

电子测量技术与仪器

DIANZI CELIANG JISHU YU YIQI

总主编 聂广林

副总主编 辜小兵 邱绍峰

主 编 谭定轩 杨 鸿



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

中等职业教育电子与信息技术专业系列教材

电子测量技术与仪器

总 主 编 聂广林
副总主编 辜小兵 邱绍峰
主 编 谭定轩 杨 鸿
编 者 李 伟 何 丰 杨 鸿 熊 祥 谭定轩



重庆大学出版社

内容提要

本书以培养学生电子测量基本技术和工程应用能力为目标,重点介绍了测量基本知识、直流电源、万用表、毫伏表、示波器、信号发生器、信号分析仪器、元件参数测量仪表、智能仪器等常用测量仪器的基本使用方法及使用安全常识。本书深入浅出,通俗易懂。各项目均设置了任务评价,配置了习题。

本书可作为中等职业学校电子与信息技术、通信、控制与检测等专业的教学用书,也可作为相关专业工程技术人员和广大电子爱好者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量技术与仪器/谭定轩,杨鸿主编. —重庆:
重庆大学出版社,2013.8
中等职业教育电子与信息技术专业系列教材
ISBN 978-7-5624-7400-5

I. ①电… II. ①谭…②杨… III. ①电子测量—中等
专业学校—教材②电子测量设备—中等专业学校—教材
IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 112055 号

中等职业教育电子与信息技术专业系列教材

电子测量技术与仪器

总 主 编 聂广林

副总主编 辜小兵 邱绍峰

主 编 谭定轩 杨 鸿

责任编辑:陈一柳 版式设计:黄俊棚

责任校对:刘雯娜 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆市远大印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:13.5 字数:337 千

2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

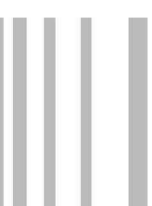
ISBN 978-7-5624-7400-5 定价:27.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究



序 言



重庆大学出版社组织编写的中等职业教育电子与信息技术专业系列教材即将问世了,那么,什么是电子与信息技术呢?

简而言之,就是微电子技术与信息技术的知识相互渗透、相互结合的一个知识技术集合,即采用电子技术来采集、传递、控制和处理信息的技术,它可分为:

传感技术——信息的采集技术,对应于人的感觉器官;

通信技术——信息的传递技术,对应于人的神经系统的功能;

计算机技术——信息的处理和存储技术,对应于人的思维器官;

控制技术——信息的使用技术,对应于人的执行器官。

为什么要组织编写电子与信息技术专业系列教材呢?

理由之一:随着电子信息技术的广泛应用和深入发展,它已渗透到社会领域的各个方面。计算机是信息处理的工具,通信是信息的传播手段,微电子技术是信息技术的基础。集成电路的高集成化、高密度化和高速度化,带来了电子计算机的小型化、微型化、高性能化、高速度化和价格低廉化。电子信息技术正成为现代化产业的重要支柱,它以工厂生产自动化、办公室自动化、农业自动化、家庭自动化为重要应用领域,正深刻地改变着今天的社会面貌。

理由之二:有科学家预言,工业化社会将向后工业化社会(即信息化社会)转换,这一预言正在成为现实。社会信息化正以人们料想不到的范围、规模和速度向前推进。从劳动力结构来看,一个世纪以前,不到10%的美国劳动力从事信息工作,现在已超过60%;日本以及欧洲经济合作与发展组织的几个成员国从事信息技术的劳动力已占本国劳动力总数的2/3;自第二次世界大战以来,信息工作者在劳动力总数中的比例,每5年增长2.8%。我国电子信息产业的从业人员已达上千万人。

理由之三:电子与信息技术产业已成为带动经济增长的引擎,已成为支撑当今社会经济活动和社会生活的基石。在这种情况下,电子信息产业成为世界各国,特别是发达国家竞相投资重点发展的战略性新兴产业部门。在过去10年中,全世界电子信息产业的增长率是相应的国民生产总值增长率的2倍,电子信息产业已成为带动经济增长的关键产业。我国目前电子信息产业的规模已居世界前三位,且一直保持着世界电子产品第一制造大国的地位,电子信息产业年销售收入约10万亿元,年均增长15%左右,进出口一直占全国外贸总额的1/3以上,在全国外贸出口中持续位列第一,对国民经济的贡献率显著提高。

