

ZAISHENG  
ZHUZHIWU DE  
ZHIZAO YU  
RANZHENG

# 再生竹织物的 织造与染整

曾林泉 编



化学工业出版社

本书系统介绍了再生竹织物的纺纱、织造及漂、染、印、整加工工艺，其中包括再生竹纤维的结构性能、加工工艺原理等，内容丰富，实践性强。

本书可供印染厂技术人员、技术工人和纺织院校染整专业师生学习，也可供其他行业相关人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

再生竹织物的织造与染整/曾林泉编. —北京: 化学工业出版社, 2011. 3  
ISBN 978-7-122-10546-2

I. 再… II. 曾… III. ①竹材-织物-织造②竹材-织物-染整 IV. ①TS105②TS190.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 023106 号

---

责任编辑: 高雅  
责任校对: 宋夏

文字编辑: 孙凤英  
装帧设计: 尹琳琳

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装订: 三河市前程装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 14 1/4 字数 300 千字 2011 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 48.00 元

版权所有 违者必究

# 前言

以竹材为原料的再生竹纤维由我国科研人员自主开发成功，是一种较为成功的绿色环保纤维。由于其原材料是在我国分布极为广泛、资源最为丰富的竹子。再生竹纤维的出现为纺织工业开发新产品提供了新纤维原料的保证，拓宽了新产品开发的思路和途径，为生产不同风格的纺织品提供了有利条件。

再生竹纤维的生产在我国已经有了比较稳定的生产线，能够生产纯纺和混纺等多种产品。如河北吉藁化纤有限公司开发的“天竹纤维”，已形成了一定的生产规模。上海化纤浆粕总厂与上海月季化学纤维有限公司合作，开发了名为“邦博纤维”的竹纤维产品，已具有一定的生产能力。目前，我国的再生竹纤维服装现在主要用于出口。

由于再生竹纤维集天然与人造纤维优点于一身，且具有天然的抗菌功能和抗紫外线功能，用其加工的功能性产品不会对皮肤产生任何过敏性反应，适合加工贴身衣物。再生竹纤维可以与蚕丝、人造丝、黏胶长丝、蛹蛋白黏胶长丝等多种原料交织，是制作各类高档内衣、春夏时装的理想原料。其织物经特殊工艺加工和整理后具有丝质感，可制作仿真丝绸产品。

再生竹纤维最著名的商标是“天竹”。目前“天竹”纤维已占据了国内 90% 多的竹纤维市场份额。再生竹纤维作为一种新型纤维，其面料的独特特性正被越来越多的消费者接受，被越来越多的企业关注、采用，市场不断扩大。目前铜牛、红都、梦狐、如意、华纺、江苏 AB、三枪、歌迪、佳朋、盛宇、蝶安芬、贝蕾莎、贝利爽、瑞亚高科、恒美、华帛、洁丽雅等知名服装、家纺、面料生产企业都在生产再生竹纤维产品。

再生竹织物在染整加工中有原纤化的趋势，有高度膨润性，因此易于产生折痕和擦伤。本书详细地介绍了再生竹纤维制造、结构和性能，在此基础上对再生竹的纺纱、织布及染整工艺流程进行了详细的探讨，并以大量的生产实践予以说明。

编写本书旨在对再生竹纤维的加工进行相关深入的研究起到抛砖引玉的作用。但是，由于再生竹纤维是一种新型的纺织纤维，有关其结构、纺织及染整加工性能的研究还处于发展和完善阶段，加之编者水平有限和编写时间的仓促，因此书中的疏漏和不妥在所难免，敬请广大读者批评指正。

