



职业技能培训系列教材

ZHIYE JINENG PEIXUN XIULIE JIAOCAI

维修电工 基本技能

康霞 李楚 主编



中国林业出版社



职业技能培训系列教材

维修电工基本技能

康 霞 李 楚 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

维修电工基本技能/康霞,李楚主编. —北京:中国林业出版社,2009.6

(职业技能培训系列教材)

ISBN 978-7-5038-5625-9

I. 维… II. ①康…②李… III. 电工—维修—技术培训—教材 IV. TM07
TS976.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101337 号

出版:中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同7号)

编者咨询 E-mail:bjbwy@163.com 电话:010-67061986

发行:新华书店北京发行所

印刷:北京市昌平百善印刷厂

印次:2009年9月第1版第1次

开本:880mm×1230mm 1/32

印张:5.75

字数:160千字

印数:8250

定价:11.00元

前 言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训,能够在短期内使受培训者掌握一门技能,达到上岗要求,顺利实现就业。为了提高各行各业劳动者的知识与技能水平,增强其就业的能力,我们特意组织了全国各地一批长期在一线从事职业培训教学、富有经验的知名老师编写了这套职业技能培训教材。

本套教材是为了适应开展职业技能短期培训的需要、促进短期培训向规范化发展而编写的。该套教材以相应职业(工种)的国家职业标准和岗位要求为依据,根据上岗前职业培训的特点和功能,以基本概念和原理为主,突出针对性和实用性,理论联系实际,使读者一读就懂,一学就会。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。由于时间仓促和编写者的水平有限,书中错漏之处敬请读者批评指正,在此深表感谢。

编 者

2009年6月

目 录

第一单元 电工常识	(1)
模块一 电工基础知识	(1)
模块二 基本安全常识	(23)
模块三 供电基本常识	(26)
第二单元 维修电工常用工具简介	(30)
模块一 常用电工工具简介	(30)
模块二 常用仪表简介	(37)
模块三 登高与搬运工具简介	(49)
第三单元 各种线路的安装与维修	(53)
模块一 配线方法和电工基本操作技能	(53)
模块二 低压配电箱基本知识	(62)
模块三 照明装置基本知识	(83)
模块四 电子技术的基本操作技巧	(99)
模块五 简单电子电路的安装、测试及维修基本知识	(110)



第四单元	电动机及其控制线路的安装与检修	……	(118)
模块一	电动机	……	(118)
模块二	电动机控制线路基本知识	……	(130)
模块三	电动机控制线路的安装与检修基本知识	……	(168)

第一单元 电工常识

模块一 电工基础知识

一、直流电路

1. 电路及相关物理量

(1) 电路和电路图。

电路就是指电流所通过的路径。某些电工元件或电工设备用导线和开关进行连接，即可组成电路。由电源、电灯泡、开关经导线连接即可构成一个简单电路，如图 1-1 所示。当开关断开时，电流无法流经电灯泡，因此电灯泡不会发亮；当开关闭合时，电流流过电灯泡，电灯泡发光。

电路是用电路图进行表示的，其中电路图中的元件要用国际标准符号表示。图 1-1 所示电路的电路图可用图 1-2 表示。

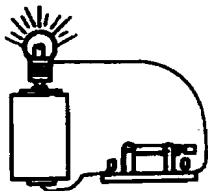


图 1-1 电路

电源、负载、开关和连接导线 4 个基本部分组成日常生活中常见的电路。

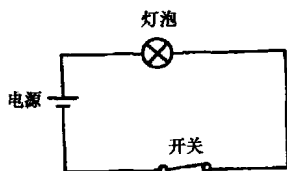


图 1-2 电路图

电路通常可分为 3 种状态：断路、通路和短路：

断路就是电源两端或电路某处断开，电路中没有电流通过，电源不向负载输送电能。

通路是指电路中开关闭合，有电流通过负载。

短路就是导线直接将电源连接起来，电路中没有电阻，此时导线中电流很大。

(2) 电流。

电流就是指电荷有规则地定向移动。电流在数值上是以单位时间内通过导体横截面电荷量的多少来计算的。若在 t 秒内通过导体横截面的电荷量为 Q 库仑，则电流 I 就可表示为：

