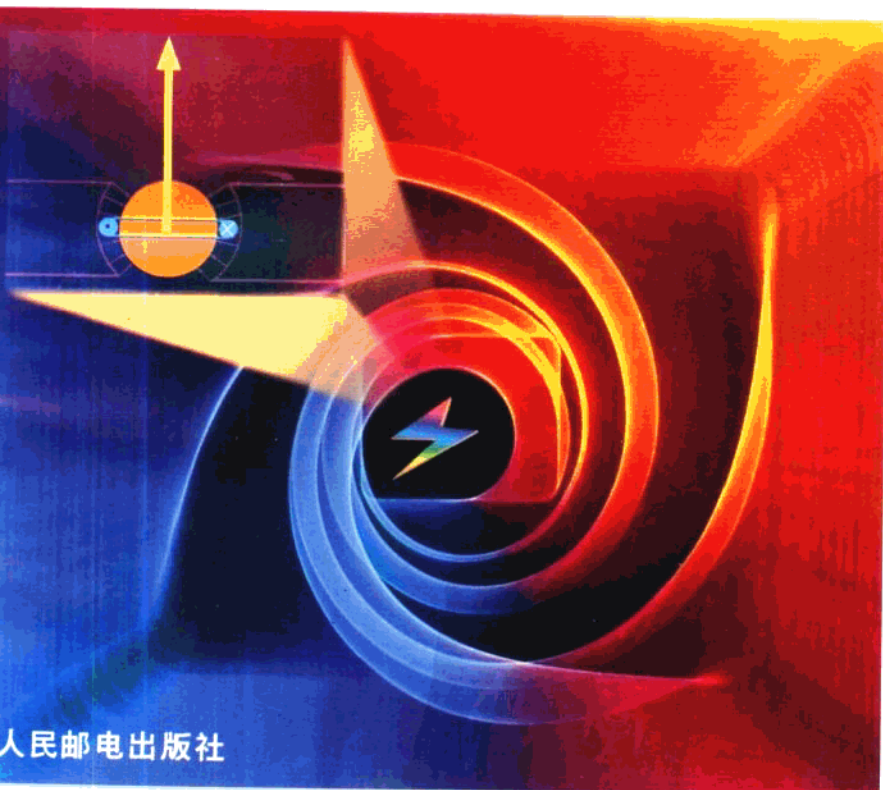


常用电工仪表

常绪滨 常大军 编著 王英杰 审校

实用电工丛书



人民邮电出版社

实用电工丛书

常用电工仪表

常绪滨 常大军 编著

王英杰 审校

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书首先简单论述了常用电工仪表的一些基本概念,随后较为详细地介绍了各种仪表的结构、工作原理及使用方法,其中包括:电流表、电压表、钳形电流表、功率表、电度表、功率因数表、兆欧表、电桥和万用表等等。为了便于读者对所用仪表进行维修,在书末的附录中还以表格的形式列出了各种仪表的常见故障现象以及其产生原因和部位。

本书特点是文字简练,通俗易懂,注重实用。可供具有初中文化水平的工矿企业和农村电工阅读。

实用电工丛书

常用电工仪表

Changyong Diangong Yibiao

◆ 编 著 常绪滨 常大军

审 校 王英杰

责任编辑 唐素荣

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本:787×1092 1/32

印张:7

字数:155 千字

1996 年 7 月第 1 版

印数:19 001 - 27 000 册

1998 年 12 月北京第 3 次印刷

ISBN 7-115-06049-5/TN·1048

定价:8.00 元

《实用电工丛书》编委会

主 任： 牛田佳

副 主 任： 李树岭

编 委：	王如桂	王英杰	王锡江
	王霁宗	孙中臣	张国峰
	任致程	宋东生	陈有卿
	陈国华	郑凤翼	

《实用电工丛书》前言

电广泛应用在社会生活的各个领域。在广大城乡、在各行各业,形成了庞大的电工人员队伍。

为了普及电工知识,帮助广大电工人员,特别是初级电工人员学习电工的基本理论知识,掌握科学、规范的电气操作技术,提高操作技能水平,我们组织编写了这套《实用电工丛书》。参加编写工作的都是长期从事电气技术工作和培训工作的专业人员,实践经验丰富。这套书有的针对某一行业、某一项电气操作技术,有的针对某一种常用电气设备,详细介绍了有关的电工知识,电气操作技能和要求,以及大量实际经验和线路等。内容力求切合实际,突出实用性,并采用深入浅出、图文并茂的叙述方法,做到篇幅适中,文字精练,通俗易懂,让读者学习以后,可以迅速应用到实际工作中去,达到立竿见影的效果。本丛书适合初中以上文化程度的工矿企业和农村电工阅读,也可作各类电工培训班的教材使用。

