



面向21世纪高等学校教材

纺织科学系列

纺纱学



薛少林 主编

西北工业大学出版社

高等学校教材

纺 纱 学

薛少林 主编

郝凤鸣 主审

西北工业大学出版社

【内容简介】 全书系统地介绍了纺纱基本原理及其在生产工艺中的应用,并对纺纱原料初步加工及纺纱主要设备作了简要介绍。书中也吸收了纺纱新技术、新工艺、新设备方面的最新研究成果。本书包括绪论、纺纱原料初步加工、原料选配与混和、开松与除杂、梳理、牵伸、纱条不匀与匀整、加捻、卷绕、不同纺纱系统的主要纺纱设备。

本书可作为高等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参考。

图书在版编目(CIP)数据

纺纱学/薛少林主编. —西安:西北工业大学出版社,2002.9 ISBN 7-5612-1500-2

I. 纺… II. 薛… III. 纺纱-理论 IV. TS104.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第031444号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072 电话:(029) 8493844

网 址:<http://www.nwpu.com>

印 刷 者:陕西天元印务有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:17

字 数:406千字

版 次:2002年8月第1版 2002年8月第1次印刷

印 数:1~4000册

定 价:24.00元

序

姚穆^①

纺织科学与工程学科正在阔步前进,相关学科、专业的教学内容、教学方法正跟随时代的步伐奔腾驰骋。面对人口众多的中国和宏伟的高等教育规模,面向世界上原料最丰富、生产能力最强大的纺织工业,相应的教科书不可能采用国际习惯的零星散页形式。多媒体教学设施和比较完善的实验室创造的形象化教学手段的逐步普及,也昭示了传统教材形式被更替的命运。新思想、新观念、新理论、新设备、新技术汇成的洪流和其他学科特别是新兴学科的引入及对传统学科的改造更迫使教科书必须采用新的内容和新的形式。

这几本纺织科学与工程学科中的专业通用课程的教材只是一些初步的尝试,但新的步伐已经启动,希望西安工程科技学院广大教师同志们,一起行动起来,汇成新时代的洪流,为祖国纺织科技人才培养作出更大的贡献。



2002年6月

^① 姚穆,男,中国工程院院士,纺织界教育专家和纺织教材专家,我国纺织材料领域学术技术带头人,特别在国际上刚刚兴起的而国内尚属空白的“服装舒适性”研究领域有系列突破性贡献。现为西安工程科技学院教授、名誉院长、博士生导师。

前 言

随着科学技术的不断发展,高新技术日益广泛应用于纺织工业,各种新型纺织原料不断得到开发和应用,纺织工程技术和工艺自动化与连续化水平不断提高。为适应这一形势发展的需要,我们根据西安工程科技学院“厚基础、宽口径、高素质、强能力”的教改思路,结合纺织工程专业改造和教学内容改革的要求,在我们原先编写的《纺纱学》讲义的基础上,经过认真修改,完成了《纺纱学》这本教材的编写任务。

本书系统地介绍了纺纱原料选配与混和、开松与除杂、梳理、牵伸、纱条不匀与匀整、加捻、卷绕等纺纱基本原理及其在生产工艺中的应用;简要地介绍了纺纱原料初步加工和纺纱主要设备,并吸收了大量纺纱新技术、新工艺、新设备方面的最新研究成果。

本书由薛少林主编,郝凤鸣主审。参加本书编写的有:孙小寅(第1,3章)、李龙(第2章的第1,2,3节)、郭晓玲(第2章的第4节)、薛少林(第4,9章)、宋红(第5,6章)、吴磊(第7,8章)、张弦(第10章),全书由薛少林统稿。

中国工程院院士姚穆为本书作序。编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请读者批评指正。同时,书中引用了一些文献资料,在此向文献资料的作者表示衷心的感谢。

