



FANGZHI CAILIAO SHIYAN JISHU


纺织高等教育“十五”部委级规划教材

# 纺织材料 实验技术

主 编◆余序芬

副主编◆鲍燕萍 吴兆平 刘若华


Textile

 中国纺织出版社

纺织高等教育“十五”部委级规划教材

# 纺织材料实验技术

主 编 余序芬  
副主编 鲍燕萍  
吴兆平  
刘若华

 中国纺织出版社

## 内 容 提 要

本书系统地介绍了纺织材料的实验技术,其内容包括试验误差分析、试验数据处理和统计分析及检测方法标准等基础知识;纺织纤维结构与性能、纱线结构与性能及织物结构与性能的检测技术;产业用纺织品中土工合成材料及纺织结构复合材料特殊性能的检测技术;纺织材料检测中高新技术的应用。

本书主体内容可用作纺织院校本、专科的“纺织材料实验”教材,亦适合工厂、企业在生产管理与产品商贸中检测使用,检测新技术可供研究生教学及有关教师和科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

纺织材料实验技术/余序芬主编. —北京:中国纺织出版社, 2004.3

纺织高等教育“十五”部委级规划教材

ISBN 7-5064-2798-2/TS·1737

I. 纺… II. 余… III. 纺织-材料-实验-高等学校-教材 IV. TS101.92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 102161 号

---

策划编辑:李东宁 责任编辑:王文仙 特约编辑:张素英  
责任校对:楼旭红 责任设计:何建 责任印制:刘强

---

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

电话:010-64160816 传真:010-64168226

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: [faxing@c-textilep.com](mailto:faxing@c-textilep.com)

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

2004年3月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:28.75

字数:500千字 印数:1—3000 定价:48.00元

---

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

# 前言

为了加快中国教育的国际化进程、促进中国教育的全面发展,教育部在狠抓教育改革的同时,制订了“十五”国家级教材规划。受教育部的委托,全国纺织教育学会组织纺织工程、服装设计与工程两专业教学指导委员会编写了国家级高等教材 18 种,另组织编写了部委级高等教材 21 种。

两专业教学指导委员会根据教育部的专业教学改革方案,组织了具有丰富教学经验和有一定权威的教师编写了国家级和部委级规划教材。

本套教材自成体系,在编写上有所突破、有所创新,体现了教材的先进性、前瞻性、通用性和实用性,可以说,既有编写特色,更有运用特色,对于新一轮教材建设起到极大的推动作用。

**全国纺织教育学会教材编辑出版部**

# 序

原高等纺织院校教材《纺织材料实验教程》是原中国纺织大学纺材教研室(赵书经教授主编)于 20 世纪 80 年代后期按高等纺织院校各类纺织专业教学大纲的基本要求编写的,自 1989 年出版以来至 2002 年已 8 次印刷,发行量达 38000 册。

随着纺织工业的发展和纺织结构的调整,纺织材料的内涵已经从传统意义上的纤维、纱线、织物,迅速扩展到装饰、医疗、土工建筑、农业、汽车、航空等领域的用材。各种新型纺织纤维的开发应用、各类纺织新产品的不断涌现,使相应的测试项目不断增加,对测试技术提出了更高的要求。

世界科技突飞猛进地发展,为纺织材料测试技术的提高和发展奠定了基础。测试仪器的数字化与可视化、微机图像处理技术、近红外技术及环境电子显微镜分析技术等高新技术的应用,不仅大大提高了测试的自动化和精度,而且为创建新的测试手段提供了技术支持。

《纺织材料实验技术》就是在纺织材料及其测试技术迅猛发展的背景下,为培养学生从事纺织材料实验研究和创建新实验技术的能力,在参考现行纺织标准及有关文献的基础上,结合多年的科研成果和教学实践经验编写而成的。它是原教材《纺织材料实验教程》的更新替代版。本书从构思到内容做了较大的调整与补充,其主要内容有:

1. 本书较系统地介绍了纺织检测中的误差分析、抽样理论、试验的数据处理与统计分析,介绍了纺织标准和试验用标准大气等纺织材料实验必备的基础知识;
2. 详细地介绍了纺织材料基本物理机械性能的实验技术和检测方

法;

3. 选择了用于工程的土工合成材料及产业用纺织结构复合材料特殊性能的测试技术;

4. 对纺织材料检测中的高新技术——热分析技术、红外特别是近红外光谱分析技术、电子显微镜特别是环境电子显微镜技术、X 衍射技术以及近年发展起来的微机图像处理技术作了实用性的深入浅出的介绍。

