

东华大学

---

硕士学位论文

---

Lyocell织物桃皮绒风格的加工工艺

---

姓名：周映红

---

申请学位级别：硕士

---

专业：纺织化学与染整工程

---

指导教师：周翔

---

20050119

# Lyocell 织物桃皮绒风格的加工工艺

## 摘 要

Lyocell 纤维性能优越,它不但具有高的干湿强力,而且穿着舒适,具有生物可降解性,对环境无污染。Lyocell 纤维具有较高的取向度,但微晶间侧向抱合力较弱,在溶胀状态及一定机械作用下时,其纵向比较薄的部分会有微纤分裂出来,即所谓的原纤化。利用 Lyocell 纤维的这种特性,可以使 Lyocell 织物获得多种不同外观和美感,如光洁表面和桃皮绒等。

迄今为止,国际上还没有任何评价织物原纤化程度的客观标准。本文中建立了一种评价织物原纤化程度的方法。采用光学生物显微镜观察分别经初级原纤化、酶处理、次级原纤化处理的织物表面,采集图像,由观察者根据原纤的数量和主体长度对其进行评分,得到每种织物的原纤均值。这一方法有助于比较不同工艺的处理效果。

Lyocell 桃皮绒织物的常规加工工艺,一般包括初级原纤化、酶处理和次级原纤化三个加工步骤。本文采用溢流喷射染色机对纯 Lyocell 斜纹织物进行了一系列的单因子试验,综合考虑处理织物的原纤化程度、断裂强力、撕破强力、总平均抗弯长度,分别确定了较佳的工艺参数。较佳的初级原纤化工艺条件为:浴比 25:1,氢氧化钠 2.5 g/L,处理时间 90 min 左右,处理温度 95℃,提布器转速为 15 m/min。较佳的酶处理工艺为:纤维素酶 Cellusoft Plus L 的用量为 3.0% (owf),处

理时间 30min。

对于 Lyocell 织物的次级原纤化加工，在溢流染色机湿态处理过程中，参考初级原纤化处理的一些工艺参数，对碳酸钠的用量进行了单因子试验。试验结果表明：碳酸钠用量为 15g/L 时，处理织物能达到相对较好的桃皮绒效果，处理织物的原纤均值为 0.6。在转筒烘干机半湿态处理过程中，柔软剂 T3S 为 10 g/L，织物含湿率为 30%时，织物在转筒烘干机中抛松烘干，可以达到较好的桃皮绒效果，处理织物的原纤均值为 0.7。

此外，采用自制磨毛装置对仅经前处理的 Lyocell 织物进行了磨毛试验。通过多项单因子试验确定了取得较好磨毛效果的工艺参数，分别为：织物的水平移速为 63.0cm/s；砂辊转速为 450rpm；砂纸目数 320#；磨毛时间 45s。磨毛织物的原纤均值为 0.8。如果采用两次磨毛法，可以获得更好的磨毛效果，织物的原纤均值为 0.9。

**关键词：**初级原纤化，酶处理，次级原纤化，溢流喷射染色机，磨毛，原纤均值

# PROCESSING OF LYOCELL FABRIC TO ACHIEVE THE PEACH-SKIN EFFECT

## ABSTRACT

Lyocell fiber is characterized by high dry and wet strength, high moisture regain and biodegradability. Though there is a high proportion of a highly oriented, crystalline region within the fiber, the lateral cohesion between the crystallites is weak. When subjected under mechanical stress in swollen state, the fibers tend to produce surface fibrils. This wet fibrillation behavior can be manipulated to create a variety of finished surface and optical effects, such as clean surface and peach skin. Used for high fashion apparel, the peach skin effect can be obtained by a conventional three-stage process, namely, primary fibrillation, enzyme clean and secondary fibrillation.

“Average value of fibrillation” is developed in this paper to evaluate the fibrillation degree of fabrics which have been processed by different technologies. “Average value of fibrillation” is given by different persons according to the length and density of fibrils on the surface of the treated

fabrics.

In this paper, different Lyocell twill fabrics were treated by two different processing methods to get the peach skin effect. Firstly, the fabrics were processed using the conventional three-stage method by a hydraulic jet dyeing machine for lab use. A series of single-factor experiments were conducted to explore a suitable technology for primary fibrillation by analyzing the physical properties and the surface fibrils of the treated fabrics. The main parameters were determined to be as follows: processing temperature 95°C, processing time 90 minutes, sodium hydroxide 2.5g/L and liquor ratio 25:1. In the enzyme clean stage, the acid cellulose “Cellusoft Plus L” were used to remove the fibrils produced on the surface of fabrics during primary fibrillation. The fabric can be imparted a good clean surface when the dosage of the enzyme is 3.0 % (owf) and the processing time is 30minutes.

During the secondary fibrillation stage, the fabrics were processed with 10g/L T3S softener and dried by a tumbler. The “average value of fibrillation” of the fabric thus processed is 0.7.

On the other hand, the Lyocell fabrics were processed by a lab-made sanding equipment to simulate the sanding processes which are commonly used in factories to get a peach-skin effect on synthetic fabrics. The suitable processing parameters were also determined. The results showed that this sanding method could really lead to a better peach-skin effect on the fabric

with the “average value of fibrillation” being 0.8. Even better effects can be achieved if a two-stage sanding process is adopted.

Zhou Yinghong (Dyeing and Finishing)

Supervised by Professor Zhou Xiang

KEY WORDS : primary fibrillation, enzyme cleaning, secondary fibrillation, average value of fibrillation, jet dyeing machine, fabric construction, grinding,

## 东华大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：我恪守学术道德，崇尚严谨学风。所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已明确注明和引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品及成果的内容。论文为本人亲自撰写，我对所写的内容负责，并完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：周映红

日期：2005年1月7日

## 东华大学学位论文授权使用授权书

学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权东华大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保密 ，在 \_\_\_\_\_ 年解密后适用本版权书。

本学位论文属于

不保密 。

学位论文作者签名： 周映红

指导教师签名： 

日期：2005年1月7日

日期：2005年1月4日

## 第一章 前言

### 1.1 Lyocell 纤维的产生背景、生产工艺及发展

#### 1.1.1 Lyocell 纤维的产生背景及发展概况

纤维素纤维原料来源广泛、可以再生,同时具有优良的吸湿性和穿著舒适性等合成纤维难以替代的性能,广受人们欢迎。然而,粘胶纤维在生产过程中会产生大量的废气、废水,在倡导全球环境保护的今天,为了在满足对再生纤维素纤维需求的同时,减少对环境的污染,就要改造现有的生产工艺。Lyocell 纤维就是在这种背景下出现的再生纤维素纤维的新品种。

Lyocell 纤维是采用有机溶剂 N—甲基吗啉—N—氧化物 (NMMO)的水溶液溶解纤维素后进行纺丝再生产出来的一种人造纤维素纤维。1980 年, Akzo Nobel(荷兰)公司申请了该生产工艺及产品的专利。1989 年,该纤维产品被国际人造丝及合成纤维标准局 (BISFA) 确定属名为 LYOCELL, 后来欧共体指导性文件 (1997/37) 将其代号定位“CLY”<sup>[1]</sup>。

1987 和 1990 年, Akzo Nobel 公司分别将生产 Lyocell 纤维的专利转让给奥地利的 Lenzing 公司和英国的 Courtaulds 公司。1993 年底, Lyocell 纤维由 Courtaulds 公司在美国的 Mobile 生产, 商品名为 Tencel, 年产量为  $1.8 \times 10^4$  吨。此外, Courtaulds 公司还开发了商品名为 Courtaulds Lyocell 的短纤维。1997 年, Lenzing 公司的第一个 Lyocell 短纤维的工厂在 Heiligenkreuz 建成投产, 商品名为 Lenzing Lyocell, 年产量  $1.5 \times 10^4$  吨。奥地利的 Lenzing 公司与 Akzo Nobel 公司合资在德国 Obernburg 地区建立了一个年产量 5000 吨 Lyocell 长丝的工厂。德国 Thuringian 纺织和塑料研究所(TITK)开发了 Lyocell 纤维的溶剂纺丝法的 Alceru 工艺, 并于 1997 年 7 月与 Zimmer 公司合作建立了一个开发 Lyocell 短纤维和长丝的中试工厂。1999 年 Akzo Nobel 公司收购了英国 Courtaulds 公司 65% 的股权, 命名为 Acordis 公司。2002 年, 全世界 Lyocell 短纤维的产量估计有 100,000 吨<sup>[2]</sup>。

除此之外，近年来世界其它国家和地区也在大力发展 Lyocell 纤维的生产。台湾聚隆纤维股份有限公司对新纤维素纤维的开发研究历经数年，建立了一条中试生产线，其商品名为“Acell”。韩国 Hanil 合成纤维公司也开发了名为“Cocell”的纤维。位于俄罗斯 Mytischki 地区的俄罗斯研究院制造的 Lyocell 纤维称为“Orcel”；日本也有小批量的 Lyocell 纤维生产。<sup>[3-5]</sup>

不久，全世界范围内掀起了对 Lyocell 纤维的研究高潮，新的 Lyocell 纤维不断出现。1998 年，Courtaulds 公司推出了在染整加工过程中不产生原纤化现象的 Tencel A100，Lenzing 公司也推出了原纤化倾向大幅度降低的 Lenzing LF。2002 年，Acordis 公司又推出了新型非原纤化纤维 Tencel A200 与 Tencel HS260。与 Tencel A 100 不同，Tencel A 200 具有完全的碱稳定性，因此能经受棉混纺织物的全丝光处理，而 Tencel HS260 是专门为高速加工的非织造布而开发的，这种新型纤维可承受的最大梳理速度与聚酯纤维相当，远远高于粘胶纤维，除了具有清洁、可高速梳理性能外，还具有飞花少、成网稳定性良好、蓬度增加（相对于粘胶纤维）、与聚酯纤维的混合性好等特性。<sup>[6-8]</sup>

表 1.1 Lyocell 纤维主要制造商、商品名及纤维类型<sup>[1,3-6, 8]</sup>

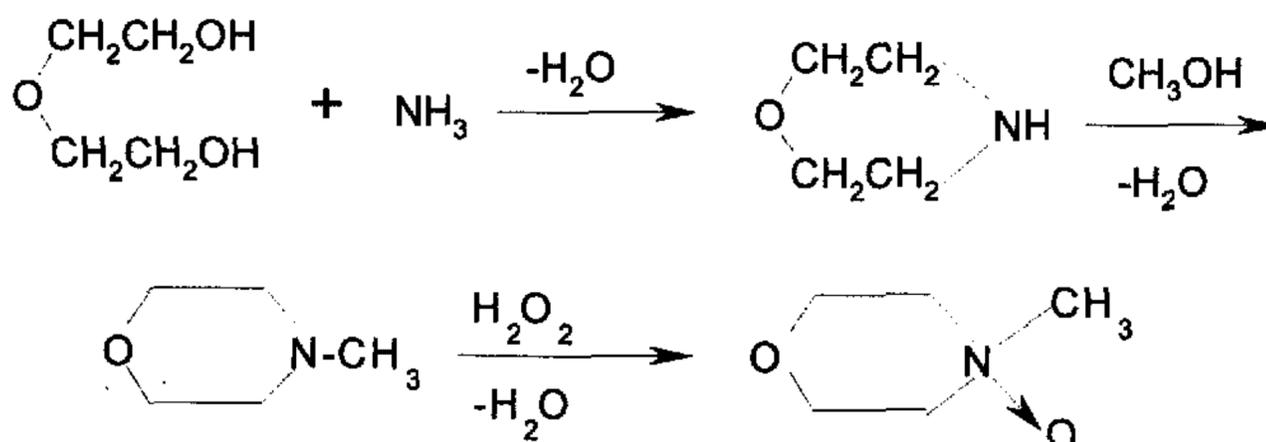
生厂商	生厂国家或地区	商品名称	纤维种类
Acordis	Mobile (美国) Grimsby(英国)	Tencel Tencel A 100 Tencel A 200 Tencel HS 260	短纤维
Lenzing AG	Heiligenkreuz (奥地利)	Lenzing Lyocell Lenzing LF	短纤维
Akzo Nobel 公司和 Lenzing 公司合资	Obernburg(德国)	Newcell	长丝
TITK 公司	Rudolstadt (德国)	Alceru	短纤维
Hanil 合成纤维公司	韩国	Cocell	短纤维
台湾聚隆纤维股份有限公司	中国台湾	Acell	
俄罗斯研究院	Mytischki(俄罗斯)	Orcel	

2000 年 6 月成立的由上海化纤集团有限公司等数家单位合资兴建的上海纤维科技开发有限公司, 到 2001 年初, 已建成了年产量为 100 吨/年的 Lyocell 纤维中试生产线, 而 1000t/a 的 Lyocell 的纤维生产装置正在建设之中。2002 年 8 月, 河北保定天鹅化学纤维集团有限公司与 Zimmer AG(德国)公司签定合同委托 Zimmer 帮助建造 Lyocell 短纤生产工厂, 合同值超过 1.2 亿欧元, 预计 2005 年建成投产, 年产量可达 3 万吨<sup>[9]</sup>。

### 1.1.2 Lyocell 纤维的生产工艺

与将纤维素衍生化的传统工艺相比, 采用溶剂直接溶解纤维素的方法是一个重大突破。在纤维素新溶剂体系中研究较多的有 DMF/N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、DMSO/PF、NH<sub>4</sub>SCN/NH<sub>3</sub>、DMAc/LiCl 和 NMMO/H<sub>2</sub>O。其中由 Enka 公司开发的 NMMO/H<sub>2</sub>O 体系, 具有无毒、对纤维素溶解能力强、溶剂回收率高等优点, 成为溶剂纺丝中应用最为广泛的溶剂体系。

NMMO 是一种环状叔胺氧化物, 由二醇与氨反应生成吗啉, 再经甲基化和氧化而成:



NMMO 通过叔胺的 N 和 O 与纤维素产生氢键, 而使纤维素溶解。

普通 Lyocell 纤维的生产过程大致可分为以下三步<sup>[10,11]</sup>:

- (1) 纤维素浆粕的溶解
- (2) 纺丝和纤维的后处理
- (3) 溶剂的回收

与传统的粘胶生产工艺相比, NMMO 工艺具有直接溶解纤维素、工艺流程短、

生产设备简单、对环境无污染等突出优点。

图 1.1 为 Lyocell 纤维的一种生产流程示意图<sup>[1]</sup>。

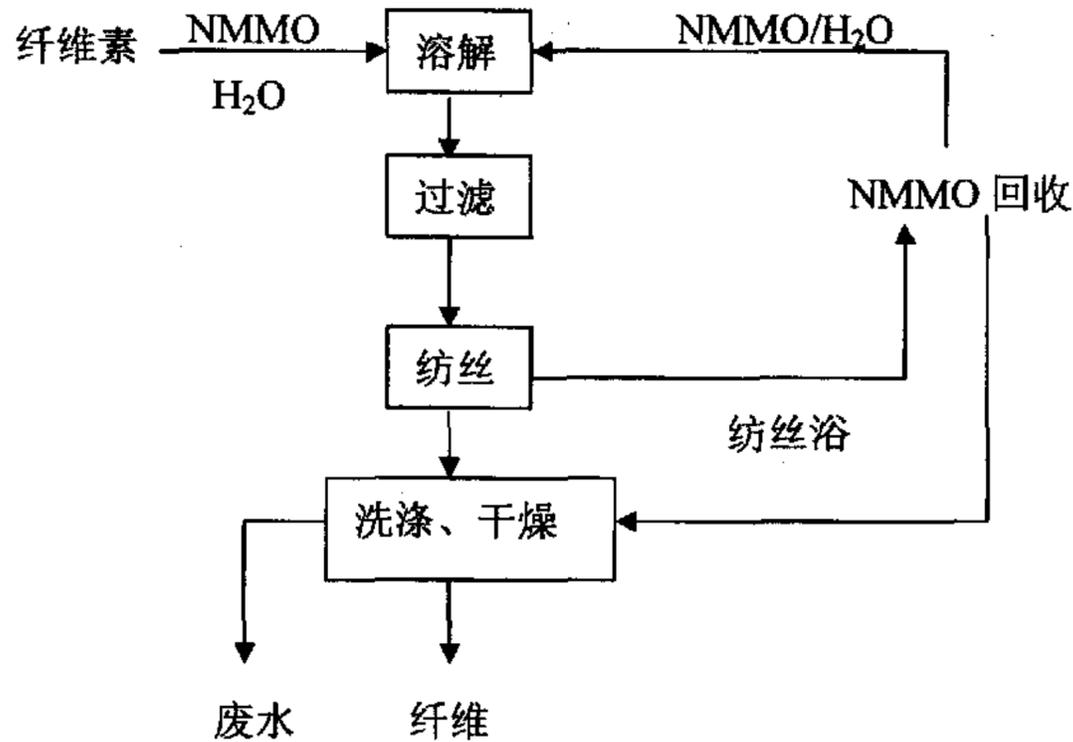


图 1.1 Lyocell 纤维的生产流程

## 1.2 Lyocell 纤维的结构和特性

作为新一代再生纤维素纤维, Lyocell 纤维在形态结构和超分子结构上与粘胶纤维有较大的差异, 并具有许多独特的性能。它既具有棉纤维的自然舒适、粘胶纤维的悬垂飘逸性和色彩鲜艳性、合成纤维的高强度, 又有真丝般柔软的手感和优雅的光泽。

### 1.2.1 Lyocell 纤维的结构

研究表明, Lyocell 纤维特殊的纺丝工艺, 使纤维内部产生了高取向度; 结晶区比重很大, 结晶区与非结晶区比为 9: 1 (粘胶纤维仅为 6: 1), 并且微晶之间的侧向抱合力比粘胶或 Modal 纤维要弱<sup>[1]</sup>。表 1.2 列出了第一代 Lyocell 纤维和普通粘胶纤维的形态结构和超分子结构的比较。虽然只是第一代 Lyocell 纤维与粘胶的比较结果, 但进一步开发的 Lyocell 纤维在结构上与 Lyocell 第一代只是稍有不同。

表 1.2 第一代 Lyocell 纤维和普通粘胶纤维的形态结构和超分子结构<sup>[1]</sup>

	粘胶（普通）	Lyocell 纤维（第一代）
截面形状	锯齿	圆或椭圆
截面形态	皮芯	均一密度
结晶度	变化	高
结晶区长度	较小	较大
结晶区宽度	较大	较小
晶区取向度	高	高
无定形区取向	变化	高

## 1.2.2 Lyocell 纤维的特性

### 1.2.2.1 高干/湿强力

表 1.3 Lyocell 纤维和一些常见纤维的物理性质<sup>[12]</sup>

纤维性能 纤维	干强 (cN/tex)	湿强 (cN/tex)	干断裂延伸 度 (%)	湿断裂延伸 度 (%)	干模量 (cN/tex)	吸水率 (%)
Tencel <sup>®</sup>	40-44	36-38	13-15	14-16	1100	70-85
Tencel <sup>®</sup> A100	38-40	26-32	11-16	10-14	950	65-70
Cotton	18-44	21-53	3-10	25-50	—	45-55
Modal	32-34	19-21	13-15	14-16	700	75-80
Polynosic	34-42	25-34	10-13	13-15	900	55-70
Polyester	31-53	31-53	—	—	60-280	—

