



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

现代纺织测试技术



XIANDAI FANGZHI
CESHI JISHU

张毅 李树锋 主编




 中国纺织出版社



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

现代纺织测试技术

张毅 李树锋 主编

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了纺织材料概况、实验室分离与纯化技术、电子显微测试技术、热性能测试技术、紫外—可见分光光度法测试技术、红外吸收光谱与拉曼光谱测试技术、X射线光谱法测试技术、色谱分析法测试技术,以及相应技术在纺织材料微观结构和性质检测实验中的实践等。本书系统论述纺织工程领域对纺织材料进行内部结构与性能检验的主要测试原理、测试方法、测试仪器,以及数据分析与图谱解析方法。

本书可作为纺织工程专业商品检验方向的教材,也可作为服装工程专业、染整专业等的教材,也可供从事纺织商品检验技术工作者、科研人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代纺织测试技术/张毅,李树锋主编.—北京:
中国纺织出版社,2017.4

“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材
ISBN 978-7-5180-3353-9

I. ①现… II. ①张… ②李… III. ①纺织品—
质量检验—高等学校—教材 IV. ①TS107

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 040412 号

责任编辑:王军锋 责任校对:王花妮
责任设计:何建 责任印制:何建

中国纺织出版社出版发行
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
E-mail:faxing@c-textilep.com
中国纺织出版社天猫旗舰店
官方微博 http://weibo.com/2119887771
北京市密东印刷有限公司印刷 各地新华书店经销
2017年4月第1版 2017年4月第1次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:18
字数:337千字 定价:52.00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

Preface

为贯彻和落实教育部“十三五”课程改革和教材建设规划，着眼于我国当前纺织行业面临的结构调整和转型升级，对与国际接轨、具有国际化检测视野并熟悉新型纺织材料检测技术的检验人才提出了新的要求。为培养符合社会和市场需求的新型纺织检验专业人才，编写了本教材。

本教材以新型纺织材料检测技术手段为主线，对纺织材料检测所涉及的原料、实验室分离手段及常见的纺织材料检测技术进行了阐述。主要教学知识点以概述的形式将本章的学习要求传达给学生。选取与纺织行业相关的新型测试技术，并考虑纺织专业学生的知识背景，主要介绍新型纺织测试技术的基本原理、影响因素和发展现状，内容通俗易懂。此外，为使学生们能够通过本课程的学习，进一步了解国际检测技术的发展前沿和现状，初步培养学生阅读科技文献、获取英文科技信息的能力。本教材在主要知识点后都增加了英文表述，不仅使教材具有了中英双语学习的特点，而且便于同学们自主学习与掌握。

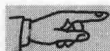
本教材的主要内容有八章，建议学时为45学时。主要章节及学时分配如下：纺织材料概述（2学时）、实验室分离与纯化技术（3学时）、电子显微测试技术（6学时，含2学时实验）、热性能测试技术（6学时，含2学时实验）、紫外—可见分光光度法测试技术（6学时，含2学时实验）、红外吸收光谱与拉曼光谱测试技术（6学时，含2学时实验）、X射线光谱法测试技术（6学时，含2学时实验）、色谱分析法测试技术（8学时，含2学时实验），考核与测试（2学时）。

本教材第一至第三章由张毅编著，第四至第八章由李树锋编著；附录一至附录六由张昊编著；全书由张毅修改、主审。

本教材在编写过程中，得到了校院主管教学部门的大力支持与帮助，也得到了黎淑婷、张转玲等同学的帮助。在编写过程中还参考了国内外专家、教师的一些著作和资料，吸取了很多有益内容，在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请有关专家、读者批评指正。

编者
2017年1月



课程设置指导

本课程设置意义

现代纺织测试技术是纺织工程专业纺织商品检验方向本科生一门重要的专业课程。内容主要包括实验室分离与纯化技术、电子显微测试技术、热性能测试技术、紫外—可见分光光度法测试技术、红外吸收光谱与拉曼光谱测试技术、X射线光谱法测试技术、色谱分析法测试技术，以及相应技术在纺织材料微观结构和性质检测中的实验实践。通过本门课程的学习，使学生较为系统地掌握现代纺织测试技术的专业知识，了解现代纺织测试技术在纺织材料微观结构和性质检验中的重要性。