本书采用归类分章法,将相近内容归纳综合,较系统地介绍了相关的基本知识,然后选择其中的典型测试项目进行实验。

本书可用作高等纺织院校本、专科的“纺织材料实验”及“织物结构性能综合分析大型实验”等基础实验教材,同时可作为设计新实验和创建新实验技术的参考教材。在实际教学中,可根据不同阶段的教学要求以及学生具体的专业方向和学时数选择相关内容。

本书共分六篇三十三章,第一章由吴兆平、王正伟执笔;第二章、第三十三章由吴兆平执笔;第三章至第十二章、第十四章至第二十六章由余序芬、鲍燕萍执笔;第十三章由高亚英执笔;第五章第二节、第二十一章第二节和第二十二章第三节的部分内容由陈丽珍执笔;第二十七章由储才元执笔;第二十八章由顾伯洪执笔;第二十九章至第三十二章由刘若华执笔。全书的整体构思和统稿由余序芬负责完成。

本书得到东华大学教学基金的资助,在编写过程中曾得到东华大学教务处和纺织学院、系领导和有关老师及邵天乐、曹宪华等同志的关心和帮助,在此向他们表示衷心的感谢。

严灏景教授对全书进行了认真审阅并提出宝贵意见,对此深表谢意。由于编者水平有限,本书难免存在不足或错误,欢迎读者提出宝贵意见。

**编者**

2003年8月

# 目录

<b>第一篇 纺织材料实验技术的基础知识</b> .....	1
<b>第一章 误差与抽样理论</b> .....	2
第一节 误差理论及其应用 .....	2
第二节 抽样实用理论与方法 .....	8
第三节 应用统计方法确定样本容量 .....	10
<b>第二章 试验数据整理与统计推断概要</b> .....	14
第一节 数据整理 .....	14
第二节 总体参数的估计 .....	19
第三节 统计假设检验 .....	25
<b>第三章 纺织标准与试验用标准大气</b> .....	37
第一节 纺织标准 .....	37
第二节 试验用标准大气 .....	40
<b>第二篇 纺织纤维的结构和性能测试</b> .....	43
<b>第四章 纺织纤维的认识与鉴别</b> .....	44
第一节 纺织纤维的特征 .....	44
第二节 纺织纤维的鉴别 .....	52
<b>第五章 纺织纤维几何形态与尺寸的测定</b> .....	57
第一节 纺织纤维的长度测量 .....	57
第二节 纺织纤维的细度测量 .....	69

第三节	纺织纤维的卷曲特征测定	81
第四节	棉纤维成熟度测试	84
<b>第六章</b>	<b>纺织纤维的力学性能测试</b>	<b>88</b>
第一节	纤维的拉伸性能测试	88
第二节	纤维的蠕变和松弛性能试验	93
第三节	纤维的耐疲劳性能试验	95
第四节	纺织纤维及其制品的压缩性能测试	96
第五节	纺织纤维的摩擦性能测试	101
第六节	测试条件对纤维力学性质测定结果的影响	104
<b>第七章</b>	<b>纺织纤维的其他性能测试</b>	<b>106</b>
第一节	纺织材料回潮率的测定	106
第二节	羊毛油脂或化纤油剂含量的测定	110
第三节	纺织材料的静电性能测试	113
第四节	合成纤维热收缩率的测定	118
<b>第八章</b>	<b>纺织纤维的品质检验与评定</b>	<b>123</b>
第一节	原棉的品质检验与评定	123
第二节	毛纤维的品质检验与评定	128
第三节	化学短纤维的品质检验与评定	136
<b>第三篇</b>	<b>纱线的结构与性能测试</b>	<b>141</b>
<b>第九章</b>	<b>纱线外观结构特征的识别</b>	<b>142</b>
第一节	常用纤维的外观特征	142
第二节	纱线外观特征的识别	144
<b>第十章</b>	<b>纱线的细度、细度偏差及细度不匀的测定</b>	<b>145</b>
第一节	纱线的细度测定	145
第二节	纱线细度偏差的测试	147



