



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电气运用与维修专业教学用书

维修电工应用技术(上)

(含维修电工初级工、中级工考核要求与练习)

林炳南 张 雷 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校电气运用与维修专业教学用书

维修电工应用技术(上)

(含维修电工初级工、中级工考核要求与练习)

林炳南 张 雷 主编
程 周 陈大路 主审

高等教育出版社

内容简介

本书为电气运用与维修专业的系列教学用书之一，是教育部职业教育与成人教育司推荐教材。

全书分上、下两册，上册针对初、中级维修电工的培养需求，主要内容有常用仪表的使用，常用低压电器的识别、拆装与选用，电力拖动控制电路的安装，典型机床电气控制电路的故障分析和维修及电子电路的装接与调试等，第三、五章后附有相应的初级工、中级工考核练习和评分标准。

本书按照劳动和社会保障部颁布的“国家职业标准——维修电工”大纲的要求，结合现行职业院校的电工类专业教学内容编写，可作为职业院校电工类专业的教材，也可作为“双证考核”的辅导教材及相关岗位的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工应用技术. 上/林炳南, 张雷主编. —北京:
高等教育出版社, 2005.12

含维修电工初级工、中级工考核要求与练习

ISBN 7-04-018501-6

I. 维... II. ①林...②张... III. 电工-维修-职
业教育-教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 137882 号

策划编辑	王卫民	责任编辑	王莉莉	封面设计	于涛	责任绘图	朱静
版式设计	范晓红	责任校对	胡晓琪	责任印制	朱学忠		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京泽明印刷有限责任公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 9.75
字 数 240 000
插 页 2

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2005 年 12 月第 1 版
印 次 2005 年 12 月第 1 次印刷
定 价 15.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18501-00

前 言

本书按照劳动和社会保障部颁布的“国家职业标准——维修电工”大纲的要求，结合现行中职学校和高职学院电工类专业的教学内容，以维修电工所需具备的基本技能为脉络，分初、中、高三个技能等级编写。

全书分上、下两册，编写过程中打破了传统的按学科体系编写教材的模式，根据初、中、高三个技能等级的培养目标与具体考核项目，将几个学科的内容综合在一起编写。上册针对初、中级工培养的需求，下册针对高级工培养的需求。其中：初级工的内容适用于下岗工人再就业和农村向非农领域转移的富余劳动力的培训，其特点为知识起点低、技能方面内容含量高、描述与图形对照、教材与练习混编、循序渐进、浅显易懂；初、中级工的内容适用于中专、职高、技校等各类中等职业学校的学生，其特点是密切联系企业实际，适当拓展知识与技能的深度和广度，以增强学生对未来工作岗位的适应性，可作为“双证考核”的辅导教材；高级工的内容适用于高职院校毕业生和中职教师“双师型”的培训，在内容上更注重知识和能力构成的广度，以增强培训对象对不同岗位的适应性或教学工作的储备能力。

本书由林炳南、张雷主编。上册第一章由温州市职业中等专业学校林炳南编写；第二、三章由温州职业技术学院蔡晓东编写；第四章由温州机电技师学院蔡胜华编写；第五章由温州第二技校邓黎武编写。下册第一、二、三章由温州职业技术学院李敏涛编写，其中第三章部分内容由温州机电技师学院蔡胜华编写；第四、五、六、七章由温州技校张雷编写。

本书含有初、中、高三个技能等级考核的试题、评分表等，由于参编人员都是具有多年职业技能考评经验的考评员，所以本书在培训和考评方面具有很高的实用性和可操作性。

全书大幅度地增加了图片的比例，所使用的图片均由浙江亚龙教仪有限公司提供。该公司陈继权、蔡桂飞等为本书在编写、文字录入、插图设置和排版等方面的工作都付出了辛劳。本书由安徽职业技术学院程周及温州职业技术学院陈大路审稿。在此一并表示感谢！

由于时间仓促，水平有限，书中错漏之处在所难免。诚恳希望读者提出宝贵意见，以便再版时改进。

编者

2005年8月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街 4 号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

第一章 常用仪表的使用	1	三、熔断器	27
第一节 万用表的使用	1	四、接触器	28
一、指针式万用表	1	五、继电器	30
(一) 面板功能介绍	1	(一) 热继电器	31
(二) 指针式万用表的基本使用		(二) 时间继电器	33
方法	2	六、其他控制电器	35
二、数字式万用表	5	第三章 电力拖动控制电路的安装	37
(一) 面板功能介绍	6	第一节 电气控制系统绘图与识图的基本方法及安装要求	37
(二) 数字万用表的使用方法	6	一、电气原理图	37
第二节 钳形电流表	9	二、电气接线图	38
一、指针式钳形电流表的基本结构		三、电气控制电路安装接线的一般步骤与基本要求	38
和工作原理	9	四、电气安装的主要工艺要求	39
二、钳形电流表的正确使用方法	10	五、电动机控制电路故障的检修步骤和方法	39
第三节 兆欧表的使用	11	第二节 电力拖动控制电路的安装与调试	39
一、兆欧表的选用	11	一、三相笼型异步电动机点动控制	
二、兆欧表的使用方法	11	电路的安装	39
(一) 使用前的准备工作	11	二、三相笼型异步电动机正转自锁	
(二) 正确使用兆欧表	12	控制电路的安装	41
第四节 考核练习题	12	三、接触器联锁正反转控制电路	43
第二章 常用低压电器的识别、拆装与		四、按钮、接触器控制 Y- Δ 降压	
选用	17	起动控制电路	45
第一节 常用低压电器的识别	17	五、双速电动机自动控制电路	47
第二节 常用低压电器的拆装		六、双重联锁正反转起动能耗制动	
及选用	20	控制电路	49
一、低压开关	20	第三节 考核电路实例	51
(一) 闸刀开关	20	一、初级维修电工考核电路部分	
(二) 组合开关	21	实例	51
二、主令电器	23		
(一) 按钮开关	23		
(二) 行程开关	25		
(三) 接近开关	26		

二、中级维修电工考核电路部分		(一) 二极管	123
实例	63	(二) 晶体管	125
第四节 考核练习题	75	(三) 单结晶体管	126
第四章 典型机床电气控制电路的		(四) 晶闸管	127
故障分析和维修	80	第二节 电子技术的基本操作	129
第一节 X62W 万能铣床故障的		一、电烙铁焊接的基本操作工艺	129
分析与排除	82	(一) 内热式电烙铁	129
第二节 T68 镗床故障的分析与		(二) 焊接工艺	130
排除	91	(三) 集成电路的焊接和拆卸	130
第三节 M7120 磨床故障的分析与		二、常用电子仪器的使用方法	131
排除	98	(一) 晶体管毫伏表	131
第四节 15/3T 桥式起重机的		(二) 低频信号发生器	132
故障分析与排除	102	(三) 示波器	132
第五章 电子电路的装接与调试	111	(四) 亚龙 DS-ⅢA 型电子实验	
第一节 常用半导体元器件	111	装置简介	134
一、数字集成电路	111	第三节 电子技术技能考核练习	134
二、集成运算放大器	119	一、初级工考核电子电路和	
(一) 集成运算放大器简介	119	评分标准	134
(二) 常用集成运算放大器	119	二、中级工考核电子电路	
三、集成稳压器	121	和评分标准	137
(一) 集成稳压器的使用常识	121	附录	143
(二) 常用集成稳压器	121	参考答案	146
四、半导体分立元件	123	参考书目	147

第一章 常用仪表的使用

在电气电路的安装、使用与维修过程中,电工仪表对整个系统的检测、监视和维修都起着极为重要的作用。本章重点介绍维修电工最常用的便携式测量仪表(万用表、钳形电流表和兆欧表)的正确使用,并且通过训练达到能熟练操作的水平。

第一节 万用表的使用

便携式万用表分为指针式万用表和数字式万用表两类,是多用途、多量程的仪表。各类的型号、规格繁多,精度等级各异,价格差异也很大,如图 1-1 所示。



图 1-1 各种类型的便携式万用表

选择万用表时应根据工作环境的需要选择相应的测量范围、工作频率、准确度、精度等级。

一、指针式万用表

指针式万用表具有结构简单、使用方便、可靠性高等优点。

以 MF 47F 型万用表为例,说明指针式万用表的基本使用方法。

(一) 面板功能介绍

如图 1-2 所示为 MF 47F 型万用表的面板图。

(1) 面板上画有“-”符号的代表“直流”,画有“~”符号的代表“交流”。

(2) “20 k Ω /V-”表示直流电压的灵敏度,“4 k Ω /V~”表示交流电压的灵敏度。

(3) “2.5”是测量直流时的准确度等级,2.5 表示误差(用指示值的百分数表示)不超过 $\pm 2.5\%$ 。“~5.0”是测量交流时的准确度



图 1-2 MF 47F 型万用表

等级, 5.0 表示误差(用指示值的百分数表示)不超过 $\pm 5\%$ 。“ $\Omega 1.0$ ”是测量电阻时的准确度等级, 1.0 表示误差(用标度尺长度的百分数表示)不超过 $\pm 1\%$ 。“0 dB: 1 mW 600 Ω ”是指 600 Ω 负载上获得 1 mW 的功率, 规定为零分贝。“45 ~ 1 000 Hz”是万用表工作在交流信号下的频率范围。

(4) 面板最底部的插孔“COM”表示表的公共端, 接黑笔, 测量时接被测电路的低电位点。在测量电阻时, 该端通过电阻与干电池的正极相接。“+”表示表的正端, 接红笔, 测量时接被测电路的高电位点。在测量电阻时, 该端通过熔断丝与干电池的负极相接。

注: 万用表的精度一般用准确度表示, 它反映仪表基本误差的大小, 准确度越高, 测量误差值越小, 准确度的主要等级有 1.0、1.5、2.5、5.0 四个, 1.0 级一般用于实验室测量, 2.5 级用于普通民用产品的测量。

万用表电压的灵敏度反映万用表的内阻, 灵敏度越高, 表的输入电阻越大。灵敏度高的万用表适合测量电子设备中高内阻的信号电压, 灵敏度低的万用表适合测量电工设备。

(二) 指针式万用表的基本使用方法

测量要点:

(1) 首先, 把万用表放置水平状态。

(2) 视其表针是否处于零点(指电流、电压挡刻度的零点), 若不是, 则应调整表头下方的“机械零位调整”用小一字螺丝刀细心调整机械零位, 使指针指向零点。然后根据被测项目, 正确选择万用表上的测量项目及拨盘开关。如已知被测量值的数量级, 则直接选择与其相对应的数量级量程; 如不知被测量值的数量级, 则应从最大量程开始测量。当指针偏转角太小而无法精确读数时再把量程减小。一般以指针偏转角不小于最大刻度的 30% 为合理量程, 如图 1-3 所示。



图 1-3 指针在最大刻度的 30% 处

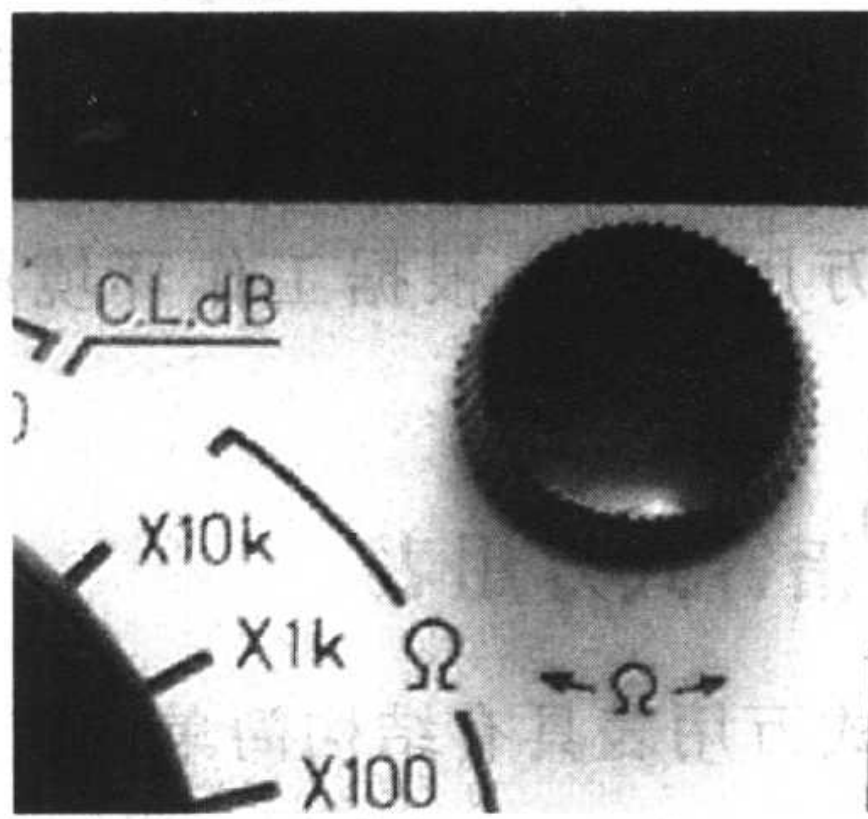


图 1-4 电调零旋钮

1. 用万用表测量电阻

MF 47F 型万用表测量电阻的挡位有 $R \times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1 k$ 、 $\times 10 k$ 五个。

(1) 测量时应首先观察表针是否在机械零位。如不在零位, 用小一字螺丝刀小心调整“机械零位”使指针回归到零点, 这叫“机械调零”。

(2) 把万用表拨盘开关拨到 $R \times 1 \sim R \times 10 k$ 中一个合适的挡位, 把红、黑两笔的金属棒相碰, 使 $R_x = 0$ (短路), 调整表盘右下方的电调零旋钮, 如图 1-4 所示, 使指针指在 0 Ω 处。而且每次使用都要重新调整零位, 这叫“电调零”, 每次选择“倍率”挡位后都要重新电调零。

这是因为内接干电池随着使用时间的加长，其提供的电源内阻会增大，指针就有可能达不到满刻度，此时必须调整电调零旋钮，使表头分流电流降低，来达到满刻度电流 I_g 的要求。

(3) 为了提高测量的精度和保证被测对象的安全，必须正确选择合适的量程。一般测量电阻时，要求指针在满刻度的 20%~80% 范围，这样测量的精度才能满足要求。

(4) 由于测量电阻时，内接干电池对外电路而言，红笔接干电池的负极，黑笔接干电池的正极。因此在测量晶体二极管正向电阻时，黑笔接二极管正极，红笔接二极管负极。

(5) 测量较大电阻时，双手不要同时接触被测电阻的两端，否则人体电阻会与被测电阻并联，测量电阻数值低于原电阻数值，导致测量结果不正确。

另外，要测量有源电路上的电阻时，一定要将电路的电源切断，否则不但测量结果不准确（相当于再外接一个电压），还可能因为大电流通过微安表头，把表头烧坏。同时，还要将被测电阻的一端从电路上断开，再进行测量，不然测得的是电路在该两点的总电阻。

(6) 测量的电阻值是表针指示的数值乘以倍率。如测量时指针指到 30，倍率在 $R \times 10$ 挡位上，那么被测电阻是 $30 \Omega \times 10 = 300 \Omega$ 。

练习 1-1

分别准备 5 只阻值不同的电阻。如绿棕黑金、棕黑红金、黄紫橙金、红黄黄金、绿棕黄金，分别用万用表电阻挡的不同挡位测量，把实测后的数值与标称数值填入表 1-1 内。

表 1-1 不同挡位的测量值

名称 电阻标称值	万用表挡位	万用表实测数值	误差

测量的准确度与万用表所拨挡位的倍率有很大的关系。倍率挡位很大，而被测电阻值很小，实测的电阻值会趋于零；倍率挡位很小，被测电阻值很大，实测的电阻值会趋于无穷大。

测量完成后，应注意把拨盘开关拨到交流电压的最大量程位置；千万不要放在电阻挡，以防止再次使用时因误操作，用电阻挡去测量电压或电流而造成万用表表头损坏，或者两支表笔长期短路将内部干电池全部耗尽。

2. 用万用表测量直流电流

MF 47F 型万用表测量直流电流的挡位有 0.05 mA、0.5 mA、5 mA、50 mA、500 mA 五个。

(1) 把万用表拨到直流电流挡位，串接在被测电路中，注意电流的方向，正确接法是红笔接电流流入的一端，黑笔接电流流出的一端。如果不知道被测电流的方向，那么在电路一端先接好一支表笔，另一支表笔在电路另一端轻轻地碰一下，如果指针向右摆动，说明接线正确；如果指针向左摆动（低于零点）说明表笔接反了，应把万用表的两支笔位置调换。

(2) 选择相应的量程，在看清读数和刻度的同时尽量选用大量程挡位。因为量程挡位越大，分流电阻越小，电流表对被测电路的影响和引入的误差也越小。

(3) 在测量大电流(如 500 mA)时,千万不要在测量过程中拨动拨盘开关,以免产生电弧,烧坏拨盘开关的触点。

练习 1-2

取 3 只标称电阻值分别是 $220\ \Omega$ 1 W、 $2\ \text{k}\Omega$ 1/4 W、 $22\ \text{k}\Omega$ 1/4 W 的电阻,把 3 只电阻的一端按图 1-5 连在一起,接到 10 V 的直流稳压电源上,用万用表的 500 mA、50 mA、5 mA 三挡测量 3 点,填入表 1-2 内(精确到小数点后两位)。

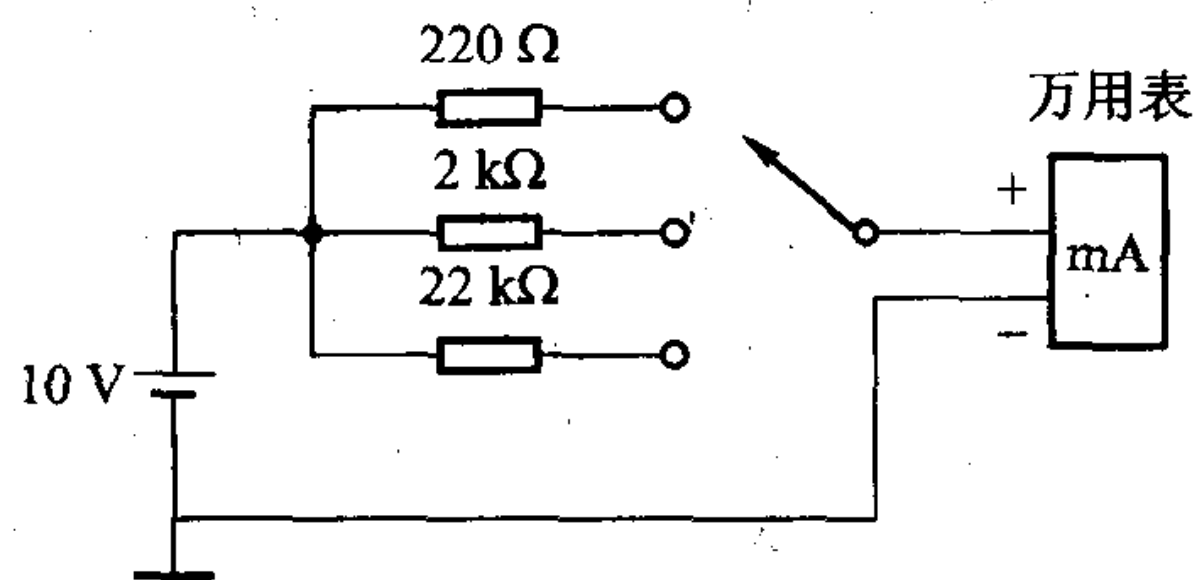


图 1-5 测量示意图

表 1-2 不同挡位的测量值

电 压	标称电阻值	万用表挡位	实测电流值	理论电流值
+ 10 V	$220\ \Omega$	500 mA		45.45 mA
	$2\ \text{k}\Omega$	50 mA		5 mA
	$22\ \text{k}\Omega$	5 mA		0.45 mA

再用万用表的 50 mA、5 mA、0.5 mA 三挡测量 3 点,填入表 1-3 内(精确到小数点后两位)。

表 1-3 不同挡位的测量值

电压	标称电阻值	万用表挡位	实测电流值	理论电流值
+ 10 V	$220\ \Omega$	50 mA		45.45 mA
	$2\ \text{k}\Omega$	5 mA		5 mA
	$22\ \text{k}\Omega$	0.5 mA		0.45 mA

观察万用表挡位不同对实测电流值的差别。

此练习可根据具体情况任意选择几组电阻进行对比试验。

3. 用万用表测量直流电压

MF 47F 型万用表测量直流电压的挡位有 1 000 V、500 V、250 V、50 V、10 V、2.5 V、1 V、0.25 V 八个。

(1) 根据直流电压的高低,把万用表拨盘开关拨至直流电压合适的挡位处。

(2) 万用表两表笔并联接在被测电路中,在测量直流电压时,应注意被测点的电压极性,正确接法是红笔接电压高的一端,黑笔接电压低的一端。如果不知道被测电压的极性,可按测量直流电流时的方法试一下,若指针向右偏转即可以进行测量;若指针向左偏转,则把红、黑笔调换位置,方可测量。

(3) 为了减少电压表内阻引入的误差,在指针偏转大于或等于最大刻度的 30% 时,尽量选择大量程挡。因为量程越大,分压电阻越大,电压表的等效内阻也越大,对被测电路引入的误差就越小。如果被测电路的内阻很大,就要求电压表的内阻更大,才能使测量精度高。此时需要换用电压灵敏度更高(内阻更大)的万用表来进行测量。如 MF 10 型万用表的最大直流电压

灵敏度($100\text{ k}\Omega/\text{V}$)比 MF 47F 型万用表的最大直流电压灵敏度($20\text{ k}\Omega/\text{V}$)高。

练习 1-3

分压式单管交流放大器直流通道部分, 分别用 MF 10、MF 47F 型万用表测量 b、e 两点之间的电压, 观察测量误差值填入表 1-4 内。

表 1-4 不同万用表的测量值

b、e 理论电压	用 MF 10 测量 b、e 电压	用 MF 47F 测量 b、e 电压
0.7 V		

此实验也可以选择其他内阻不同的万用表做对比实验。

4. 用万用表测量交流电压

MF 47F 型万用表测量交流电压的挡位有 1 000 V 、 500 V 、 250 V 、 50 V 、 10 V 五个。

(1) 在测量交流电压时, 不必考虑极性, 只要将万用表并联接入被测电路即可。一般交流电压内阻很小, 因此不必要选用电压灵敏度高的万用表。注意, 交流电压挡测量的只能是正弦波, 其频率应小于或等于万用表的允许工作频率, 否则就会产生较大误差。

(2) 不要在测量较高的电压(如 220 V)时拨动拨盘开关, 以免产生电弧, 烧坏拨盘开关的触点。

(3) 在测量大于或等于 100 V 的较高电压时, 必须注意安全。最好先把一支笔固定在被测电路的公共端, 然后用另一支笔去接触另一端测试点。

(4) 几点注意。

① 用直流电压挡测量交流电压时, 电压值为零, 而且测量时间过长(直流电压挡低于被测交流电压条件)时, 万用表将被烧毁。

② 交流电压挡测量直流电压时电压读数可能为零, 也可能电压读数虚高(与万用表红、黑笔接法有关)。

③ 在测量有感抗电路中的电压时, 在测量后, 必须先把万用表断开, 再关闭电源。否则在切断电源时, 因为电路感抗元件的自感现象, 可能会产生高压把万用表烧坏。

(5) 用万用表测量电平。在电路系统中常用电平表示该点的电压有效值。故万用表交流电压挡上带有电平刻度, 零电平是指 $600\text{ }\Omega$ 阻抗上产生 1 mW 的功率, 即对应的电压有效值为 0.775 V 。如果被测电路的阻抗不等于 $600\text{ }\Omega$, 则按下式进行核算

$$\text{实际电平值} = \text{万用表 dB 读数} + 10\lg(600/Z)$$

式中, Z 为被测电路的阻抗值。

如果负载上的阻抗改变为 $135\text{ }\Omega$, dB 所测得的信号电压是 0.367 V 左右。

测量电平时应把拨盘开关拨到交流 10 V 挡上, 万用表只适合测量音频电平。如电路上有直流电压, 则必须串联一只 $0.1\text{ }\mu\text{F}/450\text{ V}$ 的电容器将直流隔断后再测量。

二、数字式万用表

数字式万用表(以下简称数字万用表)采用集成电路, 具有显著优点: 读数容易、准确、精度高、性能稳定、耐用, 在强磁场下也能正常工作。常见的便携式数字万用表显示数字的位数

有三位半、四位半、五位半,显示数值最大值依次为 1.999、1.999 9、1.999 99,位数越多,万用表的分辨率越高。

现以 M890B+ 型数字万用表说明其使用方法和注意事项。

(一) 面板功能介绍

如图 1-6 所示为 M890B+ 型数字万用表面板图,现说明如下:

- (1) 液晶显示屏。
- (2) 拨盘开关。
- (3) 下方有四个插孔,分别为 $20A_{MAX}$ 、mA、COM 和 V/ Ω 。

万用表黑笔插入 COM 孔,在测量电阻、二极管和电压时,红笔插入 V/ Ω 孔;在测量 200 mA 以下的小电流时,红笔插入 mA 孔,超过 200mA 且低于 20A 时插入 $20A_{MAX}$ 孔。

面板液晶显示屏右下方的圆插孔用于测量晶体管的直流放大倍数。在使用时,分别把 NPN 和 PNP 两种晶体管的 c、b、e 对应插入万用表面板上 NPN 和 PNP 的 c、b、e 三个插孔中,拨动拨盘开关至 h_{FE} 挡位。

- (4) 总开关: ON/OFF。

(二) 数字万用表的使用方法

测试前,根据被测对象是电流、电压、电阻、电容、晶体管、二极管及被测对象参数的大小选择相应的电流、电压、电阻、电容、晶体管、二极管挡。选择表笔插孔。根据被测对象参数数值的大小选择适当大小的挡位。

1. 用万用表测量电阻

M890B+ 型数字万用表测量电阻的挡位有 200、2 k、20 k、200 k、2 M、20 M、200 M 七个。

(1) 测量时,将黑笔插入 COM 孔,红笔插入 V/ Ω 孔,根据已知电阻标称值选择相应合适的量程。如已知电阻为 5.1 k Ω ,则选择 20 k Ω 量程的挡位。

(2) 用数字万用表测量电阻时,红笔接表内干电池的正极,黑笔接表内干电池的负极,这与指针式万用表相反。

(3) 测量较大的电阻时,手不要同时接触电阻的两端,否则人体电阻会与被测电阻并联,使测量结果不准确,测试值会大大减少。另外测量电路中的电阻时,一定要将电路的电源切断,否则不但测量不准确,还会将万用表烧毁,同时还应把被测电阻的一端从电路上断开再进行测量,否则测得的是电路在该两点间的总电阻。

(4) 数字万用表测得的电阻值是液晶屏显示数值,单位值是量程挡位值。如 200 k 挡位,液晶显示屏显示 19.5,电阻值应为 19.5 k Ω 。

练习 1-4

现有标称值分别为 1 k Ω 、8.2 k Ω 、100 k Ω 的电阻三只,分别选用电阻挡为 200、2 k、20 k、200 k 的四个不同挡位对三只电阻进行测量,把测量后的电阻值填入表 1-5 内。观察挡位不同对被测电阻值的影响。



图 1-6 M890B 型数字万用表

表 1-5 不同挡位的测量值

标称电阻值	实测电阻值			
	万用表 200 挡	万用表 2 k 挡	万用表 20 k 挡	万用表 200 k 挡
1 kΩ				
8.2 kΩ				
100 kΩ				

注：当万用表测量量程挡位小于电阻值时显示 1，称为过量程。当万用表测量量程挡位远远大于电阻值时显示不准确或显示 0。

2. 用万用表测量直流电流

M890B+ 型数字万用表测量直流电流的挡位有 2 m、20 m、200 m、20 四个。

- (1) 将黑笔插入 COM 孔，测量最大值不超过 200 mA 的电流时，红笔插 mA 孔；测量 200 mA ~ 20 A 范围的电流时，红笔应插 20 A_{MAX} 孔。
- (2) 正确地选择电流表挡位，把万用表串联在被测电路中。如果测出电流值的前面出现负号，说明电流的实际方向与万用表测量的参考方向相反。
- (3) 量程挡位小于实测电流值时，万用表上显示 1，称为过量程。过量程使用会烧坏熔断器，应及时更换(20A 挡位无熔断器)，只要重新选择大电流量程挡位即可。
- (4) 量程挡位远远大于实测电流值时，测量显示电流值不准确。
- (5) 测量大电流如 200 mA 以上时，千万不要在测量过程中拨动拨盘开关，以免产生电弧，烧坏拨盘开关的触点。

3. 用万用表测量交流电流

M890B+ 型数字万用表测量交流电流的挡位有 20 m、200 m、20 三个。

- (1) 将黑笔插入 COM 孔(电流小于 200 mA)，红笔插入 mA 孔，电流大于 200 mA 且小于 20 A 时，红笔插入 20A_{MAX} 孔，红、黑两笔串联在交流电路中。
- (2) 根据预测交流电流数值预先选择好电流挡位。
- (3) 在测量大电流如 200 mA 以上时，千万不要在测量过程中拨动拨盘开关，以免产生电弧，烧坏拨盘开关的触点。

练习 1-5

取 100 Ω、1 kΩ、10 kΩ 的三只电阻，100 Ω 用 1 W 以上，如图 1-7 所示接好。
分别用万用表 AC200m 挡、AC20m 挡测量，并分别填入表 1-6 中。

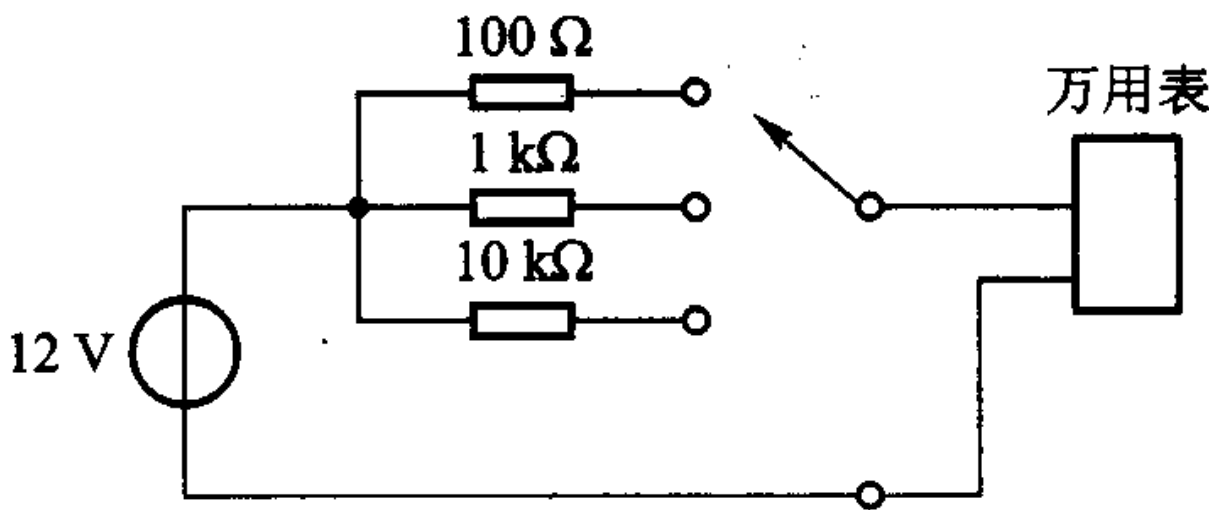


图 1-7 测量示意图

表 1-6 不同挡位的测量值

电 压	电阻值	理论电流值	AC200 m 挡	AC20 m 挡
12 V	100 Ω			*
	1 kΩ			
	10 kΩ			

* 表示表笔碰一下，马上分开，速度要快。

从实验中可以看出实际测量值和电流挡位有关,挡位准确,电流测量准确度高;电流挡位过大,电流测量准确度低;电流挡位过小,显示屏显示为1(过量程)。

4. 用万用表测量直流电压

M890B+型数字万用表测量直流电压的挡位有200 m、2、20、200、1 000五个。

- (1) 将黑笔插入COM孔,红笔插入V/ Ω 孔。
- (2) 根据被测电压的大小,调整好万用表的挡位。
- (3) 如不知道被测电压的大小,应放到1 000挡开始测量。
- (4) 不要在测量较高的电压(如100 V)时拨动拨盘开关,以免产生电弧,烧坏拨盘开关的触点。
- (5) 在测量大于或等于100 V的较高电压时,必须注意安全。最好先把一支笔固定在被测电路的公共端,另一支笔去接触另一端的测试点。

5. 用万用表测量交流电压

M890B+型数字万用表测量交流电压的挡位有2、20、200、700四个。

- (1) 将黑笔插入COM孔,红笔插入V/ Ω 孔。
- (2) 根据被测电压的大小,选择电压挡位。
- (3) 如不知道被测电压的大小,应先拨到700的挡位,根据测量电压相应的数值再重新选择挡位。
- (4) 不要在测量较高压时拨动拨盘开关,以免产生电弧,烧坏拨盘开关触点。
- (5) 在测量大于等于100 V的较高电压时,必须注意安全,特别是市电220 V以上的电压。最好先把一支笔固定在被测电路的公共端,另一支笔去接触另一端的测试点。

练习1-6

分别用万用表直流电压20 V挡和交流电压20 V挡测量从直流电源输出的12 V和交流电源输出的12 V,并将测量结果分别填入表1-7中。

表1-7 不同挡位的测量值

电 源 电 压	万用表 AC20 V 挡测量值	万用表 DC20 V 挡测量值
AC12 V		
DC12 V		

从测量数据可以看出,交流电压用直流电压挡位测量,显示值为0,直流电压用交流电压挡位测量,显示值也为0。

6. 用万用表测量电容

M890B+型数字万用表测量电容的挡位有2 000 p、20 n、200 n、2 μ 、20 μ 五个。

- (1) 直接把电容器插入CX孔内,如图1-8所示。
- (2) 根据被测电容值选择挡位。挡位选择过大,电容显示过小或者为0;挡位选择过小,电容显示值为1。
- (3) 被测电容的容量最大值不能超过20 μ F,否则显示为1。

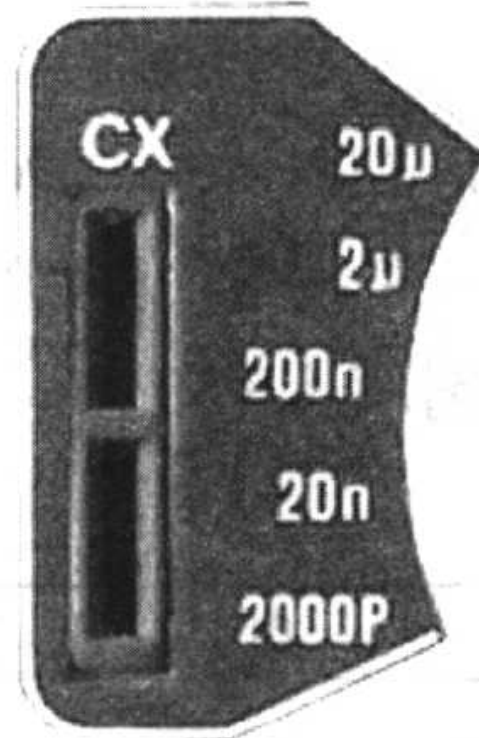


图1-8 电容测试挡位

练习1-7

取100 pF、0.001 μ F、0.1 μ F、10 μ F的四只电容器分别插入CX孔内,

用五个挡位分别测量数值后，依次填入表 1-8 内。

表 1-8 各挡位实际测得容量值

标称电容量	200 pF	20 nF	200 nF	2 μ F	20 μ F
100 pF					
1000 pF					
0.1 μ F					
10 μ F					

7. 二极管测试及带蜂鸣器连续测试

- (1) 将黑笔插入 COM 孔，红笔插入 V/ Ω 孔(红笔,极性为“+”)。
- (2) 将拨盘开关置于  位置。
- (3) 红笔接二极管正极，黑笔接负极，即可测二极管正向压降的近似值。
- (4) 将表笔接于被测电路两点，若该两点间的电阻小于 70 Ω 时，蜂鸣器将发声。

8. 晶体管 h_{FE} 的测试

- (1) 将拨盘开关置于 h_{FE} 位置。
- (2) 将已知 PNP 或 NPN 型晶体管的三只引脚分别插入万用表面板右上方对应的插孔，显示屏将显示出 h_{FE} 近似值。

测试条件为： $I_B = 10 \mu A$ ， $V_{CE} = 2.8 V$ 。

9. 脉冲值的测量

数字万用表采用分时段采样的计量方式。在对脉冲电路测量时，由于各时段采样值不一致，所以数字万用表显示屏上显示出的数值是无规律的变化值。

第二节 钳形电流表

钳形电流表是一种不需要断开电路就可以直接测量交流电流的便携式仪表。在电气检修中使用非常方便，应用相当广泛。钳形电流表有指针式和数字式两种。本节以介绍指针式为主。

一、指针式钳形电流表的基本结构和工作原理

钳形电流表简称钳形表。主要由一只电磁式电流表和穿心式电流互感器组成。

穿心式电流互感器的铁心制成活动开口成钳形，如图 1-9 所示。使用时，单根被测导体穿过铁心中间。穿心式电流互感器的二次绕组缠绕在铁心上，且与交流电流表相连。它的一次绕组即为穿过互感器中心的被测导线。

根据被测电流的大小调节合适的拨盘开关。扳手的作用是开合穿心式互感器的可动部分。

测量电流时，按动扳手，打开钳口，将被测单根导线置于活动铁心中间，当被测导线中有交流电流通过时，交流电流的磁通在互感器的二次绕组中感应出电流，该电流通过电磁式电流表的线圈，使指针发生偏转，在表盘刻度尺上指出被测电流值。

二、钳形电流表的正确使用方法

(1) 测量前，应检查电流表指针是否指向机械零位。否则用小螺丝刀进行机械调零。

(2) 测量前，还应检查钳口的开合情况，钳口的可动部分开合自如，两边钳口结合面接触紧密，接合面干净，如钳口上有污物和锈蚀，应擦拭干净，否则测量的电流值会小于实际值。

(3) 测量时，拨盘开关应置于适当位置。为了减少测量误差，最好使指针超过中间位置。如事先不知道被测电路电流的大小，可先将拨盘开关置于最大电流挡，然后再根据指针偏转的情况将拨盘开关调整到合适位置。注意，拨动拨盘开关时应把导线从钳口中取出。

(4) 当被测电路的电流太小时，为提高测量精确度，可将被测导线在钳口部分的铁心柱上绕几圈再进行测量，将所测量数值除以穿入钳口内导线的缠绕根数即得实测电流值。如缠绕在铁心内侧上的线圈有4根，指针指示2A，实际电流是 $2\text{A}/4=0.5\text{A}$ 。



图 1-9 钳形电流表

(5) 测量时应使被测导线垂直置于钳口内的中心位置，以减少测量误差。

(6) 钳形电流表不用时，应将拨盘开关旋至电流最高挡或电压最高挡，以免下次使用时不慎损坏仪表。

(7) 有些钳形电流表为了在电工设备上测量方便，还附有交流电压测量和简单的电阻测量，测量的方法与万用表中的交流电压和电阻测量相同。

(8) 数字式钳形电流表的测量方法与指针式钳形电流表的测量方法大致相同，只是不需要机械调零，表内增加一个叠层电池，在长期不使用时务必把电池取出，以免电池漏液腐蚀内部电路。

练习 1-8

取一台 0.5 kW 的三相异步交流电动机，接入三相电源，合闸让电动机运行后，用钳形电流表 5 A 挡测量其中某一相电流，记录在表 1-9 内，把同一相导线在钳口绕三圈再观察钳形电流表的变化，也把电流记录在表 1-9 内，比较钳形电流表测量小电流时用哪种方法测量读数比较准确。

表 1-9 不同方法的测量值

钳口内为一根导线时的电流值	A
钳口内为三根导线时的电流值	A

注意：钳口内为三根导线时所测得电流值要除以 3 才等于实际电流通过值。

思考题：

1. 钳形电流表使用中应注意哪些事项？
2. 钳形电流表根据什么原理制成？