从表 1.3 可以看出，Lyocell 纤维的干强显著地高于 Modal 纤维，略高于 Polynosic 纤维，与涤纶接近。Lyocell 纤维的湿强度仅比干强降低 10%-15%，大大高于粘胶纤维，表明它能够承受较剧烈的湿机械和化学处理，不致因织物的强力损失而失去实用价值。

### 1.2.2.2 低沸水收缩率<sup>[13]</sup>

由于 Lyocell 纤维具有较高的湿模量（对 1.7dtex 的短纤维，在伸长 5% 时 Tencel 湿模量为 270 cN/dtex，而粘胶为 50 cN/dtex），由它制成的纱线或织物的沸水收缩率较低。Tencel 纱的沸水收缩率仅为 0.44%，而粘胶的沸水收缩率高达 6.5%。因此用 Lyocell 织物制成的服装在洗涤过程中有很好的尺寸稳定性。

### 1.2.2.3 高溶胀性<sup>[1]</sup>

Lyocell 纤维的吸湿性能与粘胶纤维接近，比棉、蚕丝吸湿性高。Lyocell 纤维在水中溶胀异向性非常明显，其截面溶胀度可达 40%，而纵向仅为 0.03%。在染整湿加工中，纤维截面的高度溶胀使 Lyocell 织物结构胀紧而变得僵硬，给加工带来不便。尤其在绳状加工中，会产生折皱、擦伤、刮伤等，形成不均匀的原纤化。

### 1.2.2.4 优良的混纺性<sup>[14]</sup>

Lyocell 纤维能以任何比例与棉、羊毛、亚麻、粘胶等混纺。混纺时 Lyocell 在各种混纺比下均使混纺织物的抗拉伸性能及抗撕强度增加。

### 1.2.2.5 易于原纤化（普通 Lyocell 纤维）

Lyocell 纤维具有较高的结晶度和取向度，而微纤间横向结合力较弱。在润湿状态下，非晶态或无定形区的纤维素吸收相当于自身重量几倍的水而溶胀伸长，彼此间结合力减弱；同时由于连续的摩擦及振动应力，原纤从纤维表面分离出来而发生原纤化。

Lyocell 纤维易于原纤化是由于其高的取向度、溶胀度及弱的原纤间结合力。J. Schurz 在大量实验资料的基础上，提出了关系式  $FI=0.31 \times e^{2.9f_{cr}}$ ，其中 FI 为原纤化指数， $f_{cr}$  为纤维的结晶区取向因子<sup>[15]</sup>。上式表明随着纤维晶区取向因子的提高，纤维的原纤化指数提高。

目前被广泛采用的“初级原纤化”和“次级原纤化”两个术语主要指的是染整加工过

程中的两个阶段。

初级原纤化是指在湿热条件和较强的机械力作用下, 织物内未被固定在纱线内部的短纤维末端翘出纤维表面, 翘出的纤维在受到较强的机械作用时就会发生原纤化, 从而导致织物表面的起毛起球。次级原纤化是指将初级原纤化、纤维素酶处理之后所得到的表面光洁织物再施以湿热机械处理, 在织物表面产生一层均匀的原纤, 赋予织物特定的手感。经酶处理和次级原纤化后, Lyocell 织物的 FI 一般小于 2。德国 Rudolf 化学公司则提出了纱线纤维化和纤维原纤化的概念。所谓纱线纤维化是指短纤维末端从纱线内部翘起, 从而产生毛茸茸的织物外观。当织物表面翘起的纤维经受更强的机械作用力时, 纤维就会发生劈裂, 产生所谓的纤维原纤化, 使织物表面呈现难看的外观<sup>[15]</sup>。

### 1.3 Lyocell 织物的原纤化与染整加工

对于染整加工者来说, Lyocell 纤维的原纤化具有双重性。一方面为了获得表面光洁的 Lyocell 织物, 必须去除织物表面的原纤。为了获得“机可洗”的 Lyocell 织物, 还应尽量减少家庭洗涤中的原纤化倾向, 这就要求利用物理或化学的方法对织物进行处理。另一方面, 通过控制染色和整理过程中的机械作用并结合纤维素酶的作用, 可以生产出不同外观、手感的织物, 如桃皮绒, 磨砂等。

初级原纤化时分裂出的原纤较长, 通常在 1mm 以上, 且长短不一, 分布不均, 易于缠结成球。如果染色时发生初级原纤化, 则分裂出的原纤染得的颜色淡于纤维本体部位。次级原纤化时分裂出的原纤较短, 通常为十分之几毫米, 分布均匀, 且不会起球, 染色均匀, 次级原纤化的织物手感柔软, 表面类似桃子的表皮<sup>[14]</sup>。

不同 Lyocell 纤维的织物在染整加工时会发生不同程度的原纤化: 普通的 Lyocell 纤维如 Tencel, Lenzing Lyocell 会发生初级和次级原纤化; 而非原纤化 Lyocell 纤维如 Lenzing LF, Tencel A100 在正常情况下不会发生原纤化; 而 Newcell 纤维 (Lyocell 长丝) 的原纤化程度相对较低, 不会初级原纤化, 只发生次级原纤化, 产生的原纤较短且致密<sup>[16]</sup>。因此, 实际生产中对不同类型的 Lyocell 纤维织物需要采用不同的加工方式来控制原纤化, 本文主要研究普通型 Lyocell 纤维的染整加工。

### 1.3.1 原纤化的利用

利用 Lyocell 纤维的原纤化特性,最主要的是进行桃皮绒效果的加工,加工过程一般包括三个阶段<sup>[17]</sup>:

- (1) 将织物在一定湿热、碱性条件下进行摩擦处理,完成初级原纤化;
- (2) 用纤维素酶处理,降低表面毛羽强度,并在机械力的作用下使之断落除去,获得表面平整光洁的织物;
- (3) 织物在湿热条件下经受摩擦,表面生成较短的原纤,完成次级原纤化,通常再伴以翻滚处理,使纤维表面的绒毛直立。

### 1.3.2 原纤化的控制

#### 1.3.2.1 纤维制造阶段的控制

继第一代 Lyocell 纤维问世以来,陆续有减少直至消除原纤化倾向的纤维制造方法的报道。

- 1) 纺丝浴中加入交联剂。1998 年 Courtaulds 公司(Acordis 公司)在 Lyocell 纺丝浴中加入交联剂“Axis”,在 Lyocell 原纤间引入交联,增加纤维横向结合力,从而产生一种无原纤化倾向的 Lyocell 纤维,商品名为 Tencel®A100<sup>[8]</sup>。
- 2) 调整纺丝工艺。Akzo 公司提出在纤维纺丝时使用凝固浴,可有效地降低 Lyocell 纤维的原纤化趋势<sup>[18]</sup>。
- 3) 纤维进行后处理。Lenzing 公司在 Lyocell 纤维成型、水洗之后,干燥之前插入一个交联处理工艺,生产出一种无原纤化趋势的 Lyocell 纤维,商品名为 Lyocell LF<sup>[9]</sup>。

#### 1.3.2.2 染整加工阶段的控制

Lyocell 纤维原纤化的程度不仅依赖于纤维本身的结构,染整加工中的一些参数也

会影响织物原纤化的速度和程度，如表 1.4 所示。

表 1.4 影响原纤化的因素<sup>[19]</sup>

促进原纤化的因素	降低原纤化的因素
短纤维	长丝
低纱线捻度， 疏松的织物结构	高纱线捻度 紧密的织物结构
高温，强碱（pH 值高）	低温，弱酸性或中性（pH 值低）
低浴比	高浴比
强机械作用	弱机械作用 纤维素酶处理 润滑剂或抗皱剂 交联剂 部分多活性基染料

### 1.3.3 Lyocell 织物的染整加工

普通型 Lyocell 纤维纯纺织品的加工成品主要有两种类型：桃皮绒织物和表面光洁织物。两种风格产品的基本加工路线如下所示<sup>[20]</sup>：

#### (1) 表面光洁织物

前处理（平幅烧毛、退浆、漂白、碱处理）→初级原纤化→纤维素酶处理→平幅染色（如绳状染色，则染色后需再施以酶处理）→平幅柔软，交联整理

#### (2) 桃皮绒织物

前处理→初级原纤化→纤维素酶处理（酶去原纤化）→染色→次级原纤化（→）柔软、交联整理

#### 1.3.3.1 机械作用的控制及加工设备的选用

机械作用的控制就是要选择合理的加工设备和路线，使织物产生均匀的原纤化。机械作用控制不好，容易使织物形成不规则的折痕，造成原纤不均匀。针对 Lyocell

织物组织结构和成品风格要求的不同,可以采用不同种类的加工设备(如常规的卷染机、经轴染色机、喷射染色机、冷轧堆染色、连续轧染等),其中气流染色机可以有效地防止折痕的产生,从而产生均匀的原纤化,因此被广泛运用于 Lyocell 织物的初级原纤化、酶处理、染色和次级原纤化的加工中。

对于 Lyocell 织物的加工,国外推荐的气流染色机有:Then Airflow AFS(德国 Then 公司)、Aero-Dye(德国 Krants)、Airsoft HT(英国 Longclose)、Thies Luftroto/Air-stream(德国 Thies)、Azur 气流染色机(日本大岛机械株式会社)等;此外还有部分织物整理机,如意大利 Biancalani 公司生产的 AIRO-1000 多功能织物整理机、Petra 织物滑爽整理机,另外日本还专门为 Lyocell 的加工制作了大型水洗机 Nidom 加工机。

### 1.3.3.2 前处理

前处理是染整加工的基础,良好的前处理可使织物退浆彻底,白度、吸湿性增加,染色得色量、匀染性提高。

一般前处理的第一步是烧毛,二正二反,而且必须采取高速烧毛工艺,以防纤维损伤。目前国内也有采用先退浆后烧毛的方式,以去除织物表面原有绒毛和退浆后产生的绒毛。

退浆和精练可同时进行,漂白则可以根据需要进行。若纤维白度已达染色要求,尤其是染深色,则可以简化工艺,省去漂白工序。Lyocell 织物在织造时,使用的浆料大多为 CMC 或淀粉类浆料,这类浆料在以后的活性染料染色过程中,会与染料发生反应,导致 Lyocell 纤维表面染色浓度降低,有时还会造成色斑。

根据织物上浆料的类型,可采用氧化剂或淀粉酶,洗涤剂 and 热水等进行退浆。退浆方法有卷染机法,半连续式的冷轧堆或卷染法,连续式平幅水洗法。

练漂以后,就可进入下一步工序,即初级原纤化。但日本 Unitika 公司、德国 Rudolf 化学公司和瑞士汽巴精化公司等提出<sup>[21,22]</sup>,练漂后增加一道平幅烧碱处理工艺,使织物在后面的湿加工中僵硬程度减小,产生折痕的危险性降低,而且有助于提高染色性能。采用此工艺后可在后续工序中进行无碱的初级原纤化。鉴于这些原因,并为了节能、缩短工艺流程,汽巴精化还提出了退浆、漂白和烧碱处理三合一的冷轧堆工艺<sup>[23]</sup>。

### 1.3.3.3 初级原纤化

初级原纤化的目的是充分暴露拟去除的绒毛，以便在后续加工工序中用纤维素酶去除。为达到揉搓的目的，织物必须采取绳状加工<sup>[24]</sup>，并加入润滑剂，以改善织物的柔软程度，减少织物表面摩擦，防止折痕的产生。润滑剂一般是脂肪酸、聚酰胺衍生物、多元醇脂类衍生物、磷酸脂类衍生物等。此外，为改善织物的润湿性，还可加入适量的低泡润湿剂。

综合考虑初级原纤化效果、生产效率、加工成本等，以用气流染色机为最好，其次是 Biancalani Airo1000 织物整理机，然后是低浴比喷射染色机，而常规的工业洗衣机对绝大多数 Tencel 织物是不适合的<sup>[21, 23, 26]</sup>。采用气流染色机不仅能使织物经受充分摩擦，而且织物在气流染色机中能不断频繁地交换接触面，可以防止折痕的产生。故初级原纤化的效果较为均匀。

### 1.3.3.4 纤维素酶处理

纤维素酶是一种能够催化纤维素 1, 4-甙键断裂的蛋白质。酶处理的目的是去除初级原纤化过程中形成的绒毛，这一工序对桃皮绒和光洁风格的织物同样重要。酶处理通常在染色之前进行<sup>[26]</sup>，可以避免染料阴离子对酶活性的影响，使次级原纤化更加均匀，使用的设备与初级原纤化设备相同。此外纤维的原纤化和原纤清除都应充分，否则会影响酶处理效果及二次原纤化绒面的稳定性。

不同的纤维素酶均有其最佳使用温度和 pH 值，生产中应很好地控制这两个工艺条件。另外，酶的品种、用量、处理时间也应合理地选择，要避免织物强力损伤过大，同时又要保证去原纤化效果。酶处理后，通过加入碱再升温的方法使酶失活。

利用纤维素酶处理 Lyocell 织物，同时结合一定的机械作用，可有效去除织物表面的绒毛。由于 Lyocell 纤维的聚合度和取向度较高，一些常用的纤维素酶没有足够的效力。因此必须选用对 Lyocell 作用更为明显的纤维素酶制剂。在酸性酶、中性酶和碱性酶中以酸性酶对纤维素的作用最为强烈。故 Lyocell 纤维纯纺织物的酶去原纤化加工多采用酸性纤维素酶。

近年来,许多公司开发了 Lyocell 织物专用的纤维素酶制剂及其相应的酶处理工艺,如表 1.5 所示。

表 1.5 用于 Lyocell 织物的纤维素酶

公 司	用于 Lyocell 的纤维素酶
Novo Nordisk (丹麦)	Cellusoft Plus L; Cellusoft Ultra L
汉高 (德国)	Forylase LYO; Forylase SWL; Forylase SW 150
Rudolf 公司 (德国)	Rucolase ZEL; Rucolase ZLO; Rucolase ZLI; Rucolase ZBL+ZBG
Dr.Petry (德国)	Perizym LYO; Perizym LCM; Perizym 2000
Rotta Gmb H (德国)	Roglyr 1538; Roglyr Bio 1535;
Genencor (美国)	Rimafast T100; Indiage RFW
Rakuto 化成工业 (日本)	Tenzym 100W
Ciba 精化 (瑞士)	Tinozym 7603; Tinozym -NT; Tinozym NTB;
Clariant (瑞士)	Bactosol CA Conc.
Lamberti (意大利)	Lamsoft 121; Lamsoft TE-8
福盈股份 (台湾)	Jin-texyme LWP

### 1.3.3.5 染色

适用于纤维素纤维的染料(如直接、活性、还原、纳夫妥、硫化染料等)均可以用于 Lyocell 纤维及其织物,且在 Lyocell 纤维上的上染率高于棉而类似粘胶。一般而言, Lyocell 纤维比粘胶和棉有更好的浓染性。采用活性染料时, Lyocell 的相对色强比棉要高<sup>[27]</sup>。通常,普通 Lyocell 纤维制成的染色织物在经过几次家庭洗涤后,由于原纤化作用,表面会泛灰,从而使鲜艳度降低。同时在染色过程中也会发生原纤化作用,影响织物外观<sup>[28]</sup>。

加工光洁织物应首选平幅染色,因为采用平幅染色设备(卷染机、冷轧堆、轧染等)时不易发生纤维原纤化和产生皱印。绳状染色设备(如气流染色机、溢流喷射染色机等)在染色时易于发生纤维原纤化,且如操作不当、工艺参数控制不合理或处理溶液中未使用润滑剂,都可能产生折痕。加工桃皮绒风格的织物,平幅和绳状染色机均可采用,各有优缺点。平幅染色机在正常情况下不会产生皱印,而绳状染色机可促

进纤维原纤化,尤其是在用高温型单活性基染料加碱固色的情况下更是如此,因而可减少次级原纤化所需的加工时间,甚至可以在染色的同时完成二次原纤化。

对于要求表面光洁的织物,如在初级原纤化和酶处理后的染色时发生了对布面光洁度有严重影响的纤维原纤化,在染色后需另加一道酶处理,或将初级原纤化和染色同时进行,再进行酶光洁处理。

对于要求桃皮绒风格的织物,在染色后要加一道二次原纤化工艺。如果在染色时选用了某些可以在纤维素纤维分子链之间形成交联的双或三活性基活性染料,那么这种交联对纤维原纤化有抑制作用(防原纤化作用),严重时将影响二次原纤化后织物表面的茸效应,并使织物的柔软性有一定程度的降低。当然,平幅染色的光洁织物如选用多活性基染料染色,再结合交联整理,将有效地减轻 Lyocell 织物在家庭洗涤过程中的原纤化和起毛起球现象,减轻服装穿着洗涤后的陈旧感。

有关活性染料对 Tencel 织物原纤化或防原纤化的影响,瑞士、德国、日本等均有相关研究<sup>[29,30]</sup>,他们得出的主要结论有:双或三活性基染料的防原纤化作用是由于它们在纤维素纤维分子链间可形成交联;染料防原纤化作用随染料浓度的增加而增大;三活性基染料的防原纤化作用大于双活性基染料;不同双活性基染料在防原纤化作用方面存在较大的差异,防原纤化作用主要与活性基在染料母体上的位置、桥基性质、染料母体结构、染料的扩散性、活性基类型、两个活性基之间的距离等因素有关,如双侧型双活性基染料的防原纤化作用大于单侧型双活性基染料。

#### 1.3.3.6 次级原纤化和交联处理

对于要求表面光洁的织物,染色后不需进行二次原纤化,而是直接进行平幅交联处理。通过在纤维间形成交联提高织物的抗皱性能,并防止织物在以后家庭洗涤过程中发生原纤化。为改善织物手感,在整理液中应加入适量的柔软剂。

对于要求桃皮绒风格的织物,染色后还需进行二次原纤化。在二次原纤化过程中,织物组织和纱线结构发生松弛,织物柔软性得到提高。为进一步改善手感,需结合化学柔软处理。为固定纤维原纤化的效果,使茸效应在以后的服用过程中得以持久保持,并同时提高织物的抗皱性能,在二次原纤化后通常应进行交联处理。

在二次原纤化和柔软/交联处理工艺的安排上,一般有两种方法<sup>[21,23]</sup>:

(1) 染色→浸轧交联剂处理液(含柔软剂)→烘干(含湿率约 20%)→二次原纤化(如在 Airo1000 织物整理机、Then Airflow AFS 气流染色机或转笼烘干机中抛干和抛松)→焙烘。

(2) 以低浴比进行柔软处理,用 Then Airflow AFS 气流染色机或 Airo 1000 织物整理机于 30~40℃处理 15min→排液→烘干→高速抛松→交联处理。

