

电工实用技术丛书



实用电工 测量技术

电工实用技术丛书

实用电工测量技术

陈惠群 陈俊民 主编

辽宁科学技术出版社
·沈阳·

内容简介

本书根据电工的职业特点,本着以素质为基础、能力为本位、实用为指导的原则,重视实践能力的培养,兼顾中等职业技术学校及社会各类人群的不同需求。在编写方式上,坚持理论与实践技能紧密结合,每章内容均以具体的电工测量实例,结合图文并茂的表现形式,使读者能够轻松自如地学习掌握系统的电工测量知识和实用测量技术。

全书分为十章,主要内容有:电工测量基础,直流电流、电压的测量,交流电流、电压的测量,指针式万用表,数字式万用表,电阻的测量,电功率的测量,电能的测量,转速和频率的测量,以及波形的产生与测量等。

本书可供工作在生产第一线的电工专业工程技术人员和生产工人使用,特别适用于职业学校和职工培训班作为电工专业教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

实用电工测量技术 / 陈惠群, 陈俊民主编. — 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2011.1

(电工实用技术丛书)

ISBN 978-7-5381-6716-0

I. ①实… II. ①陈… ②陈… III. ①电气测量 IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 205019 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳市北陵印刷厂有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 8.375

字 数: 194 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2011 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2011 年 1 月第 1 次印刷

责任编辑: 韩延本

封面设计: 杜 江

版式设计: 于 浪

责任校对: 徐 跃

书 号: ISBN 978-7-5381-6716-0

定 价: 16.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkjc@126.com

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/6716

编 委 会

主 编 陈惠群 陈俊民

副主编 郭 贇 杨 杰 耿 建

参 编 王宇飞 周幼强 蒲登山 杨 军

目 录

第一章 电工测量基础	1
第一节 电工仪表的分类	1
一、指示类仪表	1
二、比较式仪表	3
三、数字式仪表	4
四、智能式仪表	4
第二节 电工仪表的标志和型号	5
一、电工仪表标志的识别	5
二、电工指示仪表型号的识别	9
第三节 电工仪表的技术要求	11
一、要有合适的准确度	11
二、要有合适的灵敏度	11
三、要有良好的读数装置和阻尼装置	12
四、要有足够的绝缘强度	12
五、仪表本身消耗功率	13
第二章 直流电压、电流的测量	14
第一节 直流电压、电流的测量	14
一、直流电压的测量	14
二、直流电流的测量	15
第二节 电工指示仪表的结构	18
一、电工指示仪表的组成	18
二、测量机构的主要装置	20
第三节 直流电流表和电压表	24
一、磁电系测量机构	25
二、直流电流表	29

三、直流电压表	31
第四节 常用电工测量方法	34
一、直接测量法	34
二、间接测量法	35
三、比较测量法	35
第五节 测量误差及消除方法	36
一、系统误差	36
二、偶然误差	37
三、疏失误差	38
第三章 交流电压电流的测量	39
第一节 交流电压、电流的测量	39
一、交流电压的测量	39
二、交流电流的测量	41
第二节 电磁系测量机构	44
一、电磁系测量机构的结构及工作原理	44
二、电磁系仪表的特点	48
第三节 整流系测量机构	49
第四节 交流电流表和交流电压表	52
一、电磁系交流电流表	52
二、整流系交流电流表	53
三、电磁系交流电压表	54
四、整流系交流电压表	54
第五节 测量用互感器	55
一、测量用互感器的用途	55
二、电压互感器	56
三、电流互感器	60
第六节 钳形电流表	63
一、钳形电流表的使用方法	63
二、钳形电流表的构造及工作原理	66

第四章 指针式万用表	68
第一节 指针式万用表的使用	68
一、MF47 型指针式万用表简介	68
二、指针式万用表的使用方法	70
第二节 指针式万用表的基本组成	82
一、测量机构（俗称“表头”）	82
二、测量线路	83
三、转换开关	83
第三节 指针式万用表基本原理	83
一、直流电流测量原理	84
二、直流电压测量原理	85
三、交流电压的测量原理	86
四、电阻测量原理	87
五、万用表常用保护措施	90
第五章 数字式万用表	92
第一节 数字式万用表的使用	92
一、VC9808 型数字式万用表面板简介	92
二、数字式万用表的使用方法	95
第二节 数字式万用表的基本组成	107
一、转换开关	108
二、测量线路	108
三、数字式电压基本表	108
第三节 数字式万用表基本原理	110
一、直流电压测量原理	111
二、交流电压测量原理	113
三、直流电流测量原理	115
四、电阻测量原理	116
五、晶体二极管测量原理	118
六、晶体三极管 h_{FE} 测量原理	119