编 者

2002年4月

目 录

第 1 章 绪论	1
第 1 节 纺纱技术的发展	1
一、纺纱技术的起源	1
二、手工纺车的演进	2
三、动力纺纱机的诞生	3
四、当代纺纱机的发展	5
第 2 节 纺纱工艺系统	6
一、棉型纺纱系统	6
二、毛型纺纱系统	7
三、麻型纺纱系统	9
四、绢纺纺纱系统	11
第 2 章 纺纱原料初步加工	13
第 1 节 棉纤维初步加工	13
一、锯齿轧棉机	13
二、皮辊轧棉机	14
三、轧花后原棉品质的变异	14
四、打包	14
第 2 节 羊毛初步加工	15
一、选毛	15
二、开松与除杂	16
三、洗毛	17
四、烘干	21
五、炭化	22
第 3 节 麻纤维初步加工	25
一、苕麻的化学脱胶	25
二、亚麻的初步加工——细菌脱胶	30
三、黄麻、洋麻的初步加工——天然细菌脱胶	32
第 4 节 绢纺原料初步加工	32
一、精练前处理	33
二、精练	34

三、精练后处理·····	37
四、精练工艺设计·····	38
第3章 原料选配与混和 ·····	40
第1节 纺纱原料的种类及其性能·····	40
一、纺织纤维的分类·····	40
二、各种天然纤维的性能·····	41
三、常规化学纤维的性能·····	45
四、特种纤维的性能·····	47
第2节 原料选配·····	51
一、原料选配的目的和原则·····	51
二、天然纤维选配·····	52
三、化纤原料选配·····	56
第3节 混和·····	58
一、混和的目的与实质·····	58
二、混和方法·····	59
三、混和原料计算·····	64
四、评定混和效果的方法·····	65
第4章 开松与除杂 ·····	66
第1节 开松与除杂的目的和要求·····	66
一、开松的目的和要求·····	66
二、除杂的目的和要求·····	67
三、各种纺纱系统的开松与除杂·····	67
第2节 开松·····	67
一、自由开松·····	68
二、握持开松·····	70
三、影响开松作用的因素·····	73
四、开松效果的评定·····	76
第3节 除杂·····	76
一、除杂方法·····	76
二、利用机械作用的除杂·····	77
三、利用离心惯性力差异的除杂·····	80
四、利用过滤原理的除杂·····	82
五、利用气力输送中纤维与杂质浮力差进行除杂·····	82
六、除杂效果的评定·····	83

第 5 章 梳理	85
第 1 节 梳理的目的	85
第 2 节 粗梳原理	86
一、两个针齿面对纤维的作用	86
二、梳理过程中纤维的受力	88
三、梳理过程中纤维的运动	89
四、盖板式梳理机	90
五、罗拉式梳理机	96
六、梳理机的混合均匀作用	100
七、梳理机的剥取与成条	101
第 3 节 精梳原理	104
一、精梳前的准备与精梳后的整理	104
二、棉精梳机	104
三、毛精梳机	113
第 6 章 牵伸	118
第 1 节 牵伸的目的与要求	118
第 2 节 牵伸原理	118
一、牵伸的基本概念	118
二、纤维的变速点分布	119
三、牵伸区内纤维数量的分布	122
四、牵伸区内须条摩擦交界分布	124
五、牵伸区内须条纤维所受的力	125
六、罗拉钳口对须条的握持	127
七、牵伸过程中纤维的伸直平行作用	130
第 3 节 牵伸装置作用分析	135
一、曲线牵伸的作用分析	135
二、胶圈牵伸的作用分析	137
三、针板式牵伸机构	139
四、长纤维胶圈牵伸机构	140
五、其他牵伸型式	141
第 7 章 纱条不匀与匀整	145
第 1 节 纱条不匀分析	145
一、纱条不匀分类	145
二、随机不匀	146

三、附加不匀	147
四、不匀的检测与波谱分析	148
第2节 纺纱工艺中的均匀作用	151
一、均匀喂给	151
二、并合作用	152
第3节 自调匀整	154
一、匀整原理	154
二、自调匀整装置的组成与控制形式	155
三、自调匀整应用	156
四、匀整器的发展	160
五、匀整器的作用和局限性	160
第8章 加捻	162
第1节 加捻的基本概念	162
一、加捻的目的	162
二、加捻的定义	162
三、加捻的实质	163
四、加捻过程	164
第2节 真捻及其应用	168
一、加捻程度的衡量	168
二、真捻的获得	172
三、非自由端真捻成纱	172
四、自由端真捻成纱	184
第3节 假捻及其应用	186
一、增强	187
二、成纱	187
第4节 缠捻成纱与交错成纱	189
一、缠捻成纱	189
二、交错成纱	190
第9章 卷绕	192
第1节 概述	192
一、卷绕的目的与要求	192
二、卷绕形式	192
三、卷绕基本规律	193
四、卷绕张力	193
第2节 圈条	193