本课程教学建议

现代纺织测试技术作为纺织工程专业纺织商品检验方向本科生必修课程，建议安排45学时，其中课堂理论教学30学时，现场观摩和实验实践15学时。在课堂理论教学中以电子显微测试技术、热性能测试技术、紫外—可见分光光度法测试技术、红外吸收光谱测试技术、X射线光谱法测试技术、色谱分析法测试技术为本课程重点内容，其他部分可作为学生自学内容。

本课程教学目的

通过本课程学习，使学生了解和掌握检验纺织材料内部结构与性能的现代纺织测试技术，通过了解分析仪器设备的主要技术与方法、测试原理，掌握分析仪器设备使用与初步的数据分析及图谱解析方法，重点培养学生选择与利用大型仪器分析纺织材料结构与性能的思维方法和初步的图谱解析能力、逻辑分析能力与创新思维能力，为后续学习相关专业课程、参与完成大学生创新创研项目打下必要的基础。

目录

Contents

第一章

纺织材料概述 / 1

第一节 天然纤维 / 2

- 一、天然短纤维 / 2
- 二、天然长纤维 / 12

第二节 再生纤维 / 14

- 一、再生纤维素纤维 / 15
- 二、再生蛋白质纤维 / 17
- 三、再生甲壳质纤维与壳聚糖纤维 / 21
- 四、海藻纤维 / 22

第三节 半合成纤维 / 22

- 一、醋酸纤维 / 22
- 二、聚乳酸纤维 / 23

第四节 有机合成纤维 / 24

- 一、聚酯纤维 / 24
- 二、聚酰胺纤维 (PA) / 25
- 三、聚丙烯纤维 (PP) / 26
- 四、聚丙烯腈纤维 (PAN) / 26
- 五、聚乙烯醇缩甲醛纤维 (PVA) / 27
- 六、聚氯乙烯纤维 (PVC) / 27
- 七、聚四氟乙烯纤维 / 28
- 八、聚氨酯纤维 (PU) / 28

九、超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) / 29

第五节 无机纤维 / 29

- 一、石棉纤维 / 29
- 二、玻璃纤维 / 30
- 三、金属纤维 / 31
- 四、陶瓷纤维 / 32
- 五、碳纤维 / 33
- 六、碳化硅纤维 / 34
- 七、玄武岩纤维 / 34
- 八、硼纤维 / 34

思考题 / 35

第二章

实验室分离与纯化技术 / 37

第一节 分析测试方法的分类 / 38

- 一、分析任务的分类 / 38
- 二、分析方法选择的一般原则 / 39

第二节 有机合成实验室基础知识 / 40

- 一、安全知识 / 40
- 二、有机合成实验常用仪器 / 41
- 三、各类有机实验废液及其处理注意事项 / 44

第三节 有机化合物分离与纯化技术 / 45

- 一、结晶与重结晶 / 45
- 二、蒸馏与减压蒸馏 / 46
- 三、萃取 / 53
- 四、升华 / 57

思考题 / 58

第三章

电子显微分析技术 / 59

第一节 电子光学基础 / 60

- 一、显微镜的分辨率极限 / 60
- 二、磁透镜 / 61
- 三、电磁透镜和电磁透镜成像 / 63
- 四、电子与物质的相互作用 / 66

第二节 透射电子显微镜 / 69

- 一、透射电子显微镜的基本结构 / 69
- 二、透射电子显微镜的成像原理 / 75
- 三、样品制备 / 79
- 四、透射电子显微镜的应用 / 83
- 五、透射电子显微镜的特点 / 85

第三节 扫描电子显微镜 / 85

- 一、扫描电子显微镜成像原理 / 86
- 二、扫描电子显微镜的基本结构 / 86
- 三、扫描电子显微镜的主要性能指标 / 89
- 四、扫描电子显微镜的成像衬度原理及其应用 / 90
- 五、扫描电子显微镜的制样 / 92
- 六、扫描电子显微镜图像常出现的质量问题 / 93
- 七、电子探针 X 射线显微分析 / 94
- 八、扫描电子显微镜的分类 / 97