第六章 电阻的测量	121
第一节 直流单臂电桥的使用	121
一、直流单臂电桥的使用	122
二、直流单臂电桥的结构及工作原理	127
第二节 绝缘电阻的测量	130
一、兆欧表的使用	131
二、兆欧表的结构及工作原理	137
第三节 接地电阻的测量	140
一、ZC-8 型接地电阻表的使用	140
二、接地电阻表的结构及工作原理	145
第七章 电功率的测量	148
第一节 单相功率表的使用	148
一、D26-W 型单相功率表简介	148
二、单相功率表的使用方法	149
第二节 三相有功功率的测量	155
一、一表法	155
二、两表法	156
三、三表法	158
四、三相有功功率表	159
第三节 三相无功功率的测量	161
一、一表跨相法	161
二、两表跨相法	162
三、三表跨相法	163
第四节 电动系功率表组成及原理	165
一、电动系测量机构	166
二、电动系功率表的组成及工作原理	170
三、功率表量程及扩大	172
第八章 电能的测量	176
第一节 单相电能表的使用	176

一、常见单相电能表简介	176
二、单相电能表的使用方法	179
第二节 三相有功电能表的使用	182
一、三相有功电能表简介	182
二、三相有功电能表的使用方法	185
第三节 感应系电能表的结构及基本原理	188
一、单相感应系电能表组成	189
二、感应系电能表基本原理	190
第四节 电子式电能表的结构及基本原理	194
一、单相电子式电能表	194
二、单相电子式预付费电能表	196
第五节 三相有功电能表的结构及基本原理	196
一、三相三线有功电能表	197
二、三相四线有功电能表结构及原理	198
三、三相有功电子电能表	198
四、电能表主要技术参数	200
第九章 转速和频率的测量	202
第一节 转速表的使用	202
一、LZ-30 型离心式转速表简介	202
二、离心式转速表的使用方法	203
三、数字式转速表使用方法	205
第二节 转速表的组成及工作原理	207
一、离心式转速表的组成及工作原理	207
二、光电式转速表的组成及工作原理	208
第三节 数字式频率表	213
一、数字式频率表的使用	214
二、数字式频率表的组成	214
三、数字式频率表的工作原理	215
第十章 波形的产生与测量	217

第一节 低频信号发生器的使用	217
一、XD2 型低频信号发生器简介	217
二、XD2 型低频信号发生器的使用方法	218
第二节 低频信号发生器的组成及原理	219
第三节 双踪示波器的使用方法	222
一、XC4320 双踪示波器的面板说明	222
二、双踪示波器的使用方法	224
三、电压的测量方法	227
四、时间和周期的测量方法	228
第四节 双踪示波器的组成及原理	234
一、双踪示波器的组成	235
二、双踪示波器的附加装置	238
三、双踪示波器工作原理	239
第五节 晶体管特性图示仪	243
一、XJ4810 型晶体管特性图示仪简介	243
二、晶体管特性图示仪的使用方法	248
三、晶体管特性图示仪的组成及原理	255

第一章 电工测量基础

测量各种电量及电路参数的仪器仪表统称为电工仪表，电工测量的对象主要有电流、电压、电阻、电功率、电能、频率、功率因数、转速等参数。

在学习电工仪表之前，我们先来简单介绍常用电工仪表的分类方法、电工仪表的标志和型号，以及电工仪表的主要技术要求，以便为今后的学习打下牢固的基础。

第一节 电工仪表的分类

实际生产中使用的电工仪表种类繁多，规格各异，是一个名副其实的大家族。常用的电工仪表主要可以分为四大类：指示类仪表、比较式仪表、数字式仪表和智能式仪表。

一、指示类仪表

这类仪表的主要特征是，可以把被测的电量转换成仪表指针的机械偏转角，我们可以根据指针偏转的大小来确定被测电量的大小。因此，这类仪表又可称为指针式仪表。图 1-1 给出了两种常见的指示类仪表，你都见过吗？你能够总结出它们在面板上有哪些相同之处吗？

