

职业技能培训教材 岗位培训教材

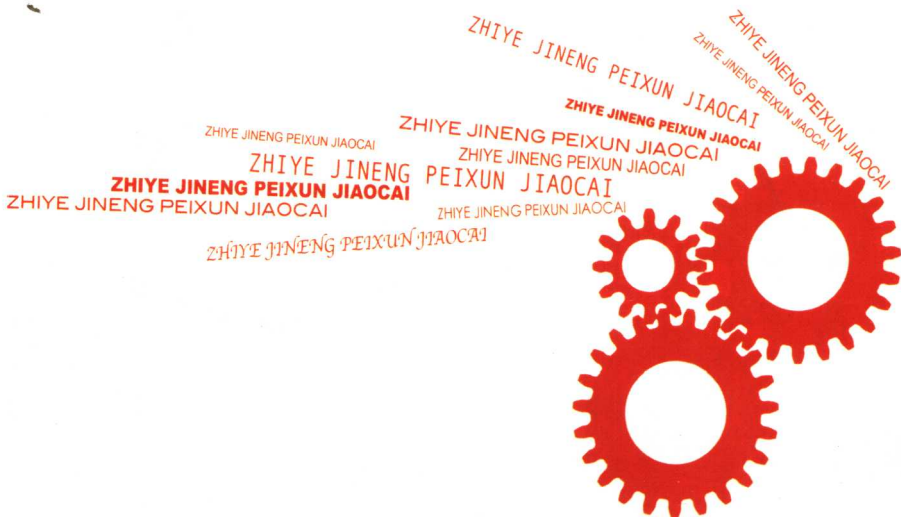
电工基础知识

DIANGONG JICHU ZHISHI

DIANGONG JICHU ZHISHI

DIANGONG JICHU ZHISHI

DIANGONG JICHU ZHISHI



中国劳动社会保障出版社

DIANGONG JICHU ZHISHI

职业技能培训教材
岗位培训教材

电工基础知识

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工基础知识/李凤林主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2006

职业技能培训教材 岗位培训教材

ISBN 7-5045-5643-2

I. 电… II. 李… III. 电工学-技术培训-教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 046618 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

*

煤炭工业出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销
850 毫米×1168 毫米 32 开本 4.25 印张 110 千字
2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

定价: 7.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

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

《中华人民共和国劳动法》规定：“从事技术工种的劳动者，上岗前必须经过培训。”国家对相应的职业制定《国家职业标准》，实行职业技能培训。

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。在社会主义市场经济条件下，劳动者竞争上岗、以贡献定报酬，这种新型的劳动、分配制度，正成为千千万万劳动者努力提高职业技能的动力。

实施职业技能培训，教材建设是重要的一环。为适应职业技能培训的迫切需要，推动职业培训教学改革，提高培训质量，中国劳动社会保障出版社会同劳动和社会保障部有关司局，组织有关专家、技术人员和职业培训教学人员编写了职业技能培训系列教材。

职业技能培训教材贯彻“求知重能”的原则，在保证知识连贯性的基础上，着眼于技能操作，力求内容浓缩、精炼，突出教材的针对性、典型性、实用性。

职业技能培训教材供各级培训机构的学员参加培训、考核使用，亦可作为就业培训、再就业培训、企业培训、劳动预备制培训用书，对于各类职业技术学校师生、相关行业技术人员也有较高的参考价值。

百年大计，质量第一。编写职业技能培训教材是一项艰巨的探索性工作，不足之处在所难免，恳切欢迎各使用单位和读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部教材办公室

内 容 简 介

本书遵循由浅入深、循序渐进的知识体系；比较系统地介绍了电工技术中最常用的知识、技术。其主要内容包括：直流电路、电磁的基本知识、正弦交流电路、变压器与三相异步电动机、简单机床电路、安全用电。

本教材主要用于机械类人员电工知识培训，也可用于其他非电类专业的培训或供读者自学使用。

本书是在全国就业训练机械类统编教材的基础上改编而成，原书第一版由马宗彪、魏威编写，王喜彦审稿；第二版由马宗彪、胡立新、王淑清编写，马宗彪主编，王喜彦审稿。

本书由李凤林主编，周慧、钱雅铭参编，阎福礼审稿。

目 录

第一章 直流电路	(1)
§ 1—1 电学的基本物理量	(1)
§ 1—2 电路	(9)
§ 1—3 欧姆定律	(11)
§ 1—4 电阻的串联、并联电路	(14)
§ 1—5 电工测量基本知识	(18)
习题	(23)
第二章 电磁的基本知识	(25)
§ 2—1 磁的基本知识	(25)
§ 2—2 电流的磁场	(29)
§ 2—3 电磁感应	(33)
§ 2—4 自感、互感	(38)
习题	(41)
第三章 正弦交流电路	(44)
§ 3—1 正弦交流电的产生	(45)
§ 3—2 正弦交流电的三要素	(48)
§ 3—3 正弦交流电的表示法	(52)
§ 3—4 单相交流电路	(54)
§ 3—5 三相交流电路	(59)

§ 3—6 常用电气照明电路.....	(65)
习题.....	(68)
第四章 变压器与三相异步电动机.....	(71)
§ 4—1 变压器的基本结构和工作原理.....	(71)
§ 4—2 三相异步电动机的用途和结构.....	(80)
§ 4—3 三相异步电动机的转动原理.....	(82)
§ 4—4 三相异步电动机的使用.....	(87)
§ 4—5 单相异步电动机.....	(92)
习题.....	(94)
第五章 简单机床电路.....	(96)
§ 5—1 常用低压电器.....	(97)
§ 5—2 机床的几种控制线路.....	(107)
习题.....	(116)
第六章 安全用电.....	(118)
§ 6—1 触电.....	(118)
§ 6—2 安全用电措施.....	(121)
§ 6—3 电气事故及紧急处理.....	(125)
习题.....	(128)