在二次原纤化和柔软/交联处理中,应用较多的柔软剂是有机硅类,其中尤以氨基有机硅或其复配物应用最多,交联处理时加入有机硅类柔软剂后还可以在一定程度上改善因交联整理而引起的织物撕破强力降低的缺点。为使 Lyocell 织物二次原纤化后达到不同风格的外观,德国汉高公司开发了使织物具有桃皮绒风格的柔软剂 Belfasin 系列(脂肪酰胺类)及 Adasil 系列(硅酮弹性体类),两者协同作用,可使织物柔软、丰满;还开发了使织物具有砂洗风格的树脂 Stabitex 系列,可改善织物粗糙的手感,提高耐磨性<sup>[24]</sup>。

Lyocell 织物的交联整理类似于其它的再生纤维素纤维织物,但要达到相同的回弹性所需的交联剂用量低于其它的再生纤维素纤维<sup>[31]</sup>。Lyocell 织物整理时交联剂用量不可过高,否则抗皱性能提高不明显,且在原纤上易形成脆化点,这些脆化点是潜在的断裂点,在机械力作用下原纤易断掉而发生去原纤化现象,反而不利于桃皮绒效果的持久保持<sup>[32]</sup>。交联整理需注意的问题还有整理织物上的甲醛释放量。应根据织物的最终用途、甲醛释放量和抗皱性要求、织物风格,交联剂的反应性能、整理工艺、加工成本等,合理选用低/超低甲醛或无甲醛交联剂。

#### 1.3.4 Lyocell 织物桃皮绒效果的最新发展

Lyocell 桃皮绒织物的常规染整加工涉及很多工序,如前处理、初级原纤化、酶处理、染色、二次原纤化、柔软和交联处理,并对应用设备和助剂有许多特殊要求,而且加工时间长(不计前处理所需时间大约为 12~14h)、加工成本高、正品率不高<sup>[33]</sup>。

Lyocell 织物染整加工中存在的这些问题早已受到国外相关厂家和科研院所的重视,并相继进行了研究和攻关,取得了很大的进展。例如:德国 Then 公司推出了特

别适用于 Lyocell 织物加工的 Then Airflow AFS 气流染色机,使初级原纤化、酶处理、染色、二次原纤化、柔软、抛干按序全部在该染色机内完成,大大缩短了加工时间<sup>[34]</sup>;一些厂家将初级原纤化和染色或染色和二次原纤化同时进行,也提高了加工效率<sup>[25, 26]</sup>。

英国的 Thor 公司开发了一种名为 Nylhydrol NLT New 的初级原纤化助剂,它能使 Lyocell 织物能在中性介质和 60~65℃ 较低温度的条件下发生初级原纤化,不需碱性条件<sup>[34]</sup>。特别值得一提的是,由丹麦 Novo Nordisk 公司的 Alexander Nikolov 发明的 NovoLyoTech 新技术(已申请专利)<sup>[35]</sup>,可将初级原纤化、酶光洁处理、染色在同一浴中进行,且中途不需要水洗,织物上的淀粉浆是在该工艺前用 Novo Nordisk 公司的 Aquazym Ultra 淀粉酶去除。该加工方法重视无机盐和酶的作用,采取了比常规方法更低的加工温度,无疑对节能、环保、缩短加工时间、降低成本非常有益。

此外,英国 Leeds 大学的 S. M. Burkinshaw 和 Kaushal P. Gandhi 与 Acordis 公司的 G. W. Collins 和 J. M. Taylor 也对 Tencel 织物的同浴原纤化、染色和酶处理新工艺进行了成功研究<sup>[36]</sup>,大大缩短了加工时间。他们的方法原本是针对纯纺织物,但进一步的研究表明也特别适用于 Tencel/涤纶混纺织物。

2002 年,英国的 Tencel 公司针对 Lyocell 面料和服装的染整加工,提出了‘Intellect’方案,该方案提供了对 Lyocell 面料和服装的两种不同的工艺:以布匹形式在工厂里整理或以服装形式在洗衣店整理。其 Magic 和 Magic garment 是分别针对面料和服装的具有突破性的桃皮绒处理工艺,织物在前处理过程中经一种特殊的酸处理,然后经过加热和简单的湿处理工艺,就能得到桃皮绒效果,不需酶处理,大大节约了加工时间<sup>[37]</sup>。

### 1.3.5 原纤化程度的测试方法

迄今为止,国际上对 Lyocell 纤维原纤化程度的评定还没有统一的量化标准, Lyocell 纤维生产公司如 Lenzing 公司和科研机构通常采用不同的方法。测试方法可分为定性和定量两类。

定性的方法主要是采用光学显微镜、电子显微镜等手段观察和拍摄经过一定条件

处理的样品表面，然后根据表面起毛程度，评定原纤化程度。Courtaulds 公司以原纤化指数（Fibrillation Index，简称 FI）为 0-10 的纤维标准样卡为评价标准，将待测试样与之比较而确定原纤化指数，FI 值越大，原纤化程度越高。日本 Tencel 协会采用家用洗衣机洗涤法和日染检验法评定 Lyocell 织物原纤化程度。在印染的实际生产中，采用简单着色法对白色 Lyocell 织物的原纤化程度进行定性的评定。

定量的方法也有几种，目前应用较多的是利用湿摩擦的方法测定 Lyocell 纤维的原纤化趋势，这类方法有以纤维为试样的，也有以织物为试样的。由德国 TITK 公司开发的经过改进的马丁旦尔（Martindale）实验法可用于测定 Lyocell 织物的原纤化倾向，具体做法是：将湿的织物样品进行摩擦直至出现破洞，致使织物磨破的转数就是织物的湿摩擦数。湿摩擦数越大表示织物在后续加工中的原纤化趋势越小。

#### 1.4 本论文的研究内容

本论文的主要目的是：在实验室条件下进行 Lyocell 织物桃皮绒外观的加工试验。采用常规加工法和磨毛法两种方法，分别确定它们的合理工艺条件。在尚无标准测试方法的状况下，为客观评定织物的原纤化程度，需建立评价织物原纤化程度的方法。

首先采用 Lyocell 桃皮绒织物的常规加工工艺处理 Lyocell 织物，通过一系列的单因子试验，分析处理织物的原纤化程度、机械强力和总平均抗弯长度等性能，确定初级原纤化、酶处理、次级原纤化等关键技术的合理加工工艺。

采用扫描电镜和光学显微镜观察 Lyocell 织物和纤维的表面，比较不同组织结构织物的处理效果。

另外，采用自制磨毛装置处理仅经前处理的 Lyocell 织物，确定合适的能取得较好茸毛效果的磨毛工艺参数。

## 第二章 实验部分

### 2.1 材料

(1) Lyocell 斜纹织物 (100% Tencel) 坯布, 规格分别为  $30^S \times 30^S$  120×76 63" 2/1 (简称为织物 A)、 $21^S \times 21^S$  108×64 47" 3/1 (简称为织物 B), 由保定依棉集团提供, 在上海华纶印染有限公司进行前处理 (烧毛、平幅退浆及冷轧堆置漂白) 得漂白半制品。

(2) Lyocell 斜纹织物 (100% Tencel) 半制品, 规格为  $20^S \times 20^S$  102×57 (简称为织物 C), 已经过前处理 (烧毛、退浆及漂白)、初级原纤化及酶处理, 由滨州华纺股份有限公司提供。

(3) Tencel 斜纹桃皮绒织物 ( $30^S \times 30^S$ ), 由吴江远欣纺织品有限公司提供。

(4) 砂纸 Carbo SCHRÖDER ALX 461 (150#, 240#, 320#, 400#)。

### 2.2 药品

碳酸钠、冰乙酸、无水乙酸钠、氢氧化钠均为试剂级。润滑剂 Cibafluid C (Ciba 精化中国有限公司), 纤维素酶 Cellusoft Plus L (诺维信中国投资有限公司), 柔软剂 T3S (上海新力化学品有限公司), 柔软剂 Sapamine OC、Sapamine GP (Ciba 精化中国有限公司)。

### 2.3 Lyocell 桃皮绒织物常规处理工艺

工艺流程: 初级原纤化 → 纤维素酶处理 (去原纤化) → 次级原纤化。采用溢流喷射染色机 (JFO-11789, Werner Mathis AG) 和转鼓烘干全自动洗衣机 (XQG50-1, 青岛海尔洗衣机厂) 进行处理。

### 2.3.1 初级原纤化

在初级原纤化处理过程中，升温速率均为  $3.0\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，润滑抗皱剂 Cibafluid C 均为  $2.0\text{ g/L}$ 。分别对碱剂种类、氢氧化钠浓度、处理温度、处理时间、浴比和提布器转速进行单因子试验：

#### (1) 碱剂种类

处理工艺见图 2.1。碱剂分别为氢氧化钠、碳酸钠和乙酸钠，碱剂  $5.0\text{ g/L}$ ，浴比 25:1，提布器转速  $10\text{ m/min}$ 。

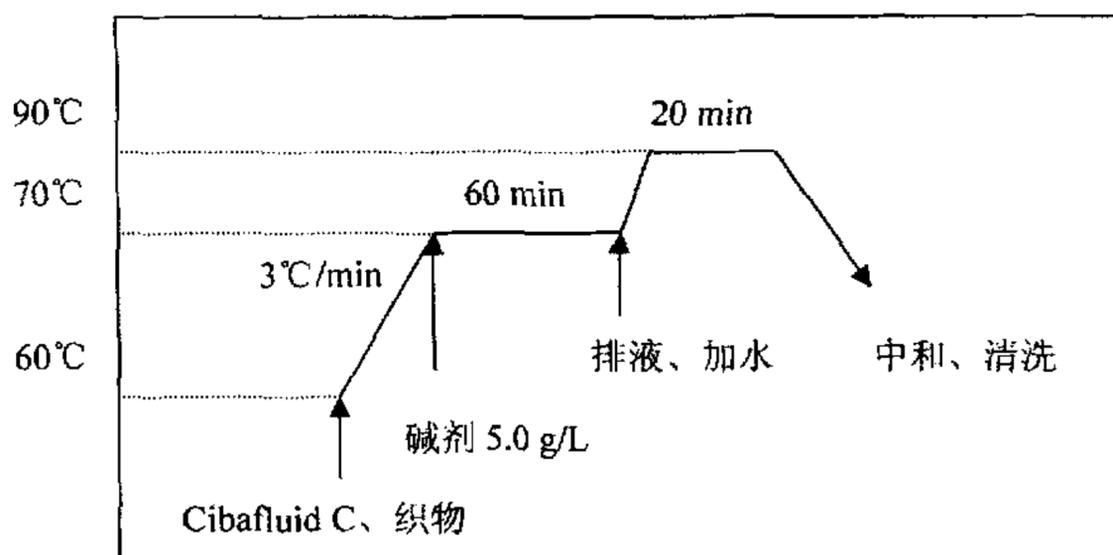


图 2.1 初级原纤化工艺

#### (2) 氢氧化钠浓度

处理工艺见图 2.2。氢氧化钠浓度  $m$  分别为 0、2.5、5.0 和  $7.5\text{ g/L}$ ，处理温度  $T$  为  $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，处理时间  $t_1$  为  $60\text{ min}$ ，浴比  $L$  为 25:1，提布器转速  $R$  为  $10\text{ m/min}$ 。

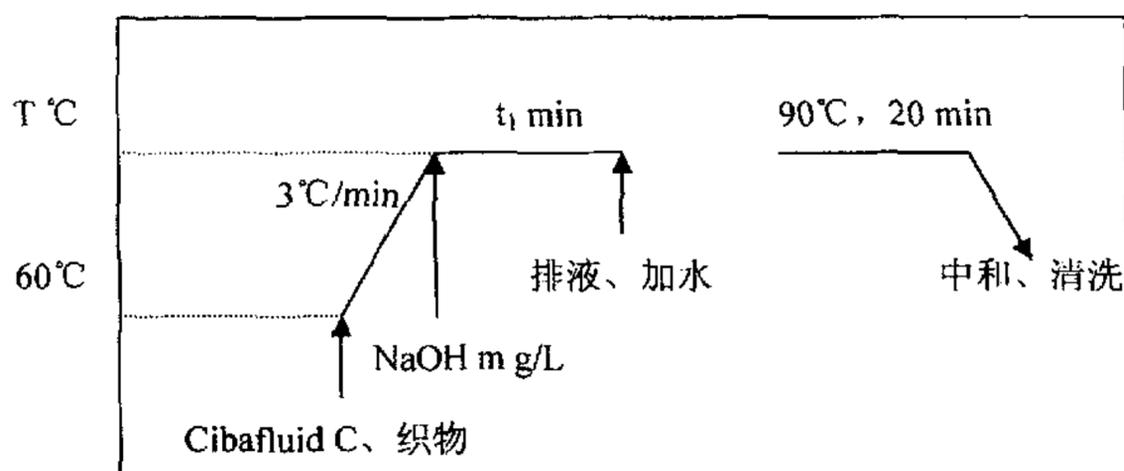


图 2.2 初级原纤化工艺

#### (3) 处理温度

处理工艺见图 2.2。处理温度  $T$  分别为 70、85、100 和  $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，氢氧化钠浓度  $m$  为  $2.5\text{ g/L}$ ，处理时间  $t_1$  为  $60\text{ min}$ ，浴比  $L$  为 25:1，提布器转速  $R$  为  $10\text{ m/min}$ 。

(4) 处理时间

处理工艺见图 2.2。处理时间  $t_1$  分别为 60、90、120、150 和 180 min，氢氧化钠浓度  $m$  为 2.5 g/L，处理温度  $T$  为 95℃，浴比  $L$  为 25:1，提布器转速  $R$  为 10 m/min。

(5) 浴比

处理工艺见图 2.2。浴比分别为 10: 1、25: 1 和 40: 1，氢氧化钠浓度  $m$  为 2.5 g/L，处理温度  $T$  为 95℃，处理时间  $t_1$  为 60 min，提布器转速  $R$  为 10 m/min。

(6) 提布器转速

处理工艺见图 2.2 示。提布器转速分别为 5、10、15、20 和 25 m/min，氢氧化钠浓度  $m$  为 2.5 g/L，处理温度  $T$  为 95℃，处理时间  $t_1$  为 60 min，浴比  $L$  为 25: 1。

2.3.2 酶处理

处理工艺如图 2.3 所示。润滑剂 Cibafuid C 2.0 g/L，浴比为 20: 1，提布器转速为 15 m/min。采用 NaAc-HAc 缓冲溶液 (NaAc 5.43 g/L, HAc 10.00 g/L) 调节处理液 pH 值。分别对纤维素酶 Cellusoft Plus L 的用量  $n$ 、酶处理时间  $t_2$  进行单因子试验：

(1) 酶用量

酶用量  $n$  分别为 0%、1.5%、3.0%、4.5%和 6% (owf)，酶处理时间  $t_2$  为 30min。

(2) 酶处理时间

酶处理时间  $t_2$  分别为 15、30、45、60min，酶用量  $n$  为 3.0% (owf)。

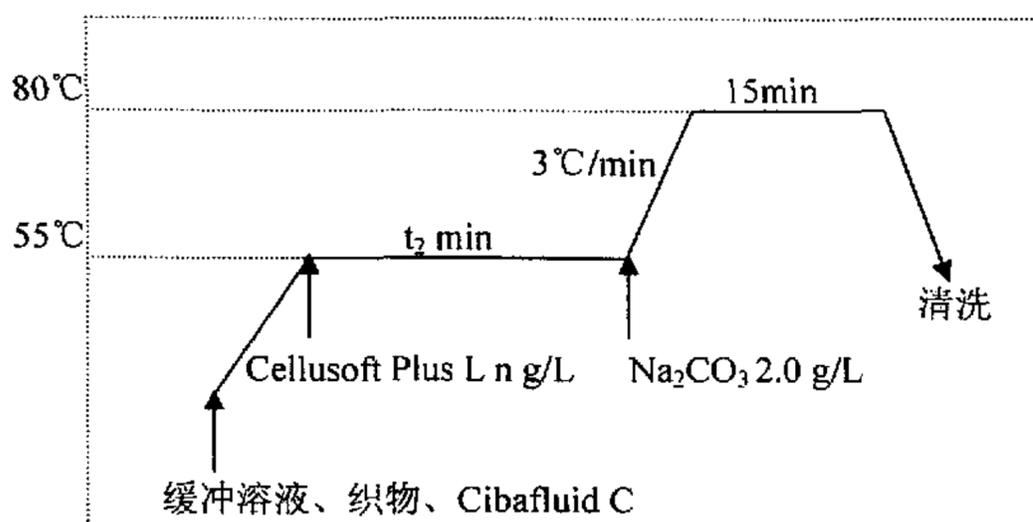


图 2.3 酶处理工艺

### 2.3.3 次级原纤化

#### (1) 溢流染色机湿态处理

处理工艺如图 2.4 所示。碳酸钠 (100%) 浓度分别为 0、5.0、10.0、15.0、20.0 g/L, 浴比 25:1, 在 95℃ 处理 60 min, 然后降温至 60℃, 用清水洗涤两次(各 10 min), 用 2mL/L 乙酸溶液中和, 清洗。

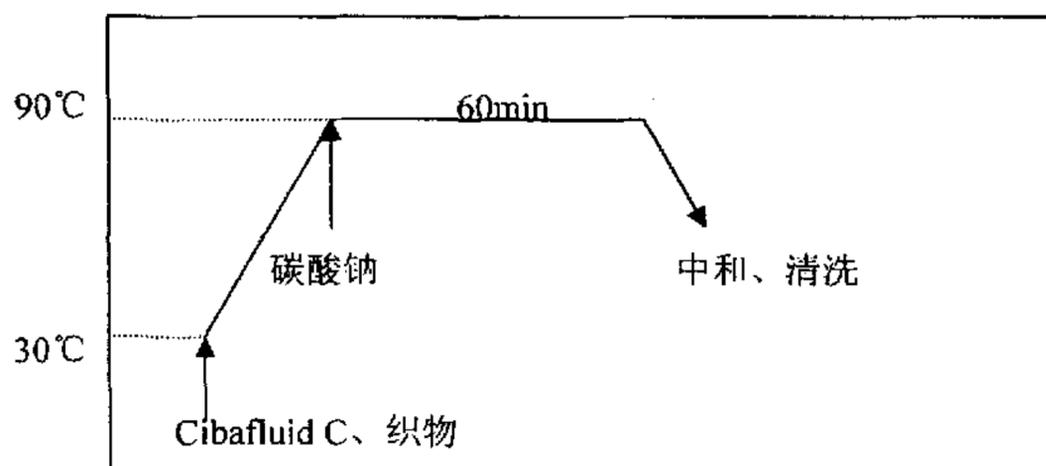


图 2.4 次级原纤化工艺

#### (2) 转筒烘干机半湿态处理

织物在加有柔软剂的处理浴中于 40℃ 左右处理约 20 min → 排液预烘 → 转鼓烘干机中抛干和抛松 (30 min)。

## 2.4 磨毛

以悬臂式搅拌机 (R W 20.n Overhead Stirrer, 广州仪科实验室技术有限公司)