在本书编写过程中，编者参考了一些染整和其他专业的书籍和杂志，谨向这些作者和出版单位表示衷心的感谢。

# 目 录

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| <b>第一章 再生竹及其纱线和织物的结构与性能</b> | 1  |
| 第一节 再生竹纤维产品、生产历史和发展趋势       | 1  |
| 一、引言                        | 1  |
| 二、竹类资源概况                    | 1  |
| 三、再生纤维素纤维的发展历史              | 2  |
| 四、再生竹纤维产品及生产历史              | 2  |
| 五、国内再生竹纤维产品现状               | 3  |
| 六、展望                        | 4  |
| 第二节 再生竹纤维的制造                | 4  |
| 一、竹浆粕的制造流程和工艺要点             | 4  |
| 二、再生竹纤维的制造工艺流程和工艺要点         | 7  |
| 第三节 再生竹纤维的结构和性能             | 8  |
| 一、再生竹纤维的结构                  | 8  |
| 二、再生竹纤维的性能                  | 12 |
| 第四节 再生竹纤维的鉴别及混纺纱比例的测试       | 15 |
| 一、再生竹纤维的鉴别                  | 15 |
| 二、再生竹纤维混纺纱比例的测试             | 16 |
| <b>第二章 再生竹的纺纱工艺</b>         | 17 |
| 第一节 再生竹纱线的性能                | 17 |
| 一、再生竹纱线的性能及影响因素             | 17 |
| 二、再生竹混纺纱中纤维的分布              | 18 |
| 第二节 再生竹的纺纱工艺                | 18 |
| 一、配棉与混棉                     | 18 |
| 二、开清棉                       | 19 |
| 三、梳棉                        | 20 |
| 四、并条                        | 22 |
| 五、粗纱                        | 23 |
| 六、细纱                        | 23 |
| 七、并纱拈线                      | 24 |
| 八、运转操作与温、湿度管理               | 24 |
| 第三节 纺纱工艺设计与生产实例             | 27 |
| 一、再生竹细特纱纺纱生产工艺              | 27 |
| 二、再生竹纤维/细旦涤纶纺纱生产工艺          | 28 |
| 三、再生竹/棉混纺纱工艺实例              | 30 |
| 四、再生竹/Tencel 混纺纱生产实例        | 31 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 五、100Nm/2 再生竹/棉 (50%/50%) 混纺纱生产实例 ..... | 32 |
| 六、14.7tex+40dtex 再生竹氨纶包芯弹力纱生产实例 .....   | 33 |
| 七、再生竹/染色棉混纺纱生产实例 .....                  | 34 |
| 八、再生竹/彩棉混纺弹力竹节纱生产实例 .....               | 36 |
| 九、再生竹/苎麻混纺纱生产实例 .....                   | 37 |
| <b>第三章 再生竹的织造工艺</b> .....               | 41 |
| <b>第一节 再生竹织物的性能</b> .....               | 41 |
| 一、抗菌性能 .....                            | 41 |
| 二、防紫外线性能 .....                          | 41 |
| 三、可生物降解性 .....                          | 41 |
| 四、再生竹织物的不足处就是不耐酸碱性 .....                | 41 |
| 五、再生竹织物的服用性能 .....                      | 41 |
| 六、再生竹纤维的吊牌服务 .....                      | 42 |
| <b>第二节 再生竹的织造工艺</b> .....               | 42 |
| 一、络筒 .....                              | 42 |
| 二、整经 .....                              | 44 |
| 三、浆纱 .....                              | 45 |
| 四、织造 .....                              | 48 |
| 五、成品整理 .....                            | 52 |
| 六、织造过程中的温、湿度管理 .....                    | 52 |
| 七、染整疵点造成原因及应采取的措施 .....                 | 53 |
| 八、再生竹织物常见织疵的解决办法 .....                  | 53 |
| <b>第三节 工艺设计及生产实例</b> .....              | 58 |
| 一、再生竹/涤细平布生产实例 .....                    | 58 |
| 二、再生竹/涤细号弹力织物生产实例 .....                 | 60 |
| 三、再生竹纯纺织物生产实例 .....                     | 61 |
| 四、再生竹/棉交织双层面料的织造实例 .....                | 61 |
| 五、再生竹/Modal/棉混纺织物的织造实例 .....            | 62 |
| 六、再生竹/Modal 提花织物的织造实例 .....             | 63 |
| <b>第四节 再生竹纺织产品系列介绍</b> .....            | 63 |
| 一、针织起圈织物 .....                          | 63 |
| 二、机织毛巾织物 .....                          | 64 |
| 三、机织床上用品 .....                          | 64 |
| 四、机织服用织物 .....                          | 64 |
| <b>第四章 再生竹织物的前处理</b> .....              | 65 |
| <b>第一节 概述</b> .....                     | 65 |
| <b>第二节 退浆及精炼用生物酶的性状简介</b> .....         | 65 |
| 一、淀粉酶 .....                             | 65 |
| 二、PVA 降解酶 .....                         | 67 |
| 三、果胶酶 .....                             | 68 |
| <b>第三节 漂白</b> .....                     | 72 |
| 一、过氧化氢漂白 .....                          | 72 |

|                                |           |
|--------------------------------|-----------|
| 二、过醋酸漂白 .....                  | 74        |
| 第四节 苛化处理 .....                 | 75        |
| 一、概述 .....                     | 75        |
| 二、碱处理对再生竹纤维染色性能的影响 .....       | 75        |
| 三、苛化工艺 .....                   | 78        |
| 第五节 炼漂设备与操作 .....              | 78        |
| 第六节 炼漂工艺和处方示例 .....            | 79        |
| <b>第五章 纤维素酶整理 .....</b>        | <b>84</b> |
| 第一节 纤维素酶的组成、空间尺寸及作用机理 .....    | 84        |
| 一、纤维素酶的组成及其空间尺寸 .....          | 84        |
| 二、纤维素酶的作用机理 .....              | 85        |
| 第二节 纤维素酶制剂产品、适应性、评价内容与方法 ..... | 88        |
| 一、纤维素酶制剂产品及其适应性 .....          | 88        |
| 二、纤维素酶制剂评价内容与方法 .....          | 88        |
| 第三节 影响纤维素酶处理效果的因素 .....        | 89        |
| 一、搅拌对纤维素酶处理效果的影响 .....         | 89        |
| 二、表面活性剂对酶水解的影响 .....           | 89        |
| 三、金属离子对纤维素酶活力的影响 .....         | 91        |
| 四、有机物对纤维素酶活力的影响 .....          | 91        |
| 五、温度及 pH 值对纤维素酶活力的影响 .....     | 91        |
| 六、底物浓度对纤维素酶活力的影响 .....         | 92        |
| 七、纤维素酶用量对纤维素酶解的影响 .....        | 92        |
| 八、木质素含量对纤维素酶活力的影响 .....        | 92        |
| 九、常见染料对纤维素酶活力的影响 .....         | 92        |
| 十、固色剂对纤维素酶活力的影响 .....          | 93        |
| 第四节 酶水解过程的监控 .....             | 93        |
| 第五节 纤维素酶处理对再生竹纤维结构的影响 .....    | 94        |
| 一、纤维素酶的作用与纤维素纤维超分子结构的关系 .....  | 94        |
| 二、纤维素酶对棉及再生竹纤维的作用比较 .....      | 95        |
| 三、纤维素酶处理对再生竹纤维可及度的影响 .....     | 96        |
| 四、纤维素酶处理对再生竹纤维聚合度和铜值的影响 .....  | 96        |
| 五、纤维素酶处理对再生竹纤维染色性能的影响 .....    | 96        |
| 第六节 再生竹纤维纤维素酶整理工艺因素分析 .....    | 97        |
| <b>第六章 再生竹织物的染色 .....</b>      | <b>98</b> |
| 第一节 再生竹的基本染色性能 .....           | 98        |
| 一、染色热力学 .....                  | 99        |
| 二、染色动力学 .....                  | 101       |
| 三、匀染性 .....                    | 105       |
| 四、染后处理与缝纫时“扎针”及织物牢度问题 .....    | 106       |
| 第二节 活性染料染色 .....               | 107       |
| 一、活性染料的分类和性能 .....             | 107       |
| 二、活性染料纤维素纤维的染色机理 .....         | 107       |



