

零起步巧学
电工技术丛书

零起步巧学

巧用万用表

杨清德 胡 萍 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

零起步巧学
电工技术丛书

零起步巧学

巧用万用表

杨清德 胡 萍 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

目前国家大力提倡农村剩余劳动力转移,工人技术培训急需系统和专业的指导用书。为满足广大电工初学者的需要,特编写本套丛书。本套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。本套丛书包括《零起步巧学电动机使用与维护与检修》、《零起步巧学巧用万用表》、《零起步巧学巧用电工工具》、《零起步巧学电工识图》、《零起步巧学低压电控系统》。

本书为《零起步巧学巧用万用表》分册。全书共分7章,具体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。

本书在编写的过程中,加入了易学易记的口诀,增加了趣味性和易读性。同时书中穿插了“知识链接”、“知识点拨”、“技能提高”等板块,还介绍了大量实例,具有较强的实用性。每章后均附有思考题。

本书通俗易懂,适合于电工、电子初学者阅读,可作为培训教材,也可供职业学校电工、电子专业师生参考,也可供有一定经验的电工技术人员参考。

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. —北京: 中国电力出版社, 2009

(零起步巧学电工技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8361 - 3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 005231 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.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 2009 年 4 月北京第一次印刷

880 毫米 × 1230 毫米 32 开本 10.875 印张 334 千字 1 插页

印数 0001—4000 册 定价 20.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

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、在职职工转岗就业、毕业生择业上岗和有志青年自学成才急需入门电工技术读物的需求,由中国电力出版社马淑范编辑策划并组织有关专家、学者编写了《零起步巧学电工技术》丛书。

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,多用图、表来讲解,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能通过直观、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。书中穿插了“知识链接”、“知识点拨”、“技能提高”等板块,以增加趣味性,提高可读性;每章之后设计了思考题,以留给读者较大的思维空间和探索空间。

本套丛书第一主编由杨清德担任,他是国家级重点职业学校的重庆市市级骨干教师、维修电工高级技师、国家职业技能鉴定高级考评员、工程师,发表文章四百余篇,出版专著十余本,是从事职业技术教育二十余年的专家和多家企业的技术顾问,具有丰富的教学经验和实践经验。在杨清德老师的组织下,由马淑范、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初学者阅读的丛书,包括《零起步巧学巧用万用表》、《零起步巧学巧用电工工具》、《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》等5本,以一个无专业基

础的人从零起步初学电工技术的角度编写，在编写的过程中多用图表来讲解，重点讲如何巧学、巧用。为帮助读者能尽可能多地获取近年来的电工技术新知识，本丛书在编写过程中，吸取了许多书籍的精华，借鉴了众多电气工作者的成功经验，在此向原作者表示真诚的感谢。

《零起步巧学巧用万用表》是本丛书中的一本。

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。本书由杨清德、胡萍主编，黎平、成世兵副主编，其中第1~3章由胡萍编写，第4~5章由黎平编写，第6章由杨清德编写，第7章由成世兵编写，由杨清德负责全书统稿和部分文字内容调整等工作。

本书通俗易懂，适合于电工、电子初学者阅读，可作为培训教材，也可供职业学校电工、电子专业师生参考，亦可供有一定经验的电工技术人员参考。

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，盼赐教至 yqd611@163.com，以期再版时修改。

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	2
1.1.3 测量电路	4
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	6
1.3 电工仪表盘面的常用标记	8
1.4 电工仪表的误差与精确度	12
1.4.1 电工仪表的误差	12
1.4.2 电工仪表的精确度	14
1.5 比较式电工仪表	15
1.5.1 直流单臂电桥	15
1.5.2 交流电桥	18
1.6 电工仪表的型号	18
1.6.1 安装式仪表型号组成	18
1.6.2 携带式仪表型号的编制规则	19
1.7 使用电工仪表的一般常识	20
1.7.1 电流表的使用	22
1.7.2 电压表的使用	24
1.7.3 钳形电流表的使用	26
1.7.4 绝缘电阻表	33
1.7.5 电工仪表的保养	42

