

电工技术丛书

零起步巧学 巧用万用表

(第二版)

杨清德 胡 萍 主编



双色重点突出便于阅读
行文言简意赅更好理解
□诀朗朗上口易于记忆.....



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

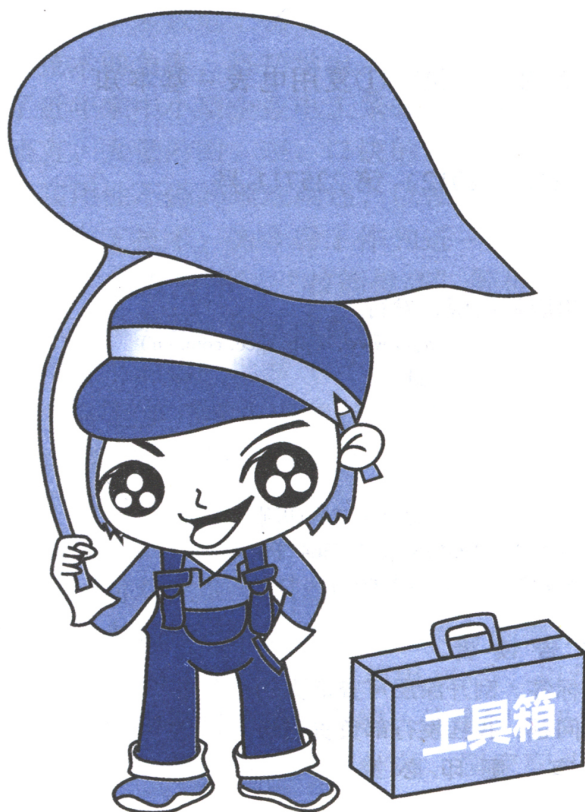
零起步巧学电工技术丛书

零起步巧学

巧用万用表

(第二版)

杨清德 胡 萍 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本丛书重点突出零起步的特点,在编写的过程中多用图、表加以辅助说明,突出体现了如何巧学、巧用,并在每部分之后总结实用口诀。丛书共7本,分别为《零起步巧学巧用万用表(第二版)》、《零起步巧学巧用电工工具(第二版)》、《零起步巧学电工识图(第二版)》、《零起步巧学低压电控系统(第二版)》、《零起步巧学电动机使用、维护与检修(第二版)》、《零起步巧学巧用变频器》和《零起步巧学巧用PLC》。

本书为丛书中的一本,全书共7章,主要内容包括电工仪表基础知识、指针式万用表的使用与维护、数字万用表的使用与维护、万用表检测常用元器件、巧用万用表、万用表的检修、如何选用万用表。

本书可作为培训教材。适合电工初学者阅读,也可供有一定经验的电工技术人员学习,还可供职业院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

零起步巧学巧用万用表 / 杨清德, 胡萍主编. —2版. —北京: 中国电力出版社, 2012.9

(零起步巧学电工技术丛书)

ISBN 978-7-5123-3531-8

I. ①零… II. ①杨…②胡… III. ①复用电表—基本知识 IV. ①TM938.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 225711 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009年4月第一版

2013年5月第二版 2013年5月北京第三次印刷

710毫米×980毫米 16开本 19.625印张 364千字

印数 6001—10000册 定价 42.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前言

Preface

基于当前大量农民工就业培训、职工转岗培训、毕业生上岗培训和有志青年自学成才都急需入门电工技术读物的需求，由中国电力出版社策划并组织一批专家、学者编写了“零起步巧学电工技术丛书”，包括《零起步巧学电工识图（第二版）》、《零起步巧学低压电控系统（第二版）》、《零起步巧学电动机使用、维护与检修（第二版）》、《零起步巧学巧用万用表（第二版）》、《零起步巧学巧用电工工具（第二版）》、《零起步巧学巧用 PLC》和《零起步巧学巧用变频器》，共 7 本。

