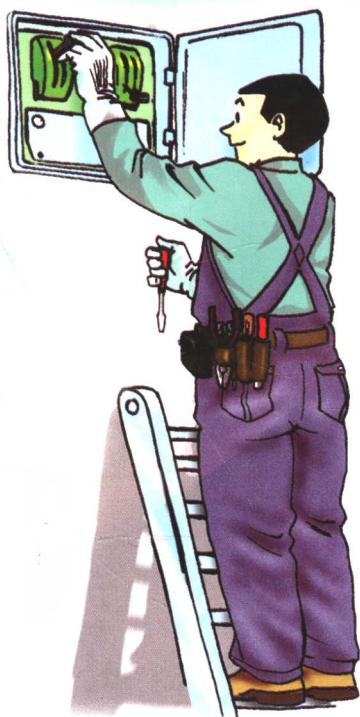


电工

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

电 工

万 英

福建科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工/万英编著. —福州: 福建科学技术出版社,
2005.6 (2006.3 重印)
(农民工学技能丛书)
ISBN 7-5335-2601-5

I. 电… II. 万… III. 电工—技术培训—教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 044673 号

书 名	电工 农民工学技能丛书
作 者	万英
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	福建地质印刷厂
开 本	850 毫米×1168 毫米 1/32
印 张	5.875
字 数	134 千字
印 次	2006 年 3 月第 1 版第 2 次印刷
印 数	3 001—5 000
书 号	ISBN 7-5335-2601-5
定 价	9.00 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

随着现代化建设的飞速发展，各部门、各行业从事低压电气工作的技术队伍日渐庞大。工矿企业的大多数工种离不开电，农业生产也需要电，家庭生活更是普遍使用各种电器。因此，想进城务工的农民、下岗再就业工人及其他求职人员都希望通过有关书籍的学习和实践，在尽可能短的时间内掌握一定的电工基础知识和电工基本操作技能，以适应现代生产和生活的需要。为此，我们编著了《电工》一书。

在编写过程中，我们从当前电工行业的实际情况出发，面向生产实际和生活需求，收集、查阅了有关资料，着重介绍了电工基本知识、电工简易计算、常用电工工具和测量仪表、常用电工材料及器材、交流电动机、低压供配电、室内电气线路与安装、安全用电等内容，使初学电工者通过学习，掌握一定的电工基础知识，学会简单的电工操作和常见电气故障的检修，并为今后进一步提高电工操作技能打下基础。

本书的特点是理论联系实际，图文并茂，通俗易懂，突出实用，便于自学，可供初中以上文化的人员阅读，也可作为短期职业培训教材。

限于本人水平，书中错漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编著者

2004. 3. 1

目 录

第一章 电工基本知识	(1)
一、电流、电压和电阻	(1)
(一) 电流	(1)
(二) 电压	(2)
(三) 电阻	(2)
二、导体和绝缘体	(5)
(一) 导体	(5)
(二) 绝缘体	(5)
三、电路与电路图	(6)
(一) 电路的组成	(6)
(二) 电路图	(7)
(三) 通路、断路和短路	(7)
四、单相与三相交流电	(8)
(一) 单相交流电	(8)
(二) 三相交流电	(9)
五、电功率与电能	(11)
(一) 电功率	(11)
(二) 电能	(13)
第二章 电工简易计算	(14)
一、欧姆定律	(14)
二、单相交流电路中有功功率和电流、电压的关系 ..	(15)
三、三相交流电路中有功功率和电流、电压、功率因素的	

关系	(17)
四、三相交流电路中 kW 和 kVA、功率因素的关系 ...	(18)
五、电路中电压、功率和电阻的关系	(18)
六、串联电路中电压、电流、电阻的计算	(19)
七、并联电路中电压、电流、电阻的计算	(21)
第三章 常用电工工具和测量仪表	(23)
一、常用电工工具及其使用	(23)
(一) 试电笔	(23)
(二) 螺丝刀	(24)
(三) 电工钳	(26)
(四) 电工刀	(28)
(五) 活扳手	(28)
(六) 电烙铁	(29)
(七) 钳工工具	(30)
二、常用电工测量仪表及其使用	(32)
(一) 万用表	(32)
(二) 钳形表	(35)
(三) 兆欧表	(36)
第四章 常用电工材料及器材	(39)
一、导线	(39)
(一) 裸导线	(39)
(二) 绝缘导线	(41)
二、绝缘材料	(42)
(一) 黑胶布	(43)
(二) 塑料黏胶绝缘带	(43)
(三) 槽板	(43)
(四) 塑料管	(43)

