



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新型纺织纱线

New Textile Yarns

王善元 于修业 编著

东华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

新型纺织纱线

New Textile Yarns

王善元 于修业 编著

东华大学出版社

内 容 提 要

本书综合介绍了各种新型纺织纱线的成纱原理、方法、工艺及成纱结构、性能和应用等,主要涉及传统环锭纺纱的变革与进步,包括赛络纺、赛络菲尔纺、紧密纺、索罗纺等及其纱线;新型纺纱的完善及其改进,包括转杯纺、摩擦纺、喷气纺、涡流纺等及其纱线;长丝变形加工的发展及完善,包括假捻变形、空气变形、热流变形、多重变形及其纱线等。全书共分十章,对各种纺纱方法分章叙述,便于完整学习,又便于相互间进行特色对比。

本书可供纺织类本科生、研究生教科书或参考书;亦可供材料类(化学纤维)本科生、研究生参考书;可供纺织类老师、纺织研究单位研究人员参考书;亦可供纺织企业(棉纺织、毛纺织、麻纺织、丝织)化纤企业的工程技术人员参考。

本书另有对应英文版,特别适用于高校进行的双语教学,作为纺织类本科生、研究生双语教学教材。

图书在版编目(CIP)数据

新型纺织纱线/王善元 于修业编著. —上海:东华大学出版社,
2007.8

ISBN 978-7-81111-083-8

I. 新... II. 王... III. 纱线—研究 IV. TS106.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 112865 号

责任编辑:张 静

封面设计:林峰平面设计

新型纺织纱线

王善元 于修业 编 著

东华大学出版社出版

上海市延安西路 1882 号

邮政编码:200051 电话:(021)62193056

新华书店上海发行所发行 苏州望电印刷有限公司印刷

开本:787×960 1/16 印张:22.25 字数:387 千字

2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

印数:0 001—3 000

ISBN 978-7-81111-083-8/T·005

定价:38.00 元(平装)

58.00 元(精装)

作者简介



王善元教授:

博士生导师。1959年毕业于华东纺织工学院纺织系本科, 1967年毕业于该校纺织系研究生。1981~1983年, 为美国麻省理工学院访问学者, 与S-Backer教授合作研究。1993~1998年, 为香港理工大学访问教授。

现任东华大学(原中国纺织大学)纺织材料研究开发中心主任、纺织科学与工程博士后流动站站长、国务院学位委员会纺织轻工评议组召集人、国家博士后管理委员会专家组成员。为苏州大学、江南大学、浙江理工大学兼职教授, 西安工程大学、嘉兴学院名誉教授, 中国纺织工程学会、美国纤维学会、美国化学协会、美国先进复合材料学会会员。

获省部级一等奖3项、二等奖6项, 指导的1篇博士论文获“全国百篇优秀博士论文”称号。公开发表学术论文200多篇, 其中SCI、EI检索70余篇, 著作5本。

长期从事纺织材料专业的教学与科研工作, 是我国著名的纺织材料专家, 在纺织纱线领域, 特别在成纱方法、机理及结构性能力方面成果显著, 代表作《变形纱》、《新型纺织纱线》在国内外影响深远。



于修业教授:

1960年毕业于华东纺织工学院纺织工程系本科, 1963年毕业于该校纺织工程系研究生。1963年至今, 在中国纺织大学(现东华大学)纺织工程系从事教学和科学研究工作, 主要领域为纺纱理论与工艺和新型纺纱技术及其发展。

1981~1983年, 为美国北卡罗莱纳大学访问学者, 主要从事牵伸理论和新型纺纱技术的研究; 1991~1993年, 为该校访问教授, 主要从事新型工业纤维特性的研究。2002~2006年, 为浙江纺织服装学院特聘教授和顾问。

从事纺织工程专业教学和科研工作40多年, 开设过许多纺纱理论和工艺的相关课程, 并编写了多本教科书和专著, 其中《纺纱原理》被评为上海市优秀教材; 另外还发表了许多研究论文, 部分论文被中国纺织工程学会评为优秀论文。1991年, 被国务院纺织工业部授予“有突出贡献的中青年专家”的光荣称号和证书。

序 言

纺织纱线对其形成织物的结构和性能具有重要的作用,是形成各种纺织品的重要中间产品。混纺纱、自由端纺纱以及变形纱等的发明及其发展对纺织品具有重大的影响。近 20 多年来纺织纱线及其加工又获得新的进展,包括加工方法、产品品种,特别是环锭纺纱的新进展和新的成纱方法。新型纺纱的发展和改进对于纺织品的影响,显得比以前越来越重要,同时改善了成纱结构,提高了成纱性能。变形纱的进展与发展显著地改善了成纱的质量,增加了成纱的品种。