电工技术是一门知识性、实践性和专业性都比较强的实用技术，其应用领域较广，各个行业及各个岗位涉及的技术各有侧重。为此，本套丛书在编写时充分考虑了多数电工初学者的个体情况，以一个无专业基础的人从零起步初学电工技术的角度，将初学电工的必备知识和技能进行归类、整理和提炼，并选择了近年来中小型企业电工紧缺岗位从业人员必备的几个技能侧重点，用通俗的语言，大量的图、表、口诀的形式来讲解，重点讲如何巧学、巧用，回避了一些实用性不强的理论阐述，以便让文化程度不高的读者通过直观、快捷的方式学好电工技术，为今后工作和进一步学习打下基础。本套丛书穿插了“知识链接”、“指点迷津”、“技能提高”等板块，以增加趣味性，提高可读性。每章后均设有思考题，留给读者较大的思维空间和探索空间。

本丛书的第一批书（《零起步巧学电工识图》、《零起步巧学低压电控系统》、《零起步巧学电动机使用、维护与检修》、《零起步巧学巧用万用表》和《零起步巧学巧用电工工具》）于 2009 年 4 月出版，由于特色鲜明、内容实用，而深受读者欢迎。2011 年，我们对上述 5 本书进行了大量修改（即现在与读者见面的第二版），书中增加了一些新技术方面的内容，删除了一些实用性不强的内容；同时对主要知识点、技能操作要点进行归纳提炼，增加了上百条口诀，以帮助读者理解记忆。根据部分读者的要求，本次又新编写了《零起步巧学巧用变频器》和《零起步巧学巧用 PLC》，以帮助读者更全面地掌握电工技术。

本丛书由杨清德担任主编，他是国家级重点职业学校的高级讲师、省（市）级骨干教师、维修电工高级技师、国家职业技能鉴定高级考评员、高级双师型

教师，从事职业技术教育二十余年，担任多家企业的技术顾问，具有丰富的教学经验和实践经验，发表文章四百余篇，出版专著四十余种。在杨清德的组织下，由杨清德、胡萍、杨卓荣、余明飞、康娅、黎平、成世兵、谭光明、胡大华等同志组成丛书编委会（谭光明主要负责资料收集和部分插图的计算机绘制），分工合作，编写了这套适合于电工初学者阅读的丛书。

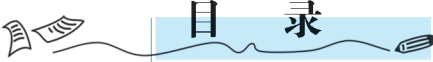
本书是其中的一本，由杨清德、胡萍主编。

万用表是电气设备安装、维护、检修等工作的“先行官”，正确使用万用表，学会维护和检修万用表，是每个电工必须掌握的基本技能。本书共7章，详细介绍了电工仪表基础知识、指针式万用表的使用与维护、数字万用表的使用与维护、万用表检测常用元器件、巧用万用表、万用表的检修和如何选用万用表等内容。本书涉及的万用表型号比较多，读者可根据自己的实际工作需要，选学书中的部分内容。

本书可作为电工培训教材，适合电工初学者阅读，也可供有一定经验的电工技术人员学习，还可供职业学校电类专业师生参考。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和错漏，敬请各位读者多提意见和建议，发至电子信箱 yqd611@163.com，我们再版时修改。

编 者



目录

Contents

前言

第1章 电工仪表基础知识	1
1.1 常用电工仪表的基本结构	1
1.1.1 面板	1
1.1.2 测量机构	1
1.1.3 测量电路	3
1.2 常用电工仪表的主要用途及种类	4
1.2.1 电工仪表的主要用途	4
1.2.2 常用电工仪表的分类	5
1.3 电工仪表盘面的常用标记	7
1.4 电工仪表的误差与精确度	11
1.4.1 电工仪表的误差	11
1.4.2 电工仪表的精确度	12
1.5 比较式电工仪表	13
1.5.1 直流单臂电桥	13
1.5.2 交流电桥	16
1.6 电工仪表的型号	16
1.6.1 安装式仪表型号组成	16
1.6.2 携带式仪表型号的编制规则	17
1.7 使用电工仪表的一般常识	18
1.7.1 电流表的使用	19
1.7.2 电压表的使用	22
1.7.3 钳形电流表的使用	23
1.7.4 绝缘电阻表	29
1.7.5 电工仪表的保养	37
思考题	37
第2章 指针式万用表的使用与维护	39
2.1 常用指针式万用表介绍	40

