

87-000

纺织试验仪器学



无锡轻工业学院图书馆资料	
编号	1008

中国纺织大学

一九八六年三月

1008



第一章 纺织试验仪器的计量性能指标和测量误差	1 ~ 22
第一节 概述	1
第二节 纺织试验仪器的分类及选用要点	4
第三节 测试仪器计量性能的主要指标	5
第四节 测量误差及其处理方法	13
第二章 衡重仪器	22 ~ 54
第一节 概述	22
第二节 等臂天平的计量性能	24
第三节 其它类型天平的计量性能	33
第四节 电子数字显示天平	38
第五节 无刀口天平	45
第三章 光学显微镜及其在纺织纤维检验中的应用	55 ~ 97
第一节 复式显微镜	55
第二节 偏光显微镜	79
第三节 相差显微镜	91
第四章 纺织材料吸湿测量仪器	98 ~ 113
第一节 纺织材料吸湿测量的方法	98
第二节 烘箱	99
第三节 电阻测湿仪	105
第五章 纤维长度测量仪器	115 ~ 140
第一节 纤维长度分布及长度指标	115
第二节 单纤维长度测量及分组式长度测量	117

第三节	光电式纤维长度仪	123
一	发展历史	123
二	Y146 光电式纤维长度仪	125
三	530 照影机	128
第四节	电容式纤维长度测量仪器	137
第六章	纤维和纱线细度测量仪器	141~188
第一节	纤维和纱线细度测试的基本方法	141
第二节	气流式纤维细度测试仪	143
第三节	其它检测机理的纤维细度仪	
一	振动法细度测定仪	158
二	声音衰减电测法纤维细度仪	163
三	FDA-200 型激光式纤维细度分析仪	164
四	投影式光电峰值判定羊毛直径仪	168
第四节	纱线细度测定仪	
一	自动支数秤	169
二	利用电荷耦合器件 (CCD) 检测原理的 自动纱线直径仪	184
第七章	机械性质试验仪器	189~237
第一节	概述	189
第二节	摆锤式强力仪	191
一	摆锤式强力仪测力作用原理	191
二	Y161 水压式单纤维强力仪	194
三	其它类型摆锤式强力仪	198
四	摆锤式强力仪的惯性误差分析	202
第三节	其它机械式强力仪	207

一、斜面式强力仪	207
二、杠杆式强力仪	208
三、卜氏及 Stelometer 154 型束纤维强力仪	209
第四节 单纤维电子强力仪	212
一、电子强力仪的特点	212
二、YG001 仪器结构与原理	214
第五节 自动单纱强力仪	227
一、自动喂纱系统基本形式	228
二、YG022 型自动单纱强力仪	228
第六节 卷曲、卷缩及热收缩性能测定仪器	233
一、YG361 卷曲弹性仪	233
二、SFY-720 型变形丝卷曲收缩测试仪	234

第一章 纺织试验仪器的计量性能指标和测量误差

第一节 概述

在现代工业生产中，仪器是极重要的工具。应用仪器来检查原料和成品质量，能得出它们质量信息数据。这些数据是维持生产正常进行和进一步提高生产所不可缺少的。它有助于正确了解原料性能，从而合理使用原料；了解生产设备及工艺参数是否符合设计要求，及时发现工艺设备的毛病。加强质量控制，是提高企业管理水平的重要环节。因此，工厂中除对原料和成品作品质检验外，还应对各工序半制品进行质量检验，以反映生产过程是否正常，薄弱环节在哪里，哪些工序半制品品质容易波动，并进一步查明其原因。通过对半制品品质资料的分析，还可以得出工艺技术措施对产品质量的影响，各工序半制品质量间相互关系等有关资料，从而提供改善生产，提高产品质量，节约原材料的可能途径。上述活动的主要目标在于企业及国民经济的实际需要和经济效益。而质量检验是构成经济分析的一个环节，其他位及相互关系可由图一表明：