传统环锭纺纱的进展如赛络纺、赛络菲尔纺、紧密纺以及索罗纺,它们构成了新的成纱方法,改进了加捻中的传统成纱过程,改变了成纱结构,包括纤维或长丝在纱中的分布和转移,因而提高了成纱性能。

对于新型纺纱,包括自由端纺纱和非自由端纺纱如转杯纺、摩擦纺、喷气纺、涡流纺,它们都获得了较大进展。转杯纺不仅提高了转杯速度,而且能加工各种花式纱、细线密度纱和复合纱。喷气纺——MJS 和 MVS——的发展加快了加工速度,提高了工艺水平,增加了市场的竞争能力,所以 MJS 和 MVS 已经成为不能忽视的新型纺纱机器。

变形加工采用新的加工元件对假捻变形和空气变形的改进有效地改善了成纱性能,增加了纱线品种。热流变形加工具有高速、高线密度加工的特点,在地毯等方面的应用越来越广泛。多重和复合变形加工的出现从根本上改变了变形纱的形态、结构和性能,进而改善了织物的性能。

《新型纺织纱线》综合了近几十年在纺织纱线上新的工艺、新的技术和新的产品。本书同样给读者一些新的成纱概念,使得读者能够在新的纺织成纱工艺与性能的发展方面与时俱进。

第一章描述了纺织纱线的一般概念和要求。第二章讨论了传统环锭纺纱的新进展,包括赛络纺、赛络菲尔纺、紧密纺和索罗纺及其纱线。第三、四、五、六章包含了新型纺纱转杯纺、喷气纺、涡流纺、摩擦纺及其纱线。第七、八、九、十章汇总了变形加工包括假捻变形、空气变形、热流变形、多重变形及其纱线。本书所提供的材料相当一部份是作者许多年来教学和研究工作的积累以及综合了几十

年来有关新型纺纱加工、设备和成纱结构与性能等许多相关著作和文章。

作者希望这本书包含的资料和知识为读者——学生、教师、研究人员、工业技术人员和管理者提供阅读参考。

最后，作者在本书编著过程中曾得到东华大学的同事、博士生的帮助和鼓励，再次表示衷心的感谢！

王善元 于修业

2007年8月

上海

目 录

第一章 纺织纱线概述	1
第一节 绪论	1
第二节 纺织纱线的分类	3
第三节 原料与市场	7
第四节 环锭纺、新型纺和变形加工的发展	14
一、传统环锭纺纱的进展	14
二、新型纺纱	15
三、变形加工的新进展	17
第五节 纺织纱线的生产与市场	18
一、纺织纱线生产的变化	18
二、纺织纱线产量与市场	20
参考文献	25
 第二章 环锭纺的新进展及其纱线	 28
第一节 赛络纺(Sirospun)及其纱线	28
一、赛络纺的理论模型	28
二、实验分析	33
第二节 赛络菲尔纺(Sirofil)及其纱线	36
第三节 索罗纺(Solospun)及其纱线	43
第四节 紧密纺(Compact)及其纱线	48
一、紧密纺原理	48
二、紧密纺(集聚纺)装置	50
三、紧密纺纱线的结构及性能	53
参考文献	56

第三章 转杯纺纱及其纱线	61
第一节 绪论	61
一、历史	61
二、发展	62
三、现状	63
第二节 转杯纺纱原理	63
一、纺纱过程	63
二、纺纱器的发展及分析	67
第三节 纱线结构和特性	83
一、纤维在纱线中的形态	83
二、捻向结构	84
三、纱线特性	85
第四节 转杯纱及产品	86
一、原料和线密度	86
二、新型转杯纱及产品	88
三、转杯复合纱	89
四、废纺转杯纱	94
第五节 转杯纺发展前景	94
一、技术经济分析	94
二、发展展望	96
参考文献	97
 第四章 喷气纺、喷气涡流纺及其纱线	 106
第一节 喷气纺纱的发展	106
一、发展史	106
二、现状	107
第二节 喷气纺纱的工艺过程及成纱机理	109
一、工艺流程	109
二、牵伸机构及工艺的独特之处	111
三、加捻原理	118
第三节 喷气纱的结构和性能	136

