



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电气维修专业教学用书

第2版

电工仪表与测量

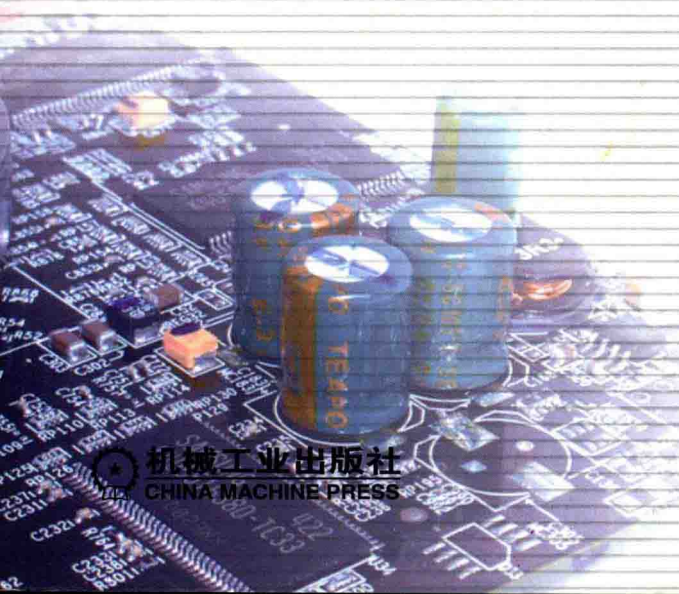
DIANGONG YIBIAO YU CELIANG

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 组编
机电专业委员会

刘晨号 主编



赠电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电气维修专业教学用书

电工仪表与测量

第2版

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 组编
机电专业委员会



机械工业出版社

本书是为适应中等职业学校机电类专业教学改革需要而编写的,是电气维修专业的技术理论课教材。全书共分九章,主要内容包括常用电工仪器仪表的结构、工作原理、技术特性;常用电工仪器仪表的正确使用、简单校验、维护及保养知识;电量及电参数的正确测量;测量误差产生的原因及消除方法。为适应现代测量技术发展的需要,本书适当增加了数字仪表和电子仪器的内容。本书还为常用的电子、电工仪器仪表设置了七个实验,以便学生能熟练掌握这些常用仪器仪表的使用方法。

本教材可供中等职业技术学校、技工学校使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工仪表与测量/刘晨号主编;中国机械工业教育协会,全国职业培训教学工作指导委员会,机电专业委员会组编. —2版. —北京:机械工业出版社,2013.11

教育部职业教育与成人教育司推荐教材 中等职业学校电气维修专业教学用书

ISBN 978-7-111-44530-2

I. ①电… II. ①刘…②中…③全…④机… III. ①电工仪表—中等专业学校—教材②电子测量—中等专业学校—教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第252262号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:陈玉芝 责任编辑:陈玉芝 王振国

版式设计:霍永明 责任校对:陈越

封面设计:赵颖喆 责任印制:张楠

涿州市京南印刷厂印刷

2014年2月第2版第1次印刷

184mm×260mm·9.25印张·228千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-44530-2

定价:19.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

教育部职业教育与成人教育司推荐教材

中等职业学校电气维修专业教学用书

编审委员会名单

主 任	郝广发				
副 主 任	周学奎	刘亚琴	李俊玲	何阳春	林爱平
	李长江	付 捷	单渭水	王兆山	张仲民
委 员	(按姓氏笔画排序)				
	于 平	王 珂	王 军	王洪琳	付元胜
	付志达	刘大力	刘家保	许炳鑫	孙国庆
	李木杰	李稳贤	李鸿仁	李 涛	何月秋
	杨柳青	杨耀双	杨君伟	张跃英	张敬柱
	林 青	周建惠	赵杰士	郝晶卉	荆宏智
	贾恒旦	黄国雄	董桂桥	曾立星	甄国令
本书主编	刘晨号				
参 编	陈育宗	罗小丽			

前言

由中国机械工业教育协会、全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会组编的“中等职业学校机械专业和电气维修专业教学用书”(共22种)自2003年出版以来,已多次重印,受到了教师和学生的广泛好评,其中17种被评为“教育部职业教育与成人教育司推荐教材”。