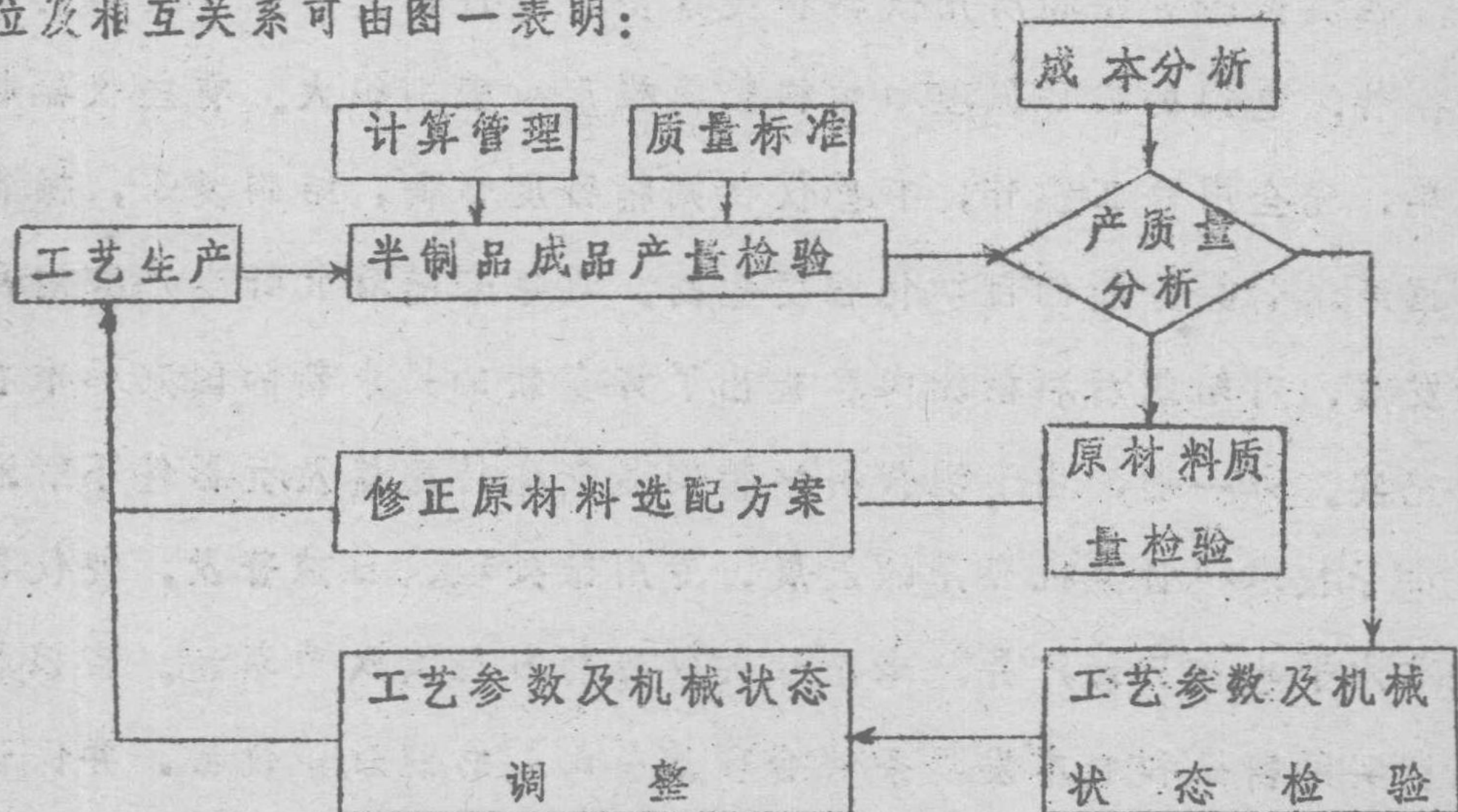


图 1—1 质量检验工作在企业生产活动中的地位 and 作用 ~ 1 ~

在生产过程中，要制订一系列数量和质量指标或标准，例如原材料消耗定额，成品质量指标等。因此，企业应不断进行计量和试验检测工作。为了保证试验检测结果正确可靠，应该制订严格的计量管理制度和计量设备检定方法标准。目前已经制订的各种计量设备和试验仪器计量管理和检定方法的国家标准，是计量工作必须遵守的主要依据。

把适当的测量检查仪器安装在生产机台上，可以连续实时测量分析，监控机台生产过程工艺参数及产质量变化情况，从而对机台运行情况进行实时控制，确保机械状态、工艺参数和产质量正常稳定。随着电子计算技术及自动控制技术的迅速发展和日益普及，已使生产过程自动化及质量控制自动化方面达到了新的水平。计量检测管理部门有责任保证上述各项控制设备的正常运行。

