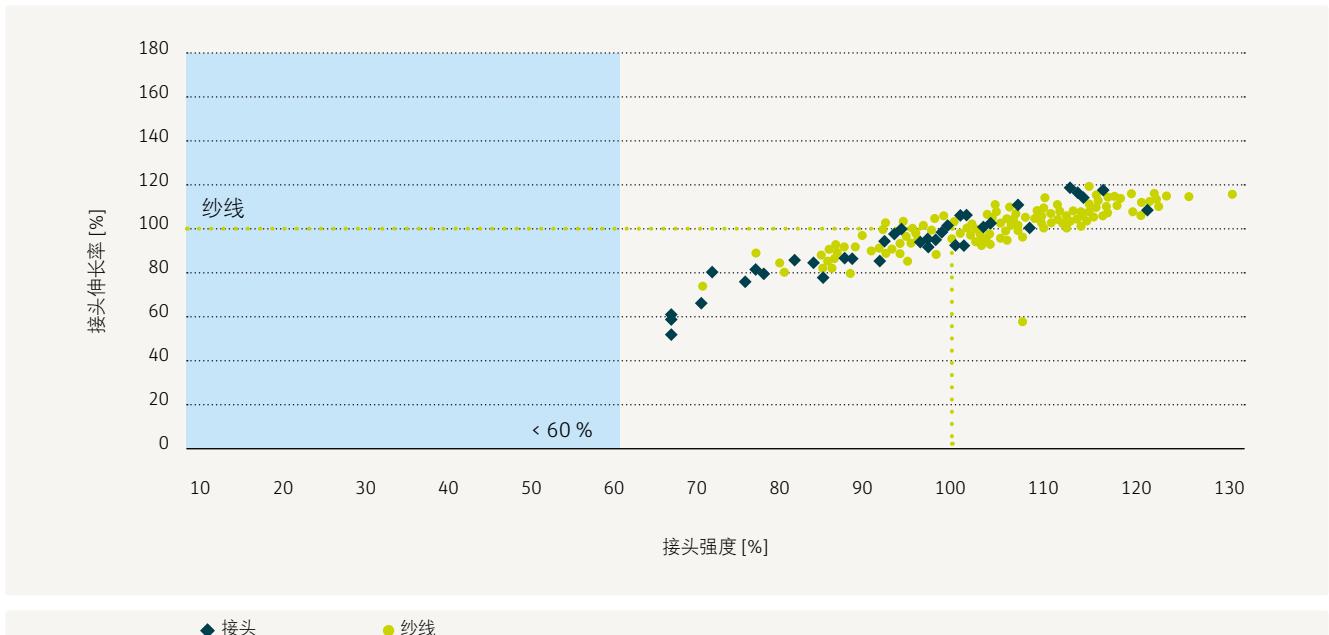


图60 接头强度和伸长率与相应纱线值的比较

3.1.3. 人工操作机器上的半自动接头系统

即使由熟练操作工接头，接头质量、长度及强度的变化也非常大，因而远远不能满足国际质量标准的要求。这就意味着，因为不合格的接头质量，高质量纱线在后道加工中也不会被接受和使用。

这就是近年来人工操作机器采用半自动接头工艺的原因，这种接头工艺已大大缩小了与自动接头工艺之间的接头质量差距。断头后的接头由以下操作步骤组成（图61）：

人工将纱尾拉出筒子、将其切到相应的长度，然后通过引纱管将其引入此前清洁过的转杯中。

开始喂入条子，使纤维在转杯中形成纤维环，随后从转杯中引出纱线，并且通过按钮启动电子控制的筒子卷绕。该系统的另一个特点是当条子开始喂入时，首先除掉条子头端梳理出的纤维（其中一些是受损纤维），然后才将纤维流输送到转杯中。

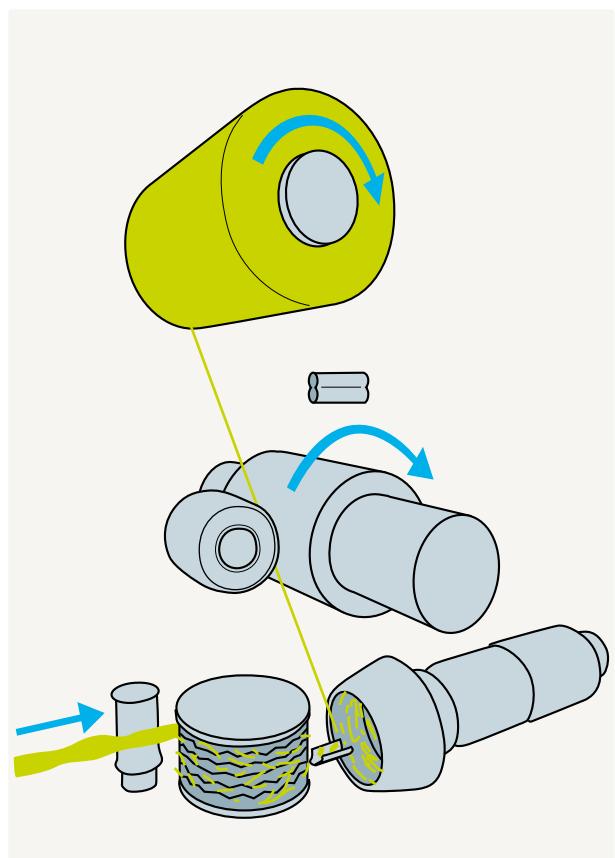


图61 AMIspin半自动接头系统

3.1.4. 自动落筒换管

当达到预先设定的纱线长度或筒子直径时，全自动转杯纺纱机上的落筒换管被启动。精确的电子长度检测装置使筒子与筒子之间纱线长度的差异保持在一个很小的偏差范围内，通常为 $\pm 0.5\%$ 。而当筒子直径达到一定值时机械停车则不太精确，因为不同纺纱锭位上的卷绕条件（纱线张力、锭子打滑等的差异）不同，筒子直径和纱线卷绕长度就会产生差异。

自动落筒换管的问题已通过不同方式得到解决。在有的系统中，落下满纱筒和在空管上启动纺纱是通过一个操作步骤完成的（集成自动化）。而在另一种系统中，落下满纱筒以及随后的启动纺纱是由两个独立工作的机械手通过两个操作步骤完成的。启动纺纱在空管上进行，但需要使用机器尾端的预卷绕带底纱筒管。尽管现在所有全自动转杯纺纱系统制造商都提供集成自动化系统，但在全球范围内，仍有很多机器、包括较新的机器都是采用独立机械手来运行的。因此，下面将对这两种系统进行更详细的论述。

3.1.4.1. 落筒换管和在空管上启动纺纱一步完成（集成自动化）

当筒子达到了预先设定的纱线长度时，通过电子长度检测装置关掉纺纱锭位。同时，通过机器控制系统触发机械手。如果采用附加增量长度，筒子在达到参考长度之后继续运行，直到机械手在其控制行程中靠近纺纱锭位（优点：没有因满筒而停止的纺纱锭位）时才关掉纺纱锭位，并立即开始落筒换管过程。机械手将满纱筒放到位于机器中央的筒子传送带上，同时在空管上启动纺纱（参见“3.1.2.2. 落筒换管后的自动接头”）。

3.1.4.2. 落筒换管和采用带底纱筒管启动纺纱通过两步操作完成

如果用两个独立工作的机械手来完成“落筒换管”和“落筒换管后启动纺纱”操作，这两个操作也只能连续完成，而不能同步完成。

由机器控制装置触发的落筒换管机械手（自动落纱装置）将满纱筒放到位于机器中央的筒子传送带上，并换上一只它携带的预先卷绕好的带底纱筒管。

该纺纱锭位处于停止状态，直到接头机械手（自动接头装置）已完成该纺纱锭位的工作，并且将带底纱筒管上的纱尾重新引入转杯并开始喂入条子，该纺纱锭位才开始启动纺纱。

在这种方法中，被服务的纺纱锭位必须等待自动落纱装置和自动接头装置完成工作，因此，与集成自动化方式中的一个等待时间相比，这种情况受到两个等待时间的影响。

如上所述，提供独立工作机械手的机器制造商也为其新型号机器提供集成自动化机械手。

3.1.4.3. 留纱尾

留纱尾功能可确保纱尾在满纱筒外表面的可靠定位，便于后道加工中从筒子上找到纱尾，并将其从筒子上拉出，使得后道加工中的筒子处理可节省高达40%的成本。

留纱尾在用空管替换满纱筒之前完成。机械手从满纱筒上退绕一定长度的纱线，此时筒子仍然在筒子架上。然后将拉出的纱线卷绕到筒管左端，将余下的纱线放在筒子表面即可。

3.1.5. 批次改变

根据转杯纺纱机的生产情况，可以不同方式完成批次改变。

3.1.5.1. 个别纺纱锭位上的批次改变

当某一批次快要结束时，有时只需再生产几个筒子即可完成这一批次，这时可在某些纺纱锭位上完成这些筒子的生产。

尽管转杯纺纱机是以“整机落筒换管”方式运转的，但也可以使个别纺纱锭位恢复运转。这要求对选定的纺纱锭位输入纱线长度（在控制面板的触摸屏上进行），并在纺纱器上重启纺纱。

3.1.5.2. 机器一面的批次改变

在空管上接头的机器上，个别机器节或机器一面可进行不同批次（例如，不同原料）的生产。

只在机器一面进行批次改变要求选择相应的机械手操作模式。机械手用空管更换满纱筒，但纺纱锭位保持停止状态。在更换所有筒子之后，通过机械手重新启动新原料纺纱。

3.1.5.3. 整台机器上的批次改变

在整台机器上进行批次改变需要在控制面板的触摸屏上选择适当的操作模式。在所有纺纱锭位都停止之后，不论筒子是否达到满纱筒，机械手都会用空管更换所有筒子。通过在机器面板上选择相应的操作模式，重新启动采用新原料、新纺纱部件和/或新设置的纺纱。

3.1.6. 空管供应

对于落筒换管后在空管上重新启动纺纱的转杯纺纱机，带有空管库（a）和筒管处理系统（b）的筒管装载系统（图62）是标准配备。该系统为机械手提供落筒换管所必需的空管。

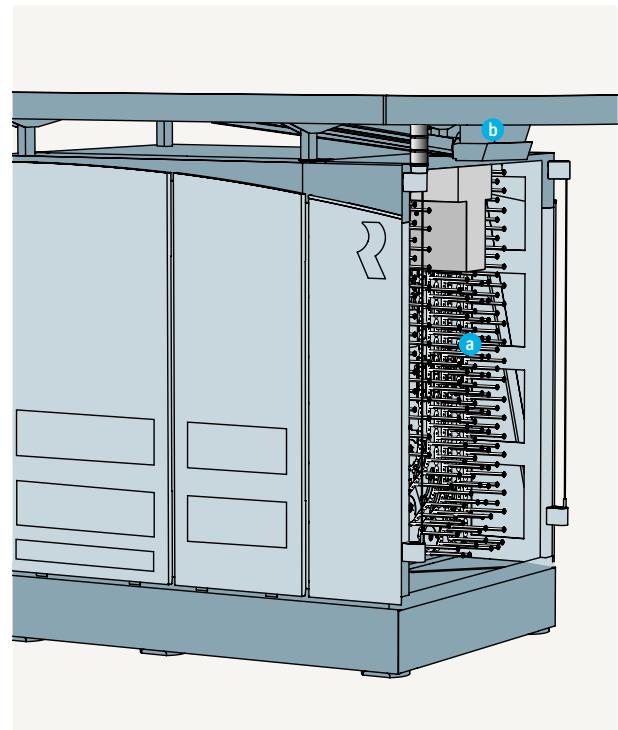


图62 转杯纺纱机尾架上的空管库（a）和筒管处理系统（b）

安装在车头箱前部的筒管处理系统接受来自筒管库的空管，并将其放置在位于机器左边和右边的一对传送带上。应机械手请求，传送带将空管喂给机械手。每当机械手完成一次落筒换管之后，这一过程就进行一次。新的空管替换由机械手携带的筒子，机械手从传送带接受新的空管，并为下次落筒换管做好准备。

3.1.7. 更换条筒之后的自动条子接头

在有些情况下，条子接头也实现了自动化，其先决条件是采用矩形条筒，并在机械手上配备专用辅助装置。当一个条筒被推出并条机时，必须将条子头端精确地放置在条筒边缘前。机械手上的吸风臂从新喂入条筒中抓牢条子头端，并引导其通过喂给罗拉与喂给板之间的握持区，然后进入纺纱器。实际上，条子自动接头不太常用，因为这种装置的投资费用比较高。

3.2. 转杯纺纱厂中的运输自动化

在现代纺纱厂中，原料运输成本已成为直接人工成本的最大组成部分。因而近些年来，条筒和筒子自动化运输系统得到了开发和应用。虽然人工成本的节约并不足以抵消自动化运输系统的投资成本，但采用自动化运输系统还有以下优势：

- 防止条子和纱线发生损坏，这在人工运输过程中常常是不可避免的；
- 通过合理利用机器产能和减少停机时间（更换条筒或从传送带上取下筒子的工作不再需要等待操作人员）来提高产量；
- 减少运输量（原料、条筒及筒子），从而减少或省去存储区；
- 不同喂入原料（条子支数）之间不会混淆；
- 改善物流，简化原料处理量的计划和控制，从而最终达到成本降低。

现在，在转杯纺纱厂的各个工序之间可以采用各种必要的自动化系统，用于不同加工阶段之间的原料运输（空的和满的条筒及交叉卷绕筒子），这些系统可采用不同型式和自动化程度。然而，与已成为高性能转杯纺纱机标配的机器自动化相比，运输自动化尚未获得广泛应用。其原因是多方面的，而且运输自动化的重要性对不同纺纱厂来说也大不相同。然而，毫无疑问的是，采用半自动或全自动运输系统会提高纱厂的竞争力，尤其是在劳动力成本高的国家。

从采用自动化运输系统的大量纺纱厂的经验可以看出，为了成功实施自动化方案，必须创造下列条件，并注意和遵循下列原则。

在规划阶段，纺纱厂的管理者必须确信采用自动化运输系统是正确决策，并鼓励员工去接受它。而且纺纱厂的管理者还必须在计划阶段就分析实际运转过程，并为重新组织运转流程进行恰当准备。准备阶段考虑得越周到，自动化的实施就越容易，成功的可能性也越大。

通过谨慎选择人工和自动化子工艺之间的界面，可以达到与现有工艺的最佳适配。应逐步、仔细地检查试车情况或交错实施的可能性。

从人工操作到半自动或全自动系统的转变具有深远影响。工作内容发生了很大改变，操作人员不再需要进行运输工作，而是转而进行生产监控、故障排除和维护保养等工作，这就需要资历更高或完全不同的员工。对这些员工进行强化培训是自动化系统成功、无故障运转的前提条件！

实施运输自动化后，操作人员的工作范围通常要扩展到前面的几个加工阶段，所分配看管机器数量会更多，工作区域也会加大，为此，操作和管理人员也需要进行相应的培训。

3.2.1. 条筒规格对自动换筒的重要性

转杯纺纱厂通常使用排成两排的圆形条筒，换筒系统要更换后排的空筒时在机械和控制方面都相当费力。因而，目前还没有用于圆形条筒的成熟自动换筒系统。

为了便于实现运输自动化，矩形条筒已经投放市场，并且已经实现了转杯纺纱机的自动换筒（图63）。采用矩形条筒可以合理安排条筒和纺纱锭位的相对位置（每个纺纱锭位下只放一个条筒），这种条筒和纺纱锭位的位置布局是转杯纺纱机实现自动换筒的必要先决条件之一。

矩形条筒的另一个优点是可以更充分地利用转杯纺纱机下面的空间。矩形条筒的容量比圆形条筒大65%，这使每个条筒的运转时间更长，纺纱锭位上的换筒停机时间更短。

并条机所需要的圈条和换筒机构已经成功地应用多年。尽管第一代矩形条筒并条机对输出速度有一定限制，但现在实现高达1 000 m/min的输出速度已没有任何困难。并条机输出端的条筒推车（条筒缓冲器）容纳准备圈条的空筒并且也接受满筒。转盘下的拉杆每次从条筒推车中拉过来一个空筒，在条筒圈满后，拉杆将满筒拉进条筒推车上的空位，并送进下一个空筒准备圈条。



图63 转杯纺纱厂中的条筒形式。可实现经济运输自动化的矩形条筒

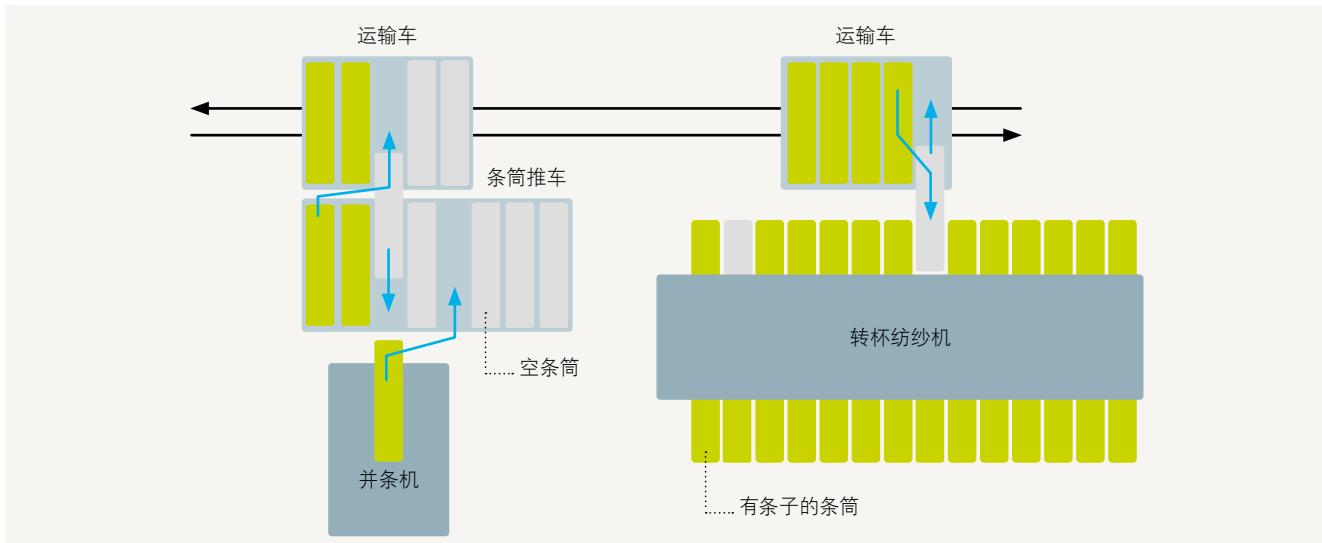


图64 并条机和转杯纺纱机之间的自动条筒运输

3.2.2. 并条机和转杯纺纱机之间的条筒运输

通过程序控制、无人操纵的运输车，将满筒从并条机运输到转杯纺纱机，并将空筒从转杯纺纱机运输到并条机（见图64）。这些运输车还起着在转杯纺纱机上自动换筒的作用，运输车或由地板内的金属线引导控制，或通过彩色条带进行光学控制。这种复杂的行走方式对控制系统要求非常高，但能提高运输系统的灵活性，达到与载重变化的理想适配。相比之下，采用轨道的运输系统虽然没那么复杂，但灵活性也较差，运输车只能在固定路线上行走。

运输循环的第一步是无人操纵运输车从并条机的条筒推车上收集一定数量的满筒，然后开始监控状态下的条筒运输。在运输车上始终要留一个空位，以接受首次从转杯纺纱机上换下来的空筒，接着运输车上的一个满筒放入这个空筒原来的位置，然后下一个空筒占据这个满筒的位置，以此类推。

纺纱机的机器控制装置根据条子输出速度、停机时间和条子长度计算条筒运行时间。当一个条筒中的条子用完时，通过机器中央控制装置请求一个新（满）的喂给条筒。

从机器下方拉出空筒，通过运输车上的抽吸装置将空筒移至运输车上的空位。然后运输车在纺纱锭位前自动定位，并将一个满筒推入机器下方。已经在并条机上精确定位于条筒边缘的条子头端被手工或由操作机械手的吸臂抓取并引入纺纱锭位。在所有满筒都放入适当的位置后，运输车就将空筒运回到并条机的条筒推车处，在那里空筒被再次换成满筒，于是一个工作循环就完成了，运输车为下一个运输循环做好准备。

运输车的数量不仅取决于纺纱厂的大小，即机器的数量，而且也取决于原料处理量（粗支纱或细支纱）及产品品种。考虑到上述因素，每台运输车的运输量一般在500 - 1 100 kg/h之间，可同时运输3 - 5个产品品种。

纺纱厂也可以划分为生产不同产品的区域，例如棉区和化纤区，并相应地分配运输车。运输系统的控制软件可严格区分不同区域并条机的条筒、运输车和条筒储存，确保两种原料都不会受到异性纤维的污染。

尽管矩形条筒被开发用于全自动运输系统，它们也可以通过专用运输车用于人工运输。矩形条筒优于圆形条筒之处在于纺纱机操作工可以更好地检查矩形条筒的充满程度（因为所有条筒都可以看见），并可以及时更换条筒。采用矩形条筒可随时将人工运输升级为自动化运输系统。

3.2.3. 转杯纺纱机和随后区域之间的筒子运输

进行自动落筒换管时，机械手将交叉卷绕筒子取下，放在筒子传送带上（机器的右面和左面各有一个传送带）。当传送带上的筒子数达到预设数量时，筒子传送带自动启动，并将筒子输送到机器尾端。落筒可以采用各种方法，以前惯用的在机器尾端人工落筒的方式已逐渐实现了不同程度的自动化。

输送到机器尾端的筒子被自动或人工放到机器的容器中、托板上或手推车上并被运走，或者将筒子放到空中运输机或传送带上（图65），输送到后道工序立即进行进一步加工，或输送到物料库中。在物料库中，筒子可以被存放在容器或箱子中以便打包，或放到托板上以便向前运送，或根据运输物流情况直接供给织造、整经或针织工序。

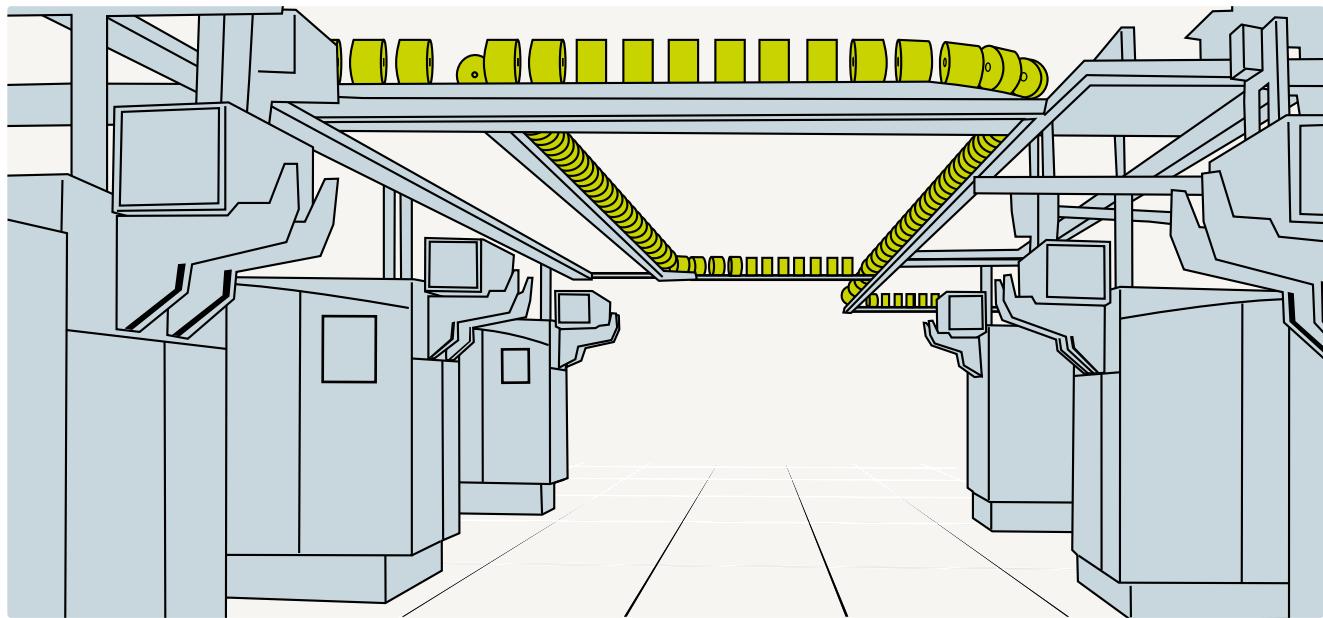


图65 自动落筒及筒子到堆垛装置的输送

转杯纺纱机制造商或提供专用的自动落筒系统，或提供适当的接口，使用户能连接其它供应商的落筒系统。

在实际生产中，采用专业供应商提供的落筒系统的情况越来越多。因而，用户（即纺纱厂的管理者）选择适合自己运转条件的落筒系统的范围也越来越大。与第三方系统的连接要求机器制造商和这些系统的供应商之间密切合作，特别是在最初安装时。