随着技术的进步和职业教育的发展,本套教材中涉及的一些技术规范、标准已经过时,同时,近年来各学校普遍进行了教学和课程的改革,使教学内容也有了一定的更新和调整。为更好地服务教学,我们对本套教材进行了修订。

在修订过程中,贯彻了“简明、实用、够用”的原则,反映了新知识、新技术、新工艺和新方法,体现了科学性、实用性、代表性和先进性,正确处理了理论知识与技能的关系。本次修订充分继承了第1版教材的精华,在内容、编写模式上做了较多的更新和调整。为适应教学改革的需要,部分专业课教材采用任务驱动模式编写。本套教材全部配有电子课件,部分教材配有习题集或课后习题。第2版教材具有以下特点:

(1) 职业性 专业设置参照有关专业目录,并根据职业发展变化和社会实际需求确定。

(2) 先进性 本套教材在修订过程中,主要是更新陈旧的技术规范、标准、工艺等,做到知识新、工艺新、技术新、设备新、标准新,并根据教学需要,删除过时和不符合目前授课要求的内容,精简繁杂的理论,适当增加、更新相关图表和习题,重在使学生掌握必需的专业知识和技能。

(3) 实践性 重视实践性教学环节,加强了技能训练和生产实习教学,努力实现产教结合。

(4) 实用性 与企业培训和其他类型教育相沟通,与国家职业资格证书体系相衔接。

本套教材的编写工作得到了各相关学校领导的重视和支持,参加教材编审的人员均为各校的教学骨干,使本套教材的修订工作能够按计划有序地进行,并为编好教材提供了良好的保证,在此对各个学校的支持表示感谢。

本书由刘晨号任主编,陈育宗、罗小丽参与编写。

尽管我们不遗余力,但书中仍难免存在不足之处,敬请读者批评指正。我们真诚地希望与您携手,共同打造职业教育教材的精品。

中国机械工业教育协会

全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会

目 录

前言

绪论	1
第一章 电工仪表与测量的基本知识	3
第一节 常用的电工测量方法	3
第二节 常用电工仪表的分类、型号和标志	4
第三节 电工仪表的误差与误差的表示方法	7
第四节 电工指示仪表的主要技术要求	9
第五节 测量误差的产生及其消除方法	10
第六节 电工指示仪表的组成和作用原理	11
第七节 常用电工仪表的选择、使用与 保养	14
复习题	17
第二章 电流与电压的测量	18
第一节 磁电系测量机构	18
第二节 磁电系电流表与电压表	20
第三节 磁电系检流计	25
第四节 电磁系测量机构	26
第五节 电磁系电流表与电压表	28
第六节 仪用互感器	30
第七节 钳形电流表	33
实验一 电流表和电压表的校验及误差计算	36
复习题	38
第三章 模拟式万用表	40
第一节 模拟式万用表的结构	40
第二节 500 型万用表的工作原理	41
第三节 万用表的使用与维护	46
第四节 万用表常见故障及排除	48
实验二 万用表的使用	50
复习题	51
第四章 电阻的测量	52
第一节 电阻测量方法的分类	52
第二节 伏安法测电阻	53
第三节 惠斯顿电桥	54
第四节 开尔文电桥	57
第五节 绝缘电阻表	59
第六节 接地电阻测试仪	64
实验三 惠斯顿和开尔文电桥的使用	67



实验四 绝缘电阻和接地电阻的测量	68
复习题	69
第五章 电功率的测量	70
第一节 电动系测量机构	70
第二节 铁磁电动系测量机构	72
第三节 电动系功率表	73
第四节 低功率因数功率表	76
第五节 三相有功功率的测量方法	78
第六节 三相有功功率表	79
第七节 三相无功功率的测量方法	81
实验五 三相电路有功功率的测量	82
复习题	84
第六章 电能的测量	85
第一节 感应系电能表	85
第二节 三相有功电能表	88
第三节 三相无功电能的测量方法	90
第四节 电能表的使用	91
第五节 电能表的调整	92
实验六 电能表的校验及调整	95
复习题	97
第七章 转速、功率因数、相序的测量	98
第一节 转速的测量	98
第二节 变换式功率因数表	100
第三节 相序检测	101
复习题	103
第八章 常用电子测量仪器	104
第一节 信号发生器	104
第二节 通用示波器的原理	109
第三节 通用示波器的性能及使用	115
实验七 低频信号发生器与通用示波器的使用	122
复习题	123
第九章 数字式仪器仪表	124
第一节 数字式频率计	124
第二节 数字式电压表	127
第三节 数字式万用表	133
复习题	139
参考文献	140