纺织工业是规模较大的连续生产的工业部门，而且产品成本中原料成本比重极大。因此，一方面必须对产品质量进行经常检测，而另一方面由于纺织纤维种类多，性能指标离散性又很显著，所制成的纺织制品花色品种更是丰富多彩，用途和对成品品质要求也各不相同。因此，检测试验方法和所用仪器种类繁多，数量很大，型号规格更是各式各样，它们的工作原理和结构繁简程度也差别很大。有些仪器极为简单，完全用手工操作；有些仪器则精密度很高，结构复杂，操作和测试结果计算分析的自动化程度也高。近年来随着化纤生产和应用迅速发展，对纺织材料检测内容提出了许多新的要求新的国家标准在逐步充实。另一面，由于现代科学特别是新型传感器及元器件不断涌现，电子技术和计算机应用的发展，专用微处理机日益普及，使仪器的技术水平也在日新月异，老型号的仪器将日益淘汰或革新。应该根据生产实际需要和技术发展条件合理选择配备纺织试验仪器，并保证

这些仪器能经常处于良好的技术工作状态，是试验计量技术人员的重要任务。

当然，新型仪器的发展，一方面是基于科学技术的可能性，另一方面也是基于生产实际的需要。其推广应用更有一个过程。目前纺织工业中所用试验检测仪器不少还是半自动的，有的还靠手工操作，因而往往还存在着试验时耗时多，结果误差大，仪器精确度不够等缺点。而且，仪器检测结果往往只能代表某一性质方面的单项指标，还不能据此对纺织纤维或制品的性能给予全面综合评定。例如原料品级，织物风格服用性能等基本上都是综合性能的表现，虽有近代测试仪器研制问世。但大量还依靠手感目测评定为主，即凭借目光和触摸感觉根据经验把试样与标准品进行对比评定。手感目测方法的特点是简单迅速，对品质反映比较综合全面，尤其在目前农村纺织原料收购工作往往，手感法在一定程度上有其实用价值。有时甚至是具有权威性的方法。当然，这种方法的缺点也是明显的，它和检验人员主观因素关系较大。而不易得出数据量的试验检测结果；有时手感目测法还要消耗较多的人力和时间。因此，进一步发展和改进纺织试验仪器，使能更准确、方便测得更多品质指标，测量结果采用数字化显示及计算机处理，减小体积和自动化程度，是一项重要的任务。

为了保证上述各项工作的顺利开展。纺织企业必须设置相应的专门机构例如棉检室，试验室及计量室；必须制订各项管理制度，严格执行各种考核标准；根据生产需要改造陈旧设备，采用新技术，研制新仪器和开发新的测试功能。

第二节 纺织试验仪器的分类及选用要点

纺织试验仪器种类很多，分类方法不尽一致。例如可以按使用范围分为通用仪器或专用仪器；按测试项目性质可分为常规试验仪器及特种试验仪器按工作原理可分为机械仪器、光学仪器和电子仪器；按技术水平可分为普通仪器及近代测试仪器等。

称重仪（天平、磅称等）在纺织企业中面广量大，是重要的通用仪器；测湿烘箱、拉伸试验仪（强力机），条干均匀度测试仪，纤维长度细度仪等是重要的常规试验仪器；但是随着技术发展，生产品种不同，特别是化纤及新型产品的日新月异，仪器的分类及其重要性并非固定不变。例如随着技术发展及仪器复杂程度的提高，目前很多仪器已集光、机、电等多种技术于一体，这样要求选用仪器者应具有更为广泛的知识；又如对大部分织物来说，目前透气性并非常规测试项目。但对于特种用途的织物例如降落伞布、过滤器布等则其透气性显然是其关键性指标；再如轮胎帘子线的使用寿命与其反复拉伸疲劳性能有密切关系等等。因此作为工程技术人员，应深知纺织材料、产品用途等技术特性，以便最有效、合理地选用测试仪器，例如化学纤维卷曲弹性测试仪。化学纤维热收缩性能测试仪，纱线毛羽测试仪、纱疵分级、织物风格、静电性能等各种仪器，都可以在某些特定材料、特定产品要求中选用。为了保证工艺条件及产品质量，国家已制订各行业必须配备的计量试验仪器的规范，这是纺织工业选用和配备试验仪器的基本依据。

近年来，在纺织科学研究工作中，采用近代物理方法测试技术和测试仪器日益广泛。例如电子显微镜常被用来研究分析纤维形态微细结构及纤维在加工、使用过程中的损伤机理；X射线仪可通过衍射法

研究纤维高分子结构，取得其结晶度，定向度等定量性数据，供化纤生产改进工艺提高品质作为参考依据；此外，利用纤维高分子物质对红外光谱吸收性能不同或高分子物质在温度变化时的吸热放热效应等特性可以对纤维物质进行精密的成份定量分析，是纤维鉴别、改性处理工作方面的重要手段，纤维在纱条中排列形态的理论研究中采用同位素技术；对纱条不匀采用频谱（或波谱）分析检查纱条不匀中不同周期性波长成份的相对幅度，是分析和查找产生不匀原因的有效手段，这一技术已在成纱品质检测中被日益广泛应用的重要手段。