|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 三、活性染料对再生竹的染色工艺 .....     | 108        |
| 第三节 还原染料和可溶性还原染料染色 .....  | 117        |
| 第四节 直接染料染色 .....          | 117        |
| 第五节 再生竹混纺纺织物的染色 .....     | 119        |
| 一、涤/再生竹混纺纺织物的染色 .....     | 119        |
| 二、大豆纤维/再生竹混纺纺织物的染色 .....  | 120        |
| 三、再生竹/毛混纺纺织物的染色 .....     | 121        |
| 四、再生竹/棉混纺纺织物的染色 .....     | 122        |
| 五、再生竹/锦纶混纺纺织物的染色 .....    | 123        |
| <b>第七章 再生竹织物的印花 .....</b> | <b>125</b> |
| 第一节 概述 .....              | 125        |
| 一、再生竹织物的直接印花 .....        | 125        |
| 二、再生竹织物的防印印花 .....        | 126        |
| 三、再生竹织物的拔染印花 .....        | 126        |
| 四、防染印花 .....              | 126        |
| 五、再生竹织物的后处理 .....         | 126        |
| 第二节 花样设计、制网及花筒雕刻 .....    | 127        |
| 一、花样设计 .....              | 127        |
| 二、制网 .....                | 127        |
| 三、花筒雕刻 .....              | 132        |
| 第三节 印花机械设备与操作 .....       | 134        |
| 第四节 印花糊料及原糊调制 .....       | 135        |
| 一、海藻酸钠糊 .....             | 135        |
| 二、海藻酸铵糊 .....             | 136        |
| 三、羧甲基纤维素 (CMC) .....      | 136        |
| 四、乳化糊 A .....             | 137        |
| 五、乳化糊 N .....             | 138        |
| 六、活性染料半乳化糊 .....          | 138        |
| 七、合成增稠剂 .....             | 139        |
| 第五节 直接印花 .....            | 140        |
| 一、活性染料的直接印花 .....         | 140        |
| 二、涂料直接印花 .....            | 143        |
| 第六节 拔染印花 .....            | 145        |
| 一、涂料拔染印花 .....            | 145        |
| 二、活性染料拔染活性染料印花工艺 .....    | 148        |
| 三、深地色还原染料拔染印花 .....       | 149        |
| 第七节 防染印花 .....            | 151        |
| 一、活性染料色防活性染料地色 .....      | 151        |
| 二、不溶性偶氮染料 .....           | 152        |
| 三、颜料色防印花 .....            | 152        |
| 第八节 蒸化和净洗 .....           | 152        |
| 一、蒸化 .....                | 152        |
| 二、净洗 .....                | 153        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 第九节 再生竹织物印花加工要点 .....          | 153        |
| 一、手感 .....                     | 153        |
| 二、苛化处理 .....                   | 154        |
| 三、缩水率及洗水发毛的控制 .....            | 154        |
| 四、生产中一些问题的解决办法 .....           | 154        |
| <b>第八章 再生竹织物的后整理 .....</b>     | <b>157</b> |
| 第一节 防缩抗皱整理 .....               | 157        |
| 一、概述 .....                     | 157        |
| 二、抗皱整理技术发展现状 .....             | 158        |
| 三、再生竹织物抗皱整理加工工艺 .....          | 160        |
| 第二节 拒水拒油防污整理 .....             | 162        |
| 一、拒水拒油防污整理原理 .....             | 162        |
| 二、防水、拒水整理剂的种类 .....            | 162        |
| 三、纺织品拒水拒油测试方法 .....            | 164        |
| 四、再生竹织物有机氟拒水拒油防污整理加工 .....     | 165        |
| 第三节 阻燃整理 .....                 | 169        |
| 一、概述 .....                     | 169        |
| 二、织物阻燃整理的发展简史 .....            | 170        |
| 三、织物的燃烧性及阻燃剂的作用机理 .....        | 170        |
| 四、纤维素织物的阻燃机理 .....             | 171        |
| 五、阻燃性能指标及测试 .....              | 172        |
| 六、纤维素纤维常用阻燃剂和阻燃整理技术 .....      | 173        |
| <b>第九章 再生竹织物染整工艺生产实例 .....</b> | <b>176</b> |
| 第一节 染整工艺生产实例 .....             | 176        |
| 一、再生竹散纤维染整工艺 .....             | 176        |
| 二、染整工艺对再生竹织物性能的影响 .....        | 178        |
| 三、再生竹/棉混纺织物染整工艺 .....          | 182        |
| 四、再生竹织物的染整工艺 .....             | 184        |
| 五、PLA/再生竹织物染整工艺 .....          | 186        |
| 六、再生竹/棉/天丝混纺织物染整工艺 .....       | 190        |
| 七、再生竹/棉交织弹力灯芯绒染整工艺 .....       | 192        |
| 八、再生竹棉氨纶汗布染整工艺 .....           | 195        |
| 九、再生竹筒子纱染整工艺 .....             | 198        |
| 十、再生竹针织物染整工艺 .....             | 201        |
| 十一、再生竹/棉/涤混纺弹力织物的染整加工 .....    | 203        |
| 十二、再生竹/棉混纺弹力针织物的染整工艺 .....     | 206        |
| 十三、再生竹/绢混纺织物的染整工艺 .....        | 209        |
| 十四、再生竹包芯织物的染整工艺 .....          | 214        |
| 十五、再生竹/细旦涤纶/棉混纺针织纱染整工艺 .....   | 215        |
| 第二节 含再生竹纤维织物染整加工的评述 .....      | 217        |
| <b>参考文献 .....</b>              | <b>219</b> |



# 第一章 再生竹及其纱线和织物的结构与性能

## 第一节 再生竹纤维产品、生产历史和发展趋势

### 一、引言

再生竹纤维由我国科研人员自主开发成功。由于其原材料是在我国分布极为广泛、资源最为丰富的竹子，而且该纤维具有很多优良性能如良好的透气排汗性、抗菌性等，因此越来越受到社会各界的关注。

再生竹纤维是一种新兴的天然、绿色、环保纤维，它采用我国西部地区盛产的竹子为原料，经特殊、复杂的工艺处理，把竹内纤维素提取出来，再经纺丝等工艺制造而成，可以加工出细度为  $0.56\sim22.22\text{dtex}$  [ $\text{tex}$  是  $1000\text{m}$  纤维束的质量 (g)； $d$  是旦，指  $9000\text{m}$  长的纤维束的质量 (g)； $\text{dtex}$  是分特，指  $10000\text{m}$  长的纤维束的质量 (g)； $1\text{tex}=\frac{1}{10}\text{dtex}=\frac{1}{9}d$ ，下同]、长为  $50\sim120\text{mm}$  的纤维。再生竹纤维在原料的提取和生产过程中可全部实施绿色生产，所制成的纤维保留了竹子的许多优点。该纤维白度与普通黏胶纤维接近，强力好，韧性和耐磨性较高，可纺性优良，制成的织物吸湿性和透气性能优良，具有滑爽、丝绒、抗菌防臭等特殊功能。鉴于再生竹纤维的这些特性，可以开发高附加值的产品。