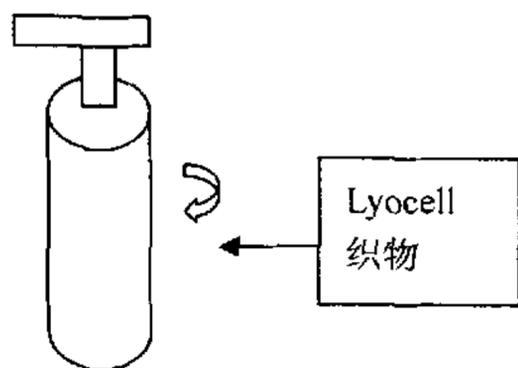


图 2.5 磨毛操作示意图

为基础, 将自制钢辊 (外径 25 mm, 内径 17 mm, 长 150 mm) 插入搅拌机的钻夹头, 并在钢辊表面均匀包覆一层砂纸。如图 2.5 所示, 磨毛时, 双手握持织物两端, 施加张力使织物张紧, 并使其恰能与转动的钢辊表面相切。

## 2.5 测试方法

### 2.5.1 织物表面原纤化程度的评定

采用光学显微镜 (XSP-10CA, 上海光学仪器厂) 观察织物试样的折边处, 并通过 CCD 摄像头采集图象。每种织物各采集 8 张图片, 由 5 人分别对其进行评价。在评价初级原纤化效果时主要对长度  $\geq 1000\mu\text{m}$  的原纤进行估计,  $1000\mu\text{m}$  以上的原纤最多的图片评为 1 分, 较少为 0, 最少为 -1, 累加 5 人对织物 8 张图片的评分取平均值即为该织物的原纤均值。例如 8 张图片中有  $n_1$  张图片评为 1 分,  $n_2$  张图片评为 -1 分, 剩下  $(8-n_1-n_2)$  张为 0 分, 则该组图片对应织物的原纤均值为  $(n_1-n_2)/40$ 。在评价次级原纤化时效果时, 主要考虑长度为  $500\sim 1000\mu\text{m}$  的原纤, 统计方法与初级原纤化的相同。

### 2.5.2 织物的断裂强力

按标准 GB/T 3923.1-1997 采用强力仪 (H5KS-1105, Hounsfield Test Equipment) 测定。测定织物湿态断裂强力及伸长率时, 将织物在蒸馏水中浸润 10 分钟, 然后轧压除水, 织物带液率为 100%左右。

### 2.5.3 织物的撕破强力

按标准 GB 3917.1-1997 采用 Elemendorf 撕破强力仪 (Thwing-Albert Instrument Company) 测定。

### 2.5.4 织物与纤维表面形态

采用光学显微镜 (XSP-10CA, 上海光学仪器厂) 或扫描电子显微镜 (JSM-S600LV, JEOL 日本电子株式会社) 观察。

### 2.5.5 X-射线衍射

采用 X-射线衍射仪 (RIGAKUDMAX-III B 型, 日本理学), 测定条件: Cu 靶,  $\lambda=1.5406\text{\AA}$ , 电压为 40kV, 电流为 40 mA。

### 2.5.6 酶处理织物的失重率

将织物于 105℃ 烘至恒重，置于干燥器中冷却至室温后，取出称重。失重率按下式计算：

$$\text{失重率} = \frac{\text{酶处理前织物试样质量} - \text{酶处理后织物试样质量}}{\text{酶处理前织物试样质量}} \times 100\%$$

### 2.5.7 织物的抗弯长度

按 ZB W 04003-87 法测定，并计算织物的总平均抗弯长度。

### 第三章 结果与讨论

#### 3.1 织物的紧密程度分析

织物中经纬纱相互交织的规律和形式，称为织物组织。织物组织的松紧程度有几种不同的表示方法，这些方法各有其不同的适用性。本文采用织物组织系数  $\phi$  来比较不同组织结构的 Lyocell 织物的松紧程度。 $\phi$  值越大则织物组织越疏松<sup>[38]</sup>。

组织系数  $\phi$  定义<sup>[38]</sup>为：

$$\phi = \left( \frac{t_j + t_w + f_j + f_w + \overline{s_j} + \overline{s_w} - |\Delta F|}{t_j + t_w} \right) \times K \quad \text{式 3.1}$$

式中：

$t_j$  ( $t_w$ ) —— 在一个组织循环内，所有经（纬）纱与纬（经）纱交叉数之和；

$f_j$  ( $f_w$ ) —— 在一个组织循环内，所有经（纬）纱自由段数和；

$|\Delta F|$  —— 组织正反面经浮长平均差的绝对值；

$\overline{s_j}$  ( $\overline{s_w}$ ) —— 组织的经（纬）向特征飞数；

$K$  —— 系数（对于平纹组织的织物，令  $\phi=1$  可求出  $K$  值）。

在平纹组织中：

$$t_j = t_w = 2 \times 2 = 4; \quad |\Delta F| = 0; \quad f_j = f_w = 0; \quad \overline{s_j} = \overline{s_w} = 1。$$

根据式 3.1，有：

$$\phi = \left( \frac{t_j + t_w + f_j + f_w + \overline{s_j} + \overline{s_w} - |\Delta F|}{t_j + t_w} \right) \times K$$

$$= \left( \frac{4 + 4 + 0 + 0 + 1 + 1 - 0}{4 + 4} \right) \times K$$

从而求出： $K = 0.8$ 。

因此式 3.1 可变为：

$$\phi = \left( \frac{t_j + t_w + f_j + f_w + \overline{s_j} + \overline{s_w} - |\Delta F|}{t_j + t_w} \right) \times 0.8 \quad \text{式 3.2}$$

对于本文所研究的织物 A 与织物 B，其织物参数如表 3.1 所示。

表 3.1 织物规格与组织结构基元

组织结构基元 织物规格	$t_j$	$t_w$	$f_j$	$f_w$	$\bar{s}_j$	$\bar{s}_w$	$ \Delta F $
织物 A: 30 <sup>S</sup> ×30 <sup>S</sup> 120×76 63" 2/1	6	6	3	3	1	1	1
织物 B: 21 <sup>S</sup> ×21 <sup>S</sup> 108×64 47" 3/1	8	8	8	8	1	1	2

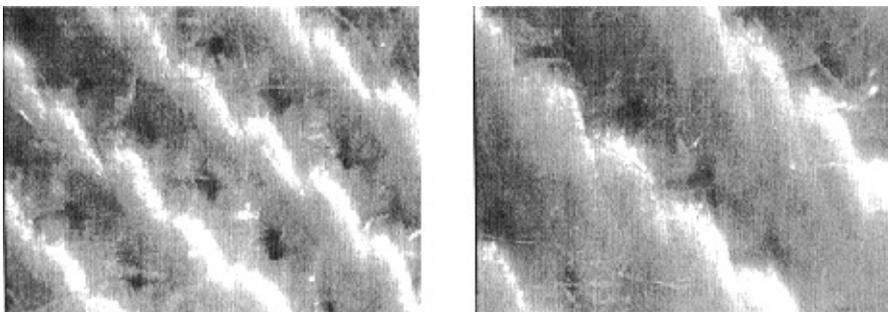
根据表 3.1 的组织参数及式 3.2 计算出两种织物的组织系数  $\phi$  如表 3.2 所示。

表 3.2 两种织物的组织系数

织物规格	组织系数 $\phi$
织物 A: 30 <sup>S</sup> ×30 <sup>S</sup> 120×76 63" 2/1	1.267
织物 B: 21 <sup>S</sup> ×21 <sup>S</sup> 108×64 47" 3/1	1.600

由表 3.2 可知，织物 B 的组织系数  $\phi$  较大，说明织物 B 较为疏松。简单说来，织物 B 的经纬纱密度（分别为 108 根/英寸和 64 根/英寸）比织物 A 的经纬纱密度（分别为 120 根/英寸和 76 根/英寸）小，且织物 B 为 3/1 斜纹，织物 A 为 2/1 斜纹。因而织物 A 较为紧密，织物 B 较为疏松。

采用光学显微镜观察经前处理的织物 A 与 B 的正面，如图 3.1 所示。



(a) 织物 A (×40)

(b) 织物 B (×40)

图 3.1 两种织物的表面（竖直方向表示织物经向）

由图 3.1 可以看出，织物 A 比织物 B 紧密，这与组织系数  $\phi$  反映的结果是一致的。

## 3.2 Lyocell 桃皮绒织物常规处理工艺

Lyocell 桃皮绒织物常规处理工艺一般要经过初级原纤化、酶处理和次级原纤化三个步骤。本文采用溢流喷射染色机对织物 A 进行初级原纤化处理及酶处理,采用溢流染色机对织物 C 进行湿态次级原纤化处理,采用转筒烘干机对经过初级原纤化、酶处理的织物 A 进行半湿态处理。

### 3.2.1 初级原纤化

采用溢流喷射染色机对织物 A 进行初级原纤化处理,对主要影响因素分别进行单因子试验,分析确定织物 A 达到较理想的初级原纤化效果的工艺条件。再将所得到的工艺条件应用于织物 B,以比较在相同工艺条件下织物 A 与 B 初级原纤化处理效果的差异。

影响初级原纤化效果的因素,不仅包括织物自身的组织结构、纱线捻度等,还包括处理液的 pH 值、处理温度、浴比、润滑剂及机械作用等<sup>[16, 22, 33]</sup>。本文在试验过程中采用的润滑剂均为 Cibafluid C (阴/非离子性表面活性剂),主要考虑的影响因素有:

- (1) 碱剂种类和用量
- (2) 处理温度
- (3) 处理时间
- (4) 浴比
- (5) 提布器的转速

#### 3.2.1.1 碱剂的种类

在 Lyocell 织物的初级原纤化处理中采用碱剂,是因为碱剂可拆开 Lyocell 纤维无定形区中分子链间的氢键,甚至还可以进入结晶区的部分缺陷处,使纤维充分溶胀,同时使纱线卷曲增加,织物收缩。当用酸中和、清洗时,纤维无定形区分子链间的氢键重新形成,织物烘干以后,纱线被重新固定在新的位置,此后织物的每一次润湿和烘干,纱线都会被固定在这些新的位置上,以减小织物在后续湿加工中的僵硬程度,提高其柔顺性,从而改善织物在绳状加工时的运行性能。

分别采用碳酸钠、乙酸钠和氢氧化钠三种碱剂对 Lyocell 织物 A 进行初级原纤化处理，碱剂用量皆为 5.0 g/L。织物 A 采用不同种类的碱剂处理，处理织物的原纤均值和总平均抗弯长度值如图 3.2 所示，其干湿经向断裂强力及经、纬向撕破强力的变化如图 3.3 所示。表 3.3 为采用不同的碱剂时，处理织物干湿断裂强力及比例。

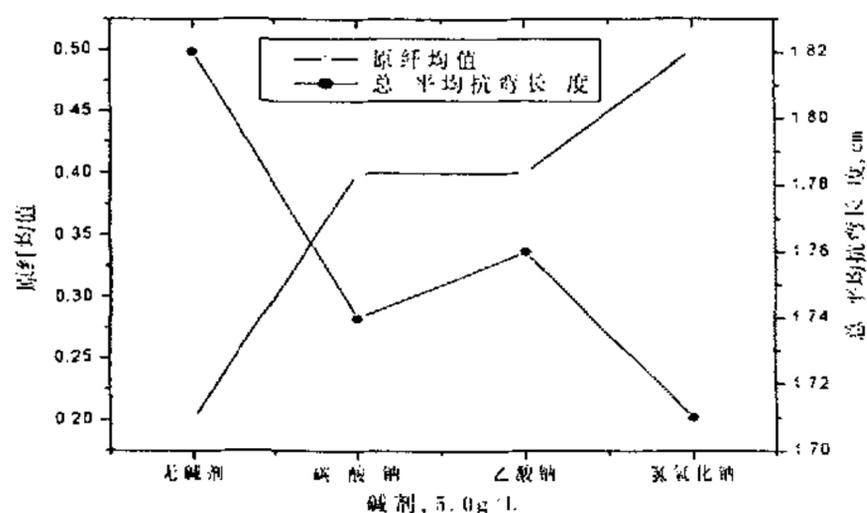


图 3.2 碱剂种类对织物原纤均值、总平均抗弯长度值的影响

由图 3.2 分析，在其他工艺参数相同的条件下，氢氧化钠处理后的织物的原纤均值最大，初级原纤化程度最好；同时处理织物的总平均抗弯长度值最小，即织物最柔软。对于碳酸钠和乙酸钠两种碱剂，处理织物的原纤均值和总平均抗弯长度值均较为接近。与无碱剂时的处理织物相比，所试验的三种碱剂均可明显提高处理织物的原纤化程度，并降低其硬挺度。

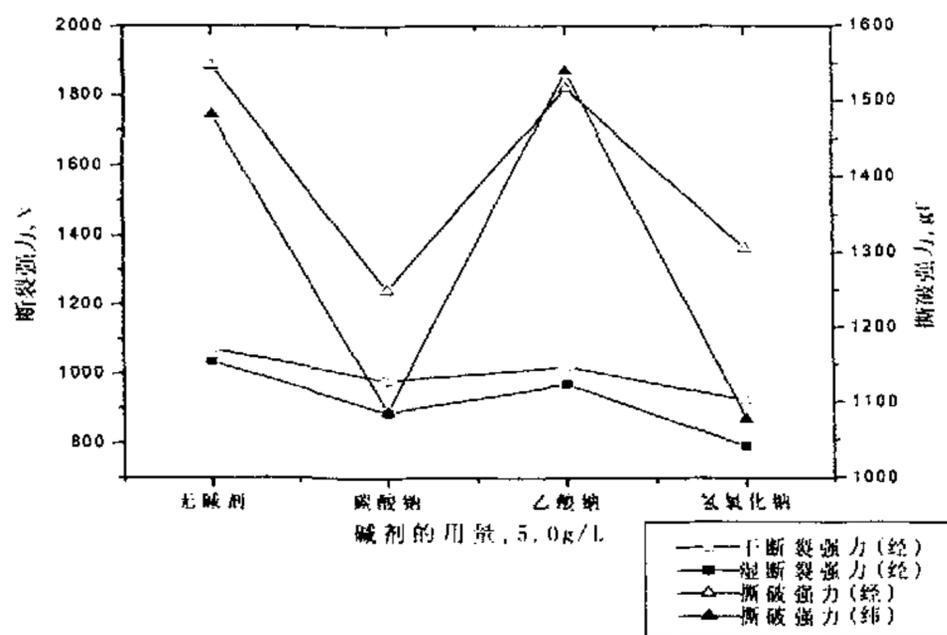


图 3.3 碱剂种类对织物强力的影响

表 3.3 不同碱剂处理织物的干湿断裂强力的变化

	干断裂强力 (经) N	干断裂强力保 留 (%)	湿断裂强 力 (经) N	湿断裂强力 保留 (%)	干湿断裂强 力之比 (%)
未处理	1350.4	100.0	1180.3	100.0	87.4
无碱剂	1072.6	79.4	1035.6	87.7	96.6
碳酸钠	978.4	72.5	885.6	75.0	90.5
乙酸钠	1021.2	75.6	970.6	82.2	95.0
氢氧化钠	921.4	68.2	789.7	66.9	85.7

由图 3.3 和表 3.3 分析, 在三种碱剂中, 氢氧化钠处理织物的经向干、湿断裂强力都最低; 经纬向撕破强力与碳酸钠处理的接近。氢氧化钠处理织物的干湿断裂强力分别为 921.4N 和 789.7N, 比处理前分别下降了 31.8%和 33.1%, 是处理织物中下降最明显的。碳酸钠处理织物的干湿断裂强力比未处理的分别下降 27.5%和 25.0%, 下降率大于乙酸钠的处理织物。从表 3.3 中织物的干湿断裂强力之比可以看出, 湿断裂强力均高于干断裂强力。

因此, 综合考虑到处理后织物的柔软度、原纤化程度和机械强力的损失, 碱剂为氢氧化钠。

### 3.2.1.2 氢氧化钠浓度

采用氢氧化钠对 Lyocell 织物进行初级原纤化处理, 其用量分别为 2.5、5.0 和 7.5 g/L。图 3.4 表示了氢氧化钠用量对处理织物的原纤均值和总平均抗弯长度值的影响。图 3.5 为氢氧化钠浓度对织物强力的影响。

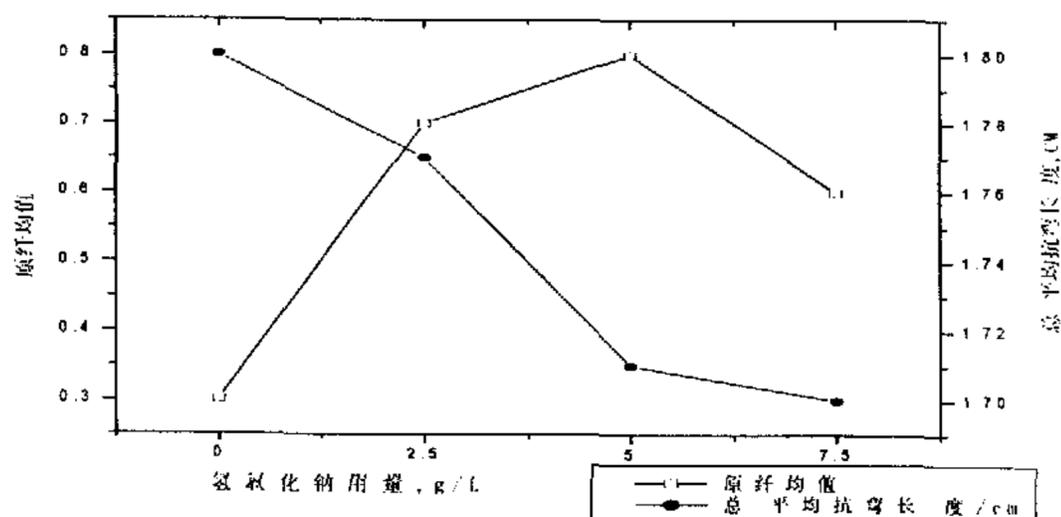


图 3.4 氢氧化钠浓度对织物原纤均值、抗弯长度的影响

由图 3.4 可知，氢氧化钠浓度为 5.0 g/L 时，处理织物的原纤均值最大，即原纤化程度最好，其次为 2.5 g/L 的。这是由于在 0~5.0 g/L 的变化范围内，氢氧化钠浓度越大，翘出纤维表面的短纤维溶胀程度也越大，其末端更容易发生原纤化，故原纤均值增大。但是，氢氧化钠浓度增大到 7.5 g/L 时，处理织物的原纤均值低于 5.0 g/L 的处理织物。处理织物的总平均抗弯长度值随着氢氧化钠浓度的增大而减小，即处理织物变得越来越柔软。

