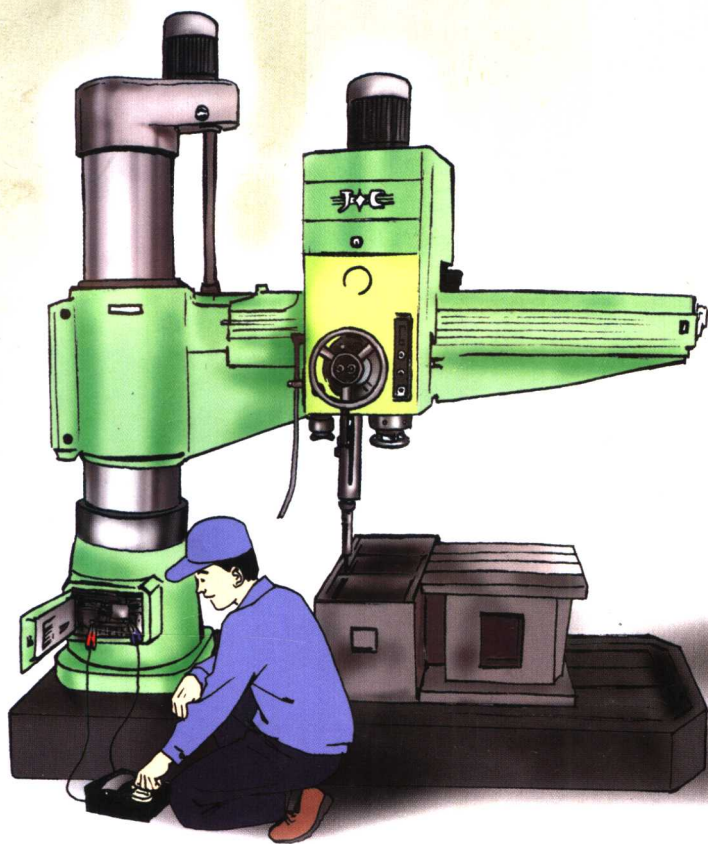


维修电工

农民工学技能丛书



福建科学技术出版社

农 民 工 学 技 能 丛 书

维修电工

刘行川 万 英

尤 仪 李勇生

福建科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

维修电工/刘行川等编写. —福州:福建科学技术出版社, 2006. 8

(农民工学技能丛书)

ISBN 7-5335-2842-5

I. 维… II. 刘… III. 电工-维修-基本知识
IV. TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 062499 号

书 名	维修电工
	农民工学技能丛书
编 者	刘行川 万英 尤仪 李勇生
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	三明地质印刷厂
开 本	850 毫米×1168 毫米 1/32
印 张	6. 375
字 数	146 千字
版 次	2006 年 8 月第 1 版
印 次	2006 年 8 月第 1 次印刷
印 数	1—4 000
书 号	ISBN 7-5335-2842-5
定 价	9. 80 元

书中如有印装质量问题,可直接向本社调换

编者的话

近年来，我国每年有大量农村劳动力向城镇转移，就业于工业企业、建筑行业、服务行业等。他们已经成为产业工人的重要组成部分，为城市创造了财富，提供了税收。打工经济也成为一些地方经济新的增长点，农民的重要增收来源。

与此同时，我国农村劳动力整体还缺乏转移就业的职业技能，难以在城镇实现稳定就业，难以提升从业的岗位层次。职业技能短期培训、学习是改善这种情况的有效手段，它能使农民工在短期内掌握一门技能，上岗就业，且实现由体力型劳务向技能型劳务转移。党中央文件明确指出，加强对农村劳动力的职业技能培训，是提高农民就业能力、增强我国产业竞争力的一项重要基础性工作，各地区和有关部门要作为一件大事抓紧抓好。

为方便各地培训班的教学和满足农民兄弟的自学需要，我们组织了有职业技能培训经验的教师，以及工作在生产第一线的高级技师，紧扣各行业对从业者的实际需求，编写了这套丛书。在写法上，我们力求图文并茂，通俗易懂，开门见山，避开过深的理论知识，直入职业工作中应知应会的知识与技能，便于学习者快速地领会贯通。