绪 论

测量作为人类认识自然和改造自然的一种重要手段,无处不在且不断深化与发展。概括而言,所谓测量是人们对事物获取准确数据及量值的过程。具体地说,测量是把待测量与已经确定的同类标准量进行量度或比较的过程。在这个过程中,必须去伪存真,去粗存精,由表及里,由此及彼,然后才能得到所需要的且较为满意的真实测量结果。

一、电工仪表与测量课程的内容

电工测量的主要对象有电流、电压、电功率、电能和功率因数等电量,还有磁量、电阻、电容及电感等电路参数,以及波形、频率、相位等电信号特性参数。电工测量的主要内容是根据电磁现象的客观规律,通过对应的基本电路,借助配套的测量仪表、仪器或设备,对各种电量、磁量、电路及信号特性参数进行量度;或者通过一定的变换,对某些非电量进行测量,以获取真实的量值。

随着电气化、自动化程度的不断提高,电工测量的重要地位也越来越凸显出来。比如:现代化生产过程中的合理操作和设备的正常运行,科学研究领域里验证所研究对象的正确性,以及保证和提高人们日常生活的质量等,都离不开真实可靠的电工测量。

由于电工测量具有测量范围广、准确度高、使用方便,并能实现遥测、遥控等优点,因此,在科研、生产以及在日常生活中应用得非常广泛。

本课程主要介绍常用电工仪表的结构、原理与使用,电工测量方法的选择,测量数据简单的分析处理等内容。通过本课程的学习后,要求能基本掌握合理的电工测量方法,能正确选择和使用常用电工仪表。

二、电工仪表的发展概况

电工指示仪表是利用电磁力使指针偏转来进行测量的,这种传统的指示仪表,通常由测量机构和测量电路组成。同一测量机构配置不同的测量电路,便可以进行不同电量的测量。由此可见,测量机构是指示仪表的核心。

指示仪表历史悠久,结构简单,价格便宜,至今仍在电工测量领域广泛使用。但是,指示仪表指针的偏转需要一个足够大的电磁力,这样,就使得通过仪表的电流相对较大,仪表的灵敏度就不会太高。同时,对于与被测电路并联测量的指示仪表,由于输入阻抗不可能太大,和对于与被测电路串联测量的指示仪表,输入阻抗又不可能太小,因此,其准确度也就不可能太高。此外,指示仪表的测量速度相对较慢,允许的频带宽度也不很宽。所有这些局限性,都满足不了技术指标较高且精密度要求又较高的电工测量。

随着电子技术的飞速发展,各种数字式电工测量仪表已经研制出来,并且得到了大量使用。由于数字式仪表具有小型化、灵敏度高、输入阻抗大、频率范围宽、测量速度快、显示清晰直观、操作方便及抗干扰能力强等诸多优点,因此,数字式电工仪表不仅正在迅速发展起来,而且已与模拟式电工仪表并驾齐驱。此外,数字式仪表具有积木式结构特点,在数字基本表的基础上,通过与交流/直流(AC/DC)转换器、电流/电压(I/U)转换器、电阻/电压(R/U)转换器、频率/电压(f/U)转换器等配套,便可以扩展成为不同电工测量功