一、对圈条的工艺要求	193
二、圈条成型的主要工艺参数	193
第3节 粗纱卷绕	196
一、粗纱的成形	196
二、粗纱卷绕方程	197
三、卷绕机构及其作用分析	198
四、粗纱张力及其调整	202
第4节 细纱卷绕	204
一、细纱的成形	204
二、细纱卷绕方程	205
三、细纱张力分析	206
四、细纱断头分析	212
第5节 筒子的卷绕	218
一、槽筒卷绕的成形	218
二、筒子卷绕原理	218
三、筒子的卷绕方法及结构	219
第10章 不同纺纱系统的主要纺纱设备	222
第1节 棉纺主要设备	222
一、开清棉	222
二、梳棉	229
三、精梳	230
四、并条	234
五、粗纱	235
六、细纱	236
七、后加工	236
第2节 毛纺主要设备	239
一、粗梳毛纺	239
二、精梳毛纺	243
第3节 麻纺主要设备	251
一、梳理前准备	251
二、梳麻	252
三、精梳	252
四、针梳	253
五、粗梳	254
六、细纱	254
第4节 绢纺主要设备	255

一、制绵工程	255
二、前纺工程	257
三、后纺工程	258
参考文献	260

第 1 章 绪 论

第 1 节 纺纱技术的发展

在人类历史上,纺织生产几乎是和农业同时开始的。纺纱生产技术是世界各国人民长期共同创造和经验积累的产物。

一、纺纱技术的起源

人类进入渔猎社会之后,已学会了搓绳索,这就是纺纱的前奏。山西大同出土的文物能证明 10 万年前已有搓绳索石球。搓绳索最初是利用整根植物的茎藤,后来发现劈绩技术,用多条细缕搓合、接续、扭转加捻成为绳索,为了增大强力,还用几股捻合。后来人们发现把麻皮剥下劈细,用手指捻接,可以成为细长的线,这便是“绩”。人们在实践中发现,用热水浸泡蚕茧,可以抽出丝来。浙江河姆渡地区出土的象牙杯(盅)(距今约 6900 年)四周刻着蚕样虫纹,证明我国在 6900 年前就已经认识了蚕丝。以后,人们学会用多根短纤维捻合成为细长条,这便是“纺”。开始,捻合纤维靠手掌搓转,后来发现,如果利用回转体的惯性,来给纤维细条加捻,既快又匀。回转体由两部分组成,用石头或陶片制成的扁圆形,称为“纺轮”,中间有小孔可以插入短杆,用来绕纱,称为“锭杆”,纺轮和锭杆合起来就叫做“纺砖”,又称“纺专”,这就是当时原始的纺纱工具,如图 1-1 所示。我国各地新石器时代

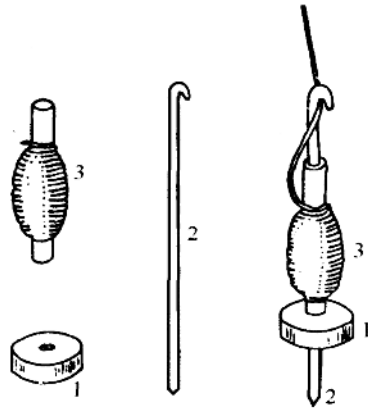


图 1-1 纺轮和纺专示意图
1—纺轮;2—锭杆;3—纱管

遗址中,几乎都有大量纺专出土,其中最早的是河北磁山(公元前 5300 余年),稍后为浙江河姆渡地区(公元前 4900 余年),陕西半坡遗址(公元前 4000 多年)出土的陶制纺专上还有精美的花纹。这都充分说明当时采用纺专进行纺纱在我国已经十分普及。直至今日,我国西北少数民族地区和中原农村也还能见到用纺专搓捻麻绳、毛线等。