2.1.1	指针式万用表的类型	40
2.1.2	指针式万用表的结构	40
2.1.3	MF47 型万用表	44
2.1.4	MF50 型万用表	53
2.1.5	MF500 型万用表	55
2.2	如何使用指针式万用表	59
2.2.1	使用指针式万用表的基础知识	59
2.2.2	怎样用万用表测量电阻	67
2.2.3	用万用表测量交流电压	71
2.2.4	用万用表测量直流电压	73
2.2.5	用万用表测量直流电流	75
2.3	万用表的符号、测量范围及主要参数	78
2.3.1	万用表上的字母符号	78
2.3.2	MF47 型万用表表盘上几个符号的含义	79
2.3.3	MF47 型万用表的测量范围及其参数	80
2.4	指针式万用表的保养	80
	思考题	82
第 3 章	数字万用表的使用与维护	84
3.1	常用数字万用表介绍	85
3.1.1	数字万用表的基本组成	85
3.1.2	数字万用表的基本结构	86
3.1.3	数字万用表的分类	87
3.1.4	数字万用表的特点	88
3.2	如何使用数字式万用表	91
3.2.1	使用数字万用表的基础知识	91
3.2.2	用数字万用表测量电阻	97
3.2.3	用数字万用表测量直流电压	100
3.2.4	用数字万用表测量交流电压	101
3.2.5	用数字万用表测量直流电流	103
3.2.6	用数字万用表测交流电流	104
3.3	数字式万用表的保养	105
3.4	典型数字万用表使用技能	106
3.4.1	760B 数字万用表的使用	106
3.4.2	FT360 数字万用表	112

思考题	118
第4章 万用表检测常用元器件	119
4.1 用万用表检测二极管	119
4.1.1 普通二极管的检测	119
4.1.2 测稳压二极管	123
4.1.3 数字万用表测量二极管	126
4.2 用万用表测量三极管	127
4.2.1 用指针式万用表检测三极管	127
4.2.2 用数字式万用表检测三极管	135
4.3 用万用表检测电容器	140
4.3.1 指针式万用表检测电容器	140
4.3.2 用数字万用表检测电容器	143
4.4 万用表检测电感器	144
4.5 万用表检测场效应管	145
4.5.1 判定结型场效应晶体管的电极	145
4.5.2 估测结型场效应晶体管的放大能力	146
4.6 万用表检测晶闸管	147
4.6.1 万用表检测单向晶闸管	147
4.6.2 万用表检测双向晶闸管	149
4.7 万用表测试灵敏继电器	151
4.7.1 触点组别判别	151
4.7.2 衔铁工作情况判别	152
4.7.3 接触电阻测量	152
4.7.4 线圈电阻值测量	153
4.7.5 吸合电压和电流的测定	153
4.7.6 释放电压和电流的测定	153
4.8 万用表测试数码管	154
4.8.1 用二极管挡检测数码管	155
4.8.2 用 h_{FE} 挡检测数码管	158
4.9 万用表检测门电路	159
4.10 用万用表检测集成电路	161
4.11 万用表检测特殊电阻器	161
4.11.1 熔断器的检测	161
4.11.2 电位器的检测	162

4.11.3	热敏电阻的检测	165
4.11.4	压敏电阻的检测	166
4.11.5	光敏电阻的检测	166
4.12	用万用表检测 LED	168
4.13	万用表检测电声器件	169
4.13.1	万用表检测扬声器	169
4.13.2	万用表检测话筒	171
4.14	万用表检测特殊元器件	172
4.14.1	检测声表面波滤波器	172
4.14.2	检测石英晶振	173
4.14.3	检测单结晶体管	174
4.14.4	电源变压器的检测	176
4.14.5	特殊三极管的检测	178
	思考题	182
第5章	巧用万用表	183
5.1	利用直流电流挡测量交流电流	183
5.2	万用表一挡两用量程的使用	185
5.2.1	一挡两用量程介绍	185
5.2.2	一挡两用量程的使用	187
5.3	利用差值法测量电阻	187
5.4	万用表检测放大电路静态参数	188
5.5	万用表判断三极管振荡状态	193
5.6	万用表判别设备外壳漏电	194
5.7	巧用指针式万用表 LI 和 LV 刻度	195
5.8	数字万用表电池电压自测法	198
5.9	用数字万用表寻找电缆的断点	199
5.10	巧用数字万用表测电容器	200
5.10.1	用电阻挡检测电容器	200
5.10.2	用已有电容挡测小电容或大电容	200
5.10.3	用蜂鸣挡检测电解电容器	201
5.11	巧用二极管挡和 h_{FE} 挡判别三极管	202
5.12	用万用表测量电动机	202
5.12.1	万用表判别绕组首尾端	202
5.12.2	用万用表判断电动机的转速和极数	203