近代测试仪器的组成，除大量采用电子技术及计算机技术外，新型传感器及检测元件往往是关键所在，因此非电量电测技术在纺织近代测试仪器中有重要地位。另外，具有通用性的数据处理，信号记录、图象处理等近代设备也不断涌现，例如：记忆示波仪、存贮示波仪、快速谱分析仪、图象处理机等等。适当选用这些通用设备，既可满足各种研究需要，又可大大降低对专用设备的要求。

综上所述，鉴于纺织试验仪器品种繁多，用途各异，应根据生产科研实际需要选择合适的测试仪器，既要反映测试技术的先进水平，又要防止盲目贪大求洋，并不断做好仪器使用管理保养维修，使仪器经常处于正常良好的工作状态。这些是每个工程技术人员特别是从事试验、计量及科研技术人员必须具备的素质。

第三节 测试仪器计量性能的主要指标

测试仪器计量性能指标是用来描述仪器在某一方面计量能力的一种数值或标准。它不仅反映出仪器的特性和水平，而且直接影响仪器的复杂性和价格水平，计量性能太低的仪器会造成较大的测试误差，

但选择仪器时过高的计量性能要求也会造成不必要的经济损失。对某种计量性能的疏漏，甚至会造成无法预见到的测试误差。

仪器不同，其具体要求可能千差万别。例如测纤维长度、细度、原棉成熟度、纱线条干、织物耐磨等仪器具体要求各不一样，但是从原则上看，它们都有其共同的计量特性指标。研讨熟悉这些共同性指标的意义及表达方法，对选用维护 and 检定纺织试验仪器都是十分重要的，纺织试验仪器主要计量性能指标如下：

一、量程：

量程是指仪器在一定条件下所能测量的最高值和最低值之间的范围。例如 Y145 型气流式纤维细度仪能测量 $4500 \sim 12000$ 米/克（公支）棉纤维的细度。一般为了扩大仪器适应能力。往往一台仪器有几个量程可供选用。例如 YG026 型织物强力机具有 $0 - 50 \text{ kg f}$ 、 $0 - 100 \text{ kg f}$ 及 $0 \sim 250 \text{ kg f}$ 三挡量程可供选用。但必须注意，计量的正确程度在同一个量程范围内并不是一致的，一般往往在其二端有较大的测量误差。为了保证测量误差不超过使用允许范围，因此根据误差限度对仪器量程分别定义如下：

1、全量程——仪器测量结果相对误差 $\gamma \leq 100\%$ 条件下的量程。显然全量程范围主要取决于零位处误差。

2、工作量程或使用量程——在全量程范围内，正常使用条件下相对误差 $\gamma \leq$ 计量标准允差规定值的区段。

3、鉴定量程——在全量程范围内，当对仪器进行计量性能鉴定时其相对误差 $\gamma \leq$ 计量标准允差规定值的区段。

二、灵敏度

灵敏度是表示一台仪器或其某一部分输出量与输入量之间的比例关系，用公式表示为：

$$\text{灵敏度} = \frac{\text{输出信号的变化量}}{\text{输入信号的变化量}} \dots\dots\dots 1-1$$

分子与分母可以是相同量纲，也可能是不同量纲，公式表示被测物理量变化一个单位值所引起仪器（或某一部分）输出读数的变化量。在某些测量仪器中，也可用上述公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重量变化引起指针偏转分度数表示。也可用每分度毫克数即分度值表示其灵敏度。

在纺织试验仪器中，特别是某些机械类计量仪器例如摆锤式强力仪等，灵敏度或感量往往指能引起仪器示值变化一个最小分度值时所需被测物理量（或称“反应阈”）或给仪器输入一个最小分度值条件下仪器输出示值的变化量。这样，显然灵敏度与最小分度值是两种不同的含义。

仪器的量程与灵敏度之间往往是相互制约的。塞的量程和高的灵敏度均要化费更高的造价。

三、精密度或分辨力（又称分辨率）：

精密度是指仪器能测量出的最小单位值，它越小，则仪器精密度越高（越精密），分辨力又可称为鉴别力，是指仪器能从输入信号中检测到的最小变化量。它可以是一个具有某种量纲的具体值，也可以是无量纲的相对值，精密度和分辨力通常具有相同的含义，只是不同仪器取用的习惯不同而已。

数字式仪表中量程及精密度均与有效数字位直接有关。例如具有四位有效数的数字显示 Y331A 型纱线捻度仪其量程可以是 0～9999 捻回，分辨力（在数字仪表中通常称为最小示值）为 0.1 捻回。（这时其量程为 0～999 捻回）。