纱线生产和加工在不同地方进行的订单制纺纱厂和纺织公司更倾向于使用带有自动落筒的转杯纺纱机和筒子直接堆垛托板系统（图66）。这些系统现在已发展得非常成熟，从机器上落筒、筒子堆放到托板上、中间隔板定位和堆垛薄膜包裹都可以自动完成。卷装大小、卷装形状和放置方式都可以通过编程完成。



图66 转杯纺纱机上带有防护格栅的自动堆垛装置

4. 应用工程

4.1. 原料选择

转杯纺纱技术在原料选择方面有相当大的灵活性。转杯纺纱机可以顺利地加工长度在10 - 60 mm之间的几乎所有天然纤维和化学纤维。因此，除环锭纺外，转杯纺的应用范围要超过其它任何纺纱工艺。下面将介绍特别适于转杯纺加工的原料及其性能，以及这些纤维的不同特性对纱线和最终产品的质量以及纺纱过程所产生的影响。

图67给出了不同原料转杯纱的产量比例。转杯纺纱机加工再用棉和落棉的性能也非常好，在纱厂生产中还赢得了“棉纤维友好型工艺”的赞誉，这也是目前转杯纺主要用于加工100 %棉或棉和化纤混纺普梳纱的原因。表4给出了转杯纺工艺要求的主要棉纤维特性。

生产精梳转杯纱是转杯纺的一项特殊应用，尽管这一应用尚未得到推广（因为增加精梳工序而增加了生产成本），但在纱厂生产中使用精梳条子喂入可以取得令人满意的效果，其优势体现在纱线质量（强度更高、均匀度更好、疵点更少）、转杯纺纱机和后道加工的运转性能（停机时间更少、机织和针织中产生的飞花更少）以及最终产品的质量（针织物的手感更柔软）等方面。

自转杯纺推出以来，转杯纺纱机已成功地应用于加工棉、化纤和/或棉和化纤混纺纱线，尤其是涤纶及涤棉混纺纱线（与羊毛、韧皮纤维及安哥拉山羊毛混纺纱线的情况较少）已广泛地应用于最终产品。产生这种令人瞩目的发展的主要原因为：

- 涤纶纤维用于服装具有优良的物理和化学性能；
- 涤纶纤维生产成本低，原料成本节约；
- 由于全球纤维消费量的增长和有限的棉花产量，现在每年约有3 %的纤维消费增长来自化学纤维，且主要是涤纶纤维。

粘胶纤维在美国和亚洲也被称作人造丝，纯纺粘胶或粘胶与棉和涤纶混纺也在转杯纱总产量中占有一定比例。然而，粘胶纤维受时尚变化影响很大，因而其在纱线总产量中所占份额随时装流行趋势在0至10 %的范围内变化。表5 a) 给出了可用于转杯纺的化学纤维及其混纺，表5 b) 则列出了在转杯纺纱机上加工这些纤维时必须考虑的纤维性能。

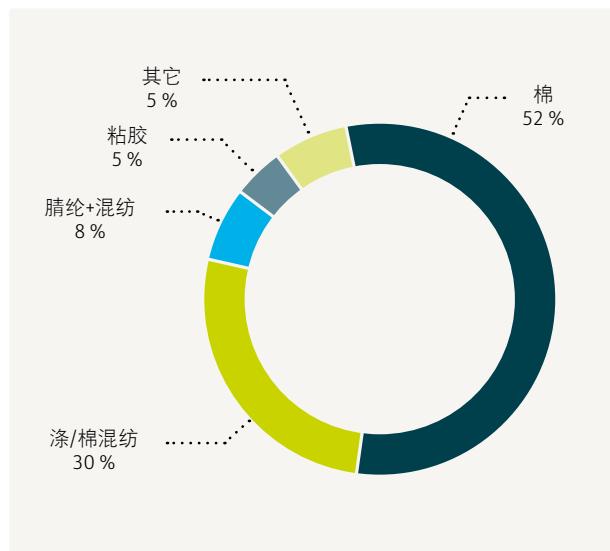


图67 不同原料转杯纱的产量比例

棉		
100 %原棉 • 短和中等长度 • 普梳和精梳 • 两种或两种以上这些成分的混合	废棉≤ 7/8" • 次等原料, 例如再用棉	精梳落棉 • 已经除杂, 所以可以进行转杯纺

表4 可以考虑用于转杯纺加工的棉花等级规格

化学纤维		
天然聚合物、纤维素纤维	合成聚合物、合成化学纤维	生物聚合物
• 粘胶/人造丝（亚洲和美国的叫法） • 莫代尔（改性粘胶） • 超细莫代尔（纤维 < 1.1 dtex） • 莱塞尔（CLY） • 天丝	• 涤纶（PES） • 腈纶（PAN）和高蓬松腈纶 • 锦纶（PA） ¹⁾ • 芳纶（Nomes、凯芙拉） ¹⁾ • 丙纶（PP） ¹⁾ • 氯纶（PVC） ¹⁾	• 天然材料（PLA） ²⁾

混纺

- 化学纤维混纺（主要是涤纶/粘胶混纺和腈纶/粘胶混纺）
- 棉和化纤混纺（主要是棉/涤混纺和棉/粘胶混纺）

¹⁾ 仅在特殊情况下加工的纤维²⁾ 仅处于试验阶段的生物聚合纤维

表5 a) 用于转杯纺加工的化学纤维

纤维规格	
超细纤维	纤维细度 < 1.1 dtex 横截面有更多的纤维=更高的纱线强力
高强纤维	具有高强度的纤维（约+5 .. 10 %）
低起球纤维	纤维强度降低 (-15 .. 25 %) 纱线强力降低 转杯速度降低
闪光纤维	较高的纤维间摩擦力 较高的抱合力 稍高的拉伸强力
半光或无光纤维	纺纱部件的使用寿命缩短 拉伸强力稍微降低
阻燃纤维	含氯纤维 有腐蚀的危险
挤压/簇染纤维	比原白纤维更具损害性 分梳辊和转杯速度降低

表5 b) 在转杯纺纱机上加工时必须考虑的纤维性能

其它天然原料	
动物原料 ³⁾	韧皮纤维 ⁴⁾
· 安哥拉山羊毛	· 黄麻
· 绵羊毛（剪毛或梳毛，最大长度60 mm）	· 亚麻
· 羊毛落毛	· 芭麻
通常与棉、粘胶或涤纶纤维混纺使用，但不相互混纺使用	

³⁾ 使用羊毛时要进行强烈清洗（去除毛刺、羊毛脂、有机杂质）。羊毛中残留的脂肪含量不能超过0.5 %

⁴⁾ 所有韧皮纤维都需要进行强烈清洗（去除粗纤维和尘杂）和原纤化（各种溶解处理）

表6 其它可持续发展原料

由于羊毛和韧皮纤维的固有强力较低，因此这些纤维通常与化学纤维或棉混纺加工，化学纤维和棉纤维在其中起稳定纤维的作用。

表6中所列的纤维原料很少在转杯纺纱机上加工，加工这些纤维有特殊要求（见表5下方的1）、2）和表6下方的3）、4）），通常由纺纱厂与机器制造商或纺织研究机构合作对此进行开发，并从原料选择和纤维原料预处理开始进行研究。在纺纱厂加工这些纤维时，通常要求特殊的机器速度、输出速度和参数设置，尤其是钳口处和纤维输送点，而且通常也需要对温湿度等纺纱环境进行适当调整。在某些情况下，纱线制造商采用特殊的纺纱元件，以适应这些纤维一般需要温和处理的要求。

对于上述这些特殊加工，在此不再详细论述，因为这些与纤维及工艺相关的特点通常属于纺纱厂的知识产权，因而不便公开。

4.2. 纤维性能

无论采用何种纺纱系统，纤维性能对纤维加工和纱线性能都具有决定性影响，且对转杯纺的影响尤为明显，因此下文将介绍转杯纺的原料及其准备工艺。各纺纱系统中纤维性能的优先顺序见表7。

100 %棉纱			
优先顺序	转杯纺	环锭纺	喷气纺
1	细度	长度	长度
2	强力	强力	清洁度
3	长度	细度	细度
4	清洁度*		强力

* 参见“4.3. 原料准备”

表7 转杯纱和环锭纱的纤维性能优先顺序

4.2.1. 纤维支数

在转杯纺中，纤维支数（即纱线横截面内的纤维根数）对纱线及其性能影响最大。纤维支数（马克隆值或dtex）决定纺纱细度极限，即保证纺纱稳定性的纤维支数与纱线支数之比。由于转杯纱和环锭纱的纱线结构有很大不同，转杯纱中纤维伸直平行度较差，纤维强度利用率以及纱线强度（纤维支数，即纱线横截面内的纤维根数相同时）均比环锭纱低约15-25%。为了补偿这些由纺纱系统造成的差异，即为了确保稳定的纺纱条件并获得强度高的纱线，转杯纱的横截面内必须有较多的纤维根数（至少90-110（120）根）。棉和化纤的纤维支数与纺纱细度极限之间的关系见表8。纺纱细度极限（Nm/Ne/tex）的计算如下：

$$\text{纺纱细度极限 } tex(Y) = \frac{dtex(F) \times n_F}{10} = \frac{Mic \times n_F}{25.4}$$

$$\text{纺纱细度极限 } Nm(Y) = \frac{10\,000}{dtex(F) \times n_F} = \frac{25\,400}{Mic \times n_F}$$

$$\text{纺纱细度极限 } Ne(Y) = \frac{5\,917}{tex(F) \times n_F} = \frac{15\,030}{Mic \times n_F}$$

n_F = 表8中给出的纺纱细度极限所要求的纤维根数（90到110根纤维）

由此，纱线横截面内的纤维根数（ n_F ）可以计算如下：

$$\begin{aligned} \text{纤维根数 } n_F &= \frac{tex(Y) \times 10}{dtex(F)} = \frac{5\,917}{Ne(Y) \times dtex(F)} \\ &= \frac{10\,000}{Nm(Y) \times dtex(F)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{纤维根数 } n_F &= \frac{tex(Y) \times 25.4}{Mic} = \frac{15\,030}{Ne(Y) \times Mic} \\ &= \frac{25\,400}{Nm(Y) \times Mic} \end{aligned}$$

n_F = 纱线横截面内的纤维根数

Mic = 马克隆值

Y = 纱线

F = 纤维

纺纱细度极限，100 %普梳棉
(110根纤维/纱线横截面¹⁾)

马克隆值	dtex 棉	纺纱细度极限 Nm/Ne/tex
3.2	1.26	72/43/14
3.5	1.38	66/40/15
4.0	1.58	57/34/17
4.2	1.65	55/32/18
4.5 ²⁾	1.77	47/28/21
5.0 ²⁾	1.97	42/25/24

纺纱细度极限，化纤纱和混纺纱
(90根纤维/纱线横截面)

dtex	den	纺纱细度极限 Nm/Ne/tex
0.6	0.7	185/110/5.4 ³⁾
0.9	1.1	123/73/8 ³⁾
1.1	1.2	101/60/10
1.3	1.5	85/50/12
1.7	1.9	65/39/15
2.2	2.4	50/30/20

¹⁾ 采用精梳纤维时，纺纱细度极限为90-100根纤维/纱线横截面

²⁾ 粗纤维（支数≥马克隆值4.5）大多是短和非常短的纤维；

在这种情况下，纺纱细度极限是纱线横截面内至少有120根纤维

³⁾ 在转杯纺纱机上不能经济生产的纱线支数

表8 棉纱和化纤纱的纺纱细度极限与纤维支数的关系

在混纺纱中，纤维算术平均支数（dtex或马克隆值）是根据各成分的百分含量计算出来的：

例如：

67%涤纶 1.3 dtex/33%棉 4.2 马克隆值 =

1.65 dtex (dtex棉 = 马克隆值 × 0.394)

Ø纤维支数 = $100 / ([67/1.3] + [33/1.65]) =$

$100 / [52 + 20] = 1.4 \text{ dtex}$

用于转杯纱的棉纤维支数范围主要在3.5到4.6马克隆值之间，尽管在某些应用中也使用从马克隆值为2.8的特细棉纤维（用于特细纱）到马克隆值为5.0的特粗棉纤维（在粗支纱范围）。采用特细纤维（马克隆值<3.0）时尤其要特别注意，因为在此支数范围内，不成熟纤维的危险加大。因此，使用马克隆值时，应牢记这个值并不总是对应于当前支数，因为它受纤维成熟度的影响。可以确定的是，对于一定的马克隆值，与成熟度对应的当前支数不同，因此也会影响纺纱细度极限。通过测量以mtex或dtex计的纤维支数，可以得到精确的纤维支数值。然而，由于在实际生产中仍主要使用马克隆值，因此下文论述中也采用了马克隆值。

通过仔细选择相应的细度和成熟度好的纤维，现在也可以工业化地纺制高达Ne 60/Nm 100/10 tex的普梳棉纱，即采用转杯纺系统稳定地纺出高品质纱线。

化学纤维制造商很早就认识到了细支纤维对转杯纺的重要性，并越来越多地向市场推出细支纤维。20世纪80年代初，市场上最细的纤维支数是1.5旦，几年后最细纤维支数就达到了1.2旦，再过几年又出现了小于1.0旦的超细纤维。这些非常细纤维的推出使得纱线生产商能够生产出质量越来越高且细度越来越细的纱线。通过使用超细化学纤维，在转杯纺纱机上也可纺制Ne 60/Nm 100/10 tex的纱线。

如果采用较细的纤维纺较粗的纱线，即增加了纱线横截面内的纤维根数，这不仅对纱线性能具有积极影响，还可以显著减小纱线捻度，从而明显改善最终产品的手感。对于最终产品强调穿着舒适性的纱线生产，这一特点已经得到应用，尤其是应用于T恤衫（如今美国和欧洲的T恤衫生产主要采用转杯纱）、休闲服及轻薄男士、女士外衣方面。图68清楚地表明了纤维支数，即纱线横截面内的纤维根数对纱线强度的影响。

采用羊毛和韧皮纤维生产的纱线的支数，即使它们与棉或化纤混纺，在很大程度上也取决于可用的纤维支数（差别很大）。然而，由于这些原料的纤维通常比棉或化纤粗，所以最终成纱支数通常在粗支纱范围内（ $\leq \text{Ne } 12/\text{Nm } 20/50 \text{ tex}$ ）。支数高达Ne 24/Nm 40/25 tex的纱线，通常只用很细的羊毛或安哥拉山羊毛（与棉或涤纶混纺）生产（所给数据仅为近似值）。

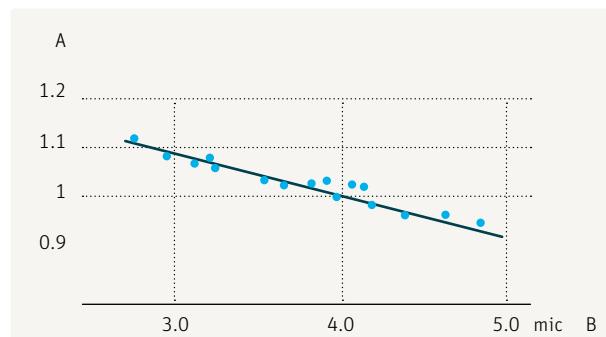


图68 纤维支数(B)和纱线强度(A)之间的关系

4.2.2. 纤维长度

纤维长度对转杯纺加工性能和成纱质量的影响没有像对环锭纺的影响那么明显，但仍不可低估。图69示出了不同纤维长度对纱线强度和纱线不匀率的影响。

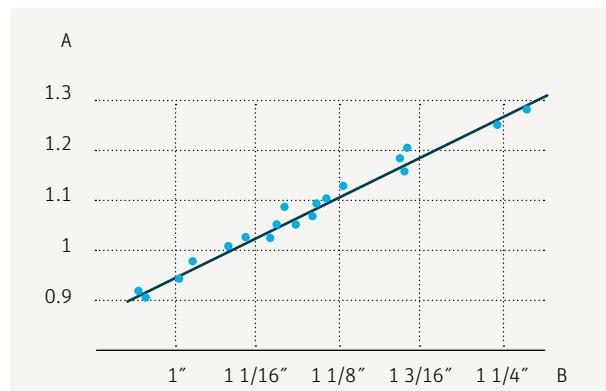


图69 以英寸表示的纤维长度(B)和纱线强度(A)之间的关系

表9给出了纤维长度和纱线支数之间的关系。然而，这里也应该指出，这一关系不单由纤维长度决定，纤维支数也起一定作用，因为较短的纤维常常很粗，而较长的纤维则通常较细。

100 %棉/再用棉/精梳落棉					
棉纤维等级	纤维长度		纱线支数		
	英寸	mm	Ne	Nm	tex
短	29/32" - 15/16"	23.0 - 23.8	< 10	< 17	> 59
	31/32"	24.6"	< 12	< 20	> 49
	1"	25.40	≤ 16	≤ 27	≥ 37
中等长度 ¹⁾	1 1/32" - 1 3/32"	26.2 - 27.9	≤ 40	≤ 68	≥ 14.8
	1 1/8" - 1 5/32"	28.3 - 29.4	< 60	< 100	> 10
长	> 1 5/32"	> 30	不用于转杯纺		
废棉（再用纤维）	≤ 7/8"	≤ 22.2 mm	3 - 10	5 - 17	200 - 59
精梳落棉	²⁾	²⁾	≤ 20	≤ 34	≥ 50

¹⁾ 中等长度的棉纤维也可在转杯纺纱机上以精梳的形式加工。

²⁾ 所纺纱线支数取决于精梳棉的质量和精梳机的落棉率。在纱厂实际生产中，采用100%的落棉可以纺支数在Nm 34/Ne 20/50 tex以下的纱线。

表9 棉纱支数与纤维长度的关系

此表也清楚地表明，转杯纺可以顺利地加工短绒率高的棉和废棉（小于1吋/25.4 mm）。因而，对于某些应用，废棉可作为原料使用。但应当牢记，纱线质量随纤维长度变短而下降，这会影响纱线强度，尤其会影响纱线洁净度（疵点）。采用较短纤维生产的纱线，通常必须采用较高的捻系数来纺制。然而，像强度和不匀率之类的纺织物理性能，在用这些纱生产的最终产品中通常只起次要作用。例如对于随后要起绒的床单类产品，大量的纤维头端数对最终织物的起绒效果具有极为有利的影响（对于同样的纱线长度，较短的纤维产生的纤维头端数多，而较长的纤维产生的纤维头端数少）。

对于一定的纤维长度，如果转杯直径太小，转杯凝聚槽中的捻合就会受到很大干扰。然而，实际偏差范围通常比文献中描述的更大。根据实际经验，纤维长度（mm）不应超过转杯直径（mm）太多。然而，在纱厂实际生产中，采用直径为30/32 mm的转杯，可以顺利地纺制长度为40 mm的纤维。

最后，必须重申的是，纤维长度在转杯纺中不是占主导地位的纤维特性，而在环锭纺中则非常重要。在转杯纺中，影响最大的纤维特性是纤维支数。

表10给出了化纤纱支数与纤维长度之间的关系。

对于化学纤维而言，纤维长度的影响也不如纤维支数的影响那么大。按照纤维长度对纱支进行分级的原因是，与棉纤维相反，长度较短的化学纤维细度较细，而长度较长的化学纤维则细度较粗。

化学纤维					
纤维长度		纱线支数			
英寸	mm	Ne	Nm	tex	
1.18 - 1.4	30 - 36	24 - 50	40 - 84	25 - 12.0	
1.5 - 1.58	38 - 40	20 - 30	34 - 50	29.4 - 20	
1.9 - 2.05	48 - 52	8.3 - 18	14 - 30	71.5 - 33.3	
≤ 2.36	≤ 60	≤ 8.3	≤ 14	≤ 71.5	

表10 化纤纱支数与纤维长度的关系

4.2.3. 纤维强度和纤维伸长率

纱线强度要求越高，所用纤维的固有强力也必须越高。然而，为了获得稳定的纺纱条件，除了足够的纤维强度外，在纱线横截面内也必须有足够的纤维根数（参见“4.2.1. 纤维支数”）。棉涤混纺纱越来越多地用于生产最终产品强度要求特别高的转杯纱。从表11中不同种类纤维的强度值可以明显看出，涤纶纤维的强度大约是棉纤维的两倍。这些纱线的较高强度使得织造准备工序及织机和针织机上的输出性能更稳定，织物强力（机织物、针织物）更高，使用性能更好。

然而，考虑纤维性能时，不应孤立地看待纤维强度，至少纤维伸长率也是同样重要的。只有纤维强度和纤维伸长率的乘积，即断裂功，才能合理地评价纤维和纱线在纺纱过程中的加工性能。

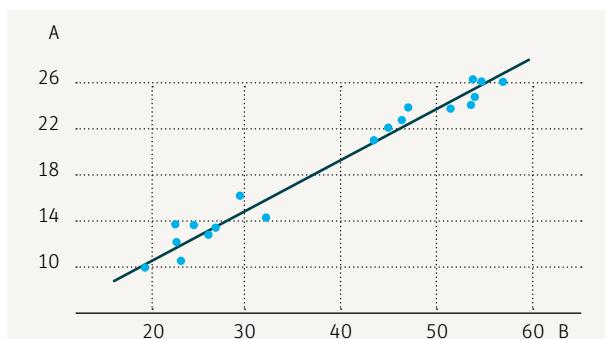


图70 纤维强度 (B) 和 纱线强度 (A) 之间的关系 (单位: cN/tex)

根据纱线支数不同，转杯纱中纤维强度的利用率在40 %至60 %之间，比环锭纱低约15 - 25 %。图70给出了以cN/tex为单位的纤维强度 (B) 和纱线强度 (A) 之间的线性关系。

纤维	断裂强度 (cN/tex)
棉	15 - 40
再生纤维素纤维	
粘胶/人造丝	23 - 30
莫代尔	32 - 38
莱塞尔/天丝	39 - 50
化学纤维	
涤纶 ¹⁾	50 - 71
腈纶	24 - 35
锦纶	40 - 70

表11 天然纤维和化学纤维的断裂强度 (cN/tex)

4.3. 原料准备

合成纤维和再生纤维素纤维通常是“洁净的”，即不含杂质和异物（较粗的纤维和包装残留物除外），而原棉总是包含一定量的有机和无机杂质、尘杂、植物性颗粒和其它外来颗粒。在纺纱准备工序设置适当的除杂点，并在梳棉工序进行细致梳理可达到高效清棉，（参见《立达纺纱手册》第2册 – 开清和梳棉），从而除去大部分有害杂质。现代清梳工序能除去高达97 %的原棉中杂质（生条含杂率与喂入原棉含杂率的对比结果）。

然而，根据原棉采摘方法和除杂强度不同，一定数量的有害杂质会在清棉和梳棉工序中留存下来。这些有害杂质主要包括：

- 细小或非常细小的尘杂（与纤维粘附很牢时尤其不易除去）；
- 异性纤维（尤其是打包装材料）；
- 植物性残留物（棉籽壳、叶子、棉株茎）；
- 当棉花除杂不充分时，残留的较大杂质颗粒。

转杯纺纱机的除杂作用能有效地除去大杂质和异物颗粒，而尘杂和其它非常轻的异纤则能随气流输送到转杯内，并且沉积在转杯凝聚槽中。

如果较粗的颗粒（主要是棉籽壳碎片）滞留在转杯凝聚槽中，就会妨碍纱线在该处形成，进而造成纱线断头，纺细支纱时更是如此。另一方面，纤维也会在颗粒处聚集，并形成粗节，随后在凝聚槽中没有聚集纤维的地方会立即形成细节。这种疵点（粗节/细节）是周期性的，如果这样的纱线被制成织物，织物上将会出现云斑疵点。

小的尘杂颗粒会引起缓慢但持续的转杯凝聚槽充塞。如果凝聚槽原本狭窄，随着尘杂颗粒的充塞，凝聚槽会逐渐变宽。纤维束在狭窄凝聚槽中的集聚性强，可以生产紧密的纱线。随着凝聚槽变宽，其对纤维束的压缩作用减小，于是纱线逐渐变得更松和更粗，纱线性能和质量也逐渐发生改变，并且在较长的时间内不易觉察到。纺合成纤维时，如果纺丝油剂积聚在转杯内，会观察到同样的结果。

因而，在转杯纺纱机上，洁净的原料是顺利纺纱的前提条件。根据立达英格尔施塔特公司的建议，喂入条子中的含杂率不应超过以下标准：

- 支数小于Nm 10/Ne 6/100 tex时：0.3 %
- 支数小于Nm 34/Ne 20/30 tex时：0.2 %
- 支数小于Nm 50/Ne 30/20 tex时：0.15 %
- 支数大于Nm 50/Ne 30/20 tex时：0.1 %。

