



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材
纺织科学与工程一流学科建设教材
纺织工程一流本科专业建设教材

纺纱原理

王建坤 李凤艳 张淑洁◎主编

F
ANGSHA YUANLI

 中国纺织出版社有限公司

国家一级出版社
全国百佳图书出版单位



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

纺织科学与工程一流学科建设教材

纺织工程一流本科专业建设教材

纺纱原理

王建坤 李凤艳 张淑洁 主编

 中国纺织出版社有限公司

内 容 提 要

本书将不同纤维纺纱的基本原理与共性知识高度凝练,从纺纱过程的理论体系和学习认知两个维度总结梳理知识点,力求准确、客观、简洁。全书共九章,包含绪论、原料选配、开松、梳理、精梳、牵伸、加捻、卷绕、新型成纱等,系统地阐释了短纤维纺纱加工全流程的基本原理,并融入纺纱新工艺、新技术、新设备等方面的最新应用与研究成果;同时,本书部分章节还设立了有一定前瞻性的讨论专题,以期抛砖引玉,引领读者对现代纺纱技术的发展趋势以及环保生态纺纱加工的社会责任等进行多角度思考。

本书可作为高等纺织院校纺织工程专业教材,也可供纺织工程技术人员及科研人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

纺纱原理/王建坤,李凤艳,张淑洁主编.--北京:中国纺织出版社有限公司,2020.9

“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材 纺织科学与工程一流学科建设教材 纺织工程一流本科专业建设教材

ISBN 978-7-5180-7726-7

I. ①纺… II. ①王… ②李… ③张… III. ①纺纱理论-高等学校-教材 IV. ①TS104

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 142880 号

策划编辑:沈靖 孔会云 责任编辑:沈靖
责任校对:寇晨晨 责任印制:何建

中国纺织出版社有限公司出版发行
地址:北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码:100124
销售电话:010—67004422 传真:010—87155801
http://www.c-textilep.com
中国纺织出版社天猫旗舰店
官方微博 http://weibo.com/2119887771
北京玺诚印务有限公司印刷 各地新华书店经销
2020 年 9 月第 1 版第 1 次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:20.25
字数:415 千字 定价:58.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

前言

《纺纱原理》是为适应高等院校纺织专业教育厚基础、宽口径的培养要求和纺织工业的最新发展而编写的教材，是纺织工程本科专业核心课程“纺纱原理”的专用教材。

全书共分九章，第一章为绪论，概述了纺纱的基本原理、主要系统和纱线的用途与分类，使读者初步了解纺纱过程的理论体系、工艺流程和纱线。第二章至第八章分别阐述了纺纱加工中原料选配、开松、梳理、精梳、牵伸、加捻、卷绕的基本概念、基本原理及其在成纱工艺中的应用。通过高度凝练和深入分析棉、毛、丝、麻等不同纤维的不同纺纱系统基本原理，使读者掌握纺纱的共性知识，同时，通过分析其在成纱工艺中的具体应用，使读者掌握不同纺纱系统的特性知识，实现理论与实际相结合，更好地理解 and 掌握纺纱加工的基本原理和应用规律。第九章为新型成纱，重点阐述了新结构环锭纺纱和新型纺纱的成纱原理与实际应用，使读者进一步掌握纺纱工艺理论和技术的发展与创新。

本书编写分工为：

第一章，天津工业大学王建坤；

第二章，天津工业大学胡艳丽、李凤艳，太原理工大学轻纺美术学院刘月玲；

第三章，天津工业大学彭浩凯、张淑洁；

第四章，天津工业大学张美玲，辽东学院曹继鹏；

第五章，天津工业大学李翠玉、李凤艳；

第六章，天津工业大学王建坤、李新荣；

第七章，天津工业大学李凤艳；

第八章，天津工业大学胡艳丽、李凤艳、王建坤，中原工学院赵博；

第九章，天津工业大学张淑洁。

全书由王建坤、李凤艳、张淑洁统稿，由王建坤审定。

在本书的编写过程中，天津工业大学纺织科学与工程学院、机械工程与自动化学院的博士研究生伏立松、蒋晓东、郭晶，硕士研究生刘立东、桑彩霞等同学在画图修图等方面做了大量工作。