第三节	纱线细度不匀的测试 .....	148
第四节	纱疵的检验(电容法) .....	156
<b>第十一章</b>	<b>纱线捻度和毛羽的测试 .....</b>	<b>159</b>
第一节	纱线捻度的测试 .....	159
第二节	纱线毛羽的测试 .....	163
<b>第十二章</b>	<b>纱线的力学性能测试 .....</b>	<b>167</b>
第一节	单根纱线(长丝)拉伸断裂性能测试 .....	167
第二节	纱线流变性能、耐疲劳性能、耐磨性的测试 .....	169
第三节	纱线摩擦系数的测试 .....	170
<b>第十三章</b>	<b>变形丝、空气变形纱及网络丝特性的测试 .....</b>	<b>176</b>
第一节	假捻变形丝特性的测试 .....	176
第二节	空气变形纱特性的测试 .....	181
第三节	网络丝特性的测试 .....	182
<b>第十四章</b>	<b>氨纶丝及氨纶包芯纱的品质试验 .....</b>	<b>185</b>
第一节	氨纶丝性能的测试 .....	185
第二节	棉氨纶包芯本色纱的品质检验与评定 .....	189
<b>第十五章</b>	<b>混纺产品的纤维含量化学分析试验 .....</b>	<b>195</b>
第一节	二组分纤维混纺产品定量化学分析试验 .....	195
第二节	山羊绒与绵羊毛混合物含量测定 .....	199
第三节	棉麻混纺产品含量测定 .....	202
<b>第十六章</b>	<b>纱线的品质检验与评定 .....</b>	<b>207</b>
第一节	棉纱线的品质检验与分等评定 .....	207
第二节	毛纱的品质检验与评定 .....	211
第三节	化纤长丝的品质检验与评定 .....	219

<b>第四篇 织物的结构和性能测试</b> .....	227
<b>第十七章 纺织品的分类及识别</b> .....	228
第一节 纺织品的分类及其外观特征 .....	228
第二节 纺织品种类的识别 .....	229
<b>第十八章 织物结构的分析试验</b> .....	230
第一节 织物厚度测定 .....	230
第二节 织物密度测定 .....	232
第三节 织物单位面积经纬纱质量的测定 .....	235
第四节 织物中纱线线密度的测定 .....	236
第五节 组织结构与上机工艺的分析 .....	237
第六节 织物中纱线织缩率的测定 .....	238
第七节 织物中纱线捻度的测定 .....	239
第八节 织物中纱线结构的识别 .....	240
第九节 织物中纤维种类的识别 .....	241
<b>第十九章 织物的力学性能测试</b> .....	242
第一节 织物的拉伸断裂试验 .....	242
第二节 织物的顶破性能测定 .....	245
第三节 织物的撕破性能测定 .....	249
第四节 织物的耐磨性测定 .....	254
第五节 弹力织物的力学特性测定 .....	256
<b>第二十章 织物的外观保持性检测</b> .....	261
第一节 织物的抗皱性测定 .....	261
第二节 织物的抗起球性测试 .....	264
第三节 织物的抗勾丝性测定 .....	269
第四节 织物的褶裥保持性测试 .....	273
第五节 织物免烫性测定 .....	274

<b>第二十一章 织物的尺寸稳定性测试</b> .....	276
第一节 织物尺寸不稳定的诱因及其测试概述 .....	276
第二节 织物缩水率的测定 .....	277
第三节 织物干热熨烫收缩率的测定 .....	283
第四节 织物经汽蒸后尺寸变化率的测定 .....	284
<b>第二十二章 织物风格的测试</b> .....	286
第一节 织物风格的内涵及其测试概况 .....	286
第二节 织物在低应力下的拉伸性能测定 .....	288
第三节 织物的弯曲性能测定 .....	289
第四节 织物的剪切性能测定 .....	292
第五节 织物表面摩擦性能测定 .....	294
第六节 织物的压缩性能测试 .....	296
第七节 织物的起拱变形测试 .....	299
第八节 织物中纱线交织阻力的测定 .....	299
第九节 织物的悬垂性测试 .....	300
第十节 织物光泽的测试 .....	302
<b>第二十三章 织物的热湿舒适性测定</b> .....	304
第一节 纺织品保暖性能的测定 .....	304
第二节 织物吸湿(吸水)与透湿(透水)性的测定 .....	307
第三节 织物热湿传递性能(热阻和湿阻)的测定 .....	311
第四节 纺织品透气性测试 .....	312
<b>第二十四章 纺织品色牢度的检测</b> .....	315
第一节 纺织品耐水洗色牢度试验 .....	315
第二节 纺织品耐汗渍色牢度试验 .....	317
第三节 织物耐摩擦色牢度试验 .....	319
第四节 涤纶长丝与变形丝染色均匀度的测定 .....	320