### 二、竹类资源概况

竹林是森林资源的重要组成部分，素有“世界第二大森林之称”。我国是竹类资源最丰富的国家之一，无论竹子的种类、面积、蓄积量和年采伐量均居世界首位，据统计，全国共有竹类植物 40 多属、500 余种，以福建、湖南、浙江、江西、广东、四川、广西、安徽等 8 个省区最丰富，竹林面积占全国的 88%。我国年产毛竹 5 亿多根，而做竹纤维最适宜的原料就是毛竹，因此可以为竹纤维的生产提供大量的、可持续再生的、优质廉价原料，不同种类竹子的化学成分见表 1-1。

表 1-1 竹材的主要化学成分 单位：%

| 竹子种类 | 产地 | 纤维素   | 木质素   | 聚戊糖   | 果胶质  | 灰分   |
|------|----|-------|-------|-------|------|------|
| 小毛竹  | 甘肃 | 46.50 | 23.40 | 21.56 | —    | 1.23 |
| 慈竹   | 四川 | 44.35 | 31.28 | 25.41 | 0.87 | 1.20 |
| 白夹竹  | 四川 | 44.35 | 31.28 | 25.41 | 0.87 | 1.20 |
| 绿竹   | 广东 | 49.55 | 23.00 | 17.45 | —    | 1.78 |
| 丹竹   | 广西 | 47.88 | 23.55 | 18.54 | —    | 1.93 |
| 毛竹   | 福建 | 45.50 | 30.67 | 21.12 | 0.70 | 1.10 |
| 毛竹   | 湖南 | 52.57 | 26.62 | 23.71 | —    | 1.03 |

### 三、再生纤维素纤维的发展历史

棉、毛、麻、丝等天然纤维由于具有优良的穿着舒适性而备受青睐。因此人们对天然原料的需求也不断增加，但由于资源限制，难以满足人们的需求。多年前，再生纤维素纤维如铜氨纤维和黏胶纤维就已得到了发展，然而就生态学而言，将纤维素浆粕变成纤维的过程还有待改进，黏胶工业对于环境和操作人员是一个很大的危害，为解决这个问题，黏胶纤维生产商不得不花大量财力来保护环境，减产甚至停产，黏胶工业的环境保护费是一个经济要素。

在现阶段，竹浆纤维作为一种新型的再生纤维素纤维，拥有更多独特的利用价值。竹类资源再生能力强，生产迅速，成材期短，产量高，具有一次造林可持续利用的特点，因而竹子具有广阔的开发和利用前景。

### 四、再生竹纤维产品及生产历史

用再生竹纤维来制作纺织服装产品是近几年研究开发的新技术，日本等国家的科研人员已走在了我国的前面。日本野村产业株式会社申请了“天然纤维素纤维及用该种纤维制成的布帛”专利。以竹子为原料制成的竹布帛，既有优良的挺括性，又有麻纤维的手感，同时吸湿性和散湿性也较好。日本东丽公司以竹为原料，用黏胶法制成再生竹纤维素纤维，并以“爽竹”作为商品商标向市场推出纺织面料和衬里。这种“爽竹”产品是由 20% 以上的竹纤维素纤维与高档的聚酯纤维或聚丙烯纤维等合成纤维复合交织的织物，布料手感滑爽、柔软，穿着舒适。

再生竹纤维的生产在我国已经有了比较稳定的生产线，能够生产纯纺和混纺等多种产品。如河北吉藁化纤有限公司开发的“天竹纤维”，已形成了一定的生产规模。上海化纤浆粕总厂与上海月季化学纤维有限公司合作，开发了名为“邦博纤维”的竹纤维产品，已具有一定的生产能力。山东潍坊海龙股份有限公司通过与国内竹浆生产厂家联合，成功推出了绿色环保纤维——竹素纤维，并已形成了年产 2 万吨的规模。乐陵市华乐纺织有限公司生产的冰爽纤维（天竹纤维）系列纱线，既可梭织、也可针织。上海市纺织装饰用品科技研究所与上海萃众毛巾总厂联合开发出天然竹纤维毛巾产品，现已进入市场。山东莱州鲁丽丝毛巾有限公司也已制出竹纤维毛巾。江苏大仓二棉实业有限公司与上海纺织科学研究所属东纺科技发展有限公司研制开发了丝竹纱系列产品，江苏太仓二棉实业有限公司还开发出纱支为 7~45N·m 的丝竹纱、竹棉混纺纱、竹麻混纺纱、竹毛混纺纱和氨纶包芯纱等系列产品。哈尔滨中纺亚麻科技有限公司研制出了竹纤维与亚麻纤维交织的床上用品、竹纤维与亚麻纤维交捻的针织衫。山东省德棉集团恒丰纺织有限公司研发了竹纤维与绢丝混纺纱。吴江八都建丰丝纺厂生产出 30%~40% 竹纤维与 60%~70% 真丝混纺而成的丝竹面料。四川丝绸进出口公司在第 91 届广交会上展出了用竹纤维与丝、棉、毛交织混纺的背心、T 恤等 7 个款式。

由于再生竹纤维集天然与人造纤维优点于一身，且具有天然的抗菌功能和抗紫外线功能，用其加工的功能性产品不会对皮肤产生任何过敏性反应，适合加工贴身衣物。该产品具有良好的服务效果和保健功能，其风格独特，吸湿性良好，具有手感柔软、悬垂性佳、穿着舒适凉爽和免熨烫的优良性能，为丝绸产品的开发增添新