这些要求意味着，在原料采购阶段应该寻找“尽可能洁净”的棉花。此外，除杂和除尘效果好的准备设备对转杯纺纱工艺也非常有益。一些机器制造商为机器配置了除杂装置。

4.3.1. 原棉中的有害物质

除了杂质、尘杂和植物性残留物以外，原棉还日益受到其它杂质的污染，在某些情况下会引起严重的加工问题或质量问题。

4.3.1.1. 有机和无机杂质

有的有机和无机杂质来自原棉包装材料（黄麻、丙纶等），在开包去除包装材料时由于人为疏忽而进入纤维原料中。然而，越来越多的杂质，例如塑料编织袋和其它废弃材料的残留物，在棉花采摘时已进入纤维原料中。通过开清棉和梳棉车间各种开松机构的作用，这些杂质和包装材料残留物的尺寸被大大减小，已不再可能被排除。这些杂质可能导致纺纱机上产生断头，这种危害还不算太大；它们也可能被纺进纱线中，其后果就严重得多。异性纤维（例如在原棉中有黄麻），通常表现出与原有纤维不同的染色性能。然而，由于异性纤维通常分布在很长的纱线片段上，这将导致所生产的织物品质大幅下降。因此，在转杯纺纱机上采用了越来越多的监控系统，以检测和清除这些杂质。

4.3.1.2. 废纱

回收的机织物、针织物中的纤维可以在转杯纺纱机上加工，因为它们特别适合于这种加工。然而，成功纺制这些成本低廉原料的重要前提是将这些原料开松成单纤维。为此，各制造商提供了合适的机器。开松纤维分几个阶段进行，第一步是将这些织物或废纱切碎、撕扯成单纤维。假如这个过程不够仔细，即使最小的织物或废纱碎片进入转杯，也会引起纱线断头。在纱线非常粗的情况下，尽管织物或废纱碎片可能不会引起纱线断头，但如果被捻进纱线中，就会在纱线上形成粗节。

4.3.1.3. 石英砂和矿物尘杂

石英砂和矿物尘杂主要存在于产自沙漠地区的原棉中（例如西德克萨斯棉），它们会像砂纸一样产生磨损作用，引起纺纱部件（如分梳辊、转杯和假捻盘）的快速磨损。如果原棉中存在矿物尘杂，这种磨损作用会进一步加剧。

4.3.1.4. 糖分

糖分会在纺纱部件上形成粘附性很强的粘性沉积物，使纺纱更加困难，引起纱线性能的恶化，并增加纺纱断头。然而，如果只能使用这种污染原棉，则必须降低纺纱机的速度，并相应调节车间的温湿度，尤其是相对湿度不应超过45 %到50 %，以减少粘性物质在导纱部件上的沉积。彻底清洁（清洗）污染棉经过的导纱部件也是必要的。可能的话，应尽量避免使用含糖棉。

4.3.2. 加工化学纤维的工艺问题

加工化学纤维时，不仅必须特别注意前面提到的粗纤维，而且还要注意纺丝油剂和某些纤维中作为消光剂的二氧化钛。

4.3.2.1. 纺丝油剂（化学纤维）

化学纤维中纺丝油剂的质量和数量对纺纱性能、油剂脱落和纱线质量有很大影响，这也是高速转杯纺中速度受到限制的主要原因之一。与环锭纺相比，转杯纺需要油剂含量少的纤维。环锭纱纺丝油剂含量在0.18 %至0.2 %之间，而适于转杯纺的纤维只需要0.12 %至0.14 %的纺丝油剂。油剂用量超过该水平或粘附力不足时，可能会导致在纺纱部件上产生麻烦的沉积物，并引起纱线断头。

由于分梳辊的作用、纤维输送等因素，纺纱器中纤维所受的张力要求油剂的摩擦系数低，以防止纤维产生静电，降低纤维与金属之间的摩擦，并避免尘杂形成。

4.3.2.2. 消光剂（化学纤维）

如果要减小圆形截面化纤的光泽和光滑度，只能通过化学方法来完成。为此，可以采用二氧化钛(TiO_2)。然而，这种消光剂作用很强，会像矿物粉尘那样引起机器上所有纤维引导部件的快速磨损，尤其是最终纺纱机上的纺纱部件（如转杯、钢领、气流喷嘴等）。原则上不应加工二氧化钛含量大于或等于0.4 %的消光纤维。二氧化钛含量小于或等于0.15 %的部分消光纤维可以与天然纤维和/或未消光化纤混纺加工。必须遵循机器制造商的工艺建议，否则就不能保证纺纱部件的使用寿命。

4.3.3. 加工阶段

在转杯纺中，不仅原料的性能很重要，原料在纺纱准备机械上的准备方式也很重要。所用机器和生产流程必须与原料种类相适应。图71所示的生产线是目前最常用的工艺流程。

当棉与合成纤维以条子形式混合时，就没有必要采用第三道并条，因为转杯中的后并可形成纤维与纤维之间的高度横向并合（参见“4.3.3.3. 并条机”）。

4.3.3.1. 开清棉

因为转杯纺对短纤维的要求不像环锭纺或喷气纺那么苛刻，所以开清棉机器的主要任务是排除杂质和尘杂。因而，开清生产线流程可以很短，但要求配置高效的除杂和开松装置（参见《立达纺纱手册》第2册－开清和梳棉，1. 开清）。

4.3.3.2. 梳棉

通常梳棉必须将污物含量减少到小于0.1 - 0.2 %，并除去部分尘杂。在梳棉机中，通过纤维/金属间的巨大摩擦作用使尘杂脱落，可除去粘附在纤维上的尘杂。对于除尘杂，一般开清棉、梳棉和并条机各除掉大约三分之一的尘杂。中等含杂量到高含杂棉经过梳棉机后，通常已产生显著的除杂效果（参见《立达纺纱手册》第2册－开清和梳棉，2. 梳棉）。

在转杯纺纱机上直接加工生条时（图71），梳棉机必须配备自调匀整装置或采用带并条模块的梳棉机（参见本书“4.3.3.3. 并条机”和《立达纺纱手册》第3册－纺纱准备，2. 并条机）。

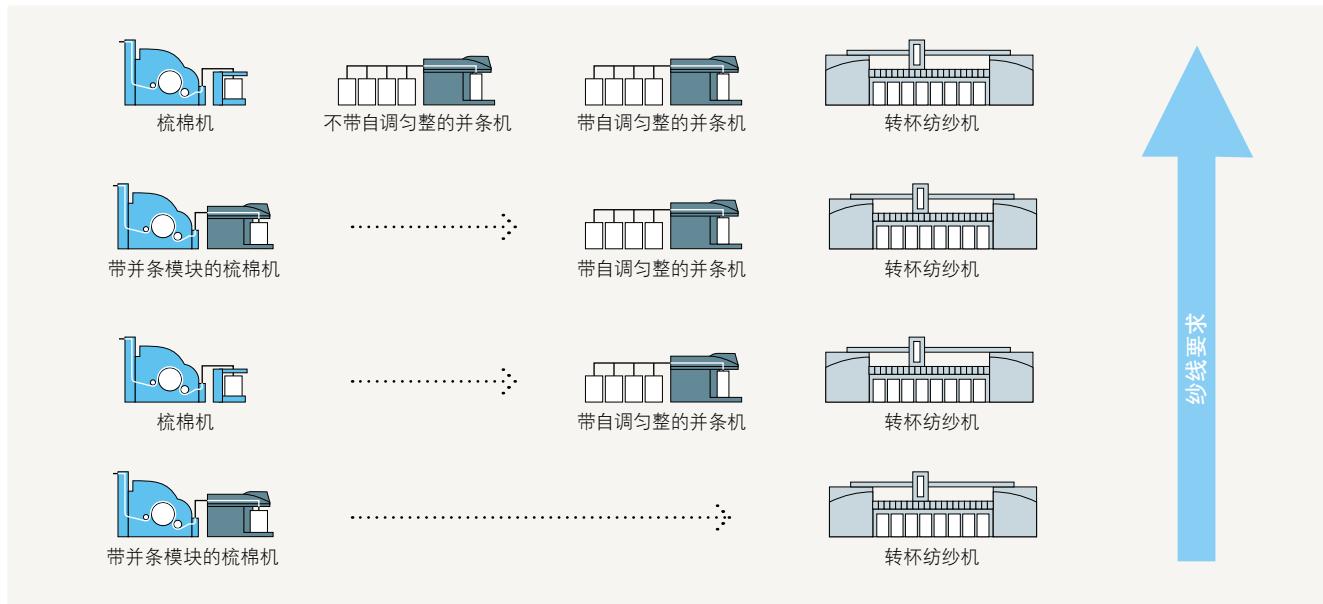


图71 根据纱线质量要求配置不同条子准备工序的转杯纺纱系统

4.3.3.3. 并条机

并条机对纱线质量及最终机织物和针织物的质量是至关重要的。在并条机上没有得到匀整的疵点，将会出现在纱线中。现代并条机的一个基本任务就是为转杯纺纱机输送尽可能均匀的无疵点熟条，如今这可以通过并条机上的高效自调匀整装置得以保证（尤其是通过开环控制匀整原理）（纺纱厂的具体数据见表12）。

原料	m/min	CV% (1 m)	CV% (3 m)	CV% (5 m)
普梳棉	1 000	0.41	0.21	0.15
普梳棉	700	0.32	0.19	0.10
粘胶	650	0.41	0.18	0.06
涤纶	600	0.41	0.25	0.12

表12 片段长度为1 m - 3 m - 5 m的条子均匀度（开环控制匀整原理）

目前现代高性能并条机都配备高效吸风系统，以可靠地除去还存在于纤维原料中的相当比例的尘杂。在并条机的牵伸过程中，通过纤维与纤维之间的摩擦作用，可有效地将尘杂、纤维碎片和杂质与纤维分

离，然后通过吸风系统轻松地将其排除。环锭纺通常采用两道并条，加工混纺纱时甚至采用三道并条，而转杯纺系统则采用一道或两道并条（即使是纺混纺纱时）。这一方面是由于转杯纺中纤维弯钩影响不大，另一方面是由于转杯中的后并作用还产生了附加混合作用。因而，转杯纺只需采用两道并条，生产混纺纱时也是如此，同时质量也不会下降。在某些应用中，经过自调匀整的生条，也可直接喂入转杯纺纱机。

图71比较了根据纱线质量要求采用不同条子准备工艺的转杯纺纱系统。

两道并条（第二道上有自调匀整装置）：

- 用于细支纱范围（细于Nm 34/Ne 20/30 tex）和对纱支恒定性要求高（例如单面针织物）的转杯纱；第二道并条也有除尘作用；
- 用于中支和细支纱范围、采用熟条混合及原料混合的混纺转杯纱；
- 用于强度、伸长率和纱线洁净度要求高的转杯牛仔纱（品牌商品）。

一道并条（带有自调匀整装置）：

- 用于中支或粗支纱范围、对纱线质量没有很高要求的转杯纱；
- 用于服装制造商没有特别质量规定的转杯牛仔纱（廉价产品）；

- 用于短纤维含量高的转杯纱，这种情况下第二道并条甚至会引起条子均匀度恶化（在牵伸区内，短纤维会形成“浮游”聚集）；
- 用于精梳转杯纱（精梳机后，只有一道带自调匀整的并条机，也用于转杯纱）。由于精梳前准备设备和精梳机的梳理及高倍并合作用，精梳条子中的纤维已取得优良的平行伸直度。随着并条道数的增加，条子抱合力急剧下降，后道加工中将不可避免地发生意外牵伸。

生条直接加工（带自调匀整的梳棉机）：

- 用于粗于Nm 20/Ne 12/50 tex的纱支范围、对纱线质量没有特别要求的转杯纱；
- 用于短纤维含量高的转杯纱（例如，废棉、回用机织物或针织物）。

特殊情况：带有并条模块的梳棉机（带自调匀整装置）：

- 应用范围与带自调匀整装置一道并条的情况相同。
例外：精梳转杯纱或环锭纱，因为在这些应用中不能省去并合。

4.3.3.4. 精梳

尽管转杯纺纱机加工精梳棉至今尚未得到广泛应用，但在这方面取得的成果还是值得一提的。由于转杯纺的优势主要在于排除妨碍纺纱过程的棉籽杂质、纤维棉结和棉籽壳，因此不一定要减小短绒率。对于细支纱而言，10 %至14 %的精梳落棉率就足以保证达到理想的残留含杂率（≤ 0.04 %）。通过精梳可以改善现有的、价格较低的棉纤维的品质，使棉纤维性能（含杂率、短绒率）适于纺纱条件，而不受采摘方法、环境条件等因素的影响。

加工精梳条子不仅可以改善机器的运转性能（更少的停机时间和更高的效率），而且还可以提高纱线和最终产品的质量以及后道工序的加工性能。

4.4. 纺纱部件的应用范围

除环锭纺以外，没有其它纺纱工艺可以像转杯纺系统那样，能生产支数范围如此之大（Ne 3 - 60/Nm 5 - 100/200 - 10 tex）的不同纱线。纺纱部件在这里起着关键作用，使纱线的质量、结构和产量可最佳地适应最终产品的要求。另外，正确选择纺纱部件也有助于优化与原料有关的机器运转性能（如断头、质量停机）。

以下章节将简要介绍可供转杯纺纱机使用的纺纱部件（见图72），包括其应用范围和对纱线、最终产品及纺纱工艺的影响。



图72 用于转杯纺纱机的纺纱部件：分梳辊（左后）、转杯（右后）、假捻盘（前）、纤维输送通道盘（中）

4.4.1. 分梳辊的应用范围

分梳辊的任务是将喂入纺纱器的生条或熟条分梳成单纤维，同时将纤维与杂质分离。分梳辊的形状、几何结构和针齿设计对达到理想的纺纱结果有着最为重要的影响，其重要程度与转杯不相上下。有关分梳辊从纤维条中分解出单纤维的作用，分梳辊对除杂和纤维输送通道中有纤维输送到纤维转移点的影响在“2.3.2. 分梳机构”中有详细论述。

分梳辊针布的齿尖和齿前面（工作面）承受较大的磨损，所纺原料产生的摩擦越大，如加工含矿物粉尘的原棉、或含消光剂（二氧化钛 TiO_2 ）的化纤时，分梳辊的磨损就越严重。对分梳辊针齿进行表面处理，可以显著提高分梳辊针布的使用寿命，如对针布进行镀镍处理，如果镀镍层中含有粒度为几微米的金刚石粉末，则能进一步提高耐磨性能。镀镍针布的使用寿命约为硬化处理钢针布的两倍，而金刚石/镀镍处理针布的使用寿命则可以达到硬化处理钢针布的四倍。

原料和纺纱条件相同时，如果发生断头率增加、纱线条干不匀率和疵点恶化，通常就说明分梳辊针布已产生明显磨损。根据实际经验，当断头率翻倍且纱线条干不匀率恶化超过1 CVm%时，可以称针布为磨损针布。

针布形状和分梳辊速度必须与所加工的纤维原料相适应（见图73）。针布的不同主要在于针齿形状、针齿工作角和齿密（齿间距）：

- 对于普梳棉、精梳棉及粘胶纤维，针布通常采用较小的，即作用较强的工作角、更高的齿密和锋利的齿尖（B 174型）。
- 对于对加工条件要求苛刻的棉纤维，以及那些含有少量糖分的棉纤维，建议使用B 174 - 4.8型针布，其特点是具有改进的齿形和更宽的齿间距（齿间距为4.8 mm，而不像B 174型针布的齿间距为2.5 mm）。
- S 21型针布齿形的主要特点是：工作角较大，即纤维转移能力强，特别适于温和地加工对热更敏感的化学纤维，尤其是涤纶纤维及其混纺。
- S 43型针布具有低齿密和低齿高，特别适于加工易缠绕（由于纤维与金属的粘附力较强）的化学纤维，如腈纶。这种针布的分梳作用特别温和，同时纤维更容易从针布上转移。

除了针布规格外，分梳辊速度对转杯纺纱机的运转性能和纱线质量也具有决定性影响。对于给定的原料和纱线，理想的分梳辊速度最好通过改变分梳辊速度的一系列试验来决定，可根据纱线质量选择最合适的分梳辊速度。通过这种系列试验，还可以对运转性能有个大致了解。如果在半小时的纺纱试验中，10个纺纱锭位上发生了2次或3次纱线断头，对稳定的纺纱条件而言，这个分梳辊速度就是不合适的，尽管所纺纱线的质量可能还不错。机器或部件供应商通常提供基本设置的经验值。

确定分梳辊速度时，原则上要考虑以下因素：

- 单位时间内的原料处理量越大，所选择的分梳辊速度就应越高，例如，纺粗支纱和/或输出速度高、或原料污染严重要求高效除杂时。
- 纤维对机械和热应力反应更敏感，并且在过高速度下会受到损伤时，应选择较低的分梳辊速度。
- 一些原料，特别是非常细和/或非常长的化学纤维，或纤维与金属粘附性强的纤维，容易缠绕分梳辊针布。在这些情况下，需要严格确定分梳辊速度，通常只能通过纺纱试验来确定。

分梳辊针布，特别是分梳辊针齿，容易受到机械损伤。如果某些纺纱锭位表现出很高的断头率，或纱线质量恶化特别严重，这往往是由针齿断裂或弯曲引起的。而针齿断裂或弯曲通常由安装或更换分梳辊时不正确的处理造成，因而必须特别要求维修或操作人员仔细、轻柔地处理分梳辊。

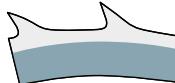
齿形	型号	建议
	B 174	<ul style="list-style-type: none"> 适用于棉，非常适用于粘胶纤维 良好的纤维分离 有利的磨损条件
	B 174 - 4.8	<ul style="list-style-type: none"> 纤维特性同B 174 齿形可改善纤维转移 适用于含少量糖分的原棉
	S 21	<ul style="list-style-type: none"> 适用于涤纶和腈纶 也适用于涤/棉混纺
	S 43	<ul style="list-style-type: none"> 适用于腈纶 温和梳理纤维须条，纤维分离佳 不易嵌花

图73 分梳辊针布齿形及其应用范围

4.4.2. 转杯的应用范围

转杯是转杯纺纱机的主要纺纱部件，对纱线质量、纱线特性、运转性能、生产率等会产生决定性影响，最重要的转杯参数包括（见图74）：

- 转杯壁的倾角（a）；
- 纤维和转杯壁表面（b）之间的摩擦系数；
- 转杯凝聚槽（c）的设计和位置；
- 转杯凝聚槽直径（d）和转杯速度。

考虑到转杯的影响范围及影响程度，显然不可能有通用转杯，纺纱生产者必须从各种转杯中选择最适用于所纺原料、纱线产品和纺纱条件的转杯。在所有转杯纺纱机中，转杯都是可更换部件。

在某些情况下，转杯（见图75）由带耐磨层的转杯轴（a）、带凝聚槽（c）的转杯（b）和转杯壁（d）组成。转杯壁的倾斜是必要的，这样可使从纤维输送通道出来的、输送到转杯壁的纤维能够沿着转杯壁下滑。根据转杯材质和使用范围不同，转杯壁与垂直直线的夹角在12°到50°之间。这一角度在制造时已经确定，且该角度越小，转杯的设计速度就越高。在转杯较低区域的内圆上，通常设有不同宽度的凝聚槽，起到收集纤维的作用。

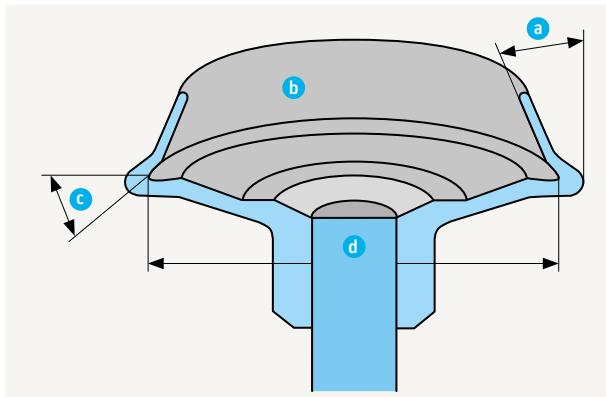


图74 重要的转杯参数：转杯壁倾角（a）、转杯壁表面（b）、转杯凝聚槽（c）和凝聚槽直径（d）。

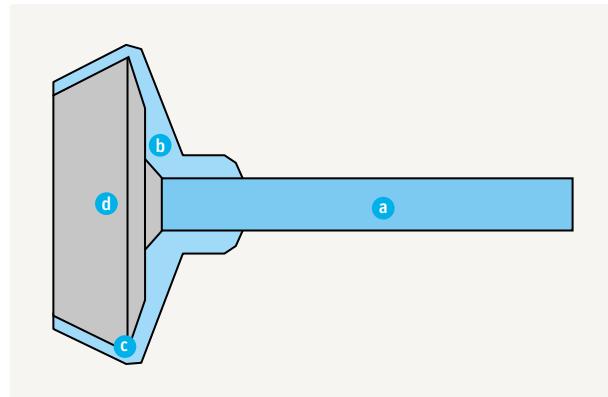


图75 转杯的结构和组成：转杯轴（a）、转杯凝聚槽（c）、转杯（b）和转杯壁（d）。

转杯由钢制成，一般经过表面处理或镀层，以延长其使用寿命。在纱厂实际生产中，通常采用以下行之有效的方法来防止转杯发生磨损：

- 镀金刚石/镍镀层；
- 硼处理；或
- 以上两种处理相结合。

金刚石镀层通常由含金刚石粉末的镍镀层构成，与用于防止分梳辊磨损的镀层相同。镀硼转杯及带金刚石镀层的镀硼转杯的使用寿命是金刚石镀层转杯的两倍。然而，转杯壁的表面结构随表面处理（镀硼或金刚石镀层）的不同而不同，对纱线质量、纺纱稳定性及转杯凝聚槽中的沉积产生不可低估的影响。延长转杯使用寿命，并保持良好纱线质量和稳定纺纱条件的最佳方法是将镀硼与金刚石处理相结合。转杯是受磨损部件，因而必须定期更换，磨损主要对凝聚槽产生影响。

转杯凝聚槽的构造决定纱线是蓬松还是紧密、毛茸还是光洁，并决定纱线质量是优良还是一般，纺纱稳定性是高还是低。凝聚槽也影响尘杂和污物在转杯中积聚的程度。根据所用原料、纱线特性及质量要求的不同，凝聚槽具有不同的设计，以满足生产实际的要求。

宽凝聚槽生产的纱线柔软、蓬松，但强力较低；而窄凝聚槽生产的纱线紧密、强度高，且毛羽少。因而，宽凝聚槽用于针织物、家纺织物和粗厚织物用纱的生产；窄凝聚槽用于强度要求高、外观光洁的织物用纱的生产。传统短纤维纺纱厂中最常用的是非常窄的凝聚槽。采用较窄的凝聚槽时，由于较大的污物颗粒容易积聚在凝聚槽中，因此易形成云斑疵点。

每种转杯直径，都对应一个在工艺方面、纺纱稳定性和能耗方面性能最佳的转杯速度范围，不同转杯直径的速度范围有所重叠。在同样的转杯速度下，采用较小的转杯直径对降低能耗更为有利。

图76给出了不同转杯直径对应的转杯速度范围及可能达到的最高转杯速度。

然而，转杯直径越小，与系统有关的包缠纤维数量就越大。早先人们普遍持有这样一种观点，即转杯直径减小时，纱线捻度必然会增加，这在当时是有效的，但如今这种观点在某种程度上已不再正确了。经过优化的纺纱部件，特别是转杯和假捻盘，以及在纤维引导和纺纱几何方面的改进，意味着采用小转杯直径（直径为30 - 33 mm）也可以纺弱捻针织纱。然而，在这些纺纱生产中，纺纱张力不能太高，即转杯速度必须远远低于其最高速度。