限于编者水平，书中难免存在缺点和错误，不妥之处敬请读者批评指正。

编者

2020年6月

目录

第一章 绪论	001
第一节 纺纱基本原理	001
一、纺纱主要作用	001
二、纺纱辅助作用	002
第二节 纺纱工艺系统	003
一、棉纺系统	003
二、毛纺系统	005
三、绢纺系统	007
四、麻纺系统	008
第三节 纱线的分类与用途	009
一、按纤维原料组成分类	010
二、按纱线粗细分类	010
三、按纺纱系统分类	010
四、按纱线的用途分类	010
五、其他分类方法	010
第二章 原料选配	012
第一节 概述	012
一、纤维原料及其工艺性能	012
二、原料选配的目的和原则	013
三、纺纱系统中的选配	014
第二节 天然纤维选配	014
一、棉纤维选配	014
二、毛纤维选配	019
三、其他天然纤维选配	023
第三节 化学短纤维选配	025
一、纤维品种的选择	025
二、混纺比例的确定	026
三、纤维性质选配	027
第四节 回用原料选配	028
一、回用原料来源	029

二、回用原料处理	030
三、回用原料选配	031
第三章 开松	035
第一节 概述	035
一、开松的目的与要求	035
二、纺纱系统中的开松作用	036
第二节 开松作用基本原理	037
一、撕扯开松	037
二、打击开松	039
三、分割开松	040
四、影响开松作用的因素	043
五、开松效果的评定	047
第三节 开松过程中的除杂作用	047
一、化学除杂	048
二、物理除杂	051
三、除杂效果的评定	062
第四节 开松过程中的混合作用	063
一、原料混合的目的与要求	063
二、混合料的指标计算	063
三、混合方法	066
四、混合效果的评定	071
第四章 梳理	073
第一节 概述	073
一、梳理的目的与要求	073
二、纺纱系统中的梳理	074
第二节 梳理用针布	074
一、金属针布	075
二、弹性针布	077
三、金属针布与弹性针布的比较	078
四、纺纱工艺对针布的基本要求	078
第三节 梳理作用基本原理	079
一、梳理过程中纤维的受力和运动	079
二、两针面对纤维的作用原理	081
三、作用区工作分析	083
第四节 针面纤维层负荷和分配	091
一、针面负荷的意义及种类	091

二、针面负荷形成的过程及其作用	091
三、分配系数	094
第五节 梳理过程中的其他主要作用	096
一、均匀作用	096
二、混合作用	097
三、除杂作用	099
第五章 精梳	104
第一节 概述	104
一、精梳的目的与要求	104
二、纺纱系统中的精梳	105
第二节 精梳前准备	106
一、精梳前准备的目的与要求	106
二、准备方式	107
三、精梳后的配套工序	108
第三节 精梳工艺过程及运动配合	108
一、精梳的工艺过程	108
二、精梳的工作周期与运动配合	110
第四节 精梳作用基本原理	114
一、基本概念	114
二、喂给作用分析	117
三、梳理作用分析	123
四、分离与接合作用分析	130
第五节 精梳过程的定时与定位	134
一、钳板运动定时	134
二、锡林定位	135
三、顶梳定位	135
四、分离罗拉顺转定时	137
第六章 牵伸	139
第一节 概述	139
一、牵伸的目的与要求	139
二、实现罗拉牵伸的条件	140
三、牵伸基本概念	140
四、纺纱系统中的牵伸	142
第二节 牵伸作用基本原理	143
一、摩擦力界	143
二、牵伸区内纤维分类与数量分布	145

三、牵伸区内浮游纤维的受力分析	147
四、牵伸区内纤维运动及变速点分布	152
第三节 附加摩擦力界及其应用	157
一、理想摩擦力界分布与附加摩擦力界	157
二、附加摩擦力界装置及其要求	158
三、附加摩擦力界装置及其在牵伸工艺中的应用	158
第四节 牵伸过程中纤维的平行伸直	167
一、须条中纤维形态与伸直系数	167
二、牵伸过程中纤维伸直的基本条件	168
三、牵伸倍数与弯钩纤维的伸直效果	170
第五节 纱条不匀与匀整	173
一、纱条不匀分类	174
二、纱条不匀分析	175
三、并合的均匀混合作用	176
四、自调匀整	180
第七章 加捻	188
第一节 概述	188
一、加捻的目的与要求	188
二、纺纱系统中的加捻	189
第二节 加捻的基本过程	189
一、捻回的形成与捻回角	189
二、捻度与捻向	190
三、捻回的传递、捻陷与阻捻	191
第三节 加捻作用的基本原理	192
一、加捻的实质	192
二、真捻加捻	193
三、假捻加捻	196
第四节 加捻程度的度量	198
一、单纱	198
二、股线	200
第五节 加捻在成纱工艺中的应用	201
一、加捻在粗纱成形中的应用	201
二、加捻在细纱成形中的应用	206
三、加捻在股线加工中的应用	213
第八章 卷绕	221
第一节 概述	221