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

电流是矢量，既有大小，也有方向，规定正电荷移动的方向为电流的方向。在实际工作中，选择导线的粗细（横截面）时涉及到电流密度。电流密度 j 是指当电流在导体的截面上均匀分布时，该电流与导体横截面积的比值。其数学表达式为：

$$j = \frac{I}{S}$$

选择合适的导线横截面积，才能保证使导线的电流密度在允许的范围之内，从而使用电量和用电安全。导线中通过的电流超过允许值时，导线将过热甚至会引起火灾。

例 某电路利用铜导线连接电路，则当需要通过 24 A 的电流时，问该导线的截面积为多少？（设 $j = 6 \text{ A/mm}^2$ ）



解 根据题意： $S = \frac{I}{j} = \frac{24}{6} = 4.0 \text{ mm}^2$

答 导线的横截面积为 4.0 mm^2 。

国际单位制中，电流的单位是安培 (A)。另外，常用的电流单位还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA)，它们之间的换算关系如下：

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

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

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

(3) 电压。

电压又称电势差，是衡量电场力做功本领大小的物理量。假设 A、B 两点间电压用 U_{AB} 表示，在电场中电荷 Q 在电场力的作用下从 A 移动到 B 电场力做功为 W_{AB} ，则 A、B 两点间电压为：

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

电压也是一矢量，因此它也有方向。对于电阻 R 来说，把电流流进端作为电压的正端，电流流出端为电压的负端，如图 1-3 所示，所以电压又称电压降。电压的方向可以有两种表示方法：一种用极性符号表示，如图 1-4a 所示；另一种则是用箭头表示，如图 1-4b 所示。

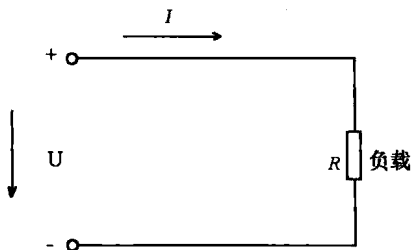


图 1-3 电压的方向

确定下一参考点，从某点到参考点的电压称为电位。一般把

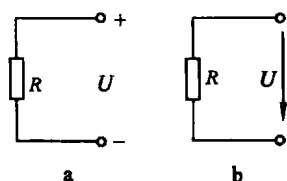


图 1-4 电压的方向表示方法

接地点作为零参考点，又称零电位。

国际单位制中，电压的单位是伏特（V）。除伏特外，常用的电压单位还有千伏（kV）、毫伏（mV）和微伏（ μV ），它们之间的换算关系如下：

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}$$

$$1 \mu\text{V} = 10^{-3} \text{ mV} = 10^{-6} \text{ V}$$

（4）电动势。

电源力把单位正电荷从电源负极经电源内部移到电源正极所做的功称为电动势。电动势用符号 E 表示，设电源把正电荷从电源的低电势点经由电源内部移到高电势点所做的功为 $W_{\text{外}}$ ，则电动势为：

$$E = \frac{W_{\text{外}}}{Q}$$

电动势的单位和电压单位一样，也是伏特（V）。电动势的方向在电源内部由负极指向正极。直流电动势也有两种图形符号表示，分别如图 1-5a 和图 1-5b 所示。

电源既有电动势，又有端电压。

例 已知 $U_A = 8 \text{ V}$ ， $U_B = -7 \text{ V}$ ， $U_C = 4 \text{ V}$ ，求：BC 两点间的电压（ U_{BC} ）和 AC 两点间的电压（ U_{AC} ）各为多少？

解 根据电位差与电位的关系可知：

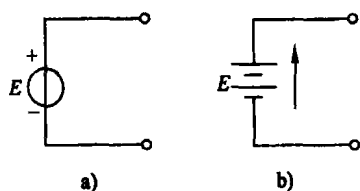


图 1-5 直流电动势的图形符号表示

$$U_{BC} = U_B - U_C = -7 - 4 = -11 \text{ V}$$

$$U_{AC} = U_A - U_C = 8 - 4 = 4 \text{ V}$$

(5) 电阻和电阻率。

电阻是导体对电流的阻碍，符号为 R 。电阻的单位为欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。

电阻是客观存在的，不会因外电路电压的改变而改变。导体的电阻值 R 的大小由其自身材料的性质所决定，与其长度 l 成正比，与其横截面积 S 成反比，用数学表达式可表示为：

