

高等纺织院校教材

纺织检测技术及仪表

李福刚 岳佩麟 编

中国纺织出版社

高等纺织院校教材

纺织检测技术及仪表

李福刚 岳佩麟 编

中国纺织出版社

(京)新登字037号

内 容 提 要

本书主要阐述检测技术的基本理论及纺织工业常用工艺参数的检测方法。

全书共三篇十三章。第一篇(第一、第二章)和第二篇(第三至第六章)为检测技术基本理论,主要内容包括误差理论、测量系统基本特性、常用传感器原理及应用。第三篇(第七至第十三章)介绍自动检测系统的组成、纺织和印染生产过程中工艺参数的检测及常用仪表。

本书为高等纺织院校自动化专业的教材,也可作为高等纺织院校其他专业的教学参考书。同时,可供有关工程技术人员参考。

特约编辑:钱学康

责任编辑:郑剑秋

高等纺织院校教材

纺织检测技术及仪表

李福刚 岳佩麟 编

中国纺织出版社出版

(北京东直门南大街4号)

北京通县见子店印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16 印张:16 字数:383千字

1992年6月第一版第一次印刷 1994年5月第一版第二次印刷

印数:2,501—5,500 定价:16.10元

ISBN 7-5064-0718-3/TS·0681(课)

前言

本书是根据高等纺织院校工业电气自动化专业教育委员会1986年9月上海会议精神,为高等纺织院校工业电气自动化专业编写的技术基础课教材。

随着纺织工业的发展,自动控制技术和计算机技术的应用不断扩大和深化,新型纺织印染机器设备自动化程度日益提高,对纺织印染生产工艺参数的检测及机器设备机械量的测量,在深度和广度方面都提出了越来越高的要求。为此,编者深入纺织印染企业、科研单位进行调研,搜集了大量的检测技术的应用实例,并结合几年的教学实践,完成初稿。其后编者又根据1987年西安审稿会意见进一步修改和充实,增加了新的章节。1988年复审后,编者又仔细加工,写成本书。

本书注意理论的系统性和实践性。学生通过第一、二篇的学习,掌握检测技术的基础理论和传感器原理,在此基础上学习第三篇纺织生产工艺参数检测的基本原理和方法以培养学生解决实际问题的能力。

本书由李福刚编写绪论、第三章、第五章、第七章及第九至第十二章;其余六章均由岳佩麟编写。

本书由中国纺织大学严隽道担任主审。参加审稿的还有武汉纺织工学院宋韶璠、苏州丝绸工学院蒋心逵、山东纺织工学院鲁好忠。他们,特别是严隽道同志,对本书的内容和大纲提出了很多宝贵意见,编者在此表示衷心感谢!

由于编者水平所限,错误和不妥之处恳请广大读者赐教。

编者

欢 迎 订 购

B3A105B	纺织机械制造工艺学	5.05元
B3A102B	交流调速系统及其应用	4.70元
B3A035C	纺织机械液压与气动技术	4.75元
B2E280A	电力拖动自动控制系统	4.00元
B3E298A	同步传动系统	8.40元
B3E306A	无梭织机电气控制系统	12.90元
B4E001A	可编程序控制器在纺织中的应用	10.20元
B2E024	纺织测试手册	12.70元
E2E243A	印染机械电气控制	9.80元
B3E299A	纺织厂通风除尘技术	12.60元
B3E300A	纺织设备机电一体化基础	8.50元
B3E301A	纺织材料强力测试	7.80元
	电工电子技术基础	12.00元
	粗纱机结构原理与使用维护	9.80元
	棉纺织设备控制电路	12.00元

ISBN 7-5064-0618-3/TS·0681 (课)