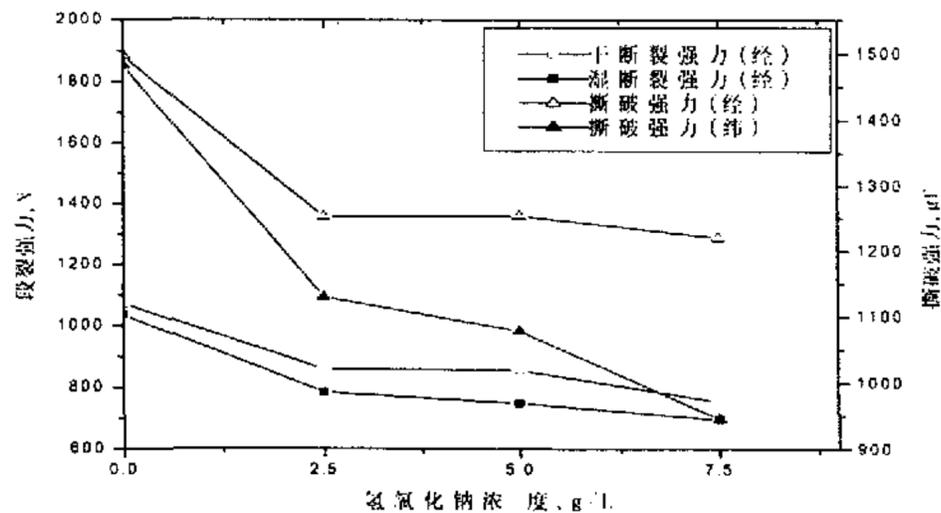


图 3.5 氢氧化钠浓度对织物强力的影响

由图 3.5 可知，处理织物的断裂强力与撕破强力均随着氢氧化钠浓度的增大而逐渐下降；织物的纬向撕破强力降低程度明显高于经向撕破强力。

综上所述，氢氧化钠浓度在 2.5~5.0 g/L 时，处理织物可获得较高的原纤均值和较好的柔软度。氢氧化钠浓度过大，处理织物的断裂强力和撕破强力下降较多。再考虑到初级原纤化工序中若采用较高浓度的碱剂，不利于后道工序的清洗、中和，并增加了废液量。因此可将氢氧化钠的浓度选为 2.5 g/L。

### 3.2.1.3 处理温度对初级原纤化的影响

Lyocell 织物在水中易溶胀，湿态刚度较大，且在碱性介质中溶胀程度更大，导致织物僵硬，极易刮伤，形成的皱折在后续工序中很难消除。处理液温度低于 60℃ 时，Lyocell 织物会变得很僵硬，所以在试验过程中，Lyocell 织物于 60℃ 浸入处理液，并将处理温度分别取为 70℃、85℃、100℃、115℃ 进行试验。图 3.6 为不同处理温度下织物的原纤均值和总平均抗弯长度值，图 3.7 表示了处理温度对织物强力的影响。

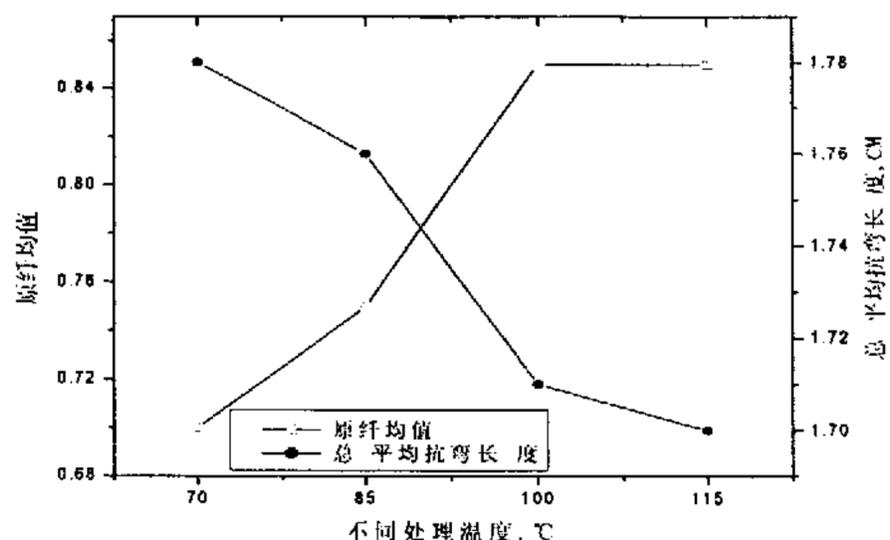


图 3.6 处理温度对织物原纤均值、总平均抗弯长度值的影响

由图 3.6 可知，处理温度在 70~115℃ 范围内，织物的原纤均值随着温度的提高而增大，但 100℃ 后变化不大；织物的平均抗弯长度随温度升高而降低，100℃ 后降低趋缓。

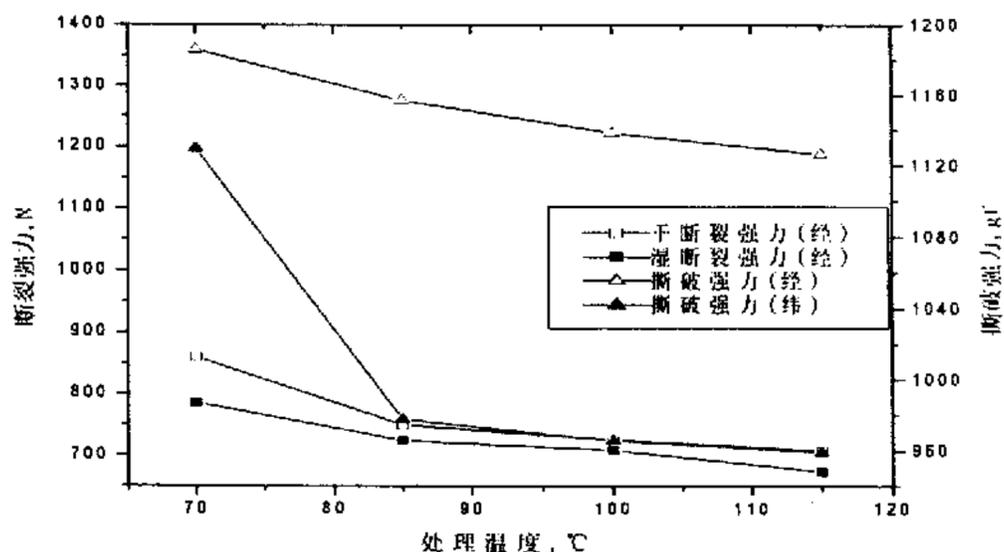


图 3.7 处理温度对织物强力的影响

由图 3.7 可知，随着温度的升高，处理织物的断裂强力与撕破强力均呈下降的趋势。但在 85℃-115℃ 范围内，下降趋缓，唯经向撕破强力的降低趋缓不明显。

考虑到溢流染色机在高于 100℃ 运转时处理液体积必须大于 7~8 L，以浴比 20: 1 计算，织物试样至少需有 400 g。若采用更小的浴比，织物用量还需增大，但织物体积太大时，在水中溶胀而变得僵硬；而且液体量少，织物易在染色腔中卡住，造成机器程序中止运行。因此，从实验室操作可行性考虑，处理温度最好低于 100℃，本文选为 95℃。

### 3.2.1.4 处理时间对织物初级原纤化的影响

在 95℃ 对 Lyocell 织物进行初级原纤化加工，处理时间分别为 60、90、120、150、180 min。图 3.8 为不同处理温度对处理织物的原纤均值和总平均抗弯长度值的影响。图 3.9 表示了处理时间对织物机械强力的影响。

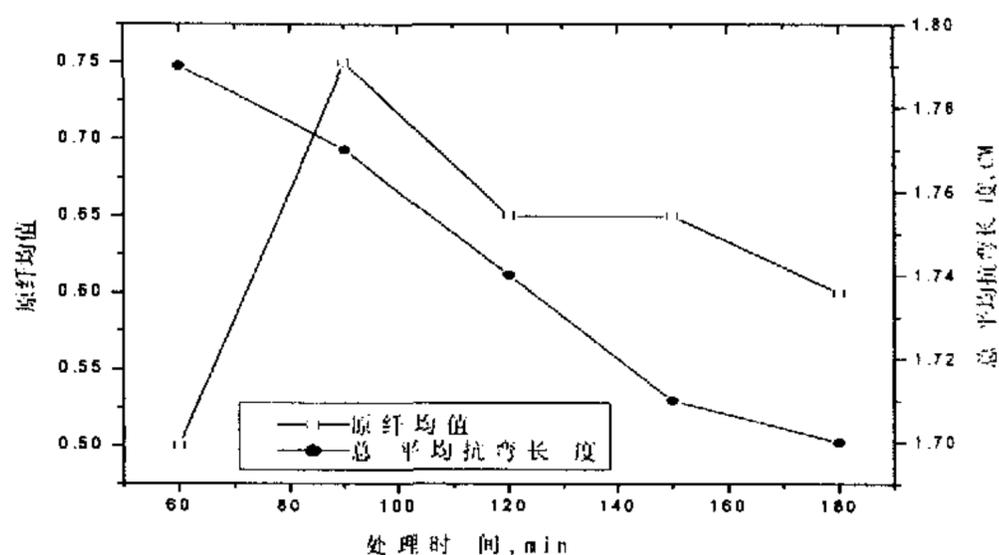


图 3.8 处理时间对织物原纤均值和总平均抗弯长度值的影响

从图 3.8 分析，处理时间为 90 min 时，处理织物的原纤均值最大，即原纤化程度最好，可达到 0.75，其次为 150min。这是由于在 60~90min 范围内，时间越长，处理织物所受的机械揉搓、摩擦作用越大，原纤化程度越好。处理织物的总平均抗弯长度值随着处理时间的延长而减小。

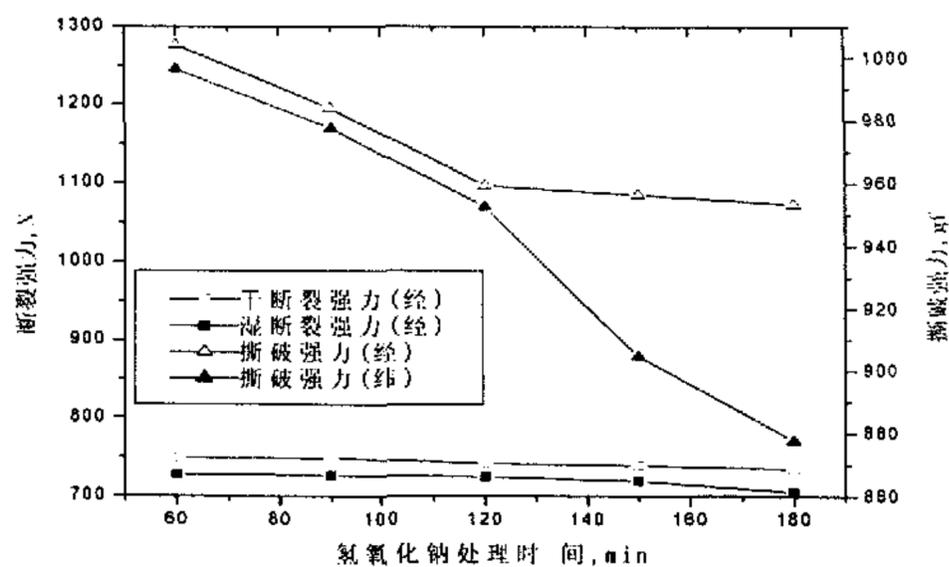


图 3.9 处理时间对织物强力的影响

由图 3.9 可知，随着处理时间的延长，处理织物的断裂强力和撕破强力均呈下降趋势，但断裂强力下降不明显。在处理时间 120~180min 的范围内，处理织物的经向撕破强力下降趋势有所减缓，而纬向撕破强力下降趋势增加。

综上所述, 处理时间在 90min 时, 处理织物可获得较高的原纤均值。处理时间延长, 织物的纬向撕破强力下降较多。再考虑到初级原纤化若采用较长的处理时间, 会增加加工成本。因此处理时间以 90 min 左右为宜。

### 3.2.1.5 浴比对织物初级原纤化的影响

Lyocell 织物在碱性处理液中极易溶胀变得僵硬, 因此, 在初级原纤化过程中, 要选择合适的浴比使织物在设备的染色腔内能够自由移动, 以免织物擦伤或卡在染色腔内; 另外, 要达到良好的原纤化效果, 还需保证有足够的机械力作用于织物。所以在试验过程中, 针对本文采用的溢流喷射染色机, 将浴比分别取为 10:1、25:1、40:1 进行试验。表 3.4 为不同浴比下织物的原纤均值和总平均抗弯长度值。

表 3.4 浴比对织物原纤均值和总平均抗弯长度值的影响

浴比	10:1	25:1	40:1
原纤均值	0.6	0.7	0.5
总平均抗弯长度值(cm)	1.79	1.76	1.77

试验发现, 采用溢流喷射染色机处理织物 A 时, 当浴比为 10:1 时, 处理织物并不能较好地随着提布器转动, 经常被卡在染色腔内, 导致试验停止。浴比为 25:1 和 40:1 时, 可以避免这种现象。理论分析可知, 在其他工艺参数相同的条件下, 浴比越小, 处理织物间的摩擦、揉搓、挤压作用应该越强, 短纤维翘出纱线末端的数量也越该越多, 织物的原纤化程度应该越大。这是因为浴比过大时, 处理织物间的摩擦、揉搓、挤压作用减弱, 原纤化效果也因此减弱。由表 3.3 可知, 当初级原纤化的浴比为 25:1 时, 处理织物的原纤均值最大; 浴比为 10:1 时, 原纤均值次之; 浴比为 40:1 时最小。由此可见, 织物能否在染色腔内自由移动, 也是影响原纤化程度的一个因素。从表 3.3 还可看出, 浴比为 10:1、25:1 和 40:1 时织物的总平均抗弯长度值均较接近, 即织物的柔软度无明显差异。

综上所述, 采用溢流喷射染色机处理织物 A 时, 浴比 25:1 能得到较高的原纤均值和较好的柔软度。因此, 浴比选为 25:1 较为合适。

### 3.2.1.6 提布器转速对初级原纤化的影响

提布器转速的大小决定了织物以绳状方式在染色腔内转动速度的大小, 即处

理液与织物在单位时间内接触次数的多少。在碱剂种类及用量、处理温度、处理时间、浴比均相同的情况下，提布器转速较大时，在单位时间内，织物在染色腔内完成一个循环的次数较多，即碱液与织物接触交换更为频繁。但提布器转速过大，减弱了织物相互间的摩擦作用，增加了织物与机器内壁间的摩擦作用，而这种与机器间的摩擦是应尽量避免的，因为它会导致织物擦伤。

将提布器转速分别选为 5、10、15、20、25 m/min 进行试验，以分析提布器转速对织物初级原纤化效果的影响。图 3.10 表示了在不同的提布器转速下织物的原纤均值和总平均抗弯长度值的变化情况。

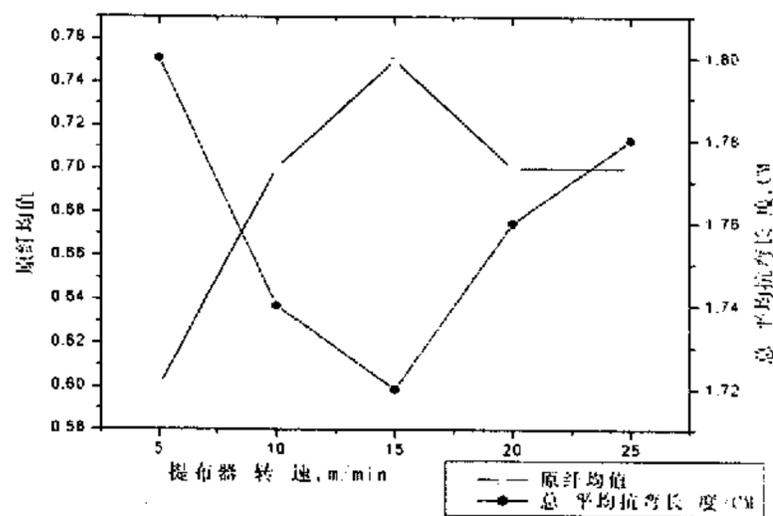


图 3.10 提布器转速对织物原纤均值和总平均抗弯长度值的影响

由图 3.10 可知，提布器转速为 15 m/min 时，处理织物的原纤均值最大，总平均抗弯长度值最小，即此时处理织物的原纤化程度最好，处理织物最柔软。提布器转速为 10m/min 和 20m/min 时，处理织物的原纤均值次之。提布器转速在 15~25 m/min 范围内，随转速的增加，处理织物的原纤均值呈下降趋势，即织物的原纤化程度减小；总平均抗弯长度值增大，即织物的柔软度变差。

综上所述，提布器转速在 15m/min 时，处理织物的原纤化程度较好并且处理织物最为柔软，因此可将提布器转速取为 15 m/min。

对于织物 A，根据以上各项单因子试验，确定初级原纤化的较佳工艺条件为：以氢氧化钠为碱剂，其浓度为 2.5 g/L，处理温度为 95 ℃，处理时间为 90 min，浴比为 25:1，提布器转速 15 m/min，工艺过程如图 3.11 所示。

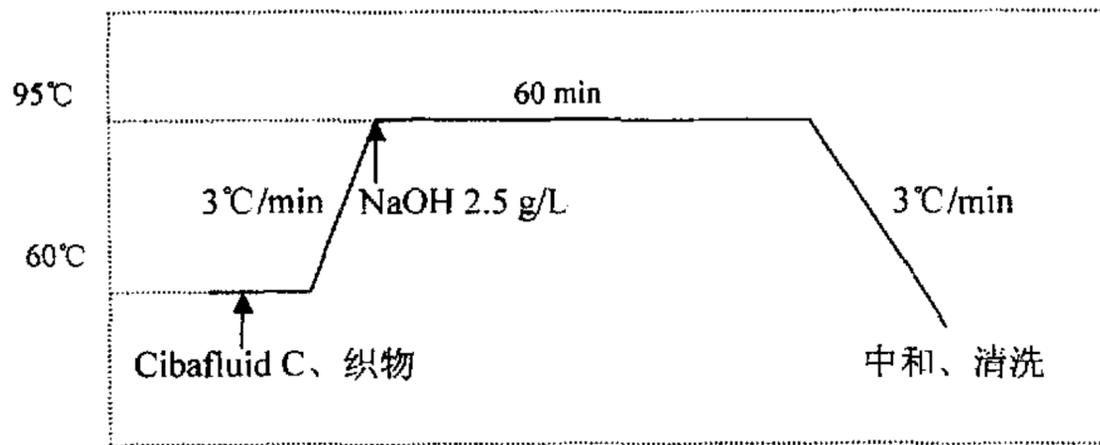


图 3.11 较佳的初级原纤化工艺

### 3.2.2 酶处理

纤维素酶处理的目的是去除初级原纤化过程中形成的绒毛，采用的设备和初级原纤化设备相同。经过适当的酶处理后，Lyocell 织物表面变得较为光洁，同时获得部分减量，手感因而变得柔软。酶处理是由酶和机械作用力共同完成的过程。因此，影响纤维素酶去原纤化效果的因素主要有酶和机械作用两方面<sup>[26, 28]</sup>。其中酶方面的影响因素主要有：酶制剂的类型、处理温度、处理时间、溶液 pH 值，机械方面的因素主要有设备类型、浴比、运行速度等。纤维素酶按其最适宜的 pH 值可分为酸性、中性和碱性纤维素酶。由于酸性纤维素酶比其他纤维素酶“攻击性”更强，故应用于 Lyocell 纤维纯纺织物进行去原纤化的酶多为酸性纤维素酶。