5.13 指针式万用表检测遥控器	204
思考题	205
第6章 万用表的检修	206
6.1 万用表假故障的处理	206
6.1.1 测试线的检查	206
6.1.2 接触不良的检查	207
6.1.3 量程复查	207
6.1.4 接线检查	207
6.1.5 被测件的原始状态观察	208
6.2 万用表的检修方法及步骤	208
6.2.1 指针式万用表的检修方法	208
6.2.2 数字式万用表的检修方法	211
6.2.3 指针式万用表检修步骤	213
6.2.4 数字式万用表检修步骤	214
6.3 数字式万用表的调试	214
6.3.1 数字式万用表的调试程序	214
6.3.2 数字式万用表的调试方法	215
6.4 指针式万用表常见故障检修	222
6.4.1 各个测量功能均无反应故障的检修	224
6.4.2 个别测试功能不能测量故障的检修	226
6.4.3 各个测量功能都能使用,但测出的各个数值都有很大 误差的检修	226
6.4.4 个别功能测量数值有误差故障的检修	227
6.4.5 综合性故障的检修	228
6.5 数字式万用表常见故障检修	232
6.5.1 数字式万用表检修注意事项	232
6.5.2 数字式万用表的常见故障检修	233
6.6 万用表检修实例	237
6.6.1 数字式万用表检修实例	237
6.6.2 指针式万用表检修实例	270
思考题	275
第7章 如何选用万用表	276
7.1 万用表的功能	276
7.1.1 概述	276

7.1.2	万用表的基本功能	277
7.1.3	万用表的派生功能	278
7.1.4	具有特殊功能的万用表	279
7.2	万用表的基本性能指标和技术术语	280
7.2.1	万用表的基本性能指标	280
7.2.2	万用表的基本技术术语	281
7.3	数字式万用表和指针式万用表的比较	281
7.4	指针式万用表的选用	283
7.4.1	准确度的选择	283
7.4.2	灵敏度的选择	284
7.4.3	电流挡内阻的选择	285
7.4.4	量程功能的选择	286
7.4.5	阻尼性能的选择	287
7.4.6	外观与操作方便性的选择	287
7.4.7	过载保护装置的选择	287
7.5	数字式万用表的选用	288
7.5.1	显示位数和准确度的选择	288
7.5.2	功能和测量范围的选择	289
7.5.3	种类的选择	289
7.5.4	测量方法和交流频响的选择	291
7.5.5	稳定性和安全性的选择	292
7.6	第三代万用表——视波表的选用	293
7.6.1	视波表介绍	293
7.6.2	视波表的使用	295
	思考题	298
	附录 常用万用表电路原理图	299
	参考文献	304



第 1 章

电工仪表基础知识

在电气线路和用电设备的安装、使用与维修过程中，常需要借助电工仪表对电气设备及元器件进行一些必要的检测。电工仪表对整个电气系统的检测、监视和控制等方面都起着十分重要的作用，本章主要介绍电工仪表的一些基础知识。