(五) 绝缘子	(44)
三、常用低压电器设备	(46)
(一) 闸刀开关	(46)
(二) 自动开关	(46)
(三) 交流接触器	(47)
(四) 熔断器	(47)
第五章 交流电动机	(50)
一、三相异步电动机	(50)
(一) 定子	(50)
(二) 转子	(52)
二、单相异步电动机	(53)
三、异步电动机的选择	(53)
(一) 电动机类型的选择	(54)
(二) 电动机额定电压的选择	(55)
(三) 电动机额定转速的选择	(55)
(四) 电动机结构型式的选择	(56)
四、三相异步电动机的检查与故障排除	(57)
(一) 使用中的检查	(57)
(二) 常见故障及排除	(60)
第六章 低压供配电	(68)
一、电力系统	(68)
二、变电所和配电所	(69)
三、低压配电屏	(72)
四、厂房动力配电	(75)
(一) 放射式配电线路	(76)
(二) 干线式配电线路	(76)
(三) 户外线路	(76)

第七章 室内电气线路与安装	(80)
一、常用室内照明灯具及安装	(80)
(一) 白炽灯	(80)
(二) 日光灯	(84)
(三) 节能灯	(92)
(四) 现代装饰灯具	(93)
二、室内布线的工艺要求	(94)
(一) 导线的选择	(94)
(二) 导线的连接	(97)
三、室内布线的基本操作	(107)
(一) 室内布线的基本规则	(107)
(二) 线夹(卡)配线	(110)
(三) 瓷夹板、塑料夹板配线和瓷瓶配线	(112)
(四) 槽板配线	(119)
(五) 管配线	(123)
(六) PVC管配线与穿线	(131)
(七) 灰层布线	(137)
四、插座及开关的选择与安装	(138)
(一) 插座的选择	(138)
(二) 插座的布置与安装	(140)
(三) 闭路电视分配器及插座的安装	(142)
(四) 电话机出线插座的安装	(144)
(五) 开关的选择与安装	(146)
(六) 插座、插头、开关故障检修	(150)
五、室内配电箱	(152)
(一) 配电用自动空气开关	(152)
(二) 漏电保护器	(153)

(三) 配电箱的配制	(157)
第八章 安全用电	(158)
一、触电方式与伤害	(158)
(一) 电流对人体的伤害	(158)
(二) 触电方式	(159)
二、接地与接零	(160)
(一) 工作接地	(160)
(二) 保护接地	(161)
(三) 保护接零	(162)
(四) 重复接地	(163)
(五) 需要接地或接零的设备和装置	(165)
三、接地装置的安装与维修	(166)
(一) 接地体的安装	(166)
(二) 接地线的安装	(168)
(三) 接地电阻的检测	(170)
(四) 接地装置的验收与检修	(170)
附录一 常用电工图形符号	(172)
附录二 常用电工文字符号	(176)

第一章 电工基本知识

一、电流、电压和电阻

(一) 电流

水往一定方向流动就形成水流，物体里的电荷朝一定方向运动就形成电流。我们虽然看不见电流，但是可以通过热效应、磁效应、光效应等来观察其存在：热效应，如电流通过电炉丝，电炉丝发热；磁效应，如电流通过导线绕成的线圈，线圈周围产生磁场；光效应，如电流通过灯泡，灯泡发光。

电流的产生必须具备两个条件：一是导体两端必须存在电位差，二是电路一定要闭合。

在一定时间内通过导体横截面的电量越多，电流就越大；通过的电量越少，电流就越小。单位时间内通过导体横截面的电量叫做电流强度，用“ I ”表示，电量用“ Q ”表示，时间用“ t ”表示，则：

$$I \text{ (安培)} = \frac{Q \text{ (库仑)}}{t \text{ (秒)}}$$

在有些电路中，流过的电流很小，还常用毫安 (mA) 或微安 (μA) 计量，它们之间的关系是：

$$1 \text{ 安} = 1000 \text{ 毫安} \quad 1 \text{ 毫安} = 1000 \text{ 微安}$$

电流有直流和交流两种。电流强度的大小和方向都不随时间

变化的电流叫做直流电，大小和方向随时间按一定的规律作周期性变化的电流叫做交流电。

（二）电压

物体带电后具有一定的电位，一般而论，物体所带正电荷越多，电位越高；带负电荷越多，电位越低。如果把两个电位不同的带电体用导线连接起来，电位高的带电体中的正电荷便向电位低的那个带电体流去，于是导体中便产生了电流。在电路中，任意两点之间的电位差，称为该两点间的电压。

一般来讲，在电力工程中，规定以大地作为参考点，认为大地的电位等于零。如果没有特别说明，所谓某点的电压，就是指该点与大地之间的电压。

电压的符号用“ U ”表示，其单位为伏特，用符号“ V ”来表示。在实际应用中，有时用千伏（ kV ）、毫伏（ mV ）、微伏（ μV ）作单位，它们之间的关系为：

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏} \quad 1 \text{ 伏} = 1000 \text{ 毫伏} \quad 1 \text{ 毫伏} = 1000 \text{ 微伏}$$

