

- ◆ 全国职业培训推荐教材
- ◆ 劳动和社会保障部教材办公室评审通过
- ◆ 适合于职业技能短期培训使用

● 推荐使用对象：

- ▲ 农村进城务工人员
- ▲ 就业与再就业人员
- ▲ 在职人员



维修电工

基本技能

社区服务类

美容与保健类

餐饮酒店类

制造与修理类

服装制作类

建筑与装饰类

商业服务类

文秘与计算机类



第四批

计算机组装基本技能

PowerPoint入门与应用

FrontPage入门与应用

Visual FoxPro入门与应用

Outlook入门与应用

Photoshop入门与应用

锻造工基本技能

铸造工基本技能

锅炉设备安装

维修电工基本技能

电工基本技能

电气设备安装工技能

手足修复

手工编织

社区房屋维修

社区管道设备维护

烹饪原料加工基本技能

策划编辑：唐圣平

责任编辑：张东红

责任校对：孙艳萍

封面设计：邱雅卓

版式设计：朱 妹

ISBN 7-5045-5095-7



9 787504 550958 >

ISBN 7-5045-5095-7

定价：11.00元

全国职业培训推荐教材

劳动和社会保障部教材办公室评审通过

适合于职业技能短期培训使用

维修电工基本技能

徐 政 主编

吴 鸣 审稿

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

维修电工基本技能/徐政主编. — 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2005

职业技能短期培训教材

ISBN 7-5045-5095-7

I. 维… II. 徐… III. 电工-维修-技术培训-教材 IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 087000 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.5 印张 167 千字

2005 年 11 月第 1 版 2005 年 11 月第 1 次印刷

印数: 3500 册

定价: 11.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

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，提高培训质量，劳动和社会保障部教材办公室组织编写了职业技能短期培训系列教材。这套教材涉及第二产业和第三产业 50 多个职业（工种）。在组织编写教材的过程中，以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，并力求使教材具有以下特点：

短。适合 15~90 天的短期培训，在较短的时间内，让受培训者掌握一种技能，从而实现就业。

薄。每种教材都是一本小薄册子，字数一般在 10 万字左右。教材中只讲述必要的知识和技能，不详细介绍有关的理论，避免多而全，强调有用和实用，从而将最有效的技能传授给受培训者。

易。内容通俗，图文并茂，容易学习和掌握。教材以技能操作和技能培养为主线，用图文相结合的方式，通过实例，一步步地介绍各项操作技能，便于学习、理解和对照操作。

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。欢迎职业学校、培训机构和读者对教材中存在的不足之处提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部教材办公室

简介

本书是维修电工基本技能的培训教材，主要内容包括：维修电工基本知识；常用电工工具、电工仪表的使用；室内电气线路的安装与维修；电动机的基本控制线路及其安装、调试与维修；典型生产机械的电气控制线路调试与维修；电子电路安装与测试等。

本书在编写过程中，力求做到图文并茂、通俗易懂，便于读者掌握维修电工的基本操作技能。

本书适合于职业技能短期培训使用。通过培训，初学者或具有一定基础的人员可以达到上岗的技能要求。

本书由浙江省金华市高级技工学校徐政、张毅刚、吴兰娟、金晓东、吴江洪编写，由徐政主编，浙江省铁路司机学校吴鸣审稿。

目 录

第一单元 维修电工基本知识 ·····	(1)
课题一 电工基础知识·····	(1)
课题二 工厂供电知识·····	(20)
课题三 维修电工基本安全知识·····	(23)
练习题·····	(26)
第二单元 常用电工工具、电工仪表的使用 ·····	(27)
课题一 电工常用工具的使用·····	(27)
课题二 常用电工仪表的使用·····	(32)
课题三 其他常用工具·····	(43)
练习题·····	(46)
第三单元 室内电气线路的安装与维修 ·····	(50)
课题一 常用配线方法和电工基本操作·····	(50)
课题二 照明电路安装与检修·····	(58)
课题三 低压配电板的安装与检修·····	(73)
练习题·····	(95)
第四单元 电动机的基本控制线路及其安装、 调试与维修 ·····	(96)
课题一 电动机基本知识·····	(96)

