



教育部高职高专规划教材

电工测量与实验

智 强 李淑珍 主编
张惠敏 主审



化学工业出版社
教材出版中心

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电工测量与实验/智强, 李淑珍主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 12
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-2670-6

I. 电… II. ①智…②李… III. ①电工仪表-高等学校: 技术学院-教材②电气测量-高等学校: 技术学院-教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 108616 号

教育部高职高专规划教材

电工测量与实验

智 强 李淑珍 主编

张惠敏 主审

责任编辑: 张建茹

责任校对: 陶燕华

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 12½ 字数 304 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-2670-6/G · 701

定 价: 21.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

本书是以《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》(教高[2000]2号)精神为指导,结合高职高专教育特点,以理论与实践相结合、突出培养学生的技术应用能力为原则,将《电工测量》与《电工实验》合二为一作为一门独立开设的技术基础课编写的。

本书将电工测量和常用电工仪器仪表的知识与实验紧密结合,本着由浅入深、循序渐进的原则,采用先简单后复杂,先直流后交流,进而由学生自拟实验方案,独立完成实验内容,最后通过万用表的组装使学生达到分析处理实际问题和综合能力全面提高的目的。

考虑到实验室已有的仪器设备能够充分利用以及当前科技发展和一些学校设备更新的需要,本书既保留介绍了一些常用型号的仪器仪表,又介绍了一些较新型的仪器仪表。同时为了满足不同专业的需要,本教材涉及面较广,使教材更具实用性和通用性。

为了帮助学生理解、消化理论知识,提高学习兴趣,充分发挥想像力,在附录中加入了EWB仿真实验的应用举例以增强课堂效果的直观性,也为学生自行开发设计电路、培养创新精神搭建了一个起飞的平台。

本书由智强、李淑珍主编。第一、二、四章由李淑珍编写,第三章由智强编写,第五章由田家琳编写,实验一~实验十由范予强编写,实验十一~实验十三由王素姣编写,实验十四~实验二十三由智强编写,附录I、IV由智强编写,附录II、III由王素姣编写,实验部分的电路图全部由马春英绘制。全书由智强统稿。

限于编者水平,书中疏漏、不妥之处在所难免,殷切期望使用本书的师生和广大读者提出宝贵意见,以便今后修改提高。

编 者

2003.9

内 容 简 介

本书分为电工仪表与测量, 电工实验及附录两部分。主要介绍电工仪表与测量的基本知识; 常用电工仪表的使用; 直流电流、电压、电阻的测量; 交流电流、电压及元件参数的测量; 功率与电能的测量; 电工实验、EWB 仿真实验、万用表的组装及电阻、电容元件介绍等。

本书通过对实际动手能力的训练, 使学生提高掌握理论知识的水平, 以达到分析解决实际问题的能力。

本书可作为高职高专电气类各专业的教材, 也可供其他各类高职院校相关专业教学选用, 或供工程技术人员参考。

目 录

第一部分 电工仪表与测量

第一章 电工仪表与测量的基本知识	3
第一节 电工仪表的分类与表面标记.....	3
第二节 指示仪表的组成与原理.....	5
第三节 仪表的误差与准确度.....	7
第四节 常用的电工测量方法及误差	10
第五节 电工实验方案的拟定与实施	13
练习与思考一	17
第二章 电流表、电压表	18
第一节 直流电流表	18
第二节 直流电压表	23
第三节 交流电流表	25
第四节 交流电压表	28
练习与思考二	31
第三章 直流电阻的测量	32
第一节 用电压表、电流表测量直流电阻	32
第二节 万用表	35
第三节 直流单、双臂电桥	44
第四节 兆欧表	49
第五节 接地电阻测量仪	52
练习与思考三	54
第四章 功率与电能的测量	56
第一节 电动系功率表	56
第二节 三相功率的测量	58
第三节 电度表	61
练习与思考四	67
第五章 常用电子仪器与万能电桥	69
第一节 多波形信号发生器	69
第二节 晶体管毫伏表	71
第三节 电子示波器	72
第四节 万能电桥	80
练习与思考五	83