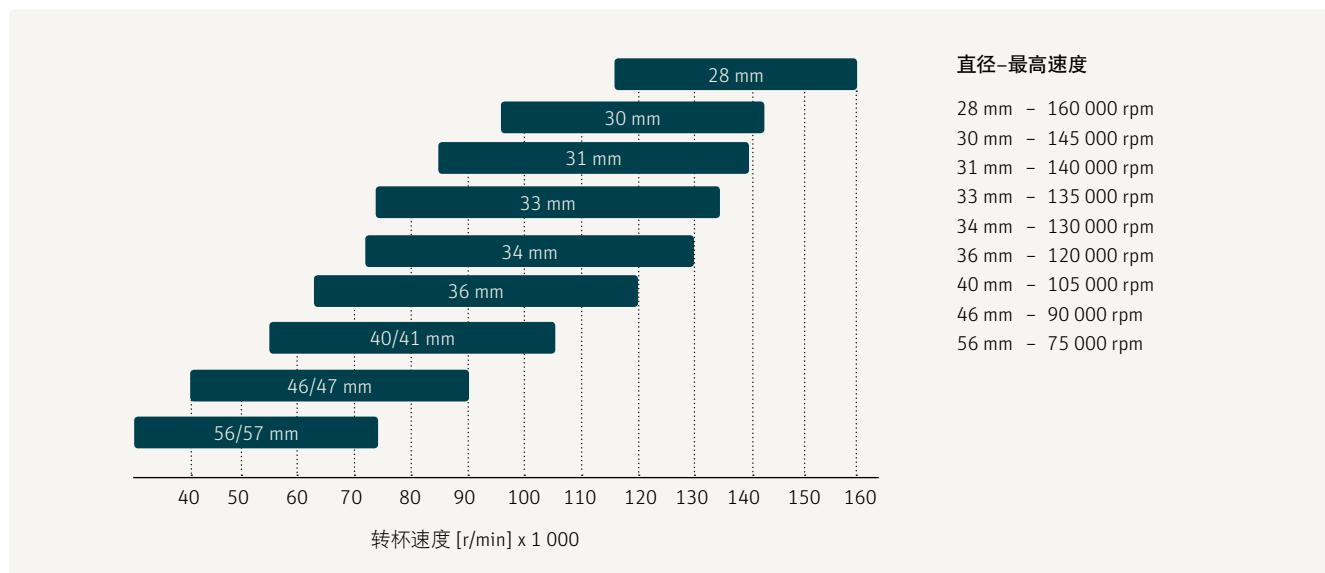


图76 转杯直径与转杯速度范围和最大速度之间的关系（转杯实际生产速度一般低于其最大速度5 - 8 %）

在任何情况下，转杯直径都应该足够大，以允许纤维在凝聚槽中形成纤维环，并且没有工艺缺陷。纤维环需要一定的空间，即粗支纱必须使用直径较大的转杯，反之亦然。纤维长度和转杯直径之间也存在一定关系（尽管关系不是很密切），通常转杯直径不应超过纤维长度的1.2倍，否则会妨碍纤维在凝聚槽中的捻合。在纱厂实际生产中，用直径在30 - 32 mm的转杯，也可顺利地纺制长度为38 mm或40 mm的纤维。

图77给出了不同转杯及凝聚槽的形状和性能。原则上：

- 窄凝聚角和小凝聚槽半径（T型和K型转杯）适纺所有原料，一般用于生产光滑机织纱，纱线条干均匀度好且强力高。
- 窄凝聚角、大凝聚槽半径（G型转杯）也适纺所有原料，适于生产蓬松针织纱。

- 宽凝聚角转杯（U型和DS型转杯）适于生产棉及棉与化纤混纺蓬松针织纱和牛仔纱。应当根据牛仔纱的类型（纬纱或经纱、绞纱或经轴染色等）选择不同的凝聚槽形状和凝聚槽半径。
- TC型转杯非常适于生产高品质牛仔纱，同时具有优良的运转性能。与T型转杯相比，TC型转杯的凝聚角和凝聚槽半径更大，但凝聚槽的形状保持不变。特别是采用TC型转杯加工化纤和粘胶纤维时，纱线的抗滑移性能好。
- GM型转杯可非常灵活地应用于生产细支机织棉纱和针织棉纱。与G型转杯相比，GM型转杯的凝聚角和凝聚槽半径更大，但凝聚槽形状保持不变。

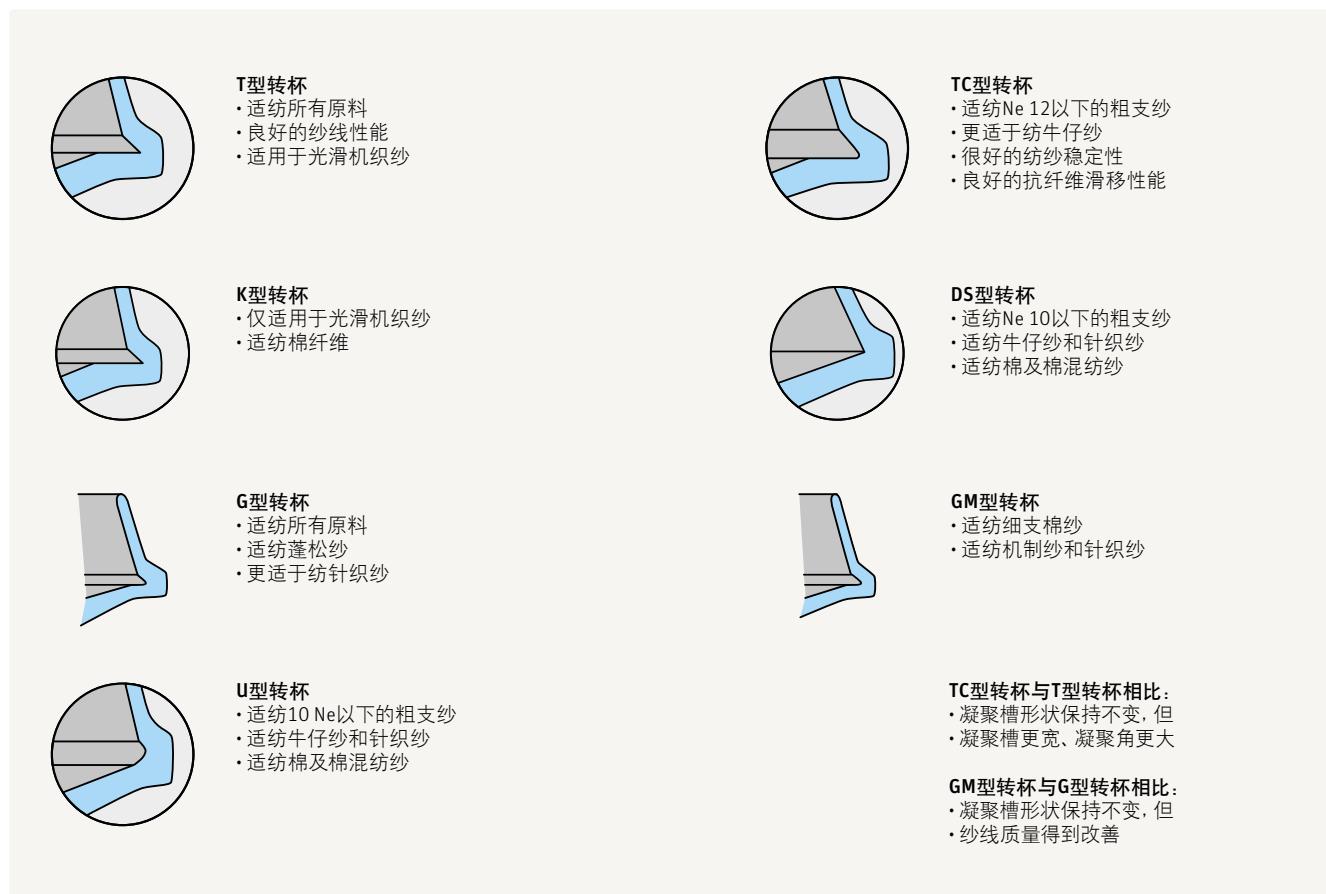


图77 转杯及凝聚槽的形状和性能

4.4.3. 假捻盘和引纱管的应用范围

4.4.3.1. 假捻盘

纱线从转杯中引出时，伸入转杯内的假捻盘使纱线发生接近直角的转向，然后由紧接在假捻盘之后的引纱管将纱线引出。在纱线引出的过程中，纱线在引纱管表面不断滚动，加捻盘表面会使纱线不断快速地抬起。这种高频振动加上滚动产生的假捻效应，促使捻度传递到转杯凝聚槽内。假捻效应越大，在凝聚槽中产生的捻度就越多，可以设定的纱线真捻捻度就越低，纺出的纱线就越蓬松柔软。随着假捻效应的增加，纺纱稳定性自然也得到改善。

假捻盘顶部边缘相对于凝聚槽的位置也是比较重要的。通常，假捻盘伸入转杯中，使从凝聚槽中出来的纱尾在假捻盘上近乎直角输出。假捻盘相对于转杯凝聚槽的位置可以通过更换不同厚度的垫圈来改变。假捻盘伸入转杯越多，纱线在假捻盘上的包围角就越大，产生的假捻效应也越大，转杯凝聚槽中的捻合区就越长。在某些情况下，这有助于增加纱线强度。如果取掉垫圈，加捻效应会降低，捻合区会变短，纱线强度增加的幅度也会降低。

假捻盘由陶瓷或钢材制成。假捻盘通常由耐磨陶瓷假捻头和金属支架两部分组成（图78），也有假捻头和支架为一体式的陶瓷或金属假捻盘。这两种假捻盘没有技术上的差异，但纯陶瓷假捻盘的散热性很差（在电气设备中，陶瓷是用作绝缘体的），因此不用于加工化学纤维。相比之下，金属假捻盘散热性良好，因而也适用于加工化学纤维，但由于其使用寿命短，所以只在某些情况下用来加工对温度非常敏感，即熔点和软化点都非常低的化学纤维。

选择适当类型的陶瓷材料及陶瓷假捻头与金属支架组合式假捻盘，可创造良好的散热条件，顺利地加工最常见的化纤纱及其混纺纱。根据所加工原料种类及原料处理量的不同，陶瓷假捻盘的使用寿命可达数年，与分梳辊和转杯相比，假捻盘是使用寿命比较长的纺纱部件。只有加工矿物质含量高的棉纤维及消光剂含量高的化学纤维（ TiO_2 大于0.15%）时，才会使陶瓷假捻盘的使用寿命明显降低。如果注意这些限制，陶瓷假捻盘的使用寿命一般在10 000小时（加工涤纶、粘胶、腈纶）到20 000小时（加工棉）之间，尽管在纱厂实际生产中，加工这些原料时使用寿命也可以达到20 000小时至40 000小时。加工棉与化纤混纺纱时，假捻盘的使用寿命大致在这些范围的中间。

就技术上而言，转杯凝聚槽对纱线的质量和蓬松度产生重要贡献，而假捻盘表面的结构和设计则对纱线的表面结构和毛羽有着决定性影响。

图79至图85示出了具有不同表面设计（与纱线接触表面）的假捻盘。

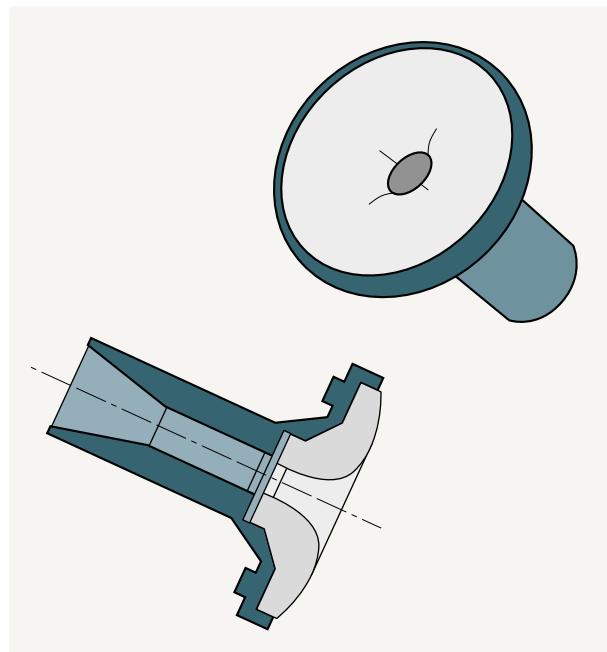


图78 陶瓷假捻头和金属支架组合式假捻盘



图79 光面陶瓷假捻盘



图83 带有小假捻盘半径和3个沟槽的陶瓷假捻盘



图80 盘香式假捻盘

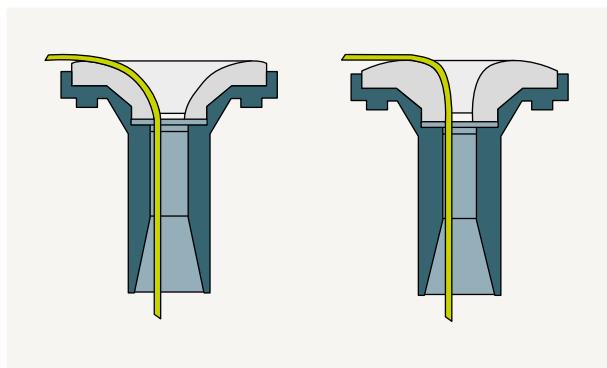


图84 正常半径（左）和小半径（右）的陶瓷假捻盘

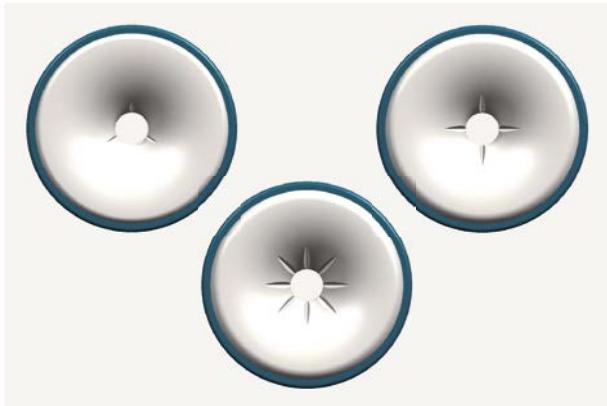


图81 带有3个、4个和8个沟槽的陶瓷假捻盘

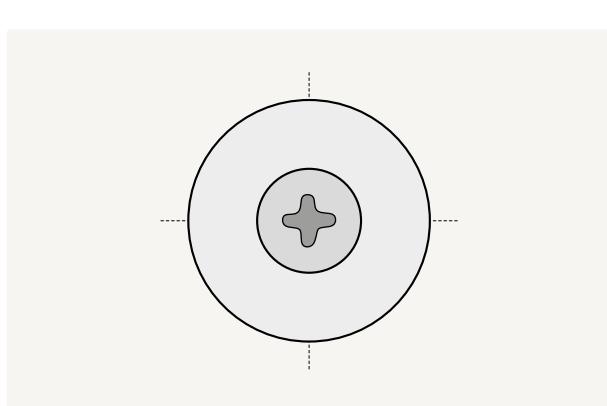


图85 假捻盘颈部的涡旋插件（右）

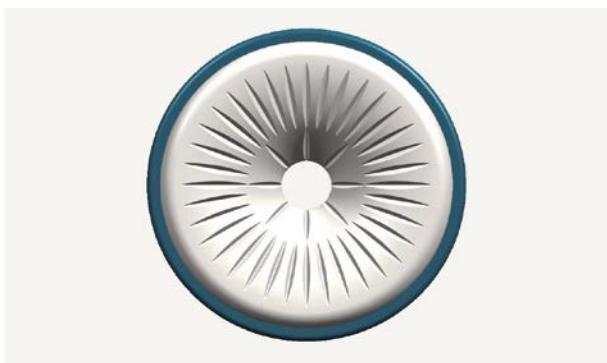


图82 凸边有附加沟槽的陶瓷假捻盘

以下类型的假捻盘可生产种类多样的转杯纱：

- 光面假捻盘（图79），适于生产毛羽少的光滑经纱。这种假捻盘很少使用，因为产生的假捻效应低，必须施加非常高的捻度。一般情况下，采用这种假捻盘生产的纱线性能不如其它类型的假捻盘。为获得稳定的运转条件，建议使用TWISTstop阻捻器引纱管（参见“4.4.3.2. 带和不带陶瓷插件（TWISTstop）的引纱管”）。
- 盘香式假捻盘（图80），非常适于加工100 % 棉、紧密的细支经纱，纱线毛羽少、质量高，且纺纱稳定性好。
- 带有3个、4个、6个、8个或更多沟槽的假捻盘（图81），既适于纺棉纱，也适于纺化纤及其混纺纱。带有4个沟槽（通常是短沟槽）的假捻盘是通用假捻盘，应用范围最广：既适于纺经纱和纬纱（例如带有4个沟槽的假捻盘），也适于纺针织纱（根据对毛羽的要求不同，采用带有4-8个沟槽的假捻盘）。带有沟槽的假捻盘通常具有很好的纺纱稳定性（沟槽越多，假捻效应就越大，纺纱稳定性也越好），但是纱线毛羽也更多，在后道加工中也更容易产生飞花。此外，沟槽越多，产生的影响就越强，对纱线质量的影响就越大。
- 盘香式或表面带有沟槽且假捻盘颈部带有涡旋插件的假捻盘（图85），只用于（但很成功）加工非常毛茸和蓬松的弱捻针织纱。这种假捻盘也具有非常好的纺纱稳定性。然而，使用这些假捻盘时，纱线质量不是优先考虑因素。
- 带有外部凸边且假捻盘半径处带有附加沟槽的假捻盘（图82），及假捻盘颈部带有涡旋插件的假捻盘，建议只用于生产非常毛茸和蓬松的弱捻纱。“纱线质量”与纱线结构相符。
- 表面带有一个小假捻盘半径和4个短沟槽的假捻盘（图83和图84），与正常半径假捻盘相比，接触面较小，因而特别适于在转杯速度达到或超过100 000 r/min时加工涤纶纱及其混纺纱，转杯速度比用其它假捻盘时高出15 %。

4.4.3.2. 带和不带陶瓷插件（TWISTstop）的引纱管

引纱管紧接在假捻盘后面，其作用是将纱线引出纺纱器。为了将从转杯处水平引出的纱线垂直地引向位于转杯上方的卷绕装置，根据纺纱器的种类不同，引纱管被弯成30°到60°的角度。引纱管的转向区起着第二个阻捻元件的作用，可加强转杯中假捻盘所产生的阻捻作用。这个弯角越大，即这个转向区的包围角越大，阻捻作用就越大，纺纱稳定性也越高。在弯曲半径的接触表面处安装阻捻作用不同的陶瓷阻捻器（TWISTstop或Torque stop阻捻器—横向排列的陶瓷凸条），可以增强这种阻捻效应（图86）。

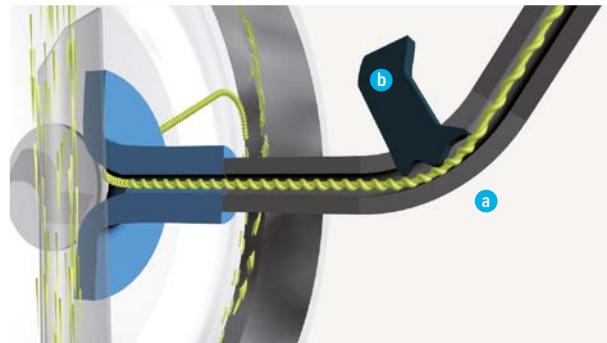


图86 带有可更换阻捻器（b）的引纱管（a）

这个转向角越大以及由附加陶瓷插件引起的摩擦力越大，阻捻作用就越大，传递进转杯凝聚槽的捻度也越大，纺纱稳定性就越高。这特别适于生产弱捻针织纱，因为有了高阻捻作用，就可以设定低捻系数，对纺纱稳定性也不会产生不利影响。

这种阻捻器被设计成夹子形式，可以根据需要很方便地进行更换。在弯曲半径处的阻捻器内部设计为光面或带有3个横向凸条。

如果假捻盘和引纱管之间配合良好，可获得最好的纱线质量、纱线结构和纺纱稳定性。

4.5. 生产花式纱的部件

花式纱在纱线总产量中所占比例很小，但根据流行趋势的变化，时常会出现很大需求。纱线的花式效应通过选择性地控制和改变纱线横截面而产生，形成竹节状粗节，粗节的形状、长度、横截面增加程度、出现的顺序及频率都可以改变。为了能在转杯纺纱机上生产花式纱，要用特殊的、处理器控制的传动装置代替普通的喂给罗拉和引纱罗拉传动装置。

然而，与环锭纱不同，由于转杯中的后并作用，这些花式纱装置产生的粗节长度决不能小于转杯的周长（见图87和图88），但这个限制对大多数类型的花式效果影响不大。在转杯纺纱机上，可采用特制的纺纱部件（分梳辊、假捻盘）来产生片段长度较短的花式效果，例如类似于典型的环锭纱横截面短片段变化（参见“4.9.2. 转杯纱织物”）。

还有一种生产花式纱的方法是有选择地改变熟条的横截面，但由于所产生的花式效果非常有限，因此很少使用。由于转杯纺纱机的高牵伸倍数，使用这种方法只能生产横截面变化片段很长的花式纱。



图87 转杯牛仔纱织物

4.6. 牵伸倍数和纱线捻度的选择和影响

纱线结构取决于以下因素：

- 以Nm或Ne表示的支数（单位重量的长度）或以tex表示的线密度（单位长度的重量）
- 以捻/米或捻/吋表示的纱线捻度。

4.6.1. 牵伸

在转杯纺纱机上，纱线支数取决于对生条或熟条施加的牵伸倍数的乘积，牵伸发生在喂给罗拉（用于喂入条子）和引纱罗拉（用于输出纱线）之间，牵伸倍数等于这两个罗拉传动的速比。因而，可以通过改变条子喂入速度或纱线输出速度来改变牵伸倍数。然而，由于输出速度，即引纱速度决定纱线捻度的大小，不能改变，因而牵伸倍数只能通过调节条子喂入速度来改变。在纱厂实际生产中，牵伸倍数一般在60倍至400倍之间。然而，在条子喂入和纤维凝聚槽之间，即将条子分梳成单纤维时的牵伸倍数必须很高，最高可达25 000倍。最终纱线支数仅由转杯凝聚槽中的单纤维，即纤维层决定。只有这个比率（纱支与条子支数之比）等于机器控制装置上设定的牵伸倍数。

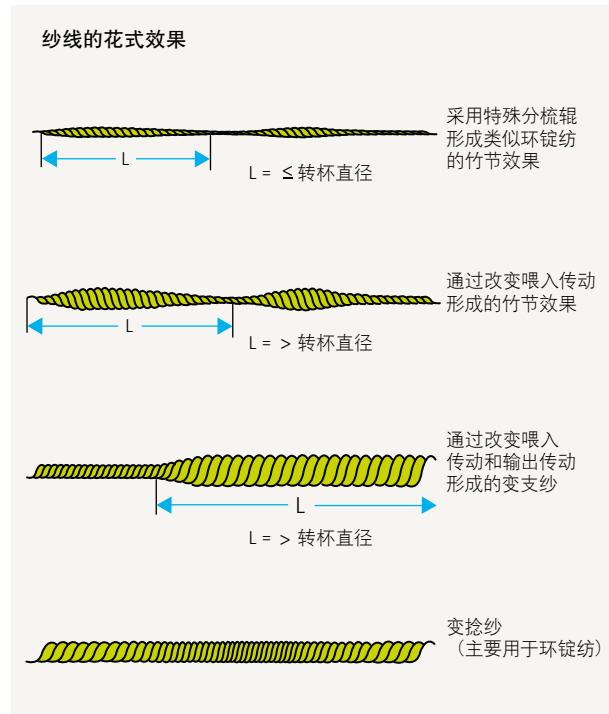


图88 转杯纱和环锭纱中的花式效果

牵伸倍数计算如下：

$$\text{牵伸倍数} = \frac{Nm_{\text{纱线}}}{Nm_{\text{条子}}} = \frac{Ne_{\text{纱线}}}{Ne_{\text{条子}}} = \frac{100}{(tex_{\text{纱线}} / ktex_{\text{条子}})}$$

或转换为总的牵伸倍数：

$$\text{牵伸倍数} = \frac{V_{\text{纱线输出 m/min}}}{V_{\text{条子喂入 m/min}}}$$

纱线和条子支数计算如下：

$$Nm_{\text{纱线}} = Nm_{\text{条子}} \times \text{牵伸倍数}$$

$$Ne_{\text{纱线}} = Ne_{\text{条子}} \times \text{牵伸倍数};$$

$$tex_{\text{纱线}} = 1000 \times \frac{ktex_{\text{条子}}}{\text{牵伸倍数}}$$

或

$$Nm_{\text{条子}} = Nm_{\text{纱线}} / \text{牵伸倍数}$$

$$Ne_{\text{条子}} = Ne_{\text{纱线}} / \text{牵伸倍数};$$

$$ktex_{\text{条子}} = \frac{tex_{\text{纱线}} \times \text{牵伸倍数}}{1000}$$

转杯纺纱机的牵伸倍数远高于环锭纺纱机，也高于喷气纺纱机，尽管喷气纺纱过程中纺纱也是由直接喂入条子完成的。然而，喷气纺必须喂入比转杯纺细很多的条子（1 ktex-最大3 ktex），尽管在梳棉机和并条机上生产细条子时容易产生问题。转杯纺纱机上的牵伸倍数高达400倍，这样就能采用5至6 ktex（0.12到Ne 0.10）的普通熟条，即使生产很细的转杯纱也是如此（见图89）。

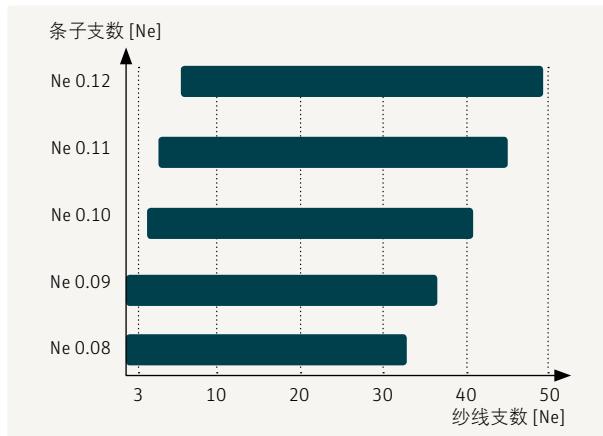


图89 高达400倍的牵伸带来最大的生产灵活性

纺纱厂的试验结果表明，高倍牵伸，特别是加工棉时采用高倍牵伸对纱线质量和纺纱稳定性都具有积极影响。其原因是高倍牵伸时条子喂入速度很低，因而单纤维在从喂入纤维束中分离之前，在分梳区中停留的时间更长，使得对纤维棉结的开松更为彻底，同时也能更有效地从纤维中分离和排除尘杂和杂质。

