

棉检仪器学

MIANJIANYIQIXUE

第一册

丁静贞 主编



中国商业出版社

棉 检 仪 器 学

丁静贞 主编

第一册

中国商业出版社

内 容 提 要

本书分三册，第一、二册重点阐述棉纤维常规检验和物理性能测试所需要的通用和专用仪器的工作原理、结构和性能、仪器的检定、调整的基本理论和方法。仪器的计量性能指标和测量误差为主线贯穿有关章节。第三册为纤维结构测试仪器。本书除供高等院校本科和专科作教材外，还可供中等专业学校棉检专业教师和学生以及从事棉检工程技术人员的学习和参考。

棉 检 仪 器 学

丁静贞 主编

※

中国商业出版社出版发行
滁州报社印刷厂印刷

※

850×1160毫米 大32开本 24印张 彩插四张 569千字

1991年6月第1版 1991年6月第1次印刷

印数 1—6000册 定价：（第一、二册）14.95元

ISBN 7—5044—1038—1/TS·139

编写说明

《棉检仪器学》是根据高等院校“棉花加工与检验”专业的专业课程教学大纲的基本要求而编写的。

本书系统地阐述了棉花常规检验及棉纤维物理性能测试所需要的通用和专用仪器的设计和工作原理、结构、性能、应用、仪器的检定、调整的基本理论和方法。涉及仪器的使用操作，在课程实验及课程设计等教学环节中充实；仪器的发展动态，在讲课中及时补充。

本书于1982年由丁静贞、宋社和二同志编写作为内部教材，经过多届教学实践的修改补充，这次在1988年版本的基础上又组织进行了修改与充实，由丁静贞同志任主编并总纂，青岛市纤检所宋均才同志对第一、二册主要章节进行了修改和补充。

全书分三册，第一、二册共十四章，第一、二章介绍棉检仪器的计量性能指标、测量误差及测试系统分析基础；第三、四章为常用的、典型的通用仪器；第五至第十三章为棉纤维各种性能指标的测试仪器、棉花分级室照明和先进、快速、多功能系统化仪器；第十四章为实验室空调及设备。第三册为纤维结构测试仪器。

第一、二册参加执笔的有：绪论 宋永旺；第一章 郑芝奖、陆娟、刘从九；第二章 丁静贞；第三章 郑芝奖、吴瑞杰、宋社和、薛炎东、陆娟、丁路；第四章 郑芝奖、吴瑞杰、宋社和、陆娟；第五章 丁静贞、吴瑞杰、解滨、汪路明、庄文彪、金林元、陈振华、常康华、王洪山、尤文举、徐守东；第六章 丁静贞、常康华、王洪山、肖瑞珍、陈登年；第七章 丁静贞、宋均才、王寿南、范望平、刘从九、杜锡鑫、巢珍芳、边圣贵；

第八章 丁静贞、郑芝奖、宋均才、解滨、宋社和、姚志安、刘植桐、巢珍芳、宫德佩；第九章 丁静贞、宋均才、解滨、张英宏、王英珉、唐继法、徐佩桓、赵卫红、倪国新、李作森、臧丽华；第十章 丁静贞、宋均才、王寿南、郑芝奖、林昌耿、姚志安、刘从九、董炳坤；第十一章 丁静贞、宋均才、刘从九、杨照良、尹红明、徐守东；第十二章 宋均才；第十三章 丁静贞、郑芝奖、范望平、姚卫中、张保平、褚振涌、徐守东；第十四章 褚振涌、徐守东、丁璐、陈登年、董炳坤、马琳。全书插图由张方津、丁璐、汪路明、陈登年、马琳同志绘制。

商业部棉麻局程养和高级工程师对第一、二册书进行了审定，并提出宝贵的修改意见。

本书的编写与出版得到了商业部棉麻局的大力支持、安徽外贸学院函授部和商品学系的积极协助、青岛市纺织纤维检验所的热忱帮助和纺织部纺织科学研究院、上海纺织科学研究院有关同志、苏州光华电测技术研究所张友信同志、郑州棉麻加工研究所刁凤武、梁、华梁文福、李何生、李贵海、刘军民同志、西安纤维科学仪器技术服务部杜仲科、郭小秦同志、以及仪器研制和生产厂的工程技术人员等的支持并提供了宝贵的资料，特在此一并感谢。

由于棉检仪器发展迅速，编者水平所限，在体系安排，内容选取和理论分析方面，难免有欠妥之处，恳请予以批评指正。

编 者

1991.3.