定 价： 16.00 元

目 录

绪论.....	(1)
---------	-----

第一篇 检测技术基础

第一章 测量误差.....	(3)
第一节 测量误差概述.....	(3)
一、测量与误差.....	(3)
二、误差的产生.....	(8)
三、误差的表示.....	(4)
四、误差的种类.....	(6)
第二节 系统误差的消除.....	(7)
一、系统误差的特点和种类.....	(7)
二、系统误差的发现.....	(8)
三、系统误差的削弱与消除.....	(8)
第二章 测量系统的基本特性.....	(10)
第一节 概述.....	(10)
第二节 测量系统的静态特性.....	(10)
一、线性度.....	(10)
二、灵敏度.....	(12)
三、滞后差.....	(13)
四、分辨率.....	(14)
五、精确度.....	(14)
第三节 测量系统的动态特性.....	(14)
一、测量系统的数学模型.....	(14)
二、传递函数.....	(15)
三、频率响应函数.....	(15)
第四节 测量系统动态特性参数的测定.....	(16)
一、一阶系统时间常数 τ 的测定.....	(16)
二、二阶系统阻尼比 ξ 及固有角频率 ω_n 的测定.....	(17)

第二篇 传感器原理及其在纺织工业中的应用

第三章 参数型传感器.....	(21)
第一节 电阻式传感器.....	(21)

一、电位器式传感器	(21)
二、电阻应变片	(24)
三、半导体应变片	(27)
四、电阻应变式传感器	(29)
五、电阻式传感器在纺织工业中的应用	(31)
第二节 电容式传感器	(33)
一、电容式传感器的工作原理和等效电路	(33)
二、电容式传感器的特点	(37)
三、电容式传感器的应用	(39)
第三节 电感式传感器	(40)
一、自感式传感器	(41)
二、差动式电感传感器	(45)
三、差动变压器式传感器	(46)
四、电感式传感器的应用举例	(50)
第四节 电涡流式传感器	(51)
一、电涡流式传感器的基本原理	(51)
二、影响电涡流式传感器输出的因素	(53)
三、电涡流式传感器的类型及应用	(54)
第四章 电势型传感器	(58)
第一节 压电式传感器	(58)
一、压电式传感器的工作原理	(58)
二、压电式传感器的特点	(62)
三、压电式传感器的等效电路	(64)
四、压电式传感器的测量电路	(65)
五、压电式传感器的应用	(67)
第二节 磁电式传感器	(69)
一、磁电式传感器的基本原理与结构	(69)
二、磁电式传感器的应用	(71)
第三节 霍尔式传感器	(72)
一、霍尔效应及霍尔元件	(72)
二、霍尔元件的主要参数及特性	(75)
三、霍尔元件的主要误差及补偿	(77)
四、霍尔式传感器及其应用	(78)
第四节 热电式传感器	(80)
一、热电偶温度传感器	(80)
二、热电阻温度传感器	(88)
第五章 光电式传感器	(90)

第一节 光电效应	(90)
第二节 半导体光电器件	(91)
一、光敏电阻	(91)
二、光敏二极管和光敏三极管	(94)
三、光电池	(96)
四、光耦合器件	(100)
第三节 光电管与光电倍增管	(101)
第四节 光电式传感器	(103)
一、光电式传感器的分类	(103)
二、光电式传感器的组成	(104)
三、光电器件的选择及使用注意事项	(105)
第五节 光导纤维	(106)
第六节 激光器	(110)
一、激光的形成原理	(110)
二、激光器的组成	(110)
三、激光特性	(111)
四、激光器的分类	(112)
五、氦-氖激光器	(112)
第七节 光电式传感器的应用	(113)
一、羊毛细度的检测	(113)
二、粗纱机激光断头自停装置	(115)
第六章 数字型传感器	(118)
第一节 振弦式传感器	(118)
一、振弦式传感器的工作原理	(118)
二、振弦式传感器的基本特性	(119)
三、振弦式传感器的应用	(121)
第二节 码盘	(121)
第三节 光栅传感器	(125)
一、光栅传感器的结构	(125)
二、光栅传感器的工作原理	(126)
三、光栅传感器的位移-数字转换方法	(129)
四、光栅传感器的应用	(133)