第二部分 电工实验及附录

实验一	直流电路的认识实验	87
实验二	直流电路的联接	90
实验三	直流电阻、电压、电流的测量	92
实验四	直流电路的故障检查	94
实验五	叠加定理实验	97
实验六	含源二端网络等效电路参数的测定	99
实验七	受控源的认识实验	101
实验八	直流单、双臂电桥及兆欧表的使用	105
实验九	接地电阻的测量	108
实验十	正弦交流电路的认识实验	110
实验十一	示波器的使用	114
实验十二	R 、 L 、 C 的频率特性	117
实验十三	用双踪示波器观测 RC 移相电路	120
实验十四	日光灯电路及功率因数的提高	122
实验十五	单相电度表的认识实验	126
实验十六	串联谐振	129
实验十七	互感线圈的同名端及互感系数 M 的测定	132
实验十八	三相星形负载电路	134
实验十九	三相三角形负载电路	137
实验二十	非正弦周期性电流电路	140
实验二十一	一阶 (RC) 电路的研究	142
实验二十二	交流铁心线圈	147
实验二十三	用示波器观察交流磁滞回线	149
附录 I	利用 EWB 仿真软件进行电工实验	152
附录 II	电阻器	162
附录 III	电容器	167
附录 IV	万用表的组装	172

第一部分 电工仪表与测量

第一章

电工仪表与测量的基本知识

电工仪表不仅用来测量电量，而且也可以同其他装置配合在一起测量非电量（如温度、机械量等等）。电工仪表是进行电工测量的必备工具和仪器。在日常工作中，可以通过电压表的指示掌握电气设备的工作特性；通过电流表的指示了解设备的负荷变化情况；通过电度表来计量用电设备或线路消耗电能的多少等等。

电工测量的对象主要是指电流、电压、电功率、电能、相位、频率、功率因数、电阻等。测量各种电量（包括磁量）的仪器仪表，统称为电工测量仪表。电工测量仪表的种类很多，其中最常用的是测量基本电量的仪表。本章着重介绍常用电工仪表的基本知识以及测量方法。

所谓测量，简单地说就是确定被测量的数值。电工测量就是将被测的电工量与其单位量进行比较，以确定其大小的过程。根据比较方法的不同，测量方法也不一样，因此，就带来了不同的测量误差。所以在测量中除了应该正确地选用仪表和使用仪表外，还必须采用合适的测量方法，掌握测量的操作技术，以便尽可能的减小测量误差。为此，在分别介绍各种电工仪表与测量之前，本章首先概括介绍电工仪表的分类、符号、仪表的构成原理、误差的概念等。

第一节 电工仪表的分类与表面标记

一、电工仪表的分类

电工仪表的种类繁多，其分类方法各异，按仪表的结构和用途，大体可分为以下几类。

(1) 指示仪表 指示仪表可通过指针的偏转角位移直接读出测量结果，因此是应用最为广泛的电工仪表。交流和直流电压表、电流表以及万用表等，大多为指示仪表。

(2) 比较仪器 用比较法来进行测量的仪器。包括直流比较仪器，例如电桥、电位差计、标准电阻箱等；也包括交流比较仪器，例如交流电桥、标准电感、标准电容等。

(3) 数字式仪表 数字仪表是以逻辑控制来实现自动测量，并以数码形式直接显示测量结果的仪表，如数字万用表等。

(4) 记录仪表和示波器 记录仪表和示波器是一种能测量和记录被测量随时间变化情况的仪表。例如 X—Y 记录仪就是一种记录仪器。而电子示波器则能够把波形变化的全貌显示出来，从中不但可以进行定性观察分析，而且可以对显示的波形进行定量测量。

(5) 积算仪表 积算仪表用以测量与时间有关的量，即在某段测量时间内，仪表对被测量进行累计，如电度表就是一种积算电能的仪表。

此外还有测量用的稳压源、稳流源、校验装置、测磁仪器等。

尽管电工仪表种类如此之多，但应用最广、数量最大的还是指示仪表。

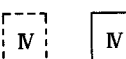
指示仪表具有测量迅速、直接读数等优点，它们的分类如下。

- (1) 按仪表的工作原理分为 磁电系、电磁系、电动系、感应系、整流系等。
 - (2) 按仪表测量对象的名称（或单位）分为 电流表（安培表、毫安表、微安表）、电压表（伏特表、毫伏表）、功率表、高阻表（兆欧表）、欧姆表、电度表及万用表等。
 - (3) 按被测电流种类分为 直流仪表、交流仪表、交直流两用仪表。
 - (4) 按使用方式分为 安装式和便携式。前者安装于开关板上或仪器的外壳上，准确度较低，但过载能力强，价格低廉；后者便于携带，常在实验室使用，这种仪表过载能力较差，价格较贵。
 - (5) 按仪表的准确度等级分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 共七个等级。
 - (6) 按仪表的使用条件分类 指示仪表的使用条件分为 A、A₁、B、B₁、C 五组。
- 此外，还可按仪表的使用条件、仪表对外磁场防御能力等分类。