一、卷绕的目的与要求	221
二、纺纱系统中的卷绕	222
第二节 卷绕作用基本原理	222
一、卷绕的基本类型	222
二、卷绕方程	223
三、卷绕张力	224
第三节 卷绕在成纱工艺中的应用	225
一、纤维卷卷绕	225
二、圈条卷绕	226
三、粗纱卷绕	230
四、细纱卷绕	236
五、筒子纱卷绕	241
第四节 卷绕过程中的张力与断头	244
一、粗纱卷绕张力与断头	244
二、细纱卷绕张力与断头	247
第九章 新型成纱	257
第一节 概述	257
一、传统成纱方法的局限性	257
二、新型成纱方法的分类	261
第二节 环锭集聚成纱	262
一、环锭集聚成纱的目的	262
二、环锭集聚成纱的原理	262
三、集聚纺纱线的特征	266
四、环锭集聚成纱的方式与应用	267
第三节 环锭复合成纱	270
一、环锭复合成纱的目的	270
二、环锭复合成纱的原理	270
三、复合纱线的特征	273
四、环锭复合成纱的方式与应用	274
第四节 自由端成纱	281
一、自由端成纱的目的	281
二、自由端成纱的基本原理	281
三、自由端成纱的纱线特征	282
四、自由端成纱的应用	283
第五节 非自由端成纱	294
一、非自由端成纱的目的	294
二、非自由端成纱的基本原理	294

三、非自由端成纱的纱线特征	295
四、非自由端成纱的应用	296
参考文献	311

第一章 绪论

本章知识点：

1. 纺纱的基本原理。
2. 各种纺纱工艺系统。
3. 纱线的分类与用途。

第一节 纺纱基本原理

纱线是由纤维按照一定要求组成的集合体，纺纱是为了实现这一要求而在长期实践中逐步形成的一门工程技术，具有很强的应用性和实践性。纤维原料的来源广泛、种类繁多、性能各异，且大部分纤维的性能会受周围温度、湿度等环境条件的影响。因此，在现代纺纱工程中除采用传统机械、气流、化学方法外，还不断应用光、电、磁和生物等新工艺新技术，以满足后续加工、实际应用及自然环境对纱线与其生产过程越来越多、越来越高的要求。

纺纱前纤维原料的状态大多具有量大、纤维间联系紧密、排列杂乱、含有杂质等特点，纺纱实质上就是将这种状态的纤维转变成为按一定要求纵向顺序排列、相互衔接抱合的纱线的工艺过程，要经过原料初步加工、选配、开松、除杂、混合、梳理、精梳、牵伸、匀整、加捻、卷绕等环节。纺纱原理就是研究纤维集合体在这些作用中，内在与外观在结构、形态、组成等方面不断变化的基本规律，主要体现为纤维运动学和动力学。

一、纺纱主要作用

要将大量而紧密纠结、杂乱无章排列且含杂质的纤维原料转变成符合要求的纱线，需要先将纤维中原有的局部横向联系彻底解除，这个过程叫做松解；然后再牢固建立首尾衔接的纵向联系，这个过程叫做集合。纤维从块状加工成单根纤维的松解过程不能一次完成，要经过开松、梳理、牵伸逐步完成，以免损伤纤维和破碎杂质；同理，纤维从杂乱无章到纵向顺序排列且粗细满足要求也不是一次完成的，要经过梳理、牵伸、加捻才能完成。

松解和集合主要是通过开松、梳理、牵伸和加捻逐步完成的，开松是松解的初步，梳理是松解的继续，牵伸是松解的彻底完成；同时，梳理又是集合的初步，牵伸是集合的继续，加捻则是集合的最终实现，其相互之间的关系如图 1-1 所示。

（一）开松作用

开松通过初步破坏纤维间的联系力将大块纤维变成小块、小束纤维，在此过程中，纤维与杂质的联系力也相应减弱，从而使包含在纤维中的杂质得以清除，开松与除杂是同时进行的，开松是除杂的前提。破除纤维间的相互联系主要是通过撕扯、打击、分割等开松作用方式完成，在纺纱过程中有多个工序的设备配置有开松部件，使开松除杂渐进实现。此外，纤