理由之四:我国中等职业教育新一轮教材及课程改革正如火如荼地进行。

综上所述,从电子与信息技术产业自身的发展、产业规模、用人需求等方面看,该产业是创新性最活跃,带动性最强,渗透性最广的战略性朝阳产业,需要大量的高素质劳动者和技能型人才。因此,我们开发出版一套电子与信息技术的系列教材是形势所需求、时代的要求、民生的需要,对中等职业教育自身教学改革来说,也是非常必要的。

按照“基础平台+专门化方向”的思路,结合当前经济发展和产业结构的实际需要,我们将电子与信息技术专业下设三个专门化方向,它们各自的课程构建如下表所示。

课程类别	专门化方向	必修课程名称	主 编	选修课程名称	主 编
基础平台课程		电工技术基础与技能	聂广林	职场健康与安全	辜小兵
		电子技术基础与技能	赵争召		
		电工技能实训	聂广林		
		电子技能实训	聂广林		
专门化方向课程	电子测量技术	电子测量技术与仪器	谭定轩、杨鸿	电子产品装配与检验	冉建平
		传感器检测技术及应用	官伦	电子电路仿真测量	王艺
		电子产品整机装配与调试	谭云峰、彭贞蓉	通信技术	邱绍峰
	通信与监控技术方向	安防系统设备安装及维护	高岭、官伦	多媒体技术及应用	吕如川
		通信技术	邱绍峰	电子产品装配与检验	冉建平
		传感器检测技术及应用	官伦	电子电路仿真测量	王艺
	汽车电子技术方向	汽车、摩托车电子设备技术及维护	张川	通信技术	邱绍峰
		多媒体技术及应用	吕如川	电子产品装配与检验	冉建平
		电子产品整机装配与调试	谭云峰、彭贞蓉		

本专业毕业生主要面向电子与信息设备的生产、销售和服务部门,从事日用电器、家用电器和办公自动化设备的装配、调试、销售和检修维护等工作,其主要的业务工作岗位

群是:

- (1) 在电子与信息技术产品制造业从事产品的生产、调测、维修服务等工作;
- (2) 在电子与信息技术营销行业从事产品的销售、售后服务和营销等方面的工作;
- (3) 在专业通信公司、企事业单位从事通信系统运行管理和维护保障工作;
- (4) 在网络工程公司、企事业单位从事用户网络工程的管理、维护保障工作;
- (5) 在电子生产企业从事生产工艺管理、电子产品调试与质量检测工作。

本套系列教材的编写理念为:

- ◆ 继承: 继承前人的优秀成果;
- ◆ 创新: 追求与其他教材的不同之处, 具有独立性、新颖性;
- ◆ 实用: 在内容选取上与中职学生的就业岗位相关;
- ◆ 易学: 关注中职学生的基础, 简洁易懂;
- ◆ 特色: 突出以就业为导向、学生为主体的职教特色, 突出“四新”(新技术、新材料、新工艺、新方法)的要求, 着眼于学生职业生涯的发展, 注重职业素养的培养, 有利于课程教学改革。

本套系列教材的编写原则为: 贴近时代, 贴近生活, 贴近学生实际。本套系列教材的编写特点为:

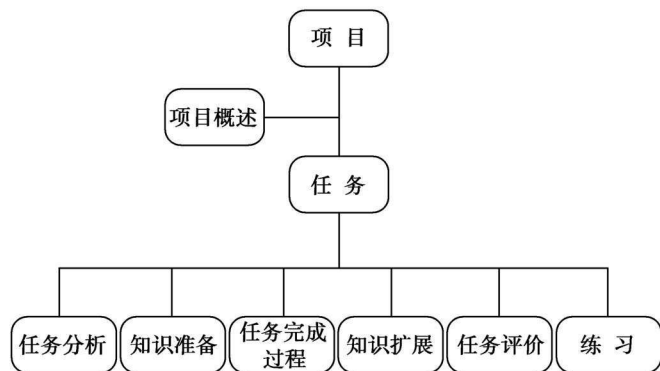
(1) 优秀的作者团队。由中职教育教学第一线专业骨干教师, 企业生产第一线的工程技术人员, 教学科研机构的研究员、博士等组成本套系列教材的编写队伍。人员构成合理, 行业企业深度参与, 从而保证了本系列教材的编写质量。