二、电工仪表的表面标记

为了便于正确选择和使用仪表，前面提到的仪表类型、测量对象、电流性质、准确度等级、放置方法、对外磁场防御能力等，均以符号形式标注在仪表的表盘上。使用时可参阅表 1-1。

表 1-1 常见指示仪表的表面标记

分 类	符 号	名 称	分 类	符 号	名 称
电流种类	—	直流	准确度等级	1.5	以标尺量程的百分数表示
	~	交流		Ⓛ.5	以指示值的百分数表示
	≈	直流和交流	工作位置		标尺位置垂直
测量单位	A	安			标尺位置水平
	V	伏			标尺位置与水平面夹角 60°
	W	瓦	外界条件		I 级防外磁场 (例如磁电系)
	var	乏			I 级防外电场 (例如静电系)
	Hz	赫			II 级防外磁场及电场
工作原理		磁电系仪表			III 级防外磁场及电场
		电磁系仪表			IV 级防外磁场及电场
		电动系仪表			A 组仪表
		磁电系比率表			
		铁磁电动系			

续表

分 类	符 号	名 称	分 类	符 号	名 称
外界条件		B 组仪表	端钮与调零器	+	正端钮
		C 组仪表		-	负端钮
绝缘强度		不进行绝缘强度试验		*	公共端钮
		绝缘强度试验电压为 2kV			与屏蔽相连接的端钮
					调零器

三、电工仪表的型号

1. 安装式指示仪表

如图 1-1 所示。

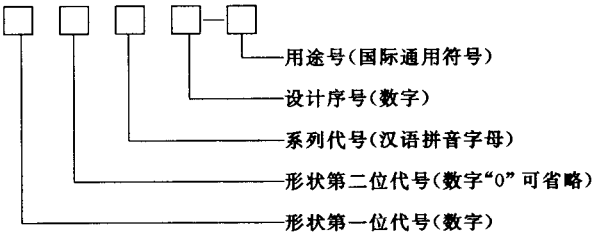


图 1-1 安装式指示仪表型号

用途号 A——测电流；
 V——测电压。

系列代号 C——磁电系；T——电磁系；
 D——电动系；G——感应系。

例如：42C3—A，表示磁电系电流表。

2. 携带式指示仪表

如图 1-2 所示。

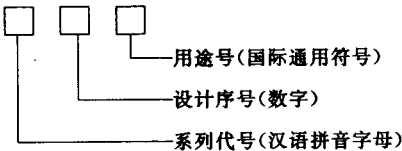


图 1-2 携带式指示仪表型号

用途号和系列代号的含义同安装式仪表。

例如：T19—V，表示电磁系电压表。

第二节 指示仪表的组成与原理

指示仪表又叫直读式仪表。由于指示仪表具有成本较低、使用方便、经久耐用等优点，因此，在工程中应用最为广泛。

一、指示仪表的组成

指示仪表主要由测量机构和测量线路两部分组成。

测量线路的作用是将被测电量 x (如电流、电压、功率等) 变换成测量机构可接受的过渡电量 y (如电流), 并保持一定的比例关系。例如, 分流器、附加电阻等都属于测量线路。一些变换式仪表, 正是利用测量线路的变化而只用磁电系测量机构实现对功率、频率、相位等多种电量的测量。

测量机构的作用是将被测电量 x (或过渡电量 y) 所产生的电磁力, 转换成仪表指针的角位移 α 。它是指针式仪表的核心, 同一系列仪表, 通常采用相同的测量机构, 加上不同的测量线路, 就可构成测量不同电量的仪表。

指示仪表的结构见方框图 1-3。

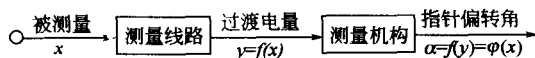


图 1-3 指示仪表的结构

二、测量机构的组成和原理

指示仪表的测量机构由固定部分和可动部分组成, 固定部分包括磁路系统、固定线圈等。可动部分则包括可动线圈、可动铁心、游丝、指针等。如果按可动部分在偏转过程中各元件所完成的功能和作用, 也可以把测量机构分成以下几部分。