4.6.2. 纱线捻度和捻系数

与环锭纺相反，在转杯纺纱过程中，加捻是从纱线内向纱线外进行的。转动的刷子状自由端纱尾首先抓住纱芯部分的纤维，然后随着进一步的转动，逐渐抓住外围的纤维。在纱线内部，纤维不能避开加捻，因此纤维变得更加紧密。另一方面，朝向纱线外部，纤维的紧密度下降了很多，因为这里的纤维能部分地避开加捻。除了纤维性能（纤维强力、伸长率、长度、摩擦性能等）外，纱线强度主要取决于纱线围绕其轴线转动的多少。在加捻过程中，纤维被扭转的倾斜角度（捻回角）对纱线强度的大小起着关键作用（见图90）。这意味着，对于一根细支纱，为了取得比它粗一倍纱线同样的捻回角和强度，必须给它施加两倍的捻度。因而，只有同时考虑纱线支数的大小，才能用纱线捻度的大小反映纱线强度的高低。然而，捻系数 α/m 或 α/e 可以用来表示纱线的加捻程度，且与纱线支数无关。捻系数越大，纱线捻度越大，纱线强度也越大，反之亦然。如需详细了解纱线捻度，请参见《立达纺纱手册》第1册 - 短纤维纺纱技术，“7.3.2.4. 捻度公式”。

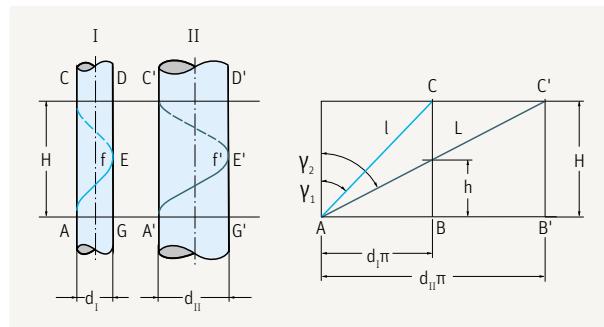


图90 两根粗细不同纱线中的纤维捻回角

然而，达到给定纱线最大强度所需要的捻系数 α/m 或 α/e ，随所加工原料的不同而有很大不同。根据纤维种类及其主要物理性能的不同，在一种情况下某一平均捻系数就足以达到一定的纱线强度，而在另一种情况下则必须选择更高的捻系数才行。这意味着棉纱（纤维强度为20 - 30 cN/tex）必须选择比混纺纱（混合纤维强度为30 - 40 cN/tex）更高的捻系数，而粘胶、涤纶或腈纶（纤维强度为40 - 60 cN/tex）纱线必须依次选择更高的捻系数。

注意：纱线捻度过大反而会降低纱线强度！

此外，经纱和纬纱（各种原料）的捻系数一般高于针织纱，因为对于针织纱而言，应优先考虑的是纱线的蓬松度、纱线毛羽和柔软的手感，而在机织准备和机织过程中则要求尽可能高的纱线强度。

采用较高的捻系数可以：

- 提高纱线强度和伸长率；
- 生产毛羽少的瘦纱；
- 提高纺纱稳定性；
- 获得轮廓鲜明的织物外观；
- 提高纱线的抗滑移性能。

在纱线强度足够的前提下选择较低的捻系数可以：

- 使最终织物具有柔软的手感；
- 生产蓬松和更毛茸的纱线；
- 降低纱线的缠结倾向；
- 在转杯速度相同的情况下提高产量。

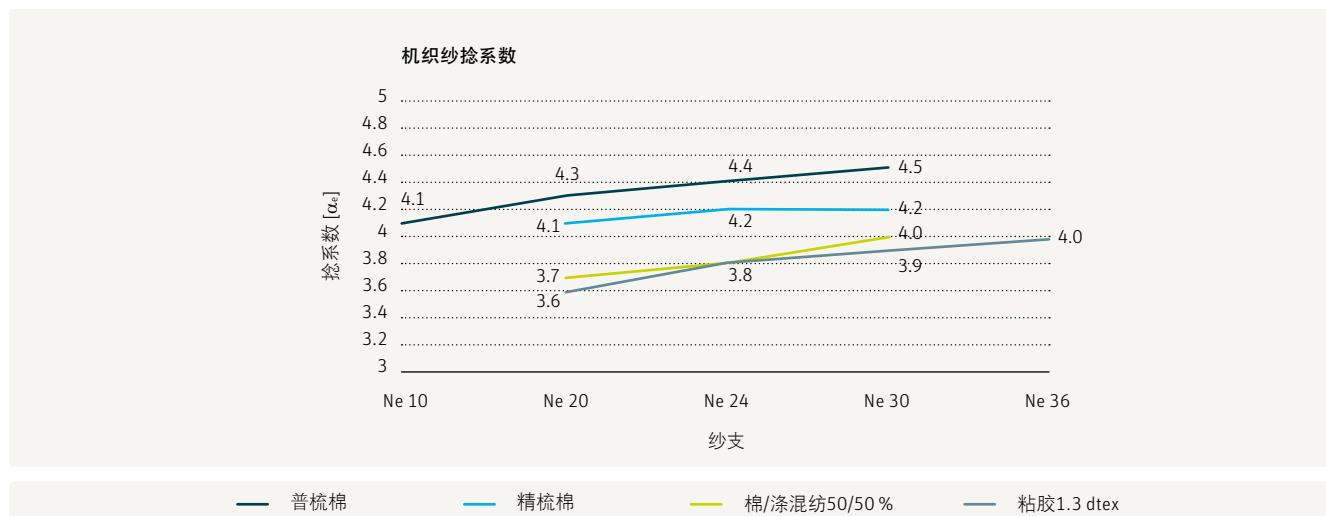


图91 纺纱厂生产转杯机织纱时常用的捻系数

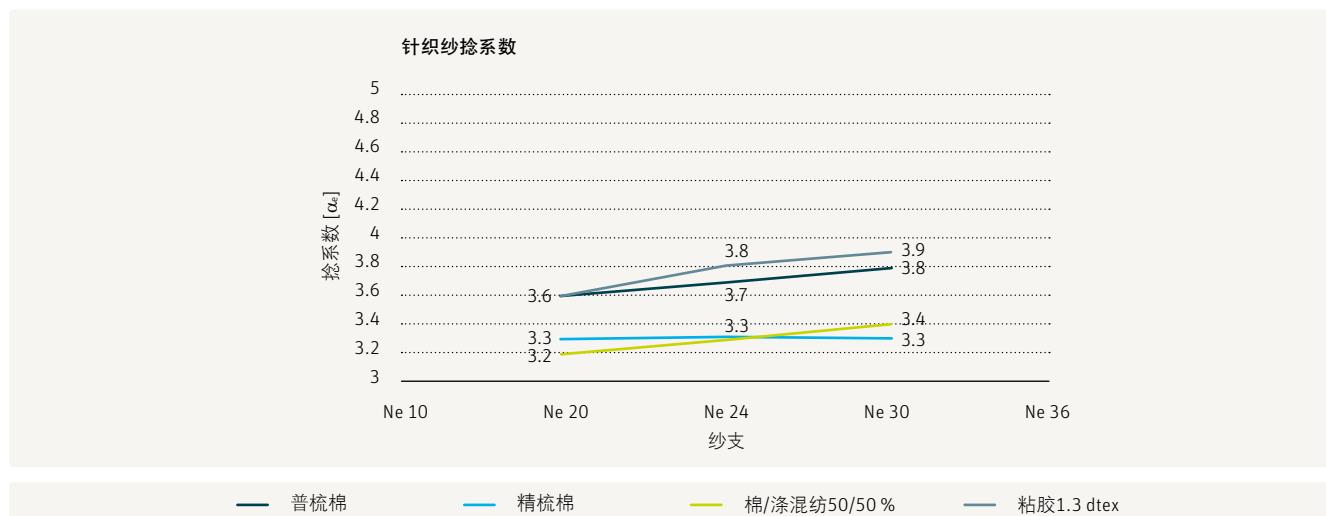


图92 纺纱厂生产转杯针织纱时常用的捻系数

不同原料的纱线应采用不同的捻系数，同理，机织纱和针织纱的捻系数当然也是不同的（见图91纺纱厂生产转杯机织纱时常用的捻系数和图92纺纱厂生产转杯针织纱时常用的捻系数）。

纱线捻度计算：

$$\text{纱线捻度 } T/m = \sqrt{Nm} \times \alpha/m = \sqrt{Ne} \times \alpha/e \times 39.37^*$$

$$\text{纱线捻度 } T/'' = \sqrt{Ne} \times \alpha/e = \sqrt{Nm} \times \alpha/m / 39.37^*$$

* 换算系数dtex/马克隆值

纱线上所加的捻回数取决于转杯对给定长度纱线加捻时间的长短。在转杯速度一定的情况下，纱线从转杯中引出的速度越快，纱线在转杯凝聚槽中停留的时间就越短，单位时间内能给纱线加上的捻回数（由转动的转杯加捻）就越少：

$$\text{纱线每米捻回数 } (T/m) = \frac{\text{转杯转速 } r/min}{\text{引纱速度 } m/min}$$

因而，在转杯速度一定时，通过调节引纱速度，可给纱线加上规定的捻回数。喂给罗拉由可无级调速的变频器驱动。

4.7. 主要转杯纱的纱线参数和机器参数

表13-表16总结了根据纱支和所用原料细分的不同转杯纱的主要纱线参数和机器参数，表中区分了两种转杯纺生产：即目标为达到最大产量的转杯纺生产及目标为达到纱线质量或纱线性能要求，特别是纱线柔软手感的转杯纺生产。这些表格反映的是大批量生产的典型纱线。然而，所示的纱线参数和机器参数只能作为标准值，因为所用原料的质量在确定纺纱参数时起着决定性作用。同样，根据维护和服务的要求不同，最终产品要求、纺纱气候、甚至纺纱厂所有设备的技术状况都会影响纺纱参数。

100 %机织棉纱

纱支	Ne 5.6	Ne 7	Ne 12	Ne 16	Ne 20 ¹⁾	Ne 24 ¹⁾	Ne 30 ¹⁾	Ne 20 ²⁾	Ne 24 ²⁾	Ne 30 ²⁾
捻系数 α_e	4.1	4.3	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.3	4.4	4.5
捻度 捻/米	382	448	559	662	757	849	971	757	849	971
转杯直径mm	40	40	36	36	28	28	28	31	31	31
转杯转速r/min	80 000	90 000	105	105 000	140 000	145 000	150 000	125 000	130 000	130 000
输出速度m/min	210	201	188	159	185	171	155	165	153	134
效率%	95	95	96	96.5	97	97	97.5	97.5	97.5	98
产量g/h	1 295	967	532	339	318	245	178	285	221	155

表13 100 %机织棉纱的纺纱参数：¹⁾ 优先项：产量；²⁾ 优先项：纱线质量**100 %针织棉纱**

纱支	Ne 20 ¹⁾	Ne 24 ¹⁾	Ne 30 ¹⁾	Ne 20 ²⁾	Ne 24 ²⁾	Ne 30 ²⁾
捻系数 α_e	3.6	3.7	3.8	3.6	3.7	3.8
捻度 捻/米	634	714	820	634	714	820
转杯直径mm	31	31	31	33	33	33
转杯转速r/min	125 000	125 000	125 000	120 000	120 000	120 000
输出速度m/min	197	175	153	189	168	146
效率%	96.5	96.5	96.5	97	97	97
产量g/h	337	250	174	325	241	168

表14 100 %针织棉纱的纺纱参数：¹⁾ 优先项：产量；²⁾ 优先项：纱线质量**棉/涤50 %/50 %机织纱和针织纱**

纱支	Ne 20 ¹⁾	Ne 24 ¹⁾	Ne 30 ¹⁾	Ne 20 ²⁾	Ne 24 ²⁾	Ne 30 ²⁾
捻系数 α_e	3.7	3.8	4.0	3.2	3.3	3.4
捻度 捻/米	652	733	863	564	637	734
转杯直径mm	31	31	31	31	31	31
转杯转速r/min	115 000	115 000	115 000	115 000	115 000	115 000
输出速度m/min	176	157	133	204	181	157
效率%	97	97.5	98	96.5	97	97
产量g/h	303	226	154	349	259	180

表15 棉/涤50 %/50 %混纺纱的纺纱参数：¹⁾ 机织纱；²⁾ 针织纱**用1.3 dtex 100 %粘胶制成的机织纱和针织纱**

纱支	Ne 20 ¹⁾	Ne 24 ¹⁾	Ne 30 ¹⁾	Ne 36 ¹⁾	Ne 20 ²⁾	Ne 24 ²⁾	Ne 30 ²⁾	Ne 36 ²⁾
捻系数 α_e	3.6	3.8	3.9	4.0	3.6	3.8	3.9	4.0
捻度 捻/米	634	733	841	945	634	733	841	945
转杯直径mm	30	28	28	28	31	30	28	28
转杯转速r/min	125 000	135 000	135 000	135 000	120 000	125 000	130 000	130 000
输出速度m/min	197	184	160	143	189	171	155	138
效率%	97	97.5	97.5	98	97	97.5	97.5	98
产量g/h	339	265	185	138	325	246	178	133

表16 用1.3 dtex 100 %粘胶制成的机织纱和针织纱的纺纱参数：¹⁾ 机织纱；²⁾ 针织纱

4.8. 纺纱厂中的环境条件

转杯纺纱系统对纺纱环境没有特殊要求，即通常的纺纱厂环境条件，如对温度、湿度和空调的要求就能满足转杯纺纱的要求。在许多情况下，转杯纺对纺纱环境的要求甚至没有像环锭纺那样苛刻，只有相对湿度要略高于环锭纺。

原料不仅在吸湿能力方面有差异，其运转性能也受纺纱厂湿度水平的影响。由于原料在纺纱厂经过纺纱过程时要花几天时间，纤维含水率取决于环境空气的含水率，因而空气的绝对含水率 (g/kg) 对良好的纺纱气候起着关键作用。空气绝对含水率取决于空气温度 (°C或°F) 和相对湿度 (RH%)，表17给出了良好纺纱气候所需要的空气绝对含水率 (g/kg)。

原料	g水/1 kg空气
棉、粘胶和棉/粘胶混纺	约为11
含糖棉	约为9
涤纶、涤/棉混纺、涤纶/粘胶混纺	约为10 - 11
腈纶	约为11 - 12

表17 加工不同原料时的空气绝对含水率 (g/kg)

标准的气候条件，即相对湿度，越精确地保持在一定限度内，就越容易实现无故障纺纱。棉纤维和粘胶纤维对环境气候的变化反应较小，而加工化学纤维时环境气候的变化就会产生非常明显的影响。

如果相对湿度太低，加工化学纤维时就很容易产生静电，造成断头增加；加工棉纤维时，相对湿度太低会造成纤维损伤、纤维飞花、及纺纱器和卷绕区的污物沉积。

如果相对湿度太高，会引起纤维缠绕罗拉和分梳辊，化学纤维的油剂也会沉积在导纱部件和纤维输送通道上，导致棉结和粗节数增加。

4.9. 后道加工和最终产品

4.9.1. 加工性能

首先（也是转杯纺高经济性的关键点所在），转杯纱可以完全免除再卷绕工序。与最初几代机器截然不同，现在的转杯纺纱机生产的圆柱形或圆锥形筒子可直接销售，并立即进行后道加工。现代质量监控系统能在纺纱锭位发现并直接清除纱线疵点、杂质或偏离质量参数的纱线。对于针织纱，可以在纺纱锭位直接上蜡，并以不同的卷装形式供应（圆柱形筒子，2°、3°51'和4°20'的圆锥形筒子）。外边缘卷装密度小的染色筒子可以直接在高压染色设备中加工（参见“2.4.3. 卷绕螺旋角和输出速度”）。

带有导纱、纱线张力装置等部件的络筒机在每次再卷绕时都会造成环锭纱中的结粒纤维转移，影响织物外观的稳定性，因而免除纱线再卷绕工序自然就是转杯纱的一个质量优势。

转杯纱在后道加工中的运转性能通常优于传统的环锭纱，在织造准备（整经机、浆纱机）中纱线引起的断头数比环锭纱降低75%。这是因为转杯纱具有更好的均匀度，更少的疵点数和毛羽，以及很长的无接头纱线。转杯纱不仅接头数很少，而且转杯纺纱机机械手的接头质量也很高，这对转杯纱的优良加工性能具有重要贡献。转杯纱的接头在外观上基本与原纱相同，只不过强度约为原纱的90%。机械手产生的接头仅在特殊情况下才会造成后道加工中的停车。此外，转杯纱筒子重量可达6 kg，一个满筒子架可以生产多达4只经轴。

机织和针织设备运转装置上和运转装置之间的纤维飞花是引起后道加工中频繁发生断头及形成织物疵点的原因（如果积聚的飞花没有造成断头，就会形成织物疵点）。针织圆机上的一种典型疵点就是纤维飞花造成的织物孔洞，由纱线携带的纤维飞花阻碍织针上的线圈形成而引起。转杯纱产生的纤维飞花很少，因而对后道加工的运转性能非常有利。与环锭纱相比，纱线引起的断头在机织中可降低50%，在针织圆机上可降低40%。

筒子架在顶部的针织圆机需要使用圆锥形筒子，可采用转杯纺纱机生产的锥度为 2° 到 $4^{\circ}20'$ 的转杯纱筒子。现在，只有筒子架在顶部且无储纱装置（尽管储纱装置并不是绝对必要的！）的老式针织机需要锥度更大的筒子，而转杯纺纱机是不生产这种筒子的。然而，这种针织圆机正逐步从市场中消失。

另一方面，由于侧面筒子架上可以容纳直径达340 mm、重量约为5 kg的圆柱形筒子，来代替圆锥形筒子，这一经济性方面的优势使得带侧面筒子架的针织圆机应用得越来越多。圆柱形筒子的运转时间几乎是圆锥形筒子的两倍，因为圆锥形筒子的最大直径约为270 - 280 mm、最大筒子重量约为2.5至3 kg。这种筒子架不仅使操作人员换筒子和接头的工作量减少达40%，而且筒子之间的接头数也同比例减少，因此针织物上的接头数也得到减少。

表18中以环锭纱为参照，对后道加工中转杯纱的性能进行了评级（更低、更高等）。

转杯纱与环锭纱的比较

抗滑移性能	更低	-
摩擦系数 (对针织纱很重要)	更大	-
耐磨性	更好	+
毛羽	更低	+/- ¹
缠结倾向	更低	+
在周期性负荷作用下的加工性能	更高	+
上染率	更高 (需要的染料更少)	+
纤维磨损 (飞花产生)	更低	+

¹正面或负面影响取决于加工阶段

表18 与环锭纱相比的转杯纱后道加工性能

4.9.2. 转杯纱织物

自转杯纺系统推出以来，转杯纱在某些应用领域已牢固确立了地位，包括机织领域和针织领域。在许多情况下，把转杯纱加工成最终产品甚至比环锭

纱具有更多优势，而且可以生产出高质量的最终产品。例如，单根转杯纱已成功地取代了环锭股线。早期那种认为转杯纱的结构特点使得针织物手感太硬且粗糙的观点如今已被摒弃。然而，很显然，在机织或针织生产中，转杯纱并不能简单地取代环锭纱。人们很快发现，必须根据转杯纱的具体性能（如毛羽、纱线结构、缠结倾向等）调节机器设置，如喷气织机上的气流喷射或针织圆机上的弯纱深度等。关于转杯纱在最终产品加工中的可加工性及可适应性的一些偏见，产生于纱线加工设备的设置针对转杯纱这种新型纱线进行调整之前。

然而，转杯纱当然是首先成功地应用于其性能特别符合最终产品要求的领域，即下列应用广泛的最终产品：

- 工作服，如罩衫、工装裤和医护服；
- 轻薄牛仔织物（男士、女士衬衫）和厚重牛仔织物（牛仔裤、外衣）；
- 用于外衣的表面粗糙织物（法兰绒）和床单（所谓的斜纹绒床单）；
- 粗支纱领域（毯子、窗帘、墙布、家纺织物）；
- 细支纱领域（混纺纱制成的床单）；
- 产业用织物，如涂层底布、用于面部防护的层压织物；
- 毛巾、浴巾等，转杯纱既可用作经纱，也可用作纬纱，还可应用于起绒织物，尤其是毛圈织物；
- 外衣、运动服和休闲服等针织物；
- 单面针织T恤衫（转杯纱占主导地位）。

尽管转杯纱强度比环锭纱低约15 - 20%，但这种差异在织物强力中有所减少，转杯纱织物的拉伸强力和撕破强力仅比环锭纱织物低10 - 15%。这是由于转杯纱具有较好的断裂伸长率和较小的断裂强力不匀率 (CV% cN/tex)，使其具有较大的断裂功。转杯纱织物的透气性比可比较织物高约20%，而顶破强力与环锭纱织物相同。以上结论均基于转杯纺的纱支范围，即200 - 10 tex/3 - 60 Ne/5 - 100 Nm，纱线横截面内的最少纤维根数为：化纤纱90 - 100根，棉纱100 - 120根。转杯纱在强力要求特别高的织物中应用有限，例如男士衬衫。

4.9.2.1. 床单

然而，在机织生产中，转杯纱更适合用作纬纱，但用作经纱的情况也很多。一个典型的例子就是，在美国大批量生产的床单就采用转杯纱。例如，经纱采用棉涤混纺转杯纱，纬纱采用喷气纱，这些纱线都是高支转杯纱，纱支范围在Ne 37 - 41/Nm 62 - 70/16 - 14 tex，纱线毛羽少，对纱线的服用性能，特别是织物强力、耐起球性和耐磨性方面有很高的要求。

4.9.2.2. 金刚砂布底布

在产业用纺织品方面，转杯纱很适合用作金刚砂布底布，并广泛应用于涂层底布。这些织物对纱线的均匀度、洁净度和强度有很高的要求。转杯纱条干均匀度好，因而很适合用于这些织物。转杯纱接头少也是一个很大的优势，因为接头在这些织物中是有害疵点。采用涤纶来代替棉纤维，可达到18 - 20 cN/tex的高纱线强度要求。

4.9.2.3. 牛仔布

转杯纱的另一个重要应用领域是牛仔布，织物组织一般为3/1或2/1斜纹，转杯纱可作经纱也可作纬纱。根据流行趋势的变化，织物中转杯纱的含量可达总纱量的70%，尽管为满足时尚的要求，可以增加环锭纱的比例。由于原料、颜色、后整理、织物克重和许多其它参数的不同，牛仔布种类繁多，可以分为两大类。第一类织物具有所谓的“真实风格”，即要求经纱具有“不规则”和粗犷的风格。环锭纱非常适于这类织物，并能赋予最终产品柔软的手感。对于这种类型的织物，一般的转杯纱太均匀，不太合适。为了形成类似于环锭纱的不匀特征，并产生相同的效果，必须使用专门的纺纱部件或花式纱装置（参见“4.5. 生产花式纱的部件”）。第二类织物中的纱线则非常均匀，以形成经向和纬向都非常清晰的织物结构。牛仔纱在这类织物中占主导地位，因为这种纱线条干均匀度高，疵点少。环锭纱则已基本退出这一应用领域。

转杯纱既可作经纱也可作纬纱，也可与环锭纱结合使用，大多用作纬纱。对经纱和纬纱的要求有很大差异，纬纱通常粗于经纱（Ne 5 - 7），具有中等毛羽，纱线采用中等至高的捻系数纺成，以经受现代高性能自动织机引纬系统的高负荷作用。对于较细的经纱（Ne 8 - 12），通常要经过染色。染色方法有两种，所用染色方法必须与纱线特点相适应。经轴染色纱（引导纱尾通过相互平行的染浴）表现出少至中等毛羽，纱线采用中等捻系数纺成，以防止纱线形成过高的缠结趋势。相比之下，绞纱染色表现出较低的纱线缠结趋势，这就不会妨碍染过的绞纱分开及并轴。因而，用于这一用途的纱线必然表现出较高的毛羽（毛羽在纱线之间起着隔离物的作用），纱线必须采用尽可能低的捻系数纺成（纺纱过程中的纱线强度必须不低于某一最小值）。