第四节 扫描探针显微镜 / 99

- 一、扫描探针显微镜的基本原理 / 99

二、扫描隧道显微镜 / 101

三、原子力显微镜 / 105

四、其他扫描探针显微镜显微技术 / 111

五、扫描探针显微镜应用 / 113

思考题 / 117

第四章

热性能测试技术 / 119

第一节 热分析技术概述 / 120

第二节 差热分析 / 122

- 一、基本原理 / 122
- 二、差热分析仪 / 123
- 三、差热曲线 / 124
- 四、影响差热曲线的因素 / 126

第三节 差式扫描量热法 / 126

- 一、差示扫描量热仪与差热分析的比较 / 127
- 二、差示扫描量热的工作原理 / 127
- 三、差示扫描量热曲线分析 / 129
- 四、影响差示扫描量热曲线的因素 / 129
- 五、差热分析仪与差示扫描量热技术的应用 / 130

第四节 热重分析 / 133

- 一、热重分析法的分类 / 133
- 二、热重曲线 / 133
- 三、热重分析仪 / 134
- 四、影响热重分析曲线的因素 / 135
- 五、热重分析的应用 / 136

第五节 热机械分析 / 139

- 一、基本原理 / 139
- 二、热机械分析仪 / 140
- 三、热机械分析仪的测量模式 / 141
- 四、TMA 应用 / 143

第六节 动态热机械分析 / 145

- 一、DMA 测量原理 / 146
- 二、DMA 测量模式 / 149
- 三、动态热机械分析仪 (DMA) / 150
- 四、典型的动态热机械分析仪曲线 / 151

思考题 / 153

第五章

紫外—可见分光光度法测试技术 / 155

第一节 分子吸收光谱和有机化合物的紫外吸收光谱 / 156

- 一、分子吸收光谱 / 156
- 二、紫外吸收光谱 / 158
- 三、紫外光谱术语 / 159

第二节 紫外—可见光谱中的吸收带与样品的颜色 / 161

- 一、可见光的颜色 / 161
- 二、紫外—可见光谱中的吸收带 / 162

第三节 紫外—可见光谱 / 164

- 一、光的吸收定律 / 164
- 二、吸光度的加和性与吸光度的测量 / 165
- 三、溶剂对紫外吸收的影响 / 166
- 四、紫外—可见分光光度计 / 167

第四节 紫外—可见光谱的应用 / 169

- 一、定性分析 / 169
- 二、纯度检查 / 169
- 三、定量测定 / 170
- 四、有机化合物分子结构推断 / 170
- 五、配合物组成及其稳定常数的测定 / 171
- 六、光度滴定法 / 171
- 七、酸碱离解常数的测定 / 172
- 八、氢键强度的测定 / 173
- 九、动力学反应速率的测定 / 173

思考题 / 173

第六章

红外吸收光谱与拉曼光谱法测试技术 / 175

第一节 红外吸收光谱法概述 / 176

- 一、红外光区的划分 / 176
- 二、红外光谱图 / 176
- 三、红外吸收光谱的特点 / 177

第二节 红外光谱原理 / 177

- 一、红外光谱产生的条件 / 177
- 二、红外吸收光谱与分子结构的关系 / 181

第三节 常见官能团的特征基团频率及影响基团频率位移的因素 / 183

- 一、主要基团的特征吸收峰 / 183
- 二、各类有机化合物的红外光谱 / 184

第四节 红外光谱仪及其应用 / 193

- 一、红外光谱仪的构造 / 193
- 二、制样 / 195
- 三、红外光谱的应用 / 196

第五节 拉曼光谱 / 197

- 一、拉曼光谱原理 / 197
- 二、拉曼光谱与红外光谱的关系 / 198
- 三、拉曼光谱图 / 199
- 四、拉曼光谱仪 / 199
- 五、拉曼光谱的应用 / 201