本文在酶处理过程中，采用酸性纤维素酶 Cellusoft Plus L，其最适宜的 pH 值为 5.0~5.5，最适温度为 50~55℃。酶处理浴中加入的助剂 Cibafluid C，对 Cellusoft Plus L 的活性无影响。处理溶液的 pH 值为 5.0，由 NaAc-HAc 溶液缓冲调节。

#### 3.2.2.1 酶的用量

采用纤维素酶进行去原纤化时，针对不同种类、规格的织物，必须确定一个合适的酶用量。若酶的用量不足，不能充分去除原纤；若用量太大，容易引起纤维素过度水解，从而造成处理织物的强力严重降低。

采用 Cellusoft Plus L 对织物 A 进行试验，酶的用量分别为 0、1.5、3.0、4.5、6.0% (owf)，处理时间为 30min。图 3.12 表示了酶的用量对处理织物机械强力的影响。图 3.13 为酶的用量对织物总平均抗弯长度的影响。

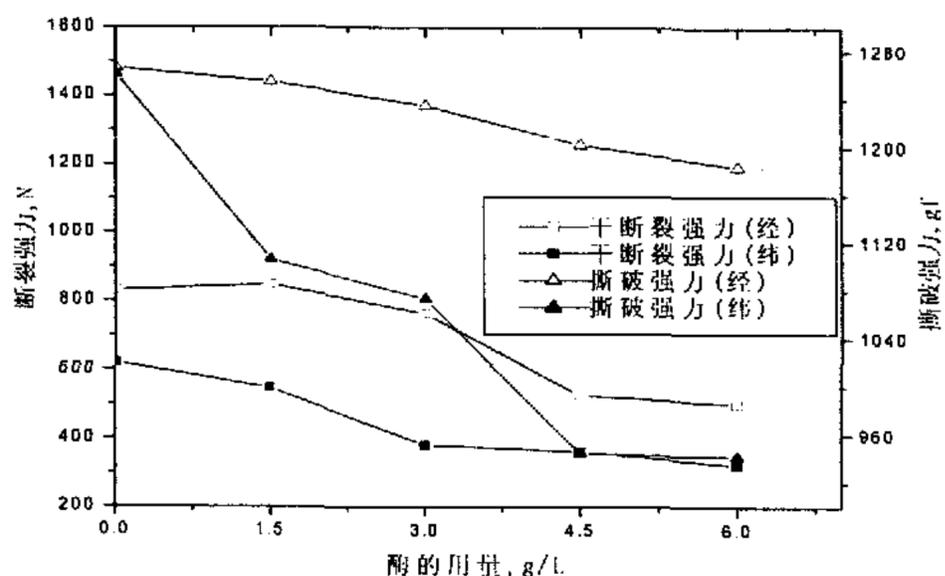


图 3.12 酶用量对织物机械强力的影响

由图 3.12 可知，随着酶用量的增大，处理织物的断裂强力、撕破强力均呈下降的趋势。其中处理织物的纬向断裂强力比经向下降比例大。

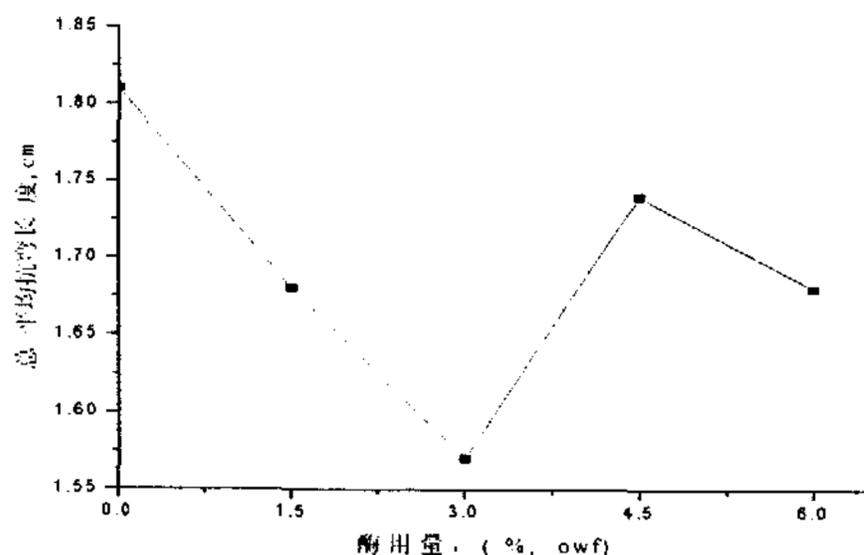


图 3.13 酶用量对织物总平均抗弯长度的影响

由图 3.13 分析，酶的用量为 3.0% 时，处理织物的总平均抗弯长度值最小，即此时织物手感最柔软。

图 3.14 是经不同用量的酶处理后的 Lyocell 纤维的 X-射线衍射图，其中 a、b、c、d、e 对应的酶用量分别为 0、1.5、3.0、4.5、6.0%。表 3.5 为经不同用量的酶处理后 Lyocell 纤维的  $2\theta$  角。

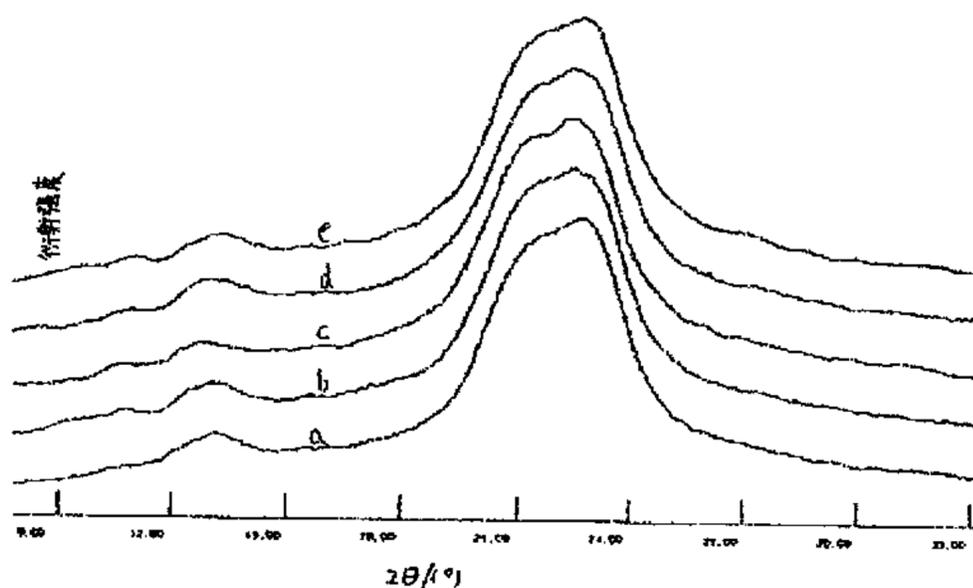


图 3.14 不同用量的酶处理后 Lyocell 纤维的 X-射线衍射图

表 3.5 不同用量的酶处理后 Lyocell 纤维的 X-射线衍射峰

酶的用量(% owf)	0	1.5	3.0	4.5	6.0
2θ	13.2	12.8	12.8	13.0	13.3
	21.4	21.5	21.2	21.4	21.6
	22.6	22.3	22.4	22.4	22.5

由图 3.14 和表 3.5 可知，在其他工艺参数相同的条件下，随着酶用量的增加，Lyocell 纤维的 X-射线衍射峰并无明显的变化。说明酶处理及酶的用量对 Lyocell 纤维的结晶结构并无显著的影响。

因此，综合考虑织物的机械强力与总平均抗弯长度的变化情况，可将酶的用量取为 3.0%(owf)。

### 3.2.2.2 酶处理时间

采用一定浓度的纤维素酶处理 Lyocell 织物时，针对不同种类、规格的织物，处理时间也必须适当。若处理时间过短，不能充分去除原纤；若处理时间过长，容易引起纤维素过度水解而使织物强力严重降低。资料<sup>[6]</sup>表明，采用多组分酶（如 Primafast 100 和 Cellusoft Plus L）处理时，更易导致织物强力的严重下降。

采用 3.0%(owf)的 Cellusoft Plus L 对织物 A 进行试验，处理时间分别为 0、15、30、45、60min。图 3.15 表示了酶处理时间对织物机械强力的影响。图 3.16 为酶处理时间对织物总平均抗弯长度的影响。

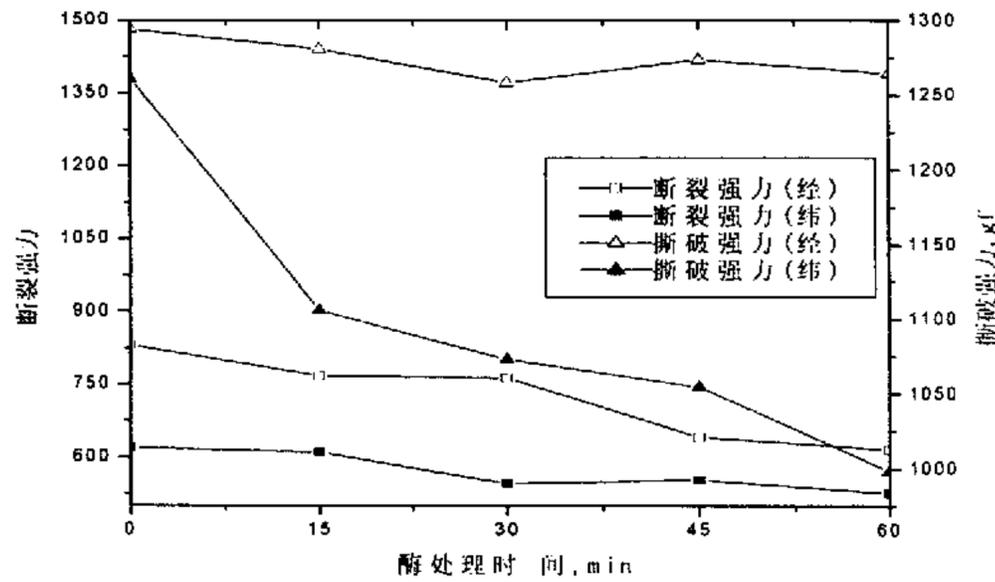


图 3.15 酶处理时间对织物强力的影响

由图 3.15 可知，随着处理时间的延长，处理织物的断裂强力、撕破强力皆呈下降的趋势。

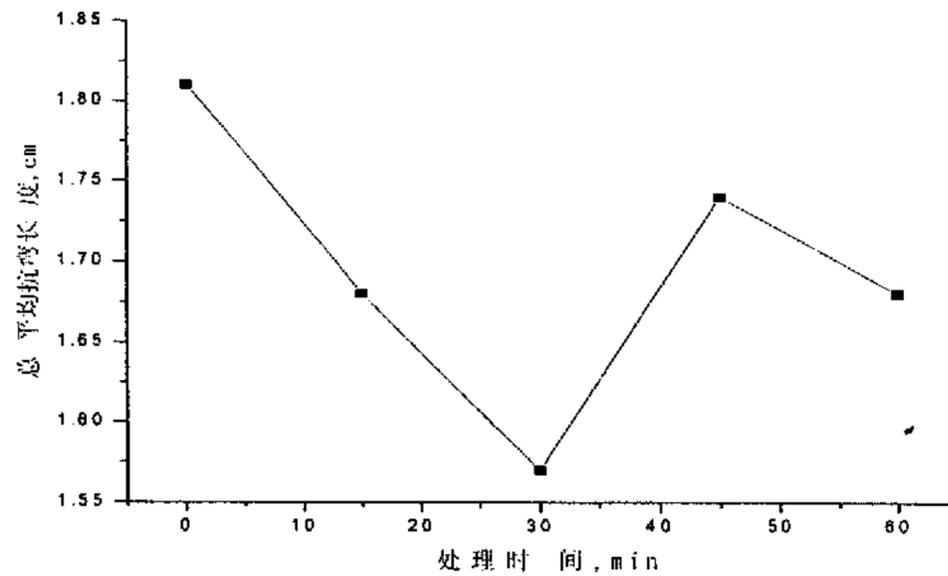


图 3.16 酶处理时间对织物平均抗弯长度的影响

由图 3.16 可知，酶处理时间在 0~30 min 范围内，随着处理时间的延长，处理织物的总平均抗弯长度值逐渐减小，即织物柔软度增加。酶处理时间为 30min 时，处理织物的总平均抗弯长度值最小，即此时织物最为柔软。

图 3.17 是经纤维素酶处理不同时间后 Lyocell 纤维的 X-射线衍射图，其中 a、b、c、d、e 对应的酶处理时间分别为 0、15、30、45、60 min。表 3.6 列出了经酶处理不同时间后 Lyocell 纤维的  $2\theta$  角。

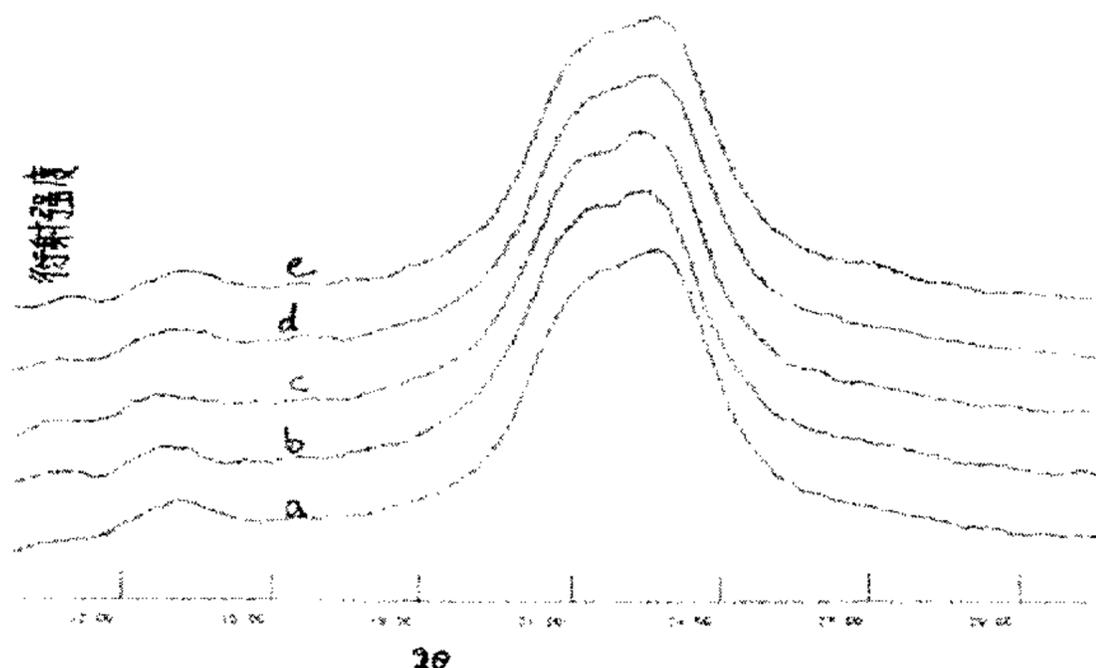


图 3.17 酶处理不同时间后 Lyocell 纤维的 X-射线衍射图

表 3.6 酶处理不同时间后 Lyocell 纤维的 X-射线衍射峰

酶处理时间(min)	0	15	30	45	60
2θ	13.2	13.0	12.8	13.0	13.3
	21.4	21.2	21.2	21.4	21.6
	22.6	22.4	22.4	22.6	22.5

由图 3.17 和表 3.6 可知，酶处理不同时间后 Lyocell 纤维的 X-射线衍射峰并无明显的变化。说明酶处理时间的长短对 Lyocell 纤维的结晶结构并无显著的影响。

因此，综合考虑处理织物的机械强力与总平均抗弯长度的变化情况，可将酶处理时间选为 30 min。

对于织物 A，通过以上的酶用量与处理时间的单因子工艺试验，确定其较佳的酶处理工艺条件为：酶的用量 3.0% (owf)，处理时间 30min，浴比 20: 1。图 3.18 为较佳的酶处理工艺过程。

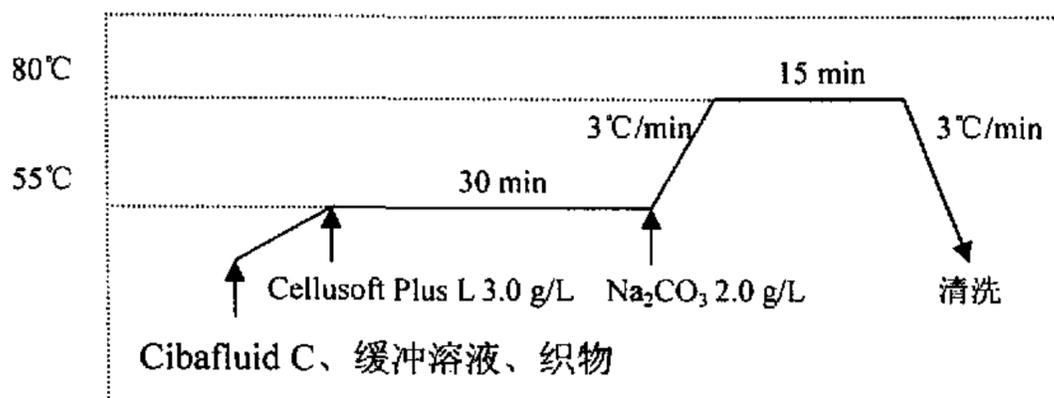


图 3.18 较佳的酶处理工艺

### 3.2.3 织物 A 与织物 B 初级原纤化和酶处理加工效果的比较

根据图 3.11 和图 3.18 所示的较佳的初级原纤化、酶处理工艺分别处理织物 A 和 B，比较其处理效果。图 3.19 为织物 A 和织物 B 在酶处理前后的总平均抗弯长度。图 3.20 所示为织物 A 和 B 在酶处理后的失重率。