1.1 常用电工仪表的基本结构

常用电工仪表主要由面板、测量机构和测量电路（简单仪表无）等组成。

1.1.1 面板

常用电工仪表的面板如图 1-1 所示，面板主要由表头指针、刻度尺、机械调零旋钮、接线桩等组成。

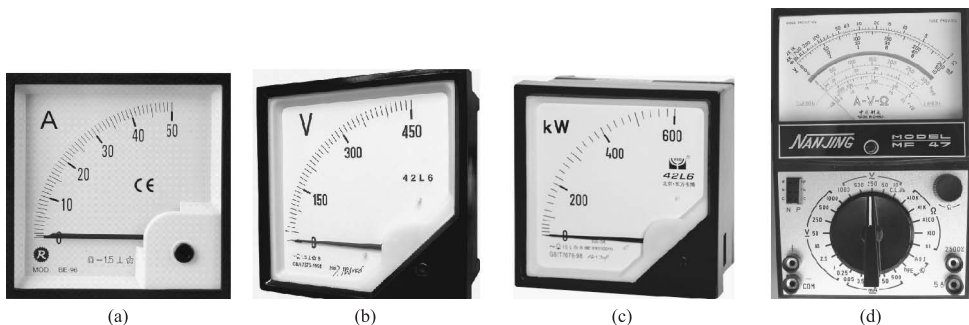


图 1-1 电工仪表的面板示例

(a) 电流表；(b) 电压表；(c) 功率表；(d) 万用表

1.1.2 测量机构

测量机构是指把它能接受的物理量变成活动部分的偏转或位移的机构。由驱动机构、控制装置、阻尼装置 3 部分组成。

驱动机构是产生转动力矩的装置，它由固定部分和活动部分组成，并能使



仪表活动部分发生偏转或位移。

控制装置是产生反作用力矩的装置。当它与转动力矩相平衡时，转动部分即停在平衡位置，指示出被测量的大小。反作用力矩一般是用游丝、张丝或吊丝的扭力来产生的。

阻尼装置用于产生合适的阻尼，使活动部分尽快停在应偏转的平衡位置。

根据仪表工作原理的不同分为磁电式测量机构、电磁式测量机构、电动式测量机构、静电式测量机构、感应式测量机构等，由此构成磁电式仪表、电磁式仪表、电动式仪表、静电式仪表、感应式仪表等。

下面简要介绍磁电式仪表、电磁式仪表和电动式仪表测量机构的工作原理。

1. 磁电式仪表

(1) 结构。磁电式仪表的测量机构如图 1-2 所示，主要由固定部分和可动部分组成。固定部分由永久磁铁、极靴和圆柱形铁芯构成。可动部分由绕制在铝框架上的可动线圈、转轴、指针、平衡重物、零位调节器及游丝构成。

(2) 工作原理。可动线圈在蹄形磁铁的内部，当被测电流通过线圈时，线圈受磁场力的作用产生电磁转矩而绕中心轴转动，中心轴带动指针偏转，指针偏转时又带动游丝

运动而发生弹性形变。当线圈偏转的电磁转矩与游丝形变的反作用力矩相平衡时，指针便停留在相应的位置，并在面板刻度标尺上指出被测数据。

(3) 作用。磁电式仪表具有准确度高、灵敏度高、刻度均匀等优点，常用于制成直流电流表和直流电压表。

2. 电磁式仪表

(1) 结构。电磁式仪表的测量机构如图 1-3 所示，主要由固定线圈和可动铁片组成，可动铁片与转轴固定在一起，转动轴由指针、游丝与零位调节器组成。

(2) 工作原理。当线圈内有被测电流通过时，线圈电流的磁场使两块铁片同时磁化，且获得同极性而互相排斥。固定铁片推动可动铁片运动，可动铁片通过传动轴带动指针偏转。被测量越大，指针偏转