的活力，竹纤维可以与蚕丝、人造丝、黏胶长丝、蛹蛋白黏胶长丝等多种原料交织，是制作各类高档内衣、春夏时装的理想原料。其织物经特殊工艺加工和整理后具有丝质感，可制作仿真丝绸产品，因其具有不缩水、色牢度好、挺括的特点，极大地改善了纯丝绸产品的缺陷，使丝绸产品更加时尚化。目前已开发有蚕丝/竹花绸、丝竹缎、丝竹绉、竹/蛹蛋白黏胶长丝织成的重绉、双乔绉、乔其、素绉缎竹丝弹力绉等产品。

总的看，再生竹纤维已有不同线密度的棉型、中长型、毛型品种，也有长丝，可供毛纺、棉纺、麻纺、绢纺以及丝绸和化纤行业选用。再生竹纤维已经广泛应用于机织和针织面料、针织毛衫内衣类，用于开发各类大圆机、横机、罗纹机产品。不仅如此，再生竹纤维还可用于生产医院的护士服、手术服、口罩、纱布、绷带、病人的床被等，也可用于生产各种装饰用品，如地毯、凉席、玩具、毛巾、浴巾、床单、被罩、窗帘、汽车坐垫等。

### 五、国内再生竹纤维产品现状

再生竹纤维最著名的商标是“天竹”。“天竹”纤维是利用我国自主创新的专利技术生产的天然的、绿色的、环保型的纺织原料，是世界上唯一的、利用可再生的竹资源制造的新型纤维素纤维。作为我国自主知识产权的产品，“天竹”纤维已经成为当今国内外纺织市场上的新亮点，得到了世界纺织行业的关注。目前“天竹”纤维已占据了国内90%多的竹纤维市场份额，成为知名新型纤维品牌，其织物正受到越来越多国内外消费者的青睐。“天竹”纤维已取得了很大的成绩，产品远销中国台湾省、日本、韩国、印度、巴基斯坦、土耳其、德国、法国、意大利、美国等国家和地区。而相关标准、方法的出台，也为“天竹”纤维的健康发展、成为世界纤维品牌提供了有力保证。

再生竹纤维作为一种新型纤维，其面料的独特特性正被越来越多的消费者接受，被越来越多的企业关注、采用，市场不断扩大。目前铜牛、红都、梦狐、如意、华纺、江苏AB、三枪、歌迪、佳朋、盛宇、蝶安芬、贝蕾莎、贝利爽、瑞亚高科、恒美、华帛、洁丽雅等知名服装、家纺、面料生产企业都在生产再生竹纤维产品。例如，上海纺织科学研究院与太仓市二棉实业有限公司共同研制开发了再生竹纤维系列纺织品，有牛仔布、T恤衫、床上用品等；吴江市八都建丰丝纺厂制成了再生竹丝面料；上海茂商纺织服饰有限公司与上海金山振丰毛纺织厂开发了再生竹纤维衬衣面料、毛涤再生竹纤维及再生竹纤维针织纱。

2006年“天竹”纤维的销售量是一万余吨，其中国内市场占58%，国际市场占42%。“天竹”纤维作为纤维素纤维的一种，最大的优点是拥有良好的服用性能。一般情况下，再生竹纤维产品比纯棉产品价格高一倍，与精梳棉产品价格差不多。尤其是采用了可以降低成本、保护环境的工业提取方式后，售价又有所下降，已相当于中档棉质产品。再生竹纤维的终端产品包括家纺、内衣、男女装等品类，在视觉上与普通服装没有差别，手感非常柔软，但其湿强度差，需要增加工艺处理，比如加入一些质感纤维，进行加接缝等骨架处理。而且现在已可以进行市场大批量生产，因此价格可以降下来。目前再生竹纤维产品的销售市场主要在南方，它

已经被越来越多的消费者接受。

“天竹”纤维的成分鉴别被业内人士称为世界难题，吉藁化纤通过与大专院校、检测机构合作，并通过大量的实验，发现竹纤维中含有一种特殊且稳定的物质，被称为竹元素。通过测量竹元素的含量及观察其横截面，可以准确无误地定性和定量鉴别“天竹”纤维的成分及含量，可以根据用户需要鉴别“天竹”纤维假冒伪劣产品，该技术的突破为天竹纤维的健康发展起到了积极的推动作用。同时，目前不少企业已解决了再生竹纤维湿度大、缩水问题，如铜牛、贝蕾莎、歌迪、佳朋纺织等。近几年，“天竹”纤维及产品得到了完善和提高，并且随着“天竹”纤维产业链的形成和联盟职能的发挥，“天竹”纤维的市场将会更加规范。相关产业链政策的出台也为天竹纤维的健康发展提供了有利保证，有理由相信“天竹”纤维正迈着矫健的步伐，向国际品牌昂首挺进，大步向终端市场迈进。

## 六、展望

再生竹纤维像其他新事物一样，自问世就受到纺织界的极大关注，诸多媒体和文献都称其为“会呼吸纤维”、“绿色环保纤维”，认为其具有不同于其他纤维的独特性能，当今再生竹纤维的生产和产品开发方兴未艾，部分产品已经叩开欧洲、日本等国家和地区的市场大门，国际纺织市场反映良好，出于商业上的需要，许多厂家更是对此寄予热望，极力推崇。对于再生竹纤维开发现状保持乐观态度的同时，许多业内人士认为，竹纤维的生产、研发还有许多问题值得探讨，如：再生竹纤维是否属于真正意义上的“绿色环保纤维”，其生产过程是否环保；其抗菌性及抗紫外线机理如何，与苧麻、亚麻等相比，除了资源优势外，性能上是否具有独特优势；与其他纤维混纺后，到底竹纤维混入量为多少时才能真正体现其抗菌、抗紫外性能等。总之，只有对再生竹纤维的生产工艺、纤维的结构、性能等进行系统的、实事求是的客观评价后，才能去伪存真，保证其研发沿着正确的道路进行，更好地利用我国丰富的竹资源，走可持续发展的道路。

## 第二节 再生竹纤维的制造

### 一、竹浆粕的制造流程和工艺要点

竹浆粕的制备有多种方法，例如朱长生等（专利号 CN1088129C）发明了一种竹浆粕的制备方法，同时宋德武等人（专利号 CN1974921A）对此方法进行了改进。现对该方法择要介绍如下。

