



高等职业教育教改“十二五”规划教材



电工技术及实训

唐燕妮 黄志忠 戴卫军 主编
尚德政 主审



中国轻工业出版社

高等职业教育教改“十二五”规划教材

电工技术及实训

唐燕妮 黄志忠 戴卫军 主编
尚德政 主审

图书在版编目 (CIP) 数据

电工技术及实训/唐燕妮等主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2011. 7

高等职业教育教改“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5019-8235-6

I. ①电… II. ①唐… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 087718 号

责任编辑: 王 淳 张晓媛

策划编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计

版式设计: 宋振全 责任校对: 杨 琳 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 12. 75

字 数: 280 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-8235-6 定价: 24. 00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

100474J2X101ZBW

前 言

“电工技术及实训”是高职高专电子、楼宇、信息等工科专业的一门专业基础课程，是根据电类专业职业背景及维修电工职业要求，把训练项目和理论知识充分整合、序化后形成的一门课程，也是突出培养学生电工技术基础知识和维修电工操作技能的核心课程。

本书是基于工作过程系统化设计的项目化教材，共设计了四个学习情境。学习情境一为“汽车转向信号系统电路分析与实践”，学习情境二为“家居照明电气设计和安装”，学习情境三为“实训车间动力配电及设备维修”，学习情境四为“实训楼低压电气系统设计”。随着各个子情境中学习任务的开展，基础知识的学习由浅入深、专业技能的训练层层递进，各种工具和仪表得到充分使用，电工岗位需要的社会能力、知识、职业素养得到充分培训，从而使学生电工技能的训练更贴近岗位能力的要求。

本书由广东省河源职业技术学院唐燕妮（学习情境一、学习情境二）、黄志忠（学习情境三）、戴卫军（学习情境四）编写，黑龙江信息职业技术学院尚德政主审。在本书的编写过程中，编者得到了广东省河源职业技术学院各级领导和同事的大力支持与帮助，在此表示由衷的感谢。

由于编者的水平有限，书中的疏漏在所难免，热忱欢迎读者对本书提出批评与建议。

编 者

2011 年 4 月

目 录

学习情境一 汽车转向信号系统电路分析与实践	1
子情境 汽车一般转向信号系统电路	1
【训练项目】转向信号灯直流电阻测量	1
任务1 单个信号灯及总电阻测量	2
任务2 转向电路的电压及电流测量	2
【知识链接1】万用表的使用	3
【知识链接2】电流与电压的测量	20
【知识链接3】基尔霍夫定律	25
【知识链接4】电压源与电流源的等效变换	29
【知识链接5】戴维南定律及其应用	31
习题一	33
学习情境二 家居照明电气设计和安装	35
子情境一 带单相电度表的日光灯安装接线及白炽灯的异地控制 线路安装	35
【训练项目1】带单相电度表的日光灯安装接线	35
任务1 常用导线连接训练	36
任务2 按图2-1要求完成带单相电度表的日光灯安装接线	36
【知识链接1】电工工具的使用	37
【知识链接2】正弦交流电电路	47
【训练项目2】带智能开关的白炽灯异地控制线路安装	52
任务1 双联开关、电脑程序控制器、白炽灯等器件测试	52
任务2 按图2-34要求完成双联开关实现白炽灯的异地控制线路安装	53
【知识链接1】正弦交流电电路中电阻、电容、电感之间的电压与电流关系	53
【知识链接2】阻抗的计算	58
【知识链接3】单相电路功率计算	61
子情境二 白炽灯串电感调光电路测试	63
【训练项目】用示波器观察白炽灯和镇流器两端的电压波形	64
任务1 白炽灯和镇流器串联电路电压三角形测量	64
任务2 示波器的使用	65
【知识链接】电工安全知识	66
子情境三 绘制二室一厅照明电气平面电路图及电气工程预算	68