1. 产生转动力矩 M 的装置

要使仪表的指针偏转, 测量机构必须产生一个转动力矩, 不同类型的仪表, 产生转动力矩的原理也不同。例如: 磁电系仪表, 是由载流线圈在永久磁铁的磁场中产生电磁力, 驱动可动部分偏转。电磁系仪表, 是将可动铁心置于交变磁场中, 铁心磁化后产生的电磁吸力 (或排斥力) 驱动可动部分偏转。转动力矩 M 与被测电量 x 、偏转角 α 之间成函数关系。

2. 产生反作用力矩 M_a 的装置

如果指示仪表的测量机构只有转动力矩, 则无论被测量的大小如何, 仪表的可动部分都将在转动力矩的作用下, 偏转到尽头。就好像不挂秤砣的秤一样, 无论被称物品有多重, 都会使秤杆翘起。为了使一定大小的被测量所产生的对应转矩, 使可动部分偏转相应的角度, 测量机构必须有产生反作用力矩的装置。在灵敏度较低的仪表中, 反作用力矩由游丝产生; 在灵敏度较高的仪表中, 反作用力矩由张丝或吊丝产生。这些元件因可动部分的偏转受到扭转, 产生反作用力矩, 反作用力矩与偏转角 α 成线性关系, 即

$$M_a = D\alpha \quad (1-1)$$

式中 D ——反作用力矩系数, 由游丝的弹性、几何形状和尺寸所决定。

当游丝制成固定尺寸的情况下, D 为常数。可动部分的转动力矩 M 与反作用力矩 M_a 相等时, 即 $M = M_a$, 可动部分平衡, 使被测量对应于一定的偏转角, 即

$$M = M_a = D\alpha$$

$$\text{则} \quad \alpha = \frac{M}{D} \quad (1-2)$$

图 1-4 所示为用游丝产生反作用力矩的装置。

反作用力矩也有用张丝、悬丝或重力产生的，还有用电磁力产生的（如比率表）。

3. 产生阻尼力矩的装置

由于可动部分具有一定的惯性，因此，当 $M=M_e$ 时可动部分不可能立即停止，而是在平衡位置的左右来回摆动。阻尼器是用来吸收这种振荡能量的装置，使可动部分尽快地静止，达到尽快读数的目的。常用的有空气阻尼器和磁感应阻尼器两种，如图 1-5 所示。

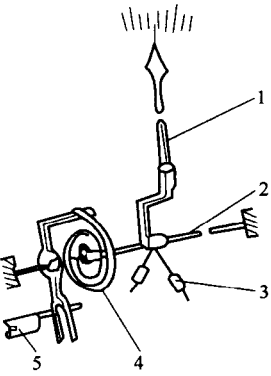
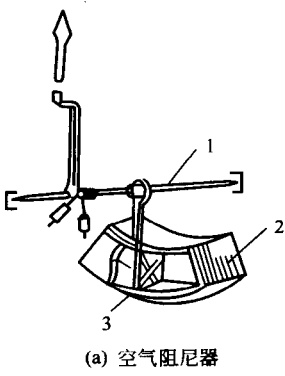
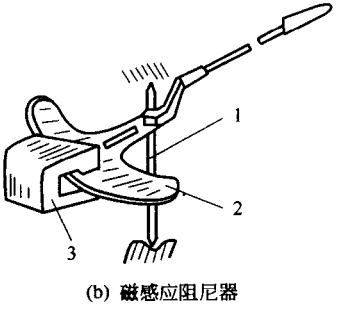


图 1-4 游丝产生反作用力矩的装置

1—指针；2—轴；3—平衡锤；
4—游丝；5—调零器



(a) 空气阻尼器



(b) 磁感应阻尼器

图 1-5 产生阻尼力矩的装置

(a) 1—轴；2—阻尼箱；3—阻尼翼片
(b) 1—轴；2—金属片；3—永久磁铁

在空气阻尼器中，当可动部分转动时带动了翼片，使其在阻尼箱中的运动受到空气的阻力，产生阻尼力矩。而磁感应阻尼器的工作原理为：当可动部分转动时带动阻尼金属片切割磁力线，感应的涡流与永久磁铁的磁场产生制动力，制动力始终与运动方向相反，因此，使可动部分尽快地静止下来。