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

式中 ρ ——电阻率，与材料性质有关的物理量，单位 $\Omega \cdot \text{m}$ ；

L ——导体的长度，单位 m ；

S ——导体的横截面积，单位 m^2 。

电阻率的大小决定它的用途。

表 1-1 列出了几种材料在 20°C 时的电阻率及主要用途。



表 1-1 几种材料在 20℃ 时的电阻率及主要用途

	材料	电阻率/ $\Omega \cdot \text{m}$	主要用途
纯金属	银	1.6×10^{-8}	导线镀银
	铜	1.7×10^{-8}	各种导线
	铝	2.9×10^{-8}	各种导线
	钨	5.3×10^{-8}	电灯灯丝、电器触头
	铁	1.0×10^{-7}	电工材料
合金	锰钢(85%铜、12%锰、3%镍)	4.4×10^{-7}	标准电阻、滑线电阻
	康铜(54%铜、46%镍)	5.0×10^{-7}	标准电阻、滑线电阻
	铝铬铁电阻丝	1.2×10^{-6}	电炉丝
半导体	硒、锗、硅等	$10^{-4} \sim 10^7$	制造各种晶体管、晶闸管
绝缘体	赛璐珞	10^8	电器绝缘
	电木、塑料	$10^{10} \sim 10^{14}$	电器外壳、绝缘支架
	橡胶	$10^{13} \sim 10^{16}$	绝缘手套、鞋、垫、绝缘导线

例 若要得到一个 5Ω 的电阻，问需要直径为 1 mm 的铝铬铁电阻丝多少米？

解

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times (1 \times 10^{-3})^2}{4} = 7.85 \times 10^{-7} \text{ m}^2$$

查表 1-1，20℃ 时铝铬铁电阻丝的电阻率 $\rho = 1.2 \times 10^{-6} \Omega$

· m

由
$$R = \frac{\rho L}{S}$$

得
$$L = \frac{RS}{\rho} = \frac{5 \times 7.85 \times 10^{-7}}{1.2 \times 10^{-6}} = 3.27 \text{ m}$$

答：需要直径为 1 mm 的康铜丝 3.27 m 。



2. 欧姆定律

导体中的电流 I 与导体两端的电压 V 成正比，与导体的电阻 R 成反比，这个关系称为欧姆定律。即：

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

式中 I ——导体中的电流，单位 A；

U ——导体两端的电压，单位 V；

R ——导体的电阻，单位 Ω 。

例 某 80 W 的灯泡正常工作时的电压为 220V，又知该灯泡的电阻为 605Ω ，求正常发光时流经灯泡的电流。

解

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220\text{V}}{605\Omega} \approx 0.364 \text{ A}$$

答：流经灯泡的电流为 0.364 A。

3. 电阻的串、并联

(1) 电阻的串联。

两个或两个以上电阻用导线依次首尾连接起来，这种连接方式称为电阻的串联，如图 1-6 所示。

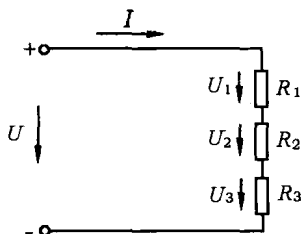


图 1-6 电阻的串联

串联电路的特点为：

●串联电路中，总电阻（即等效电阻）等于所有电阻阻值之和，即：



$$R=R_1+R_2+\cdots+R_n$$

- 串联电路中，总电压等于各电阻两端分电压之和，即：

$$U=U_1+U_2+\cdots+U_n$$

- 串联电路中的电流处处相等，即：

$$I=I_1=I_2=\cdots=I_n$$

例 日常生活中，常采用串联上一小电阻为照明灯泡起分压作用，如图 1-7 所示，要使该灯泡正常工作，已知需要的电压为 80 V，电流为 8 A，已知电源电压为 220 V，那么应当串联阻值为多少的电阻？