一、纱线结构分析	136
二、纱线性能分析	138
第四节 喷气纺纱的产品开发	139
一、适纺性	139
二、喷气纱的织物特性	140
三、喷气纱的产品开发	142
第五节 喷气纺纱技术经济分析及未来展望	144
一、主要技术经济指标	144
二、市场前景及未来的发展	145
第六节 喷气涡流纺及纱线	146
一、喷气涡流纺的工艺流程	147
二、喷气涡流纺的加捻成纱原理	147
三、喷气涡流纱的结构与产品	151
四、发展前景	153
参考文献	154
 第五章 涡流纺及其纱线	 159
第一节 涡流纺纱概述	159
一、涡流纺纱的发展过程	159
二、涡流纺纱工艺过程	160
三、涡流纺纱的前纺设备	161
第二节 涡流纺纱原理	161
一、涡流场内压力、速度分布	162
二、涡流管内气流的流动	162
三、涡流对纱条的加捻	165
四、涡流纺纱器的结构参数	168
第三节 涡流纱结构性能及产品	170
一、涡流纺纱的适纺性	170
二、涡流纱的结构性能	171
三、涡流纱的产品	174
第四节 涡流纺纱的技术经济分析和展望	176

一、涡流纺纱的特点	176
二、技术经济分析	176
三、展望	177
参考文献	178
 第六章 摩擦纺及其纱线	 179
第一节 摩擦纺纱发展概况	179
第二节 摩擦纺工艺过程及纺纱原理	180
一、纺纱工艺过程	180
二、摩擦纺纱原理	184
第三节 纱线结构及性能	195
一、成纱结构	195
二、纱线的性能	198
第四节 摩擦纺产品	198
一、适纺原料及纺纱线密度	198
二、产品	199
第五节 前景与展望	204
一、摩擦纺纱的主要问题	204
二、摩擦纺的发展方向	205
参考文献	205
 第七章 假捻变形加工及其纱线	 212
第一节 概述	212
第二节 传统不连续变形加工	214
第三节 假捻变形加工原理	216
第四节 假捻的形成及其过程	217
第五节 假捻装置	219
一、转子式假捻装置	220
二、摩擦式假捻装置	221
第六节 热定形	228
一、加热系统	228

二、冷却系统	231
三、热传递	232
四、定形机理	234
第七节 改性假捻变形加工	236
一、拉伸假捻变形	236
二、二级热箱定形	239
第八节 加工工艺参数及质量控制	240
一、工艺参数	240
二、质量控制	241
第九节 假捻变形纱机	244
一、变形加工丝路	245
二、多轴喂入变形纱机	246
三、自动控制	247
四、国内假捻变形纱机	249
五、纱线产品	251
第十节 假捻变形纱的结构与性能	251
一、长丝的内外转移与假捻变形纱结构	251
二、假捻变形纱的拉伸曲线和卷曲性能	256
参考文献	258
第八章 空气变形加工及其纱线	264
第一节 引言	264
第二节 空气变形原理和喷嘴	266
一、空气变形原理	266
二、空气变形喷嘴	267
第三节 喷嘴内气流场	272
一、喷嘴内气流流动	272
二、喷嘴内气流性能	273
第四节 丝圈形成的机理和过程	276
第五节 空气变形工艺和设备	279
第六节 空气变形工艺参数	282

一、喂入原丝	282
二、超喂率	285
三、供气压力	287
四、原丝给湿	287
五、热定形	290
第七节 空气变形纱的结构、性能及应用	293
一、空气变形纱的结构	293
二、空气变形纱的性能	296
三、空气变形纱的应用	298
参考文献	299
 第九章 热流(喷嘴)变形加工及其纱线	 302
第一节 绪论	302
第二节 机械式填塞变形	303
一、填塞箱卷曲变形力学模型	304
二、丝束性能和填塞箱结构对弯折过程的影响	305
第三节 热流(喷嘴)变形	306
一、热流变形喷嘴	307
二、热流变形喷嘴流场	309
第四节 改进的热流变形——移动腔(Moving Cavity)变形	312
第五节 BCF 纱的形态和性能	314
第六节 热流变形纱机	316
参考文献	319
 第十章 多重变形加工及其纱线	 321
第一节 前言	321
第二节 假捻变形(或热流变形)与网络变形组合	322
一、网络变形加工	322
二、网络喷嘴内的气流场	323
三、假捻变形与网络变形组合	325
第三节 假捻变形与空气变形组合	326

第四节	倍捻与假捻变形组合	328
第五节	异收缩变形与假捻变形(或空气变形)组合	333
第六节	短纤化空气变形加工	336
第七节	细观变形	340
一、粗细节加工技术		341
二、捻节工艺		342
参考文献		342