整套丛书涵盖了农民工大量就业的约 20 个职业（工种）。

虽说这套丛书的初衷是满足农民工技能学习之需，但它同样适用于下岗再就业人员和其他求职人员。它可作为各地职业培训机构、职业学校的短期培训教材，也适于读者自学。

前 言

随着国民经济的飞速发展，工矿企业对电气维修专业人员的需求在日益增长。进城务工的农民及其他求职人员也希望通过有关书籍的学习，掌握维修电工的基本知识和实际操作的基本技能，为此我们编写了《维修电工》一书。

本书面向生产实际的需求，着重介绍了电工基础知识、常见电工工具及仪表、变压器、电动机、低压电器、电力拖动和自动控制、照明和动力线路、劳动保护和安全生产等内容。读者通过学习，能掌握一定的电工基础知识，掌握基本的操作技能和常见电气故障的检修技能。

本书的特点是图文并茂、通俗易懂、突出实用，可供初中以上文化的农民工及其他务工人员学习，也可作为维修电工的培训教材。

刘行川负责全书的统稿工作，并撰写第一、八章和附录，万英撰写第五、六章，尤仪撰写第一、三、七章，李勇生撰写第二、四章。马斌、林丛绘制了全部图稿。

由于时间仓促，书中或有疏漏舛误，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 电工基础知识	(1)
一、欧姆定律	(1)
二、电阻	(2)
三、电功率和电功	(3)
四、电容	(4)
五、电磁感应与电感	(6)
六、正弦交流电	(10)
第二章 常用电工工具及仪表	(17)
一、电工工具的使用	(17)
(一) 验电器	(17)
(二) 绝缘棒	(18)
(三) 螺丝刀	(19)
(四) 钢丝钳	(20)
(五) 剥线钳	(21)
(六) 电工刀	(22)
(七) 电烙铁	(22)
(八) 导线压接钳	(23)
(九) 拉具	(24)
(十) 短路侦察器	(24)
二、电工仪表的使用	(25)

(一) 指针式电工指示仪表	(26)
(二) 几种常用电工指示仪表	(29)
第三章 变压器	(34)
一、变压器的用途和分类	(34)
(一) 变压器的用途	(34)
(二) 变压器的分类	(34)
二、变压器的工作原理	(35)
(一) 电压变换原理	(35)
(二) 电流变换原理	(36)
(三) 阻抗变换原理	(36)
三、变压器的结构和参数	(37)
(一) 电力变压器的结构	(37)
(二) 交流弧焊变压器的结构	(39)
(三) 变压器的主要参数	(40)
四、电力变压器的连接方式	(41)
(一) 绕组同名端	(41)
(二) 星形(Y)和三角形(Δ)连接	(42)
(三) 三相变压器连接组标号及其时钟表示	(43)
五、变压器常见故障检修	(44)
(一) 检查步骤	(44)
(二) 常见故障检修	(45)
(三) 修后测试	(47)
第四章 电动机	(49)
一、三相异步电动机基本知识	(49)
二、三相异步电动机拆装及常见故障检修	(51)

(一) 拆装	(51)
(二) 常见故障及其排除	(54)
三、三相异步电动机绕组检修	(59)
(一) 绕组术语	(59)
(二) 绕组分类	(61)
(三) 绕组故障检查	(64)
(四) 绕组拆除与更换	(68)

第五章 低压电器

一、常用低压电器的分类	(78)
二、熔断器	(78)
(一) 结构和参数	(79)
(二) 常用熔断器	(79)
(三) 熔断器选择	(82)
三、低压开关	(83)
(一) 刀开关类	(83)
(二) 低压断路器	(86)
(三) 主令电器	(91)
四、接触器	(95)
(一) 交流接触器	(95)
(二) 直流接触器	(98)
(三) 接触器选择	(99)
(四) 接触器的安装和使用	(99)
五、继电器	(100)
(一) 热继电器	(100)
(二) 中间继电器	(101)
(三) 电流继电器和电压继电器	(102)