在数字式仪表中，为了使仪器既具有足够分辨力，又不致使造价太高，往往采取半位计量结构方式，即其数字显示的最高位并不具有完整的0—9十个计数状态。例如三位半数字式电压表20伏量程挡，它可以测量00.00~19.99伏，这时其最小示值为0.01伏。

四、准确度或误差率

仪器准确度和误差率是同一事物的二种提法。准确度可定义为测量结果与被测物理的真实值之间的符合程度或接近程度。只有对很多个单个物件计数时，测量才可能完全正确。而在一般模拟测量转换过程中，（包括经过模/数转换的数字显示测量系统）无论仪器怎样精密，测量所得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。而且，必须注意，由于系统误差（定义见后）的存在，即使精密度很高的仪器，往往也会造成很大的测量误差。从完整的意义上说，只有精确（既精密又正确）的测量才能使测量结果尽量接近被测量的真实值，但精密度往往是保证正确的先决条件。

（一）仪器准确度或误差的表示方法

仪器的准确度通常都以测量误差或允差指标表示。

1、绝对误差值 ΔN

定义绝对误差 ΔN 是测得值 B 与被测物理量真值 A 之间的差值即

$$\Delta N = B - A \quad \dots\dots\dots 1-2$$

但事实上被测物理量真值 A 通常是不能确知的，一般可采用二种处理方法：

(1) 用高一级精确度的仪表测得 B' 值代替 A 则得

$$\Delta N = B - B' \quad \dots\dots\dots 1-3$$

(2) 在已知仪器系统误差可以忽略的条件下，可用多次测量平均值 $\bar{X}$ 代替 A 即

$$\Delta N = B - X \dots\dots\dots 1-4$$

考虑到习惯上希知道被测物理量真值，而 ΔN 又不可避免，为此，对于某一仪器，可按历史资料及鉴定结果取得在一定条件下的 ΔN 值，最后将被测物理量真值用下式表示：

$$A = B \pm \Delta N \dots\dots\dots 1-5$$

2、相对误差。绝对误差往往不能反映对不同值测量结果的精确程度。为了表示和比较测量结果的精确程度经常采用误差的相对形式即相对误差，它通常采用二种表示方法：

$$(1) \text{ 真值误差百分率 } \gamma = \frac{B - A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots 1-6$$

由于 A 为未知值故也可用测得值表示：

$$\gamma = \frac{B - X}{X} \times 100\% \dots\dots\dots 1-6'$$

$$(2) \text{ 满刻度误差百分率 } R = \frac{B - A}{F.S} = 100\% \dots\dots\dots 1-7$$

式中：F.S. 为测试所取得量程的满刻度值

满度误差值 R 主要用来衡量或比较不同量程仪器的精度质量，电工仪表的精度等级是按 R 值确定的。纺织试验仪器计量考核通常采用真值误差百分率，这样有利于促进，正确选定使用仪器的量程即避免使用过大程量的测试仪器，並保证无论采用何种量程仪器其测得结果仍有可比性。

应该指出，仪器的精度等级往往是包含量程、误差、和精密度或

分辨率等多种因素的综合反映，例如等臂天平的精度等级是按分度值与量程的相对比值定义的。

提高和保证仪器测量精确度，是仪器使用者和计量技术人员的重要任务。它意味着减小和消除测量误差。因此必须对仪器产生误差的原因、来源规律及减小误差方法等问题有足够的理解。因此，后面还将对误差问题作专门论述。

五、动态特性或动态响应

在纺织测试仪器中，有相当多测试对象本身是一个随时变化的信号即动态信号，例如测量纱条不匀、纱线疲劳性能、流变性能、工艺加工过程中的纱线张力等等都属于动态信号。归纳起来可有如图 1—2 几种类型，但较典型的为正弦信号，脉冲信号和随机信号三种。

若一台仪器输出能紧紧追踪一个急速波动的输入信号，而不产生畸变，则称这台仪器有良好的动态响应。如果仪器动态响应性能不够，则将造成动态测量误差，这一点在选用仪器时必须特别注意。