课题二	电动机基本控制线路·····	(108)
课题三	电动机控制线路的安装与检修·····	(146)
练习题	·····	(155)
第五单元	典型生产机械的电气控制线路调试与维修·····	(157)
课题一	工业机械电气设备维修的一般要求和方法·····	(157)
课题二	CA6140 型普通车床的电气控制线路·····	(161)
练习题	·····	(175)
第六单元	电子电路安装与测试·····	(176)
课题一	电子技术基本操作·····	(176)
课题二	简单电子电路的安装、测试及故障排除·····	(193)
练习题	·····	(200)

第一单元 维修电工基本知识

课题一 电工基础知识

一、直流电的基础知识

1. 电路和电路图

(1) 电路。电路就是电流的通路，它是为了某种需要由某些电工设备或电工元件通过导线和开关的连接，按一定方式组合起来的。图 1—1a 所示为由电池、小电珠、开关和连接导线构成的一个简单直流电路。当合上开关时，电池向外输出电流，电流流过小电珠，小电珠就会发光。

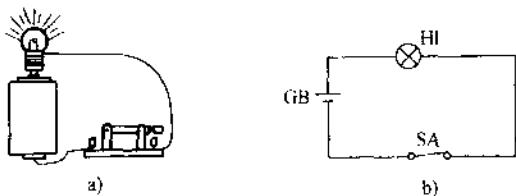


图 1—1 电路及电路图

a) 电路 b) 电路图

(2) 电路图。电路可以用电路图来表示，图中的设备或元件用国际统一规定的符号表示。图 1—1b 所示为图 1—1a 电路的电路图。

一般电路由电源、负载、开关和连接导线 4 个基本部分组成。电路通常有 3 种状态：通路、开路和短路。

通路就是电路中的开关闭合，负载中有电流通过。

开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。

短路就是电源两端被电阻接近于零的导体连通。这种状态下，由于外电路电阻接近于零，而电源内阻又很小，会产生很大的短路电流。

2. 电路中的几个物理量

(1) 电流。电荷有规则地定向移动称作电流。电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面电荷量的多少。如在 t 秒内通过导体横截面的电荷量为 Q 库仑，则电流 I 就可用下式表示：

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

在国际单位制中，电流单位是安培 (A)。除安培外，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：

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

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

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

电流不仅有大小，而且有方向，习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向。在实际工作中，有时要选择导线的粗细（横截面），这就涉及电流密度这一概念。所谓电流密度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。用字母 j 表示，其数学表达式为：

$$j = \frac{I}{S} \quad (1-2)$$

须选择合适的导线横截面积，使导线的电流密度在允许的范围内，保证用电量和用电安全。当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 1—1 某照明电路需要通过 21 A 的电流，问应采用多大截面的铜导线？（设 $j = 6 \text{ A}/\text{mm}^2$ ）

解
$$S = \frac{I}{j} = \frac{21}{6} = 3.5 \text{ mm}^2$$

答 应采用截面为 4.0 mm^2 的铜导线。

(2) 电压。电压又称电位差，是衡量电场力做功本领大小的物理量。如图 1—2 所示，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，如果电场力所做的功为 W_{AB} ，则 A、B 两点间电压为：

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1-3)$$

在国际单位制中，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：

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

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

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

电压和电流一样，不仅有大小，而且有方向，即有正负，如图 1—3 所示，对于负载来说，规定电流流进端为电压的正端，电流流出端为电压的负端。所以电压又称电压降。电压的方向在电路图中有两种表示方法：一种用箭头表示，如图 1—4a 所示；另一种用极性符号表示，如图 1—4b 所示。