世界各个地区开始纺织生产的时间迟早不一。大约在公元前 5000 年,世界各文明发祥地都已就地取材开始了纺织生产。北非尼罗河流域居民利用亚麻纺织;我国黄河、长江流域居民利用葛、麻纺织,《诗经》中就有“东门之池,可以沤苾”的诗句,说明我国古代早就掌握了沤制苧麻,提取纤维,纺纱织布的方法;南亚印度河流域和南美印加帝国居民均已利用棉花纺织;小亚细亚地区居民利用羊毛纺织。

二、手工纺车的演进

由于纺专靠惯性回转,持续时间不长,纺纱加捻的动作又是间歇进行的,加捻一段纱后,停下来将纱绕到锭杆上,再捻一段,再绕上去,生产效率很低,况且纱上每片段长度所加捻回数也很不均匀且不易控制,因而纱的质量较差。纺专的使用经过漫长的历史演进,演变成手摇纺车。大约在公元前 500 年前我国就有了比较完善的手摇纺车,即把纺专横放在架子上,并用绳索将大绳轮和纺专上的纺轮套连起来。右手摇转绳轮,左手握住开松了的纤维团把纱头绕在锭杆尖上,然后慢慢离开,就可从纤维团中抽出细长连续的纱来,左手处于锭杆轴向时,就对纱条进行加捻。手摇绳轮一周,锭杆就可转几十周。当左手移向锭杆旁侧时,便可把捻好的纱绕在锭杆上。这样,锭杆可以不停地回转,纱上的捻度也可以轻易地由人加以控制。纺纱质量和劳动生产率都得到了很大提高。手摇纺车如图 1-2 所示。

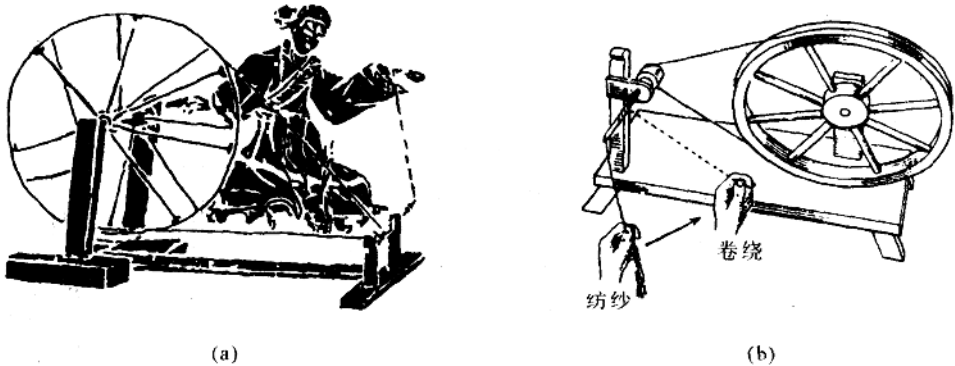


图 1-2 手摇纺车

为了进一步提高劳动生产率,人们在一架纺车上装了 2~3 只锭杆,一只左手要同时控制 2~3 个锭子纺纱,只有少数技艺高超的人才能掌握。后来又创造了脚踏多锭(3~5 锭)纺纱车,其劳动生产率比单锭手摇纺车提高 2~4 倍。东汉画像上就有类似脚踏纺车的图像。

脚踏纺车的加捻和卷绕仍是由同一零件(锭杆)来完成的,因此动作必须交替进行。如果加捻与卷绕能够同时进行,那么劳动生产率还可以提高。解决的办法有两种:一种是文献记载的元代(1313 年)多锭水转大纺车,系采用“退绕加捻法”,其原理为卧式锭杆回转,让其上的纱从轴向退绕出来,锭子转动的同时纱便被加上捻回。该大纺车上部另有回转的纱框,把加捻后的纱绕成纱绞。这种纺车没有牵伸机构,所以不是现代意义上的纺纱机,而是用于追