思考题	43
第2章 指针式万用表的使用与维护	45
2.1 常用指针式万用表介绍	46
2.1.1 指针式万用表的类型	46
2.1.2 指针式万用表的结构	46
2.1.3 MF47 型万用表	51
2.1.4 MF50 型万用表	60
2.1.5 MF500 型万用表	63
2.2 如何使用指针式万用表	67
2.2.1 使用指针式万用表的基础知识	67
2.2.2 怎样用万用表测量电阻	77
2.2.3 用万用表测量交流电压	82
2.2.4 用万用表测量直流电压	84
2.2.5 用万用表测量直流电流	87
2.3 万用表的符号、测量范围及主要参数	89
2.3.1 万用表上的字母符号	89
2.3.2 MF47 型万用表表盘上几个符号的含义	91
2.3.3 MF47 型万用表的测量范围及其参数	91
2.4 指针式万用表的保养	92
思考题	95
第3章 数字万用表的使用与维护	96
3.1 常用数字万用表介绍	97
3.1.1 数字万用表的基本组成	97
3.1.2 数字万用表的基本结构	98
3.1.3 数字万用表的分类	99
3.1.4 数字万用表的特点	101
3.2 如何使用数字式万用表	105
3.2.1 使用数字万用表的基础知识	105
3.2.2 用数字万用表测量电阻	112

3.2.3	用数字万用表测量直流电压	113
3.2.4	用数字万用表测量交流电压	114
3.2.5	用数字万用表测量直流电流	115
3.2.6	用数字万用表测交流电流	116
3.3	数字式万用表的保养	116
	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	124
4.1.3	数字万用表测量二极管	127
4.2	用万用表测量三极管	128
4.2.1	用指针式万用表检测三极管	128
4.2.2	用数字式万用表检测三极管	137
4.3	用万用表检测电容器	142
4.3.1	指针式万用表检测电容器	142
4.3.2	用数字万用表检测电容器	146
4.4	万用表检测电感器	147
4.5	万用表检测场效应管	148
4.5.1	判定结型场效应晶体管的电极	149
4.5.2	估测结型场效应晶体管的放大能力	150
4.6	万用表检测晶闸管	150
4.6.1	万用表检测单向晶闸管	150
4.6.2	万用表检测双向晶闸管	153
4.7	万用表测试灵敏继电器	155
4.7.1	触点组别判别	155
4.7.2	衔铁工作情况判别	156
4.7.3	接触电阻测量	156
4.7.4	线圈电阻值测量	157
4.7.5	吸合电压和电流的测定	157

4.7.6 释放电压和电流的测定	158
4.8 万用表测试数码管	158
4.8.1 用二极管挡检测数码管	160
4.8.2 用 h_{FE} 挡检测数码管	163
4.9 万用表检测门电路	165
4.10 用万用表检测集成电路	165
4.11 万用表检测特殊电阻器	167
4.11.1 熔断电阻器的检测	167
4.11.2 电位器的检测	168
4.11.3 热敏电阻的检测	171
4.11.4 压敏电阻的检测	171
4.11.5 光敏电阻的检测	172
4.12 用万用表检测 LED	173
4.13 万用表检测电声器件	175
4.13.1 万用表检测扬声器	175
4.13.2 万用表检测话筒	177
4.14 万用表检测特殊元器件	178
4.14.1 检测声表面波滤波器	178
4.14.2 检测石英晶振	178
4.14.3 检测单结晶体管	179
4.14.4 电源变压器的检测	180
4.14.5 特殊三极管的检测	184
思考题	188
第5章 巧用万用表	190
5.1 利用直流电流挡测量交流电流	190
5.2 万用电表一挡两用量程的使用	192
5.2.1 一挡两用量程介绍	193
5.2.2 一挡两用量程的使用	194
5.3 利用差值法测量电阻	195
5.4 万用电表检测放大电路静态参数	197

5.5	万用表判断三极管振荡状态	202
5.6	万用表判别设备外壳漏电	203
5.7	巧用指针式万用表 LI 和 LV 刻度	205
5.8	数字万用表电池电压自测法	208
5.9	用数字万用表寻找电缆的断点	210
5.10	巧用数字万用表测电容器	210
5.10.1	用电阻挡检测电容器	210
5.10.2	用已有电容挡测小电容或大电容	211
5.10.3	用蜂鸣挡检测电解电容器	212
5.11	巧用二极管挡和 h_{FE} 挡判别三极管	213
5.12	用万用表测量电动机	214
5.12.1	万用表判别绕组首尾端	214
5.12.2	用万用表判断电动机的转速和极数	215
	思考题	216
	第6章 万用表的检修	217
6.1	万用表假故障的处理	217
6.1.1	测试线的检查	217
6.1.2	接触不良的检查	218
6.1.3	量程复查	219
6.1.4	接线检查	219
6.1.5	被测件的原始状态观察	219
6.2	万用表的检修方法及步骤	220
6.2.1	指针式万用表的检修方法	220
6.2.2	数字式万用表的检修方法	223
6.2.3	指针式万用表检修步骤	226
6.2.4	数字式万用表检修步骤	226
6.3	数字式万用表的调试	227
6.3.1	数字式万用表的调试程序	227
6.3.2	数字式万用表的调试方法	228
6.4	指针式万用表常见故障检修	236