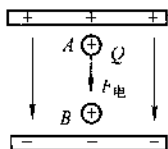


图 1—2 电压表示

电位是某点到参考点的电压。一般情况下把接地点作为零参考点，称为零电位。

(3) 电动势。电动势是衡量电源将非电能转换成电能本领的物理量，电动势用符号 E 表示，如图 1—5 所示，如果电源力把正电荷 Q 从电源的低电位经由电源内

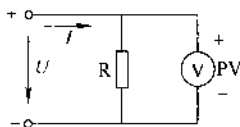


图 1—3 电压的方向

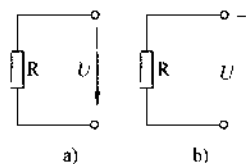


图 1—4 电压的方向表示方法

部移到高电位所做的功为 $W_{\text{外}}$ ，则电动势为：

$$E = \frac{W_{\text{外}}}{Q} \quad (1-4)$$

电动势的单位是伏特 (V)。电动势的方向规定是：在电源内部由负极指向正极。如图 1—6a 和图 1—6b 所示分别表示直流电动势的两种图形符号。

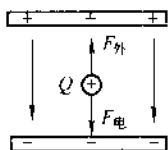


图 1—5 直流电动势

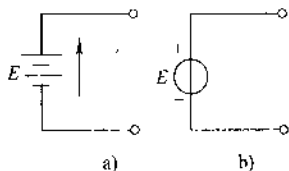


图 1—6 直流电动势的两种图形符号

对于一个电源来说，既有电动势，又有端电压。

例 1—2 已知 $U_A = 10 \text{ V}$ ， $U_B = -10 \text{ V}$ ， $U_C = 5 \text{ V}$ ，求： AB 两点间的电压 (U_{AB}) 和 BC 两点间的电压 (U_{BC}) 各为多少？

解 根据电位差与电位的关系可知：

$$U_{AB} = U_A - U_B = 10 - (-10) = 20 \text{ V}$$

$$U_{BC} = U_B - U_C = (-10) - 5 = -15 \text{ V}$$

(4) 电阻和电阻率。导体对电流的阻碍作用称为电阻，电阻用符号 R 表示。其单位为欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。

导体的电阻是客观存在的，即使没有外加电压，导体仍然有电阻。金属导体的电阻大小与其几何尺寸及材料性质有关，其数学表达式为：

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (1-5)$$

式中 L ——导体的长度，m；

S ——导体的横截面积， m^2 ；

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

表 1—1 列出了几种材料在 20℃ 时的电阻率及主要用途。

例 1—3 绕制 10 Ω 的电阻，问需要直径为 1 mm 的康铜丝多少米？

解

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

表 1—1 几种材料在 20℃ 时的电阻率及主要用途

	材 料	电阻率 (Ω·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	锰铜 (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

查表 1—1，20℃ 时康铜的电阻率 $\rho = 5 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$

由
$$R = \frac{\rho L}{S}$$

得
$$L = \frac{RS}{\rho} = \frac{10 \times 7.85 \times 10^{-7}}{5 \times 10^{-7}} = 15.7 \text{ m}$$

3. 欧姆定律及其应用

部分电路欧姆定律的内容是：在不包含电源的电路中，流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比，与导体的电阻成反比。即：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-6)$$

式中 I ——导体中的电流，A；

U ——导体两端的电压，V；

R ——导体的电阻， Ω 。

例 1—4 已知某 100 W 的白炽灯在电压 220 V 时正常发光，此时通过的电流是 0.455 A，试求该灯泡工作时的电阻。

解

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0.455} \approx 484 \Omega$$

4. 电阻的串联、并联及其应用

(1) 电阻的串联电路。把两个或两个以上电阻依次连接，组成一条无分支电路，这样的连接方式叫做电阻的串联，如图 1—7 所示。

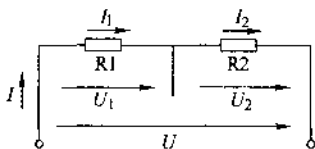


图 1—7 电阻的串联

电阻串联具有以下性质：

1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等，即：

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n \quad (1-7)$$

2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端的分电压之和，即：

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n \quad (1-8)$$

3) 串联电路的等效电阻（即总电阻）等于各串联电阻值之和，即：

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (1-9)$$

例 1—5 如图 1—8 所示，要使弧光灯正常工作，需供给 40 V 的电压和 10 A 的电流，现电源电压为 100 V，问应串联多大阻值的电阻？

解 按题意，串联后的电阻应承受 $100 - 40 = 60$ V 的电压，才能保证弧光灯所需的工作电压。据欧姆定律 $U = IR$ ，计算需

串联的电阻为：

$$R = \frac{U_2}{I} = \frac{60}{10} = 6 \Omega$$

(2) 电阻的并联电路。两个或两个以上电阻接在电路中相同的两点之间，每个电阻承受的电压相同，这样的连接方式叫做电阻的并联。如图 1—9 所示为两个电阻的并联电路。