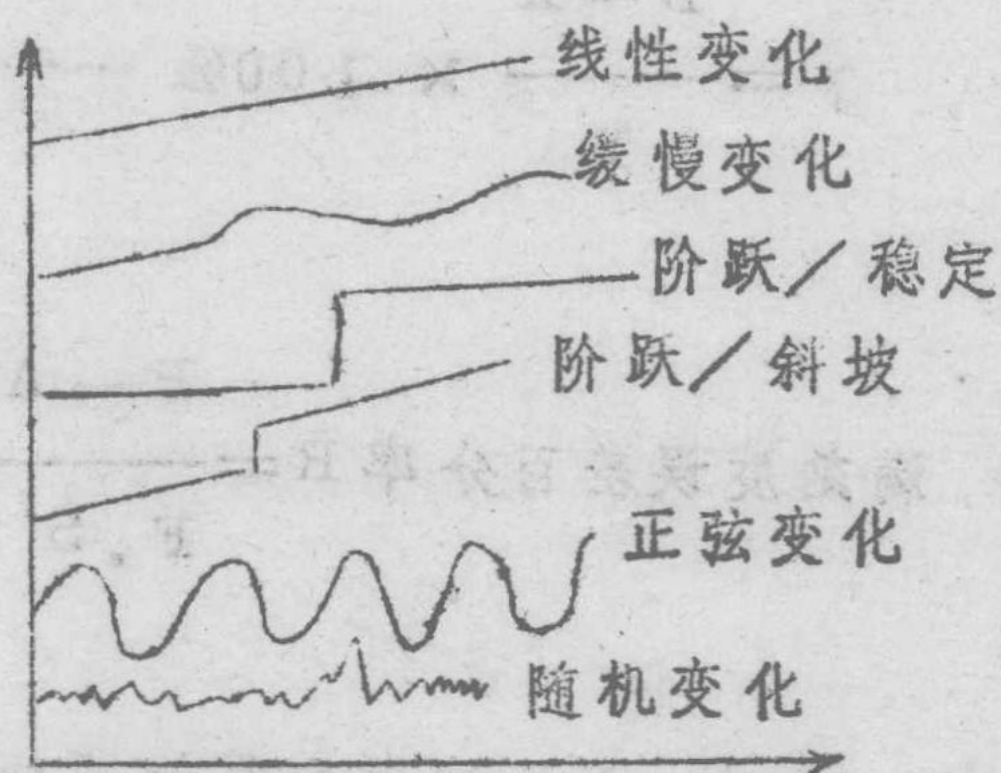
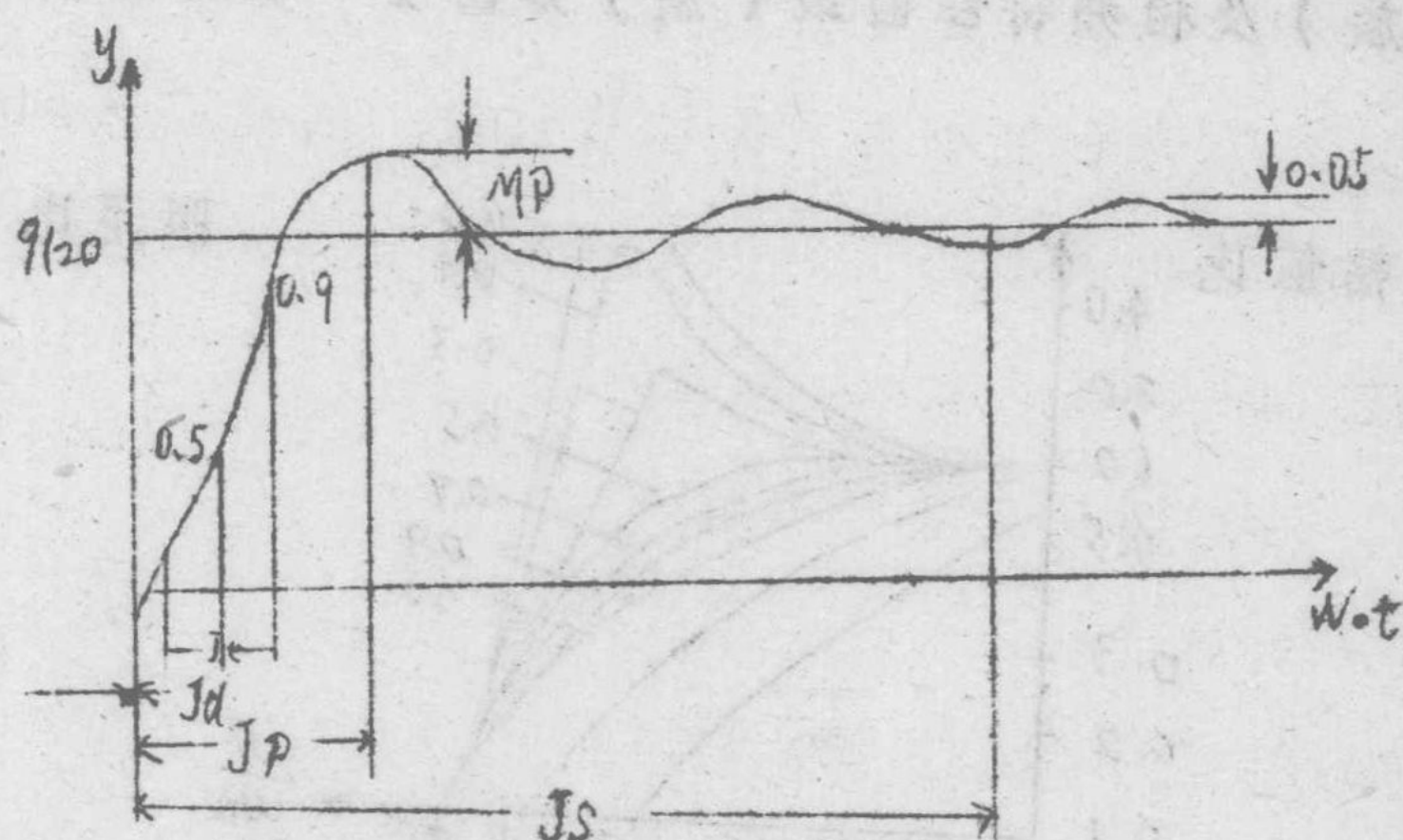