第三篇 纺织生产工艺参数的检测及仪表

第七章 自动检测系统的组成	(137)
第一节 自动检测系统概述	(137)
一、自动检测系统各环节的功能	(137)

二、自动检测系统各环节的连接方式	(138)
第二节 常用测量电路	(139)
一、直流电桥	(139)
二、交流电桥	(141)
三、电感耦合电桥	(142)
四、相敏检波电路	(144)
五、差动整流电路	(146)
第三节 特殊检测放大电路	(146)
一、参量放大器	(146)
二、锁相放大器	(149)
第四节 信号转换电路	(152)
第五节 温度补偿及非线性环节的线性化	(155)
一、温度补偿	(155)
二、非线性环节的线性化	(157)
第六节 微机在自动检测系统中的应用	(162)
一、智能化仪器	(163)
二、微机多点数据采集系统	(164)
三、微机应用于检测信号的线性化处理	(164)
四、微机在织物染色机温控中的应用实例	(166)
第八章 织物纬斜的检测与控制	(169)
第一节 概述	(169)
第二节 静止狭缝式光电整纬器	(169)
一、光电检测器	(169)
二、控制系统	(171)
三、矫正执行机构	(173)
第三节 旋转狭缝式光电整纬器	(175)
第九章 纱疵在线检测及仪表	(177)
第一节 概述	(177)
第二节 纱疵在线检测的分类及工作原理	(177)
一、按信号的检测方法分类	(177)
二、按信号的输出形式分类	(180)
第三节 电子清纱器	(181)
一、电子清纱器的组成及原理	(181)
二、电子清纱器举例	(182)
第十章 湿度、回潮率的检测及仪表	(185)
第一节 湿度的检测	(185)
一、空气湿度与纺织生产的关系	(185)

二、湿度的表示方法	(186)
三、湿度检测仪表	(186)
第二节 回潮率的检测	(190)
一、概述	(190)
二、回潮率的检测方法	(181)
三、回潮率检测技术的应用	(195)
第十一章 温度检测及仪表	(199)
第一节 温度检测概述	(199)
一、温标	(199)
二、温度检测方法	(199)
三、纺织工业中温度检测的概况	(200)
第二节 接触式温度测量	(200)
一、接触式测温仪表	(200)
二、测温仪表的选择和安装	(203)
第三节 非接触式温度测量	(203)
一、黑体辐射定律	(203)
二、辐射测温方法	(205)
三、辐射测温仪表	(206)
第四节 表面温度及运动物体温度的测量	(209)
一、固体表面温度的测量	(209)
二、运动物体表面温度的测量	(210)
三、纺织工业中运动物体温度测量实例	(213)
第十二章 流量与压力的测定	(217)
第一节 流量的测量	(217)
一、节流式流量计	(217)
二、椭圆齿轮流量计	(221)
三、远传式转子流量计	(222)
四、电磁流量计	(223)
第二节 压力的测量	(226)
一、弹性式压力计	(226)
二、应变式压力计	(229)
三、其他电气式压力计	(230)
第十三章 纺织生产中其他工艺参数的检测	(231)
第一节 物位检测	(231)
一、浮力式液位检测	(231)
二、压力式液位检测	(234)
三、电参量式物位检测	(235)
四、超声波式物位检测	(236)

第二节 粘度检测..... (237)

一、动力粘度及运动粘度..... (237)

二、常用的粘度检测仪器..... (238)

三、粘度的自动检测..... (241)

第三节 张力检测..... (242)

一、张力检测原理..... (242)

二、张力检测方法..... (243)

主要参考文献..... (245)