思考题 / 202

第七章

X 射线光谱法测试技术 / 203

第一节 X 射线光谱法概述 / 204

- 一、初级 X 射线的产生 / 204

二、X 射线谱 / 205

三、X 射线的特性 / 206

第二节 X 射线吸收法 / 207

一、X 射线吸收法 / 207

二、X 射线吸收谱 / 208

三、应用 / 209

第三节 X 射线荧光光谱 / 210

一、X 射线荧光光谱分析的基本原理 / 210

二、X 射线荧光分析方法 / 211

三、X 射线荧光光谱仪的分类 / 213

四、X 射线荧光光谱仪的主要组成 / 214

五、X 射线荧光光谱仪的发展 / 215

六、X 射线荧光光谱仪的应用 / 216

第四节 X 射线散射与衍射 / 216

一、X 射线的散射 / 216

二、X 射线的衍射现象 / 217

三、X 射线衍射的基本原理 / 218

四、X 射线衍射分析 / 222

第五节 小角 X 射线散射 / 228

一、小角 X 射线散射的研究对象 / 228

二、小角 X 射线散射基本理论 / 229

三、小角 X 射线散射的两个重要定理 / 230

四、小角 X 射线散射仪 / 231

五、小角 X 射线散射方法的特点 / 231

六、小角 X 射线散射方法的应用 / 231

思考题 / 232

第八章

色谱分析法测试技术 / 233

第一节 色谱学概述 / 234

一、色谱的构成 / 234

二、色谱分离的基本原理 / 234

三、色谱基本参数与色谱流出时间参数 / 236

四、色谱的分类 / 238

五、色谱分析法的特点 / 239

第二节 气相色谱 / 240

一、气相色谱仪 / 240

二、气相色谱分离操作条件的选择 / 244

第三节 高效液相色谱 / 248

一、高效液相色谱的特点 / 248

二、高效液相色谱仪的结构流程及主要部件 / 249

三、高效液相色谱的分离类型 / 251

第四节 其他常见的色谱分离方法 / 253

一、薄层色谱 / 253

二、超临界流体色谱 / 255

三、毛细管电泳 / 257

第五节 色谱定性与定量分析 / 259

一、色谱定性鉴定方法 / 259

二、色谱定量鉴定方法 / 259

思考题 / 261

参考文献

附录

附录一 利用扫描电子显微镜观察纤维形态 / 266

附录二 聚合物材料的差示扫描量热 (DSC) 法分析实验 / 268

附录三 紫外—可见光谱分析水中苯酚的含量 / 271

附录四 利用 KBr 晶体压片法测定苯甲酸的红外吸收光谱 / 273

附录五 X 射线衍射实验 / 274

附录六 薄层色谱的应用 / 276

第一章

纺织材料概述

本章知识点

1. 天然纤维的分类及其主要形态特征和性质。
2. 再生纤维的分类及其主要形态特征和性质。
3. 半合成纤维的分类及其主要形态特征和性质。
4. 有机合成纤维的分类及其主要形态特征和性质。
5. 无机纤维的分类及其主要形态特征和性质。

第一节 天然纤维

一、天然短纤维

(一) 植物纤维

植物纤维的主要组成物质是纤维素，还有果胶、半纤维素、木质素、脂蜡质、水溶物、灰分等。根据纤维的生长部位不同，植物纤维可分为四大类：种子纤维、韧皮纤维、叶纤维和维管束纤维。

1. 种子纤维 种子纤维来源于热带、亚热带和温带气候生长的植物种子中的纤维状物质，主要包括棉纤维和木棉纤维。

(1) 棉纤维。棉是一年生草本植物。中国、印度、埃及、秘鲁、巴西、美国等为世界主要棉纤维产地。我国的产棉区集中在黄河流域、长江流域、华南、西北和东北等地区。

按照棉的色泽，棉纤维可分为白色棉和彩色棉。白色棉又分为白棉、黄棉和灰棉。白棉是正常成熟的棉花，色泽呈洁白、乳白或淡黄色，是棉纺厂使用的主要原料。黄棉和灰棉属于低级棉，棉纺厂很少使用。

彩色棉又称有色棉，分为两类。一类是自然生长的含有色素的野生或原始彩色棉，另一类是运用转基因技术或“远缘杂交”等现代生物工程技术人工培育出来的彩色棉。原始天然彩棉的种植和使用历史比白棉早。远在几千年前，秘鲁土著民族就曾种植和使用过彩棉。我国明清时代在江南地区生产的以棕棉织物为代表的“紫花布”（棕棉开的是紫色花）因以南京为集散地大量出口到欧洲，又称为“南京布”。人类有计划地进行彩棉的育种和研究工作始于20世纪60年代。我国目前已培育出37个质量比较稳定的天然彩棉品种，占世界41个天然彩棉品种的90%。我国生产的彩色棉有浅绿色、绿色、浅棕色和棕色四种。由彩色棉加工的纺织品不需要染色，生产过程绿色无污染。另外，彩色棉的抗虫害、耐旱性好。不足之处是，彩色棉的纤维素含量少于白棉，产量较低；彩色棉纤维长度偏短，强度偏低，可纺性差；彩色棉色素不稳定，加工和使用过程中易发生色泽变化。