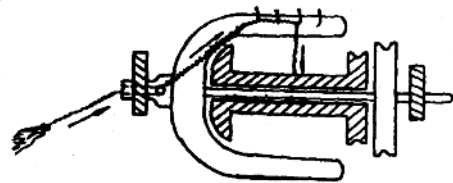


图 1-3 萨克逊尼纺车

加捻度或者合股加捻的捻线机。这种纺车每台 32 锭,由流水来拖动,是动力机器的雏形。另一种办法是欧洲人发明的,它是利用一种特殊机构——锭翼,来同时完成加捻和卷绕,这就是 1500 年出现的萨克逊尼(Saxony)纺车。该纺车的木制锭翼固装在卧式锭杆上,纱头从锭翼顶孔穿入,从侧孔穿出,绕过翼臂上的导纱钉卷绕到锭杆上的筒管上去,如图 1-3 所示。该机是后来出现的翼锭纺纱机的原形。

三、动力纺纱机的诞生

1738 年 L. 保罗(Lewis Paul)发明了简单罗拉牵伸装置,1764 年英国出现用于纺棉纤维的 8 锭手插式竖锭纺车,称为詹妮(Jenny)纺车,如图 1-4 所示。机架上有上凸下平一对木条夹持着粗纱条,借小轮之助可用手拉着缓缓后退,以与锭尖之间进行牵伸,这就使生产率远远超过脚踏复锭纺车。1769 年阿克瑞特(Arkwright)发明了利用水力拖动的翼锭连续式水力纺纱机,如图 1-5 所示,初步把工人从繁重的手工操作中解脱出来。10 年之后, S. 克朗普顿(S. Crompton)综合运用詹妮纺车的竖式锭子(改用锭子架小车往复动作)和水力纺纱机上的罗拉牵伸而制成了走锭细纱机,该机有 300~400 个锭子,而且可以纺细特纱。走锭机锭子装在小车上,可以一面回转,一面拉着纱条往外侧移动,对罗拉钳口和锭尖间的纱条加上捻回。而锭子一面回转,一面向罗拉方向返回,便可把加过捻的纱条卷绕到套在锭杆上的筒管上。这种机器由于加捻和卷绕用同一个零件(锭子)交替进行,生产率比较低,但比詹妮纺车还是提高了许多,所以很快就取代了詹妮纺车,1785 年还实现了用蒸汽机拖动。

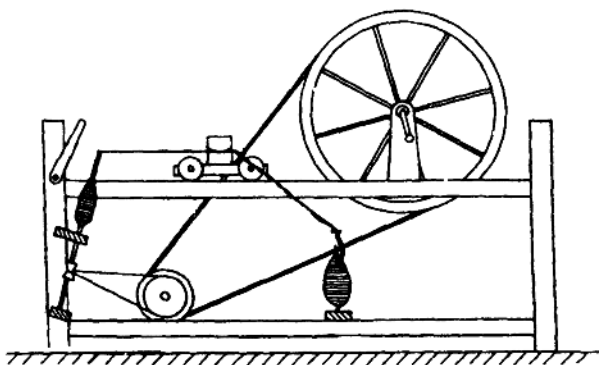


图 1-4 詹妮纺车

大约 1830 年左右,美国人旦佛斯(Danforth)发明了帽锭纺纱机,如图 1-6 所示。纤维条由罗拉钳口下来,先绕过锭帽的下缘,再绕到筒管上。锭子上的筒管由绳索带动回转时,罗拉钳口至锭帽下缘间的一段纱条随着回转而形成气圈,每转一圈给纱条加上一个捻回。因为纱条在锭帽下缘不断摩擦,所以毛羽较多。

同一时期,1828 年美国 J. 索普在锭杆外套放固定环形轨道,即钢领,轨道上骑跨着下部有缺口的卵圆形钢丝圈。纤维条从罗拉钳口下来,先穿过钢丝圈,再绕到套于锭杆上的

纱管上。锭子回转时, 钢丝圈就循着钢领回转, 从而给纱条加上捻回, 同时把罗拉钳口输出的纱条绕到纱管上, 这就是环锭纺纱。这种机器经过 100 多年的不断改造和完善, 至今依然是纺纱的主要设备。