绪 论

人类的生产和科学技术总是不断发展着的，在人们进行生产活动的各方面探索过程中，仪器是极重要的工具。古人云：“工欲善其事，必先利其器”。应用仪器来检测产品的质量和研究各种现象的量的关系以及所遵循的规律，对进一步控制生产、改进生产、提高生产技术水平起着重要的作用。棉纤维是纺织工业的重要原料，其品质的有关数据，不仅直接关系着棉花生产的发展和优良品种的繁育，而且影响着纺织生产的工艺参数的设计和产品质量的控制。在流通领域的各个环节，实行感官检验与仪器测试相结合的方法，准确地测定棉纤维的各项物理性能指标，可正确执行棉花国家标准，贯彻国家的按质论价政策，维护农、工、商三者的合法权益；同时，可促进棉纤维品质的提高和有利于纺织工业合理地使用原棉与加强有效地生产管理；并且对进出口棉花贸易，维护国家利益，提高国际信誉都具有重要的政治经济意义。

我国棉检仪器的研制较迟。解放前所用几种比较简单的测定棉花水分、杂质、长度等指标的烘箱、显微镜、天平、长度分析仪器等，大部分都是进口的。解放后，党和政府以及有关部门非常重视这项工作，在1951年就研制成了快速的棉花水分电测仪，经不断改进，1954年由纺织工业部定为549型，其后又由全国供销合作总社、纺织工业部共同审定并在全国推广使用的有565、575、583、SD—M、Y412等型号的水分电测仪，还有Y801A、Y802A型电烘箱。机械类仪器有Y111和Y121型长度分析仪、Y161和Y162型强力仪和Y101型(大、小)杂质分析仪。还研制了

Y144、Y145型和多指标气流仪等，这给棉纤维的物理性能测试提供了充分的条件。

随着电子技术的飞速发展和普遍应用，特别是新型传感器及元器件不断涌现，计算机应用和专用微处理机日益普及，使仪器的技术水平得到了提高。在七十年代，研制了Y146型光电长度仪、Y147—1型和电脑Ⅱ型偏光成熟度仪；Y412A、Y412B、BD—M、MS—1等型号的水分电测仪。在80年代改革开放的新形势下，商业部以及纤检等有关部门研制了全自动棉纤维长度仪、便携式的MJQ—175和GJC—01型气流仪、SJP—1卜氏、GJC—02型束强仪、测色仪、MS—85型水分探测仪、YG041型杂质分析仪、MJH20A型实验室纤维混合器等较为方便快速的仪器。

棉检仪器学是研究关于棉纤维常规检验和纤维物理性能测试所需要的通用和专用仪器的设计和工作原理、结构和性能以及仪器的检查调整和应用的基本理论和方法，是一门理论性和技术性较强的学科。它所需要的基础知识广，涉及力学、电学、光学、电子学、计算机、精密机械、纺织材料学、数理统计等，并与《棉纤维检验学》有着密切的联系和分工。

棉检仪器学的主要内容分三个部分，即通用仪器、常规检验和物理性能测试仪器、先进快速的测试仪器等。

通用仪器为各种类型的天平，凡测试指标中有称重的部分都使用的，如等臂天平、扭力天平、电子秤等。以及用于识别各种纤维、观察纤维轴向及横截面形态和显微测量用的光学显微镜。

常规检验和物理性能测试中，按照品级、长度、水分、杂质、细度、成熟度、马克隆值、强度等项目要求，所用的有水分测定仪器、杂质分析仪器、光电长度仪器、棉纤维气流仪、单纤维强力仪、束纤维强力仪、偏光成熟度仪等。