第一章 纺织纱线概述

第一节 绪论^[1~6]

人类的历史和纺织材料,包括纤维、纱线和织物,息息相关,因为它们曾经是、现在也还是我们生活的一部分。

一般而言,纱线可定义为由纤维或长丝形成的、连续的、具有细长线形集体并具有类似纺织品的性能,包括适当的拉伸强度、较高的挠曲性以及纺织产品通常具备的视觉和触觉性能^[1]。

纺织品包含由天然纤维和化学纤维制成的生活消费品或工业品。为了生产适用于一定用途的纺织品,首先要选择纤维类型,然后将其纺成具有一定性能的纱线结构,再选择合适的针织或机织结构而赋予织物所要求的视觉、触觉和技术性能。

除针织和机织外,织物还可以通过其他方法获得,包括将纤维或长丝粘结在一起,而无需将纤维制成纱线这一过程。非织造织物在技术和工业纺织品领域中占有很重要的地位,但在生活消费品中的应用有一定局限性。纱线是大多数纺织品的基本结构单元。除了纤维性能、织物结构和后整理以外,很多织物性能都与纱线的结构与性能有关。纤维、纱线和织物的结构与性能之间的关系如图1-1所示^[2]。

尽管,人们未知第一次将纤维纺成纱线的确切时间,但是很多考古证据表明这种技术至少在8000年以前已获得应用。短纤纱织造约在公元前6000年发展起来,当时,新石器时代的人类开始进入永久居住状态,开始耕种并驯养动物^[3]。

羊毛是最早被用来纺纱的纤维,因为考古学家认为绵羊早在现代人进化之前就出现了。绵羊可以追溯至早期的新世时期,大约是一万年前。

早期人类将羊毛纤维捻成较短的纱线,然后再将它们连接成为较长的纱线,这种纱线被称为短纤纱。在动物和植物纤维的早期纺纱加工中,广泛使用纺锤和纺轮。种植的亚麻种子起源于大约公元前6000年。亚麻和苧麻是用于纺织

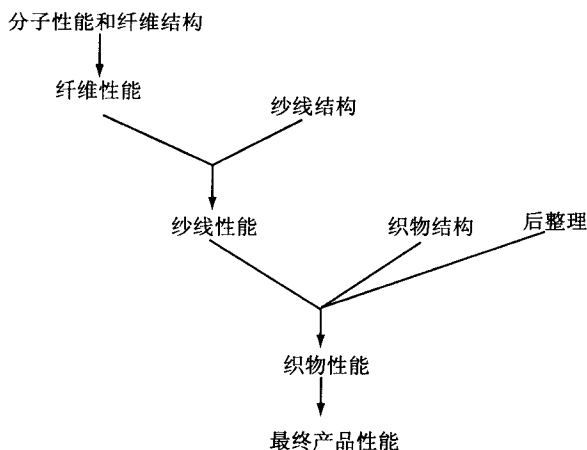


图 1-1 纤维、纱线和织物的结构与性能之间的关系^[2]

成纱线最常用的植物纤维,大麻纤维也有使用。亚麻于公元前 8000 年初期在埃及出现,苧麻则于公元前 4000 年(新石器时代)在中国出现^[4]。当时,由这些纤维纺制的纱线,甚至比现代纺纱机纺成的纱线更细。考古发现,埃及木乃伊身上的衣料,沿其宽度方向,每厘米有 212.6 根纱线。公元前 2100 年,中国就用 11.33~12.56 dtex 蚕丝制成面密度为 15.4g/m² 的丝织物^[5]。

约在公元 1300 年之前,简单纺锤一直是纺纱的唯一方法。纺纱车首先在欧洲和中国发明并得到发展(黄道婆,1295~1297 年)^[6]。1733 年,约翰·凯(John Kay)发明了飞梭,为了满足迅猛增加的机织生产对短纤纱的需求,纺纱于 1738~1825 年实现了现代化。1738 年,刘易斯·保尔(Lewis Paul)将罗拉引入纺纱系统,形成纤维带状,再进行加捻。1769 年,理查·阿克莱特(Richard Arkwright)发明了用单一能源驱动的多锭纺纱车(水力纺纱机)。1830 年,美国人丹佛斯(Danforth)发明了一种新的加捻方法,即帽锭纺纱。19 世纪 60 年代早期,帽锭纺纱被钢领和钢丝圈或环锭纺纱所取代。从此环锭纺纱处于主要地位,目前已基本实现自动化。

