

国家示范性高等职业院校核心课程
“十一五”规划教材 · 电子电气类



ianzi Dianqi Lei

电子测量技术

主 编 ⊙ 田宜驰 贾正松

副主编 ⊙ 廖建文



西南交通大学出版社

[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

国家示范性高等职业院校核心课程 · 电子电气类
“十一五”规划教材

Dianzi Celiang Jishu

电子测量技术

主 编 田宜驰 贾正松

副主编 廖建文

西南交通大学出版社
· 成 都 ·

内 容 简 介

本书紧密结合高职高专的教育特点,主动适应社会实际需要,突出应用性、针对性,着重实践能力的培养。本教材参考教学时数为 40 学时。全书共分为八章:电子测量与仪器的基本知识、电压测量与电压表、电路基本元件参数的测量、测量用信号发生器、示波测试与仪器、时间和频率的测量、信号的频域测量、计算机测试技术。

本书作为高等职业院校电子应用技术、电气工程、机电工程、自动化等专业的教材,也适合中等职业院校和企业职工培训选作教材,同时可供企业相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量技术 / 田宜驰, 贾正松主编. — 成都: 西南交通大学出版社, 2009.1

国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材. 电子电气类

ISBN 978-7-81104-968-8

I. 电… II. ①田…②贾… III. 电子测量—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 006646 号

国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材·电子电气类

电 子 测 量 技 术

主 编 田宜驰 贾正松

*

责任编辑 张华敏

特邀编辑 高青松 陈旭文

封面设计 跨克创意

西南交通大学出版社出版发行

(成都二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

四川锦祝印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 170 mm × 230 mm 印张: 12.25

字数: 219 千字 印数: 1—3 000 册

2009 年 1 月第 1 版 2009 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-81104-968-8

定价: 20.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《国家示范性高等职业院校核心课程 “十一五”规划教材》编写委员会

顾 问

徐 益 (重庆工业职业技术学院)
王 华 (吉林铁道职业技术学院)
李惕新 (机械工业第三设计研究院)
礼慕尹 (重庆川仪控制仪表分公司)
苏国成 (重庆川仪一厂)

主任委员 易 谷

委 员 (按姓氏笔画)

毛才局	毛臣健	王 睿	王树祥	邓 莉
邓书蕾	冉晟伊	田宜驰	伍小兵	伍家洁
刘 赞	刘慰平	向文斌	朱 斌	朱奎林
严兴喜	何 兵	何 弢	吴晓艳	张 莉
张 辉	张晓琴	张艳红	张渠扬	张慧坤
怀越生	李 华	李 媛	李 明	李 静
李经智	李茂清	李庭贵	杨启军	肖前军
苏 渊	邱富军	陈 亮	陈 挺	周进民
周洪江	罗德雄	侯 涛	赵文钊	赵文宣
赵淑娟	凌泽明	晏剑辉	徐纯新	秦祖铭
索 娜	贾正松	黄 戎	黄礼超	黄俊杰
龚于庆	蒲晓湘	廖建文	樊明哲	潘 锋

出版说明

进入 21 世纪以来,在国家的高度重视与大力支持下,我国高等职业教育得到了迅猛发展,截止 2007 年底,全国独立设置的高职学院已达 1100 多所,高职教育招生人数和在校生人数均占高等教育招生人数的半壁河山。高职教育在优化高等教育体系结构、促进教育大众化、培养高技能人才,促进并加快地方经济的建设和发展等方面起到了重要作用,作出了重大贡献。但由于我国高等职业教育起步较晚,在高速发展的过程中还存在一些亟待解决的问题,特别是在课程体系和教材形式上,“中专延长型”及“本科压缩型”的影子始终挥之不去,真正适合我国国情的高职课程体系及相应的教材正处在探索与改进之中。

2006 年,我国财政部、教育部启动了国家示范性高等职业院校建设项目,财政部拨出数十亿专项资金在之后三年中重点支持 100 所高等职业院校的建设。示范性高等职业院校建设主要围绕重点专业及专业群的实验/实训条件建设、课程体系及教学内容改革、师资培养三方面开展,其中课程体系及教学内容改革是示范建设的主要内容。为了配合高等职业院校核心专业课程的示范建设,我们在全中国范围内组织了一批高职高专院校,由国家级示范性高职院校牵头,组织编写这套电子电气类专业核心课程教材。