能的数字式仪表。而与电子计算机配套的智能化数字式仪表,更能承担和自动完成测量、校正、查询、排故障等一系列操作。

为了适应时代的要求,随着现代化科学技术的不断发展,我们既要掌握传统的电工测量知识,又要学好数字电工测量技术。

三、学习本课程的方法及要求

从定性分析到定量分析,是学好本课程的基本方法。在学习过程中,应紧紧抓住仪表的核心——模拟仪表的测量机构和数字式仪表的电压基本表,以及与之配套的测量或转换电路的特点,运用对比的方法和积木化的思维方式,循序渐进地学习理解仪表的原理、结构及性能;通过学习达到掌握常用的电工测量方法,懂得正确选用和使用仪表的目的。同时,对于如何维护、保养和校正、调节电工仪表的一般知识也要有所了解。

为了加深和巩固理解本课程的知识,要在认真听取课堂教学的基础上,认真完成课后的练习和作业;既要重视本教材编排的有关实验课,更要重视在相关的专业课和生产实习课教学中的实际运用;在有条件时或是积极地创造条件,有目的地分阶段组织进行现场观摩,以增加对电工仪表与测量的感性认识。只有不断地加强理论与实际的联系,才能使自己逐步地成为既懂得一定理论知识,又具备一定操作技能的合格人才。

第一章

电工仪表与测量的基本知识

在电工测量中，为了保证测得的数据满足实际要求，首先要根据测量对象，正确地选择和使用电工仪表，还必须采用合理的测量方法，掌握熟练的操作技能，尽可能地减小测量误差。为此，本章主要介绍电工仪表的基本知识，常用的电工测量方法，电工仪表的组成及主要技术指标，误差的概念等。

知识目标

- 1. 掌握电工仪表的型号；
- 2. 掌握电工仪表的组成和作用。

技能目标

- 1. 熟练掌握电工测量方法；
- 2. 正确地选择和使用电工仪表；
- 3. 掌握电工仪表的保养方法。

第一节 常用的电工测量方法

电工测量也和其他测量一样，都是采取不同的试验或手段，来确定被测量，其内容包括数量和单位两个部分。为此，确定和统一测量单位，既十分必要，又十分重要。因此，在国际上乃至各个国家都设有专门的计量机构，对各种测量单位进行规定、确认和统一，以保证在不同的时间、地点对同一量的测量，都能得到相同的测量结果，来满足人类生存、生产发展、科学研究及技术交流等方面的需要。

在实际测量中，往往是将被测量与作为测量单位的同类标准量进行比较。该标准量实际上是测量单位的复制体，称之为度量器。为了保证测量的准确性，它具有足够的精确度和稳定性。根据准确度等级和用途的不同，分为基准度量器和标准度量器两种。基准度量器是现代技术水平所能达到的准确度等级最高的度量器。而不同准确度等级的标准度量器，则是用来进行比较、测量和检定低一级测量仪表的。

常用的电工测量单位名称与符号见表 1-1。

表 1-1 常用的电工测量单位名称与符号

单位	符号	单位	符号	单位	符号
千安	kA	千瓦	kW	千欧	kΩ
安培	A	瓦特	W	欧姆	Ω
毫安	mA	兆乏	Mvar	毫欧	mΩ
微安	μA	千乏	kvar	微欧	μΩ
千伏	kV	乏尔	var	法拉	F
伏特	V	兆赫	MHz	微法	μF
毫伏	mV	千赫	kHz	皮法	pF
微伏	μV	赫兹	Hz	亨利	H
兆瓦	MW	兆欧	MΩ	毫亨	mH



根据度量器参与测量过程形式以及获取测量结果的方法不同,形成了不同的测量方法。

1. 直接测量法

通过电工仪器、仪表直接读取被测量数值,且无需度量器参与的测量方法,称为直接测量法;如用电流表测电流,用电压表测电压等,如图 1-1 所示。由于仪表的接入,会使被测电路的初始工作状态发生一定的变化。因此,用此方法测得的数值准确度较低。

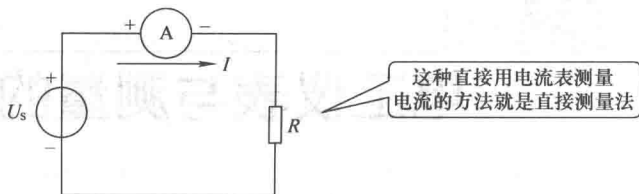


图 1-1 直接测量法

2. 间接测量法

当直接获取被测量有困难,而又与某些易测得的其他量存在一定的函数关系时,就可采用先获取其他量,再按函数式计算出被测量的方法,称为间接测量法。例如通过欧姆定律用伏安法来测量电阻,如图 1-2 所示。