先进快速的测试仪器有棉纤维颜色测量仪器、HVI 900系统和HVI 4000系统以及纤维结构测试仪器等。

通过学习,要求对各类仪器的基本概念、基本理论、工作原理,仪器的结构、性能及应用有比较全面系统和深入的了解;熟悉仪器性能的检查和调整方法。并更应重视理论联系实际,进一步提高实践技能。

棉花是国家大宗农产品,从生产、收购、初加工、储存到纺织使用的各个环节中,都必须进行检验,其所检测的指标要求不同,所应用的仪器的种类多,数量大,型式各式各样,它们的工作原理和结构的繁简程度也有差别,有些仪器较为简单,完全用手工操作,有些则精确度高,内部结构复杂,操作和测试结果计算分析的自动化程度也高。因此棉检技术工作者应根据检测的实际需要和技术发展条件,合理选择配备棉检仪器,并使之经常处于良好的工作状态。这是每个从事棉检和科研技术人员必须具备的素质。

目前棉检工作中,在原料使用方面应用的检测仪器,有一部分仍为半自动或手工操作,存在着测试时间长,结果误差大,仪器的精确度不够高等现象,有的检测结果只能代表某一性能的单一指标,尚不能对棉纤维性能作综合评定。在棉花收购方面所需要的小型、快速、操作方便、价廉的仪器数量尚不能满足要求。因此应根据检验的实际需要,进一步发展和改进棉检仪器,采用新技术、研制新仪器和开发新的测试功能。使之能准确、方便、快速地测得更多的品质指标,并使之与感官检验的结果相一致。提高棉花检测技术水平和自动化程度,以适应我国棉花检测工作发展的需要。

近年来。在纤维科学研究中,现代测试技术和测试仪器的应用日益广泛。对纤维从宏观的形态结构到微观的分子构型尺寸、结构模型、表面结构,纤维的聚合度、结晶度、取向度等指标,已从电子显微镜、X—射线射仪、红外分光光度计中获得许多有价值的结论。这对棉纤维检验的理论研究和纺织生产纱条中纤维排列形式的探讨具有很重要的指导意义。

目 录

(第一册)

绪论	(1)
第一章 棉检仪器的性能和测量误差	(1)
§ 1—1 棉检仪器的基本性能指标	(1)
§ 1—2 测量误差	(7)
第二章 测试系统分析基础	(15)
§ 2—1 测试系统的组成	(15)
§ 2—2 光电式传感器	(30)
§ 2—3 电阻式传感器	(42)
§ 2—4 电容式传感器	(52)
第三章 衡量仪器——天平	(60)
§ 3—1 天平的基本原理	(60)
§ 3—2 机械类天平结构和原理	(67)
§ 3—3 天平的计量性能	(86)
§ 3—4 天平的检定	(100)
§ 3—5 电子数显天平	(109)
§ 3—5 无刀口天平	(116)
第四章 光学显微镜	(124)
§ 4—1 复式显微镜	(124)
§ 4—2 相差显微镜	(158)
§ 4—3 干涉显微镜	(163)

§ 4—4 纤维显微技术·····	(171)
第五章 棉花水分测定仪器·····	(181)
§ 5—1 直接测定水分的仪器·····	(181)
§ 5—2 间接测定水分的仪器·····	(201)
第六章 棉花杂质测定仪器·····	(257)
§ 6—1 Y101 型棉花杂质分析仪 ·····	(257)
§ 6—2 YG041 型棉花杂质分析仪 ·····	(282)
§ 6—3 935 杂质测定仪 ·····	(288)
第七章 棉纤维长度测量仪器·····	(290)
§ 7—1 棉纤维长度分布·····	(291)
§ 7—2 罗拉式纤维长度分析仪·····	(312)
§ 7—3 梳片式纤维长度分析仪·····	(321)
§ 7—4 Y146 型棉纤维光电长度仪·····	(324)
§ 7—5 纤维长度照影仪·····	(334)
§ 7—6 棉纤维自动测长仪·····	(356)
§ 7—7 电容式和气流式纤维长度仪简介·····	(362)