重庆工业职业技术学院是 2006 年全国首批 28 所示范高职院校之一,其电气自动化技术专业是国家重点建设专业。2007 年初,由重庆工业职业技术学院电气自动化技术专业牵头,组织重庆工程职业技术学院、重庆电力高等专科学校、四川信息职业技术学院、黑龙江交通职业技术学院、郑州铁路职业技术学院、宜宾职业技术学院、泸州职业技术学院、吉林铁道职业技术学院等十多所高职院校的相关专业教师成立了《国家示范性高等职业院校核心课程“十一五”规划教材》编写委员会,共同编写本套系列教材,从 2008 年开始陆续出版,计划用 1~2 年时间出版 20 本左右教材。为了满足多层面、多类型的教学需求,同类教材可能出版多种版本。

在编写本套教材的过程中,结合示范建设工作的推进,我们反复学习了教育部有关高等职业教育改革的文件精神,多次聆听了教育部领导及国内高职教育专家的讲话,基本明确了高职教育改革的方向。同时,我们也组织教师到澳大利亚、新加坡、德国、中国香港地区的职业院校进行了学习和交流,

广泛学习和吸收了国际先进的职业教育理念、课程体系、教学内容、教学方法等。通过学习和思考，我们将本套教材编写的指导思想确定为：学习国际职业教育先进经验，结合我国实际情况，针对电气电子类专业特点，突出职业教育与工程实际应用紧密结合，坚持工作过程系统化的课程开发理念和行动导向的教学理念。

本套专业课程教材的突出特点是：以典型的工作任务为载体，按照资讯、决策、计划、实施、检查、评估六个步骤，培养学生方法能力、专业能力、社会能力。由于电气电子类专业具有就业岗位涉及行业范围广、工作任务技术性强、对学生创新能力要求高等特点，本套教材没有像某些以技能为主的专业一样将专业基础课程的内容解构后与专业课程进行重构，而是基本保持了专业基础课程的构架。在专业基础课程教材的编写中，大量采用了项目导向的教学方法，突出了与工程实际和应用相结合，强化了与后续课程的联系与衔接。我们相信，通过使用本套教材进行教学，既能明显提高学生解决工程实际问题的能力，实现学生毕业与就业的“零距离”，又能为学生可持续发展和创新能力的提高打下坚实的基础。

本系列教材的主要读者群是高职电子电气类专业及相关专业的学生和教师，以及企业相关技术人员。我们希望，本套教材在符合专业培养目标、反映专业教育改革方向、满足专业教学需要的同时，努力创造使之成为具有先进性、创新性、适用性和系统性的特色品牌教材，为高职电气电子类专业的教学质量提高贡献一份力量，为教学改革探索出一条新路。

感谢使用本系列教材的广大教师、学生和科技工作者的热情支持，并欢迎提出批评和意见。

《国家示范性高等职业院校核心课程
“十一五”规划教材》编写委员会
2008年1月

前 言

“电子测量与仪器”是高职高专电子技术类专业的重要课程。本书紧密结合高职高专的教育特点，主动适应社会实际需要，突出应用性、针对性，着重实践能力的培养。书中内容叙述力求深入浅出，将知识点与能力培养有机结合，注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。本书在内容编排上力求简洁明快、形式新颖、目标明确，以利于促进学生的求知欲和学习的主动性。通过该课程的学习，学生可以对电子测量技术、电子测量仪器以及测试系统的专业知识具有较为全面的了解，为今后的学习和工作打下良好的基础。

本教材参考教学时数为 40 学时。全书共分为八章，每章都配有一定量的习题。各学校可根据专业设置要求及学校和学生的实际情况，适当调整教学时数，灵活安排授课和实训的内容。

本教材由泸州职业技术学院田宜驰和四川信息职业技术学院贾正松主编，宜宾职业技术学院廖建文为副主编。参加本教材编写的人员如下：泸州职业技术学院田宜驰（第 1、2 章）；四川信息职业技术学院贾正松（第 5、6 章）；宜宾职业技术学院廖建文（第 4 章）；泸州职业技术学院樊明哲（第 3、8 章）；四川信息职业技术学院邓莉（第 7 章）。

由于编者水平有限，书中难免存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

本书配有电子课件，如有教学需要，可与西南交通大学出版社联系，免费赠送，联系电话：13689090266（张华敏）、(028) 87600627（王蕾）。邮箱：cbsxx@swjtu.edu.cn。