间接测量法通过中间计算环节造成的误差较大,一般是在准确度要求不高的场合才采用。

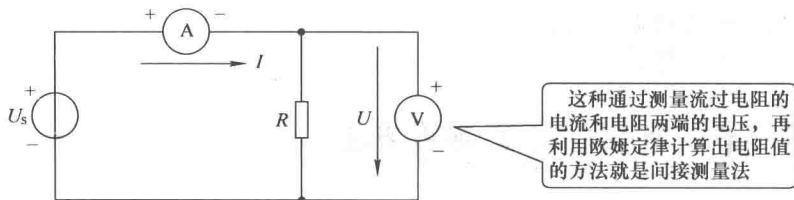


图 1-2 间接测量法

3. 比较测量法

将被测量与标准度量器进行比较的测量方法,称为比较测量法。根据使用不同的比较方法,又可分为零值法、差值法和代替法。

(1) 零值法 在测量过程中,用改变标准量趋近被测量,当两者的差值为零时,来读取标准量即为被测量的方法,叫做零值法。如用电位差计测量电动势,用电桥测量电阻等的方法。

(2) 差值法 与上述零值法的测量过程相类似,但却是通过被测量与标准量的差值,来确定被测量值的测量方法,叫做差值法。如用不平衡电桥测量电阻等的方法。

(3) 代替法 在测量过程中,将被测量与标准量分别接入同一测量装置或电路,而使仪表的读数不变,则此时的被测量即为已知的标准量,这种方法就叫做代替法。

当需要精密测量时,可用比较测量法。该方法的灵敏度和准确度都比较高,但设备复杂,操作麻烦,环境条件要求也比较高。

第二节 常用电工仪表的分类、型号和标志

一、电工仪表的分类

常用电工仪表的测量对象有电流、电压、电功率、电能、相位、频率、功率因数、电



阻、电容及电感等多种,为了便于识别,可按测量方法、仪表原理、结构及用途等进行分类。

1. 指示仪表

指示仪表是将被测量转换为仪表可动部分的机械偏转角,通过刻度或指示器直接读出被测量值。因此,指示仪表又称为直读式或机械式仪表。其分类方法归纳如下:

(1) 按测量机构的结构和工作原理分类 可分为磁电系、电磁系、电动系(铁磁电动系)、感应系、静电系及整流系仪表等类型。

(2) 按被测量分类 可分为电流表、电压表、功率表、相位表、电能表、功率因数表、频率表、欧姆表、绝缘电阻表等类型。

(3) 按所测的电流种类分类 可分为直流、交流以及交直流两用仪表。

(4) 按准确度等级分类 共分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七个等级。数字越小,仪表的误差越小,准确度等级就越高。

(5) 按使用条件分类 仪表规定在湿度为 85% 的条件下使用,分成 A、A₁、B、B₁、C 五组类型。其中, A、A₁ 组适应的环境温度为 0 ~ 40°C, B、B₁ 组为 -20 ~ 50°C, C 组则为 -40 ~ 60°C。

(6) 按外壳防护性能分类 有普通式、防尘式、防溅式、防水式、气密式、水密式、隔爆式等七种类型。

(7) 按防御外界磁场或电场的性能分类 可分为 I、II、III、IV 四个等级。

(8) 按使用方法分类 有安装式和便携式两种。安装式仪表固定安装在开关板或电气设备面板上,广泛用于供电系统的运行监控与测量,又称为面板式仪表。便携式仪表就是可方便携带或移动的仪表,广泛用于试验、精密测量及对仪表的检校。

2. 比较仪表

比较仪表是将被测量与同类标准量进行比较量度的仪表,如电桥、电位差计等就是属于此类仪表。

3. 数字仪表

数字仪表是以数码形式直接显示被测量的仪表。数字仪表采用数字测量技术,通过 A-D(模拟量-数字量)转换,既可以测量随时间连续变化的模拟量,也可以测量随时间断续变化或跃变的数字量,还可以编码形式同计算机进行数据处理,从而达到智能化控制的目的。