棉纤维主要由纤维素、半纤维素、木质素、蜡质、果胶、蛋白、灰分等组成。纤维素是由许多 β -D-吡喃葡萄糖基以(1,4)- β -苷键连接的天然线性高分子。纤维素的化学式为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ， n 为聚合度。棉纤维的聚合度为6000~15000。X-射线法测得的棉纤维结晶度

为 65%~72%。纤维素大分子中的苷键对酸十分敏感，对碱则相当稳定。因此，纤维素耐碱不耐酸。半纤维素是一群复合聚糖的总称，其分子链短，大多有短的侧链。侧链的糖基是由两种或两种以上单糖组成的多聚糖。木素由木脂素和木质素组成，是支撑植物生长的主要物质。果胶、木素和半纤维素一起作为细胞间质填充在细胞壁的巨原纤之间。蜡质俗称棉蜡，是棉纤维表面保护纤维的物质，具有防水作用。细胞腔中原生质、细胞核等蛋白质在干涸后附着在内腔壁面上。此外，高聚物生物聚合中依赖于某些金属元素的整合，这些金属元素在处理中形成的氧化物等，称为灰分。

成熟白棉与彩棉的化学组成见表 1-1。彩棉的纤维素含量小于白棉，半纤维素含量较高，这是造成彩棉纤维短、可纺性差的原因。彩棉的蜡质含量较白棉高，使彩棉纤维拒水性很强，未经处理的彩棉毛效为 0。彩棉的果胶含量较白棉低，因此细胞壁之间的抱合力较低，强度差，易于起毛。

表 1-1 成熟白棉与彩棉的化学组成比较

组成物质	纤维素 (%)	半纤维素 (%)	木质素 (%)	蜡质 (%)	果胶 (%)	灰分 (%)	蛋白质 (%)
白棉	94.0~96.0	1.5~2.5	—	0.2~1.0	1.0~1.5	0.8~1.8	0.8~1.5
棕棉	85.0~93.0	5.0~7.0	2.0~3.0	0.3~1.5	0.4~1.2	2.0~2.3	2.0~2.5
绿棉	80.0~90.0	7.0~8.0	2.5~3.5	4.0~1.5	0.5~1.3	1.8~2.0	2.5~3.5

彩棉和白棉纤维的形态结构如图 1-1 所示。

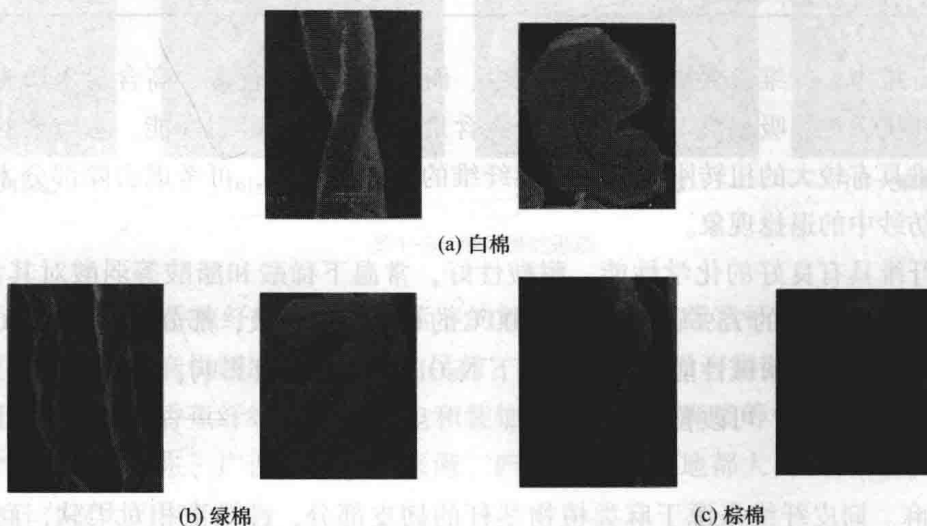


图 1-1 彩棉和白棉纤维的形态结构

(2) 木棉。木棉纤维的纵向呈薄壁圆柱形，表面有微细凸痕，无扭曲；纤维截面为圆形或椭圆形，纤维的中空度高，胞壁薄，接近透明。木棉纤维表面有较多的蜡质，使纤维光滑、不吸水、不易缠结，并具有驱螨虫效果。