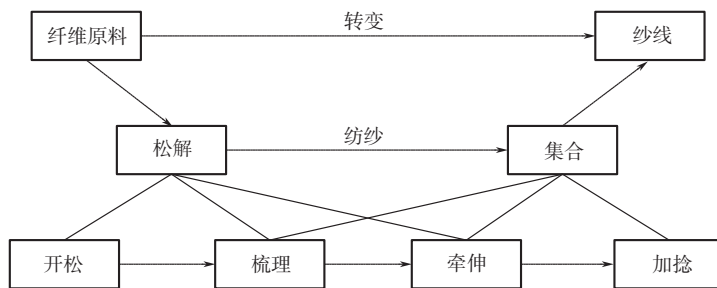


图 1-1 纺纱的主要作用及相关关系

纤维原料的初步加工也是开松除杂，如轧棉是通过拉扯将棉纤维与棉籽分离进而去除棉籽，而羊毛的油脂、汗渍以及草杂要通过洗涤、炭化等化学作用去除，同理，麻脱胶、绢丝精炼也是化学除杂。开松过程还可实现原料的混合，也称为散纤维混合，是纺纱工程主要混合方式之一。可见开松、除杂、混合往往同时进行，开松是手段，除杂与混合是目的。

（二）梳理作用

梳理是近代松解技术，通过梳理机机件上包覆的密集钢针或锯齿对纤维进行反复梳理，基本解除每根纤维间的横向联系，使小块、小束状纤维进一步分解成单根纤维态，在此基础上，进一步除去夹杂在纤维间的细小杂质，并实现纤维间的细致混合。梳理完善了松解，使除杂和混合作用更加充分。梳理后纤维以网状输出，可通过集束或割网使纤维沿纵向顺序排列形成细长的条子，实现初步集合，但内部纤维大多呈屈曲弯钩状，各纤维之间因相互钩结而仍具有一定的横向联系。

（三）牵伸作用

牵伸是把梳理后的条子抽长拉细、获得所需细度的加工过程，其实质是牵伸中纤维产生变速，当快速纤维被强制地一根根从慢速纤维束中抽引出来时，纤维间相互的摩擦作用使纤维的屈曲逐步伸直、弯钩逐渐消除，这将有可能会彻底解除纤维之间残留的横向联系，为牢固建立有规律的首尾衔接关系奠定基础。因此，牵伸既是松解的完成，又是集合的进一步完善。但牵伸会带来纱条不匀，除了配置合理的牵伸装置和工艺参数控制牵伸不匀的产生外，还会运用匀整作用降低不匀。

（四）加捻作用

加捻是将牵伸后的纤维条（须条）绕其本身轴线加以扭转，使平行于须条轴向的纤维呈螺旋状，从而产生径向压力使纤维间的纵向联系固定下来的过程。由于牵伸，须条越来越细，截面内纤维根数越来越少，纤维更加平行顺直，但轴向联系越来越弱，容易引起须条的意外伸长，甚至造成断头无法成纱。所以，必须通过加捻将其固定，实现最终集合。须条加捻后称为纱，其性能发生了变化，具有一定的强度、弹性、耐磨性、手感、光泽等，达到了一定的使用要求。此外，根据不同应用要求，还可将两根或多根单纱合股加捻成股线。不同的加捻方法也会影响成纱的结构与性能等。