第一章 棉检仪器的性能和测量误差

棉纤维检测仪器的种类较多，按不同原则有不同分类方法：按使用特征可分为通用仪器和专用仪器；按测量功能可分为：衡重仪器、显微仪器、测纤维成熟度、长度、细度、强度等各个项目的仪器；按仪器的工作原理可分为机械类仪器、光学、液压、电子等仪器。随着科学技术的发展及仪器复杂程度的提高，目前绝大部分测试仪器往往集多种工作原理于一体。这就要求仪器选用者具有更广泛的知识。按仪器测量结果表达方式则可分计数仪器及测量仪器两种。这两种仪器测量结果虽都是数字，但它们的意义有着本质的区别。计数仪器逐一计数测量对象，它反映的每一位数字都是明确肯定的，而测量仪器上所取得的结果包含有误差。

仪器的性能反映着测量结果的正确性和误差程度，也反映着仪器的复杂化和价格水平，通常用一些基本性能指标来描述，可作为正确选用、维护和鉴定测量仪器时的依据。

§ 1—1 棉检仪器的基本性能指标

棉检仪器的性能指标是多方面的，其基本性能指标如下：

一、量程

量程是指仪器所能测量的最高值和最低值之间的范围。这是描述仪器性能的基本指标。每一种仪器，一般只有一个量程，也有些仪器为了扩大仪器使用能力，往往同一仪器在一定范围内在更换局部另件或拨动个别开关后可以有较多档次的量程；例如：Y412B型原棉水分测定仪，其测量水分的量程为上层：7~12%，中层：4~7%，下层8~15%。还有些仪器，在同一台仪器上，

无法满足及实现量程的全部各档，常常将仪器的量程排成系列，例如：精密扭力天平，其量程就有0~5mg、0~10mg、0~25mg、0~50mg、0~100mg……0~1000mg等一套系列。一般说来，量程分档应按国家和国际的规定，还要考虑到生产和科学测量上的实用的方便。合理选用仪器的量程，是保证测量结果准确的重要条件之一。

二、灵敏度和分辨力

灵敏度是用来表示一台仪器或一个仪器系统某一部分输出信号（示值）变化量（ dy ）和输入信号变化量（ dx ）之间的函数关系，用下式表示：

$$\text{灵敏度 } E = \frac{dy}{dx} \quad (1-1)$$

dy 、 dx 可以是相同量纲，也可不同的量纲。

灵敏度表示被测物理量变化一个单位时所引起仪器输出读数的变化量。很显然，灵敏度 E 值越高，仪器就越灵敏。在某些测量仪器中，也可用上式的倒数表示其灵敏度或两者同时采用。例如等臂天平可用每毫克指针偏转分度或每分度的毫克数即分度值表示其灵敏度。在数字显示的仪器中输出信号变化的最小量值，也可表示灵敏度。