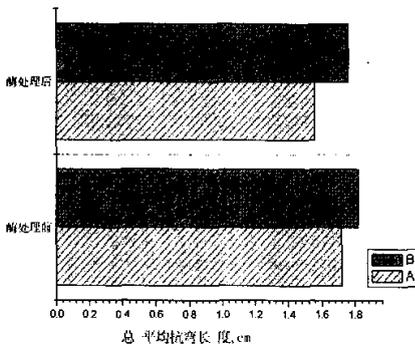


图 3.19 酶处理前后织物的总平均抗弯长度

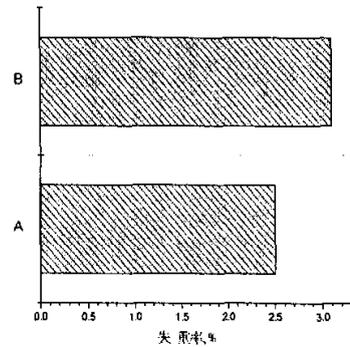
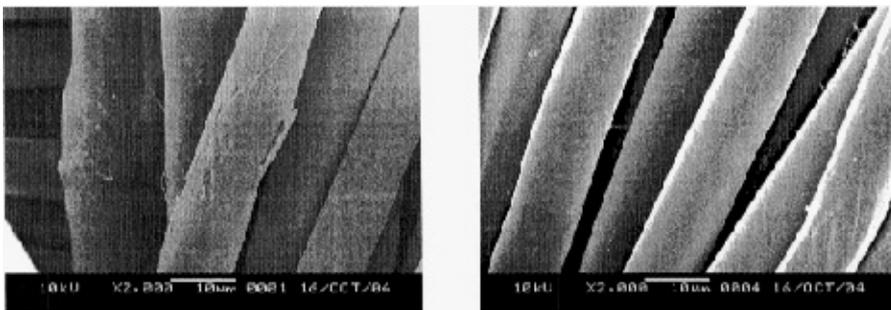


图 3.20 酶处理织物的失重率

由图 3.19 可知，经相同工艺酶处理后，织物 A 和 B 的总平均抗弯长度值都有不同程度的减小。

由图 3.20 可知，酶处理织物 A 的失重率为 2.5%，织物 B 为 3.1%。由于织物 A 结构比 B 紧密，故失重率稍低。

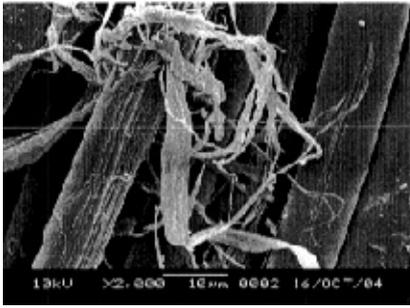
采用扫描电镜分别观察经不同处理的织物 A 和 B 的纤维纵向。图 3.21、3.22 和 3.23 分别为经前处理、初级原纤化和酶处理的 Lyocell 纤维。



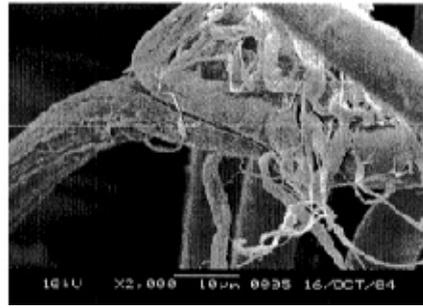
(a) 织物 A

(b) 织物 B

图 3.21 经前处理的 Lyocell 纤维 (×2000)

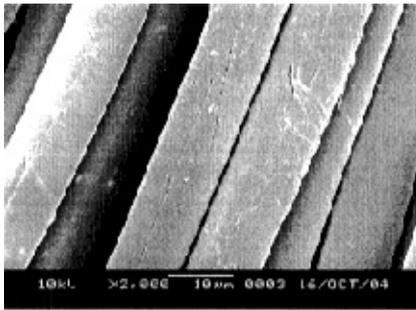


(a) 织物 A

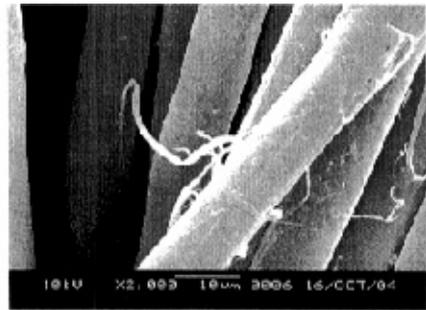


(b) 织物 B

图 3.22 经初级原纤化的 Lyocell 纤维 (×2000)



(a) 织物 A

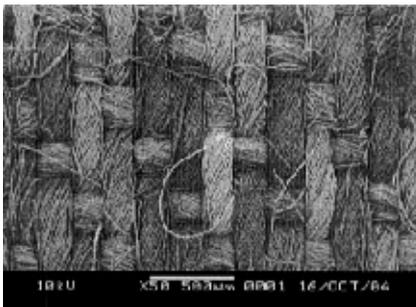


(b) 织物 B

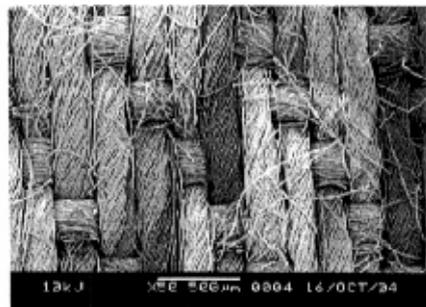
图 3.23 经酶处理的 Lyocell 纤维 (×2000)

比较图 3.21、3.22 和 3.23，前处理后织物内纤维的表面比较光滑。经初级原纤化处理后，纤维发生了原纤化现象，但是仅依据单根纤维的原纤化程度，很难比较织物 A 与 B 原纤化程度的差异。酶处理后，纤维表面的部分原纤被去除，纤维表面变得比较光滑。

采用扫描电镜分别观察经不同处理的织物 A 和 B 的正面。图 3.24、3.25 和 3.26 分别为经前处理、初级原纤化和酶处理的 Lyocell 织物。

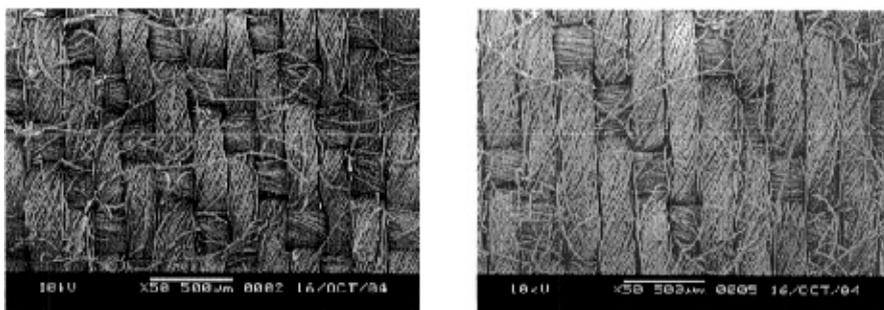


(a) 织物 A



(b) 织物 B

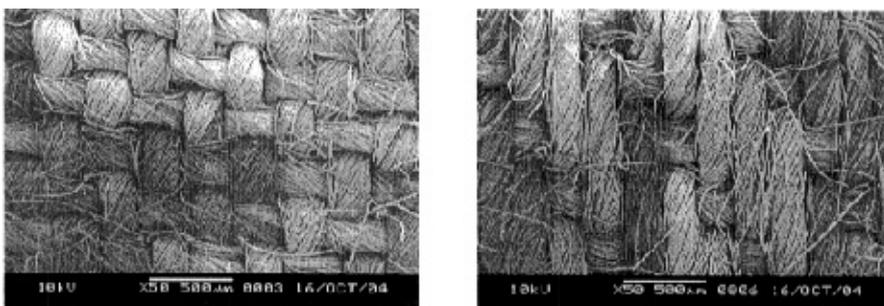
图 3.24 经前处理的织物表面 (×50)



(a) 织物 A

(b) 织物 B

图 3.25 经初级原纤化的织物表面 (×50)



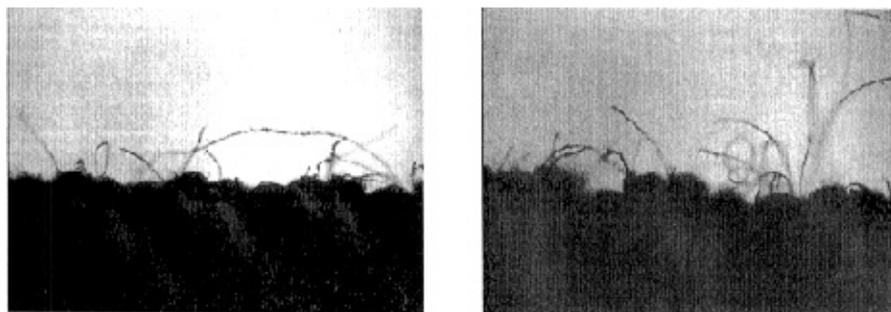
(a) 织物 A

(b) 织物 B

图 3.26 经酶处理的织物表面 (×50)

比较图 3.24、3.25 和 3.26 可知，前处理后织物表面存在一些的翘出纱线的短纤维。经过初级原纤化处理后，更多的短纤维翘出纱线，而且这些翘出的纤维在受到较强的湿热和机械作用时发生了原纤化，产生绒毛。酶处理后，仍有一定数量的短纤维翘出纱线，但织物表面绒毛的数量明显减少。还可看出，在相同的处理条件下，织物 B 的纱线纤维化<sup>[15]</sup>的程度更为明显。

图 3.27 为经初级原纤化处理织物的折边处在光学显微下的观察图。



(a) 织物 A

(b) 织物 B

图 3.27 经初级原纤化的织物折边处 (×40)

从织物的组织结构分析，织物 B 比织物 A 疏松（如 3.1 所述），因此原纤化程度要好。从图 3.27 也可看出，织物 B 表面翘出纱线末端的短纤维更多。因此，对于组织结构较为紧密的织物，需要施以更强烈的机械作用及更多的碱剂，才能得到较好的初级原纤化效果。

### 3.2.4 次级原纤化

Lyocell 织物的次级原纤化可以在湿态或半湿态下进行，可根据工厂或试验者拥有的设备条件进行选择。本文对织物 C 采用溢流染色机湿态处理，对织物 A（经较佳的初级原纤化和酶处理工艺处理）采用转筒烘干机半湿态处理。

#### 3.2.4.1 溢流染色机湿态处理

文献资料<sup>[8]</sup>介绍，Lyocell 织物应用活性染料进行染色的同时，会发生次级原纤化，说明碱剂对次级原纤化的效果有一定的影响作用。因此本文在对未染色织物进行次级原纤化时，在处理液中加入碳酸钠，分析织物的次级原纤化效果。此外，影响初级原纤化效果的一些因素同样会影响次级原纤化的加工效果，因此本文参考初级原纤化的工艺条件，选择提布器转速为 15m/min，处理温度为 95℃，处理时间为 60min，浴比为 25:1。

对织物 C 进行次级原纤化处理，碳酸钠的用量分别为 5.0、10.0、15.0、20.0g/L，分析碳酸钠的用量对次级原纤化处理效果的影响。图 3.28 为碳酸钠的用量对处理织物的原纤均值和总平均抗弯长度的影响。图 3.29 表示碳酸钠的用量对处理织物断裂强力的影响。

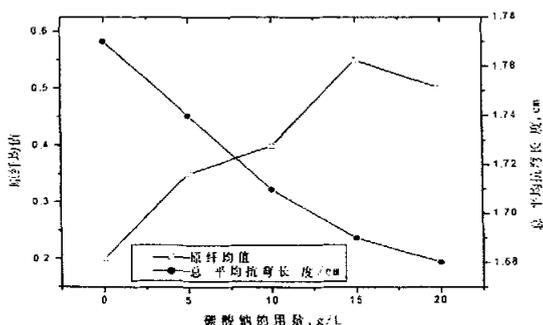


图 3.28 碳酸钠对织物原纤均值和总平均抗弯长度的影响

由图 3.28 分析, 碳酸钠的用量在 5.0~15.0 g/L 范围内时, 处理织物的原纤均值随着碳酸钠用量的增加而增大; 当碳酸钠为 15.0 g/L 时, 处理织物的原纤均值最大, 即此时织物原纤化程度最好。另外, 随着碳酸钠用量的增大, 处理织物的总平均抗弯长度值也逐渐减小, 说明处理织物的手感变得越来越柔软。

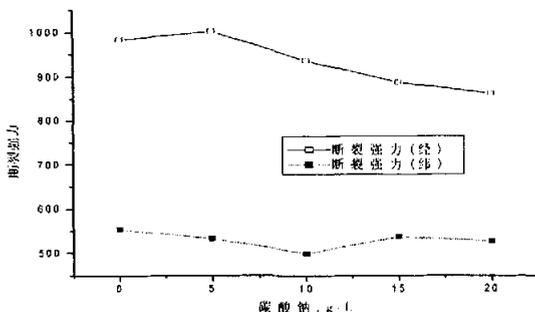


图 3.29 碳酸钠用量对织物断裂强力的影响

由图 3.29 可知, 碳酸钠用量在 5~20g/L 的范围内, 处理织物的经向断裂强力随着碳酸钠用量的增加呈下降趋势; 纬向断裂强力在碳酸钠为 10g/L 时最低, 15 g/L 时最高。

综上所述, 碳酸钠用量在 5~20g/L 范围内时, 随着碳酸钠用量的增加, 处理织物的经向断裂强力呈下降趋势; 碳酸钠为 15.0 g/L 时, 处理织物的纬向断裂强力和原纤均值最大。因此, 次级原纤化处理时, 碳酸钠的用量取为 15.0 g/L。

#### 3.2.4.2 转筒烘干机半湿态处理

在次级原纤化加工过程中, 合适的柔软剂既能防止折痕的产生, 又能促进单根纤维的末端滑移至织物表面, 同时还能赋予织物柔软的手感。表 3.7 列出了三种不同类型的柔软剂对次级原纤化(织物含湿率为 20%)效果的影响。织物经三种柔软剂分别配制的处理浴处理后, 长度介于 500~1000 $\mu\text{m}$  微纤的数量分布并无明显区别, 但用柔软剂 T3S 处理过的织物最柔软。

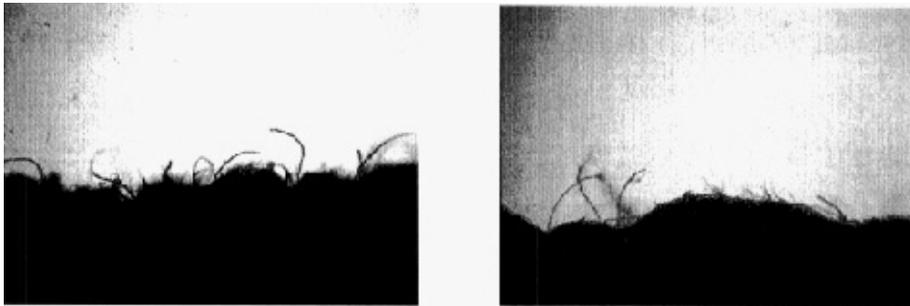
表 3.7 柔软剂种类对次级原纤化效果的影响

柔软剂	主要成分	用量 (g/L)	次级原纤化程度	手感
T3S	氨基硅油	10		最好
Sapamin OC	羧酸酰胺衍生物	5	无明显区别	较好
Sapamin GP	石蜡为基础的乳液	15		好

进一步采用柔软剂 T3S 处理织物，控制织物的含湿率分别为 0%、20%、40%、60%。转筒烘干的结果表明，含湿率为 0%时织物表面的原纤化程度最低，20%和 40%织物的原纤化程度相当，但含湿率为 40%的织物手感较为厚重。含湿率为 60%的织物则生成较大的折皱，手感变差。因而将次级原纤化工艺取为：T3S 10 g/L，含湿率 30%。

对织物 A（经图 3.11 和图 3.18 所示的较佳的初级原纤化和酶处理工艺处理）进行次级原纤化处理，柔软剂为 T3S 10 g/L，织物含湿率 30%。然后在显微镜下观察处理织物的折边处，如图 3.30(b)所示。图 3.30(a)为吴江远欣纺织品有限公司提供的桃皮绒织物（简称吴江桃皮绒织物）。

由图 3.30 可以看出，实验室处理织物的表面微纤长度与桃皮绒成品织物接近，但绒毛密度稍低于后者。这说明利用实验室的溢流喷射染色机按常规工艺加工 Lyocell 织物，所得织物虽有一定的桃皮绒风格，但效果不是很理想。



(a) 吴江桃皮绒织物

(b) 处理织物

图 3.30 织物折边处的显微镜观察图 (×40)

总体来说，对次级原纤化而言，无论是溢流染色机湿态处理的织物 C 还是转筒烘干机半湿态处理的织物 A 都未达到很理想的桃皮绒效果，分析其原因可能为溢流染色机和转筒烘干机的机械作用力不够大。

### 3.3 磨毛

如上所述, 利用实验室的现有设备, 采用 Lyocell 桃皮绒织物的常规加工工艺并没有获得非常理想的效果。考虑到磨毛工艺是合成纤维类桃皮绒织物获得桃皮绒风格的主要工序之一, 因此本文利用实验室现有设备和 Lyocell 织物进行了磨毛试验。

#### 3.3.1 织物三磨仪磨毛

采用溢流染色机处理织物 A (仅经过前处理) 时, 染色腔内织物间的相互摩擦、揉搓、挤压的机械作用致使短纤维翘出纱线末端, 这些短纤维在碱剂的作用下因溶胀而发生原纤化。本文采用织物三磨仪, 将仅经前处理的织物在碱剂中浸润, 控制一定的带液率, 卡在试样夹中, 并以相同的织物作为磨料, 以模拟染色腔内织物间的相互作用。设定计数器, 开启三磨仪。在设定的磨毛次数结束后, 取下织物, 在温水中清洗, 并用柔软毛刷刷去织物表面磨断的短绒或短纤, 悬挂晾干。将晾干织物在显微镜下观察, 该试样的局部已达到较好的桃皮绒效果, 但表层纱线磨损严重。另外, 只有在一定的碱液中和合适的温度下, 织物内的纤维才能达到较好的溶胀程度。但本方法不能及时地补充碱液, 也很难控制温度。因此, 采用这一方法并不能达到较好的处理效果。

#### 3.3.2 自制装置磨毛

在对工厂磨毛工艺调研的基础上, 利用实验室自制磨毛装置处理织物 A (仅经过前处理)。磨毛工艺的选择, 除依据磨毛效果 (以绒毛的长度和密度为主) 外, 还需考虑织物强力的损伤情况。

双手握持待磨织物的两端, 施加适当张力使织物绷紧, 在 60cm 范围内往复移动, 记录 60 s 内单向移动的次数  $n$ 。重复  $N$  次, 按式 3.3 计算织物的平均移速  $v$ 。

$$v = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{60 \times n_i}{60} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N n_i \quad \text{式 3.3}$$