衷心希望广大从事电气工作的专家、学者、工作人员对丛书提出宝贵意见,以便于我们改进出版工作,更好地为读者服务。

《实用电工丛书》编委会

目 录

第一章 概述	1
1.1 电工仪表的用途和电工测量的意义	1
1.2 常用电工仪表的分类、型号和表面标记	2
1.2.1 电工仪表的分类	2
1.2.2 电工仪表的型号	6
1.2.3 电工仪表的表面标记	9
1.3 常用电工仪表的结构和工作原理	13
1.3.1 磁电系仪表的结构和工作原理	13
1.3.2 电磁系仪表的结构和工作原理	18
1.3.3 电动系仪表的结构和工作原理	21
1.3.4 感应系仪表的结构和工作原理	25
1.4 测量误差和仪表误差	30
1.4.1 测量误差及消除方法	30
1.4.2 仪表误差及其表达形式	33
1.5 常用电工仪表的选择	36
1.5.1 仪表类型的选择	36
1.5.2 仪表准确度的选择	37
1.5.3 仪表量程的选择	38
1.5.4 仪表内阻的选择	39
1.5.5 仪表工作条件的选择	41
1.5.6 仪表绝缘强度的选择	41
第二章 电流表、电压表和钳形电流表	44
2.1 直流电流表	44
2.1.1 单量程直流电流表	45

2.1.2	多量程直流电流表	49
2.2	直流电压表	51
2.2.1	单量程直流电压表	52
2.2.2	多量程直流电压表	55
2.3	交流电流表	58
2.3.1	常用的几种交流电流表	58
2.3.2	电流互感器的结构、原理和使用	60
2.4	交流电压表	73
2.4.1	常用的几种交流电压表	73
2.4.2	电压互感器的结构、原理和使用	75
2.5	钳形电流表	91
2.5.1	钳形电流表的结构和工作原理	91
2.5.2	钳形电流表的正确使用	93
第三章	功率表、电度表和功率因数表	95
3.1	单相功率表	95
3.1.1	单相功率表的结构和工作原理	95
3.1.2	单相功率表的量程和接线方式	97
3.1.3	用单相功率表测量三相功率	103
3.2	三相功率表	105
3.2.1	三相功率表的结构和工作原理	105
3.2.2	常用的几种三相功率表	108
3.2.3	三相功率表经仪用互感器接线方法	109
3.3	单相电度表	110
3.3.1	单相电度表的结构和工作原理	110
3.3.2	单相电度表的接线方式和主要技术性能	118
3.3.3	用单相电度表测量三相电能	125
3.4	三相电度表	126
3.4.1	三相有功电度表的结构和工作原理	126
3.4.2	三相无功电度表的结构和工作原理	129

3.4.3	三相电度表的接线方式	133
3.5	功率因数表	137
3.5.1	功率因数表的结构和工作原理	138
3.5.2	常用的几种功率因数表	141
第四章	兆欧表、接地电阻表、电桥和万用表	143
4.1	兆欧表	143
4.1.1	兆欧表的结构和工作原理	144
4.1.2	兆欧表的选择和使用方法	147
4.2	接地电阻表	157
4.2.1	接地电阻表的结构和工作原理	159
4.2.2	接地电阻表的使用方法	163
4.3	直流单臂电桥	168
4.3.1	直流单臂电桥的工作原理	169
4.3.2	直流单臂电桥的使用方法	170
4.4	直流双臂电桥	174
4.4.1	直流双臂电桥的工作原理	174
4.4.2	直流双臂电桥的使用方法	178
4.5	万用表	178
4.5.1	万用表的结构和工作原理	179
4.5.2	万用表的使用方法和注意事项	190
附表1	电工仪表产品型号类组表	193
附表2	磁电系仪表常见故障及原因	195
附表3	电磁系仪表特有的故障及消除方法	197
附表4	电动系仪表常见故障及其消除方法	198
附表5	兆欧表常见故障及排除方法	201
附表6	万用表故障及其原因	206
附表7	常用万用表的技术数据	208