编 者

2008 年 10 月

目 录

第 1 章 电子测量与仪器的基本知识	1
1.1 电子测量概述	1
1.2 电子测量的方法及仪器的分类	4
1.3 测量误差及处理	6
本章小结	14
习题 1	14
第 2 章 电压测量与电压表	15
2.1 电压测量概述	15
2.2 模拟式电压表	19
2.3 数字式电压表	27
2.4 万用表	41
本章小结	46
习题 2	46
第 3 章 电路基本元件参数的测量	48
3.1 电路基本元件概述	48
3.2 电桥法测量	50
3.3 谐振法测量电容、电感和 Q 值	54
3.4 L 、 C 、 R 的数字化测量方法	62
3.5 半导体二极管的测量	63
3.6 半导体三极管的测量	66
本章小结	67
习题 3	68
第 4 章 测量用信号发生器	70
4.1 信号发生器概述	70
4.2 低频信号发生器	73
4.3 高频信号发生器	79
4.4 函数信号发生器	84
4.5 其他信号发生器	90
本章小结	98
习题 4	99

第 5 章 示波测试与仪器	100
5.1 电子示波器概述	100
5.2 电子示波器的基本测量方法	103
5.3 电子示波器的选择和使用方法	111
5.4 XJ4316 型双踪示波器	113
5.5 数字存储示波器	114
本章小结	120
习题 5	121
第 6 章 时间和频率的测量	122
6.1 时间与频率测量概述	122
6.2 电子计数法测量频率	124
6.3 电子计数法测量周期	130
6.4 提高测量准确度的方法	132
6.5 通用电子计数器	133
本章小结	136
习题 6	137
第 7 章 信号的频域测量	138
7.1 频域分析和频域测量概述	138
7.2 频率特性测试仪	141
7.3 频谱分析仪	149
本章小结	155
习题 7	156
第 8 章 计算机测试技术	157
8.1 自动测试技术概述	157
8.2 智能仪器	159
8.3 GPIB 标准接口总线系统	163
8.4 VXI 总线系统	167
8.5 现场总线系统	177
8.6 虚拟仪器	179
本章小结	184
习题 8	185
参考文献	186

第1章 电子测量与仪器的基本知识

学习目的与要求 本章要求掌握电子测量、测量误差和测量仪器的基本概念，为后续章节的学习打下基础。

1.1 电子测量概述

1.1.1 电子测量的意义

1. 测量

测量是以确定被测对象量值为目的的操作。在测量过程中，人们借助于专门的设备，依据一定的理论，通过实验的方法来确定被测量的量值。量值是由数值和计量单位的乘积所表示的量的大小。没有计量单位的数值是不能作为量值的，也是没有物理意义的。

2. 电子测量

电子测量是泛指以电子技术为基本手段的一种测量。在电子测量过程中，是以电子技术理论为依据，以电子测量仪器和设备为手段，对各种电量、电信号及电路元器件的特性和参数进行测量，还可以通过各种传感器对非电量进行测量。

3. 电子测量的应用领域

电子测量涉及从直流到极宽频率范围内所有电量、磁量以及各种非电量的测量。如今，电子测量已成为一门发展迅速、应用广泛、精确度越来越高、对现代科学技术的发展起着巨大推动作用的独立学科。电子测量不仅应用于电学各专业，也广泛应用于物理学、化学、光学、机械学、生物学、医学等科学领域以及生产、国防、交通、信息技术、贸易、环保乃至日常生活领域等各个方面。

电子测量在信息技术产业中的地位尤为显著。信息技术产业的研究对象及产品无一不与电子测量紧密相连，从元器件的生产到电子设备的组装调试，

从产品的销售到维护都离不开电子测量。如果没有统一和精确的电子测量，就无法对产品的技术指标进行鉴定，也就无法保证产品的质量。所以，从某种意义上说，电子测量技术的水平，是衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

1.1.2 电子测量的内容

从广义上讲，凡是利用电子技术进行的测量都可以说是电子测量；从狭义上讲，电子测量是指在电子学中测量有关电的量值。由此可见，电子测量的内容是相当广泛的，主要包括下列内容：