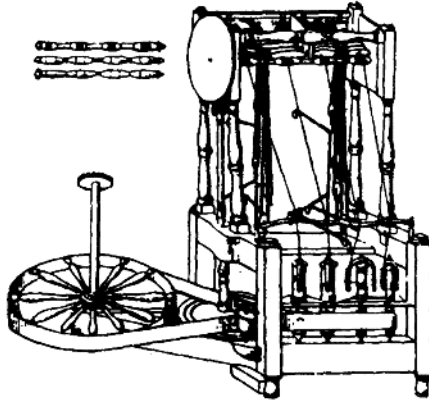


图 1-5 水力纺纱机

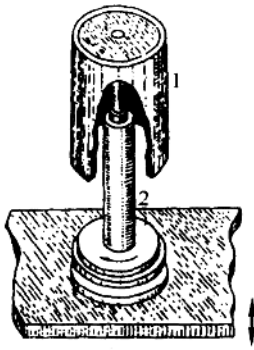


图 1-6 锭帽纺纱示意图

1—锭帽; 2—筒管

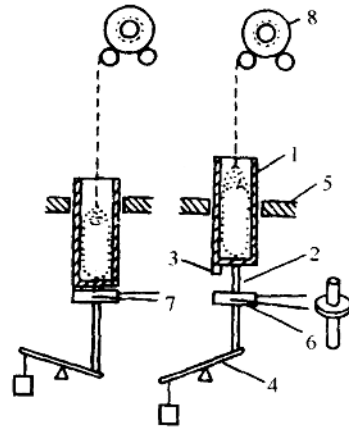


图 1-7 大和纺纱车

1—圆筒; 2—锭子; 3—凸钉; 4—杠竿
5—支架; 6—锭盘; 7—锭带; 8—筒子

翼锭、锭帽和环锭纺纱, 由于锭子上配备了附属零件, 使加捻和卷绕两种动作可由同一套机构同时进行, 这是纺纱史上的一大进步。但是加捻和卷绕组件合一, 又限制了成纱卷装尺寸和运动速度, 使卷装尺寸和运转速度之间, 产生了不可克服的矛盾, 要高速, 只能小卷装; 而卷装小了, 落纱频繁, 效率又降低; 卷装加大, 则只能低速运转, 生产率又下降。于是又出现了加捻和卷绕机构分开的纺纱机。

1877年,日本展出了大和纺纱车,如图1-7所示。在竖式锭子上固装空心圆筒,内放开松了的纤维团。把纤维头引出,拉到车顶卷绕在筒子上,这样,筒子回转时就给纱条加捻,而卷取辊同时回转把纱条绕到筒子上。由于牵伸是纱头自由地从圆筒内纤维团中抽取纤维进行的,因而这便是“自由端纺纱”的雏形,但成纱均匀性较差,只能纺很粗的纱,制造低档产品。中国民间曾在上述基础上,加装一个成纱细度自动控制器,使成纱粗了会自动改细,细了又会自动放粗,每台40~80锭,可以手摇或脚踏运转,这便是多锭纺纱车,如图1-8所示。