(四) 时间继电器	(104)
(五) 速度继电器	(105)
(六) 压力继电器	(107)
六、常用低压电器的检修、调试与校验	(107)
(一) 触头的故障及维修	(107)
(二) 电磁系统故障及维修	(109)
第六章 电力拖动与自动控制	(112)
一、概述	(112)
(一) 电动机的选择原则	(112)
(二) 电动机的保护和控制	(113)
二、三相异步电动机的起动	(114)
(一) 全压起动的控制线路	(115)
(二) 减压起动控制线路	(117)
三、三相异步电动机的正反转控制	(125)
(一) 倒顺开关正反转控制线路	(126)
(二) 接触器联锁的正反转控制线路	(126)
(三) 按钮联锁的正反转控制线路	(128)
(四) 按钮、接触器双重联锁的正反转控制线路	(128)
四、三相异步电动机的制动控制	(129)
(一) 机械制动	(129)
(二) 电气制动	(131)
五、三相异步电动机的顺序、多地和位置控制	(139)
(一) 顺序控制	(139)
(二) 多地控制	(142)
(三) 位置控制	(142)
六、三相绕线型异步电动机的控制	(144)

(一) 绕线式异步电动机的手动起动控制线路	(144)
(二) 绕线式异步电动机的自动起动控制线路	(145)
(三) 绕线转子异步电动机的正反转及调速控制线路 ...	(146)
七、常用机械电气控制与检修	(148)
(一) CA6140 车床电气控制与检修	(148)
(二) Z35 型摇臂钻床电气控制与检修	(151)

第七章 照明与动力线路 (157)

一、电光源	(157)
(一) 白炽灯	(157)
(二) 日光灯	(157)
(三) 卤钨灯	(158)
(四) 高压汞灯	(159)
(五) 高压钠灯	(160)
二、车间照明	(161)
(一) 车间照明的基本要求	(161)
(二) 车间照明的分类	(161)
三、车间动力线路	(162)
(一) 车间配线技术要求	(162)
(二) 线管配线	(162)
(三) 绝缘子配线	(166)
(四) 导线的连接和绝缘的恢复	(168)

第八章 劳动保护与安全生产 (175)

一、触电的方式与伤害	(175)
(一) 电流对人体的伤害	(175)
(二) 触电方式	(176)

二、接地与接零	(177)
(一) 工作接地	(177)
(二) 保护接地	(178)
(三) 保护接零	(179)
(四) 重复接地	(179)
(五) 需要接地或接零的设备和装置	(180)
三、检修安全措施	(182)
(一) 停电检修安全措施	(182)
(二) 不停电检修安全措施	(183)
四、电工安全用具	(184)
(一) 安全用具的分类	(184)
(二) 电气安全用具的作用	(185)
附录 常用电工图形符号	(190)

第一章 电工基础知识

一、欧姆定律

在图 1-1 所示直流（用 DC 表示）电路中， I 为电流，单位为安（A）； E 为电源电动势， U 为端电压， E 、 U 的单位均为伏（V）； R 为负载电阻， r 为电源的内阻， R 、 r 的单位是欧（ Ω ）。

实验证明，电路的电流强度 I 与电源电动势 E 成正比，与内、外电路电阻之和 $(R+r)$ 成反比。这个关系叫做全电路欧姆定律，用公式表示为：

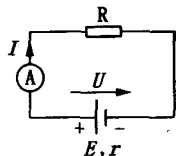


图 1-1 直流电路

$$I = \frac{E}{R+r} \text{ 或 } U = IR = E - Ir$$

由上式可知，当电路断开（开路）时， $I=0$ ， $U=E$ ，这表示电源开路时的端电压等于电源电动势；当电路短接（短路）时， $U=0$ ， $I=\frac{E}{r}$ 称为短路电流。一般电源内阻 r 都很小，所以短路电流都很大，可能产生事故。