绪 论

一、检测技术概述

在生活、生产、科学技术、工程设计等各个领域都离不开对反映物质性能和运动状态的各种物理量、化学量、几何量和生物量的检测。

对物质状态的检测，通常包括如下三方面：

(1) 定量确定被测参数的量值。例如，测得纱线张力为 0.5N ；测得热定型机烘房的温度为 198°C 等。

(2) 定性了解被测对象的某个状态。例如，半导体器件是否漏气；织物颜色是否均匀。

(3) 检测被测对象的某一参数，控制它在一定的范围内，但不必测出它的具体数值。例如对织物纬斜只是控制其在允许的误差范围内即可。

上述三方面的内容，在现代科学技术和生产中的应用越来越广，它促进了科学技术和生产的不断发展。另一方面，科学技术的进步给检测技术不断提出新的课题，同时又能利用新技术的成就来装备检测仪表。因此检测技术的发展与科学技术和生产的发展是互相渗透、互相促进、相辅相成的。检测技术是科学技术发展水平的重要标志，是实现科学技术现代化不可缺少的条件。

近年来，由于计算机技术的迅猛发展，促使控制系统的功能不断完善；仪器仪表的智能化不断增强。这就对作为“感觉器官”的检测技术提出了更高的要求。如果感觉器官失灵，再聪明的大脑也无济于事。没有检测，即没有信息，也就无法控制。因此检测技术对于计算机技术的推广应用以及自动控制技术的发展具有重要意义。

完成非电信号的检测与转换以及对信号的各种处理，最后显示出被测量数值的系统称为自动检测系统。

自动检测系统由传感器、测量电路，信号处理与变换电路以及显示记录仪表组成。传感器是采集、传递信息的装置。例如位移可以通过电感式传感器转换为电压信号，因而便于信号的传递、放大等处理。传感器输出的电参数或电信号通过测量电路变为适合信号处理和变换电路需要的信号。信号处理和变换单元是由放大、调制、滤波或线性化等电路组成。测量电路输出的电信号经本单元转变为能被显示装置接受的电信号。本单元还可输出控制信号，以便对被测量进行调解控制。显示与记录装置能够记录或显示被测量的电信号。

二、检测技术在纺织工业中的重要性

在纺织工业中，随着生产的发展，新技术的引进，能够自动检测与自动控制的仪器设备不断增加。自动检测技术应用的范围不断扩大。由于社会的进步，人们生活的改善，对纺织品的性能不断提出新的要求，因而对检测技术的要求也在不断提高。这主要表现在：

(1) 对产品质量检验的严密性、准确性的要求不断提高；在过去，某些产品指标是靠

手感目测来检验的，而现在要求用仪器定量检测。因为手感目测会带有很大的主观性。不同检验人员在判断上的差异以及同一检验人员在不同条件下或对不同产品的判断的差异都是难以避免的。

(2) 对产品质量检验的项目在不断增多：为了满足消费者不断增长的要求，过去不检验的项目，开始陆续要求进行检验和测试。如服装的透气、挺括、舒适等服用性能以及织物风格等都已开始进行检测。

(3) 生产过程控制参数不断增多：为提高产品质量需要对生产过程工艺参数进行控制，而实现自动控制的首要问题是对这些被控量的在线动态检测。例如，织物热定型的质量取决于它的热定型表面温度；织物的缩水率取决于它在加工过程中的回潮率。检测并控制织物的表面温度或回潮率是提高产品性能指标的重要措施。

(4) 测试仪器、纺织机械以及生产过程控制设备自动化程度在不断提高：随着纺织工业的发展，设备仪器自动化程度不断提高，这就必然对检测技术不断提出新的课题。不解决这些课题便无法实现自动化。

近20年来，越来越多的电测仪器，应用于自动检测和自动控制技术中。检验纤维、纱线、织物等强力的各种电子强力仪、检验纱条质量并进行生产管理的电容式条干均匀度仪，目前在纺织生产及科研部门已普遍采用。络筒机在工作过程中，纱线的疵点，人工是无法检测的。只能通过电子清纱器检测并切除掉。在生产过程中，对纱条均匀度的控制是通过梳棉机和并条机的棉层厚度的检测来实现自调匀整的。