木棉纤维具有独特的薄壁、大中空结构，如图 1-2 所示。



图 1-2 木棉纤维的形态结构

木棉纤维的结晶度为 33%，棉纤维的结晶度为 54%。木棉纤维的结构较棉纤维松散，孔隙率较棉纤维高。

木棉纤维由纤维素、木质素、蜡质、灰分等组成，其表面富含蜡质，因而光滑不吸水，不易弯曲，亦可防虫。表 1-2 为木棉和棉纤维的化学组成及其性能比较。

表 1-2 木棉和棉纤维的化学组成及其性能比较

纤维	化学组成 (%)					化学性质
	纤维素	木质素	蜡质	果胶	其他非纤维性物质	
木棉	65	13	0.8	0.4	20.8	耐碱，耐弱酸，耐稀酸
棉	94	0	0.6	1.2	4.2	较耐碱，不耐酸

木棉纤维中，纤维素含量远比棉纤维少，而木质素含量较多。高含量木质素使木棉纤维具有天然抗菌性、吸水快干、天然无机物含量高和优良的吸附性能。木质素的存在也导致木棉纤维具有较大的扭转刚度。在木棉纤维的纺纱过程中，可考虑去除部分木质素，以避免其在纺纱中的退捻现象。

木棉纤维具有良好的化学性能，耐酸性好，常温下稀酸和醋酸等弱酸对其没有影响。木棉纤维溶解于 30℃ 的 75% 硫酸溶液和 100℃ 的 65% 硝酸溶液，部分溶解于 100℃ 的 35% 盐酸溶液。木棉纤维的耐碱性能良好，常温下 NaOH 对木棉没有影响，在适当条件下用 NaOH 对木棉纤维进行处理，可改善其力学性能。

2. 韧皮纤维

(1) 麻。韧皮纤维来源于麻类植物茎秆的韧皮部分，纤维束相对柔软，商业上称为“软质纤维”。韧皮纤维多属于双叶子草本植物，主要有苧麻、亚麻、黄麻、汉（大）麻、槿（洋）麻、红麻、罗布麻等。

所有麻纤维均为纤维素纤维，基本化学成分是纤维素，此外还有果胶质、半纤维素、木质素、蜡质等非纤维物质（统称为“胶质”），它们均与纤维素伴生在一起。各组成物质的比例因韧皮纤维的品种而异。韧皮纤维的非纤维素成分含量较棉纤维高，其中，半纤维素、木质素对纤维素力学性能和染色效果有较大影响。

麻纤维大分子的聚合度在 10000 以上,其中亚麻的聚合度大于 30000,较其他纤维素纤维有更长的大分子链、更高的干湿态强度。麻纤维的结晶度和取向度很高,麻纤维的强度高、伸长小、柔软性差,呈现硬而脆的特点。

各种麻纤维的化学成分见表 1-3,其纤维素含量均在 75%左右。

表 1-3 韧皮麻纤维的化学成分

纤维 \ 组成 (%)	纤维素	半纤维素	木质素	果胶	蜡质	灰分
苧麻	65~75	14~16	0.8~1.5	4~5	0.5~1.0	2~5
亚麻	70~80	12~15	2.5~5	1.4~5.7	1.2~1.8	0.8~1.3
汉麻	58.16	18.16	6.21	6.55	2.66	0.81
黄麻	64~67	16~19	11~15	1.1~1.3	0.3~0.7	0.6~1.7
槿麻	70~76	—	13~20	7~8	—	2