若不计电源内阻和导线电阻，即 $r=0$ ，则 $U=E$ ，上式可简化为：

$$I = \frac{U}{R} \text{ 或 } U = IR$$

称之为部分电路欧姆定律。

应用欧姆定律计算电路时，电压、电阻、电流单位用基本单

位 (V、 Ω 、A) 来表示。

二、电阻

1. 电阻的串联

图 1-2 (a) 所示为电阻串联电路, 图 1-2 (b) 为相应的等效电路。串联电路的等效电阻 $R_{\text{串}}$ 为:

$$R_{\text{串}} = R_1 + R_2 + R_3$$

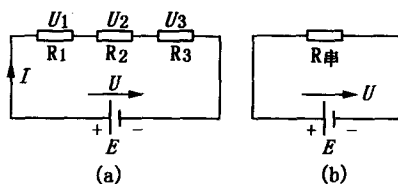


图 1-2 电阻串联及其等效电路

电阻串联电路有如下特点:

- (1) 等效电阻等于所有各电阻之和。
- (2) 串联电路各电阻所分得的电压与阻值成正比。各个电阻分压之和为总电压。
- (3) 当串联电路中某处电路因故障而断开时, 电流也下降为零, 而开路处两端的电压等于电源的电压。
- (4) 当串联电路中某个电阻发生短路时, 短路电阻元件两端电压为零, 电路的电流增大, 未短路的电阻元件所消耗功率增大, 有可能被烧毁。

2. 电阻的并联

图 1-3 (a) 所示为电阻并联电路, 图 1-3 (b) 为相应的等效电路。并联电路的等效电阻 $R_{\text{并}}$ 为:

$$\frac{1}{R_{\text{并}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

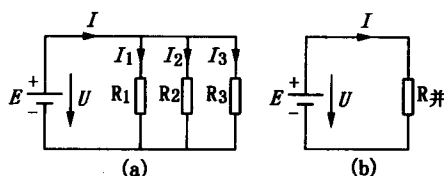


图 1-3 电阻并联及其等效电路

并联电阻电路有如下特点：

(1) 等效电阻的倒数（又称电导）等于各并联支路电阻倒数的总和。

(2) 并联电阻各支路所分得的电流与阻值成反比。各支路电流总和等于总电流。

(3) 当并联某支路开路时，该支路电流为零，其他支路不受影响。

(4) 当某个并联支路发生短路时，该支路和整个电路的等效电阻下降为零，从而使电源的输出电流剧增，并联电路的端电压也下降为零。实用中每个并联支路都应加装保险丝。

三、电功率和电功

单位时间内电流所做的功称为电功率，用符号 P 表示。直流电路中，电功率 P 与电压 U 或电动势 E 、电流 I 之间关系为：

$$P = UI \text{ (负载消耗功率) 或 } P = EI \text{ (电源输出功率)}$$

功率单位用瓦 (W)、千瓦 (kW)、兆瓦 (MW) 以及毫瓦 (mW)、微瓦 (μW) 表示，换算关系为：

$$1\text{kW} = 10^3\text{W}, 1\text{MW} = 10^6\text{W}$$

$$1\text{mW}=10^{-3}\text{W}, 1\mu\text{W}=10^{-6}\text{W}$$

电功率公式，也可写成：

$$P=I^2R \text{ 或 } P=\frac{U^2}{R}$$

电流通过负载电阻，所消耗的电功（也称电能）与通电时间（秒）成正比，电功用 W 表示，单位为焦耳（J）。消耗电功的计算公式为：

$$W=Pt=UIt=I^2Rt=\frac{U^2}{R}t$$

电源所输出的电功则表示为 $W=EIt$ 。

电力工程上，常用千瓦时（kWh）作为电能单位，俗称度。它与焦耳（J）之间的关系为：

$$1\text{kWh}=1000\times 60\times 60\text{J}=3600000\text{J}=3.6\text{MJ}$$

四、电容

1. 电容器和电容

用作储存电荷的器件叫做电容器。任何两个彼此靠近的导体都构成一个电容器。使电容器带电叫做充电，充了电的电容器，一个极带正电，另一个极带等量负电，两极之间产生一定的电压差，所带电荷量愈大，电压差也愈大，但电量与电压的比值保持恒定值，这个值就称为电容器的电容量，简称电容，用 C 表示：