第一章 概 述

1.1 电工仪表的用途和电工测量的意义

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,我们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或线路的负荷变化情况;通过电度表来计量用电设备或线路消耗电能的多少;通过功率因数表的指示掌握变压器或发电机等设备的出力情况,等等。

电工测量的对象主要包括对反映电和磁特征的物理量,如电压(U)、电流(I)、功率(P)以及磁感应强度(B)等的测量;反映电路特征的物理量,如电阻(R)、电容(C)、电感(L)等的测量;反映电和磁变化的非电量,如相位(φ)、频率(f)、功率因数($\cos\varphi$)等的测量。以上所说的各种电量、磁量及电参量,无论在电能的生产,还是在电能的输送、变配电和使用过程中,都必须通过各种电工仪表对其电能的质量、负荷的运行情况加以监视,才能达到供电的安全、可靠和经济运行的效果。因此,电力系统的正常运行离不开电工测量;在日常的电气安装、维修和电气试验工作中,也同样离不开对各种电量的测量,可见,电工测量具有十分重要的意义。

正确使用电工仪表及掌握电工测量技术是每个从事电工专业的技术人员必不可少的技能。凡是进行电量、磁量及电参量测量时所需的仪器仪表,统称为电工仪表。所谓电工测量,就是将

被测的电量或磁量与同类标准量进行比较的过程。

电工测量的方法,一般可分为直读法和比较法两类。直读法测量是通过指示仪表直接读取被测电量的值。例如用电压表测量电压,用电流表测量电流等。直读法从表面上看似乎没与标准量进行直接比较,但由于直读法中使用的指示仪表在生产制造和校正过程中必须借助于标准仪表,因此,在直读法中,被测量和标准量的比较是间接进行的。显然,直读法具有简单易行、迅速方便等优点。

比较法测量是将被测量和标准量在较量仪器中进行比较,以确定被测量的值。例如用电桥测量直流电阻等。因此,用比较法测量的准确度较高,但测量时操作比较复杂,测量速度也比较慢。

1.2 常用电工仪表的分类、型号和表面标记

1.2.1 电工仪表的分类

1. 电工仪表的分类

电工仪表的种类繁多,分类方法也各有不同,按照它们的结构和用途等方面的特性,可分为以下几大类:

(1) 指示仪表

指示仪表是直读法仪表,由于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。各种交流和直流电压表、电流表以及万用表等,大多为指示仪表。

(2) 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,如电度表就是用来积算电能的一种积算仪表。

(3) 较量仪器

较量仪器是用比较法来进行测量的仪器。它又分为直流仪器和交流仪器两种类型。电桥和电位差计是较量仪器中最为常用的仪器。

(4) 记录仪表和示波器

记录仪表是把被测量与另一变量的函数变化关系连续记录下来的仪表。如 $x-y$ 记录仪等。

示波器是用来观察和记录变化迅速的被测量的仪器。常见的有光线示波器及电子示波器两种类型。

(5) 数字仪表

数字仪表是采用逻辑电路,用数码显示被测量的仪表。由于它灵敏度高、测量速度快、显示清晰直观、操作方便、抗干扰能力强等优点,近年来发展很快,种类也越来越多。常见的有数字电压表、数字频率表、数字万用表等。

(6) 测磁仪器

用于测量基本磁量及磁性材料特性的仪器,统称为测磁仪器。

(7) 扩大量限装置

扩大量限装置是用来扩大电工仪表测量范围的装置。它们包括分流器、附加电阻、测量用互感器等。

(8) 校验装置

按一定测量方法和电路,将一些标准仪表、度量器和附属设备组合而成的整体称为校验装置。它用以对常用电工仪表等的校验,主要有指示仪表校验装置、电度表校验装置等。

2. 指示仪表的分类

(1) 按仪表的工作原理分类

主要有以下几种:磁电系、电磁系、电动系、感应系、静电系、

电子系和整流系等。

(2) 按仪表的测量对象分类

根据测量对象的不同可分为电压表、电流表、功率表、频率表等。

(3) 按仪表的工作电流分类

根据仪表工作电流的种类可分为直流仪表、交流仪表和交流两用仪表。

(4) 按仪表的准确度等级分类

根据我国国家标准 GB776—76《电测量指示仪表通用技术条件》的规定,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。我国旧标准中准确度的最后一级为 4.0 级,所以现有仪表产品中 5.0 和 4.0 级都有。