<b>第二十五章 功能性纺织品和生态纺织品的品质检验与</b>	
<b>评定</b> .....	323
<b>第一节 远红外纺织品</b> .....	323
<b>第二节 防紫外线纺织品</b> .....	325
<b>第三节 阻燃纺织品</b> .....	328
<b>第四节 生态纺织品</b> .....	332
<b>第五节 免烫纺织品</b> .....	334
<b>第二十六章 织物的品质检验与评定</b> .....	339
<b>第一节 棉本色布的品质检验与评定</b> .....	339
<b>第二节 精梳高支轻薄型毛织品的品质检验与评定</b> .....	343
<b>第三节 棉(棉混纺、交织)针织内衣的品质检验与评定</b> .....	348
<b>第五篇 产业用纺织品的性能测试</b> .....	353
<b>第二十七章 土工合成材料性能测试</b> .....	354
<b>第一节 概述</b> .....	354
<b>第二节 土工织物的垂直渗透系数测定</b> .....	355
<b>第三节 土工织物的水平渗透系数试验</b> .....	357
<b>第四节 土工织物的刺破和落锥穿透试验</b> .....	359
<b>第五节 土工织物的直接剪切摩擦试验</b> .....	360
<b>第六节 土工织物的拉拔摩擦试验</b> .....	362
<b>第七节 土工织物孔径的测定</b> .....	364
<b>第二十八章 纺织结构复合材料的力学性能测试</b> .....	368
<b>第一节 综述</b> .....	368
<b>第二节 纺织结构复合材料的拉伸性能测试</b> .....	370
<b>第三节 纺织结构复合材料的压缩性能测试</b> .....	373
<b>第四节 纺织结构复合材料的弯曲性能测试</b> .....	374
<b>第五节 纺织结构复合材料的剪切性能测试</b> .....	377
<b>第六节 纺织结构复合材料的断裂/损伤容限测试</b> .....	381

第七节	纺织结构复合材料的疲劳耐久性试验 .....	383
<b>第六篇</b>	<b>高新技术在纺织材料测试中的应用 .....</b>	<b>387</b>
<b>第二十九章</b>	<b>热分析技术 .....</b>	<b>388</b>
第一节	差热分析技术 .....	388
第二节	热重分析技术 .....	393
<b>第三十章</b>	<b>红外光谱技术 .....</b>	<b>395</b>
第一节	红外吸收光谱基本原理 .....	395
第二节	红外光谱仪 .....	396
第三节	红外定性和定量分析 .....	399
第四节	红外吸收光谱法在纺织研究中的应用 .....	401
第五节	近红外分析技术 .....	402
<b>第三十一章</b>	<b>电子显微镜及其在纺织领域的应用 .....</b>	<b>405</b>
第一节	透射电子显微镜 .....	405
第二节	扫描电子显微镜 .....	408
第三节	环境扫描电子显微镜 .....	411
第四节	电子显微镜在纺织领域的应用 .....	412
<b>第三十二章</b>	<b>X射线衍射分析技术 .....</b>	<b>415</b>
第一节	X射线衍射简介 .....	415
第二节	X射线衍射的几何原理 .....	416
第三节	纤维X射线衍射的实验方法 .....	417
第四节	X射线衍射法在纺织研究中的应用 .....	419
<b>第三十三章</b>	<b>图像处理技术 .....</b>	<b>421</b>
第一节	引言 .....	421
第二节	图像处理技术在纺织上的研究概况 .....	423
第三节	图像处理和分析系统 .....	428

第四节	数字图像处理基本原理 .....	431
第五节	纺织图像处理技术的发展方向 .....	437
参考文献.....		439

# 第一篇

## 纺织材料实验技术的基础知识

在生产实践与科学实验中,经常接触许多数据,这些数据中隐含很多有用的信息,可以帮助人们发现问题,认识事物的内在规律。这里至少有三方面知识需要掌握:

(1) 所有试验数据的获得都是近似、有误差的,误差的来源与测试方法、抽样方法、试验条件等诸多因素有关。第一章就是介绍与此相关的误差与抽样理论。

(2) 从试验数据中提取有用信息,要求对数据进行整理加工,取得数据集中信息与离散信息,然后用试样取得的参数去估计研究对象的本质参数,检验试样数据是否能代表总体性能,为此第二章介绍试验数据整理与统计分析理论。