#### （一）竹浆粕的制备流程及条件

备料→切料→筛选→洗料→预水解→洗料→蒸煮→倒料→洗涤→筛选→疏解→除砂→脱水浓缩→氯化→洗料→碱化→漂白→酸处理→洗涤→除砂→浓缩→抄造→竹浆粕。

#### （二）竹浆粕的制造工艺要点

（1）备料 将竹材切料后筛选、清洗；切料规格：长 20~30mm。

(2) 预水解、洗料 预水解在蒸煮器中进行, 预水解技术条件为: 液比 1 : (2.5~3.5), 温度 160~180℃, 时间 100~180min; 预水解完毕后带压排液, 然后用水冲洗。

(3) 蒸煮、倒料、洗料 蒸煮在蒸煮器中进行, 蒸煮技术条件为: 对于绝对干浆量, 以 NaOH 计总碱用量为 16%~26%, 液比 1 : (2.5~3.5); 升温总时间 150~240min, 小放汽次数 $\geq 2$  次, 第一次保温温度 130~150℃, 保温时间 60~120min, 第二次保温温度 155~175℃, 保温时间 120~240min; 蒸煮后倒料、洗料; 蒸煮质量为:  $\text{KMnO}_4$  值 4~10, 甲种纤维素 $\geq 95.5\%$ , 平均 DP (聚合度) $\geq 600$ 。

(4) 筛选 采用跳筛筛选。

(5) 疏解 在疏解机中轻刀疏解, 要求浆中无小浆团, 或由蒸煮器直接喷放。

(6) 除砂、浓缩 在除砂器中进行除砂, 技术条件为: 除砂浆浓 (0.7 $\pm$ 0.1)%, 除砂压力 $>0.28\text{MPa}$ ; 除砂后经浓缩机浓缩, 浆浓为 3.0%~3.5%。

(7) 氯化、洗料 在氯化塔中进行, 技术条件为: 氯化用氯量, 对于绝干浆量, 用氯量为 1.90%~2.22%, 占总用氯量 3.2%~3.7% 的 60%, 氯化浆浓 3.0%~3.5%, 氯化时间 40~60min, 氯化温度为常温, 氯化残氯 $\geq 0.20\text{g/L}$ , 氯化后 pH 值 $<2$ , 洗至浆液呈中性。

(8) 碱精制、洗料 在碱化塔或漂白机中进行, 技术条件为: 碱精制浆浓 $\geq 5.0\%$ , 用碱量相对于绝干浆量, 用碱量为 2.0%~5.0%, 碱精制温度 50~90℃, 碱精制时间 60~90min, 洗至残碱 $\leq 50\text{g/m}^3$ 。

(9) 漂白、洗料 在漂白机中进行, 技术条件为: 漂白用氯量, 相对于绝干浆量, 用氯量为 1.28%~1.48%, 占总用氯量 3.2%~3.7% 的 40%, 温度为 38~45℃, 漂白含碱量 $\leq 250\text{g/m}^3$ , 漂白时间 120~240min; 漂白质量要求: 白度 $\geq 75\%$ , 平均 DP $\geq 450$ , 黏度 $\geq 7.5\text{mPa}\cdot\text{s}$ , 甲种纤维素 $\geq 93\%$ , 洗至残碱 $\leq 50\text{g/m}^3$ 。

(10) 酸处理、洗料 酸处理在漂白机中进行, 技术条件为: 用酸量 (HCl) 2.0%~5.0% (对绝对干浆重), 时间 40~60min, 温度为常温; 酸处理后进行洗料, 水洗残酸 $\leq 0.20\text{g/L}$ 。

(11) 除砂、浓缩、抄造 在除砂器中进行除砂, 除砂后经浓缩机使浆液浓度为 3.0%~3.5%; 然后在抄浆机中进行抄造, 技术条件为: 定量 $\geq 400\text{g/m}^2$ , 水分 8.5%~13.0%。蒸煮的技术条件还设有硫化度 0.1%~2.8%, 蒽醌 0.1%~1.0%。

### (三) 竹材组分及制浆工艺

竹材为: 慈竹、黄竹、西风竹、水竹、鸡爪竹、绿竹、方竹等。竹子主要由纤维素、木质素、果胶和淀粉糖类组成, 其中纤维素含量为 40%~50%、木质素为 20%~30%、多戊糖为 16%~21%、灰分为 1%~3%。竹茎秆是制浆中的主要部分, 它是由茎秆和薄壁组织组成, 茎秆中有少量比例的表皮层, 其余部分是纵向排列的脉管状纤维束和包围着纤维素的薄壁组织。在纤维束中的木质素、薄壁组织、

竹节以及表皮等是制浆过程需要除去的主要物质。

竹浆粕的生产目的是脱除木质素，降低半纤维素、多戊糖含量（小于4%），保证纤维素含量在93%以上，调整纤维素聚合度，保证纤维强度，使之具有良好的反应能力。竹子中含有较多的木质素，采用碱法才能脱除，而多戊糖含量也较高，它不能在碱蒸煮过程中除去，必须在蒸煮前采用预水解法使竹片中半纤维素和多戊糖在蒸煮前水解溶出，同时预水解还能破坏纤维的胞壁，使其在制浆过程中便于脱离，提高浆粕反应能力，在预水解过程中木质素的化学键部分断裂，可溶出一定量木质素。这样经预水解-碱法蒸煮后制得的竹浆粕中甲种纤维素含量为93%，平均聚合度为600~700，达到黏胶纤维浆粕要求。

#### （四）竹浆粕制造工艺的改进

对上述（一）之所述的改进是按下述方式进行的。

（1）备料 将竹材按照横截面切片为马蹄形状，将竹材按照与其中轴线呈 $10^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 夹角进行斜切，切片截面间距为20~40mm。

（2）预水解 将备料后的竹片放置于处理器中，放入水或酸性溶液作为水解液，液比为1: (3.5~4.0)，保持压力0.65~0.75MPa，时间保持100~150min，然后排液。

（3）蒸煮 向蒸煮器中加入碱，用碱量为以NaOH计绝干浆量20%~30%，液比1: (3.5~4.0)，在压力0.65~0.75MPa下蒸煮；蒸煮100~150min。