式中,  $v$  为织物的平均移动速度(cm/s),

$n_i$  为第  $i$  次时, 60s 内织物在 60cm 内单向移动的次数,

$N$  为总的试验次数。

织物的平均移速便于操作的范围约为 30~90cm/s, 选择织物移速约为 31cm/s、63cm/s 和 87cm/s。

由砂辊直径及转速可计算出在一定转速下砂辊边缘任一点的线速度  $u$ :

$$u = \frac{2 \pi w}{60} \times \frac{d}{2} = \frac{\pi w d}{60} \quad \text{式 3.4}$$

式中,  $w$  为砂辊转速(rpm),

$d$  为砂辊直径(mm),

$u$  为特定转速下砂辊边缘任一点的线速度(mm/s)。

考虑到人工操作的安全问题, 试验时砂辊转速分别取为 300、450、600 rpm, 所对应的砂辊边缘任一点的线速度  $u$  分别为 393、589、785 mm/s。

对 Lyocell 漂白半制品, 分别采用不同目数的砂纸进行试验。固定织物平均移动速度约为 63cm/s; 砂辊转速为 450 rpm, 即相对应的线速度  $u$  为 589 mm/s; 磨毛时间 30s。磨毛效果表明, 采用较低目数的砂纸 (150#和 240#) 时, 织物表面绒毛较长; 而砂纸目数较高 (320#和 400#) 时, 所得绒毛短而密实; 低目数砂纸对织物的强力影响更严重。

固定织物平均移动速度约为 63cm/s; 砂纸目数为 320#; 磨毛时间 45s。改变砂辊转速, 分别取 300、450、600rpm 进行试验。结果表明, 砂辊转速越大, 织物表面绒毛总体长度减小而密度增大, 织物强力损伤越大。

固定砂辊转速 450 rpm, 即相对应的线速度  $u$  为 589 mm/s; 砂纸目数为 320#; 磨毛时间 45s。改变织物平均移动速度, 分别取 31cm/s、63cm/s 和 87cm/s。结果表明, 织物的平均移动速度越大, 织物表面的绒毛密度越大, 即越致密。试样的强力无明显差异。

综合上述, 较佳的磨毛条件为: 织物的水平移速为 63.0cm/s; 砂辊转速为 450rpm; 磨毛时间 45s; 砂纸目数 320#。

要达到更好的磨毛效果, 可以采用两次磨毛法。先采用低目数砂纸, 以获得较长绒毛, 注意避免过度损伤织物; 然后采用高目数砂纸, 磨毛时间稍长, 以得到均匀浓密的短绒。研究还发现, 首次磨毛前进行柔软预处理, 磨毛效果更为均

匀；第二次磨毛后再用柔软剂 T3S 处理织物，手感较好。具体工艺如图 3.31 所示。

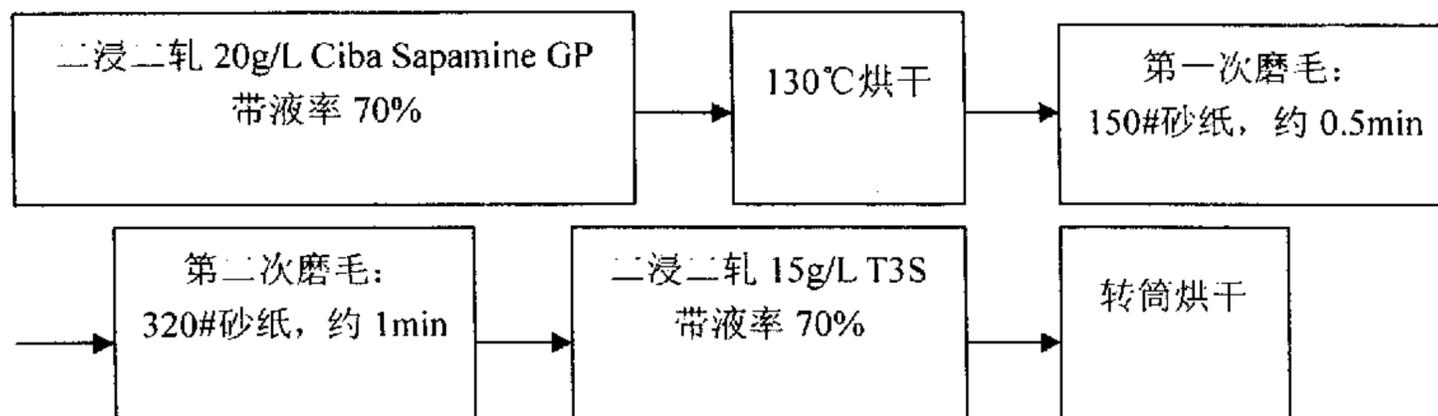


图 3.31 桃皮绒织物磨毛工艺流程

与本文采用的 Lyocell 桃皮绒织物的常规工艺相比，磨毛法不但工艺流程简短，而且取得的绒毛均匀致密。采用显微镜观察并评价经不同工艺处理织物的原纤均值，常规方法最好仅为 0.7，一次磨毛法为 0.8，两次磨毛方法可达 0.9。

## 第四章 结论

### 4.1 Lyocell 桃皮绒织物的常规加工工艺

#### 4.1.1 初级原纤化

- ① 碱剂可以减小织物在后续湿加工中的僵硬程度，提高其柔顺性，改善绳状加工时织物的运行性能。随着碱剂碱性的增强，处理织物的机械强力呈下降趋势，原纤化程度增加。
- ② 氢氧化钠的浓度在 0~5.0 g/L 范围内时，随着氢氧化钠浓度的增大，处理织物的原纤均值增加，即原纤化程度增加；机械强力呈减小趋势；总平均抗弯长度值逐渐减小，即处理织物变得越来越柔软。
- ③ 处理温度为 70~100 °C 时，织物的原纤化程度随着处理温度的升高而增大。
- ④ 处理时间为 90 min 时，织物的原纤均值最大，为 0.75。
- ⑤ 浴比为 25: 1，提布器转速为 15 m/min 时，织物能获得较高的原纤均值和柔软度。

较佳的初级原纤化工艺条件为：浴比 25: 1，氢氧化钠 2.5 g/L，处理时间 90 min 左右，温度 95°C，提布器转速为 15 m/min。

#### 4.1.2 酶处理

- ① 较佳的酶处理条件为：Cellusoft Plus L 3.0 % (owf)，处理 30 min。
- ② 酶处理过程中纤维素酶 Cellusoft Plus L 的用量及处理时间对 Lyocell 纤维的结晶结构并无显著影响。

#### 4.1.3 次级原纤化

- ① 采用溢流染色机对 Lyocell 织物（经上述较佳的初级原纤化、酶处理工艺处理）进行湿态处理。碳酸钠用量为 15.0 g/L 时，处理织物可以得到较好的桃皮绒效果。

- ② 采用转筒烘干机对 Lyocell 织物进行半湿态处理。柔软剂 T3S 为 10 g/L, 织物含湿率为 30%时, 处理织物获得一定的桃皮绒风格。

## 4.2 磨毛工艺试验

- ① 织物的水平移速为 63.0cm/s; 砂辊转速为 450rpm; 磨毛时间 45s; 砂纸目数 320#时, 所得织物的原纤均值为 0.8。
- ② 两次磨毛法中, Lyocell 织物先用适量的柔软剂 Ciba Sapamine GP 进行预处理, 然后依次用低目数和高目数砂纸进行两次磨毛。磨毛后再经 T3S 柔软处理, 织物手感较好, 原纤均值可达 0.9。

## 4.3 织物原纤化程度的评价方法

建立了织物原纤化程度的评价方法, 提出了原纤均值的概念。采用光学生物显微镜观察分别经初级原纤化、酶处理、次级原纤化处理的织物表面, 采集图像, 由观察者根据原纤的数量和主体长度对其进行评分, 得到每种织物的原纤均值。这一方法有助于比较不同工艺的处理效果。

## 参考文献

- [1] W. Albrecht, M. Reintjes, B. Wulfhorst, Lyocell fibers, *Man-Made Fiber Year Book*, 1997 (7), 41-47
- [2] *Man-Made Fiber Year Book*. 2002 (8), 23
- [3] F. Raninger, 第六界北京国际化纤会议论文集, 1996, 164
- [4] 化学纤维年鉴 (中文特刊), 1995, 6-8
- [5] 赫利民译, 考陶尔兹 Lyocell 纤维-技术应用的新发展, *国际纺织导报*, 1997(3), 43-45
- [6] Zimmer lyocell fiber license agreement with China, *Chemical Fibers International*, 2002, 52(11)
- [7] Increasing lyocell fiber demand, *Chemical-Fibers-International*. 2003; 53(2), 100
- [8] Taylor J. M., Bradbury M. J., Moorhouse S, Dyeing Tencel and Tencel A100 with poly-functional Reactive Dyes, *AATCC Review*, 2001, 1(10), 21-24
- [9] Ch. Rohrer, P. Retzl, H. Firgo, Lyocell LF-profile of a fibrillation-free fiber. *Man-Made Fiber Year Book*, 2001(8), 26-28
- [10] Tencel HS260 lyocell fiber for nonwovens. *Chemical Fiber International*, 2002, 52(11), 409
- [11] P. K. Dutta, *Synthetic Fibers*, 1995, (5), 17-19
- [12] Newdevelopments in Lyocell. *High Performance Textile*, 1995, (8), 2
- [13] Acordis 公司内部资料, 全国 lyocell 产品染整加工研讨班, 2000, 5, 上海
- [14] Iim Taylor, Tencel- a unique cellulosic fibre, 1998, 4 (114), 191-192
- [15] D. Cole, *Int. Man-made Fibers Congress 17 Intercarpet*, 1993(9): 22-24
- [16] J. Lenz, J. Schurz, E. Wrentshur, *Properties and Structure of Solvent-spun and Viscose-type Fibers in the Swollen State*, *Colloid & Polymer Science*, 1993, 271: 460-468
- [17] 唐人成, 赵建平, 梅士英, *Lyocell 纺织品加工技术*, 北京, 中国纺织出版社, 2001, 132-133
- [18] S.Picht, *Fields of application and finishing behavior of Newcell*, *Chemical Fibers*

- International, 1998, 48(2), 36-37
- [19] 何中琴译, 印染译丛. 精制纤维素纤维的染色和整理, 1998, (4), 72-78
- [20] Achwal W. B., *Processing of Lyocell, Colourage*, 1999, 46(12), 48-50
- [21] Taylor J. M., Harnden A. L., *An Introduction to TENCEL®A100, AATCC. Book of Papers*, 1998, 546-555
- [22] Hohberg T, Thumm S, Lyocell的整理[J], 国际纺织导报, 1998, (2), 74-77; (3), 62-65; (4), 59-62
- [23] Jakob B, Agster E. *Pretreatment and Finishing of Lyocell Woven Fabrics*, International Textile Bulletin, 1998, 44(3), 18-26
- [24] 赵培华, Lyocell 织物的染色, 印染, 1999, 25(3), 44-49
- [25] Breier R, Lyocell 纤维的绳状整理-实践的现状, 国际纺织导报, 1997, (1), 33-36
- [26] 佐佐木一彦, Lyocell/Tencel 纤维的染色, 印染, 1999, 25(1), 5-9
- [27] Nikolov A., Enzymes and lyocell, International Dyer, 2000, 185(7), 30-34
- [28] First International Lyocell Symposium, Chemical Fibers International, 1997, 47(5)
- [29] 陈颖译, 纤维素酶整理织物的手感和外观, 印染. 1999, 25(8), 50-52
- [30] Miosga E, *Dyeing Lyocell with Multifunctional Reactive Dyes* [J], International Textile Bulletin. 1997, 43(4), 32-37
- [31] Karypidis M., Wilding M. A., Carr C. M.etc. *The Effect of Crosslinking Agents and Reactive Dyes on the Fibrillation of Lyocell*, AATCC Review, 2001, 1(8), 40-44
- [32] 王学杰, 许炯, 国内无甲醛免烫整理研究现状, 印染, 1998, 24(7), 51-55
- [33] 吕新芬, 姚庆才, Tencel 织物架桥交联剂的选用, 丝绸, 2001, (6), 18-19
- [34] C. Michels, B. Kosan, *Lyocell process-material and technological restrictions*, Chemical Fibers International, 2000, 50(12), 556-561
- [35] The Chemicals (UK) Ltd. Accelerated fibrillation, International Dyer, 2000; 185(7); 36
- [36] Adrion R, *Handle Modification by Then System AIR FLOW AFS* [A], Lecture given on the SDC Manchester Region 13<sup>th</sup> March, 1997
- [37] Gandhi K., Burkinshaw S. M., Taylor J. M.etc. *A Novel Route for Obtaining a Peach-skin Effect on Tencel and its Blends*, AATCC Review, 2002, 2(4), 48-52
- [38] 吴汉金, 郑佩芳, 上海, 机织物结构设计原理, 同济大学出版社, 1991, 43-44

## 致 谢

本论文是在我的导师周翔教授的精心指导下完成的，在此表示衷心的感谢和深深的敬意。导师严谨求实的治学态度、广博的知识体系和高尚的人格魅力都给我留下了深刻的印象，使我在现在以至今后的工作、学习和生活方面受益匪浅。

在课题的实验准备和进行过程中，得到了赵敏师姐、屠天民老师、上海新力化学品有限公司有关人员，以及染整基础实验室石安科等老师的大力支持和热情帮助，99 级轻化工程专业高建峰同学也参加了本课题的部分研究工作，在此一并向他们致以诚挚的谢意！

周映红

2004 年 12 月

附录：

## 攻读硕士学位期间已经发表的论文目录

1. 《Lyocell 织物桃皮绒风格的加工工艺》，印染（中文核心期刊），已录用，见附件录稿证明。

作者: [周映红](#)  
学位授予单位: [东华大学](#)

## 参考文献(41条)

1. 参考文献
2. W Albrecht, M Reintjes, B Wulfhorst [Lyocell fibers](#) 1997(07)
3. [Man-Made Fiber Year Book](#) 2002
4. F Raninger [查看详情](#) 1996
5. [化学纤维年鉴\(中文特刊\)](#) 1995
6. 赫利民, 考陶尔兹 [Lyocell 纤维-技术应用的新发展](#) 1997(03)
7. Zimmer [lyocell fiber license agreement with China](#) 2002(11)
8. [Increasing lyocell fiber demand](#) 2003(02)
9. Taylor J M, Bradbury M J, Moorhouse S [Dyeing Tencel and Tencel A100 with poly-functional Reactive Dyes](#) 2001(10)
10. Ch Rohrer, P Retzl, H Firgo [Lyocell LF-profile of a fibrillation-free fiber](#) 2001(08)
11. Tencel [HS260 lyocell fiber for nonwovens](#) 2002(11)
12. P K Dutta [查看详情](#) 1995(05)
13. [Newdevelopments in Lyocell](#) 1995(08)
14. [Acordis公司 全国lyocell产品染整加工研讨班](#) 2000
15. Tim Taylor [Tencel- a unique cellulosic fibre](#) 1998(04)
16. D Cole [查看详情](#) 1993
17. J Lenz, J Schurz, E Wrentshur [Properties and Structure of Solvent-spun and Viscose-type Fibers in the Swollen State](#) 1993
18. 唐人成, 赵建平, 梅士英 [Lyocell纺织品加工技术](#) 2001
19. S Picht [Fields of application and finishing behavior of Newcell](#) 1998(02)
20. 何中琴 [精制纤维素纤维的染色和整理](#) 1998(04)
21. Achwal W B [Processing of Lyocell](#) 1999(12)
22. Taylor J M, Harnden A L [An Introduction to TENCEL\(R\)A100](#) 1998
23. Hohberg L, Thumm S [Lyocell的整理](#) 1998(02)
24. Hohberg L, Thumm S [Lyocell的整理](#) 1998(03)
25. Hohberg L, Thumm S [Lyocell的整理](#) 1998(04)
26. Jakob B, Agster E [Pretreatment and Finishing of Lyocell Woven Fabrics](#) 1998(03)
27. 赵培华 [Lyocell织物的染色](#) 1999(03)
28. Breier R [Lyocell纤维的绳状整理-实践的现状](#) 1997(01)
29. 佐佐木一彦 [Lyocell/Tencel纤维的染色\[期刊论文\]-印染](#) 1999(1)
30. Nikolov A [Enzymes and lyocell](#) 2000(07)
31. [First International Lyocell Symposium](#) 1997(05)
32. 陈颖 [纤维素酶整理织物的手感和外观\[期刊论文\]-印染](#) 1999(8)
33. Miosga E [Dyeing Lyocell with Multifunctional Reactive Dyes](#) 1997(04)
34. Karypidis M, Wilding M A, Carr C M [The Effect of Crosslinking Agents and Reactive Dyes on the Fibrillation of Lyocell](#) 2001(08)
35. 王学杰, 许炯 [国内无甲醛免烫整理研究现状](#) 1998(07)
36. 吕新芬, 姚庆才, 刘俊, 许行坚 [Tencel织物架桥交联剂的选用\[期刊论文\]-丝绸](#) 2001(6)
37. C Michels, B Kosan [Lyocell process-material and technological restrictions\[外文期刊\]](#) 2000(12)
38. [The Chemicals \(UK\) Ltd Accelerated fibrillation](#) 2000(07)
39. Adrion R [Handle Modification by Then System AIR FLOW AFS](#) 1997
40. Gandhi K, Burkinshaw S M, Taylor J M A [A Novel Route for Obtaining a Peach-skin Effect on Tencel and its Blends](#) 2002(04)
41. 吴汉金, 郑佩芳 [机织物结构设计原理](#) 1991

## 本文读者也读过(10条)

1. 陈伟 [棉针织物复合酶精练研究\[学位论文\]](#)2010
2. 周映红, 赵敏, 屠天民, 周翔, ZHOU Yinghong, ZHAO Min, TU Tianmin, ZHOU Xiang [Lyocell织物桃皮绒风格的加工工艺\[期刊论文\]-印染](#)2005, 31(10)
3. 黄蕾 [纤维素酶在低捻度全棉针织物抗起毛起球整理中的应用\[学位论文\]](#)2008
4. 周映红, 赵敏, 屠天民, 周翔 [Lyocell织物桃皮绒风格的加工工艺\[会议论文\]-2007](#)
5. 刘永强, 周煜, 俞宏 [Lyocell纤维的原纤化及控制\[期刊论文\]-现代纺织技术](#)2000, 8(3)
6. 苏丽 [巴柳氮钠合成的研究\[学位论文\]](#)2005
7. 蒋少军, 吴红玲, 张红, Shao-jun JIANG, Hong-ling WU, Hong ZHANG [Lyocell纤维原纤化酶处理技术的研讨\[期刊论文\]-染整技术](#)2005, 27(9)
8. 张永霞 [Lyocell纤维织物原纤化问题\[期刊论文\]-染整技术](#)2005, 27(3)
9. 曹雪 [果胶酶活测定方法的探索及其在棉织物精练中的应用\[学位论文\]](#)2009
10. 杨元 [多异多重变形涤纶长丝仿毛织物服用性提高研究\[学位论文\]](#)2005

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis\\_Y758055.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y758055.aspx)