自 20 世纪 70 年代以来,纺织纱线的生产进入了一个崭新的阶段,纱线产量稳定增长。新型的纺纱工艺、变形加工急剧发展。纺纱技术和合成纤维领域的突出成就,是自由端纺纱和高速纺丝—牵伸—假捻变形的出现。它们是“纱线革命”中最主要的组成部分。这些工艺减少了工序,提高了产量,降低了成本,更重要的是,它们制备了高质量的短纤纱和变形纱。

日前,纱线生产是一项高度发达的技术,它促进了具有适用于特定应用的特殊性能的不同纱线结构的设计。纱线的最终用途,不仅包括服装、家用纺织品和地毯,还包括运动服以及汽车内饰、飞机和医用及防护类织物。Greenwood^[7]概述了纱线和纺织品在 2000 年的发展进程,并指出了材料线密度的超细化;另外,讨论了纺织技术在几个世纪中的进展,这些进展提高了制造系统的生产率,同时降低了成本。18 世纪发生了金融革命,19 世纪经历了工业革命,20 世纪则是信息革命时代。

第二节 纺织纱线的分类^[8~9]

纺织纱线可以根据它们的形态、结构、物理性能以及生产方法或技术来分类,如表 1-1 所示。

表 1-1 纱线种类^[8~9]

纱线类型	举例	纱线性能
短纤纱		
传统类	环锭粗梳纱 环锭精梳纱 精纺毛纱 粗梳毛纱	优良的手感、覆盖能力、舒适性和花色效应,较差的强度和均匀度。
非传统类	转杯纱 喷气纱 摩擦纺纱	
连续长丝纱	天然纤维纱 人造或合成纤维纱	强度好、均匀、可纺线密度低。 较差的手感、覆盖能力、外观,有极光。
变形长丝纱	假捻变形纱 空气变形纱 热流变形纱	拉伸性能好,手感好,覆盖能力好。
花色纱	花式加捻纱 空心锭子花色纱 短纤效应纱	具有优良的装饰性。
复合纱	包芯纱(长丝或短纤维作为芯纱,短纤维作为皮层)	同时具有短纤纱和长丝纱的性能

表 1-2 纺纱系统分类^[10]

纺纱方法	一般特征	技术	纺纱过程中的加捻型式	纱线结构类型
环锭纺	钢领和钢丝圈	单股加捻 双股加捻	真捻 真捻	S 或 Z 捻 S 或 Z 捻
自由端纺纱	分离呈单纤维进入加捻区	转杯纺 摩擦纺	真捻 真捻	Z 捻包缠 Z 捻包缠
自捻纺	S 捻或 Z 捻交互并捻	两股纤维假捻形成自捻	假捻	S、Z 捻
包缠纺	由长丝或短纤维作为芯纱包缠	S 捻和 Z 捻交互加捻并长丝包缠 空心锭子包缠 喷气包缠	假捻 假捻 假捻	S、Z 捻和长丝包缠 包缠 加捻包缠
无捻纺	与粘合剂粘结法和毡合法	水流粘合 树脂粘合 液体毡合	假捻 假捻 无捻	粘合 粘合 毡合

天然纤维和化学纤维都可以集合并加捻而形成短纤纱。表 1-1 所示的纱线种类可以再细分为传统短纤纱(包括粗梳环锭纱、精梳环锭纱、精纺毛纱、粗纺毛纱)和非传统短纤纱(主要包括转杯纱、喷气纱和摩擦纺纱)。它们拥有优良的手感和覆盖能力,舒适性好并有花式外观,但是强度和均匀性较差。

目前,传统环锭纺纱技术的应用最为广泛,据估计,它占了 90% 的世界纺纱机市场。表 1-2 中所示的其他纺纱系统通常指非传统纺纱工艺,其中转杯纺的市场份额最大。图 1-2 所示为不同短纤纱的典型结构特征。

连续长丝纱包括天然蚕丝以及由合成聚合物纺成的合纤长丝(如涤纶、锦纶、丙纶等)或者由改性天然聚合物纺成的人造长丝(如粘胶丝)。这些长丝通过加捻或者相互纠缠而形成长丝纱。它们拥有优良的强度,均匀性好,可纺成各种线密度,但是手感一般,膨松性和保暖性较差。

最常用的变形长丝纱包括假捻变形纱、空气变形纱和热流变形纱。它们具有优良的拉伸性能和覆盖能力,强度和均匀性好,但手感较差。

图 1-3 所示为各种变形纱的理想模型以及未变形长丝纱和短纤纱的模型。图 1-4 则给出了变形纱的照片(其中也包括了未变形长丝纱和短纤纱的照片)。