4. 读数装置

读数装置通常是由指针、刻度尺组成。指针的形状有矛形和刀形两种，如图 1-6 所示。

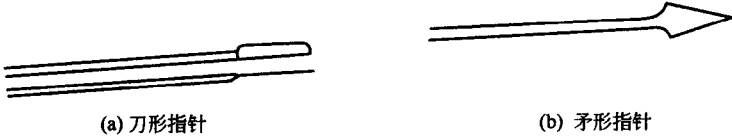


图 1-6 指针

矛形指针的特点是醒目，便于远距离观测，但视差较大，它适用于准确度较低的安装式仪表。刀形指针适用于近距离读数，视差比较小，多用于准确度比较高的实验室仪表及便携式仪表。

第三节 仪表的误差与准确度

任何形式的测量都希望获得被测量的真实数值，真实数值简称为“真值”。不过，所有的仪器仪表都不能实现绝对理想的测量，因而测出的数据并不是被测量的真值，而是近似值。仪表的误差是指仪表在测试中的指示值与被测量的真值之间的差异。误差愈小，仪表的测量值就愈准确。

一、仪表误差的分类

根据误差产生的原因,可分为两大类。

1. 基本误差

指仪表在规定的正常工作条件下(即规定的环境温度、放置位置、频率和波形以及不存在外界电场或磁场的影响等)使用时,由于结构和制造工艺上的不完善而产生的仪表本身所固有的误差。例如:摩擦误差、倾斜误差、刻度误差等均属于基本误差范畴。

2. 附加误差

指仪表在非正常工作条件下(指环境温度改变、使用方式错误、有外磁场或外电场干扰等)使用时所产生的额外误差。

二、误差的几种表示形式

1. 绝对误差

指仪表的指示值 A_x 与被测量真值 A_0 之间的差值,用符号 Δ 表示。即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-3)$$

【例 1-1】 用甲、乙两只电压表测负载电压,其读数分别为 202V 和 199V,而用标准表测量时其读数为 200V,求甲、乙两表的绝对误差。

解 由式 (1-3) 得

$$\text{甲表的绝对误差} \quad \Delta_1 = A_{x1} - A_0 = 202 - 200 = +2V$$

$$\text{乙表的绝对误差} \quad \Delta_2 = A_{x2} - A_0 = 199 - 200 = -1V$$

计算结果表明,绝对误差的单位与被测量的单位相同,符号有正负之分。

工程上还经常用到更正值这个概念,所谓更正值是指被测量的真值与仪表的指示值之差,在数值上等于绝对误差的负值,用符号 C 表示。即

$$C = A_0 - A_x = -\Delta \quad (1-4)$$

引进更正值以后,可以对仪表指示值进行修正,以消除其误差,提高测量精度。

2. 相对误差

绝对误差能直观地反映仪表基本误差的大小,但不能反映仪表基本误差对测量结果究竟有多大的影响,也就是说,绝对误差反映不出仪表的基本误差在测量中占了多大的比例。这个问题不解决,测量不同大小的被测量时,就无法判断测量精度的高低。

【例 1-2】 有甲、乙两只电压表,用甲表测量 200V 电压时,绝对误差 $\Delta_1 = +2V$;用乙表测量 10V 电压时,绝对误差 $\Delta_2 = +0.5V$,判断哪只表的测量精度更高?

解 从绝对误差看,显然 $\Delta_1 > \Delta_2$,但绝不等于甲表的测量精度比乙表低。

相对误差是指仪表的绝对误差与被测量的真值 A_0 之比的百分数,用符号 γ 表示。即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1-5)$$

由于仪表的指示值 A_x 与被测量的真值 A_0 之间相差不大,所以工程上常用指示值近似地代替真值进行计算。即

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

下面计算 [例 1-2] 中仪表的相对误差。

甲表的相对误差

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{+2}{200} \times 100\% = +1\%$$

乙表的相对误差

$$\gamma_2 = \frac{0.5}{10} \times 100\% = +5\%$$

结果表明 $\gamma_2 > \gamma_1$ 。可见，第一只表虽然绝对误差较大，但对测量结果的影响却小，即相对误差小。

由于相对误差定量揭示了仪表的基本误差对测量结果的影响程度，所以工程上常用它来估算测量结果的准确度。

3. 引用误差

仪表的准确度通常用引用误差表示。因为一台仪表的准确度，决定于仪表本身的性能，如用绝对误差或相对误差表示，都有其不足之处。

【例 1-3】 有一台量程为 250V 的电压表，标尺刻度为 100 小格，由于摩擦产生的仪表基本误差均为 1 小格 (2.5V/div)，求测量 20V 和 200V 电压时相对误差各为多少？