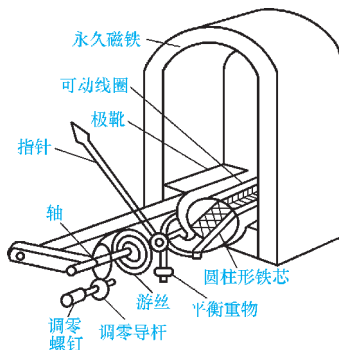


图 1-2 磁电式仪表测量机构

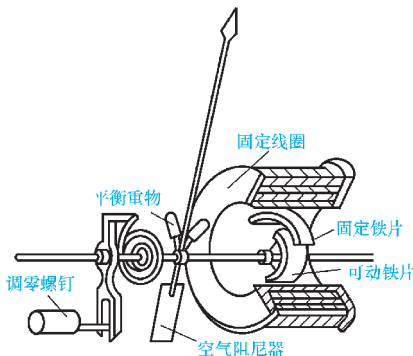


图 1-3 电磁式仪表测量机构

角度越大，当电磁偏转力矩与游丝形变的反作用力矩平衡时，指针停转，在面板上指出被测电流值。

(3) 作用。电磁式仪表具有结构简单牢固、稳定性好、过载能力强、成本较低、便于制造等优点，常用于制造交流电压表和交流电流表等指示性仪表。

3. 电动式仪表

(1) 结构。电动式仪表的测量机构如图 1-4 所示，主要由固定线圈、活动线圈、转轴、游丝等构成。

(2) 工作原理。当被测电流通过固定线圈和活动线圈时，在两线圈所在的空间中心区产生一均匀近似磁场，当电流流过活动线圈时，该线圈就在固定线圈形成的磁场作用下发生偏转，由于转轴上游丝恢复力矩的作用，使其最终停在平衡位置，由指针可读出被测量的数值。

(3) 作用。电动式仪表的线圈可以通过交直流电流，所以电动式仪表可以做成准确度高的交直流电压表和电流表，也可以做成功率表、相位表和频率表等。

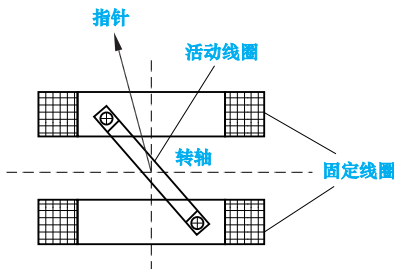


图 1-4 电动式仪表测量机构

1.1.3 测量电路

测量电路是指能把被测量（交、直流电压，电流，功率等）转换成测量机构所能接受的物理量和大小的组成部分。例如直流电压流表的分压电阻和直流电流表的分流电阻（见图 1-5），以及交流电表中的转换器等。

一个磁电式的测量机构，配接上适当的测量电路，就可以做成不同规格的磁电式电压表或电流表。

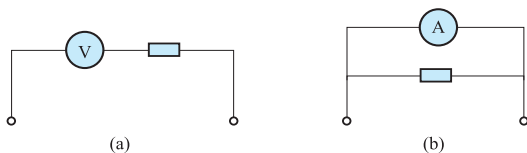


图 1-5 测量线路

(a) 电压表的分压电阻；(b) 电流表的分流电阻



【知识链接】

什么是表头

在电工仪表使用中，人们常常把不带其他附件的仪表测量机构称为表头，例如磁电系仪表表头。



如果要制成电压表或电流表，在表头的基础上还要相应增加一些其他的器件。



1.2 常用电工仪表的主要用途及种类

1.2.1 电工仪表的主要用途

电工仪表主要用于测量电路参数，如电压、电流、电能、电功率、电阻、电感、电容等，它在电气设备安全、经济、合理运行的监测与故障检修中起着十分重要的作用。电工仪表的结构性能及使用方法直接影响电工测量的精确度。因为工作需要，要求电工不仅能合理选用电工仪表，而且要了解常用电工仪表的基本工作原理，掌握其使用方法。

电工仪表种类繁多，用途各异，主要有电压表、电流表、电能表、频率表、功率表、功率因数表、相位表、欧姆表、绝缘电阻表、万用表、钳形电流表、电桥、电位差计、检流计、测磁仪表、记录仪表、电磁示波器等。利用电子技术还可制成各种数字式电表。主要电工仪表的用途见表 1-1。

表 1-1 主要电工仪表的用途

名 称	用 途	计量单位
电压表	测量电路中的电压	V
电流表	测量电路中的电流	A
电能表	计量电路或负载中电能的消耗	kWh
频率表	测量电网的频率	Hz
功率表	测量电气设备消耗的功率	kW
功率因数表	测量交流电路中电压与电流间相角差的余弦值 ($\cos\varphi$)	
欧姆表	测量电路或元器件的电阻值	Ω
绝缘电阻表	测量电气设备的绝缘电阻值	M Ω
万用表	实验室用多种参数测量仪表（电压、电流、电阻等测量用）	V, A, Ω
钳形电流表	测量电路中的交流电流	A
电桥	用比较法测量各种电学量	
电位差计	测量电动势或电压值	V