(2) 在内容选取上以“必需”为度。

(3) 在深难度把握上以“够用”为度。

(4) 在编写模式上, 采用模块结构, 各校可在本系列教材中任意选取 3~5 门课程来搭建符合自己学校基础和条件的专业课程体系。

(5) 在教材的编写体系上, 采用“教、学、做合一”的行动体系, 以项目、任务、活动案例为载体组织教学单元, 体现模块化、系列化。每一个教学单元的编写结构如下图所示:



(6) 内容呈现方式上, 以图形、表格为主, 配以简短的文字解说, 语言叙述流畅上口, 学生愿读易懂。同时, 适当穿插一些形象生动、趣味性强、直观鲜明的小栏目提高学生的

学习兴趣。

(7) 尽量与学生的职业资格鉴定要求相衔接。

(8) 注意参透企业文化和企业精神,如安全、文明、环保、节能、质量意识、职业道德、团队合作、奉献精神等。

该系列教材是在党和国家高度重视职业教育的大好形势下,在国家新一轮中职教育教材改革的大框架下,经过多方认证、多次研讨的情况下进行开发的。力争编写出一套社会满意、学校满意、教师满意、学生满意的适应经济社会发展的好教材,但毕竟我们水平、能力均有限,定有很多不当之处,欢迎同行们在使用中提出宝贵意见。

总主编:聂广林

2012年6月

前言

“电子测量技术与仪器”是电子与信息技术、通信技术、控制与检测等专业必不可少的专业课之一,也是从事电子、通信、控制与检测等行业工作人员必须掌握的一项基本技能。

近年来,微电子技术、大规模集成电路、信号处理芯片、新型显示器件和计算机技术的飞速发展促进了电子仪器的发展,使得功能单一的传统测量仪器逐步向智能仪器和模块化自动测试系统发展。而大型生产企业的生产线,也通常采用大量先进的智能仪器和自动测试系统。为适应时代发展的需要,结合中职生的特点,本书力争从实际应用出发,使学生尽快入门。

本书内容包括走进电子测量世界、万用表、毫伏表、直流电源、信号发生器、示波器、频域测量仪器、电子元器件测量仪器、自动测量技术等内容。具有以下特点:

1. 对仪器仪表重点阐述使用方法和维护保养,而对仪器仪表的结构、性能指标、工作原理只作简单介绍。
2. 同一种功能的仪器,只针对一个厂家、一种型号、新款的仪器作详细介绍,其余的作简单介绍。
3. 书中多数图片是真实仪器拍摄而成,力求采用图和表格来阐述内容,使学生通过看图和简短文字的阅读,就能理解意义,掌握技能。
4. 采用项目教学的模式编写,即是一种在目标激励下的了解和学习,是一种完全在自己的主观能动性驱动下的学习,力求让学生在中学、学中做。

本书教学共需 70 学时,建议在一年级的第一学期使用,周课时 4 节。各章学时参考如下。

项 目	内 容	课时安排
一	走进电子测量世界	6
二	直流电源	8
三	万用表	8
四	使用毫伏表	6
五	使用示波器	8
六	使用信号发生器	6
七	使用信号分析仪器	8

续表

项 目	内 容	课时安排
八	认识电子元器件测量仪器	6
九	自动测量技术	6
	机动	8

本书由杨鸿、谭定轩任主编。项目一、三由石柱职教中心谭定轩老师编写;项目二由石柱职教中心何丰老师编写;项目四由石柱职教中心李伟老师编写;项目五、六由重庆工商学校熊祥老师编写;项目七、八、九由重庆工商学校杨鸿老师编写。全书由谭定轩统稿,聂广林审稿。

由于作者时间有限,书中若有不妥或错误之处,诚恳读者批评指正。

编 者
2013 年 5 月



Contents 目录

项目一 走进电子测量世界	1
任务一 了解电子测量	2
任务二 认识测量误差	4
任务三 认识实训室	9
任务四 认识测量仪器仪表	19
习题一	24
项目二 了解直流稳压电源	26
任务一 认识直流电源	27
任务二 使用直流稳压电源	30
习题二	34
项目三 使用万用表	36
任务一 使用指针式万用表	37
任务二 使用数字万用表	48
任务三 使用台式万用表	55
习题三	61
项目四 使用毫伏表	63
任务一 认识毫伏表	64
任务二 使用毫伏表	67
习题四	79
项目五 使用示波器	81
任务一 使用模拟示波器观察电信号	82