$$C=\frac{q}{U}$$

式中， C 用法拉（F）为单位， q 用库仑（C）为单位， U 用伏特（V）为单位。

电容器的电容量与电容器结构，即两极的形状、大小、极板间距等有关，还与两极板间所充的绝缘介质的介电常数有关。实

用中,常用微法(μF)和微微法(pF)来表示电容量,换算关系为:

$$1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$$

电力工业中所用电容器称为电力电容器,其体积较大,耐压较高,是电工技术中重要的设备,如图1-4所示。

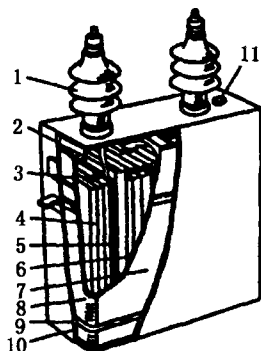


图 1-4 电力电容器

电容器存储的电场能表示为:

$$W_c = \frac{1}{2}CU^2$$

其中 W_c 单位为焦耳(J), C 单位为法拉(F), U 单位为伏特(V)。

2. 电容器的串联

如图 1-5 所示,把 C_1 、 C_2 、 C_3 串联后等效电容 $C_{\text{串}}$ 为:

$$\frac{1}{C_{\text{串}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

即串联总电容的倒数等于各个电容的倒数之和。当串联后的电容接上电压充电后各个电容器都有一定的电压,如图 1-5 中,分别为 U_1 、 U_2 、 U_3 , 三个电压总和与总电压相等,即:

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

实用中应当注意,加在各个电容器上的电压,即 U_1 、 U_2 、 U_3 , 不允

1. 出线瓷套管 2. 出线连接片
3. 连接片 4. 电容元件 5. 连接片固定板
6. 组间绝缘 7. 包封件 8. 夹板 9. 紧箍 10. 外壳
11. 封口盖

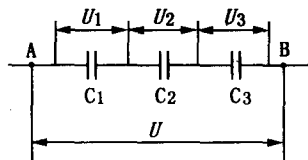


图 1-5 电容器串联

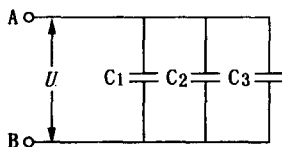


图 1-6 电容器并联

许超过每个电容器最高的耐压，否则电容器会被击穿。

3. 电容器的并联

如图 1-6 所示，把 C_1 、 C_2 、 C_3 并联，其等效电容 $C_{\text{并}}$ 为：

$$C_{\text{并}} = C_1 + C_2 + C_3$$

即并联总电容等于各个电容的和。

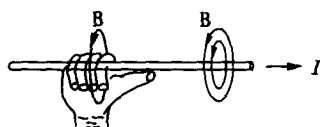
从图 1-6 也可以看出，所有并联电容正负极板的电压都相等，即等于所并联上的电压 U 。

五、电磁感应与电感

1. 电流磁场的方向

电流可以产生磁场，由直导线电流产生的磁场方向可以用右手定则来判定：如图 1-7 所示，用右手四指握住导线，让伸长的大拇指所指的方向跟电流方向一致，那么弯曲的四指所指的方向就是磁场磁力线的环绕方向。

由螺线管电流或环形电流所产生的磁场的方向，也是用右手定则来判定：让右手弯曲



的四指和环形电流绕向一致，那么伸直的大拇指所指的方向就是磁场磁力线的方向。不管何种形式电流所产生的磁场，磁力线都是闭合的曲线。

2. 磁感应强度和磁场强度

磁场的强度有大有小，靠近磁极处磁性强，远处磁性弱。通常把通过与磁场磁力线方向垂直的某一面积的磁力线总数，称为通过该面积的磁通量。把通过该面积上单位面积的磁力线条数，定义为磁感应强度，用符号 B 表示，其法定单位是特斯拉 (T) 或韦伯/米² (Wb/m²)。磁感应强度是矢量，既有大小也有方