解 测量 20V 电压时的相对误差

$$\gamma_1 = \frac{2.5}{20} \times 100\% = 12.5\%$$

测量 200V 电压时的相对误差

$$\gamma_2 = \frac{2.5}{200} \times 100\% = 1.25\%$$

可见，出现在标尺不同部位的相对误差各不相同，数值上甚至可以相差很大，所以，用相对误差是无法全面衡量一只仪表的准确程度的。

引用误差是指仪表的绝对误差 Δ 与仪表测量上限之比的百分数，用符号 γ_m 表示。即

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-7)$$

上式表明，引用误差实际也是相对误差，不同的仅是用 A_m 取代原有的 A_0 ，故又称其为测量上限的相对误差。

由于 A_m 和 Δ 都是由仪表本身性能所决定的参数，其中仪表的测量上限是个常数，仪表的绝对误差又大致相等，这样引用误差也基本上是个常数，所以可用它来较确切地表示仪表的准确程度。

三、仪表的准确度

仪表的准确度是用仪表的最大引用误差表示的，因为考虑到仪表各刻度位置上的绝对误差有一些小差别，为了能用引用误差概括仪表的基本误差全貌，就用最大绝对误差 Δ_m 与测量上限值 A_m 的百分比来表示仪表的准确度。即

$$\pm K\% = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 K ——仪表的准确度等级，它的百分数即表示仪表在正常的使用条件下最大引用误差的数值。仪表准确度越高，则最大引用误差越小，基本误差也就越小。

根据 GB 776—76《电气测量指示仪表通用技术条件》规定，电工指示仪表准确度等级

分为七级，即 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 级。它们所表示的基本误差见表 1-2。

表 1-2 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

仪表一般都在运行现场使用，有些场合是很难满足规定的技术条件的，此时带来的仪表的附加误差，在 GB 776 中有相应的规定。如 A 组 1.5 级指示仪表的正常工作温度为 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，温度每偏离 10°C ，所引起的附加误差用最大引用误差表示，也是 $\pm 1.5\%$ 。

【例 1-4】 现有两只电压表：表①量程 500V、1.0 级；表②量程 250V、1.5 级。试问用哪只表测量 220V 的电压较为准确？

解 两表可能出现的最大绝对误差和相对误差分别为

表① $\Delta_{m1} = \pm K\% \times A_{m1} = \pm 1.0\% \times 500 = \pm 5.0\text{V}$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta_{m1}}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 5}{220} \times 100\% \approx \pm 2.3\%$$

表② $\Delta_{m2} = \pm K\% \times A_{m2} = \pm 1.5\% \times 250 = \pm 3.75 \approx \pm 3.8\text{V}$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta_{m2}}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 3.8}{220} \times 100\% \approx \pm 1.7\%$$

故用 250V、1.5 级的电压表较为准确。

由此例可知，并不是仪表“准确度越高越好”，仪表的准确度高，一般来说误差是小的，但仪表的量程大了会增大误差。这好比秤重量较轻的物体要用小秤或天平，而不能用大秤来秤一样，否则可能无法秤或秤不准。因而选用仪表不仅要考虑仪表的准确度，还要选择合适的量程。为了保证测量结果的准确度，仪表的量程要尽量接近被测量，通常被测量应大于仪表量程的 1/2。在运行现场，应尽量保证发电机、变压器及其他电力设备在正常运行时，仪表指示在刻度尺量程的 2/3 以上，并应考虑过负荷时能有适当的指示。

第四节 常用的电工测量方法及误差

在电工测量的过程中，采用正确的测量方法关系到测量工作能否顺利进行及测量数据是否准确。根据测量任务的要求，采用的测量仪器仪表会有所不同，测量方法也就不同。常用的测量方法主要有以下几种。

一、直接测量法

直接测量法多用于工程技术方面的测量。直接测量是指测量结果可从一次测量的实验数据中得到。例如：用电流表直接测量电流；用电压表直接测量电压；用万用表直接测量电阻器的电阻等，都属于直接测量方法。直接测量法具有简便、读数迅速等优点，但是其准确度除受到仪表的基本误差的限制外，还由于仪表接入测量电路后，仪表的内阻引入测量电路中，使电路的工作状态发生了变化而降低。下面介绍用直接法测量电流、电压。

测量电流与电压时，使用直读式指示仪表即电流表或电压表进行测量，根据仪表的读数获取被测电流与电压。

测量时，电流表应与被测电路串联，使被测电流通过电流表；电压表则与被测电路并联，