仪器的灵敏度可分为三种情况，如图1—1所示。

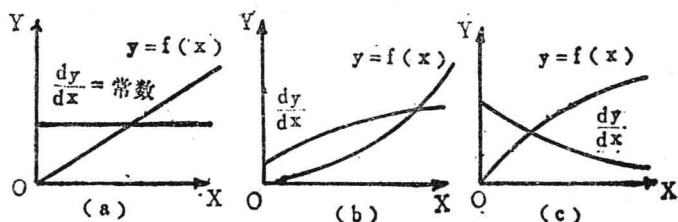


图1—1 仪器的灵敏度

(a) 在整个测量范围内，灵敏度保持不变；

(b) 灵敏度随被测输入量的增加而增大；

(c) 灵敏度随被测输入量的增加而减小。

通常希望仪器的灵敏度在整个测量范围内保持为常数。这样一方面有利于读数；另一方面便于分析和处理测量结果。

仪器的量程与灵敏度之间有密切关系，较大的量程往往灵敏度较低，为了保持测量正确性，选用仪器时应注意被测量数值不应低于仪器量程的三分之一以下。

分辨力也称鉴别力，是指仪器能够在输入信号中检测到的最小变化量。可以用一个实际数值或满量程值的分数或百分率来表示。

三、精确度

精确度包含精密性、准确度、精确度三种含义。

精密性是指仪器在同一条件下，用同一方法对同一物理量多次测量，其结果彼此符合的程度。实质上是反映仪器的随机误差的大小（示值分散性）。

准确度（或误差率）是指仪器对同一物理量多次测量结果与被测物理量的真实数值之间的符合程度或接近程度。实质上反映仪器的系统误差的大小（偏离程度）。只有对很多个单个物件计数时，测量才能完全正确。而在一般情况下，仪器测量所得的结果与真值之间总有差异。这种差异是测量误差的重要组成部分。（关于测量误差的意义见后）仪器准确度或误差率可以用下述主要指标或方法描述。

(1) 点准确度 一台仪器的准确度仅由量程内的一点或数点来规定。例如温度表这些点仅与某些纯固体和纯液体的熔化或蒸发点相对应。

(2) 真值误差百分率 真值误差百分率 e_F 用下式表示：

$$e_F = \frac{\text{测得数值} - \text{真值}}{\text{真值}} \times 100\% \quad (1-2)$$

所规定的误差百分率是该仪器量程内的任意点的最大值。

(3) 满刻度偏转 (f.s.d) 百分率 按刻度最大值计算的误差百分率。其公式如下：

$$\text{满刻度误差百分率} = \frac{\text{测得数值} - \text{真值}}{\text{最大刻度值}} \times 100\% \quad (1-3)$$

(4) 线性度或非线性误差 如果在理论上仪器的输出与输入成线性关系，但实际上输出输入间关系与“理论拟合直线”之间有一定偏差，称为该仪器的非线性误差。通常用绝对最大误差值或相对误差率表示：

$$e_f = \frac{\Delta_{\max}}{F.S} \times 100\%$$

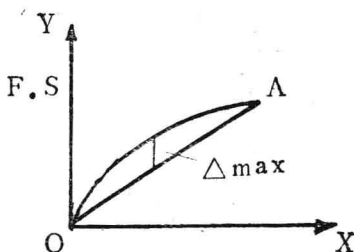


图1—2非线性误差表示法

图1—2中，OA为理论线性关系或输出输入的理论拟合直线（以端点法求得者为例） $\Delta_{\max}$ 为实际关系 $\widehat{OA}$ 与 $\overline{OA}$ 线间的最大误差，则相对非线性误差率 e_f 为：

$$e_f = \frac{\Delta_{\max}}{F.S} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中F.S为输出的满量程值。