二、电工仪表的型号

和其他仪表一样,电工仪表的用途、作用及原理可由其型号表示出来。各类产品的型号按有关规定标准编制,如图 1-3 所示。

图中,形状第一位代号按仪表面板形状最大尺寸编制,形状第二位代号按仪表外壳尺寸编制,系列代号按仪表工作原理类别编制,如磁电系仪表代号为 C(汉字拼音第一个字母),电磁系仪表代号为 T,电动系仪表代号为 D,感应系仪表代号为 G,整流系仪表代号为 L 等。

便携式电工仪表的型号中省去了表示安装尺寸的形状代号部分。

三、电工仪表的标志

按照国家标准的规定,在每只仪表的表盘上都刻上表示测量对象单位、准确度等级、电

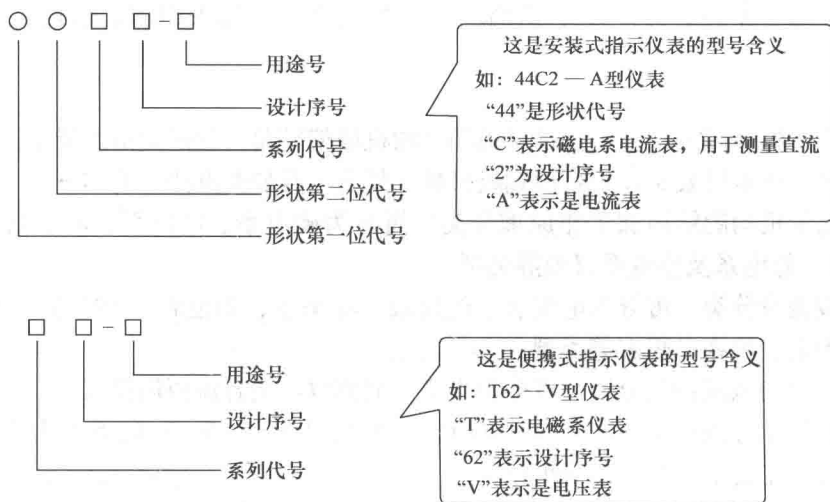


图 1-3 电工仪表产品型号的编制规则

源种类和相数、测量机构类别、使用条件组别、工作位置、绝缘强度试验电压数值、仪表型号及各种额定值等不同符号，这种反映仪表技术特性的符号叫做仪表的标志符号。常见电工仪表标志符号见表 1-2。

表 1-2 常见电工仪表标志符号

1. 仪表工作原理的图形符号							
名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
磁电系仪表		电动系仪表		感应系仪表			
磁电系比率表		电动系比率表		静电系仪表			
电磁系仪表		铁磁电动系仪表		整流系仪表（带半导体整流器和磁电系测量机构）			
电磁系比率表		铁磁电动系比率表		热电系仪表（带接触式热变换器和磁电系测量机构）			
2. 电流种类的符号							
名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
直流		交流（单相）		直流和交流		具有单元件的三相平衡负载交流	



(续)

3. 准确度等级的符号							
名称	符号	名称	符号	名称	符号		
以标度尺量限百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级	1.5	以标度尺长度百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级		以指示值百分数表示的准确度等级, 例如 1.5 级			
4. 工作位置的符号							
名称	符号	名称	符号	名称	符号		
标度尺位置为垂直的		标度尺位置为水平的		标度尺位置与水平面倾斜成一定角度, 例如 60°			
5. 绝缘强度的符号							
名称	符号	名称	符号				
不进行绝缘强度试验		绝缘强度试验电压为 2kV					
6. 端钮、调零器的符号							
名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
负端钮		公共端钮		与外壳相连接的端钮		调零器	
正端钮		接地用的端钮		与屏蔽相连接的端钮		—	—
7. 按外界条件分组的符号							
名称	符号	名称	符号	名称	符号		
I 级防外磁场 (例如磁电系)		III 级防外磁场及电场	 	B 组仪表			
I 级防外电场 (例如静电系)		IV 级防外磁场及电场	 	C 组仪表			
II 级防外磁场及电场	 	A 组仪表		—	—		