二、纺纱辅助作用

开松、梳理、牵伸、加捻是纺纱的主线，对能否成纱起决定性作用。除此以外，纺纱还

包括许多对能否纺成纱线没有决定性影响的环节或作用，部分纺纱辅助作用如下：

选配可稳定生产与产品质量，合理使用原料；

除杂、混合、匀整往往与开松、梳理、牵伸等主要作用同时进行，它们可使纱线更加洁净和均匀；

精梳可去除不合要求的过短纤维和细小杂质，满足线密度细、要求高或者特殊用途纱的需要；

卷绕使前后道工序相互衔接，在当前技术条件下，是纺纱过程不可缺少的环节，包括纤维卷、纤维条、粗纱、细纱、筒子纱等的卷绕。

纺纱是一个复杂的过程，为了更好地理解纺纱的理论体系和基本原理，可将上述作用分为主线、副线和插入线，想要纺出质量优良的纱线，缺一不可。

(1) 主线。开松—梳理—牵伸—加捻，它决定着成纱的可能性。

(2) 副线。包括选配、除杂、混合、精梳、匀整，它与主线相配合，决定成纱的质量和加工的顺利程度。

(3) 插入线。由每两个相邻的间断工序之间的卷绕构成。

第二节 纺纱工艺系统

不同用途的纺织产品需要不同种类及品质标准的纱线。纤维原料的来源广泛、种类繁多，性能差异大，需要采用不同的纺纱方法和加工工艺。生产实践中形成了各具特色、互不相同的棉纺、毛纺、麻纺、绢纺以及化学纤维纺纱等专门工艺和相应的纺纱系统，同一纺纱系统内又有普梳（粗梳）、精梳、半精梳以及混纺、废纺等不同工艺流程，其中所采用的具体设备及其排列组合存在较大差异，但纺纱的基本原理是一致的，其主要作用（如开松、梳理、牵伸、加捻）贯穿于每一种纺纱工艺系统中。

选择合适的纺纱工艺系统，关系到纤维的可纺性、利用率以及成纱质量和生产成本。纤维原料的来源和种类是选择纺纱工艺系统的重要依据之一。同时，根据纤维的物理性能和成纱要求，同一种类的纤维也会选择不同的纺纱工艺系统。

一、棉纺系统

棉纺生产所用原料有棉纤维和棉型化纤，其产品有纯棉纱、纯化纤纱和各种混纺纱等。在棉纺系统中，又根据原料品质和成纱质量要求，分为普梳系统、精梳系统和废纺系统。

（一）普梳棉纺系统

普梳系统在棉纺中应用最广泛，用以加工的纤维长度和线密度在 16~40mm 和 1.3~1.7dtex 之间。一般用于纺制粗、中特纱，供织造普通织物。其工艺流程、主要作用及半成品、成品名称如图 1-2 所示。

棉纺系统清梳部分有清梳联或开清棉和梳棉分开两种配置，清梳联实现了工序联合，工艺先进。下面均以清梳联表示清梳部分。

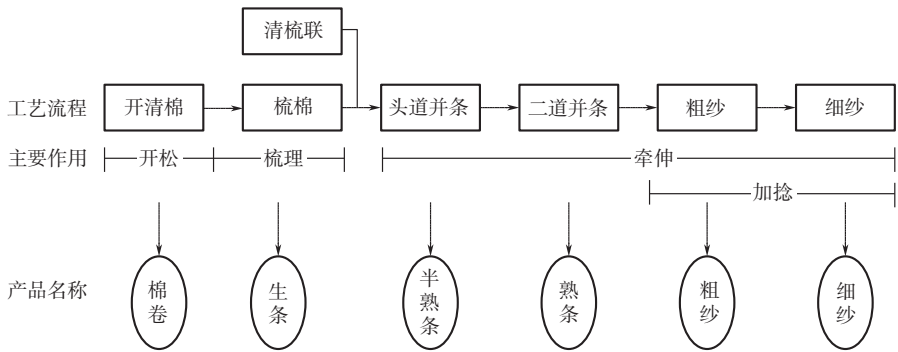


图 1-2 普梳棉纺系统工艺流程

(二) 精梳棉纺系统

精梳系统用以纺制高档棉纱、特种用纱或棉与化纤混纺纱。棉纤维因其长度整齐度差、含杂较多，与化纤混纺时需梳棉之后并条之前，加入精梳准备和精梳工序，目的是去除一定长度以下的短纤维和细微杂质，进一步伸直和平行纤维，使成纱结构更加均匀、光洁。精梳系统的工艺流程、主要作用及半制品、成品名称如图 1-3 所示。