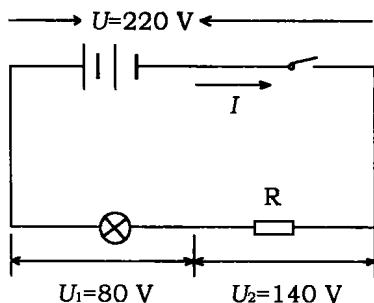


图 1-7

解 根据题意，串联后的电阻应分担 $220-80=140\text{ V}$ 的电压才能保证该灯泡正常发光。根据欧姆定律 $R=\frac{U}{I}$ ，那么需要串联的电阻阻值为：

$$R=\frac{U_2}{I}=\frac{140}{8}=17.5\ \Omega$$

答：应当串联阻值为 $17.5\ \Omega$ 的电阻。

(2) 电阻的并联。

把两个或两个以上电阻的两端分别接在电路的两个节点之间，这样每个电阻两端的电压相同，这种连接方式称为电阻的并联，如图 1-8 所示。

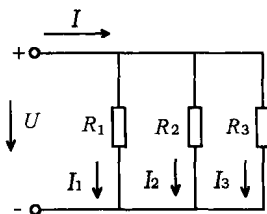


图 1-8 电路的并联

并联电路的特点为：

● 并联电路中，总电阻（即等效电阻）的倒数等于各并联电阻的倒数之和，即：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

● 并联电路中的各个支路两端电压相等，且等于电路两端的电压，即：

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

● 并联电路中，总电流等于流过各电阻的电流之和，即：

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

例 已知在图 1-8 所示的并联电路中，若已知电源电压为 20 V，三个电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 分别为 8Ω 、 8Ω 和 4Ω ，求等效电阻 R_{AB} 、各负载电阻上的电压、各负载电阻中的电流，以及总电流大小。

解

$$\text{等效电阻 } R_{AB} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} + \frac{1}{\frac{1}{R_3}} = \frac{8 \times 8}{8 + 8} + \frac{1}{\frac{1}{4}} = 2 \Omega$$

$$\text{总电流 } I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{20}{2} = 10 \text{ A}$$

$$\text{各负载中电流 } I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{20}{8} = 2.5 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{20}{8} = 2.5 \text{ A}$$



$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{20}{4} = 5 \text{ A}$$

各负载上电压 $U_1 = U_2 = U = 20 \text{ V}$

(3) 电阻的混联。

如果在一个电路中，既有电阻串联又有电阻并联，则称电路的连接方式为电阻的混联，如图 1-9 所示。

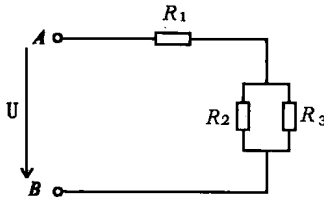


图 1-9 混联电路

4. 电功率和电能

(1) 电功率。

电场力在单位时间内所做的功称为电功率，简称功率。用字母 P 表示。

直流电路中，电功率的常见计算公式为：

$$P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

电器元件和设备正常工作时允许的最大电压、电流和功率分别叫做额定电压、额定电流和额定功率。

例 阻值为 10Ω 、额定电压为 10 V 的电阻两端允许流经的电流和最大功率分别为多少？

解

由
$$P = \frac{U^2}{R}$$

得
$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{10^2}{10} = 10 \text{ W}$$

又由
$$P = I \cdot U$$



得
$$I = \frac{P}{U} = \frac{10}{10} = 1 \text{ A}$$

答：电阻允许流过的电流为 1 A，最大功率为 10 W。

(2) 电能。

负载将电能转换成其他形式的能（如：机械能、热能、磁能等）的过程称为电流做功，简称电能，用字母 W 表示。电能的表达式为：

$$W = Pt = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t = UQ$$

式中 W ——电能，单位 J；

U ——负载两端的电压，单位 V；

I ——流经负载的电流，单位 A；

R ——电阻，单位 Ω ；

t ——时间，单位 s；

Q ——电荷，单位 C。

电功的单位是焦耳，用符号 J 表示，在生活中电功也常常以度（千瓦小时）为单位，度与焦耳的换算关系为：

$$1 \text{ 度 (kW} \cdot \text{h)} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳 (J)}$$

二、正弦交流电路

1. 单相正弦交流电

前面介绍过直流电的基本知识，直流电是最基本、最简单的一种。在日常的生产和生活中应用极为广泛。此外，还有一种是交流电，如电动机、家用电器等大多数的电气设备都是使用交流电。直流电和交流电的根本区别是直流电的大小方向不随时间的变化而变化，而交流电的大小方向则随着时间的变化而变化。图 1-10 所示为最简单的交流发电机示意图。发电机由定子和转子组成。定子有 N，S 两极。