4.9.2.4. 法兰绒织物/斜纹绒床单

转杯纱还应用于轻微起绒处理的织物，这些织物既可用来制作男士和女士外衣，即所谓的法兰绒织物，也可用作绒面床单（斜纹绒床单）。这两类产品曾经是典型的粗梳毛纺产品，而现在已不用粗梳毛纺系统生产了，几乎完全由转杯纱所取代。以上所提到的许多产品都是采用再生纤维生产的，原料成本非常低。这些纤维在转杯纺纱机上的加工性能良好，但不能在环锭纺纱机上加工。采用这些加工成本低廉的织物可以制成高品质、定价高的最终产品，尤其是法兰绒产品。

4.9.2.5. 毛圈织物

转杯纱的另一应用领域是毛圈织物，如毛巾、浴巾、浴衣、浴垫等。在毛圈织物中，绒头纱线以圈形织入普通的底布。干燥过程中，绒头纱线吸收大部分的水分。绒头纱线必须是弱捻纱，应有较高的毛羽以及较高的膨松性，以确保良好的吸湿性。因此，起绒纱线可用类似于纺针织纱的纺纱部件来纺。然而，转杯纱并不太适于随后要修剪毛圈的织物（割绒织物），因为其中的包缠纤维会妨碍纱线修剪，并阻止均匀、稠密绒头的形成。

4.9.2.6. 针织物/T恤衫

在针织领域，由于转杯纱手感较为粗糙，起初被认为是不可能用于针织的，但现在已获得了广泛应用。转杯纱在手感方面与环锭纱还存在细微差异，但这种差异可以通过适当的后整理得到减小。此外，对于要求一定手感，但手感并不是关键评价指标的针织物来说，采用转杯纱就已足够，例如弱捻、毛茸、膨松的转杯纱就成功地应用于针织领域。

单面针织T恤衫就是转杯纱应用于针织的一个例子，在这种T恤衫的生产中，转杯纱已占有大量市场份额。单面针织物会清晰地显示出纱线均匀度和疵点方面的差异。转杯纱均匀度好、疵点很少，因此非常适合应用于单面针织物。由于转杯纱纱体蓬松，织物具有良好的绒头密度和非常均匀的外观，从而提升了针织物的品质。通过采用合适的纺纱部件（采用带有大量沟槽的假捻盘和在假捻盘颈部安装涡流插件），可以获得柔软的手感和较多的毛羽（必要时）。新型后整理方法还能进一步改善纱线性能，尤其是针织物的柔软性。用转杯纱制成的圆筒形针织物还有另外一个不应低估的优点，即圆筒形针织物不会像用环锭纱那样有时会出现扭曲。因此，与用环锭纱相比，用转杯纱编织圆筒形针织物不易出现问题。

4.9.2.7. 运动装/休闲服

转杯纱也广泛应用于运动装或休闲服领域，例如运动衫、运动袜、休闲外套等。转杯纱纱体膨松，因此特别适合于用作织物的内衬纱。相比之下，转杯纱在平纹针织物和经编针织物方面的应用则较少。

表19中以环锭纱为参照，对最终织物中转杯纱的性能进行了评级（更低、更高等）。

转杯纱与环锭纱织物性能对比

织物强力	低得多	-
绒头密度	更高	+
耐磨性	更高	+
抗挠曲性	更高	+
透气性	更高	+/- ¹
织物手感（织物未经处理）	更硬	-
织物手感（织物经过后处理）	几乎相同	≈
吸湿性	更高	+
织物缩水率	通常更低	+
织物外观	更均匀	+
起毛起球倾向	更低	+
光泽	更暗	-
毛羽	更低	+/- ¹

¹正面或负面影响取决于最终产品

表19 转杯纱最终织物性能与环锭纱织物性能的对比

4.9.3. 后整理

正如在纱线加工中要考虑纱线性能一样，将转杯纱加工成织物时，也必须考虑纱线的某些性能特点。然而，加工转杯纱织物的方法基本与加工环锭纱织物相同。

除了纺纱技术的改进外，转杯纱最终产品后整理工艺方面的研发也对织物手感产生了决定性影响。在未经整理的针织物上，专业人士可以明显识别转杯纱产品与环锭纺产品的手感差异，而在整理过的产品中，这种区别已经不大了。

对转杯纱织物进行高级整理时，必须清楚一些整理工艺（如免烫整理、牛仔布石磨处理）会降低织物的强力。除了织物强力会降低10 - 15 %外，还会导致织物性能不能满足最终产品的要求。因而，在选择原料时就应考虑这种织物强力的降低，并采用合适的方法生产纱线，使生产出的纱线具有更高的强力。

由于包缠纤维的影响，转杯纱制作的起绒织物比环锭纱制作的同类织物，需要多1 - 2道起绒工序，以获得类似的起绒效果。

转杯纱的最终染色效果倾向于偏深，因而在某些情况下，可以节省染料。然而，由于转杯纱纱线结构的影响，染色亮度一般较低，织物外观较黯淡。

转杯纱织物的吸浆性优于环锭纱织物，浆液浓度可以降低15 - 25 %。这也意味着达到同样的浆纱效果，消耗的浆料较少。

5. 纺纱工艺

5.1. 纱线形成

5.1.1. 转杯内的纤维流

在转杯纺发展的开始阶段，纤维被错误地直接引入纤维凝聚槽内。这样做的缺点是纤维必然在加速过程中与径向纱尾相撞，使纤维取向度恶化。这样生产出的纱线具有典型的“泡菜”结构，强力非常低。

在现在的转杯纺纱机中，流入转杯的纤维首先到达凝聚槽上方的转杯内壁上部。转杯内壁的圆周速度一定要大于与它相撞的纤维速度，因为这会产生牵伸作用，从而确保纤维的伸直和定向。此处要产生牵伸作用就对转杯转速设置了下限，因此，转杯转速不仅有上限，而且也有下限。

这个区域中的气流也很重要。在纤维输送通道和转杯内壁之间不应有空气湍流，而应具有均匀的旋转气流，这种气流有助于纤维以伸直的状态输送到转杯内壁上。除了其它因素之外，均匀气流的产生还取决于纤维输送通道出口到转杯内壁的距离，以及纤维输送通道外的转杯纤维输送通道插件的形状。因此，所有制造商都采用与转杯直径相匹配的可更换纤维输送通道插件，转杯也可以更换。纤维流必需的气流由主风机从纤维输送通道插件和转杯之间的间隙中抽吸产生。

进入转杯的纤维撞击到倾斜的转杯内壁上，并在巨大离心力（该离心力是纤维重量的十万多倍）的作用下向外压，使得纤维在圆周方向加速的同时，沿转杯内壁下滑，并凝聚在凝聚槽中的其它纤维上。

与其它自由端纺纱工艺相比，在转杯纺中，自纤维被分梳辊从条子中分离出来的那一刻起，一直到纤维凝聚到凝聚槽中之前，纤维都在不断地加速，所以纤维在径向得到了很好的伸直。由于将纤维压进凝聚槽的离心力很大，纤维的这种伸直状态一直保持到成纱中。转杯纱（芯层加捻）只有外层纤维的取向度不如环锭纱（外层加捻，参见“5.4. 纱线结构和纺织物理性能”）。

5.1.2. 转杯凝聚槽内的纤维凝聚（后并）

转杯纺中的纱线形成过程包括：分梳辊将喂入的纤维束分离成单纤维或小纤维束（不超过5根纤维），然后纤维被气流输送到转杯内，沿转杯内壁下滑，并在凝聚槽内再次结合成薄的纤维层。转杯每转一转，在凝聚槽中就凝聚一层单纤维，直至达到纱线所要求的厚度。这种通过纤维层并合形成最终纱线厚度的作用称为后并，纤维层数由所设定的纱线捻度（真捻）及转杯直径或周长决定。后并通常为60 - 90倍。线状纤维并合可改善并合后产品的均匀度，在并条机上通常要利用这种并合。如果并合发生在最细的线状结构上，即单根纤维上，则该作用就更为显著。这样所获得的均匀度很高，并总是优于环锭纱。然而，必须记住的是，只有当片段长度超过转杯内圆周长时，才能改善均匀度。采用目前广泛使用的35 mm直径的转杯，可以算出该片段长度为 $33 \times 3.14 = 103$ mm。对条子中所有比此片段长的匀整，均会进入到纱线中。

后并纤维层数计算如下：

$$D = \frac{\text{转杯 } \varnothing \text{ mm} \times T/m (\text{纱线}) \times \pi}{1000}$$

例如： 纱线 Nm 34/Ne 20, α_m 135/ α_e 4.45;
转杯 \varnothing 35 mm

$$T/m = \sqrt{Nm} \times \alpha_m = \sqrt{34} \times 135 = 787$$

$$T/'' = \sqrt{Ne} \times / \alpha_e = \sqrt{20} \times 4.45 = 20$$

$$D = \frac{35 \text{ mm} \times 787 \text{ T/m} \times 3.14}{1000} = 86 \text{ 并纤维层}$$

$$D = \frac{35 \text{ mm} \times 20 \text{ T/''} \times 30.3 \times 3.14}{1000} = 86 \text{ 并纤维层}$$

当已经达到所需的纱线粗度（由单纤维层形成）时，纱线就会从凝聚槽中引出。由于连续的输出作用，延伸到凝聚槽内的纱尾呈楔形纤维须条的形式，该楔形纤维须条的长度与凝聚槽长度完全相同。当楔形纤维须条从凝聚槽中引出时，其直径最大处的纤维层数即为纱线粗度所必需的后并纤维层数，其直径最小处即为纤维层凝聚的末端（图93，A）。通过引纱作用，纤维层一层接一层被引离凝聚槽（总是从最先铺放的最下面一层纤维开始），后边的纤维层按照铺放顺序依次被引出。当一个纤维层被完全捻合后，它立即被凝聚槽内铺放的下一层纤维取代。随着纱线剥离点的运动，楔形纱尾不断移动，且其圆周速度大于转杯的圆周速度。

图93 A - D示出了4个时刻纱线剥离点的位置和凝聚槽中相应的纤维铺放情况。转杯每转一转，剥离点向前移动两层纤维起始点之间的一段距离。例如：采用直径为35 mm的转杯，有88层纤维，转杯转一转，纱线剥离点移动的距离为 $35 \text{ mm} \times 3.14/86 = 1.28 \text{ mm}$ 。因此，在转杯转动86转之后（ $86 \times 1.28 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$ ，即等于转杯周长），纱线剥离点又返回到它的起始位置（图93，A）。

5.1.3. 加捻和纱线形成

如上一节所述，在转杯纺纱过程中，纤维不断地喂入转杯凝聚槽内，纱线也不断从凝聚槽引出。通过将成纱从转杯中引出，转杯凝聚槽内平行铺放且无捻的纤维须条被加上必需的捻度。因此，在纺纱过程开始时，必须将成纱尾端以与引纱相反的方向引入转杯内。纱线尾端通过转杯的转动获得捻度，并通过转杯的离心力作用被压进凝聚槽内，与喂入凝聚槽的纤维环连接。纱线捻度传递到凝聚槽内的纤维环上，并在此处将纤维捻合在一起形成纱线。纱线每转一转，加上一个捻回。

纱线尾端给纤维环加上捻度的区域称为加捻区或捻合区（图94）。捻合区长度对纺纱条件和纱线性能具有一定影响，如果该长度太短，断头率会很高；如果该长度太长，捻合将很紧，并会有很多包缠纤维。

因此，在转杯纺中，在某些情况下将纱线捻系数减少到某一值(α_{\min})之下是不可能的，因为这样将会使捻合区的长度减少到零（参见“2.3.7. 转杯速度和转杯直径”），造成纱线转动惯量不足，无法保证将捻度传递到纤维环中的纤维上。因此，参数 α_{\min} 与纱线强度无关。

转杯中纱线对纤维层的剥取发生在剥离点。纱线在剥离点不断引出，因此，转杯内剥离点以转杯转动的方向不断向前移动，即纱线剥离点圆周速度高于转杯圆周速度。因此精确的纱线捻度计算公式可以表示如下：

$$\text{捻/米} = \frac{\text{纱线剥离点转速 (r/min)}}{\text{输出速度 } L (\text{m/min})}$$

然而，相对于转杯速度，剥离点速度的超前量很小，可以忽略不计，因此捻度也可用通常的捻度公式进行计算：

$$\text{捻/米} = \frac{\text{转杯转速 (r/min)}}{\text{输出速度 (m/min)}} = \frac{n_{\text{转杯}} (\text{r/min})}{L (\text{m/min})}$$

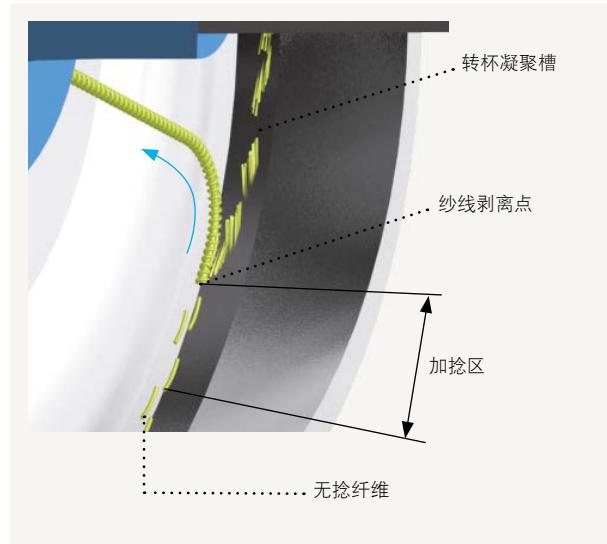


图94 转杯凝聚槽内的加捻

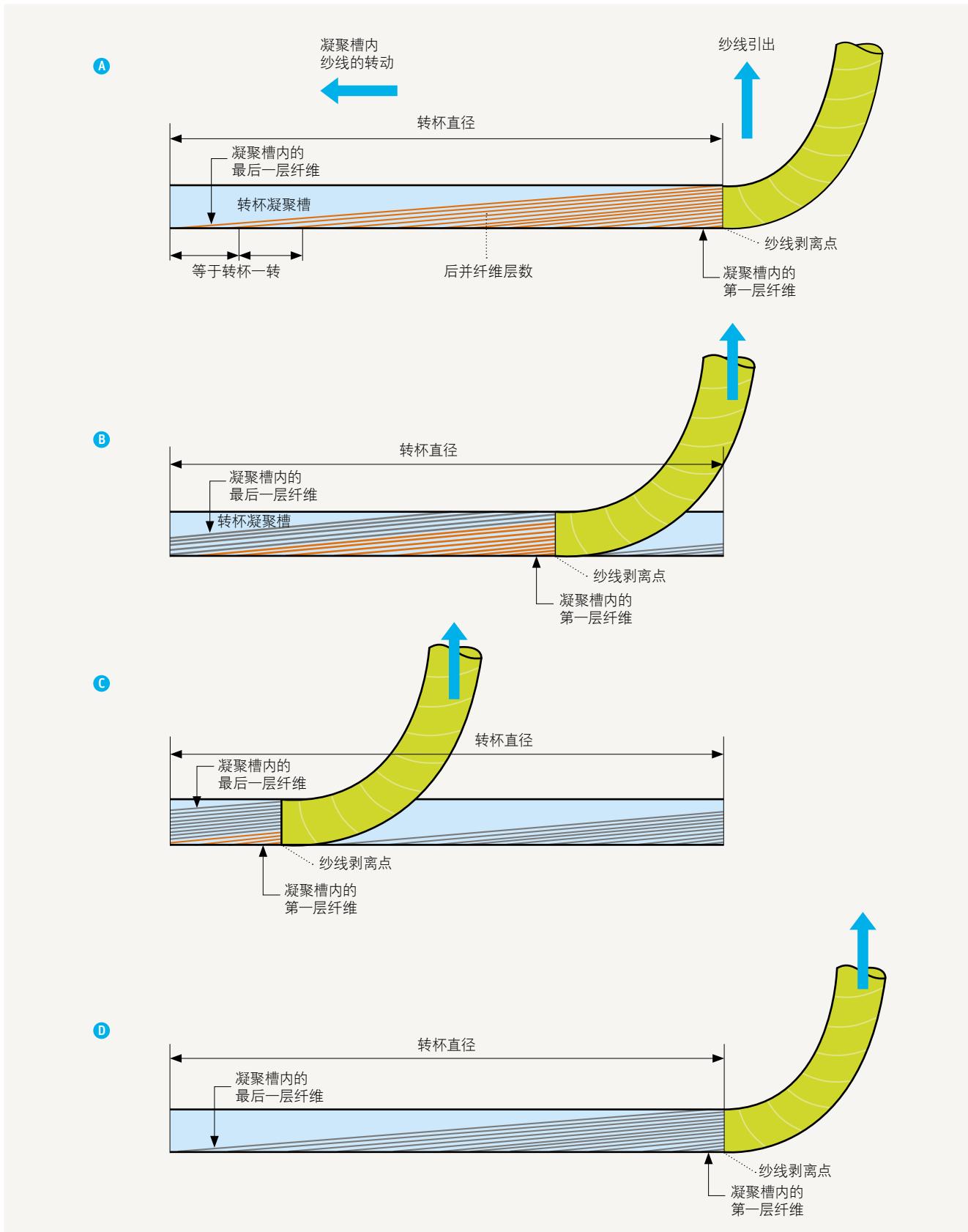


图93 通过后并作用转杯凝聚槽内纤维环的形成和相应纱线剥离点位置示意图

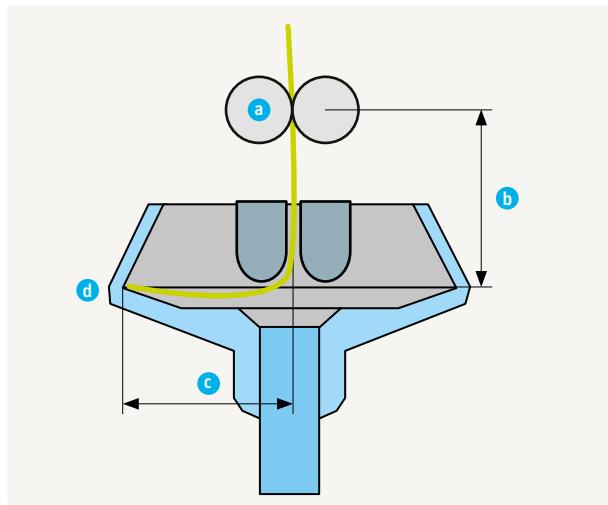


图95 纱线加捻

加捻过程远非如此简单。为了有助于理解这一过程，可以想象一下人工操作绞车机械的工作情况（见图95），其中：

- (a) 代表引纱罗拉，
- 张紧的纱段 (b) 代表绞车的轴线，
- 张紧的纱段 (c) 代表带有手柄 (d) 的人工操作曲柄。

如果纱段 (c) 在手柄 (d) 处像曲柄一样转动，轴线（这里是纱段 (b)）会产生绞车内类似的转动。然而，与绞车相比，由于在这个模型中引纱罗拉不能绕纱线轴线转动，因此只对纱段 (b) 加捻，即在这一过程中所加的捻回都在纱段 (b) 上，纱段 (c) 暂时保持无捻。不过，通过捻回传递，纱段 (c) 可获得从纱段 (b) 传递过来的捻回，即纱段 (b) 上产生的一些捻回传递到纱段 (c) 中（因扭力平衡产生）。

与环锭纺的情况相同，捻度朝着与纱线运动相反的方向传递。在转杯纺中，假捻盘处的纱线弯曲对捻度传递起着阻碍作用。这意味着系统本身传递到纱段 (c) 中的捻回少于纱段 (b) 中产生的捻回。在这种条件下，不可能进行高速纺纱及采用普通的捻系数，因为纱线提供的转动惯量不足以把凝聚槽中的纤维捻合在一起（纱线可传递的转动惯量与捻系数有关）。

然而，在实际生产中，纱段 (c) 必须比纱段 (b) 具有更高的捻回。事实也是如此，这可通过假捻效应和纱线张力变化来达到。

5.2. 真捻和假捻

转杯纺是一种真捻纺纱工艺，保留在纱线中的“真”捻对纱线强度具有决定性影响。然而，为了保持纺纱过程，即保持稳定而可靠的捻合过程，要求纺纱捻度必须高于纱线强力所需要的纱线捻度（如上节所述）。这意味着必须给从假捻盘延伸到凝聚槽内的纱线径向长度加上附加的捻度。这种附加的捻度，也称作假捻，是通过纱线在假捻盘上滚动产生的。根据纺纱条件不同，假捻可以达到纱线设定捻度的60 %。

那么，假捻效应是如何产生的，它和真捻有什么不同呢？

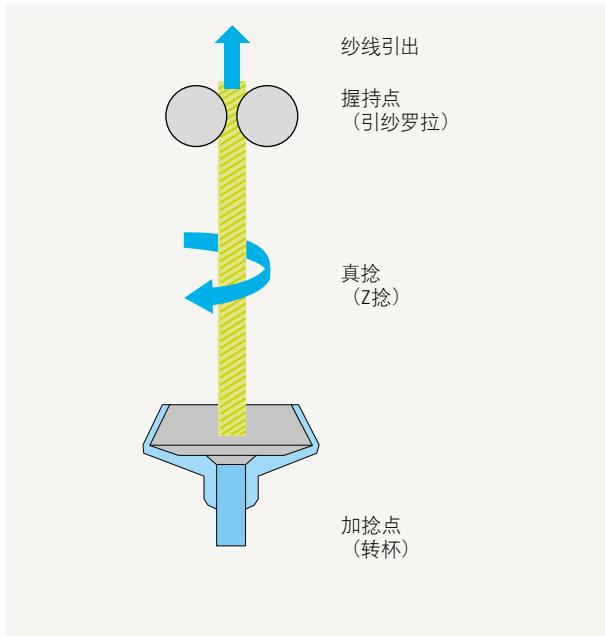


图96 纱线加捻：Z向真捻

当一段纱线的一端被握持，另一端由加捻元件带动绕自身轴线回转时，纱线就被加上了真捻（图96）。在转杯纺纱机的纺纱器中，纱线被引纱罗拉握持，由转动的转杯对其加上捻度。转杯每转一转，给纱线加上一个捻回，可根据所需捻度为纱线加上真捻。给纱线加上的捻回数取决于纱线在转杯内停留时间的长短，停留时间越长，加上的捻回数就越多。这意味着转杯转速（r/min）与输出速度（m/min）的比率决定了需要设定的捻度：

$$\text{每米纱线捻回数 } (T/m) = \frac{\text{转杯转速 } (r/min)}{\text{输出速度 } (m/min)}$$

为了产生假捻，也需要有一个钳口和一个加捻元件（图97），而且还需要附加一个被动或主动的加捻元件。如果通过这个加捻元件给纱线加上附加捻度，即假捻，则这些捻度以彼此相反的捻向分布在加捻元件的左右两边（见图97）。当纱线离开钳口时，这段纱线的捻度回到其原来的状态——即附加捻度消失。这正是转杯中发生的情况。引纱罗拉构成钳口，凝聚槽内的离心力起着加捻元件的作用，这两个力的作用相

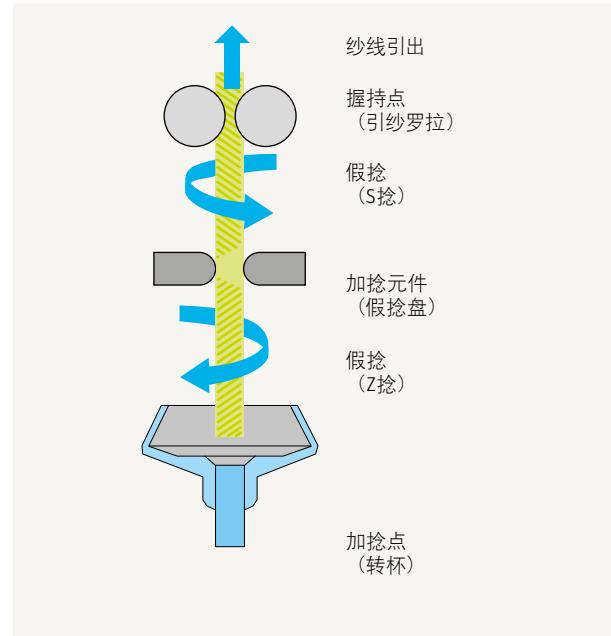


图97 纱线加捻：假捻效应产生的附加捻度S捻和Z捻

反。这里，假捻盘是被动加捻元件。在纱线引出的过程中，这种相反的拉力将纱线压到假捻盘表面，并使其在假捻盘表面滚动。当纱线在假捻盘表面滚动时，就给纱线加上了一定数量的附加捻度（假捻）。纱线在假捻盘表面滚动产生的假捻，在假捻盘和凝聚槽之间是Z捻，在假捻盘和引纱罗拉钳口之间是S捻。假捻盘表面的摩擦力越大，给纱线加上的这种正反向附加捻度就越大。

可以通过以下几方面增加假捻效应（即纺纱张力）：

- 增大假捻盘表面直径；
- 在假捻盘表面设置径向、轴向或螺旋形附加凹口、沟槽、凸纹等；
- 增大引纱管拐弯处的弯角；
- 在引纱管拐弯处附加阻捻器。

在引纱过程中，纱线沿假捻盘表面顺时针转动，纱线被加上逆时针捻向。纱线的局部滚动在纤维捻合点和假捻盘之间形成假捻。因此，纺纱段的纱线（图95中纱段b）具有比成纱更大的捻度。此外，从假捻盘到凝聚槽捻度不断增加。剥离点的捻度比假捻盘处高出约20 - 60 %。这些差异源于纱线长度方向的张力变化。