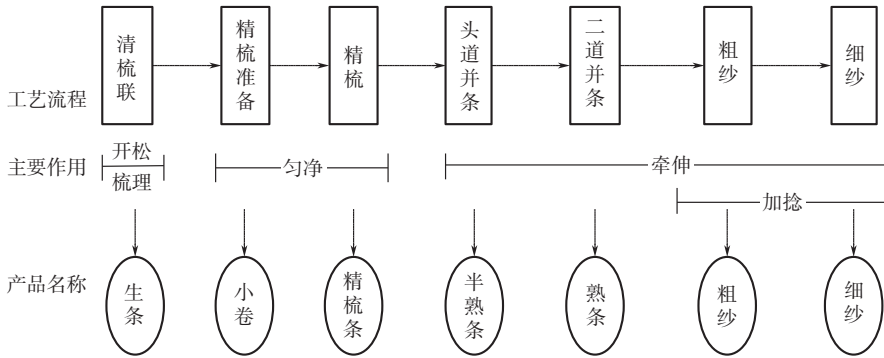


图 1-3 精梳棉纺系统工艺流程

(三) 废纺系统

在纺纱生产中，不断产生一些下脚料，如破籽、梳棉抄斩花、粗纱头及回丝。为了充分利用原料，降低成本，可采用废纺系统来加工价格低廉的粗特棉纱，其流程如图 1-4 所示。

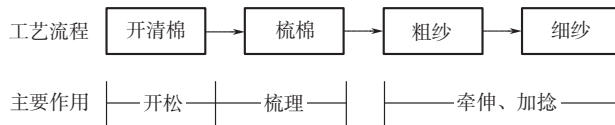


图 1-4 废纺系统工艺流程

(四) 化纤与棉混纺系统

涤纶（或其他化纤）与棉混纺时，因涤纶与棉纤维的性能及含杂不同，不能在清梳工序

混合加工，需各自制成条子后，再在头道并条机（混并）上进行混合，为保证混匀，需采用三道并条。其普梳与精梳纺纱工艺流程如图 1-5 所示。

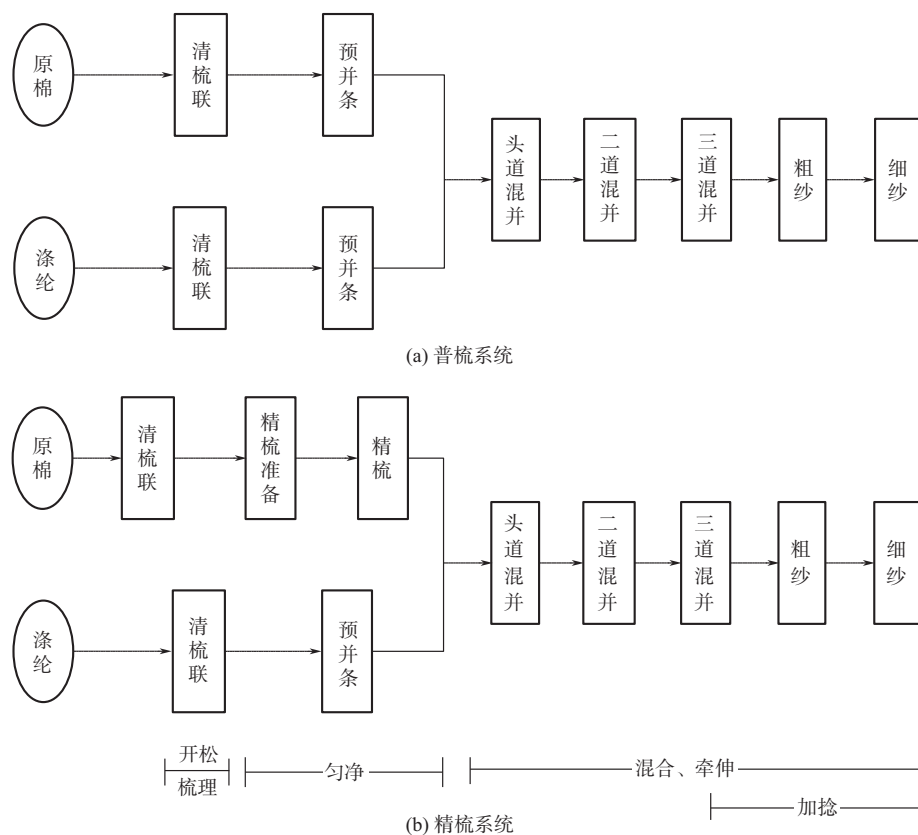


图 1-5 化纤与棉混纺系统工艺流程

棉纺系统在细纱以后的工序，根据产品的用途而不同。例如，股线需经络筒、并纱、捻线等工序；售纱需经络筒、摇纱、成包等工序。

转杯纺、喷气涡流纺、摩擦纺等新型成纱方法一般用棉条直接纺成细纱，可省去粗纱工序。

二、毛纺系统

毛纺系统是采用羊毛纤维和毛型化纤为原料，在毛纺设备上纺制纯毛纱、纯化纤纱和各种混纺纱的生产全过程。在毛纺系统中，根据产品要求及加工工艺的不同，主要分为粗梳毛纺、精梳毛纺两种纺纱系统。其中，由于绒毛原料中含有大量的杂质，必须经过分选、洗毛（开松、洗涤、烘干）、炭化等初步加工。经过初步加工的毛叫做洗净毛（炭化净毛）。