任务二 使用数字示波器	105
习题五	126
项目六 使用信号发生器	127
任务一 使用低频信号发生器	128
任务二 使用高频信号发生器	139
习题六	144
项目七 使用信号分析仪器	146
任务一 使用扫频仪	147
任务二 使用频谱分析仪	157
任务三 使用数字频率计	167
习题七	176
项目八 使用电子元器件测量仪器——晶体管特性图示仪	178
任务一 认识晶体管特性图示仪	179
任务二 使用晶体管特性图示仪	182
习题八	190
项目九 了解自动测量技术	191
任务一 认识智能仪器	192
任务二 使用虚拟仪器	195
习题九	204
参考文献	206



项目一

走进电子测量世界



【知识目标】

- 了解测量的基本概念，电子测量的意义、内容、特点、方法和分类，以及测量仪器的性能指标；
- 理解计量的基本概念，误差的表示方法，测量误差的来源，误差分类，测量数据的处理；
- 了解实训室的操作规程；
- 了解电子仪器仪表的作用。



【技能目标】

- 会解释真值、实际值、测量值、绝对误差、相对误差和允许误差等概念；
- 掌握误差的计算公式，会进行有效数字的处理；
- 学会开启实训台电源，认识实训台面板，了解用电安全，认识常用电子仪器仪表。

从古到今,生活中处处离不开测量,科学的进步和发展离不开测量,生产发展离不开测量,在高新技术和国防现代化建设中,更是离不开测量。中国电子测量技术经过 40 多年的发展,为我国国民经济、科学教育,特别是国防军事的发展作出了巨大贡献。进入 21 世纪以来,科学技术的发展已难以用日新月异来描述。新工艺、新材料、新的制造技术催生了新一代电子元器件,同时也促使电子测量技术和电子测量仪器产生了新概念和新发展趋势。在学习电子测量的过程中,我们将在与测量工具、测量对象、测量环境打交道的同时,学会对测量数据进行正确处理,锻炼分析问题和解决问题的能力。因而,我们首要的任务是掌握电子测量的基础知识,熟悉工作环境,认识测量仪器。

任务一 了解电子测量

任务分析

电子测量是电子与通信专业的一门基础学科。本任务将对电子测量的基本概念,电子测量的意义、内容、特点、方法和分类,测量仪器的性能指标,计量的基本概念,误差的表示方法,测量误差的来源,误差分类,测量数据的处理等方面进行探讨。

任务实施

一、电子测量的意义

测量是人类对客观事物取得数量概念的认识过程。在这种认识过程中,人们依据一定的理论,借助于专门的设备,通过实验的方法求出被测量的量值或确定一些量值的依从关系。通常,测量结果的量值由两部分组成:数值(大小及符号)和相应的单位名称。没有单位的量值是没有物理意义的。

一般地说,测量是一种比较过程,把被测量与同种类的单位量通过一定的方法进行比较,以确定被测量是该单位的若干倍。被测量的数值与所选单位成反比。

在科学技术发展过程中,测量结果不仅用于验证理论,还是发现新问题、提出新理论的依据。历史事实证明:科学的进步和生产的发展与测量理论技术手段的发展和进步是相互依赖、相互促进的。测量手段的现代化,已被公认是科学技术和生产现代化的重要条件和明显标志之一。

电子测量是指以电子技术理论为依据,以电子测量仪器和设备为手段,对各种电量和非电量所进行的测量。例如某电阻的阻值,万用表测量为120 Ω 。某电路电阻两端的电压,万用表测量为40 V等。

电子测量的范围广,从零件加工到电子产品的装配、调试、维修等都离不开电子测量。目前,电子测量的水平是衡量一个国家科学技术水平的重要标准之一。

二、电子测量的内容

电子测量的内容很多,总结起来有5个方面见表1-1。

表 1-1 电子测量的内容

测量内容	具体实例
元器件参数的测量	电阻器的阻值、电容器的容量、晶体管和集成电路的参数等
基本量的测量	电压、电流、功率和电场强度等

续表

测量内容	具体实例
电信号特性的测量	电信号的波形、幅度、相位、周期、频率等
电路性能指标	灵敏度、增益、带宽、信噪比等
特性曲线的显示	频率特性、器件特性等

友情提示

频率、时间、电压、相位、阻抗等是基本参量,其他的为派生参量,基本参量的测量是派生参量测量的基础。电压测量是最基本、最重要的测量内容。

三、电子测量的特点

电子测量技术与电子测量仪器的应用非常广泛,与其他测量方法和测量仪器相比有着无法比拟的众多优点,具体如下。

1. 测量频率范围宽

在电子测量中对电信号的测量,其频率覆盖范围极宽($10^{-6} \sim 10^{12}$ Hz),但是不可能同一台仪器能在这样宽的频率范围内工作。通常是根据测量对象的工作频段不同,选用不同的测量原理和使用不同的测量仪器。