◆◆◆ 第三节 电工仪表的误差与误差的表示方法

任何测量, 不管采用什么方法, 都想得到其真实值。但由于受到测量工具准确度、测量方法、测量条件以及测量经验等诸多因素的制约, 只能得到近似值, 而无法得到真实值。近似值与真实值之差称为误差。



一、仪表的误差

仪表的误差是指仪表指示值与被测量实际值之间的差值。仪表的误差可分为两类，即基本误差和附加误差。

1. 基本误差

在仪表规定范围之内的正常工作条件下，由于结构、工艺等方面的原因产生的误差，是仪表本身所固有的误差，称为基本误差。如仪表零件装配不当，标度尺刻度不准，转动部分之间存在摩擦等。

2. 附加误差

仪表离开了规定的正常工作条件而产生的误差，称为附加误差。这种误差应避免发生，否则所测得的数据将失去参考价值。

二、误差的表示方法

1. 绝对误差

测量值 A 与实际值 A_0 之差称为绝对误差 ΔA ，即

$$\Delta A = A - A_0 \quad (1-1)$$

例 1-1 用同一只标准表和同一校验电路，分别校验甲、乙两电压表，当标准表的电压值为 220V 时，甲、乙两表的指示值各为 220.7V 和 219.6V。求两表的绝对误差并指出哪只表较为准确？

解 由式 (1-1) 得：

$$\Delta A_1 = A_1 - A_0 = 220.7\text{V} - 220\text{V} = 0.7\text{V}$$

$$\Delta A_2 = A_2 - A_0 = 219.6\text{V} - 220\text{V} = -0.4\text{V}$$

计算结果表明，绝对误差有正负之分。指示值比实际值大为正，指示值比实际值小为负。为了在测量同一量时便于比较，常用绝对误差的绝对值 $|\Delta|$ 来表示仪表准确度的高低， $|\Delta|$ 越小，准确度越高。

显然，上例中乙表比甲表较为准确。

2. 相对误差

绝对误差 ΔA 与实际值 A_0 之比的百分数称为相对误差 γ ，即

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

因为实际值往往事先并不知道，而测量值一般又与实际值相差不大，所以在实际分析时，可以用测量值 A 来代替实际值 A_0 进行计算，即

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \approx \frac{\Delta A}{A} \times 100\% \quad (1-3)$$

绝对误差不能准确地说明测量结果的优劣，而相对误差表示绝对误差所占实际值比例的大小，能较为准确地说明测量结果的优劣。

3. 引用误差

仪表的绝对误差 ΔA 与该仪表的量程（满刻度值） A_m 之比的百分数称为引用误差 γ_m ，即

引用误差 = $\frac{\Delta A}{A_m} \times 100\%$



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

由式 (1-4) 可知, 引用误差实际上是仪表最大读数的相对误差。

第四节 电工指示仪表的主要技术要求

为了保证测量结果准确可信, 在国家标准《电气测量指示仪表通用技术条件》中, 对电工指示仪表都做了具体的规定。主要包括以下几个方面:

一、足够的准确度

准确度指的是仪表指示值与被测量实际值之间的接近程度。指示仪表的准确度用仪表的最大引用误差来表示。仪表的最大引用误差 K 用仪表最大的绝对误差 $\Delta A_{\max}$ 与仪表量程 A_m 之比的百分数来表示, 即

$$\pm K\% = \frac{\Delta A_{\max}}{A_m} \times 100\% \quad (1-5)$$

显然, 准确度表明了仪表基本误差最大的允许范围。在国家标准中规定, 各准确度等级的仪表在规定的使用条件下测量时, 其基本误差不应超出表 1-3 中所规定的值。

表 1-3 各级仪表的基本误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差 (%)	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

例 1-2 当分别用准确度等级为 1.0 级、量程为 10A 的甲电流表和用准确度等级为 0.5 级、量程为 100A 的乙电流表测量同样为 8A 电流时, 问各自出现的最大相对误差是多少? 试比较用哪只表测量较为合理?