6.4.1	各个测量功能均无反应故障的检修	238
6.4.2	个别测试功能不能测量故障的检修	241
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	242
6.4.4	个别功能测量数值有误差故障的检修	242
6.4.5	综合性故障的检修	243
6.5	数字式万用表常见故障检修	249
6.5.1	数字式万用表检修注意事项	249
6.5.2	数字式万用表的常见故障检修	250
6.6	万用表检修实例	254
6.6.1	数字式万用表检修实例	254
6.6.2	指针式万用表检修实例	294
	思考题	301

第7章 如何选用万用表 302

7.1	万用表的功能	302
7.1.1	概述	302
7.1.2	万用表的基本功能	303
7.1.3	万用表的派生功能	305
7.1.4	具有特殊功能的万用表	306
7.2	万用表的基本性能指标和技术术语	306
7.2.1	万用表的基本性能指标	306
7.2.2	万用表的基本技术术语	308
7.3	数字式万用表和指针式万用表的比较	309
7.4	指针式万用表的选用	310
7.4.1	准确度的选择	310
7.4.2	灵敏度的选择	311
7.4.3	电流挡内阻的选择	313
7.4.4	量程功能的选择	314
7.4.5	阻尼性能的选择	315
7.4.6	外观与操作方便性的选择	315

7.4.7 过载保护装置的选择	315
7.5 数字式万用表的选用	316
7.5.1 显示位数和准确度的选择	317
7.5.2 功能和测量范围的选择	317
7.5.3 种类的选择	318
7.5.4 测量方法和交流频响的选择	321
7.5.5 稳定性和安全性的选择	321
7.6 第三代万用表——视波表的选用	322
7.6.1 视波表介绍	322
7.6.2 视波表的使用	324
思考题	329
附录 常用万用表电路原理图	330
参考文献	335

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。

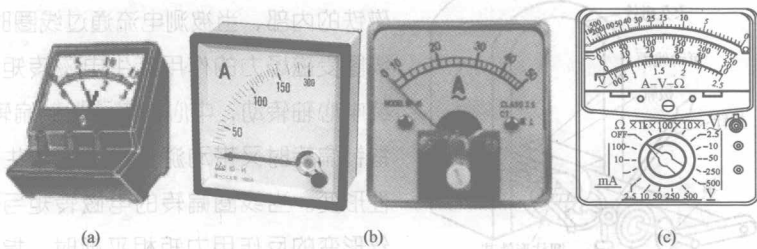


图1-1 常用电工仪表

(a) 直流表; (b) 交流表; (c) 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。

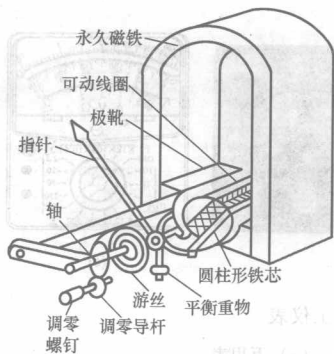


图 1-2 磁电式仪表测量机构

(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。

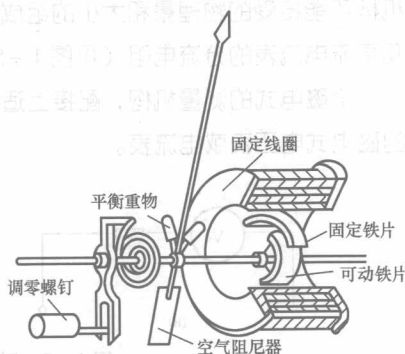


图 1-3 电磁式仪表测量机构

(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。

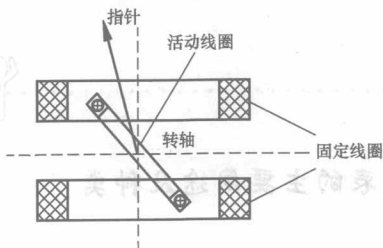


图 1-4 电动式仪表测量机构

。(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。

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

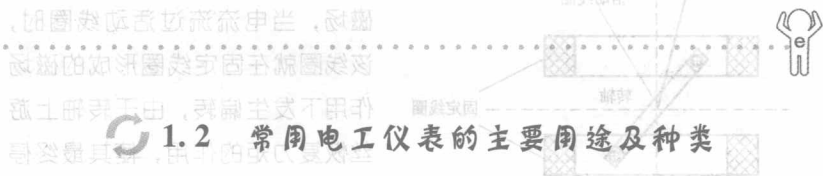


【知识链接】

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（又称兆欧表）、万用表、钳形电流表、电桥、电位差计、检流计、测磁仪器、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
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角	