通常“理论拟合直线”也可采用最小二乘法求得。

用数表或图表形式规定出一群较多量的点上的准确度，以弥补点准确度的不足，例如在一套砝码中按重量不同规定每个砝码的误差百分率而不是对该套砝码笼统规定一个误差百分率。

精确度是指仪器的测量结果既分散又不偏离的程度，它是精密度与准确度的综合反映。只有精确度高的仪器，才能获得正确的测量结果。

以射击为例，如图1—3所示，有助于加深对精密度、准确度以及精确度的理解。

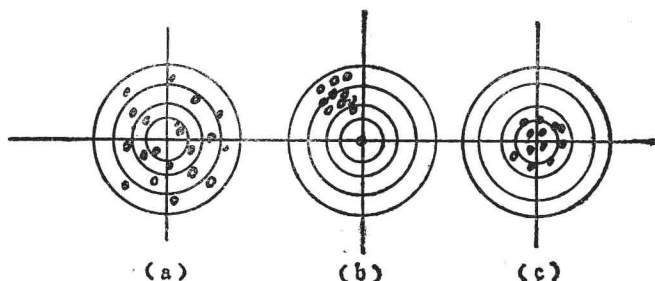


图1—3 仪器的精确度

(a) 弹着点很分散，相当于精密度很差；

(b) 弹着点集中，但偏向一方，相当于精密度高但准确度差；

(c) 弹着点集中靶心，相当于既精密又准确。

四、稳定性、复现性、重复性

稳定性是指在规定的工作条件下，仪器的某些性能随时间保持不变的能力，以稳定度来表示，通常以时间而变化的程度来衡量。例如年稳定性。

稳定性也受环境和工作条件的影响。

复现性表示在不同测量条件下（包括仪器不同）对同一被测物理量测量时，其测量结果的一致性（通常所称台间误差）。

重复性与精密度的含义相同。

五、静态响应和动态响应

仪器的输入量按其与时关系可以分为两类：静态量和动态量，前者是指不随时间变化固定状态的量，例如天平平衡重；后者

指输入量为周期信号或瞬变信号，例如纤维的拉伸特性。

仪器的静态特性主要有：线性度、迟滞、重复性、复零稳定性及灵敏度等，有的已如前述。动态特性是描述仪器输出信号跟随输入信号的变化能力。被测信号的变化方式如图1—4所示。若一台仪器的输出能紧紧追踪一个急速波动的输入信号，则称这台仪器有良好的动态响应。

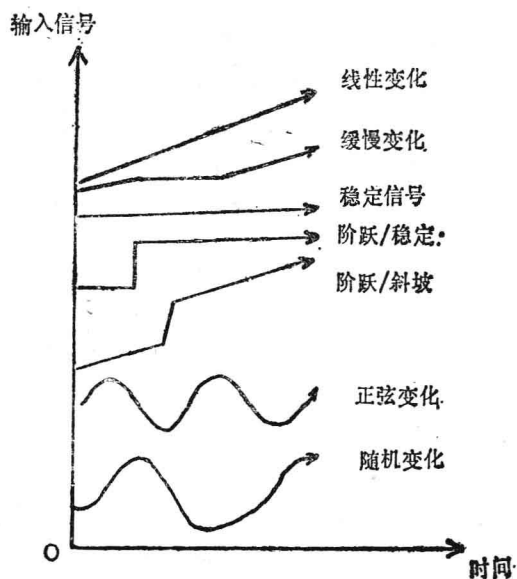


图1—4 被测信号的变化方式

六、可靠性

仪器的可靠性是指仪器在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的能力。仪器的功能是指各项技术指标，仪器可靠性和环境条件、使用条件、维护条件以及规定的时间有关。仪器从投入使用到丧失功能（失效）报废处理时为止的整个寿命期中，可靠性的变化是有规律的。以失效率为特征，则失效率随时间的变

化曲线象一只澡盆，通常称“浴盆曲线”。在使用开始，由于工艺、运输、安装等缺陷，失效率较高，但随着工作时间的增加，失效率迅速下降。在采取老化，筛选和调试后，剔除不合要求的元器件（特别是电子元件），则失效率显著降低，基本稳定在一个常数上（早期寿命期或早期失效期）。在失效率降低并接正常数后，仅由偶然因素引起随机失效，这是最好的工作阶段（使用寿命期或偶然失效期）。在使用后期，由于老化等原因，失效率随时间上升（损耗寿命期或损耗失效期）。

仪器的可靠性用概率表示，称为可靠度 $R(t)$ 。由实践得知，电子仪器的可靠度基本上服从指数分布，即

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

（ λ —失效率， t —时间）

一般来说，所有仪器都要求有高度的可靠性，因为变量的控制都取决于它们的测量结果。然而仪器完全或部分失效的后果却差别很大。对棉检仪器来说，仪器失效，往往能使一次试验或一批测量数据作废，在一定范围内造成损失。因此，在选用仪器时，应对可能造成损失的范围和限度有足够的估计。并根据实际需要提出仪器可靠性的要求和措施。

此外，仪器的价格与仪器的功能和技术性能指标密切相关。例如多功能强力仪的价格比一般拉伸试验仪的价格高得多，精确度高的仪器，价格也高得多。

§ 1—2 测量误差

一、误差分类及产生原因

测量是将被测的量和被规定作为单位的已知标准量作比较的过程。但无论使用任何仪器或量具进行测量，只能做到一定的准确程度；随着科学技术的发展，这种准确程度可以愈来愈高；但