所有韧皮纤维的单纤维都为单细胞,外形细长,两端封闭,有胞腔。截面呈椭圆或多角形,径向呈层状结构。麻纤维的形态如图 1-3 所示。

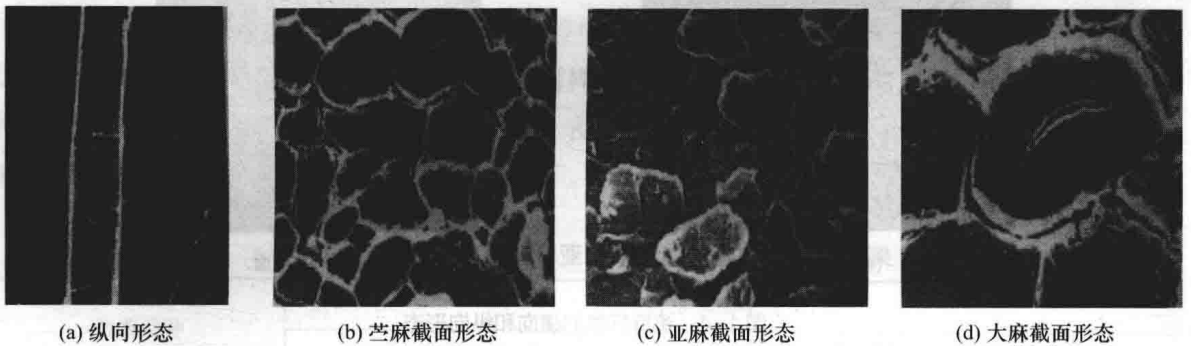


图 1-3 麻纤维的形态

(2) 香蕉纤维。香蕉纤维存在于香蕉茎的韧皮中。将香蕉茎秆用切割机切断,手工将茎秆撕成片状,用刮麻机制取香蕉纤维。目前,香蕉纤维还没有得到大规模的开发与利用。印度采用手工剥制的香蕉纤维生产手提包和装饰品、绳索和麻袋等包装用品。我国的香蕉资源非常丰富,在广东、广西、福建、海南、四川、云南等地都大面积种植,开发和利用香蕉纤维具有很大的资源潜力。

香蕉纤维的化学组成为纤维素、半纤维素、木质素、灰分和水溶性物质,其中纤维素含量为 58.5%~76.1%,半纤维素含量为 28.5%~29.9%,木质素含量为 4.8%~6.13%,灰分为 1.0%~1.4%,水溶性物质为 1.9%~2.16%。香蕉纤维的纤维素含量低于亚麻和黄麻,纤维的光泽、柔软性、弹性和可纺性略差。

香蕉纤维的结晶度约为 44%,取向角 14° ,略低于亚麻。

香蕉纤维具有麻类纤维的特点,可溶于热硫酸,耐碱,耐丙酮、氯仿和甲酸。

3. 叶纤维 叶纤维来源于植物的叶脉和叶鞘部分，纤维束相对较硬，又称为硬质纤维。叶纤维多属于单子叶草本植物，主要有剑麻、蕉麻、菠萝叶纤维等。

(1) 剑麻。剑麻是热带多年生草本植物，因其叶片形似宝剑而得名。剑麻纤维具有色泽洁白、质地坚韧、强度高、耐海水腐蚀、耐酸碱、耐摩擦以及耐低温等优点。传统的剑麻产品有白棕绳、钢丝绳芯、编织地毯、麻袋以及特种高级纸张等。剑麻纤维可替代化学纤维用于环保型包装材料，还可用于光缆外的屏蔽材料和电子工业用的绝缘材料。

剑麻的结晶度为 58%~61%，取向因子为 0.883。

(2) 蕉麻。蕉麻又称马尼拉麻、菲律宾麻等，属芭蕉科芭蕉属，是多年生宿根植物。蕉麻纤维由蕉麻叶鞘中抽取。每个叶鞘分为三层，最外层纤维最多，中间层有许多含有空气的细胞间隙，有少量纤维；内层纤维最少。

蕉麻纤维表面光滑，直径较均匀，纵向呈圆筒形，尖端为尖形。横截面为不规则卵圆形或多边形，中空圆大，细胞壁较薄，如图 1-4 所示。细胞间由木质素和果胶黏结，极难分离。