(5) 按仪表的使用方式分类

指示仪表按其使用方式可分为安装式仪表和可携式仪表。安装式仪表通常是固定安装在开关板或电气装置屏(柜)的面板上,其准确度等级较低,但一般过载能力较强,造价较低;可携式仪表便于携带,使用方便,一般可在室内、室外多种场所使用,其准确度较高,但过载能力较差,造价较高。

(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。五个组别的使用环境条件如表 1-1 所示。

表 1-1

仪表的使用条件分类表

环境条件 参 数		分类组别		A 组	A ₁ 组	B 组	B ₁ 组	C 组
工 作 条 件	温 度	0~+40°C		-20~+50°C		-40~+60°C		-40~+60°C
	相对湿度 (当时温度)	95% (+25°C)	85% (+25°C)	95% (+25°C)	85% (+25°C)	95% (+25°C)	85% (+25°C)	95% (+25°C)
	霉菌、昆虫	有	没有	有	没有	有	没有	有
	盐 雾	没有	没有	①	没有	①	没有	①
	凝 露	有	没有	有	没有	有	没有	有
	尘 砂	有(轻微)	有(轻微)	有(轻微)	有(轻微)	有(轻微)	有(轻微)	有
最 恶 劣 条 件	温 度	-40~+60°C		-40~+60°C		-50~+60°C		-50~+60°C
	相对湿度 (当时温度)	95% (+35°C)	95% (+30°C)	95% (+35°C)	95% (+30°C)	95% (+60°C)	95% (+60°C)	95% (+60°C)
	霉菌、昆虫	有	没有	有	没有	有	没有	有
	盐 雾	有(在海运包装条件下)		有(在海运包装条件下)		有		有
	凝 露	有	没有	有	没有	有	没有	有
	尘 砂	有(在包装条件下)		有(在包装条件下)		有		有

① 订货方提出要求时应能耐受盐雾影响。

(7) 按仪表防御外界磁场或电场的性能分类

指示仪表按其防御外界磁场或电场的性能分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ四个等级。Ⅰ级仪表在外磁场或外电场的影响下,允许其指示值与实际值偏差不超过±0.5%;Ⅱ级仪表允许偏差±1.0%;Ⅲ级仪表允许偏差±2.5%;Ⅳ级仪表允许偏差±5.0%。

(8) 按仪表外壳的防护性能分类

可分为普通式、防尘式、防溅式、防水式、水密式、气密式、隔爆式七种。其中,普通式外壳结构应能保护仪表和附件的测量机构或工作部分不受脏物与昆虫等的侵害并防止机械损伤,外壳上允许有散热气孔;防尘式外壳应能防止灰尘进入外壳;防溅式外壳应能防止雨水溅入壳内;隔爆式外壳应能防止仪表内部产生火花扩展到壳外的空间去。

以上介绍的指示仪表的八种分类方法,通过不同的角度反映着仪表的技术性能。

1.2.2 电工仪表的型号

通过电工仪表的型号可以了解仪表的用途、作用及原理。电工仪表的型号是按国家标准制定的电工仪表型号编制法有关标准编制的。

1. 安装式指示仪表型号组成

安装式指示仪表型号组成,如图 1-1 所示。

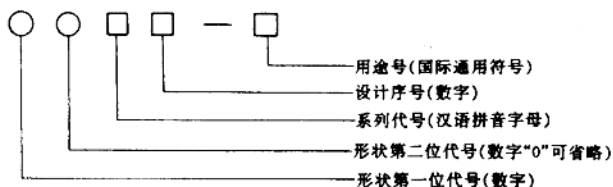


图 1-1 安装式仪表型号组成

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形状尺寸特征编制;系列代号按仪表工作原理类别编制;如磁电系代号为 C、电磁系代号为 T、电动系代号为 D、感应系代号为 G、静电系代号为 Q、电子系代号为 Z、整流系代号为 L 等;设计序号用数字表示;用途号为国际通用符号。

如 V 表示电压表, A 表示电流表等。表 1—2 为指示仪表外形代号及形状尺寸表。

安装式指示仪表的型号示例:

44C2—A 表示磁电系电流表。其中第一个 4 为形状第一位代号;第二个 4 为形状第二代号;C 表示磁电系电工仪表;2 为设计序号;A 表示电流表。

1T1—V 表示电磁系电压表。其中第一个 1 为形状第一位代号;形状第二位代号为 0,型号中略去不写;T 表示电磁系电工仪表;1 为设计序号;V 表示电压表。

2. 可携式仪表型号组成

由于可携式仪表不存在安装尺寸问题,所以将安装式仪表型号中的形状代号省略。其型号一般由类别代号、组别代号和设计序号组成。下面举几种常用的电工仪表为例加以说明。

MF—500 型万用表型号中,M 表示专用仪表;F 表示万用表;500 为设计序号。

MG—21 型钳形电流表型号中,M 表示专用仪表;G 表示钳形表;21 为设计序号。

ZC—7 型兆欧表型号中,Z 表示电阻度量;C 表示欧姆表;7 为设计序号。由于兆欧表同型号中,有不同的额定电压和测量范围,因此在选用或选购时应加以区分。

ZC—8 型接地电阻表型号中,Z 表示电阻度量;C 表示欧姆表;8 为设计序号。

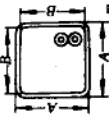
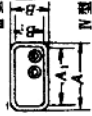
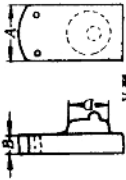
有关仪表的类别代号、组别代号等,请参阅附录表 1。

3. 电度表型号组成

电度表型号也是由类别代号、组别代号和设计序号组成。其型号中第一位字母均为 D,表示电度表(电能表);第二位字母:

表 1-2

外形形状及尺寸表

电表外形形状	形状第一位 代号 (按正面形状 最大尺寸)	形状第二位代号(按外形形状特征)									
		0	1	2	3	4	5	6	8	9	
 I 型  II 型  III 型  IV 型  V 型	1 150~200	160×160 —B×B Ⅲ型		160×130 —D Ⅱ型	160×160 —D Ⅰ型			160×80 —B×B Ⅳ型			
	2 200~400	240×240 —B×B Ⅲ型		240×200 —D Ⅱ型	240×240 —D Ⅰ型	240×120 —B×B ₁ Ⅳ型		200×160 —D Ⅱ型			
	3	320×320 —B×B Ⅲ型		320×260 —D Ⅱ型	320×320 —D Ⅰ型	320×160 —B×B ₁ Ⅳ型					
	4 100~120			120×120 —B×B Ⅲ型	120×40 —D V型	100×80 —D Ⅱ型	120×120 —D Ⅰ型	120×60 —B×B ₁ Ⅳ型	100×30 V型		
	5 120~150									120×100 —D Ⅱ型	
	6 80~100	80×80 —B×B Ⅲ型	80×60 —D Ⅱ型		80×80 —D Ⅰ型				80×25 V型		
	8 50~80	60×60 —B×B Ⅲ型				60×60 —D Ⅰ型		60×50 —D Ⅱ型	60×20 V型	50×16 V型	
	9 50及50以下	40×40 —B×B Ⅲ型	40×40 —D Ⅰ型	30×30 —D Ⅰ型	20×20 —D Ⅰ型	10×10 —D Ⅰ型	40×32.5 —D Ⅱ型	30×12 V型	40×14 V型	20×10 V型	

D 表示单相;T 表示三相四线;S 表示三相三线;X 表示无功。

1.2.3 电工仪表的表面标记

在电工仪表的刻度盘或面板上,通常用各种不同的符号来说明仪表的各种技术性能。按照国家标准规定,电工仪表的表面标记应包括:测量对象的单位、电源种类、仪表工作原理的系列类型、准确度等级、使用条件组别、工作位置、绝缘强度试验电压、仪表型号以及其它的各种额定值(如经电流互感器的电流表应标有电流互感器的变比数值)等。电工仪表的表面标记如表1-3所示。

表 1-3 电气测量指示仪表的符号

(1) 测量单位的符号			
名 称	符 号	名 称	符 号
千安	kA	安培	A
兆欧	MΩ	千欧	kΩ
毫安	mA	欧姆	Ω
微安	μA	毫欧	mΩ
千伏	kV	微欧	μΩ
伏特	V	相位角	φ
毫伏	mV	功率因数	cosφ
微伏	μV	无功功率因数	sinφ
兆瓦	MW	库伦	C
千瓦	kW	毫韦伯	mWb
瓦特	W	毫韦伯/米 ²	mT
兆乏	MVar	微法	μF
千乏	kVar	皮法	pF
乏尔	Var	亨	H
兆赫	MHz	毫亨	mH
千赫	kHz	微亨	μH
赫兹	Hz	摄氏温度	°C
太欧	TΩ		