图 1—2 主要几种动态信号

动态特性与静态特性的区别是：动态特性中输出量与输入量的关系不是一个定值，而是时间的函数，它随输入信号频率而变。因此，表征动态特

性的输出量与输入量的关系的方法较复杂，从性质方面它可以分为瞬态响应和稳态响应两大类。前者是指仪器从测量初始状态到最终稳定

状态响应过程。例如用万用电表测量直流电压时，在指针达到稳定值之前，必然在稳定值左右有一个阻尼振动的过程如图 1—3 所示：



T_r —— 上升时间；

T_d —— 延迟时间；

T_p —— 峰值时间；

T_s —— 调整时间；

M_p —— 超调量。

图 1—3 二阶测试系统的阶跃响应曲线

图 1—3 表示二阶测试系统的阶跃响应曲线，用以表示测试系统的瞬态响应。仪器的稳态响应，通常采用频率响应这一指标。它表示仪器对交流输入信号（通常取正弦信号）频率的适应能力。由于频率改变时输出信号的振幅和相位都会产生不同的误差，因此频率响应还分为幅频特性与相频特性两项，为了较全面地描述误差大小与信号频率变化之间的关系，通常采用幅频特性曲线及相频特性曲线，对某些仪器（特别是某些电测仪器）也可用频带宽度，等指标表示其频率特性。

分析仪器动态特性常用的数学方法是传递函数分析法，动态特性的传递函数在线性（或线性化）定常系统中是指初始条件为零时，系统输出量的拉氏变换与输入量的拉氏变换之比。取拉氏变换的目的在

于可将复杂的微分方程简化为代数方程。根据数学分析可以求得一般二阶系统（很多传感器和仪器都具有二阶系统的动态特性）幅频特性曲线（族）及相频特性曲线（族）如图 1—4 所示：