纱线张力是由引纱罗拉在输出纱线的过程中产生的，它与转杯内的离心力方向相反。纱线张力在引纱罗拉处最大，沿转杯内壁方向逐渐减小。然而，纱线张力与捻度成反比，即如果纱段（c）上的张力低，则该纱段就会有更大的捻度。相反，张力高的纱段（b）得到的捻度则较小。

正是由假捻和纱线张力变化在剥离点处产生的附加捻度，使纺纱能够在稳定的条件下进行。假捻效应取决于假捻盘处捻度在纱线中的传递情况，即最终取决于接触表面的粗糙度和结构。然而，假捻效应也随转杯转速的提高而增加。

加捻纱条中纤维的捻回角是纱线强度的决定性因素。为获得相同的捻回角和强度，给细支纱加上的捻度必须是粗度为两倍的粗支纱所加捻度的两倍。因此，只有纱支一定的情况下，纱线捻度值才能反映出纱线强度的大小。然而，无论纱支如何，捻系数 α/m 或 α/e 都可以反映纱线的加捻程度。捻系数越大，加捻程度越高，纱线强度也就越大，反之亦然。纱线捻度计算如下：

$$\text{纱线捻度 } T/m = \frac{\alpha_{tex}}{\sqrt{tex}} = Nm \times \alpha_m = T/'' \times 39.4^*$$

$$\text{纱线捻度 } T/'' = Ne \times \alpha_e = \frac{T/m \times 25.4}{1000}$$

* 换算系数d tex/马克隆值

由于转杯纱中的捻度更容易向纱芯移动，且纱线表面纤维伸直度较差并具有包缠纤维，因而纱线捻度只能根据测量技术大致确定。与环锭纺相反，转杯纺不能在纤维完全平行之前加捻。也就是说，测得的捻回数总是比要求机器上产生的捻回数少。根据纤维长度特性（即矩形长度分布或三角形长度分布）及包缠纤维数量的不同，这种捻回差异可达20%之多。

5.3. 包缠纤维

在静止的纤维输送通道下面，转杯连续地回转，并因此带动纤维环连续回转，同时捻合区的成纱也连续回转。单纤维流从纤维输送通道流进转杯，并凝聚在凝聚槽内。通常情况下，进来的纤维落在还没有被加捻的纤维上，但在捻合区内它们也会撞击到绕自身轴线回转、已加过捻的纱段上。不能完全避免输送到这里的纤维绕纱芯缠绕（即所谓的包缠纤维）。包缠纤维是转杯纱的一个典型特征，同时也是识别转杯纱的一个特征。捻合区越长、纤维相对于转杯周长越短，且转杯速度越高，则包缠纤维数量就越多。

包缠纤维可以围绕纱线以Z捻和S捻方向缠绕，加上转杯纱外层纤维捻度较低，因此在实验室测定纱线捻度时，所测得的捻度值通常低于机器上设定的要求捻度值。

转杯纺工艺早期推出的时候，因为转杯纺技术还不很成熟，那时还必须采用高捻系数，其结果是捻合区延伸到转杯凝聚槽内，使转杯纱具有大量的包缠纤维。也就是从那时起，转杯纱获得了手感太硬的评价，被认为不适于一系列最终产品，尤其是针织产品。

通过转杯结构的不断改进及假捻盘的设计，以及对纺纱器区域纤维和气流引导的优化，已经使包缠纤维的数量明显减少，使新型转杯纺纱机生产的转杯纱与第一代机器生产的转杯纱有了显著区别。现在转杯纱的捻系数只略高于环锭纱，因此同早期的转杯纱相比，其在最终织物中的手感更接近于环锭纱。现在，转杯纺纱机上生产的针织纱，在某些最终产品中很大程度上已经取代了环锭纱，T恤衫就是一个例子。

5.4. 纱线结构和纺织物理性能

评判纱线时，有两个决定性的质量标准。一个是纱线的结构，即纤维在纱线横截面内及沿纱线长度方向的排列情况；另一个是纱线的纺织物理性能，包括纱条均匀度、强力和纱疵数等（表20）。纱线的外观结构对最终织物的外观、形状、服用性能等具有决定性影响，而纱线的纺织物理性能则对纱线在织前准备机器、织布机或针织机上的承载能力，以及对机织物或针织物的耐用性具有决定性影响。

转杯纱有一个明显的结构特点，即转杯纱优先对纱芯加捻，并具有与系统有关的包缠纤维。与转杯纱不同，环锭纱在纱线表面加捻，所有纤维基本都沿着纱线捻度的螺旋线被均匀地捻合。前两节中已介绍过纱线的加捻和包缠纤维的产生（5.2和5.3）。

5.4.1. 与支数有关的纱线强度 (cN/tex)

与环锭纱相比，转杯纱表面纤维的平行伸直度较差，这也是其与支数有关的纱线强度 (cN/tex) 较低的原因。通过优化转杯凝聚槽（例如采用更小的凝聚槽半径）、假捻盘（例如采用较小的接触表面、较小的表面半径）以及纺纱器中的纤维引导，已经使转杯纱的强力得到不断改善，并缩小了与环锭纱强力之间的差距。然而，转杯纱与环锭纱的强力仍存在一定差异。另一方面，转杯纱的强力变异系数 (CV% cN/tex) 较好，低于环锭纱。这是由于转杯中的后并作用使转杯纱的短片段不匀得到减小。

纱线的潜在强力取决于纤维强度实际利用率，即纤维强度可以转变为纱线强度的百分率。纤维强度实际利用率，在环锭纱中约在50 %至65 %之间*，而在转杯纱中约在45 %至55 %之间*。因此，转杯纱与支数有关的强度通常比环锭纱低10 % - 20 %（见乌斯特公报）。

$$cN/tex \text{ 纱线} = \frac{cN/tex \text{ 纤维} \times \text{实际利用率}\%}{100}$$

例如，如果加工中等棉纤维，其与支数有关的纤维强度为24 cN/tex，可以得到以下转杯纱及环锭纱的与支数有关的强度 (cN/tex)：

$$\begin{aligned} \text{转杯纱} &= 24 \text{ cN/tex 纤维} \times 45 (\%) / 100 \text{ 或} \\ &\quad 24 \text{ cN/tex 纤维} \times 55 (\%) / 100 \\ &= 10.8 - 13.2 \text{ (cN/tex)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{环锭纱} &= 24 \text{ cN/tex 纤维} \times 50 (\%) / 100 \text{ 或} \\ &\quad 24 \text{ cN/tex 纤维} \times 65 (\%) / 100 \\ &= 12.0 - 15.6 \text{ (cN/tex)} \end{aligned}$$

* 在转杯纱和环锭纱中，实际利用率绝对值基本上取决于所选的捻系数(α_m/α_e)。如果实际利用率低于上述范围，与设置有关的因素通常对纱线强度具有负面影响。例如，由于引纱罗拉速度过高引起纤维损伤，或因不洁净的转杯凝聚槽引起纤维捻合不充分。

5.4.2. 断裂伸长率 (%)

与纱线强度不同，转杯纱的断裂伸长率 (%) 或多或少要优于环锭纱。根据乌斯特公报，转杯纱的断裂伸长率明显大于同类环锭纱，尽管在某些情况下差异不是很大。这对转杯纱的断裂功具有积极影响，使得转杯纱断裂功相对于环锭纱的差异要小于与支数有关的纱线强度方面的差异。著名织造机械制造商的研究表明，纱线断裂伸长率提高1 %对断裂功产生的提高作用相当于强度提高2 cN/tex对断裂功所产生的提高作用。在新型高性能机器上，纱线承受的加速度和负荷作用很高，纱线伸长性能所起到的作用即使不比纱线强度更大，也至少起着相同的作用。转杯纺的工艺优势在“4.9.1. 加工性能”中有更为详细的论述。

转杯纱的应力-应变特性与环锭纱基本相同。

转杯纱与环锭纱的对比

强度cN/tex	更低	-
CV% cN/tex	更低	+
断裂伸长率%	更高	+
条干不匀率CV%	更低	+
疵点/1 000米	少得多	++
纱线蓬松性	更大	+
耐磨性	更高	+
刚性	更大	1)
手感	更硬 ²⁾	-
外观	更粗糙	1)
毛羽	更低	1)
光泽	更暗	-

¹⁾ 根据最终产品不同，其影响也有正面和反面之分

²⁾ 经过后处理的最终产品手感基本与环锭纱相同（见表19）

表20 转杯纱与环锭纱的性能对比

5.4.3. 纱线毛羽

纱线毛羽具有不可低估的意义。毛羽是指没有捻合进纱体，从纱体中伸出的纤维头端的长度和根数。

长毛羽（主要是3 mm以上的毛羽）具有严重的负面影响。一方面由于毛羽的扩散，使织物外观缺乏清晰的结构；另一方面在后道加工中，由于毛羽的存在，机器上容易发生缠绕和纤维沉积，如果这些沉积物转移到最终织物上，则常常被评定为有害疵点。然而，短毛羽（3 mm以下的毛羽）却有一定的正面影响，有助于形成柔软的织物手感。用作内衣、T恤衫以及休闲服的针织物一般首选手感柔软、富有弹性的织物。采用绞纱染色法加工牛仔纱时，要求纱线具有较多的毛羽（尽管有着严格限制）。然而，在这种情况下，纱线毛羽多无益于织物手感，而是当打开绞纱时，毛羽在纱线之间起到隔离物的作用。

与同类环锭纱相比，转杯纱的毛羽要少得多。Bunk/Trommer（见参考文献）给出的理由是，转杯纱中朝向与纱线引出方向相反的纤维头端指向纱线内部，因而自由纤维头端数约是环锭纱的一半。此外，绕纱线交叉缠绕的包缠纤维有助于“捻合”松散的纤维头端。这些包缠纤维对纱线的耐磨性和抗起毛起球性具有正面影响。在后道加工中，与同类环锭纱相比，转杯纱的缠绕倾向、纤维磨损以及纤维飞花是微不足道的。简而言之，环锭纱较多的毛羽是由于并条机上及环锭细纱机输出端纺纱三角区的边缘纤维是在无控制状态下通过所引起的。

然而，大量伸出的纤维头端有助于获得柔软的织物手感，例如内衣和休闲服用针织物，这时纱线毛羽少反而是一个缺点。在这一点上，毛羽多的环锭纱具有优势，因为毛羽多特别有利于最终织物柔软的手感。然而，转杯纱毛羽少的缺点可以通过纺纱部件（转杯凝聚槽和假捻盘）在很大程度上加以改变（这反而使其优于其它纺纱系统）。首先，与以前

相比，现在转杯纱能用很低的捻系数生产，而且对纺纱稳定性无任何不利影响。其次，通过巧妙选择工艺部件，纱线的毛羽和蓬松性也可以适应最终产品的要求，例如：

- 通过选择适当的转杯凝聚槽：凝聚槽凝聚角、凝聚槽半径以及转杯直径越大，纱线越蓬松、毛羽越多。如果同时降低转杯速度和纺纱张力，则纱线的毛羽和蓬松性可进一步增加。如果降低转杯速度，通常也可以减小捻系数（因为纺纱张力下降），从而补偿因速度减小造成的产量降低。相反，较紧的凝聚槽凝聚角、较小的凝聚槽半径和转杯直径则意味着可以生产毛羽少、纱体瘦及更紧密的纱线。并且，转杯速度越高，纺纱张力就越高，这种效果就越明显。
- 通过选择适当的假捻盘表面形状与设计：假捻盘表面的结构越多、纱线滚动的接触面（假捻盘半径）越大，则纱线毛羽越多、纱线越蓬松。在假捻盘颈部附加插件及在引纱管上附加TWISTstop阻捻器，可进一步增加纱线毛羽。假捻盘越光滑、假捻盘半径越小（即接触面越小）、且阻捻元件对纱线通过的影响越小，则纱线的毛羽越少且蓬松性越小。

5.4.4. 纱线不匀率 (CVm%)

转杯中后并的正面影响已经在本书中提到过几次。与其它纱线相比，转杯纱中的后并作用使纱线中的纤维分布更加均匀，即以单位长度的重量来表示的均匀度更好。在纺纱过程中，如果纤维沿纱线随机分布，则纱条有可能获得最好的均匀度。然而，在实际生产中，无论是环锭纱、转杯纱、还是其它类型的短纤纱，都不能实现这种理想的分布。机器运转或牵伸系统的缺陷或多或少都会引起纱线横截面的显著变化。横截面变化的大小可通过线密度平均差不匀率 (U%) 来表示，或用更恰当和更常用的纺织物理性能术语——均方差不匀率 (CVm%) 来表示。

只有在转杯纺系统中，通过转杯中纤维层的后并作用可部分地补偿这种与工艺有关的横截面变化。所以转杯纱的质量均匀度优于环锭纱（在同等机器条件下）。

根据Brunk/Trommer的研究（见参考文献），转杯纱的不匀率极限(CV_{lim})大约是同类环锭纱不匀率极限的75%。实际上转杯纱的不匀率 $CV_m\%$ 值通常优于其它纺纱工艺生产的纱线。

5.4.5. 常发性纱疵（细节、粗节、棉结）

转杯纱还有一个特点，即所谓的纱疵数（每千米纱线中的粗节、细节以及棉结数，也称为常发性纱疵）远低于同类环锭纱。常发性纱疵不仅会引起后道加工中的断头，而且还会造成织物外观不良。根据最新乌斯特公报，转杯纱每千米纱线中的粗节数和棉结数分别比环锭纱低60%和80%。

然而，如果常发性纱疵数超过正常水平，则可能与原料或机器因素有关。例如，不成熟的棉纤维在加工过程中容易形成棉结。然而，当机器的纺纱部件或其它纤维引导部件发生磨损或损坏时，也会产生粗节与棉结。尤其是当分梳辊针布的针齿出现弯曲、断裂或磨损沟槽时，都会引起棉结数和粗节数的急剧增加。纤维输送通道出现磨损或微尘沉积，也能导致纤维在这些部位聚集，以及或大或小的纤维团块不受控制地喂入转杯。根据纤维团块的大小不同，它们要么导致断头、要么在纱线和最终织物中形成疵点（如果被捻进纱条中）。

6. 转杯纺的经济性

任何一种推向市场的新型纺纱工艺，只有具备了经济性方面的优势，并在下列方面优于现有成熟的纺纱系统，才能获得成功：

- 生产的产品质量更高；
- 整个系统的产量更高；
- 一定产量下的生产成本（人工、能源、资金成本）更低；
- 生产具有更大的灵活性，即可以生产的纱线品种广，或可以采用的原料范围广。

如果用这些条件衡量近几十年来出现的许多纺纱工艺，就能发现这些工艺中的大部分未能得到市场认可、出现不久便又消失的原因。可以说只有转杯纺满足了上述条件（喷气纺也达到了部分条件），尽管其所纺纱线范围有一定局限。

在考虑经济性时，高产、高效的转杯纺工艺当然排在第一位。过去，转杯纱一直被认为是生产成本低于环锭纱、且能满足最终产品要求的更经济的纱线。今后，对转杯纱的这种看法仍将继续。在转杯纺的发展过程中，由于对经济性的要求越来越高，与成熟的环锭纺工艺相比，达到盈亏平衡点的转杯纱支数也越来越细。

即使生产率高是转杯纺获得成功的首要因素，也不应认为纱线制造商会牺牲纱线质量来降低生产成本。纱线质量与经济性不仅不是相互排斥的，而且还是相互依赖的！与环锭纱相比，近年来转杯纺在不断提高转杯速度与输出速度的同时，转杯纱质量也获得了显著改善。

与环锭纺相比，以下方面对转杯纺在经济性方面的成功做出了重要贡献：

- 在许多应用中，省去了粗纱工序并减少了并条道数（参见“4.3.3.3. 并条机”）；
- 由于转杯纱可以直接加工，因此省去了成本昂贵的再卷绕工艺；

- 通过用单根转杯纱代替合股环锭纱，省去了并纱工艺（对于某些应用）；
- 转杯纺工艺中的梳棉机与并条机速度可以提高30% - 50%；
- 由于纺纱流程较短，能耗节约高达30%；
- 在较短的纺纱生产线中，原料流更简单，所以更容易管理；原料处理时间更短；
- 与环锭纺相比，由于输出速度高达10倍、断头率更低、机器效率更高，因此纺纱厂的生产率得到提高；
- 可以使用长度较短、因而廉价的棉纤维，尤其是生产粗支纱时；纺细支纱时，不能降低原料质量要求；
- 在后道加工中，由于采用大卷装形式、无疵点纱线长度更长，因而生产率得到提高，纱线运转性能得到改善。

6.1. 同类转杯纱与环锭纱的成本结构

纺纱工艺的经济性主要由三部分成本决定：投资成本及利息、直接人工成本与能源成本。为了比较经济性，通常采用每公斤纱的生产成本来进行比较。

在转杯纺中，投资成本占生产成本的大部分（图99），其次是能源成本，直接人工成本排在第三位。这种排序适用于人工成本低的国家。在工资水平很高的国家，采用转杯纺生产粗支纱时（生产细支纱时的情况不同），由于频繁的人工运输条筒和筒子，因而人工成本要高于能源成本（图98）。

采用环锭纺系统时，在工资水平高的国家，直接人工成本在总成本中占有很高比例，几乎与投资成本相当，其次才是能源成本。在人工成本低的国家，这个顺序会有一定的改变。和环锭纺相比，越来越高的转杯纺备件成本也是一个较大的因素，而占地面积要求在总成本中所占的比例较小。地区差异导致了这几部分成本的比重有所不同。

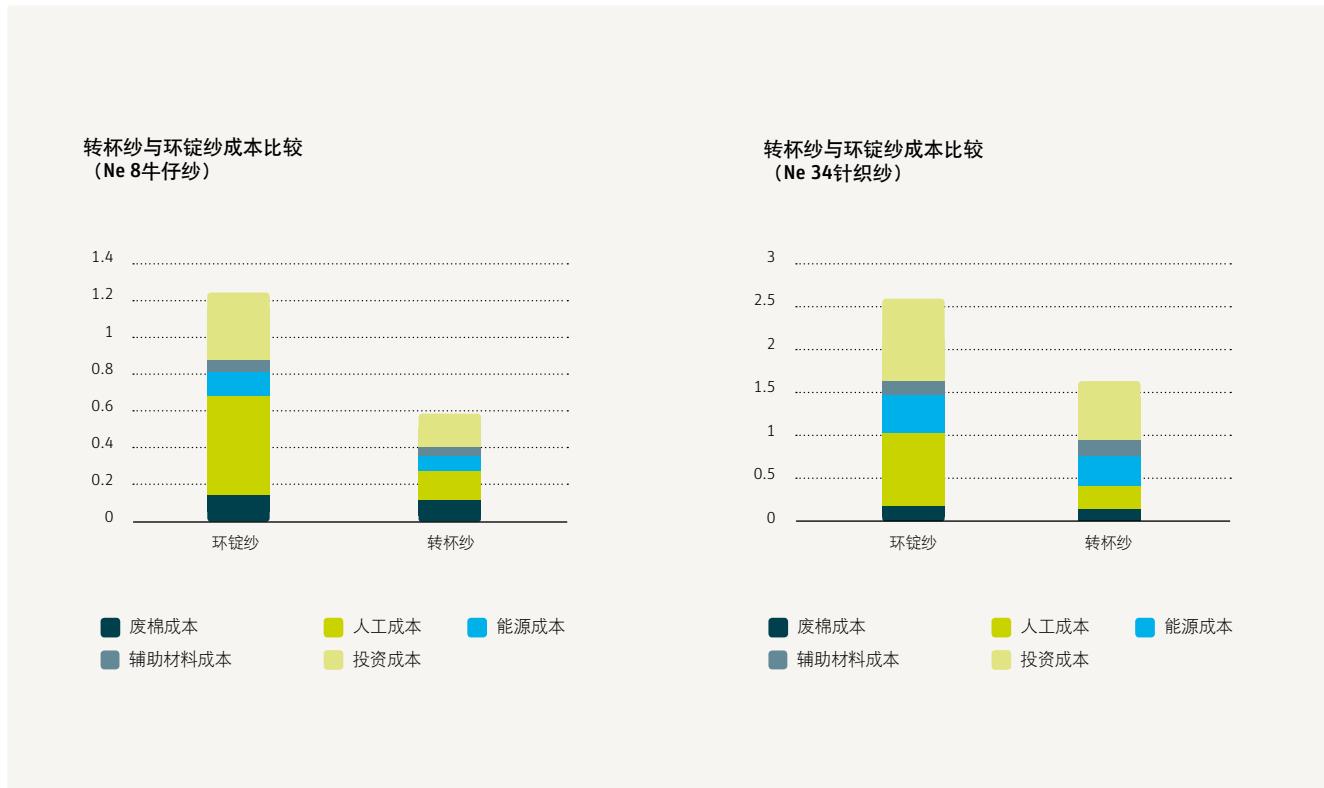


图98 工资水平较高的国家中转杯纱与环锭纱的成本结构比较（左图为Ne 8牛仔纱，右图为Ne 34针织纱）

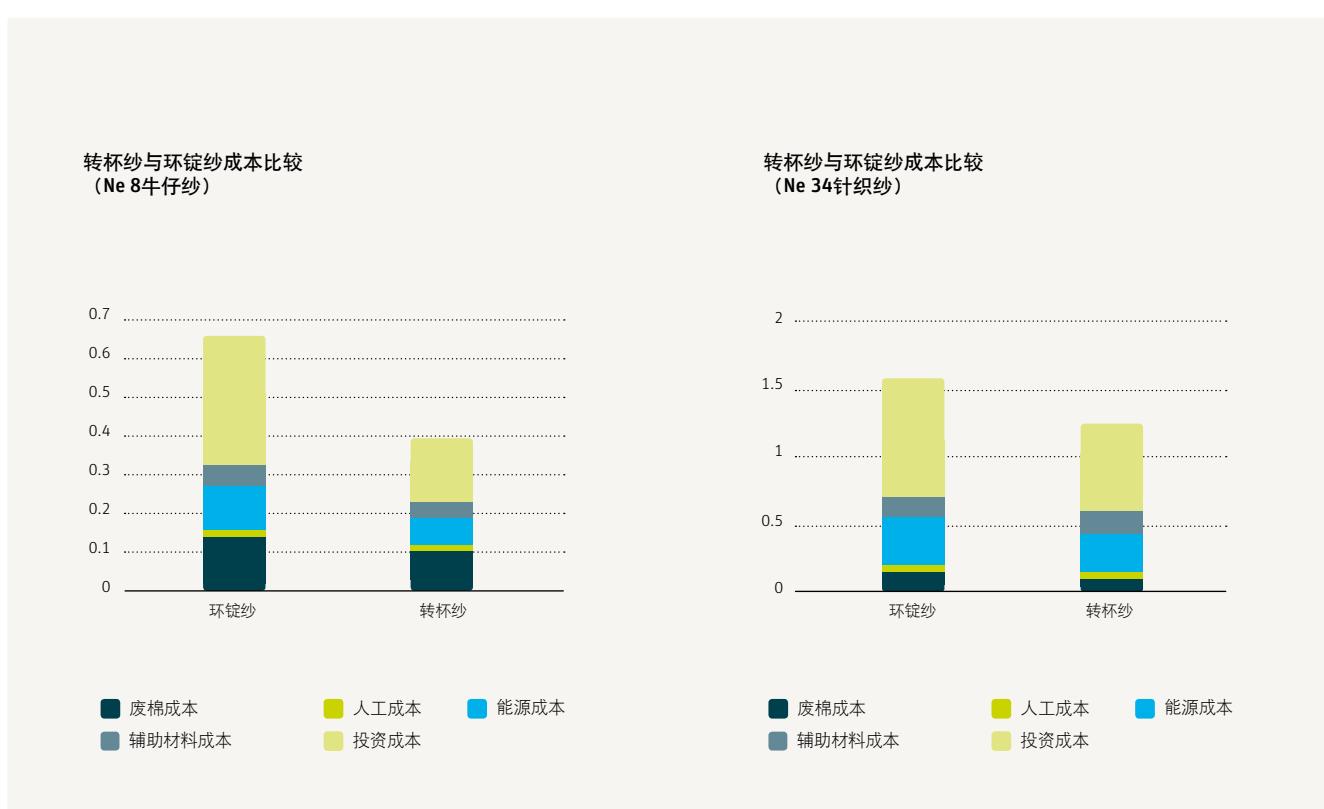


图99 工资水平较低的国家中转杯纱与环锭纱的成本结构比较（左图为Ne 8牛仔纱，右图为Ne 34针织纱）

近年来，由于产量不断提高，转杯纱达到盈亏平衡点的纱支（即生产转杯纱比环锭纱更经济的纱支）越来越细。现在转杯纱的产量优势非常大，即使生产最细的转杯纱（在Ne 60或Ne 70范围）也比环锭纱更