（一）粗梳毛纺系统

粗梳毛纺系统流程及主要作用如图 1-6 所示。

其中，粗梳梳毛机与棉纺梳棉机相比，主要不同在于它附有成条机，把梳理机输出的毛网分割成数十条很窄的网带，再经搓合成条，即成粗纱。因为牵伸只在细纱机上进行，纱中

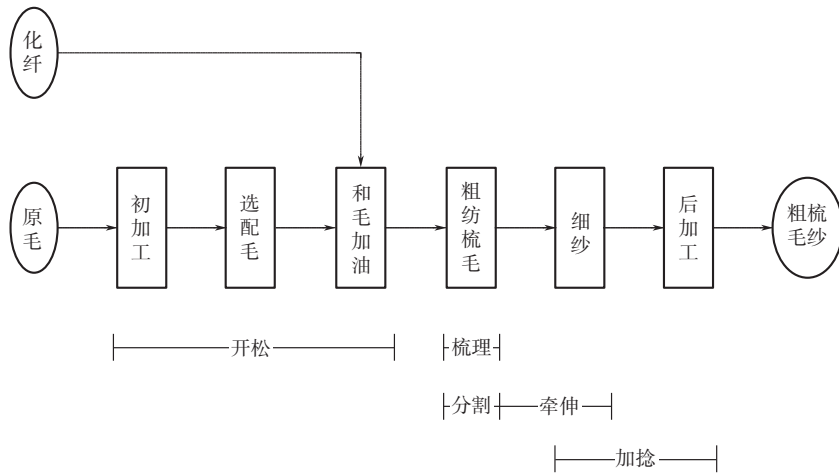


图 1-6 粗梳毛纺系统工艺流程

纤维的伸直度、整齐度较差，但有利于产品的缩绒。

粗梳毛纺系统适合纺制线密度大的较粗纱线，主要用于织造呢绒类、毯类和工业用织物以及粗纺针织物。粗梳毛纺系统对原料有很好的适应性，可用羊毛、羊绒、骆驼绒毛、牦牛绒毛、兔毛、化纤和再生毛等多种纤维开发粗纺类产品，使不同线密度和长度的纤维得到合理使用。粗纺毛织物具有缩绒性好、手感丰满、弹性好、保暖性强的特点。

（二）精梳毛纺系统

精梳毛纺工艺系统工序多，流程长，可分为制条和纺纱两大部分，其纺纱系统工艺流程如图 1-7 所示。

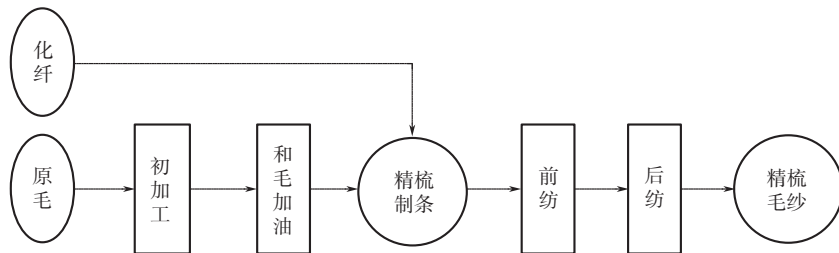


图 1-7 精梳毛纺系统工艺全流程

制条部分的生产也叫毛条制造，可单独设立工厂，其产品——精梳毛条可作为商品出售。毛条制造工艺流程如图 1-8 所示。

有些精梳毛纺厂没有制条工序，用商品精梳毛条作为原料，生产流程包括前纺和后纺，多数厂还设有毛条染色和复精梳的条染复精梳工序，复精梳是指毛条染色后的第二次精梳，复精梳工序流程和制条工序相似。不带复精梳工序时的精梳毛纺系统工艺流程如图 1-9 所示。

另外，还有一种介于精梳和粗梳之间的半精梳纺纱工艺系统，它与精梳系统的不同之处是不用精梳机。生产的纱线比精梳纱蓬松、柔软，比粗梳纱光洁、均匀，产品风格介于精纺