电阻并联具有以下性质：

1) 并联电路中各电阻两端的电压相等，且等于电路两端的电压，即：

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n \quad (1-10)$$

2) 并联电路的总电流等于流过各电阻的电流之和，即：

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n \quad (1-11)$$

3) 并联电路的等效电阻（即总电阻）的倒数等于各并联电阻的倒数之和，即：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-12)$$

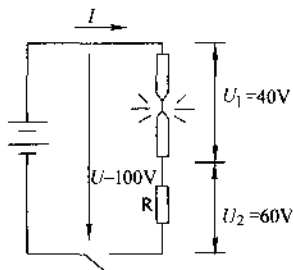


图 1—8 弧光灯电路

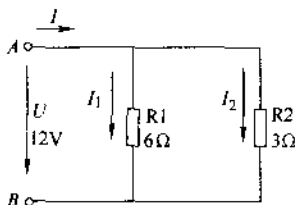


图 1—9 电阻的并联

例 1—6 在图 1—9 所示的并联电路中，求等效电阻 R_{AB} 、总电流 I 、各负载电阻上的电压、各负载电阻中的电流。

解

$$\text{等效电阻 } R_{AB} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 3}{6 + 3} = 2 \Omega$$

($R_1 // R_2$ 表示 R_1 与 R_2 并联, 下同)

总电流
$$I = \frac{U}{R_{AB}} = \frac{12}{2} = 6 \text{ A}$$

各负载上电压
$$U_1 = U_2 = U = 12 \text{ V}$$

各负载中电流
$$I_1 = \frac{R_2 I}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{6 + 3} = 2 \text{ A}$$

或
$$I_1 = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12}{6} = 2 \text{ A}$$

$$I_2 = I - I_1 = 6 - 2 = 4 \text{ A}$$

(3) 电阻的混联电路。既有电阻串联又有电阻并联的电路叫电阻的混联, 如图 1—10 所示。

5. 电功与电功率

(1) 电功。电流流过负载时, 负载将电能转换成其他形式的能(如: 磁能、热能、机械能等), 这一过程称之为电流做功, 简称电功, 用字母 W 表示。电功的数学表达式为:

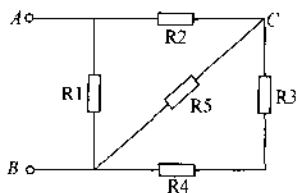


图 1—10 混联电路

$$W = UQ = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-13)$$

式中 U —— 加在负载上的电压, V;

I —— 流过负载的电流, A;

R —— 电阻, Ω ;

t —— 时间, s;

W —— 电功, J;

Q —— 电荷, C。

电功的常用单位是: 焦耳 (J)、度 (千瓦小时、 $\text{kW}\cdot\text{h}$)。度与焦耳的换算关系为:

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

(2) 电功率。电流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，其数学表达式为：

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-14)$$

式中 W ——电功，J；

t ——时间，s；

P ——电功率，W。

电功率的常见计算公式还可写成：

$$P = IU = I^2R = \frac{U^2}{R} \quad (1-15)$$

通常把电器元件和设备安全工作时所允许的最大电流、电压和功率分别叫做额定电流、额定电压和额定功率。

例 1—7 阻值为 100Ω 、额定功率为 1 W 的电阻两端所允许加的最大电压为多少？允许流过的电流又是多少？

解

由
$$P = \frac{U^2}{R}$$

得
$$U = \sqrt{PR} = \sqrt{1 \times 100} = 10 \text{ V}$$

又由
$$P = I^2R$$

得
$$I = \sqrt{P/R} = \sqrt{1/100} = 0.1 \text{ A}$$

即，电阻两端允许加的最大电压为 10 V ，允许流过的电流为 0.1 A 。

二、磁与电磁感应

1. 磁的基本知识

(1) 磁铁及其性质。

1) 磁性。人们把具有能够吸引铁、镍、钴等金属及其合金的性质叫做磁性。

2) 磁体。具有磁性的物体叫做磁体（磁铁）。磁体分天然磁体和人造磁体两大类。工业上用的永久磁铁通常是人造的。常用的人造磁体与磁针如图 1—11 所示。