经济。在人工成本低的国家，生产细于Ne 40的转杯纱时，其成本也低于环锭纱。图100给出了在不同地区的工人成本水平下，环锭纱与转杯纱的生产成本与纱支之间的关系。

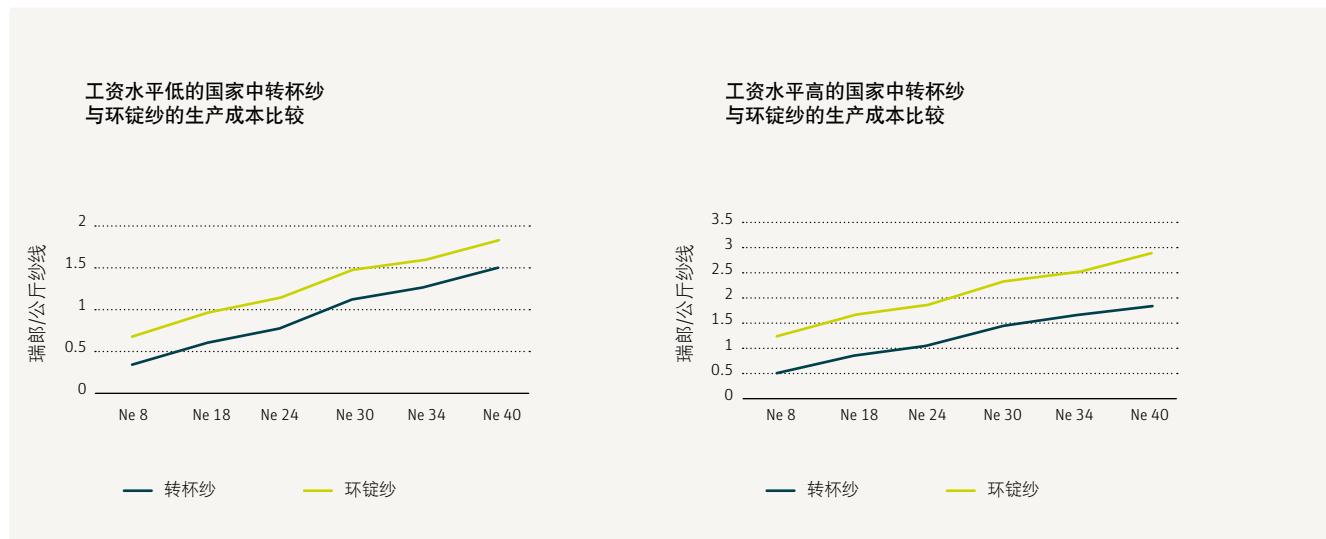


图100 在工资水平不同的国家中不同纱支每公斤纱的生产成本比较

在每公斤纱的生产成本中，相对较高的投资成本所占的比例越低，生产转杯纱就越经济。如果原料的处理量，即每台机器或每个纺纱锭位生产的纱线产量增加，则投资成本的重要性下降。因而，不论从产量的绝对值来看，还是与环锭纱相比，生产粗支纱（原料处理量更高）都比生产细支纱更加经济。投资成本包括购买机器以及所有辅助设备的费用。由于转杯纺自动化程度较高，且需配置用于质量控制与上蜡的辅助设备，因此转杯纺纱机单头投资成本大约是环锭纺纱机单锭投资成本的5倍。由于转杯纺省去了粗纱工序、有可能省去一道并条以及省去了再卷绕工序，因此转杯纺系统的成本优势可以抵消其较高的投资成本。

如果对投资成本及不同纺纱系统的生产潜力进行比较，则目前的机器状况如下：

- 转杯纺纱机的输出速度是环锭纺纱机的7倍（纺细支纱）至10倍（纺粗支纱）；
- 按锭子运转时间计的纺纱断头（每千锭小时），转杯纺高于环锭纺；但按每千米纱线长度计的纺纱断头，转杯纱比环锭纱约低75%；
- 在管理良好的转杯纺设备上，机器效率通常高达99%，明显高于环锭纺纱机所能达到的机器效率。

机器长度增加，有助于降低单锭投资成本，但降低的程度有限。目前转杯纺纱机的长度可达500头，但应根据机器运行的可靠性和传动技术的经济性来利用机器长度增加对单锭投资成本的降低作用。

能源节约在全球变得越来越重要，有限的资源使得能源成本不断上升。在许多情况下，能源成本在纱线生产成本中所占的比例已经和人工成本处于同一水平，人们也更加关注纱线生产的能耗问题。机器制造商通过不断努力，在减少主要能耗部件（即转杯传动和产生局部纺纱负压的风机）的功率输入方面做出了贡献。

在纺细支纱时，通常可以达到很高的转杯速度，转杯纺纱机的能耗也会随转杯速度的提高而增加（图101），但较小的转杯能耗也较低。为了保持转杯运转的机械稳定性，只能用小转杯来实现较高的转杯速度，而小转杯的能耗低，因此小转杯、高转速的能耗基本与大转杯、低转速的能耗相当。由于纺纱部件的优化以及纺纱几何的改进有助于提高纺纱稳定性，因此随着转杯速度的提高，只需稍微增大纱线捻度。

与之相反，在环锭纺纱机上，能耗的增加直接取决于锭子速度。因为钢领的直径决定着管纱的重量，所以不能像更换转杯那样进行更换。

能耗取决于转杯速度和转杯直径

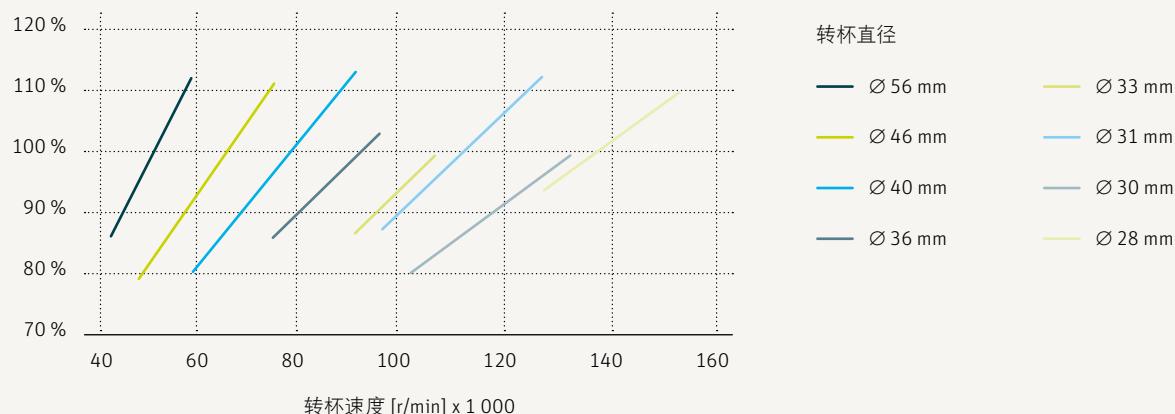


图101 能耗与转杯速度和转杯直径的关系

与环锭纺相比，转杯纺在直接人工成本方面具有很大优势。高生产率加上接头及落筒换管自动化，使得生产每公斤转杯纱的人工成本要比环锭纱低得多。

如今，自动化转杯纺纱机只需要极少的操作人员，每名工人也可看管更多的机器，因此运行一个纺纱厂所需要的人员越来越少。即使是目前的人工操作，也可以采用自动化方案加以解决，例如更换条筒、将条子引入纺纱器以及将机器末端的满纱筒移走等（参见“3. 机器和运输自动化”）。

6.2. 运输和维护方面的优势带来的成本节约

尽管可以采用运输自动化，但大多数纺纱厂中自动转杯纺纱机的条筒和筒子运输仍然采用人工运输，占用了大量员工。通过使用大条筒以及大交叉卷绕筒子（有些机器制造商提供），就可以大大减少人工投入（图102*）。

例如，在并条机与转杯纺纱机之间的长距离上，用 $18\frac{1}{2}$ "条筒取代16"条筒能节省超过12%的运输量。大条筒的运转时间更长，换筒次数更少。恰当的机器设计也可以节省空间，缩短运输距离。这也适用于自动运输时所使用的矩形条筒，这种条筒满筒重量可达16"条筒的两倍，比 $18\frac{1}{2}$ "圆形条筒重约70%（图103）。

类似地，通过使用大卷装，也可以使运输成纱筒子的人工投入达到最小（图103）。与4 kg重的筒子相比，生产5 kg重的筒子，在运输、堆垛、包装上可以减少20%的工作量。除纺纱厂获益外，后道加工中同样可以节省工作量。此外，还节约了空筒管数量，因为通常使用的筒管是一次性的。在大型转杯纺设备上，通过使用大卷装筒子获得的成本节约可达0.05 €/kg。如果与恰当的自动化解决方案相结合，成本节约还可以更高。

* 根据机器型号不同，可在转杯纺纱机下放两排条筒。

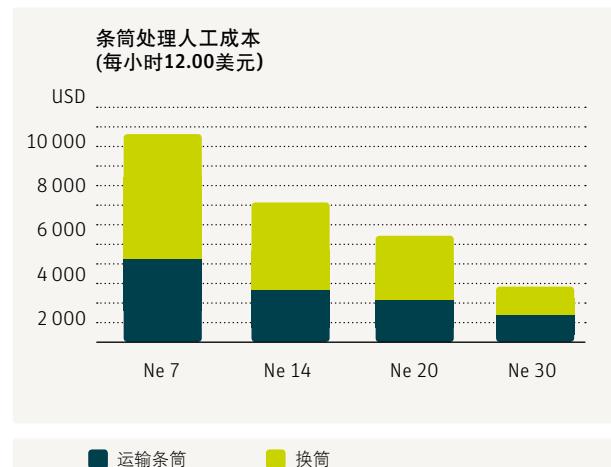


图102 采用大条筒所达到的转杯纺纱机台年成本节约（ $18\frac{1}{2}$ "条筒与16"条筒比较）

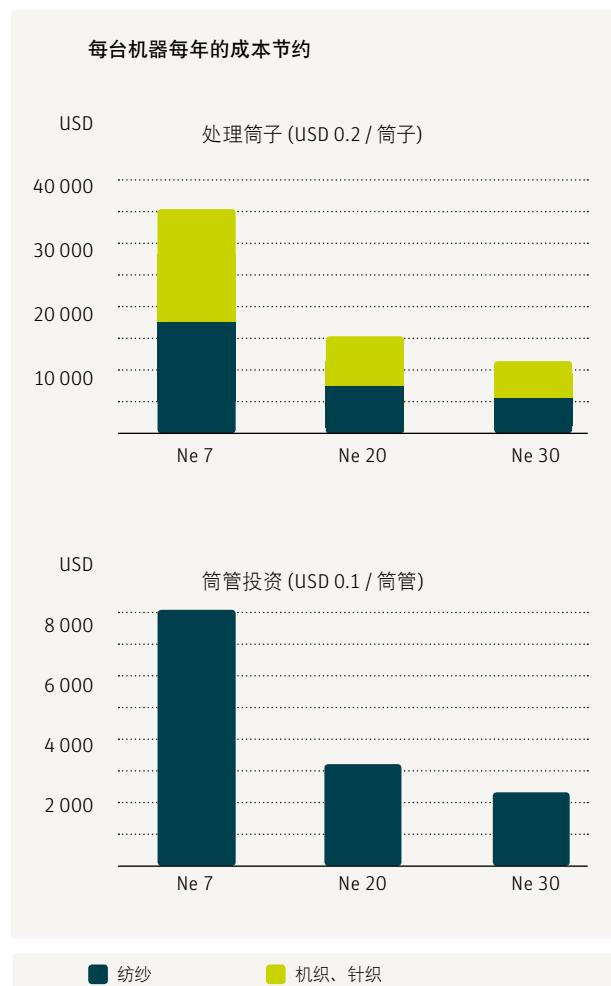


图103 采用大条筒和较低的筒管投资所达到的转杯纺纱机台年成本节约（5 kg筒子与4 kg筒子比较）

机器的设置与维护也构成了人工成本的一部分。优化设置可以缩短停车时间，并减少在机器设置与维护方面所花费的时间与精力。在全部或部分配备无级变频器传动的机器上改变生产批次时，通常可以省去费时的齿轮更换或传动带轮更换，从而缩短停车时间。牵伸倍数、纱线捻度、张力牵伸、转杯及分梳辊速度等设定值均可在机器的控制面板上轻松地直接输入。

通过采用智能型机器和控制理念，则有助于简化维护工作，缩短清洁时间，从而达到进一步的人工成本节约，例如通过以下方式：

- 模块化设计的操作机械手；
- 尽可能不用工具，方便、快速地更换工艺部件；
- 采用无油、低维护转杯轴承，大大减少轴承清洁工作；
- 在机器运转时也可以更换工作部件（工艺部件、转杯轴承等）。

并非所有这些方面都能以欧元和美元量化计算，因为不同纺纱厂采用的机器维护与技术监督方法有很大不同。然而，即便不考虑纺纱厂的人工投入，便于维护的机器理念对生产成本始终具有有利影响。

6.3. 后道加工中的人工成本节约

除了在粗支纱和中支纱范围内，转杯纱比环锭纱具有生产成本方面的优势外，转杯纱在后道加工中通过某些技术应用，还可以达到显著的成本节约（参见“4.9.1. 加工性能”）。实际生产证明，在Nm 50/Ne 30/20 tex转杯纱的后道加工中，与环锭纱相比，可以达到以下方面的成本节约：

- **整经：**停车次数从环锭纱的4.8次/ 10^7 米减少到转杯纱的1.1次/ 10^7 米。假设一次停车的成本是0.5 €，则每公斤纱的加工成本可降低0.02 €。
- **机织：**停车次数从环锭纱的1 - 3次/ 10^5 米纬纱减少到转杯纱的0.5 - 1.5次/ 10^5 米纬纱。假设一次停车的成本是1.0 €，则每公斤纱的加工成本可降低0.25 €。
- **针织：**在加工转杯纱时由于飞花造成的污染程度显著降低，因而可减少停机次数；目前还没有转杯纱对针织加工成本影响，及转杯纱对针织物组织结构影响的具体资料（转杯纱对织物结构具有正面影响）。

采用转杯纱可以达到后道加工中的生产成本节约，尤其是综合性纺织厂的生产成本节约，这就是转杯纱所具有的直接而明显的成本优势。

参考文献

第1章

„International Textile Machinery Shipment Statistics“, appears annually, International Textile Manufacturer Federation, Zurich / Schweiz

„International Cotton Industry Statistics“, appears annually, International Textile Manufacturers Federation, Zurich / Schweiz

„International Man-MadeFibre Production Statistics“, appears annually, International Textile Manufacturers Federation, Zurich / Schweiz

„Cotton Varieties by Origins“, appears annually, Bremer Baumwollbörse, Bremen/D

第2章

The Rieter Manual of Spinning Volume 1 – Technology of Short-staple Spinning, Rieter Machine Works Ltd., Winterthur Switzerland

Dr. Gunter Trommer „Rotor Spinning“ Edition 1995, Deutscher Fachbuchverlag, Frankfurt/Main

Internal technical brochures about Rieter rotor spinning machines, Rieter Ingolstadt GmbH, Ingolstadt Germany

Operating manuals quality control systems, Uster Technology and Barco

第3章

Dr. J. Ch. Promoli „Transportautomation in der Spinnerei – lohnt sich das? – Praxisberichte, Ausgabe 05/2000 (internal publication), available as special print, Rieter Ingolstadt GmbH, Ingolstadt Germany

第4章

The Rieter Manual of Spinning Volume 2 – Blowroom & Carding
Rieter Machine Works Ltd., Winterthur Switzerland

The Rieter Manual of Spinning Volume 3 – Spinning Preparation,
Rieter Machine Works Ltd., Winterthur Switzerland

第5章

Gunter Trommer: „Rotor Spinning“ Edition 1995, Deutscher Fachbuchverlag, Frankfurt/Main

第6章

„Europäischer Produktivitätsvergleich“, appears annually, published by the industry association of yarns in Germany, Italy, France, Austria and Spain

图表目录

图1	自转杯纺系统投产以来可达到的转杯速度的发展	12	图25	磁性轴承的定位	31
图2	2007年全球安装的转杯总量(共800多万头),数据来源于ITMF	12	图26	带有EC轴承的止推转杯轴承	31
图3	土耳其1979到2003年间所安装的转杯头数及自动化机器所占比例和转杯纺方面的新投资	12	图27	EC轴承的密封润滑脂杯	31
图4	不同纱支的全球转杯安装总量(ITMF)	13	图28	带有空气轴承的止推转杯轴承	31
图5	不同纱支的转杯纱最终产品的全球年产量(吨)	13	图29	空气轴承的气流;气压为6巴	31
图6	转杯纺纱机的结构	17	图30	通过引纱罗拉(a)、假捻盘(b)和引纱管(c)将纱线引出	32
图7	从条子喂入纺纱器到把纱线卷绕成圆柱形或圆锥形交叉卷绕筒子的纤维路径	18	图31	带有筒子的卷绕头	33
图8	带有分梳辊和条子入口的纺纱器正视图	20	图32	采用补偿杆(a)和纱线张力杆(b)的卷绕张力补偿机构	34
图9	纺纱器剖面图	20	图33	三段卷绕罗拉:动力驱动的中部(a),动力驱动的两边(b),轮和盘差速传动装置(c)及传动筒子的摩擦涂层(d)	35
图10	带有分梳辊(a)、条子入口(b+c)、纤维须条支撑(d)、除杂(e)和可调节旁通(f)的分梳辊壳体	21	图34	传统的动程位移	36
图11	旁通全开(除杂作用最大)	23	图35	可变动程位移的传动装置	36
图12	旁通半开(除杂程度中等)	23	图36	可变动程位移	36
图13	旁通关闭(除杂作用最小)	23	表1	筒子直径的1:1重叠	36
图14	纤维输送通道(a)和转杯(b)的剖面图	23	图37	使用大蜡块的上蜡装置	37
图15	配有SPEEDpass快速通道(b)的纤维输送通道(a)	24	图38	转杯纺纱机各种传动装置的能耗比例	37
图16	纤维切向喂入到转杯中及纤维输送到转杯的纤维凝聚槽中	24	图39	用于牵伸、加捻及卷绕张力的可无级调速的变频器传动	38
图17	转杯凝聚槽中的成纱和加捻	25	图40	通过传送带供应空管	38
图18	离心力与转杯直径和转杯速度之间的关系	26	图41	带有吸风装置的杂质传送带	39
图19	不同转杯直径下最小捻系数 α_{min} 与转杯速度之间的关系(资料来源:ITV Denkendorf)	27	图42	负压传动	39
图20	带有空气喷嘴和刮刀的转杯清洁组件	28	图43	机器控制面板的触摸屏	40
图21	直接转杯轴承,转杯轴(a)位于滚珠轴承座(b)中	28	图44	机械手控制面板	41
图22	安装好转杯的支撑盘轴承(双盘轴承)	29	图45	Uster Quantum Clearer 电子清纱器	42
图23	带有龙带(a)用压辊(b)的支撑盘轴承(双盘轴承)	29	图46	Barco Profile 电子清纱器	42
图24	带有磁性轴承的止推转杯轴承	31	表2	不同检测原理的灵敏度	43
			表3	不同检测原理的特性	43
			图47	生产监控系统图;带有外围设备并与生产机器连接的中央计算机	44
			图48	新型高性能转杯纺纱机上的操作机械手	46
			图49	机器的每一面采用一个机械手的行走路线;每一个机械手也能服务机器的另一面	47
			图50	采用三个机械手的行走路线。机器每一面配一个机械手,3号机械手交替服务机器的两面	47
			图51	配备两个和四个机械手时的机器效率	47

图52 机器每面配备两个机械手时的行走路线	47	表11 天然纤维和化学纤维的断裂强度 (cN/tex)	67
图53 带有四个机械手服务站的转杯纺纱机	47	图71 根据纱线质量要求配置不同条子准备工序的转杯纺纱系统	70
图54 接头质量 (Ne 30, 捻系数 $\alpha_e = 4.6$, 100 %棉)	48	图12 片段长度为1 m - 3 m - 5 m的条子均匀度 (开环控制匀整原理)	70
图55 断头或质量停车后的自动接头	50	图72 用于转杯纺纱机的纺纱部件:分梳辊(左后)、转杯(右后)、假捻盘(前)、纤维输送通道盘(中)	71
图56 落筒换管后的自动接头	50	图73 分梳辊针布齿形及其应用范围	73
图57 接头速度对纺纱张力和接头强度的影响	51	图74 重要的转杯参数	73
图58 恒定、高转杯速度下的自动接头	52	图75 转杯的结构和组成	73
图59 转杯加速过程中的自动接头	52	图76 转杯直径与转杯速度范围和最大速度之间的关系 (转杯实际生产速度一般低于其最大速度5 - 8 %)	74
图60 接头强度和伸长率与相应纱线值的比较	53	图77 转杯及凝聚槽的形状和性能	75
图61 AMIspin半自动接头系统	53	图78 陶瓷假捻头和金属支架组合式假捻盘	76
图62 转杯纺纱机尾架上的空管库 (a) 和筒管处理系统 (b)	55	图79 光面陶瓷假捻盘	77
图63 转杯纺纱厂中的条筒形式。可实现经济运输自动化的矩形条筒	57	图80 盘香式假捻盘	77
图64 并条机和转杯纺纱机之间的自动条筒运输	57	图81 带有3个、4个和8个沟槽的陶瓷假捻盘	77
图65 自动落筒及筒子到堆垛装置的输送	58	图82 凸边有附加沟槽的陶瓷假捻盘	77
图66 转杯纺纱机上带有防护格栅的自动堆垛装置	59	图83 带有小假捻盘半径和3个沟槽的陶瓷假捻盘	77
图67 不同原料转杯纱的产量比例	61	图84 正常半径(左)和小半径(右)的陶瓷假捻盘	77
表4 可以考虑用于转杯纺加工的棉花等级规格	62	图85 假捻盘颈部的涡旋插件(右)	77
表5a) 用于转杯纺加工的化学纤维	62	图86 带有可更换阻捻器(b)的引纱管(a)	78
表5b) 在转杯纺纱机上加工时必须考虑的纤维性能	62	图87 转杯牛仔纱织物	79
表6 其它可持续发展原料	63	图88 转杯纱和环锭纱中的花式效果	79
表7 转杯纱和环锭纱的纤维性能优先顺序	63	图89 高达400倍的牵伸带来最大的生产灵活性	80
表8 棉纱和化纤纱的纺纱细度极限与纤维支数的关系	64	图90 两根粗细不同纱线中的纤维捻回角	80
图68 纤维支数(B)和纱线强度(A)之间的关系	65	图91 纺纱厂生产转杯机织纱时常用的捻系数	81
图69 以英寸表示的纤维长度(B)和纱线强度(A)之间的关系	65	图92 纺纱厂生产转杯针织纱时常用的捻系数	81
表9 棉纱支数与纤维长度的关系	66	表13 100 %机织棉纱的纺纱参数	83
表10 化纤纱支数与纤维长度的关系	66	表14 100 %针织棉纱的纺纱参数	83
图70 纤维强度(B)和纱线强度(A)之间的关系 (单位:cN/tex)	67	表15 棉/涤50%/50%混纺纱的纺纱参数	83
		表16 用1.3 dtex 100 %粘胶制成的机织纱和针织纱的纺纱参数	83
		表17 加工不同原料时的空气绝对含水率(g/kg)	84

表18 与环锭纱相比的转杯纱后道加工性能	85
表19 转杯纱最终织物性能与环锭纱织物性能的对比	87
图93 通过后并作用转杯凝聚槽内纤维环的形成和 相应纱线剥离点位置示意图	91
图94 转杯凝聚槽内的加捻	90
图95 纱线加捻	92
图96 纱线加捻:Z向真捻	93
图97 纱线加捻:假捻效应产生的附加捻度S捻 和Z捻	93
表20 转杯纱与环锭纱的性能对比	95
图98 工资水平较高的国家中转杯纱与环锭纱的成 本结构比较(左图为Ne 8牛仔纱, 右图为Ne 34 针织纱)	100
图99 工资水平较低的国家中转杯纱与环锭纱的成 本结构比较(左图为Ne 8牛仔纱, 右图为Ne 34 针织纱)	100
图100 在工资水平不同的国家中不同纱支每公斤纱 的生产成本比较	101
图101 能耗与转杯速度和转杯直径的关系	102
图102 采用大条筒所达到的转杯纺纱机台年成本 节约(18½"条筒与16"条筒比较)	103
图103 采用大筒子和较低的筒管投资所达到的 转杯纺纱机台年成本节约(5 kg筒子与4 kg 筒子比较)	103

立达纺纱手册

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。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，以致于现在转杯纱与环锭纱已经几乎没有外观差异。本册详细介绍了转杯纺纱工艺及性能。

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。

1925-v3 zh 1611

ISBN 10 3-9523173-5-7

ISBN 13 978-3-9523173-5-8

www.rieter.com



9 783952 317358