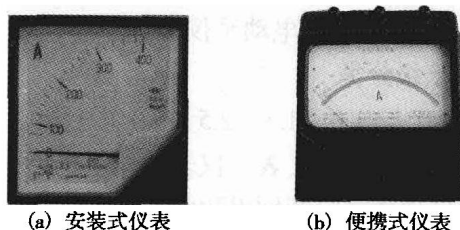


图 1-1 常见指示类仪表

指示类仪表是最古老，同时也是应用最广泛的电工仪表之一，至今已有近 200 年的历史。这类仪表具有品种齐全、价格适中、使用范围广等优点。我们现在使用的大多数万用表和交直流电流表、电压表都属于这类仪表。

由于指示类仪表规格品种很多，为使用 and 选择方便，根据仪表的工作原理不同、准确度不同以及使用条件和使用场合不同，又有以下几种分类方法。

1. 按工作原理不同分类

主要有磁电系仪表、电磁系仪表、电动系仪表和感应系仪表四大类。

磁电系仪表是根据通电导体在磁场中受力的原理制成的，几乎所有的直流电流表、电压表以及万用表等都属于磁电系仪表，应用极其广泛。

电磁系仪表是根据铁磁物质在磁场中被磁化后产生电磁吸引力（或排斥力）的原理制成的。目前，在工厂配电柜上使用的一些交流电流表、电压表还有使用这类仪表的。

电动系仪表是根据两个通电线圈之间产生电磁力的原理制成的，许多指示类功率表都采用这类仪表。另外，它还能制成准确度较高、交直流两用的电流表和电压表。

感应系仪表是根据交变磁场中的导体产生感应涡流，再与磁场相互作用而产生电磁力的原理制成的，现在许多交流电能表都使用感应系仪表。

此外，实际生产中常见的还有整流系仪表（专门用于测量交流电流和交流电压）、铁磁电动系仪表等。

2. 按准确度等级分类

有 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 共七级。一般情况下，准确度等级的数字越小，表示仪表的误差越小，准确度等级也越高，价格也越高。应特别提醒的是，实际使用中并不是仪表的准确度越高越好。因为准确度越高的仪表，价格也越

高；同时，准确度高的仪表测量出来的结果也并不一定准确，它还与仪表量程的选择、测量方法的选择等因素有关。对于刚入门的电工来说，选择一块准确度 2.5 级或 5.0 级的仪表就足够用了。

3. 按使用条件分类

有 A、B、C 三组类型的仪表。A 组仪表适用于环境温度 为 $0 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 的场合；B 组仪表适用于 $-20 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 的场合；C 组仪表适用于 $-40 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 的场合。它们的相对湿度条件均为 85% 范围内。如在地球南极使用 A 组仪表，将会因为环境温度太低而引起很大的误差。

知识拓展

安装式和便携式仪表

按使用场合不同，电工仪表又可分为安装式和便携式两种。安装式仪表是固定安装在配电柜或电气设备面板上的仪表，又称面板式仪表。其准确度一般不太高，但已经完全能够满足实际测量的需要，价格也较低，因此，广泛应用于发电厂、配电所的变配电柜上作为运行监视和测量使用。便携式仪表是指能够方便携带的仪表，其准确度一般较高，价格也较安装式仪表偏高，广泛应用于实验室、电气维修、电气试验、精密测量及仪表检定中。平时我们使用较多的是便携式电工仪表。

二、比较式仪表

比较式仪表的特征是在测量过程中，通过被测量与同类标准量进行比较，再根据比较结果才能确定被测量的大小。好比天平称量重物时必须有砝码参与的道理，比较式仪表中一般也存在同类的标准量。实际中用于精密测量电阻的直流电桥就属于典型的比较式仪表，其外形见图 1-2。直流电桥又可分为直