浆纱机是织造中重要的自动化对象之一。如果不能实现温度、回潮率、粘度、上浆率等参数的自动检测，也就无法实现自动化。在染整生产中，普遍存在着温度、流量、压力、液位、张力的检测与控制。某些织物的染色需要按照一定的升温、保温、降温曲线，并在一定的压力下进行。用人工控制将是无能为力的，只有把检测到的温度、压力的信息送入计算机进行实时控制，才能保证染色质量。

另外，在纺织科研工作中，也经常需要对纺织机械的动态参数以及生产过程的工艺参数进行测量，从而可改进机器设计和生产工艺。

三、本课程的内容及要求

本课程第一篇是学习检测技术的必要的基础知识。第二篇的重点是传感器原理。这是由非电量到电量转换的基本原理。由于物质状态的复杂性，被测参数是多种多样的。因此，非电量与电量之间的转换原理、方法以及传感器的结构形式和材料也各不相同。这一篇的内容涉及的知识面较广。第三篇是在学习第一、二篇的基础上，较全面地学习纺织工业中各种常见的工艺参数的测量原理和方法，以形成检测过程和检测系统的完整的概念。

本课程涉及的知识面广，几乎涉及到整个物理学的领域以及电工学、电子学、材料力学、数学、控制理论等。因此，在学习本课程之前应对上述课程具有一定的基础。

本课程的任务主要是研究纺织生产工艺参数检测的基本原理和方法。通过本课程的学习，对纺织生产和科研中提出的一般性检测技术问题，应能够合理选用传感器，提出合理的测试方案。

第一篇 检测技术基础

第一章 测量误差

第一节 测量误差概述

一、测量与误差

测量是人们借助于专门设备,通过实验手段对客观事物的量获取数值信息的认识过程。它的实质是将未知参量 x 与作为该参量测量单位的已知量 x_1 进行比较,获取 x 的量为 x_1 的 α 倍的信息。因此测量可用下式表述:

$$x = \alpha x_1$$

或

$$\alpha = \frac{x}{x_1}$$

任何一个被测参量,在一定时间、空间条件下,总有一个客观存在的量值,称为真值。测量的目的就是获取此真值。

通常,要完成对某参量的测定,必须具备三个条件,即测量设备、测量方法和测量人员。由于测量设备不可能绝对精密,测量方法不可能绝对精确,测量人员也不可能做到绝对精细,因而人们在测量中所获得的某参量的值与其客观真值并不一致。这种不一致性在数值上的表现称为误差。

测量误差的客观存在,使得人们难以获得某事物量的真值,其大小直接关系到测量值与真值的逼近程度。因此,必须对测量误差进行研究。

研究测量误差,就是研究其产生、传递和特点,以使人们能合理地设计和选择测量设备与测量方法,正确地进行测量,尽可能减少误差,从而获得最佳测量结果。

二、误差的产生

产生误差的主要因素有四类:

1. 设备误差 设备误差是指测量过程中采用的量具及测试仪器本身性能不完善所产生的测量误差。其中首先是标准器的误差。而仪器设计制造本身不完善,也会产生误差。某些仪器在设计时就存在理论误差。如光线示波器的输出与输入,其记录显示结果与被测量之间的线性关系,是在线圈偏转角 θ 很小,将 $\cos\theta$ 视作1的情况下得到的,而实际测量时并非如此。此外,仪器本身的特性参数不稳定,例如测量仪器中的电阻、电容和电池等的老化,晶体振

荡器频率的长期漂移和短时波动,机械零件的磨损等等,都会产生测量误差。

2.方法误差 方法误差是指测量方法或计算方法不完善所产生的测量误差。例如,欲测量化纤物热定型时的表面温度,由于各种因素所限,常采用测量热定型装置内空气的温度来表示织物表面温度。显然,两者之间存在差异。又如在间接测量中,需通过测量与被测量有关的其他量,换算成被测量。换算中的近似,也会产生误差。

3.人员误差 人员误差是指测量人员本身因素所带来的测量误差。各个测量人员由于感觉器官的功能不同,固有习惯不同,测量知识与技能不同以及责任心不同等等,对同一被测量,会得出不同的测量结果。例如,有的人习惯于斜视,对指针式仪器读出的结果就偏大或偏小。甚至同一测量者在不同情况下,因情绪变化,也会使测量结果产生不同的误差。

4.环境误差 环境误差是指测量环境的条件不满足要求或者发生变化,使测量设备或被测量发生不应有的变化而产生的测量误差。影响测量误差的环境条件通常有温度、湿度、震动、光照和电磁场等等。

三、误差的表示

测量误差通常用以下几种方法来表示。

1.绝对误差

(1)绝对误差的定义:某参量的测量值 x 与该参量的真值 x_0 之间的差值 Δx 为绝对误差,即

$$\Delta x = x - x_0 \quad (1-1)$$

真值 x_0 是某参量本身所具有的真实大小。它客观存在,却无法确知。在实际测量中,常以更高一级的标准仪器对某参量的示值,视为该参量的真值。通常称为约定真值。实际上,二者无需区分。

由式(1-1)可知,如已知绝对误差 Δx ,则某参量的真值为

$$x_0 = x - \Delta x \quad (1-2)$$

$$\text{令} \quad c = -\Delta x \quad (1-3)$$

$$\text{则} \quad x_0 = x + c \quad (1-4)$$

式中 c 称为修正值。式(1-4)表明,含有误差的测量值 x 加上修正值 c 后,即可消除误差的影响。

(2)绝对误差的特点:

- ①绝对误差是有量纲的,它与被测参量具有同一量纲,其数值大小与所取的单位有关;
- ②能反映误差的大小与方向;
- ③当被测量大小不同时,不能确切地反映测量的精确程度。

2.相对误差

(1)相对误差的定义:绝对误差 Δx 与被测参量的真值 x_0 之比称为相对误差 γ 。常用百分数表示,即

$$\gamma(\%) = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100 \quad (1-5)$$

当绝对误差 Δx 很小时,相对误差 γ 也可用绝对误差 Δx 与测量值 x 之比表示,即

$$\gamma(\%) = \frac{\Delta x}{x} \times 100 \quad (1-6)$$

(2) 相对误差的特点:

- ① 相对误差是一个比值, 其大小与被测量所取的单位无关;
- ② 能反映误差的大小和方向;
- ③ 能够确切地反映出测量的精确程度。

3. 引用误差

(1) 引用误差的定义: 绝对误差 Δx 与仪表测量范围的满度值 x_n 之比值称为引用误差或满度相对误差 γ_n 。常用百分数表示, 即

$$\gamma_n(\%) = \frac{\Delta x}{x_n} \times 100 \quad (1-7)$$

(2) 引用误差的特点:

- ① 引用误差是一个比值, 其大小与被测量所取单位无关;
 - ② 引用误差只与仪器某一量程的满度值 (即测量上限) 有关, 而与被测量的大小无关;
- 引用误差常用在多档和连续分度的仪器中。这类仪器在其可测范围内的各分度点上的相对误差随被测量而变化。

通常以某仪表最大的引用误差 γ_{max} 来确定该仪表的精确度等级, 我国仪表划分为以下六级: 0.1级、0.2级、0.5级、1.0级、1.5级、2.5级。

由式 (1-7) 可知, 当绝对误差 Δx 取最大值 Δx_{max} 时, 引用误差亦为该仪表的最大引用误差 γ_{max} , 故可得

$$\Delta x_{max} = \frac{\gamma_{max} x_n}{100} \quad (1-8)$$

将此绝对误差与被测量的测定值 (即仪表的示值) x 之比用百分数表示后, 便得到用该仪表进行测量时所可能有的最大相对误差, 即

$$\gamma_{max}(\%) = \frac{\Delta x_{max}}{x} \times 100 = \gamma_{max} \frac{x_n}{x} \quad (1-9)$$

综上所述, 若一台合格仪表的精度等级为 S 级, 则仅说明该仪表的最大引用误差不会超过 $S\%$, 即 $\gamma_{max} \leq S\%$, 而不能认为该仪表在全量程内任意分度点上的示值误差都不超过 $S\%$ 。因为对于量程为 $0 \sim x_n$ 的仪表, 测量点 x 处的相对误差为

$$\gamma \leq \frac{x_n}{x} \cdot S\% \quad (1-10)$$

它不仅与仪表的精度等级 S 有关, 而且与仪表测量范围的满度值 x_n 与表示值 x 之比值有关。当仪表的示值较满度值为甚小时, 相对误差将很大。特别是在使用电工和热工仪表时, 应注意选用测量值与仪表满度值接近的量程。一般测量值应不低于仪表量程的 $2/3$ 。

例1-1 某温度计的最大引用误差为 $\pm 1.0\%$ ，刻度由 -50°C 到 $+150^{\circ}\text{C}$ ，试求这个温度计的最大绝对误差以及用它测量 -40°C 和 $+140^{\circ}\text{C}$ 时的最大绝对误差和最大相对误差。

解 由题意知，该表的测量范围为

$$150^{\circ}\text{C} - (-50^{\circ}\text{C}) = 200^{\circ}\text{C}$$

其最大引用误差为 $\pm 1.0\%$ 。由式(1-8)知，这个温度计的最大绝对误差及用该表测量 -40°C 和 $+140^{\circ}\text{C}$ 时最大绝对误差均为

$$\Delta x_{\max} = \frac{\pm 1.0 \times 200^{\circ}\text{C}}{100} = \pm 2.0^{\circ}\text{C}$$

由式(1-9)知，用该仪表测量 -40°C 时，最大相对误差为

$$\gamma_{-40}(\%) = \pm 1.0 \times \frac{200}{-40 - (-50)} = \pm 20$$

测量 $+140^{\circ}\text{C}$ 时，最大相对误差为

$$\gamma_{140}(\%) = \pm 1.0 \times \frac{200}{140 - (-50)} = \pm 1.1$$

由此可见，测量值接近仪表的满度值时，相对误差小。否则，测量的相对误差将很大，以致超过允许的误差范围。

例1-2 某待测电流约为 200mA ，现有 0.5 级 $0 \sim 1\text{A}$ 和 1.0 级 $0 \sim 250\text{mA}$ 的电流表各一个，问应选用哪一个？

解 用 0.5 级 $0 \sim 1\text{A}$ 的电流表测量时，最大相对误差为

$$\gamma_{1\max}(\%) = \pm 0.5 \times \frac{1000}{200} = \pm 2.5$$

用 1.0 级 $0 \sim 250\text{mA}$ 的电流表测量时，最大相对误差为

$$\gamma_{2\max}(\%) = \pm 1.0 \times \frac{250}{200} = \pm 1.25$$

显然，应当选用后者。

此例说明，选用仪表时，除考虑仪表的精度等级外，还必须根据被测量的大小，选择适当的量程。

四、误差的种类

根据误差产生的条件和出现的规律，可分为如下五类。

1. 基本误差 基本误差是指仪器在正常工作条件下产生的最大相对误差。所谓正常工作条件是指外部因素，如温度、湿度、大气压力、供电电源等均在所容许的使用范围内。这些条件一般由国家标准或企业标准规定。

仪表的精度等级均由其基本误差确定。例如某一仪表的基本误差为 $\pm 1.5\%$ ，则该仪表