(3) 所有产品的性能都是按规定标准生产的,检测这些性能的各种试验方法也是根据理论从实践中总结出来,并用标准文件形式加以严格规定的。第三章将介绍有关国家标准、行业标准与国际标准的相应知识。

# 第一章 误差与抽样理论

## 第一节 误差理论及其应用

在生产实践与科学研究中,经常需要用各种仪器与方法去检测产品或研究对象的某种性能。然而不论用什么仪器以及用什么方法测量,都只能做到一定的准确度,测得的结果仍不会是被测对象的真值。但是,可以通过某种方法来估计检测值的准确程度,即可以估计检测值与真值的相差程度,检测值与真值的差异称为检测值的观察误差,简称误差。

### 一、误差的表示

#### 1. 绝对误差

测定值  $X$  减去真值  $\mu_0$ , 所得之差称测量的绝对误差, 用下式表示:

$$\Delta X = X - \mu_0 \quad (1-1)$$

要知道绝对误差大小, 首先要求知道真值  $\mu_0$ , 而事实上真值  $\mu_0$  并不知道, 而测量值  $X$  又是波动的, 故  $\Delta X$  可正可负。

一般可以预先掌握仪器测量误差范围  $\Delta X$  (最大绝对值), 再由测量值估计真值  $\mu_0$  的所在区间。仪器误差范围  $\Delta X$  的大小, 是用量具或高一级准确度的仪器进行校核后得到的。

#### 2. 相对误差

绝对误差  $\Delta X$  与真值  $\mu_0$  的比值, 用下式表示:

$$\rho = \Delta X / \mu_0 \quad (1-2)$$

不同的检测对象与不同的检测目的, 要求检测值有不同的准确范围, 绝对误差不能用作误差大小的相对比较, 而只有相对误差才能更好地表示检测结果的准确性。

$$\mu_0 = X \pm \Delta X = X \left( 1 \pm \frac{\Delta X}{X} \right) = X (1 \pm \rho) \quad (1-3)$$

式(1-3)表明: 当  $\rho$  越大, 检测值  $X$  偏离真值越远, 检测的准确度就越差。因此, 在误差运算中, 有时不用绝对误差, 而用相对误差会更科学。



## 二、误差分类

$$\text{绝对误差: } \Delta X = X - \mu_0 = (\bar{\mu} - \mu_0) + (X - \bar{\mu}) = S + r \quad (1-4)$$

式中： $\bar{\mu}$  为总体平均值； $S = \bar{\mu} - \mu_0$  为总体平均值与真值之间的偏离，称系统误差； $r = X - \bar{\mu}$  是检测值围绕总体均值的波动（离散），即随机误差。

从公式可知绝对误差由系统误差和随机误差组成。

### 1. 系统误差 S

系统误差是指在一定条件下，由某种或某些不可忽视的原因，或某个恒定因素按确定方向起作用，引起多次检测平均值与真值的系统偏离。系统误差应尽量避免，可通过定期仪器校订、试验环境条件保持恒稳、每次使用仪器要进行零点与满刻度调节、检测操作按相关方法标准规范地进行等方法达到。

### 2. 随机误差

随机误差是随机产生的，即由一些难以控制的偶然因素造成的。

在实际检测中，由于随机误差的影响，而使单次检测值偏离多次测定平均值，这种偏离是不规则的，常用标准差来表示，它反映检测数据的精密度。

随机误差的特性在于它的可正可负特性，当检测次数足够多时，它的平均值就趋向于零；增加检测次数可以在某种程度上减小随机误差。实践证明随机误差是遵循正态分布规律的，可以按正态分布特征去研究与处理它。

### 3. 过失误差

过失误差是指检测分析人员疏忽大意、过度疲劳或操作不正确所引起的，这种误差又称不正当误差或粗大误差，它不能用统计方法去处理，必须按规定法则剔除。

## 三、检测误差来源

### 1. 测量方法与仪器误差

仪器误差是仪器设计所依据的理论不完善，或假设条件与实际测量情况不一样以及由于仪器结构不完善、仪器校正与安装不良所造成的误差。

在仪器上可能出现的误差有以下几种：

- (1) 零值误差：仪器零点未调整好，测量结果在整个范围内的绝对误差为一常数。
- (2) 校准误差：仪器刻度未校准，指示结果系统偏大或偏小，相对误差为一常数。
- (3) 非线性误差：仪器输入量与输出量之间不符合直线转换关系。