流单臂电桥、直流双臂电桥和直流单双臂电桥等几种。虽然比较仪表的测量结果比较精确，但是操作起来却比较麻烦，价格也偏高，一般仅适合于需要精密测量的场合，这点要特别注意。

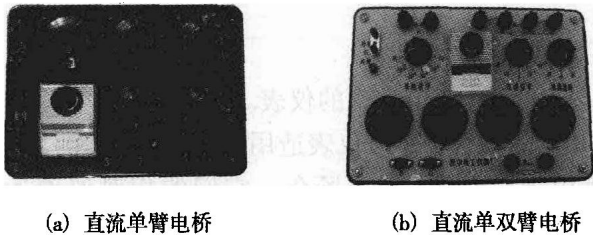


图 1-2 比较式仪表

三、数字式仪表

数字式仪表的特征是采用先进的数字测量技术，并以数码的形式在屏幕上直接显示出被测量的数值。数字式仪表的种类很多，常用的有数字式电压表、数字式万用表、数字式频率表以及数字式电能表等。常见的数字式万用表和数字式频率表的外形见图 1-3。数字式仪表具有测量方便快捷、准确度较高、读数方便等优点，已在一定程度上有取代传统指示类仪表的趋势，但是价格偏高。



图 1-3 数字式仪表

四、智能式仪表

智能式仪表主要是指内部装有微处理器或微型计算机的仪

器，属于目前最先进的电工仪表。这种仪表利用微处理器的控制和计算功能，可实现程控、记忆、自动校正、自诊断故障、数据处理和分析运算等功能，因此，这种微机化的仪表又称为智能式仪表。数字式存储示波器就属于智能式仪表，其外形如图 1-4 所示。它不但能像普通示波器一样直观地显示被测波形的形状，同时还能将测量的结果以数字形式直接显示在屏幕上，使用起来十分方便快捷，但是价格也偏高。

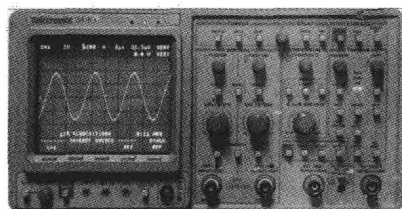


图 1-4 数字式存储示波器

第二节 电工仪表的标志和型号

如图 1-5 所示为一电流表的面板，在其下方标有一些文字和图形符号，你知道它们所表示的含义吗？这就是本节要讨论的电工仪表的标志和型号。

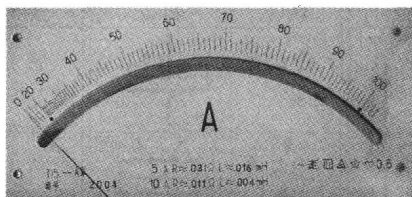


图 1-5 仪表面板上的标志和型号

一、电工仪表标志的识别

不同的电工仪表具有不同的技术特性，为了便于大家选择和正确使用仪表，通常采用不同的图形符号来表示这些

技术特性，并标注在仪表面板的显著位置上，这些图形符号就叫做仪表的标志。常用的电工仪表标志及其含义见表 1-1。

表 1-1 电工仪表的标志

1. 常用测量单位符号								
物理量	名称	符号	物理量	名称	符号	物理量	名称	符号
电流	千安	kA	功率	瓦特	W	电阻	毫欧	mΩ
	安培	A	无功功率	兆乏	Mvar	相位	相位角	φ
	毫安	mA		千乏	kvar	功率因数	功率因数	cosφ
	微安	μA		乏尔	var	无功功率因数	无功功率因数	sinφ
电压	千伏	kV	频率	兆赫	MHz	电容	法拉	F
	伏	V		千赫	kHz		微法	μF
	毫伏	mV		赫兹	Hz		皮法	pF
	微伏	μV	电阻	兆欧	MΩ	电感	亨	H
功率	兆瓦	MW		千欧	kΩ		毫亨	mH
	千瓦	kW		欧姆	Ω		微亨	μH

2. 仪表工作原理的图形符号

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)	

续表

3. 准确度等级的符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号
以标度尺的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. 仪表端钮及调零器的符号

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			

5. 仪表工作位置的符号

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角度,例如 60°	