（4）除砂 所得浆料在除砂器中除砂，除砂浆浓度为0.7%~1.5%，除砂压力为0.20~0.35MPa。

（5）漂白 除砂后的浆料在含碱60~150g/m<sup>3</sup>的条件下，进行一段或二段漂白；所述的一段漂白是指在上述一段漂白之后进行二段漂白，二段漂白的温度为40~45℃，含氮量为0.15~0.30g/L；漂白时间为30~180min。

漂白后的浆料经酸处理，水洗残酸量小于0.20g/L，浓缩，抄造，得浆粕。

#### （6）工艺说明

① 采用马蹄形切料方式备料，使原料竹片的单位质量表面积增大，同时，由于竹材切片时按照与竹材中轴线呈一定角度的方式进行斜切，使竹茎干截面上相同管状纤维束对应的切面增大，在预水解和蒸煮过程中，有利于水解液和蒸煮液快速渗透，提高了预水解和蒸煮效果，加快了可溶物的溶出速率，蒸煮的质量比较好，聚合度比较均匀，初生壁破坏得充分，甲种纤维素的纯度也比较高，可以去掉氯化或碱精制工序，生产出来的浆粕能满足纺丝的要求，同时亦可减少蒸煮之后的筛选、疏解等步骤。

② 预水解温度优选在165~175℃进行。

③ 在蒸煮中，加入的蒸煮剂可以是NaOH或Na<sub>2</sub>O，用碱量相对于干竹原料而言；还可以再加入Na<sub>2</sub>S，加入Na<sub>2</sub>S后，碱液的硫化度应为15.0~25.0。由于竹的结构紧密，细胞壁厚，杂细胞含量高，且外表面有一层脂肪蜡质，在蒸煮时，加入Na<sub>2</sub>S可以加快蒸煮速度，使木质素溶出速率增加。加入的蒸煮剂优选NaOH

和  $\text{Na}_2\text{S}$ 。

④ 一段漂白漂液为次氯酸盐漂液，漂白时间为 30~180min，优选时间为 60~120min。二段漂白时，漂液与一段漂白相同，漂白时间为 30~180min，优选时间为 40~100min。二段漂白的增加，可以使浆料中的残余木质素尽可能地溶出；同时，由于采取两段漂白，使得整个漂白过程的强度温和，减少了对纤维素的降解影响。

## 二、再生竹纤维的制造工艺流程和工艺要点

### （一）制造实例一

#### 1. 再生竹纤维的制造工艺流程

竹浆粕浸碱→粉碎→碱纤维素→磺化 ( $\text{CS}_2$ )→熟成→黏胶液→湿法纺丝成形→牵伸→后处理→竹浆纤维。

#### 2. 再生竹纤维的制造工艺要点

浸渍工序：温度  $40^\circ\text{C}$ ，时间 40min，碱的浓度 230g/L；熟成工序：温度  $16^\circ\text{C}$ ，时间 300min，黏度  $45\text{mPa}\cdot\text{s}$ ；磺化工序：二硫化碳加入量（对碱纤维素质量）34%，磺化时间 120min，初温  $20^\circ\text{C}$ ，终温  $32^\circ\text{C}$ ；后溶解工序：溶解温度  $10^\circ\text{C}$ ，溶解时间 130min；纺丝工序：经过过滤脱泡后的黏胶在连续纺丝机上纺丝，凝固浴的组成，硫酸含量为 160g/L，硫酸钠为 240g/L，硫酸锌为 9g/L，温度为  $60^\circ\text{C}$ ，纺丝速度为 180m/min，水洗温度为  $60^\circ\text{C}$ ，水洗流量为 600mL/min。烘干温度为  $105^\circ\text{C}$ 。

成品质量指标：干断裂强度 1.78cN/dtex，湿断裂强度 0.98cN/dtex，干断裂伸长 14.8%，干伸 CV 值 4.22%，线密度 132dtex，线密度偏差约 1.0%，线密度 CV 值 0.18%，单丝根数为 30 根，单丝根数偏差 0，残留量 21.5mg/100g，含油率 0.72%，染色均匀度 3.5 级，等级为一等。

### （二）制造实例二

王小波等人（专利号 CN1232684C）发明了另一种再生竹的制造工艺，现择要介绍如下。

#### 1. 再生竹纤维的制造工艺流程

投入竹浆粕原料→碱液浸渍→压榨→粉碎→老成→冷却→计量→磺化→后溶解→混合→一道过滤→二道过滤→脱泡→三道过滤→纺丝酸浴纺丝→酸碱油精炼→烘干→调湿→成筒→分级→成品。

#### 2. 再生竹纤维的制造工艺要点

（1）碱液浸渍工序中，加入 1% 助剂，其助剂为  $\text{LV}_3$ 。

（2）磺化工序中，按甲种纤维（甲纤）质量的 39%~41% 加入  $\text{CS}_2$ 。

（3）黏胶工艺参数 甲纤：8.08%~8.28%；烧碱：5.65%~5.85%；黏度：28~40s；熟成度：9.0%~11.0%（10%  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ）。

（4）纺丝酸浴工艺参数 硫酸：129~133g/L；硫酸锌：10.5~11.5g/L；硫酸钠：265~275g/L；浴温度：50~51 $^\circ\text{C}$ 。



(5) 酸碱油精炼工艺参数 脱硫浴温度：52～55℃；脱硫浴浓度：4.0～4.4g/L；酸洗温度：常温；酸洗浓度：2.4～2.7g/L；上油浓度：0.7～1.0g/L；上油温度：常温。

## 第三节 再生竹纤维的结构和性能

### 一、再生竹纤维的结构

#### (一) 分子结构

##### 1. 分子结构

再生竹纤维是再生纤维素纤维中的一种，它的原料主要来自于竹材中的天然纤维素。

纤维素由碳、氢、氧三种元素组成，其中碳为 44.44%，氢为 6.17%，氧为 49.39%。碳、氢、氧元素组成  $\beta$ - (D) - (+) 葡萄糖  $(C_6H_{12}O_5)_n$ ， $n$  个葡萄糖之间以 1,4-苷键连接而形成纤维素分子  $-(C_6H_{12}O_5)-$ 。再生竹纤维中纤维素结构与棉相似，但天然纤维素（棉、麻等）分子量较大，而再生纤维素分子量较小。在纤维制造过程中，原料经过纯化、漂白、水解等过程，分子量变小。再生竹纤维分子聚合度一般约为 450～550。