2. 测量量程宽

所谓量程是指测量范围的上下限值之差。电子测量的另一个特点是被测量的量值大小相差悬殊。例如,一台数字电压表可以测出从纳伏(nV)级至千伏(kV)级的电压,其量程达9个数量级;一台用于测量频率的电子计数器,其量程可达17个数量级。

3. 测量准确度高

对于不同参数的测量,测量结果的准确度是不一样的。有些参数的测量准确度可以很高,而有些参数的测量准确度却又相当低。电子测量的准确度比其他测量方法高得多,特别是对频率和时间的测量,误差可减小到 10^{-13} 量级,是目前人类在测量准确度方面达到的最高指标。

4. 测量速度快

由于电子测量是利用电子测量仪器完成的,因此其工作速度几乎等同于电子运动和电磁波的传播速度,使得电子测量无论在测量速度,还是在测量结果的处理上,都是其他测量方法不可比拟的。

5. 可以进行遥测

人们可以把电子仪器或与它连接的传感器放到人类自身无法达到或不便长期停留的地方进行测量。通过测量仪器把现场所需测量的量转换成易于传输的电信号,用有线或无线的方式传送到测试控制中心,从而实现遥测和遥控。

6. 可以实现测试智能化和测试自动化

电子测量本身和它所测量的信号都是电信号,通过计算机技术的发展和广泛应用,给电子测量技术和设备带来了新的生机。

四、电子测量的方法

选用什么电子测量方法是测量工程中至关重要的一步,常用的电子测量方法一般有以下几种:

1. 直接测量法

直接测量法就是直接从仪器仪表的刻度线上读出或显示器上显示出测量结果的方法。例如测量电阻器的电阻,可以从万用表的刻度线上直接读出结果。例如,用频率计测量频率,用电流表串入电路中测量电流,都属于直接测量。直接测量法直观、迅速。

2. 间接测量法

用直接测量的量与被测量之间的函数关系(公式、曲线、表格)得到被测量的值的测量方式称为间接测量。例如,测量已知电阻两端的电压,电阻消耗的功率可以用公式 $P = \frac{U^2}{R}$ (U 是电阻两端的电压, R 是电阻的阻值)求出功率。

3. 组合测量

在被测量与多个未知量有关时,可通过改变测量条件进行多次测量,根据被测量与未知量之间的函数关系组成方程组,求出有关未知量的数值。

任务评价

评价内容	配分/分	得 分	评价内容	配分/分	得 分
能理解测量和电子测量的意义	25		能总结电子测量的特点	20	
能说出电子测量的内容	25		能领悟电子测量的方法	20	
遵守纪律,服从管理, 学习态度积极、主动	10		评价结果	总分	
				评价等级	

任务二 认识测量误差

测量的目的是获得真实反映被测对象的特性、状态或状态变化过程的信息,由此信息作出某种判断、评价或决策。但因多方面原因,使测量结果与被测对象的真实状况之间存在一定的偏差。为了使测量结果更真实,决策更准确,因此要学习测量误差。

任务分析

本任务主要了解测量误差的定义和产生误差的原因,掌握测量误差的表示方法,理解

测量误差的分类,学会处理测量误差。

任务实施

一、测量误差的定义和来源

1. 测量误差的定义

测量误差就是指测量结果与被测量的真值之间的偏差。即:

$$\text{误差} = \text{测量值} - \text{真值}$$

例如,在电压测量中,真实电压5 V,测得的电压为5.3 V,则误差 $=5.3 \text{ V} - 5 \text{ V} = +0.3 \text{ V}$ 。

被测量的真值是一个理想的概念,是客观存在的,却难以获得。例如:现在是什么时候?能准确地报出北京时间吗?为此,在检定或校验仪器仪表的工作中,常以高一等级标准仪器或计量器具所测得的数值来代替真值。真值确认示意图如图1-1所示。