我国规定标准电压有许多级，经常接触的有：安全电压——36 伏；民用单相电压——220 伏；低压三相电压——380 伏；城乡高压配电电压——10 千伏和 35 千伏；输电电压——110 千伏和 220 千伏；长距离超高压输电电压——330 千伏和 500 千伏。

（三）电阻

1. 什么是电阻

水在水管里流动，会受到管壁和其他障碍物的阻力。同样，当电流通过金属导体时，也会遇到阻力，导体这种对电流起阻碍作用的能力叫做电阻。任何导体都有电阻，电阻用 R 表示，单位为欧姆，简称欧，用符号 Ω 表示。在实际应用中还常用到千

欧 (kΩ) 和兆欧 (MΩ) 作单位, 它们之间的关系为:

1 兆欧=1000 千欧, 1 千欧=1000 欧

实验证明, 导体的电阻决定于导体材料的物理性质、几何尺寸及导体的温度等。对于由一定材料制成的横截面均匀的导体, 它的电阻 R 与长度 L 成正比, 与横截面积 S 成反比, 可用公式表示为:

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

其中 ρ 是导体的电阻率。由这个式子可知: 同一材料的导线, 在粗细相同的情况下, 导线越长, 电阻越大; 在长度相同的情况下, 导线越细, 电阻越大。

2. 电阻率

电阻率是由导体材料决定的, 不同材料的电阻率各不相同。某种材料的电阻率数值上等于由这种材料制成的长度为 1 米、横截面积为 1 毫米² 的导体的电阻值。电阻率常用欧·毫米²/米 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$) 作单位。表 1-1 列出了 20℃ 时常用材料的电阻率。

表 1-1 20℃ 时常用材料的电阻率

材料	电阻率 ρ (欧·毫米 ² /米)	材料	电阻率 ρ (欧·毫米 ² /米)
银	0.0165	锰铜	0.42
铜	0.0175	康铜	0.44
铝	0.0283	镍铬铁	1.0
铁	0.09~0.15	铝铬铁	1.2
钢	0.13~0.25	炭	10.0

3. 电阻的类型

(1) 铸铁电阻。ZX₁、ZX₂ 系列铸铁电阻 (图 1-1a) 由铸铁

浇铸成的曲折蜿蜒的栅形元件串联叠成，适用于交流 50 赫、电压 500 伏及直流 400 伏的电路中，主要作电动机起动、制动及调速用。这种电阻一般阻值较小，允许通过电流最大达 215 安。

(2) 板形电阻。JZBY (ZB2) 型板形电阻 (图 1-1b) 主要用于异步电动机起动，以及用于鼠笼异步电动机的反接制动线路中限制电流，亦可用于小容量电动机调速。板形电阻允许通过的电流一般比铸铁电阻小。

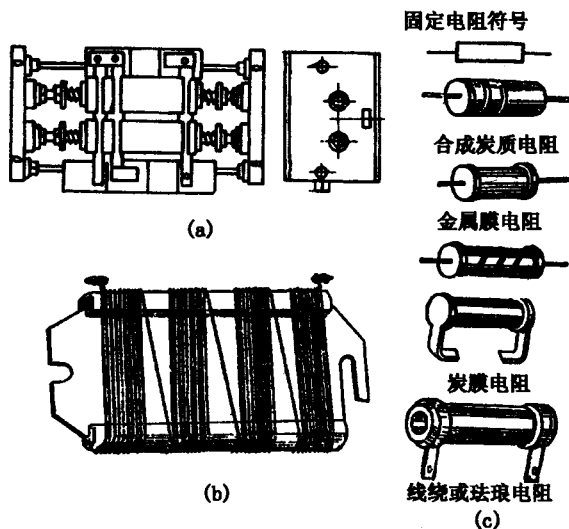


图 1-1 各种固定电阻

(3) 小功率电阻。小功率电阻 (图 1-1c) 用于电子电路中。合成炭质电阻稳定性差，已逐渐淘汰；金属膜电阻比炭膜电阻稳定，用于要求较高的电路中；绕线电阻或珐琅电阻适用于功率较大的场合。