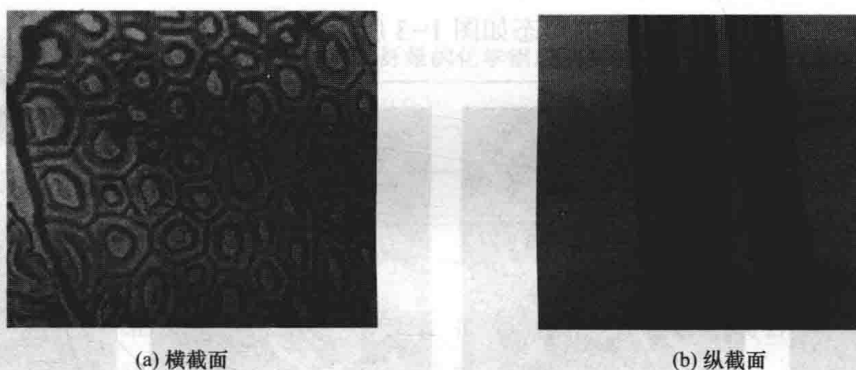


图 1-4 蕉麻纤维的横向和纵向形态

(3) 菠萝叶纤维。菠萝叶纤维又称菠萝麻纤维、凤梨麻纤维，由菠萝叶片中提取。菠萝叶纤维的化学组成与麻类似，见表 1-4。

表 1-4 菠萝叶纤维与剑麻的化学组成比较

纤维	组成						
	纤维素	半纤维素	木质素	果胶	蜡质	灰分	水溶物
剑麻	44.86	14.38	32.16	3.02	0.20	—	5.38
菠萝叶纤维	56~62	16~19	9~13	2~2.5	3~7.2	2~3	1~1.5

菠萝叶纤维的纤维素含量较低，木质素和半纤维素含量也较低，蜡质含量相对较高。

菠萝叶纤维表面比较粗糙，有纵向缝隙和孔洞，有天然转曲。单纤维细胞纵向呈圆筒形，两端细尖。单纤维截面为卵圆形，有中空。菠萝叶纤维的结晶度约为 73%，取向因子为 0.972。

图 4. 维管束纤维 维管束纤维取自植物的维管束细胞。目前对维管束纤维的开发和利用主要是各种性能优异、风格独特的竹原纤维。

竹原纤维是利用特种材料将竹材中的木质素、果胶、糖类物质等去除，再通过机械、蒸煮等物理方法。从竹干中直接分离出来的纯天然竹纤维。竹原纤维是我国自主研发的新型天然植物纤维，可在棉纺设备上纺制成竹原纤维纱线，并应用于建筑材料、汽车制造、环境保护等领域。

竹原纤维的主要成分是纤维素、半纤维素和木质素，总量占纤维干质量的 90% 以上；其次是蛋白质、脂肪、果胶、单宁、色素、灰分等。纤维素含量为 40%~53%，半纤维素为 18%~24%，木质素为 23%~33%。竹干外侧的纤维素明显多于内侧，木质素是竹干内侧多于外侧。竹中的蛋白质、淀粉、脂肪、果胶等与竹纤维的色泽、气味、抗虫性能、抗菌性能有密切关系。

竹原纤维是一种天然多孔的中空纤维。天然竹纤维的单纤维细长，呈纺锤形，两端尖；纵向有横节，粗细分布很不均匀；纤维内壁比较平滑，胞壁甚厚，胞腔小，纤维表面有无数细小微细沟槽，有的壁层上有裂痕。竹原纤维的横截面为不规则的椭圆形或腰圆形，有中腔，且截面边缘有裂纹。在横截面上还有许多近似于椭圆形的空洞，其内部存在许多管状腔隙。

竹子具有独特的抗菌性，在其生长过程中无虫蛀、无腐烂、不需使用杀虫剂和农药。因此，竹原纤维与苧麻、亚麻等麻类纤维同样具有天然的抗菌性能。竹原纤维的天然抗菌性对人体安全，不会引起皮肤的过敏反应。表 1-5 为竹纤维、苧麻和亚麻纤维的抗菌性能测试结果。

表 1-5 竹纤维、苧麻和亚麻纤维的抗菌性能测试结果

抗菌菌种	纤维抑菌率 (%)		
	竹纤维	苧麻	亚麻
金黄葡萄球菌	99.0	98.7	93.9
白色念珠菌	94.1	99.8	99.6
芽孢菌	99.7	98.3	99.8

(二) 动物纤维

1. 毛 毛纤维是重要的纺织工业原料。天然动物毛的种类很多，主要有绵羊毛、山羊绒、马海毛、骆驼绒、兔毛、牦牛毛等，具有弹性好、吸湿性好、保暖性好、不易沾污、光泽柔和等特点。

(1) 分子结构。毛纤维是天然蛋白质纤维，主要组成物质为角朊蛋白质。羊毛角朊由近 20 种 α -氨基酸组成，以二氨基酸（精氨酸、松氨酸）、二羧基酸（谷氨酸、天冬氨酸）和含硫氨基酸（胱氨酸）等含量最多。多种 α -氨基酸通过肽键—CO—NH—连接形成羊毛大分子。