测量工作的价值在于测量的准确度。随着科学技术的发展,人们对减少误差提出了更高的要求。当测量误差超过一定限度时,测量工作变得毫无意义,甚至给工作带来很大的危害。因此,控制测量误差就成为衡量测量技术水平的标志之一。

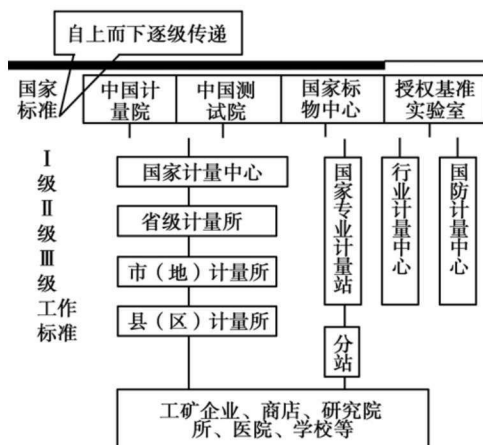


图 1-1 真值确认示意图

2. 测量误差的来源

测量误差是各种因素的偏差的综合,其来源较复杂,主要包括表1-2所示内容。

表 1-2 测量误差的来源

名 称	定 义	举 例
仪器误差	仪器(仪表)本身及附件引起的误差	指针式仪表刻度的误差; 数字式仪表的量化误差; 仪表内电路的零点飘移
使用方法误差 (操作误差)	测量过程中,使用方法不恰当而造成的误差	规定垂直安放的仪器水平放置; 接线太长或未考虑阻抗匹配; 未按操作规程进行预热、调节、校准等
人身误差	由于人的感觉器官和运动器官不完善所产生的误差	测试人员在读取仪表的指示数时,总是读得偏高或偏低
环境误差	由外界环境的变化而产生的误差	温度、湿度、电磁场、机械振动、噪声、光照、放射性等变化

二、测量误差的表示方法

测量误差的表示方法有两种:绝对误差和相对误差。

1. 绝对误差

测量值 X 与其真值 A_0 的差,称为绝对误差,用 ΔX 表示:

$$\Delta X = X - A_0$$

由于真值无法测得,故常用高一级别标准仪器的测量值 A 代替真值 A_0 ,则绝对误差表达式为:

$$\Delta X = X - A$$

当 $X > A$ 时,绝对误差是正值,反之为负值。

2. 相对误差

绝对误差虽然可以说明测量值偏离实际值的程度,但是不能说明测量的准确程度。例如测量100 V的电压时 $\Delta X_1 = 2$ V,测量10 V电压时 $\Delta X_2 = 0.5$ V,虽然 $\Delta X_1 > \Delta X_2$,但是实际 ΔX_1 只占被测量的2%,而 ΔX_2 却占被测量的5%。显然后者的误差对测量结果的影响相对较大。因此,工程上常采用相对误差来比较测量结果的准确程度。所以用测量的绝对误差 ΔX 与被测量的约定值 A (高一级别标准仪器的测量值)之比称为相对误差,用百分数表示。相对误差有以下几种表示方法。

(1) 实际相对误差(r_A)

用绝对误差 ΔX 与被测量的实际值 A 的百分比来表示实际相对误差,即

$$r_A = \Delta X / A \times 100\%$$

(2) 示值相对误差(r_X)

用绝对误差 ΔX 与仪器给出值 X 的百分比来表示示值相对误差,即

$$r_X = \Delta X / X \times 100\%$$

(3) 满度相对误差(r_m)

用绝对误差 ΔX 与仪器的满刻度值 X_m 的百分比来表示满度相对误差,即

$$r_m = \Delta X / X_m \times 100\%$$

电工仪表的准确度分为0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5和5.0共7个等级,由满度相对误差(r_m)决定。例如准确度为0.5级的电表,意味着 $0.2\% < |r_m| \leq 0.5\%$ 。

注意:测量结果的准确度一般总是低于仪器(仪表)的准确度。其次在仪表准确度等级确定后,示值越接近最大量程,示值相对误差就越小。所以测量时应注意选择合适的量程,使指针的偏转位置尽可能处于满度值的2/3以上区域。

三、测量误差的分类

从测量误差产生的原因及特征角度看,误差分为系统误差、随机误差和粗大误差三类,见表1-3。