(4) 滑线变阻器与电位器。滑线变阻器与电位器 (图 1-2) 主要用在电阻值要求经常变动的场合。

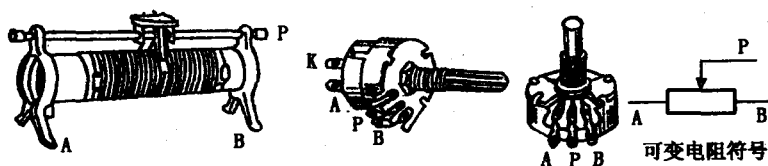


图 1-2 滑线变阻器与电位器

二、导体和绝缘体

(一) 导体

能良好地传导电流的物体叫做导体。用导体制成的电气材料叫做导电材料。金属是常用的导电材料。金属之所以能够良好地传导电流，是由金属的原子结构决定的。金属原子的最外层的电子与原子核结合得比较松散，因此这部分电子很容易脱离自己的原子核，跳跃到别处和新的原子核去结合；失去电子的原子又有新的电子来结合，这样一连串的过程就是导电的过程。除了金属以外，其他如大地、人体、天然水和酸、碱、盐类等都是导电体。电阻率是衡量导体导电性能的依据，物体的电阻率 ρ 越小，表明该物体的导电性能越好；反之，电阻率越大，则表明此物体导电性能越差。银的电阻率最小，导电性能最好，但价格昂贵。工程上用得最广泛的是铜和铝。

还有一些材料，虽然能导电，但电阻率较大，人们常常把它作为电阻材料或电热材料应用于某些电器中，比如用于电炉或电烤箱中的电热丝等。

(二) 绝缘体

不能传导电流的物体，或者传导电流的能力极差，电流几乎

不能通过的物体叫做绝缘体。这种材料的原子结构与导体不同，它的电子和原子核结合得很紧密，而且极难分离，只含有极少量的自由电子。将此类物质接上电源时，流过的电流极小（几乎接近零），所以我们认为此类物质为绝缘体，是不导电的。它的作用在于把电位不同的带电部分隔离开来。

一般来讲，对绝缘体材料的要求是：具有极高的绝缘电阻和耐电强度；具有较好的耐热和防潮性能；同时应有较高的机械强度，加工方便等。

空气是我们大家十分熟悉的，它作为一种自然界的天然绝缘材料而被人们广泛地加以利用，纸、矿物油、橡胶和陶瓷都是应用非常广泛的绝缘材料。近年来，由于有机合成工业的兴起，各种各样的绝缘材料不断问世，为新型电气设备的制造，提供了良好的条件。

绝缘材料在电和热的长期作用下，特别是在有化学腐蚀的情况下，会逐步老化，降低它原有的电气和机械性能，有时甚至可能完全丧失绝缘性。所以经常检查绝缘性能是电气设备维修中的主要工作之一。绝缘电阻是绝缘材料的主要技术指标。常常用兆欧表来测量设备的绝缘电阻，一般低压电器设备的绝缘电阻应大于0.5兆欧，对于移动电器和在潮湿地方使用的电器，其绝缘电阻还应再大一点。

三、电路与电路图

（一）电路的组成

电路就是电流流经之路。图1-3为一简单电路。在生产中把许多电气设备连接起来的电路一般比较复杂，但不管如何复杂，

任何电路都由电源、负载、中间环节等组成。电源是电路电能的来源；负载就是各种用电设备，它们将电能转换为其他形式的能量，如电灯将电能转换为光能，电炉将电能转换为热能，电动机将电能转换为机械能；中间环节如导线、开关、电表等，用来连接电源与负载，使电源与负载成为一个闭合回路，起到控制、传输、测量的作用。

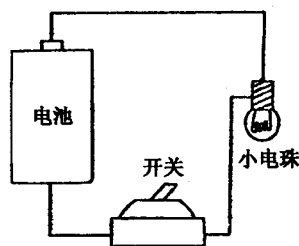


图 1-3 简单电路

任何电路都由电源、负载、中间环节等组成。电源是电路电能的来源；负载就是各种用电设备，它们将电能转换为其他形式的能量，如电灯将电能转换为光能，电炉将电能转换为热能，电动机将电能转换为机械能；中间环节如导线、开关、电表等，用来连接电源与负载，使电源与负载成为一个闭合回路，起到控制、传输、测量的作用。

(二) 电路图

任何电路都可用电路图来表示。电路图一般不用图 1-3 的实物表示，因为这样虽然直观，但画起来很麻烦，而且没有突出电路的本质。实际采用的电路

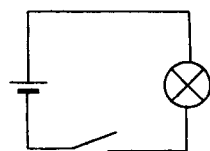


图 1-4 用电工图形符号
表示的电路图

图用规定的统一符号表示电路的各个部分，图 1-3 的实物图就可用图 1-4 的电路图表示。电路图中采用的符号应符合国家标准 GB/T4728《电气简图用图形符号》的规定。常用电工图形符号见附录一。

(三) 通路、断路和短路

电路状态分为通路、断路和短路 3 种情况。通路指开关接通使电路闭合，电流流过负载，负载可正常工作。断路指开关断开或电路中的某一个地方断开，电流通不过了。断路也叫开路。短路指两根电源线不经过负载而直接接通，即电源被短路。短路时电流会超过正常情况下的很多倍，短时间内会产生大量的热，轻则使电源和电气设备烧毁，重则引起火灾，因此要特别注意避免