【训练项目 1】照明电气平面系统图及平面图的绘制	69
任务 1 标准照明电路图的识读	69
任务 2 绘制二室一厅电气平面布置图	69
任务 3 绘制二室一厅电气系统图	70
【知识链接】家居电气线路设计	70
【训练项目 2】二室一厅电气工程预算	74
【知识链接】电气材料知识	76
子情境四 二室一厅配电线路安装、故障排除	84
【训练项目】二室一厅家居线路的安装、常见故障排除	84
任务 1 画出电路原理图及各部件连接图	85
任务 2 开关底盒、插座的布局,线槽、线管安装	85
任务 3 导线的敷设、灯具、开关安装	85
【知识链接 1】导线的选择及室内配线	85
【知识链接 2】照明电路常见故障排除方法	88
习题二	90
学习情境三 实训车间动力配电及设备维修	92
子情境一 变压器的应用	92
【训练项目 1】变压器的拆装、检测及同名端判别	92
任务 1 单相变压器的拆装、检测	93
任务 2 变压器线圈极性测定	95
【训练项目 2】变压器的检测	96
任务 1 变压器绝缘电阻测量	97
任务 2 变压器直流电阻测量	97
任务 3 测量变压器的变比	98
【知识链接】变压器的原理、种类、检测	98
子情境二 三相功率计量	102
【训练项目 1】DT862 三相电度表直接计量接线	103
任务 1 完成三相电度表接线和功率计量	103
任务 2 三相电压、电流相量图绘制	104
【训练项目 2】电流互感器与三相电度表安装接线	104
任务 1 完成经电流互感器的三相电度表接线和功率计量	104
【知识链接】三相电路知识	105
子情境三 电动机的拆装及检测	113
【训练项目 1】三相异步电动机的拆装及检测	114
任务 1 三相异步电动机的拆卸	114
任务 2 电动机主要部件的拆装方法	115

任务 3 三相异步电动机的装配	118
任务 4 异步电动机首尾判别	119
【知识链接】电动机有关知识	120
【训练项目 2】直流电动机的拆装及检测	138
任务 1 拆装直流电动机	138
任务 2 双臂电桥测量直流电动机磁绕组电阻	139
【知识链接】直流电动机	139
子情境四 异步电动机典型控制电路安装	141
【训练项目 1】三相异步电机单向自锁控制电路的安装和调试	141
任务 1 三相异步电动机的正转主电路安装接线	142
任务 2 三相异步电动机的正转控制电路安装接线	143
【训练项目 2】三相异步电动机的正反转电路安装	143
任务 1 三相异步电动机的正反转主电路安装接线	144
任务 2 三相异步电动机的正反转控制电路安装接线	144
【训练项目 3】三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制电路的安装和调试	145
任务 1 三相异步电动机的 Y- Δ 主电路安装接线	145
任务 2 三相异步电动机的 Y- Δ 控制电路安装接线	145
【知识链接 1】常用低压电器	146
【知识链接 2】三相异步电动机的控制	150
子情境五 模具、数控车间电气设备故障检修	154
【训练项目 1】C620-1 车床的维修	155
任务 1 C620-1 车床控制电路(图 3-73)故障检修	155
任务 2 C620-1 车床主轴电动机不能起动故障检修	155
任务 3 C620-1 车床主轴电动机不能停车故障检修	156
【知识链接】机床电气设备的日常维护、保养和检修	156
子情境六 模具、数控车间电气设备电缆的选择及敷设	160
【训练项目】模具、数控车间电气设备电缆的选择及敷设	160
任务 1 模具、数控车间电气设备的铭牌数据分析及电缆选型	161
任务 2 敷设主要电气设备的线缆	161
【知识链接】电线、电缆知识	161
习题三	164
学习情境四 实训楼低压电气系统设计	165
子情境一 实训楼公共照明配电系统设计	165
【训练项目 1】实训楼公共照明负荷统计	165
任务 1 灯具的选择及布置	166
任务 2 灯具数量及功率的确定	166

【训练项目 2】楼层配电系统图的绘制	166
任务 1 实训楼层公共照明平面图的绘制	167
任务 2 配电系统图的绘制	167
【知识链接 1】照明配电系统的相关知识	168
【知识链接 2】电气设备的防雷与接地	175
子情境二 实训楼动力配电系统设计	188
【训练项目】编写电气设计说明书	188
任务 实训楼电气说明书编写	188
【知识链接 1】配电系统设计基本要求	189
【知识链接 2】负荷分级及其对供电电源的要求	190
【知识链接 3】电源及供电系统	192
习题四	195
参考文献	196

学习情境一 汽车转向信号系统电路 分析与实践

学习目标：

- (1) 能正确测量常用电阻、电容器件，并对测量结果进行准确描述和分析；
- (2) 熟练掌握电路的基本物理量；
- (3) 能应用电路定律来判断和处理汽车转向信号系统电路故障。

子情境 汽车一般转向信号系统电路

能力目标：

- (1) 能使用万用表测量信号灯的直流电阻；
- (2) 能使用万用表对电路的直流电压、电流等参数进行测试，并能分析所得数据；
- (3) 能完成汽车转向信号系统电路的连接，能分析实训中遇到的问题并找出解决办法。

知识目标：

- (1) 掌握指针式万用表的结构；
- (2) 掌握指针式万用表、数字式万用表的正确使用方法；
- (3) 掌握直流电路的基本定理。

【训练项目】转向信号灯直流电阻测量

一、项目目标

- (1) 熟悉指针式万用表的结构；
- (2) 掌握利用万用表测量信号灯直流电阻的方法；
- (3) 掌握转向灯信号电路各点电位的测量；

(4) 能测量转向灯信号电路各支路的电流。

二、项目要求

- (1) 根据给定的转向电路进行电路连接；
- (2) 测量电源电压及信号的电阻，并分析信号灯串联和并联时的不同效果。

三、项目实训仪器、设备及实训材料

- (1) 指针式万用表（MF47）和数字式万用表各 1 个；
- (2) 电工实验台（能提供 0 ~ 15V，0 ~ 30V 直流稳压电源）各 1 台；
- (3) 汽车用转向灯 4 个/组；
- (4) 转向灯开关 1 个/组；
- (5) 转向信号闪光器 1 个/组；
- (6) 左右转向信号指示灯各 1 个/组；
- (7) 连接导线若干。

四、项目实训内容与步骤

任务 1 单个信号灯及总电阻测量

图 1-1 为汽车转向灯信号系统图。分别使用指针和数字式万用表测量单个信号的电阻，将数据列表记录。转换开关拨到欧姆挡，合理选择量程，然后表笔短接，进行电气调零，即转动欧姆调节旋钮，使指针打到电阻刻度右边的“0”处，调零结束后用两表笔接触灯的两端，用表头指针显示的计数乘以所选量程的倍率数，即为所测量灯的电阻值，如选用的是 $R \times 10$ 挡，读数为 100，则灯的实际电阻为 $100 \times 10 = 1000\Omega$ 。用错误手法（手同时接触被测电阻的两端），测量值记录在表 1-1 中，并和上述测量值进行比较。把 2 个信号灯串联起来，测量其电阻值，然后把信号灯并联后再测量其电阻值，记录在表格中。

表 1-1 电阻记录表

R 前左	R 前右	R 后右（错误手法）	R_{BC} （串联）	R 并联

任务 2 转向电路的电压及电流测量

(1) 把转换开关拨到直流电压挡，进行机械调零，如表头指针没有和零位重合，则要进行调整，并选择合适的量程。对照电路图，测量电源的电压。

(2) 把转换开关置于左边位置，测量左转向灯两端的电压值，并和电源电压进行比较。

(3) 把转换开关拨到直流电流挡，选择合适的量程，将被测量电路断开，万用表串入电路中，分别测量各支路的电流及电源总电流，电流从红表笔流入，

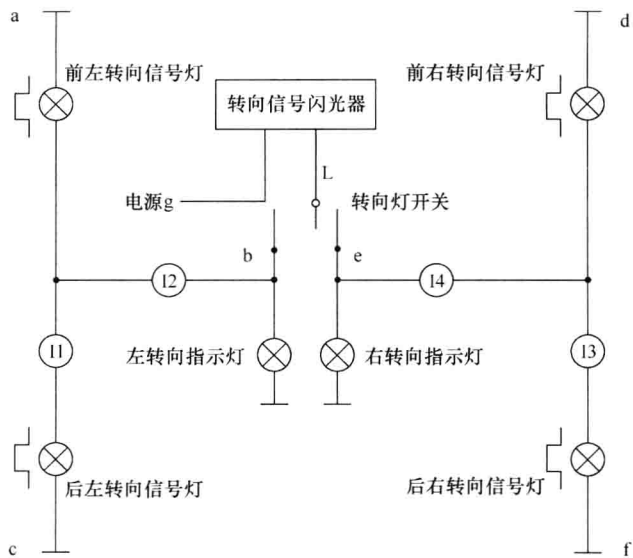


图 1-1 汽车转向灯信号系统图

黑表笔流出，不能接反，在不清楚极性的情况下，可采用点击的方式，根据指针稳定时的位置读出实际读数，记录在表 1-2 中。

表 1-2 电压/电流记录表

电压/电流 电位参与点	U_A	U_B	U_E	U_F	I_1	I_2	I_3	I_4
A (D)								
B (E)								

五、思考与分析

- (1) 使用万用表测量电阻时，没有进行调零，测量值会有什么变化？
- (2) 如果用万用表测量电流时，并联在试品两端，可能会出现什么问题？
- (3) 用万用表 $R \times 1k$ 和 $R \times 100$ 挡测量信号的电阻时，指针位置是否基本相同？
- (4) 什么时候使用 $R \times 1$ 这个测量挡位？如使用 $R \times 10k$ 挡位，要注意什么问题？

【知识链接 1】万用表的使用

一、指针式万用表的使用

万用表是一种最常用的电工测量仪表，它功能齐全，能测量多种电量和电参

数,并且测量量程多、操作简单、携带方便。目前,广泛使用的万用表有模拟式(指针式)万用表和数字式万用表两种。

下面以查找灯泡的故障点为例,介绍万用表的功能和使用方法。图 1-2 所示为 IF-30 型指针式万用表的面板图。

万用表的结构主要由表头(测量机构)、测量线路、转换开关、面板及表壳等部分组成。旋转量程挡位转换开关,可选择不同的量程测量不同的电量如直流电压(DCV)、交流电压(ACV)、直流电流(DCA)及电阻(Ω)。有的万用表还能测量电容量、晶体管共射极电流放大系数等。在万用表刻度盘上有一些符号,这些符号和数字就像表示仪表性能和正确使用的简要说明书,要时刻注意。如“ $\square$ ”表示使用时需水平放置,5.0 表示测量时含有相当于满刻度的 $\pm 5.0\%$ 的误差;其他符号说明参见万用表使用说明书。

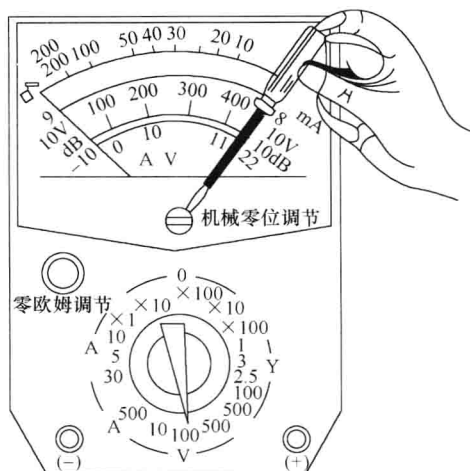


图 1-2 IF-30 型万用表的面板图

测电压时最重要的是量程的选择,如果用小量程去测量大电压,则会有烧毁表的危险,如是用大量程去测量小电压,那指针有可能偏转太小,无法读数。量程的选择,应尽量使指针偏转到满刻度的 $2/3$ 左右。如果事先不清楚被测电压的大小时,要先选择最高量程挡,然后逐渐减小到合适的挡位。测电压时,万用表两表笔应跨接在被测电压的两端之间,即和被测电压的电路或负载并联。

(一) 电压的测量

测电压时最重要的是量程的选择,如果用小量程去测量大电压,则会有烧毁表的危险,如是用大量程去测量小电压,那指针有可能偏转太小,无法读数。量程的选择,应尽量使指针偏转到满刻度的 $2/3$ 左右。如果事先不清楚被测电压的大小时,要先选择最高量程挡,然后逐渐减小到合适的挡位。测电压时,万用表两表笔应跨接在被测电压的两端之间,即和被测电压的电路或负载并联。

交流电压的测量:万用表转换开关置于 ACV 的合适量程上,两个表笔接到所要测量的电压两端即可,如图 1-3 (a) 所示。

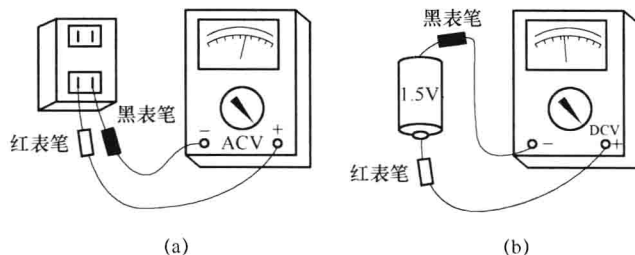


图 1-3 用万用表测量电源插座和电池的电压

(a) 测量电源插座电压 (ACV) (b) 测量电池电压 (DCV)

直流电压的测量：万用表转换开关置于 DCV 的合适量程上，“+”表笔插孔的红表笔接到被测电压的正极，“-”表笔插孔的黑表笔接到被测电压的负极，如图 1-3 (b) 所示。若表笔接反，表头指针会反方向偏转，容易撞弯指针。

(二) 直流电流的测量

测量直流电流时，万用表转换开关置于 DCA 的合适量程上。电流的量程选择和读数方法与电压一样。测量时必须先断开电路，然后按照电流从正到负的方向，将万用表串联到被测电路中。如图 1-4 所示，“+”表笔插孔的红表笔接到电路的正极，“-”表笔插孔的黑表笔接到电路的负极。

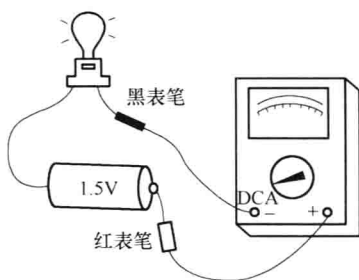


图 1-4 测量灯泡的直流电流

注意：如果误将万用表电流挡与负载并联，因表头的内阻很小，会造成短路，烧毁仪表。

(三) 电阻的测量

运用上述电压测量方法测量电源的电压后，接着怎样判断灯泡的电阻和插头的导线是否正常呢？这就要用到万用表的电阻挡。图 1-5 显示了用万用表测量灯泡电阻的过程。如果测量结果显示电阻无穷大，则表示灯泡灯丝烧断或导线内部断开，需更换灯泡或导线。

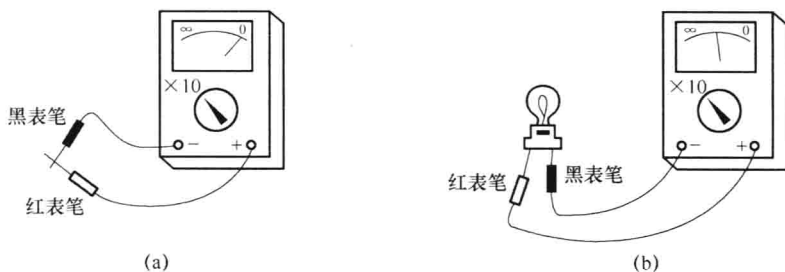


图 1-5 测量灯泡与插头导线的电阻

(a) 转动调零电位器，使指针指零 (b) 读取最上面的电阻刻度，再乘以 10 倍

用万用表的电阻挡测量电阻时，需要注意以下事项：

(1) 选择合适的倍率挡。万用表欧姆挡的刻度线是不均匀的，如图 1-6 所示，所以倍率挡的选择以使指针停留在刻度线较稀的部分为宜，且指针越接近刻度尺的中间，读数越准确。一般情况下，应使指针指在刻度尺的 $1/3 \sim 2/3$ 间为宜。面板上 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1k$ 、 $\times 10k$ 的符号表示倍率数，所测电阻的电阻值 = 表头的读数 $\times$ 倍率数。

(2) 欧姆调零。测量电阻之前，应将表笔测试棒短接，同时转“调零旋钮”，使指针刚好指在欧姆刻度线右边的零位。如果指针不能调到零位，说明电

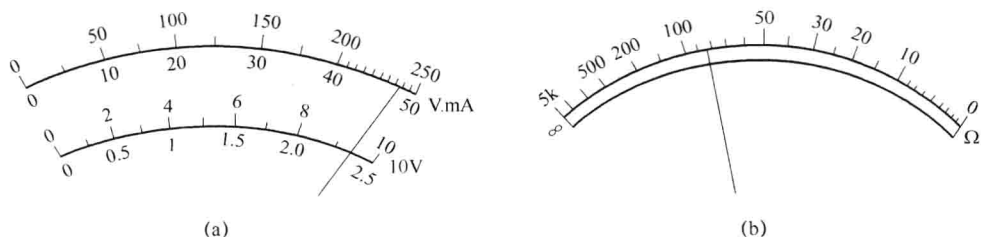


图 1-6 电压电流挡刻度线与欧姆挡刻度线

(a) 电压电流挡刻度线 (b) 欧姆挡刻度线

池电压不足或仪表内部有问题。注意：每换一次倍率挡测量电阻之前，都要进行欧姆调零，以保证测量准确。

(3) 不能带电测量电阻。测量电阻时，万用表由内部电池供电，被测电阻决不能带电。如果带电测量则相当于接入一个额外的电源，不仅得不到正确的测量数据，而且可能损坏表头。

(四) 指针式万用表的使用注意事项

(1) 使用前认真阅读说明书，充分了解万用表的性能，正确理解表盘上各种符号和字母的含义及各标度尺的读法。熟悉转换开关旋钮和插孔的作用。

(2) 指针式万用表的使用频率范围一般为 $45 \sim 1\,000\text{Hz}$ ，如果被测交流电流或电压的频率超过了这个范围，测量误差将增大。

(3) 使用前必须进行机械调零。先观察表头指针是否处于零位（电压、电流标度尺的零点），若不在零位，应调整表盖上的机械零位调整器，使指针恢复到零位。

(4) 测量前，要根据被测量的种类和大小，把转换开关置于合适的位置。不能用欧姆挡去测电压或电流，要选择合适的量程挡测量。

(5) 测量时，不要用手触摸表笔的金属部分，以保证安全和测量的准确性。

(6) 测量高电压（如 220V ）或大电流（如 0.5A ）时，不能在测量时旋动转换开关，避免转换开关的触头产生电弧而损坏开关。

(7) 测量结束后，应将转换开关旋至最高电压挡或空挡。

二、数字式万用表的应用

当前数字式测量仪表成为主流，大有取代模拟式仪表的趋势。与模拟式仪表相比，数字式仪表灵敏度高、准确度高、显示清晰、过载能力强、便于携带、使用更简单。但数字万用表也有其不足之处，它不能反映被测电量的连续变化过程以及变化的趋势。例如，用它来观察电解电容的充放电过程时就不如指针式万用表直观。所以应根据需要分别选用。

数字式万用表由功能变换器、转换开关和直流数字电压表 3 部分组成，下面

以 DT890 型数字万用表（如图 1-7）为例，简单介绍数字式万用表的使用方法和注意事项。

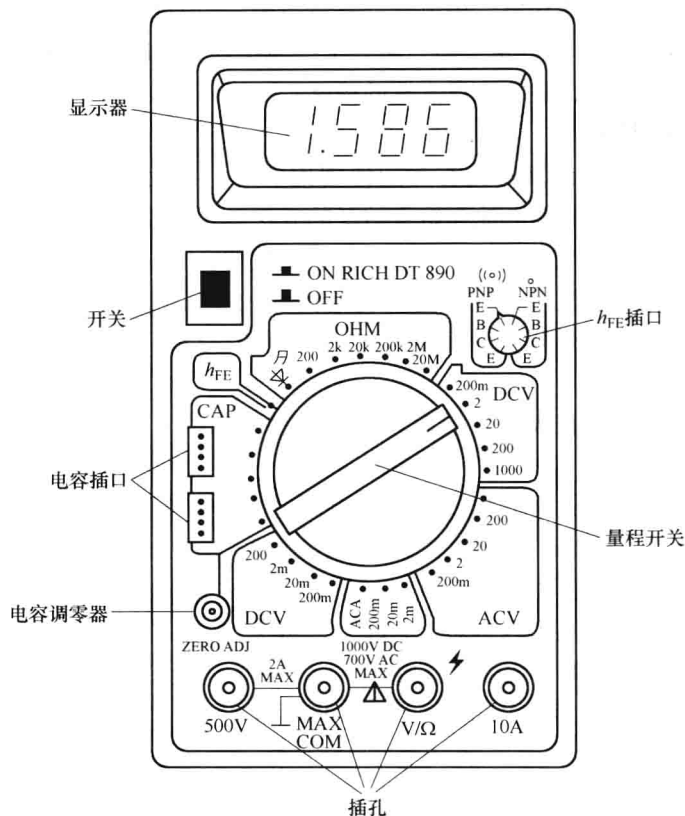


图 1-7 DT890 型数字万用表的面板图

数字万用表除了具有模拟式万用表测量交直流电压、直流电流和电阻的功能外，还能测量交流电流。此外，三极管共射极放大系数、电容量、音频电平测量都比模拟式万用表准确。

（一）使用方法

（1）测量交直流电压时，将电源开关置于 ON 位置（下同），根据需要量程将量程开关拨至 DCV（直流）或 ACV（交流）的合适量程，红表笔插入 V/Ω 孔，黑表笔插入 COM 孔，并将表笔连接到测试线路上，读数即显示。

（2）测量交直流电流时，将量程开关拨至 DCA（直流）或 ACA（交流）范围内的合适量程，红表笔插入 mA 孔（小于 200mA 时）或 10A 孔（大于 200mA 时），黑表笔插入 COM 孔，并通过表笔将万用表串联在被测电路中即可。在测量直流电流时，数字万用表能自动转换或显示极性。

（3）测量电阻时，将量程开关拨至 Ω（或 OHM）的合适量程，红表笔插入

V/ Ω 孔，黑表笔插入 COM 孔。如果被测电阻值超出所选择量程的最大值，万用表将显示过程“1”，这时应选择更高的量程。对于大于 $1\text{M}\Omega$ 的电阻，几秒钟后读数才能稳定是正常现象。用电阻挡测量电阻，以及检测二极管、检查线路通断时，红表笔接 V/ Ω 孔，带正电，黑表笔接模拟地 COM 插孔，带负电，这与指针式万用表正好相反，必须注意表笔的极性。

（二）使用注意事项：

（1）使用前，应认真阅读有关的使用说明书，熟悉开关、按键、插孔、特殊插口的作用，以及更换电池和熔断管熔断丝的方法。了解仪表的过载报警声音、极性显示符号、低电压指示符号、小数点位置变化的特点。

（2）如果无法预先估计被测电压或电流的大小，应先拨至最高量程测量一次，再视情况逐渐把量程减小到合适位置。测量完毕，置电源开关于“OFF”位置。

（3）满量程时，仪表发生溢出。仪表仅在最高位显示数字“1”，此时应选择更高的量程。

（4）测量电压时，将万用表与被测电路并联。数字万用表测直流电压不必考虑正、负极性。但是，当误用交流电压挡测量直流电压或直流电压挡测量交流电压时，显示屏将显示“000”，或在低位上出现跳数。

（5）禁止在测量高电压（220 V 以上）或大电流（0.5 A 以上）时拨动量程开关，以防止产生电弧，烧毁开关触头。

（6）当万用表显示“BATT”或“LOW BAT”或“ $\boxed{+ -}$ ”，表明电池电压不足。

三、识别和检测元器件

（一）电阻器

1. 认识电阻器

电阻器是一种消耗电能的元件，在电路中用于稳定、调节、控制电压或电流的大小，起限流、降压、偏置、取样、调节时间常数、抑制寄生振荡等作用。电阻器的图形符号见图 1-8。

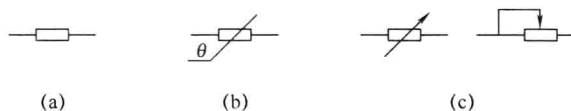
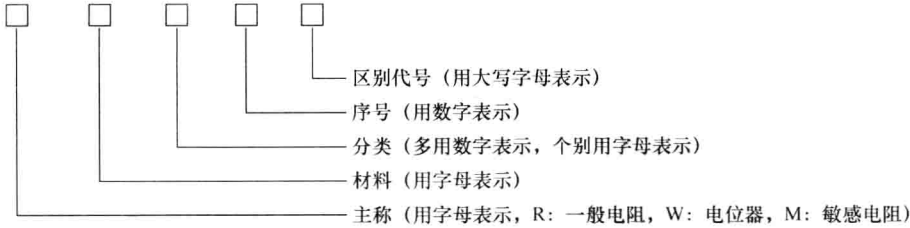


图 1-8 电阻器的图形符号

（a）电阻器（一般符号） （b）热敏电阻器 （c）电位器（可调电阻器）

根据国家标准 GB2470-81 的规定，电阻器的型号由以下几部分构成：



电阻器的材料、分类代号及其意义见表 1-3。

表 1-3 电阻器的材料、分类代号及其意义

材 料		分 类					
字母 代号	意义	数字 代号	意义		字母 代号	意义	
			电阻器	电位器		电阻器	电位器
T	碳膜	1	普通	普通	G	高功率	-
H	合成膜	2	普通	普通	T	可调	-
S	有机实芯	3	超高频	-	W	-	微调
N	无机实芯	4	高阻	-	D	-	多圈
J	金属膜	5	高温	-			
Y	金属氧化膜	6	-	-			
C	化学沉积膜	7	精密	精密			
I	玻璃釉膜	8	高压	函数			
X	线绕	9	特殊	特殊			

按照制造工艺或材料，电阻器可分为合金型、薄膜型、合成型。按照使用范围及用途，电阻器可分为普通型、精密型、高频型、高压型、高阻型、集成电阻（电阻排）。几种常用电阻器的外形如图 1-9 所示，电阻在电路中用“R”加数字表示，如：R25 表示编号为 25 的电阻。阻值是电阻的主要参数之一，单位为欧姆（Ω），倍率单位有：千欧（kΩ），兆欧（MΩ）等。换算方法是：1 兆欧 = 1000 千欧 = 1000000 欧。电阻的参数标注方法有 3 种，即直标法、数标法和色标法。

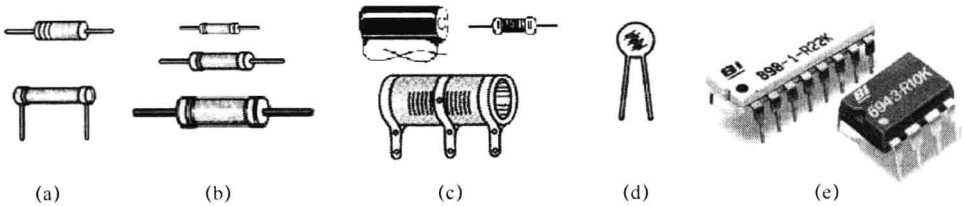


图 1-9 几种常用电阻器的外形

(a) 碳膜电阻 (b) 金属膜（或金属氧化膜）电阻 (c) 线绕电阻
(d) 热敏电阻 (e) 电阻网络（集成电阻、电阻排）