① 能量的测量，包括电流、电压、功率、电场强度、电磁干扰及噪声等。

② 元件和电路参数的测量，包括电阻、电容、电感、阻抗、品质因数、介质损耗、介电常数及磁导率等。

③ 电信号特性的测量，包括频率、周期、时间、相位、波形参数、脉冲参数、调制参数、频谱、失真度、信噪比、数字信号的逻辑状态等。

④ 电子电路性能的测量，包括增益或衰减、频率特性、灵敏度、分辨力、噪声系数、反射系数、电压驻波比等。

上述各种电参数中，频率、时间、电压、相位、阻抗是基本的电参量，对它们所进行的测量也是其他许多派生参数测量的基础。

1.1.3 电子测量的特点

电子测量具有以下主要特点。

1. 测量频率范围宽

电子测量中所遇到的测量对象，其频率覆盖范围极宽，低至 10^{-4} Hz 以下，高至 10 GHz 以上，甚至有的已进入可见光范围，目前还在向更宽频段乃至全频段方向发展。当然，不能要求同一台仪器能在这样宽的频率范围内工作，通常是根据不同的工作频段，采用不同的测量原理和使用不同的测量仪器。例如超低频信号发生器、音频信号发生器、高频信号发生器等。随着电子技术的发展，能在相当宽的频率范围内正常工作的仪器不断被研制出来，例如，目前较为先进的频率计，其频率的测量范围可以低至 10^{-6} Hz，高至 10^{11} Hz。

2. 测量量程宽

量程是测量范围上限值与下限值之差。由于被测量的数值大小相差悬殊，因而要求测量仪器具有足够的量程。普通欧姆表，可测量几欧至几十兆欧的电阻，量程达8个数量级；数字电压表，可测量10 nV~1 kV的电压，量程可达12个数量级；高档次的数字万用表，直接测量的电阻值量程可达13个数量级；而较完善的数字式频率计，其量程可达17个数量级。

3. 测量准确度相差大

测量准确度是决定测量技术水平和测量结果可靠性的关键。在电子测量中，由于频率的测量是以原子频标和原子秒为基础的，故对频率和时间测量的准确度可达 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 量级，这是目前在测量准确度方面达到的最高指标。而其他参量测量的准确度则比较低，例如，长度测量的最高准确度为 10^{-8} 量级，直流电压测量的最高准确度为 10^{-6} 量级，音频电压为 10^{-4} 量级，射频电压为 10^{-3} 量级，品质因数 Q 值和电场强度的测量准确度仅为 10^{-1} 量级。造成这种现象的主要原因在于电磁现象本身的性质，使得测量结果极易受到外部环境的影响，尤其在较高频率段更为严重。

4. 测量速度快

由于电子测量是基于电子运动和电磁波的传播，加之现代测试系统中高速电子计算机的应用，使得电子测量无论是在测量速度还是在测量结果的处理和传输方面，都可以以极高的速度进行，这也是电子测量技术广泛应用于现代科技各个领域的重要原因。比如卫星、飞船等各种航天器的发射与运行，没有快速、自动的测量与控制，工作是无法进行的。

5. 可以实现遥测并实现测试过程的自动化

电子测量的一个突出优点是：可以通过各种类型的传感器实现遥测和遥控。这使得对那些远距离的、高速运动的或人体难以接近的地方（如深海、地下、高温炉等）的信号测量成为可能。电子测量与计算机相结合，使测量仪器自动化、智能化，可以进行自动测量和自动记录，自动完成数据的计算、分析和处理，便于组成自动测试系统。

6. 测量误差较难处理

任何测量都不可避免会有误差，如果不能准确地确定误差或误差范围的

大小,就无法衡量测量结果的准确程度及可靠性,从而也就失去了测量的意义和价值。电子测量仪器及被测对象所包含的各种元器件往往较多,因此容易受各种外界因素(环境温度、湿度、电源电压、外界电磁干扰等)的影响;而且测量仪器内部各元器件之间、测量仪器与被测电路之间,均存在着寄生电容、电感、电导等的不良影响;另外,实际测量时往往难以获得大量的采样值,也就难以了解误差的概率分布规律,使得误差处理复杂化,难以控制、分析和处理各种测量误差。

1.2 电子测量的方法及仪器的分类

1.2.1 电子测量的方法

一个电参量的测量,可以通过不同的方法来实现。测量方法选择得正确与否,直接关系到测量结果的可信度,也关系到测量工作的经济性和可行性。不当或错误的测量方法,除了得不到正确的测量结果外,甚至会损坏测量仪器和被测设备。必须根据不同的测量对象、测量要求和测量条件,选择正确的测量方法和合适的测量仪器,构成实际测量系统,进行正确细心的操作,才能得到理想的测量结果。测量方法的分类形式有多种,下面介绍几种常见的分类方式及测量方法。