解 从式 (1-5) 可得出其最大绝对误差分别为

$$\Delta A_{\max 1} = \pm K\% \times A_{m1} \times 100\% = \pm 1.0\% \times 10A \times 100\% = \pm 0.1A$$

$$\Delta A_{\max 2} = \pm K\% \times A_{m2} \times 100\% = \pm 0.5\% \times 100A \times 100\% = \pm 0.5A$$

测量同样为 8A 电流时, 从式 (1-4) 可得出其最大相对误差分别为

$$\gamma_{m1} = \frac{\Delta A_{\max 1}}{A} \times 100\% = \pm \frac{0.1A}{8A} \times 100\% = \pm 1.25\%$$

$$\gamma_{m2} = \frac{\Delta A_{\max 2}}{A} \times 100\% = \pm \frac{0.5A}{8A} \times 100\% = \pm 6.25\%$$

计算表明, 虽然甲表的准确度等级比乙表低, 但由于量程选择比较合适, 因此其测量的最大相对误差反而比乙表小。也就是说, 选用甲表较为合理。

显然, 如果片面追求仪表的高准确度等级而忽视对仪表量程的合理选择, 其相对误差反而增大了。因此, 在选择仪表时, 应根据测量的实际要求, 不仅要考虑仪表的准确度等级, 还要使被测量的估计值尽量靠近所选择的仪表量程, 以保证测量结果的准确性。

一般地说, 仪表的准确度等级越高, 其误差越小; 反之, 则误差越大。

二、合适的灵敏度

指示仪表的灵敏度 S 是指仪表可动部分的偏转角的变化量 $\Delta\alpha$ 与被测量的变化量 ΔA 的



比值,即

$$S = \frac{\Delta\alpha}{\Delta A} \quad (1-6)$$

它表示了仪表对被测对象的响应能力,即反映了该仪表所能测得的最小测量值。

特殊地,线性标尺的仪表灵敏度是一常数,其数值等于单位被测量所形成的偏转角,即

$$S = \frac{\alpha}{A} \quad (1-7)$$

灵敏度高的仪表不仅会因阻尼时间长造成读数困难,而且也使制造成本提高。因此,要根据不同的测量要求选择合适灵敏度的仪表,这一点相当重要。仪表的灵敏度由仪表电路及其结构决定。通常用灵敏度的倒数称为仪表常数 J 来表示。线性标尺的仪表常数为

$$J = \frac{1}{S} \quad (1-8)$$

三、良好的读数装置和阻尼装置

仪表的标尺分度要力求清晰均匀,以便于读数。对于不均匀刻度的标尺,应用符号标明读数的起点。

仪表的阻尼良好指的是阻尼时间短。所谓阻尼时间,是指仪表从测量电路通电开始,到指针在读数位置上左右摆动不超过标尺全长的 $\pm 1\%$ 时止,所需要的时间。

四、仪表的变差小

在测量条件不变的前提下,重复测量同一被测量时读数之间的差值,称为变差。要求仪表的变差不超过基本误差的绝对值。

五、仪表本身的功率消耗要尽量小

只有这样,才能使得在仪表接入测量电路后,不至于改变原电路的初始工作状态。

六、受外界的条件影响小

即仪表因此而引起的附加误差要尽量小。

七、有一定的过载能力和足够的绝缘强度

在实测中,仪表出现过载现象总是难免的,要求仪表具有一定的抗过载能力,以延长仪表的使用寿命。而要求仪表具有足够的绝缘强度,则是保证使用者和仪表的用电安全。

◆◆◆ 第五节 测量误差的产生及其消除方法

一、测量误差的分类及产生原因

前已述及,测量误差指的是测量结果与被测量实际值之间的差异。根据误差的性质,测量误差可分为系统误差、偶然误差和疏失误差三类。

1. 系统误差

这是由于测量工具本身存在的制造误差,测量方法采用的不完善,受到测量环境的影响,以及有关测量人员在获取数据时,某些固执的生理习惯特点等多方面的原因造成的误差。在相同的条件下对同一量进行重复测量时,这种误差的大小和符号均保持不变;而在测量条件发生变化时,这种误差按一定的规律变化。根据上述产生误差的原因,具体又可分为: