

职 / 业 / 技 / 能 / 鉴 / 定 / 培 / 训 / 丛 / 书

程 周 主编

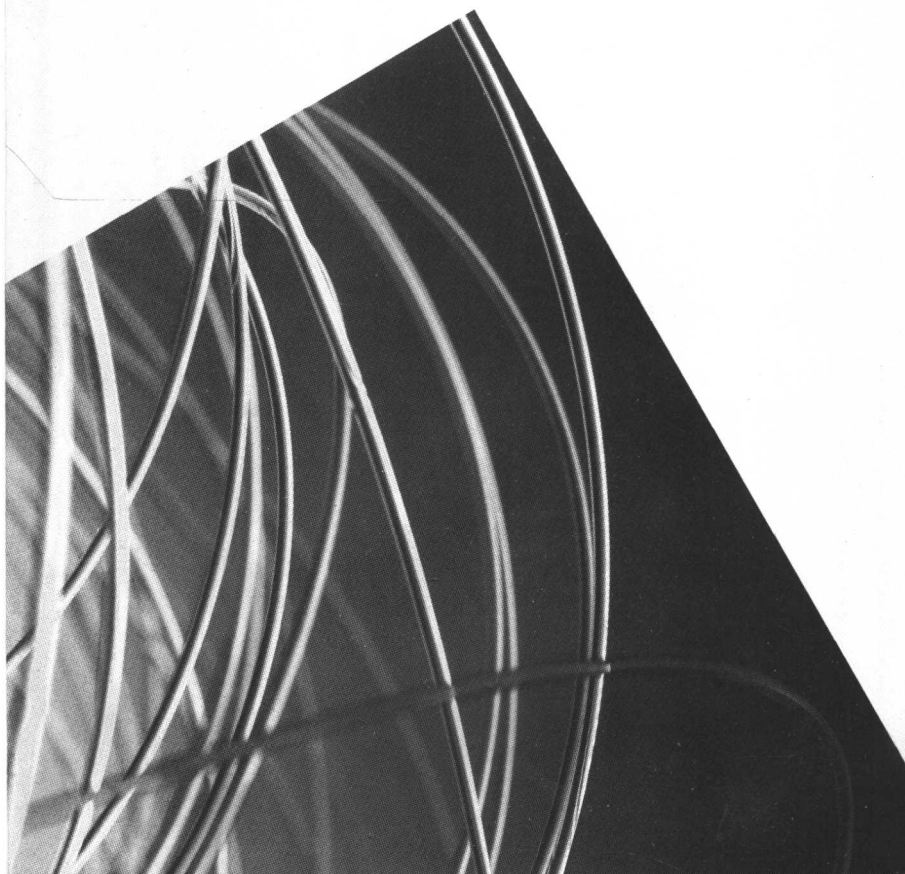
初级维修电工 技术速成

福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

职 / 业 / 技 / 能 / 鉴 / 定 / 培 / 训 / 丛 / 书

初级维修电工技术速成

— 程 周 主 编 —



福建科学技术出版社
FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

初级维修电工技术速成/程周主编. —福州: 福建科学技术出版社, 2007.4

(职业技能鉴定培训丛书)

ISBN 978-7-5335-2948-2

I. 初… II. 程… III. 电工—维修—职业技能鉴定—教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 005984 号

- 书 名 初级维修电工技术速成
职业技能鉴定培训丛书
- 主 编 程周
- 出版发行 福建科学技术出版社 (福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
- 网 址 www.fjstp.com
- 经 销 各地新华书店
- 排 版 福建科学技术出版社排版室
- 印 刷 福州德安彩色印刷有限公司
- 开 本 850×1168 毫米 1/32
- 印 张 6.5
- 字 数 154 千字
- 版 次 2007 年 4 月第 1 版
- 印 次 2007 年 4 月第 1 次印刷
- 印 数 1—4 000
- 书 号 ISBN 978-7-5335-2948-2
- 定 价 12.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换。

前 言

本书是根据劳动部制定的《维修电工》（初级）国家职业技能鉴定及技术工人等级（初级）考核标准编写的，可作为参加国家职业技能鉴定人员学习用书，也可作为全国职业学校电类各专业及其他相关专业的实践教学指导用书。

在学习本书过程中，要注意在内容上把握好“宏观了解、注重应用”的原则，注重从宏观上了解初级维修电工所涉及的原理、作用、功能、型号、安装及维护方法。书中涉及的基础理论知识，以“了解”其层次为主体，以能够解决职业技能鉴定中应会部分的考核点为目标，不宜也没有必要对“专”、“深”的专业理论进行研究。学习本书，应将应用性放在首要位置，掌握维修电工工种应会部分的技能，特别是操作知识和技能，应做到“明白道理，安装有序，排除故障，心中有底”。

在编写过程中，编者充分考虑到该层面读者的自学能力及必须掌握知识的深浅，按照维修电工初级、中级的要求逐步加深，以帮助读者分阶段完成初级工、中级工的职业技能鉴定，顺利取得国家五级、四级职业资格证书。

读者在自学过程中，要学会运用知识，理解所学知识在实际操作和维护中的应用；重视操作的训练，在实际操作过程中学习，在应用中巩固概念，掌握分析问题的方法；在学习过程中养成发现问题、提出问题、讨论问题的习惯。

本书由程周主编。由于编者学识和水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请同行和广大读者批评指正。

编者

2007年1月

目 录

第一章 电工基础知识	(1)
一、电路的主要物理量	(1)
二、欧姆定律与电阻元件	(3)
三、电路状态与负载的连接	(7)
四、基尔霍夫定律	(12)
五、电容器与电容量	(13)
六、楞次定律及右手定则	(18)
七、自感与互感	(22)
八、交流电的基础知识	(24)
第二章 常用电工工具与电工材料	(30)
一、电工工具	(30)
二、万用电表	(35)
三、常用电工材料	(39)
四、导线连接与绝缘恢复	(42)
第三章 二极管与三极管	(49)
一、二极管	(49)
二、整流、滤波电路	(52)
三、稳压电路	(54)
四、三极管	(55)

第四章 变压器	(63)
一、变压器的结构与工作原理	(63)
二、几种常用变压器	(65)
三、小型变压器的绕制与维修	(68)
第五章 电动机	(75)
一、三相异步电动机的工作原理与特性	(75)
二、三相异步电动机常见故障维修	(85)
三、小型三相异步电动机定子绕组的重绕	(92)
第六章 常用低压电器	(106)
一、开关及按钮	(106)
二、熔断器与交流接触器	(109)
三、继电器	(112)
四、空气断路器	(115)
第七章 基本控制线路	(117)
一、电气图形符号和文字符号	(117)
二、电气图的分类与作用	(119)
三、点动与长动控制	(122)
四、正、反转控制	(127)
五、位置控制	(131)
六、顺序和多点控制	(135)
七、时间控制	(138)

第八章 动力及照明线路	(140)
一、车间动力线路.....	(140)
二、车间照明线路.....	(142)
第九章 安全用电	(144)
一、人体触电及其防护.....	(144)
二、使用电气设备时防止触电的保护措施.....	(145)
三、触电急救.....	(148)
四、电气火灾的防范及扑救.....	(148)
模拟试题及参考答案.....	(150)
附录一 常用电工图形符号.....	(193)
附录二 常用电工文字符号.....	(197)
参考书目.....	(199)

第一章 电工基础知识

一、电路的主要物理量

1. 电流

电流是电荷在导体中定向的流动。正电荷定向移动的方向规定为电流方向。电流的大小等于通过导体横截面积的电荷量 q 与通过这些电荷所用时间 t 的比值，即

$$I = \frac{q}{t}$$

电流的单位是安培，简称安（A），常用的单位还有毫安（mA）、微安（ μA ）等。

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

2. 电动势

电源是把其他形式的能转化为电能的装置。不同的电源转化电能的本领不同，这种本领越大，我们就说它的电动势越大。因此，电动势是描述电源把其他形式的能转化为电能本领的物理量。电动势用字母 E 表示，其单位为伏特，简称伏（V）。

电源的两极分别称为正极（+）和负极（-），电动势的方向规定从电源负极（经电源内部）指向电源正极，如图 1-1 所示。

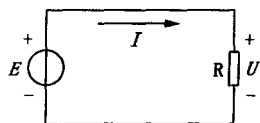


图 1-1 电动势的方向

3. 电压

要维持某段电路中的电流，就必须在其两端保持电压。发电机、电池等电源，都能够在电路中产生和保持电压，把电源连接到闭合电路中，就能在电路中形成电流。

电压用字母 U 表示，其单位是伏特 (V)。电压的方向规定由正极 (高电位端) 指向负极 (低电位端)。

4. 电位

电位 (也称电势) 用字母 V 表示，不同点的电位用字母 V 加下标表示，如 V_A 表示 A 点的电位值。就像空间的每一点都有一定的高度一样，电路中每一点都有一定的电位。电路中电流的产生必须有一定的电位差，在电源外部通路，电流从高电位点流向低电位点。衡量电位高低必须有一个计算电位的起点，称为零电位点，该点的电位值规定为 $0V$ 。

零电位点是可以任意指定的，但习惯上规定大地的电位为零，称为零电位点。电路中零电位点规定后，电路中任何一点与零电位之间的电压，就是该点的电位。当各点电位已知后，我们就能求出任意两点 (A、B) 间的电压 (即两点间的电位之差)。例如， $V_A = 5V$ ， $V_B = 3V$ ，那么 A、B 之间的电压为

$$U_{AB} = V_A - V_B = (5 - 3) V = 2V$$

5. 电能

导体中产生电流的原因是导体两端的电压在导体内部建立了电场，在电场力 (静电力) 推动下搬运电荷。若导体两端电压为 U ，通过导体横截面的电荷量为 q ，电场力所做的功就是电路所消耗的电能 $W = qU$ ，由于 $q = It$ ，所以

$$W = qU = UIt$$

电能的单位为焦耳，简称焦 (J)。在实际应用中，常以千瓦时 ($kW \cdot h$) (俗称度) 作为电能的单位。1 千瓦时在数值上等于功率为 1 千瓦的用电器工作 1 小时所消耗的电能。

$$1 \text{ 度} = 1kW \cdot h = 1000W \times 3600s = 3.6 \times 10^6 W \cdot s = 3.6 \times 10^6 J$$

电能是可以直接测量的，电能表 (俗称电度表) 就是用来直接测量电能的，它是记录电路 (用电设备) 消耗电能的仪表。

6. 电功率

用电设备在单位时间 (t) 里所消耗的电能 (W) 叫做电功率, 用字母 P 表示。

$$P = \frac{W}{t} \text{ 或 } P = UI$$

电功率的单位是瓦特, 简称瓦 (W), 显然电路中电压越高, 电流越大, 其电功率也就越大。电功率可用功率表进行测量。

二、欧姆定律与电阻元件

(一) 欧姆定律

1. 一段电阻电路欧姆定律

在一段电阻电路中, 电流、电阻和电压之间满足欧姆定律, 其关系为

$$I = \frac{U}{R}$$

上式表明, 在电路电压一定的情况下, 电路电阻越大, 电路中电流就越小 (电阻一般不随电压或电流的改变而发生变化)。也就是说电阻越大, 对电流的阻碍作用越大。电阻的单位为欧姆, 简称欧 (Ω), 常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。

2. 全电路欧姆定律

对整个电路来说, 电源本身的电流通路称为内电路, 电源以外的电流通路称为外电路, 内电路和外电路总称为全电路, 如图 1-2 所示。

全电路中电流、电阻和电动势之间满足全电路欧姆定律, 其关系为

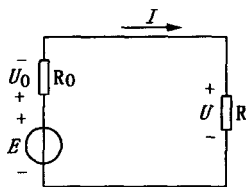


图 1-2 全电路

$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

电路中的电流 I 不仅与电动势 E 、外电路电阻 R 有关，而且还与内电阻 R_0 有关。一般情况下，电源内阻越小越好，这样可以向外电路提供更大的电流（电能）。

（二）电阻元件

1. 电阻元件的电流、电压关系

将电阻两端电压与流过电阻的电流用图形表示，称为该电阻的电流、电压关系特性。在电阻为恒定值时，电流随着电压线性增长，其特性如图 1-3 所示。由图可见，电阻越小，这条直线越陡；随着电阻值的增大，这条直线的斜率变小。

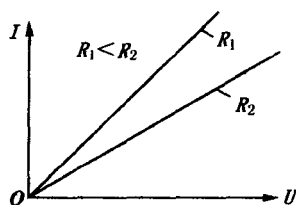


图 1-3 不同阻值电阻的电流、电压关系特性

2. 线性电阻和非线性电阻

如果电阻的值是恒定的，即能够遵循欧姆定律，该电阻称为线性电阻。否则，不服从欧姆定律的电阻就是非线性电阻，如压敏电阻器和热敏电阻器。线性电阻和非线性电阻的电压、电流特性如图 1-4 所示。

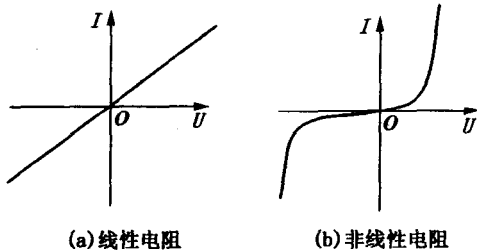


图 1-4 电阻的电流、电压特性

(三) 常用电阻元件

1. 线性电阻

常见线性电阻外形如图 1-5 所示。电阻元件的参数（如阻值、功率、允许误差等）一般都直接标注在电阻上，也有使用色环来表示，紧靠电阻器一端的色环为第一环。色环表示的意义见表 1-1。

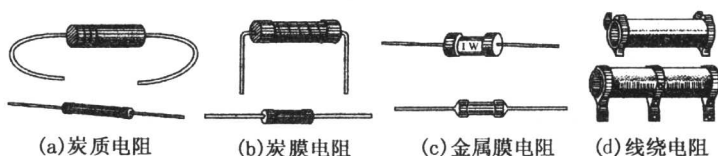


图 1-5 常见电阻元件的外形

表 1-1 色环的意义

颜色	有效数字	乘数	允许偏差 (%)	工作电压 (V)
银		10^{-2}	± 10	
金		10^{-1}	± 5	
黑	0	10^{-0}		4
棕	1	10^1	± 1	6.3
红	2	10^2	± 2	10
橙	3	10^3		16
黄	4	10^4		25
绿	5	10^5	± 0.5	32
蓝	6	10^6	± 0.25	40
紫	7	10^7	± 0.1	50
灰	8	10^8		63
白	9	10^9	+50, -20	
无色			± 20	

利用色环标记标出电阻主要参数有二位有效数字和三位有效数字两种方法。图 1-6 为二位有效数字色标示例，图 1-7 为三位有效数字色标示例。

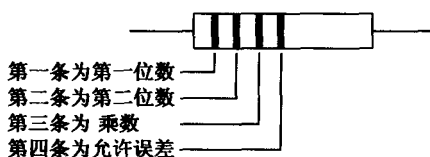


图 1-6 两位有效数字色标示例

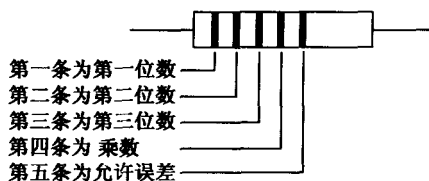


图 1-7 三位有效数字色标示例

2. 非线性电阻

热敏电阻和压敏电阻都属于非线性电阻。图 1-8 所示是热敏电阻的外形图。热敏电阻有两类，一类称为负温度系数热敏电阻，简称 NTC 电阻；另一类称为正温度系数热敏电阻，简称 PTC 电阻。

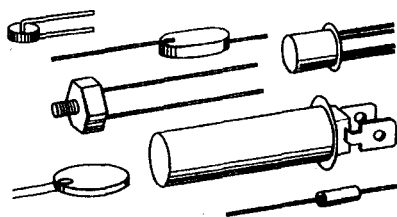


图 1-8 热敏电阻的外形

NTC 电阻在一定的温度范围内具有大的负温度系数，其电阻值具有随温度升高而急剧下降的特性。在大电流流过 NTC 电

阻时，由电流对其自行加热，电流越大，温度越高，对应的电阻值越小。NTC 电阻广泛应用于温度测量和温度调节，还可以作为补偿电阻，对具有正温度系数特性的元件（例如晶体管）进行补偿；它作为起动电阻使用，可以抑制小型电动机、电容器和白炽灯在通电瞬间所出现的大电流（冲击电流）。

PTC 电阻在一定的温度范围内有较大的正温度系数，其电阻值具有随温度升高而急剧增大的特性。PTC 电阻可用于小范围的温度测量、过热保护和延时开关。

压敏电阻外形如图 1-9 所示，这种电阻的阻值随电压的增大而急剧减小。压敏电阻在低电压时具有较大的电阻。而当电压较大时，电阻变小，通过电阻的电流增大了许多倍。压敏电阻可用于过压保护，将它并联在被保护元件两端，当出现过电压时，其电阻急剧减小，而将电流分流，起到保护被保护元件的目的。

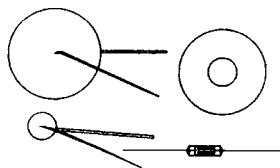


图 1-9 压敏电阻的外形

三、电路状态与负载的连接

（一）电路的状态

电路主要有以下三种状态：

1. 通路

通路状态如图 1-10 所示，电路中有电流及能量的传输和转换，电源处于有载状态。

根据全电路欧姆定律，电路中的电流 $I = \frac{E}{R_0 + R}$ ，由此式可得

$$E = RI + R_0 I = U + U_0$$

此式称为电压平衡式。将式中各项乘以电流 I ，可得

$$EI = UI + U_0 I$$

即

$$P_s = P_L + P_0$$

上式表明，通路时电源产生的电功率 P_s 等于负载从电源得到的功率 P_L 和电源内部的损耗功率 P_0 之和，即功率是平衡的。

2. 开路

开路状态如图 1-11 所示。由于负载与电源断开，电路中没有电流，此时电源和负载之间没有能量的输送和转换，电源处于空载状态。

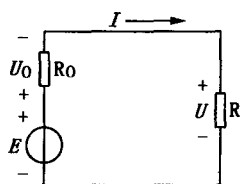


图 1-10 通路状态

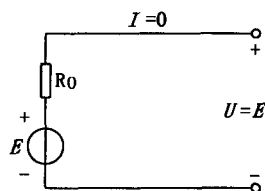


图 1-11 开路状态

开路时，电路中电流 $I=0$ ，电源内阻上电压降 $R_0 I = U_0 = 0$ ，由 $E = U + U_0$ 可得开路端电压（电源输出端电压）为

$$U = E - U_0 = E$$

即开路时电源输出端电压等于电源电动势。

3. 短路

短路状态如图 1-12 所示，此时电源两端被导线连在一起，电流不再流过负载。短路时，外电路总等效电阻 $R=0$ ，根据全电路欧姆定律可得短路电流为

$$I_{\text{短}} = \frac{E}{R_0}$$

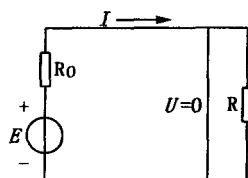


图 1-12 短路状态

由于电源内阻一般非常小，所以电源短路时，电流比正常工作是大得多，此时电源输出端电压 $U=0$ 。

发生短路时，应及时切断电路，否则将引起剧烈发热而使电源、导线等烧毁。在电路中接入过电流保护装置，例如在电源进线处安装熔断器（保险丝）或空气断路器就是这个目的。

（二）负载的连接

1. 负载的串联

串联形式如图 1-13 所示，电路中负载电阻没有分支路的依次相连，电流只有一条通路。串联电路遵循以下规律：

- ① 串联电路中流经各负载电阻的电流 I 相同，各负载电阻两端电压分别为 $U_1 = R_1 I$ 、 $U_2 = R_2 I$ ；
- ② 电源总电压等于各负载电阻两端电压之和，即 $U = U_1 + U_2$ ；
- ③ 串联后的等效电阻 $R = R_1 + R_2$ 。

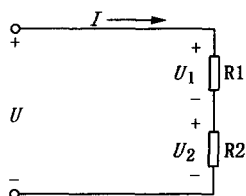


图 1-13 负载的串联

2. 负载的并联

并联形式如图 1-14 所示，电路中每个负载电阻都直接承受电源电压，所以每个负载电阻都在相同的电压下工作。并联电路遵循以下规律：

- ① 并联电路中各负载端电压 U 与电源电压相同，即 $U = U_1 = U_2$ ，如果某个负载电阻的额定电压低于电源电压，就不能将它并联在电路中；
- ② 电源发出的总电流等于各负载电流之和，即 $I = I_1 + I_2$ ；
- ③ 并联后的等效电阻 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ ，或 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ 。

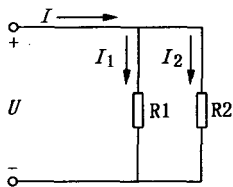


图 1-14 负载的并联

(三) 电气设备额定值

电气设备在正常工作时对电流、电压和功率具有一定限额，这些限额可以表征电气设备工作的条件和工作能力，我们称之为额定值。标注额定值的方法很多，有的用铭牌标出，如电动机、电冰箱、电视机；也有的直接标在该产品上，如白炽灯泡、电阻。额定值还可以从产品目录中查到，例如各种半导体器件。

正确使用电气设备必须遵守该产品额定值的限定。使用中，当实际值等于额定值时，电气设备的工作状态称为额定状态；如果实际值超过额定值，就可能引起电气设备的损坏或降低使用寿命，即发生了过载情况；如果实际值低于额定值，某些电气设备也可能发生损坏，但多数是不能发挥正常的效能，这种情况称欠载。例如，照明灯泡标有 220V 40W，表明该灯泡在 220V 额定电压下，消耗的额定功率为 40W。如果灯泡两端的电压达不到 220V，灯泡会因欠载使其消耗的功率小于 40W，其亮度就会下降。又如，电容器上标有 $2.2\mu\text{F}/400\text{V}$ ，表明该电容器的电容量为 $2.2\mu\text{F}$ ，能够承受的电压是 400V，当实际加在电容器两端的电压大于额定电压 400V 时，电容器就会因电压超过额定值而损坏，只有外加电压在 400V 及其以下时，电容器才能正常工作。

(四) 电路中各点电位的计算

在分析电子电路时，常用到电位的概念。在分析、计算电路中某点的电位时，就涉及选择参考点。选择参考点从原则上讲是任意的，但一经选定，在分析和计算过程中就不得改动。在实际应用中，对于强电的电力电气线路，是以大地为参考点，用符号“ $\perp$ ”表示；在弱电的电子电路中，以装置的外壳和底板为参考点，用符号“ $\perp$ ”表示。

为了便于说明，这里以一个实际电路为例，分析电路中各点