1. 按测量手段不同分类

(1) 直接测量

直接测量是指直接从电子仪器或仪表上读出测量结果。例如,用万用表电阻挡测电阻、用计数器测频率、用电桥测电容、用电压表测电压等。直接测量的特点是:不需要对被测量与其他实测的量进行函数关系辅助运算,因此测量过程简单迅速,是工程测量中广泛应用的测量方法。

(2) 间接测量

间接测量是指先对某些与被测量有确定函数关系的电参量进行测量,再将测量结果代入表示该函数关系的公式、曲线或表格,最后求出被测量。例如,直接测出电阻 R 的阻值及其两端的电压 U ,由公式 $I=U/R$ 可求出被测电流 I 的值。当被测量值不便于直接测量,或间接测量结果比直接测量更为准确时,可采用间接测量的方法。例如,通过测量集电极电阻上的电压,再经计算得到晶体管集电极电流,比断开电路串入电流表的方法更为简便易行。

2. 按测量的性质分类

(1) 时域测量

时域测量也叫做瞬态测量，主要测量被测量随时间变化的规律。例如，电流、电压等电参量的瞬时值常用示波器来显示；又如，用示波器观测脉冲信号的上升沿、下降沿、平顶跌落等脉冲参数以及动态电路的暂态过程等。

(2) 频域测量

频域测量又称稳态测量，主要测量被测量与频率之间的关系。

例如，放大器的增益、相移等常通过分析电路的频率特性或频谱特性来进行测量。

(3) 数据域测量

数据域测量也称为逻辑量测量，主要是用逻辑分析仪等设备对数字量和电路的逻辑状态进行分析。数据域测量可以同时观察多条数据通道上的逻辑状态或显示某条数据线上的时序波形，还可以借助计算机来分析大规模集成电路芯片的逻辑功能等。

(4) 随机测量

随机测量又称统计测量，主要是对各类噪声信号、干扰信号进行动态测量和统计分析，这是一项较新的测量技术，尤其是在通信领域有着广泛的应用。

3. 测量方法的选择原则

在选择测量方法时，主要考虑以下几个因素：

- ① 被测量本身的特性；
- ② 所要求的测量准确度；
- ③ 测量环境；
- ④ 现有测量设备。

在上述基础上选择合适的测量仪器和正确的测量方法；否则，即使使用价值昂贵的精密仪器和设备，也不一定能够得到准确的测量结果，甚至可能损坏测量仪器和被测设备。

1.2.2 电子测量仪器的分类

测量仪器是将被测量转换成可供直接观察的指示值或等效信息的器具，包括各类指示仪器、比较仪器、记录仪器、传感器和变送器等。利用电子技

术对各种被测量进行测量的设备，统称为电子测量仪器。电子测量仪器的分类方法不一，按其功能大致可分为以下几类：

- ① 电平测量仪器，包括各种模拟式电压表、毫伏表、数字式电压表等。
- ② 电路参数测量仪器，包括各类电桥、Q 表，R 及 L 测试仪，晶体管或集成电路测试仪、图示仪等。
- ③ 频率、时间、相位测量仪器，包括电子计数式频率计、石英钟、数字式相位计、波长计等。
- ④ 波形测量仪器，主要指各类示波器，如通用示波器、多踪示波器、多扫描示波器、取样示波器以及记忆和数字存储示波器等。
- ⑤ 信号分析仪器，包括失真度分析仪、谐波分析仪、频谱分析仪等。
- ⑥ 模拟电路特性测试仪器，包括扫频仪、噪声系数测试仪、网络特性分析仪等。
- ⑦ 数字电路特性测试仪器，主要指逻辑分析仪。这类仪器内部多带有微处理器，或通过接口总线与外部计算机相连，是数据域测量中不可缺少的部分。
- ⑧ 测试用信号源，它包括各类低频和高频信号发生器、脉冲信号发生器、函数信号发生器、扫频和噪声信号发生器等。由于它的主要功能是作为测试用信号源，因此又叫供给量仪器。

1.3 测量误差及处理

在日常生活或生产实践中，人们常会接触到各种量，而且要对它们进行测量、比较、计算，并研究量与量之间的关系。测量的目的就是获得被测量的真值。所谓真值，就是在一定的时间和环境条件下，一个物理量（被测量）所呈现的客观大小或真实数值。真值是利用理想的量具或测量仪器进行无误差的测量得到的。实际上，真值只是一个理想的概念，实际中无法得到。因为，无论利用何种量具或仪器，采用何种测量方法，误差总是不可避免的。

关于误差，还需要介绍几个基本概念，即实际值、标称值和示值。实际值的意义是：在每一级误差测量和比较中，都是以上一级标准所体现的值当作准确无误的值。所以，在实际测量中，常用高一级标准仪器的示值来代替真值，通常称为实际值，也叫做相对真值。

标称值是指测量器具上标定的数值。例如，标准电阻标出的 $1\ \Omega$ ，信号发生器度盘上标出的输出正弦波的频率 $100\ \text{kHz}$ 等。由于制造和测量精度不

够及环境因素的影响,标称值并不一定等于它的真值或实际值。为此,在标出测量器具的标称值时,通常还要标出它的误差范围或准确度等级,例如,某电阻标称值 $1\text{ k}\Omega$,误差 1%,即意味该电阻的实际值在 $990\sim 1\,010\ \Omega$ 之间。

示值是指由测量器具指示的被测量的量值,也称测量仪器的测量值,它包括数值和单位。一般来说,示值与测量仪表的读数有区别,读数是仪器刻度盘上直接读到的数学。例如,以 100 分度表示 50 mA 的电流表,当指针指在刻度盘的 50 处时,读数是 50,而值是 25 mA 。对于数字式显示仪表,通常示值和读数是统一的。

测量就是通过实验手段求出被测量与计算单位的比值的过程,所以测量结果就包括数字和计量单位两部分。测量误差就是测量值与真值之间存在的差异,误差伴随于测量过程的始终。人们只能根据需要和可能,将其限制在一定范围内,不可能完全加以消除。在实际测量中,应分析误差产生的原因,合理选用仪器和测量方法,正确处理数据,使测量结果尽可能逼近真值。

1.3.1 电子测量误差的表示方法

1. 绝对误差

若被测量的真值为 A_0 ,测量仪器的示值为 x ,则绝对误差为:

$$\Delta x = x - A_0$$

由于真值 A_0 一般无法求得,故常用高一级标准仪器的示值 A 代替真值, x 与 A 之差称为仪器的示值误差,记为:

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

由于式 (1-1) 以代数差的形式给出了误差绝对值的大小及符号,故通常称为绝对误差。它是有大小且有单位的量。

绝对值与 Δx 相等但符号刚好相反的值,称为修正值,一般用 c 表示:

$$c = -\Delta x = A - x$$

受检仪器的修正值一般是通过检定(校准),由上一级标准(或基准)以表格、曲线或公式的形式给出的。

在测量时,利用示值与已知的修正值相加,即可计算出被测量的实际值 A' :

$$A' = x + c$$

【例 1-1】 某电流表测得的电流示值为 0.83 mA ,查得该电流表检定证

书, 得知该电流表在 0.8 mA 及其附近的修正值都为 -0.026 mA, 那么被测电流的实际值为:

$$A' = [0.83 + (-0.02)] \text{ mA} = 0.81 \text{ mA}$$

2. 相对误差

为了说明测量的准确程度, 经常采用相对误差的形式, 相对误差可分为以下几类。

(1) 实际相对误差

因为一般情况下得不到真值, 所以用绝对误差与实际值之比来表示相对误差, 称为实际相对误差, 用 γ_A 表示:

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A'} \times 100\% \quad (1-2)$$

在例 1-1 中, 若已知 $\Delta x = -c = 0.02$ mA, $A' = 0.81$ mA, 则:

$$\gamma_A = \frac{0.02}{0.81} \times 100\% = 2.47\%$$

(2) 示值相对误差

在误差较小、要求不太严格的场合, 也可以用仪器测得值(示值)代替实际值, 这时的相对误差称为示值相对误差, 用 γ_x 表示:

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1-3)$$

在例 1-1 中, 若已知 $\Delta x = 0.02$ mA, $x = 0.83$ mA, 则:

$$\gamma_x = \frac{0.02}{0.83} \times 100\% = 2.41\%$$

(3) 满度相对误差

满度相对误差是指用测量仪器量程内的最大绝对误差 Δx_m 与测量仪器满度值(量程上限值) x_m 之比来表示的相对误差, 用 γ_m 表示:

$$\gamma_m = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\% \quad (1-4)$$

我国电工仪表的准确度等级(S)就是按满度误差 γ_m 分级的, 按 γ_m 的大小依次划分成 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 及 5.0 七级。例如 2.5 级的电表,