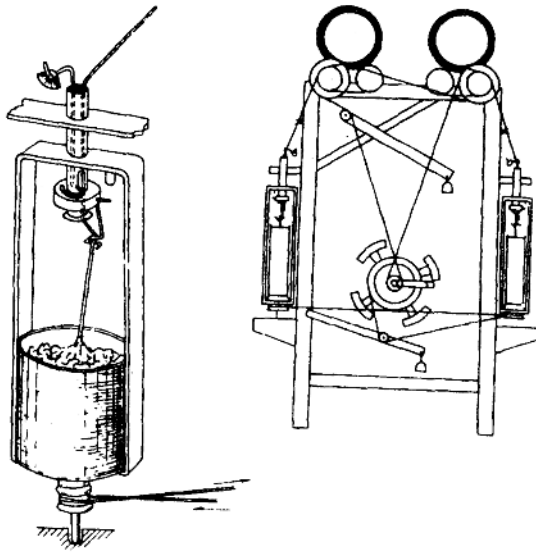


图1-8 多锭纺纱车

四、当代纺纱机的发展

因环锭纺纱的产量难以大幅度提高,因此,人们一直在不断寻求新的纺纱方法。1937年丹麦人开始研究转杯纺。我国在20世纪50年代末也开始研究“自由端纺纱”,包括转杯纺和静电纺。当纤维条子经过小刺辊开松,呈单根纤维状态后,用气流通过管道送入加捻场中,如果加捻场是由回转纺纱杯构成的,就称为转杯纺纱,如果加捻场是由高压静电场构成的,就称为静电纺纱。单纤维束在加捻场被加捻成纱后,从纺杯中心或加捻管口拉出,就可卷绕到槽形筒子上去。这样加捻和卷绕就分别由两个机构来完成,克服了环锭机的缺憾,因而速度可以大大提高,卷装尺寸也可大大增加。1965年,捷克展出了世界上第一台转杯纺纱机,其单产为环锭纺纱机的1.5~2倍,卷装容量为环锭纺纱机的10倍以上。这一突破性的成就带动了新型纺纱机的不断发展。

近30多年来,多种新型纺纱方法如转杯纺纱、喷气纺纱、涡流纺纱、包缠纺纱、包芯纺

纱、摩擦纺纱、自捻纺纱、双纱纺纱(赛洛纺纱)、空心锭子平行纺纱、新型帽锭纺纱、静电纺纱、聚集纺纱等相继出现,有的在某些品种上已投入生产使用。新型纺纱方法的出现,对提高劳动生产率,开发纺织新产品起到了积极作用。但由于环锭纺纱机可以纺特细特纱以及其成纱质量高,迄今还没有任何一种新的纺纱机能够完全替代环锭纺纱机。

为了适应加工各种不同性质纤维的需要,纺纱工艺和设备不断改进。19世纪末以来,化学纤维的出现和不断开发出的新品种,使纺纱原料更加多样化,促进了棉、毛、麻、丝等纤维纯纺和混纺技术的飞速发展。

随着生物技术、新型材料、微电子技术、电子计算机在纺织工业上日益广泛的应用,将会有效的促进现代纺纱技术向着高速度、大卷装、自动化、连续化、多样化和“在线控制”等方面发展,使纺纱逐步摆脱劳动密集型的传统,向技术密集型过渡。

第 2 节 纺纱工艺系统

作为纺织原料,棉、毛、麻、丝及化纤各具特性,有的相互差异还十分显著,经过历史上长期实践的结果,形成了各具特色、互不相同的棉纺、毛纺、麻纺、绢纺等专门的工艺。其工艺过程及工艺设备自成体系,但其工艺原理基本相同,均以“开松→梳理→牵伸→加捻”为主线。

一、棉型纺纱系统

棉型纺纱系统可分为粗梳、精梳和废纺纺纱 3 种子系统。

1. 粗梳纺纱系统

棉型粗梳纺纱的工艺过程如下:

原棉 → 初加工 → 原料选配 → 开清棉 → 梳棉 → 并条(1~2道) → 粗纱 → 细纱 → 后加工 → 棉型纱线

2. 精梳纺纱系统

棉型精梳纺纱的工艺过程如下:

原棉 → 初加工 → 原料选配 → 开清棉 → 梳棉 → 精梳准备 → 精梳 → 并条(1~3道) → 粗纱 → 细纱 → 后加工 → 精梳棉纱线

废纺纺纱系统一般单独在废纺厂采用。

棉型纺纱的原料主要是原棉和棉型化纤。由于原棉品种、产地、批号不同,性能存在差异,因此要进行合理的原料选配与混和,使混料的性能在宏观上保持稳定,以便使相同品种的成纱外观和内在质量长期保持均匀一致。

后加工主要指络筒、并纱、捻线及摇纱等工序。其工序的选用根据细纱用途而定。

若要生产细特纱(线密度小的纱)或者对强力、表面光泽、均匀度要求很高的纱线,则还要通过精梳来排除不适合纺纱要求的短纤维。精梳之前或之后,必须加上准备和整理工序。因此,在梳棉和粗纱之间,还要插进多道工序,形成精梳纺纱系统。