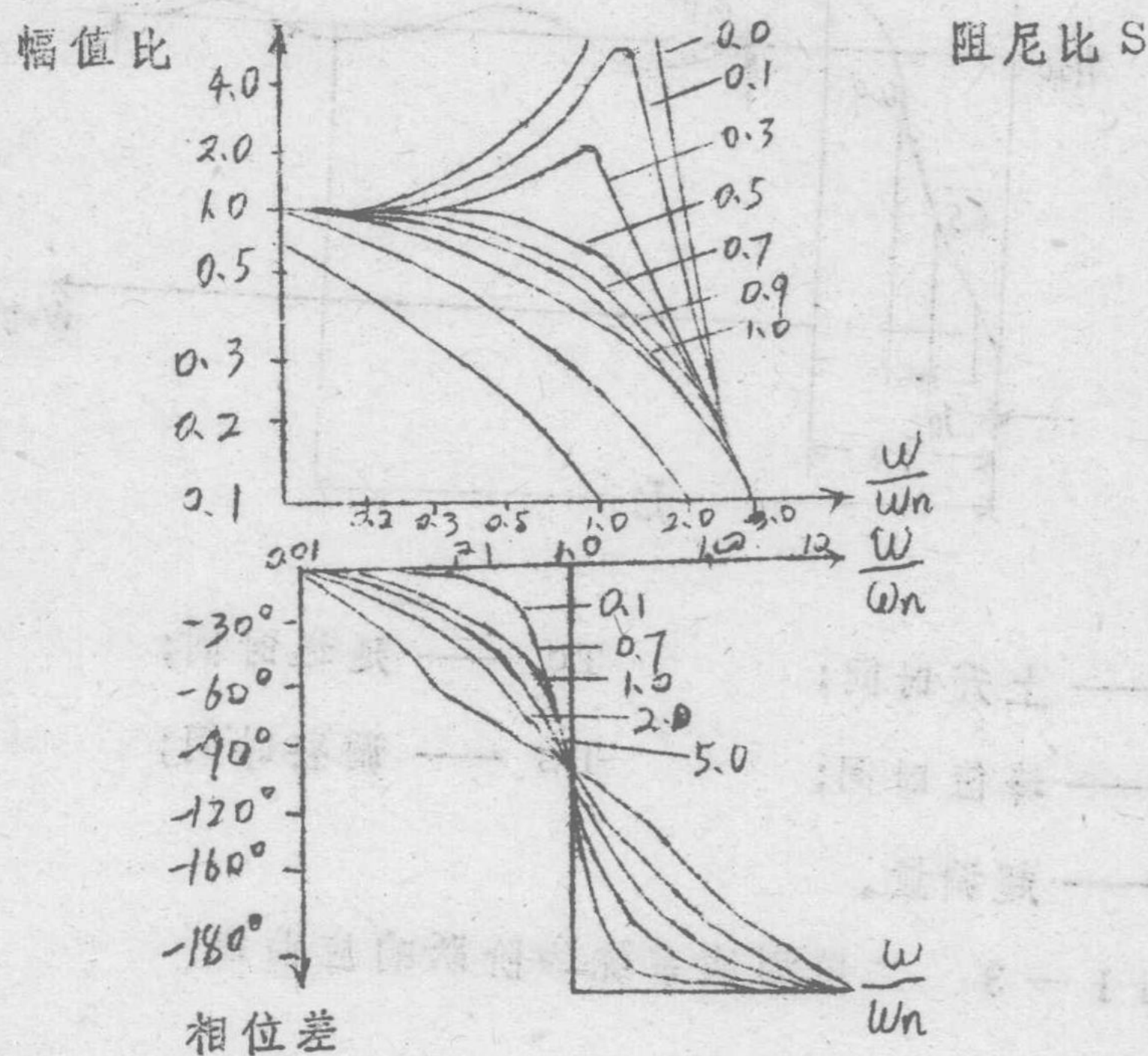


图 1—4 二阶测试系统频率特性

图 1—5 中画出了二阶系统的幅频特性与相频特性曲线族。它们是以各种不同的阻尼系数比 ξ 为参数，并用工作频率 ω 与仪器系统自振频率 ω_n 的比值为横坐标，以动态幅值与静态幅值之比（等于 1 时无幅值误差）或相位差为纵坐标。从图中可以看出，当 ξ 趋近于零时，

幅值在系统固有振动频率（ $\frac{\omega}{\omega_n} = 1$ ）附近变得很大。在这种场合，

激励将使仪器系统出现谐振，为避免这种情况，可增加 ξ 值，计算及图中示出当 $\xi \geq 0.707$ 时，谐振就基本上被抑制了。而当 $\xi = 1$ 时，（临界状态），仪器将有足够宽的动态响应，而又刚好不产生超调失真。

对于大部分纺织测试仪器来决定其动态响应的因素不在电子电路，而在于传感器部分，这是因为不少传感器包含弹性元件等机械检测部分，而机械系统的动态响应远比电子电路的动态响应差得多。

描述仪器计量性能指标 上述四项指标外，还必须考虑可靠性，经济性等指标。一般来说，所有仪器都要求有较高的可靠性。但是，不同场合，仪器失误产生后果差别甚大，因此在选用仪器时，应对由于仪器失误可能造成的损失范围和限度有足够估计，以便根据实际需要提出对仪器可靠性的要求和措施，以便兼顾可靠性与经济性的矛盾。

第四节 测量误差及其处理方法

一、误差分类

无论怎么仔细地测量，都只能达到一定的精确程度，虽然随着科学技术的发展，测量精确度可以越来越高，但实际测量结果，常难得到被测物理的真实值，而只是它的近似反映。如前所述，测得结果与真值间偏离称为测量误差，而测量结果的精确度通常也是按误差大小来确定。

由于测量误差的存在，即使在同一条件下对同一对象重复多次测量，严格地讲，各次所得结果也往往并不完全相同，而是在某一幅度内变动。因此，既不能简单地认为测量结果就是真值，也不应如各次测量结果中人为地去有意取舍。而应按误差出现的原因和误差的规律