##### 2. 再生竹纤维与黏胶纤维的比较

从图 1-1 可以看出，黏胶纤维在  $890cm^{-1}$  处为  $CH_2$  摇摆振动特征吸收带； $3450\sim3250cm^{-1}$  处为  $-OH$  伸缩振动吸收带（强度较大）； $2900cm^{-1}$  处为饱和  $C-H$  伸缩振动吸收带； $1650cm^{-1}$  处为因纤维素纤维吸收水分产生  $H-O-H$  吸收带； $1430\sim1370cm^{-1}$  处为结晶吸收带、 $CH$  弯曲振动吸收带； $1060\sim970cm^{-1}$  处为  $C-O-C$  伸缩振动吸收带； $650cm^{-1}$  处为  $-OH$  面外弯曲振动。

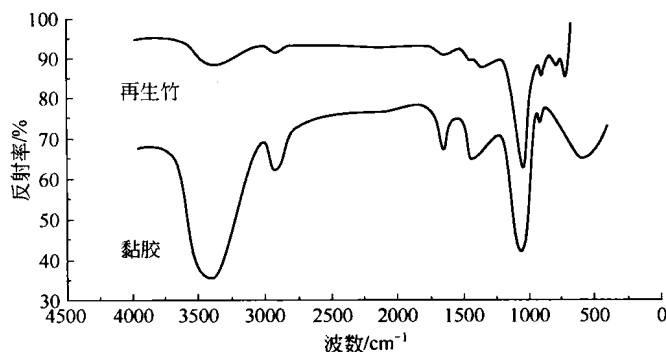


图 1-1 再生竹纤维与黏胶纤维谱图比较

再生竹纤维则与黏胶纤维基本相似，分别在  $3450\sim3250cm^{-1}$ 、 $2900cm^{-1}$ 、 $1650cm^{-1}$ 、 $1430\sim1370cm^{-1}$ 、 $1060\sim970cm^{-1}$ 、 $890cm^{-1}$  出现吸收峰。

两者对比：①再生竹纤维在  $3450\sim3250cm^{-1}$  处的一  $-OH$  吸收峰比黏胶纤维明

显弱；②再生竹纤维在  $890\text{cm}^{-1}$  处也出现与黏胶纤维相同的特征吸收峰；③再生竹纤维在  $775\text{cm}^{-1}$ 、 $709\text{cm}^{-1}$  处出现两个连续的特征吸收峰；④再生竹纤维在整个波段上的反射率明显高于黏胶纤维。

## （二）形态结构

### 1. 再生竹纤维与黏胶纤维纵向形态结构分析与比较

杜卫平曾对再生竹的形态结构进行了详细的研究。他选取  $1.67\text{dtex}\times 38\text{mm}$  再生竹纤维和黏胶纤维进行纵向截面和横向截面制样，通过扫描电子显微镜观察纤维的纵向表面形态和横截面形态特征，结果如图 1-2、图 1-3。

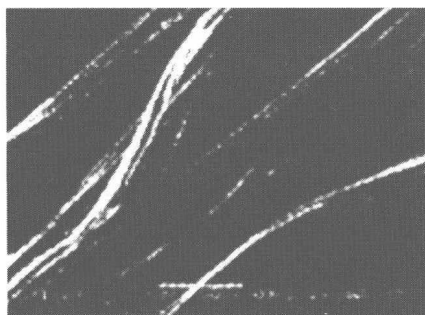


图 1-2  $1.67\text{dtex}\times 38\text{mm}$  黏胶纤维纵向表面形态 (500 倍)

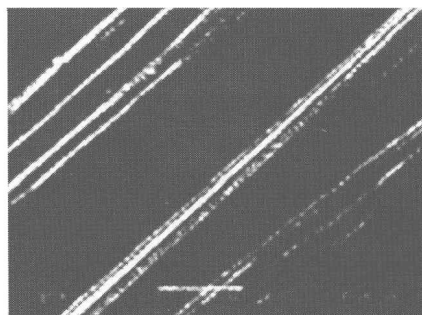


图 1-3  $1.67\text{dtex}\times 38\text{mm}$  再生竹纤维纵向表面形态 (500 倍)

从图 1-2 及图 1-3 可以看出，显微镜放大 500 倍时，再生竹纤维和黏胶纤维中微原纤、原纤的尺寸大体与棉纤维接近，但微原纤和原纤的排列方向没有棉纤维的整齐。黏胶纤维和再生竹纤维的取向度均较低，非晶区较多。从图 1-3 可知再生竹纤维纵向表面笔直，无扭转，沿纤维纵向的平行沟槽细密，而图 1-2 中黏胶纤维纵向表面部分微弯，有扭转，这种扭转是纤维本身具有的，而非卷曲现象。同时，黏胶纤维沿纵向平行沟槽也较再生竹纤维多，可以明显看到黏胶纤维不同于再生竹纤维的纵向截面形态。表现在宏观上，黏胶纤维的手感较再生竹纤维略柔软。放大倍数为 5000 时，再生竹纤维与黏胶纤维纵向沟槽的扫描电子显微镜照片见图 1-4、图 1-5。

从图 1-4 与图 1-5 可以看出，在较高放大倍数下，再生竹纤维和黏胶纤维的纵向均存在深浅不一的沟槽，这些沟槽有的浅浮在表面，造成凹凸不平的外观，有的深入其内部，造成一根纤维上有较大裂缝，这些较大的裂缝不仅形成纤维外观风格上的特征，也会影响到黏胶纤维和再生竹纤维的强伸性能，这也是黏胶纤维与再生竹纤维的拉伸强力均较低的原因之一。

### 2. 再生竹纤维与黏胶纤维横截面形态结构分析与比较

再生竹纤维和黏胶纤维中没有日轮层，不分初生层和次生层。但是由于纺丝凝固条件的影响，一般表皮层和内芯层的结构有相当的区别。表皮层大分子的取向度较高，结晶区颗粒小，结晶度较低；内芯层大分子取向度较低，结晶区颗粒较大，结晶度较高。由纤维的横截面图观察到纤维表皮层和内芯层的差异，纤维表皮层的