续表

名 称	用 途	计量单位
检流计	测量微小电流或作电桥、电位差计的指零指示	—
测磁仪表	测量磁场强度	—
记录仪表	测量并记录电路中的参数	—
电磁示波器	记录电量及经过转换成电量的非电量的变化过程	—
相位表	测量电路中电压或电流的相位用	—

1.2.2 常用电工仪表的分类

电工仪表的种类很多，其分类方法也很多，按显示方式可分为图示仪表、比较仪表、数字仪表和指示仪表 4 大类。

1. 图示仪表

图示仪表专门用来显示两个相关量的变化关系，如示波器。这种仪表直观效果好，一般只能作为粗测。常见的有模拟示波器和数字示波器两种类型，如图 1-6 所示。

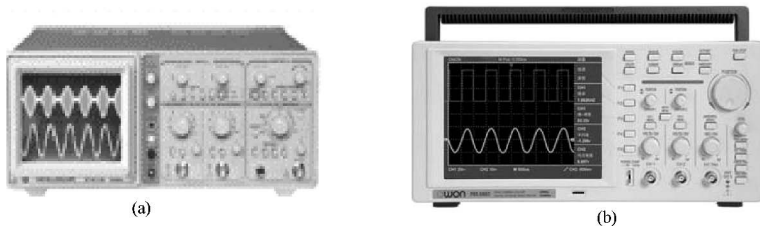


图 1-6 示波器

(a) 模拟示波器；(b) 数字示波器

2. 比较仪表

比较仪表是通过比较的方式来进行测量的仪器。如直流电桥，用来测量电阻；万用电桥（见图 1-7），用来测量电容、电感、电阻等。比较仪表往往用来精确测量一些电学量以及检验其他仪器或仪表。



图 1-7 万用电桥

3. 数字仪表

数字仪表可将被测的模拟量转换成为数字量,直接读出。它具有灵敏度高、测量速度快、显示清晰直观、操作方便等优点。近年来,各种数字式电工仪表发展很快,种类也越来越多。常见的有数字万用表、数字电容表、数字钳形表、数字功率表、数字电能表、数字电压表等,如图1-8所示。

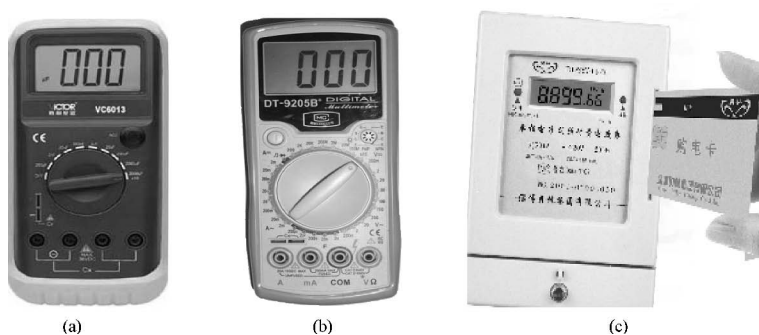


图1-8 数字仪表

(a) 数字电容表; (b) 数字万用表; (c) 预付费式数字电能表

4. 指示仪表

指示仪表是直读式仪表,测量时通过指针偏转,将要测量的电量直接读出,如指针式电压表、电流表、功率表、万用表等,如图1-9所示。

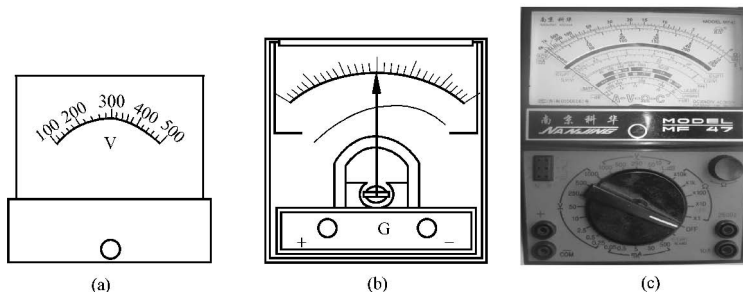


图1-9 指示仪表

(a) 电压表; (b) 检流计; (c) 指针式万用表

指示仪表应用广泛,其规格、品种繁多,现将指示仪表的常用分类方法进