第一章 直流电路

本章学习要点:

1. 熟悉电流、电压、电阻、电功率、电功等常用的物理量;
2. 了解常用电气元件的电路符号,能够看懂电路图的连接关系;
3. 熟练掌握欧姆定律的两种形式,明确 U , I , R , E , r 之间的关系;
4. 准确辨识简单电路电阻的串、并联关系,掌握两种连接形式中每个元件上电压、电流与总电压、总电流的关系。

现实生活中,我们经常听到或说起很多有关电方面的名词、术语,也经常有很多用电方面的困惑。这些名词、术语究竟是怎样定义的?它们之间有什么关系?是什么因素导致电压的高低、电流的大小?为什么会发生由用电引发的火灾?为什么家里几个月没人住,还会产生电费?很多经常听到的,看似简单,又不容易说清的问题,通过本章的学习都会有明确的答案。

§ 1—1 电学的基本物理量

一、电量

自然界中的一切物质都是由分子组成的,分子又是由原子组

成的，而原子是由带正电荷的原子核和一定数量带负电荷的电子组成的。在通常情况下，原子核所带的正电荷数等于核外电子所带的负电荷数，原子对外不显电性。但是，用一些办法，可使某种物体上的电子转移到另外一种物体上。失去电子的物体带正电荷，得到电子的物体带负电荷。物体失去或得到的电子数量越多，则物体所带的正、负电荷的数量也越多。

物体所带电荷数量的多少用电量来表示。电量是一个物理量，它的单位是库仑，用字母 C 表示。1 C 的电量相当于物体失去或得到 6.25×10^{18} 个电子所带的电量。

二、电流

电荷的定向移动形成电流。电流有大小，有方向。

1. 电流的方向

人们规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。金属导体中，电流是电子在导体内电场的作用下定向移动的结果，电子流的方向是负电荷的移动方向，与正电荷的移动方向相反，所以金属导体中电流的方向与电子流的方向相反，如图 1—1 所示。

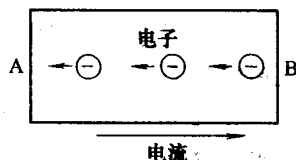


图 1—1 金属导体中的
电流方向

2. 电流的大小

电学中用电流强度来衡量电流的大小。电流强度就是 1 秒通过导体截面的电量。电流强度用字母 I 表示，计算公式如下：

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

式中 I ——电流强度，单位安培 (A)；

Q ——在 t 秒时间内，通过导体截面的电量数，单位库仑 (C)；

t ——时间，单位秒 (s)。

实际使用时，人们把电流强度简称为电流。电流的单位是安培，简称安，用字母 A 表示。如果 1 秒内通过导体截面的电量为 1 库仑，则该电流的电流强度为 1 安培，习惯简称电流为 1 安。实际应用中，除单位安培外，还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA)。它们之间的关系为：

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

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

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

三、电压

为了弄清楚电荷在导体中定向移动而形成电流的原因，我们对照图 1—2a 水流的形成来理解这个问题。

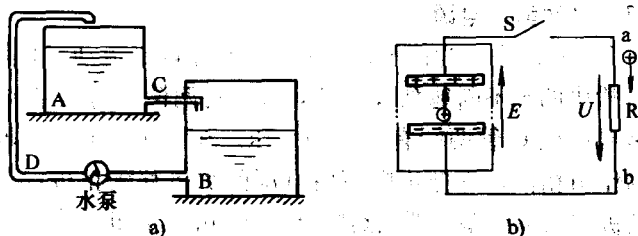


图 1—2 水流和电流的形成

a) 水流的形成 b) 电流的形成

从图 1—2a 可以看到，水由 A 槽经 C 管向 B 槽流去。水之所以能在 C 管中进行定向移动，是由于 A 槽水位高，B 槽水位低所致。A、B 两槽之间的水位差即水压，是实现水形成水流的原因。与此相似，当图 1—2b 中的开关 S 闭合后，电路里就有电流。这是因为电源的正极电位高，负极电位低。两个极间电位差（电压）使正电荷从正极出发，经过负载 R 移向负极形成电流。所以，电压是自由电荷发生定向移动形成电流的原因。在电路中电场力把单位正电荷由高电位 a 点移向低电位 b 点所做的功称为两点间的电压，用 U_{ab} 表示。所以电压是 a 与 b 两点间的电位差，

它是衡量电场力做功本领大小的物理量。

电压用字母 U 表示，单位为伏特，电场力将 1 库仑电荷从 a 点移到 b 点所做的功为 1 焦耳，则 ab 间的电压值就是 1 伏特，简称伏，用字母 V 表示。常用的电压单位还有千伏 (kV)，毫伏 (mV) 等。它们之间的关系为：

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

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

电压与电流相似，不但有大小，而且有方向。对于负载来说，电流流入端为正端，电流流出端为负端。电压的方向是由正端指向负端，也就是说负载中电压实际方向与电流方向一致。在电路图中，用带箭头的细实线表示电压的方向。

四、电动势、电源

在图 1—2a 中，为使水在 C 管中持续不断地流动，必须用水泵把 B 槽中的水不断地泵入 A 槽，以维持两槽间的固定水位差，也就是要保证 C 管两端有一定的水压。在图 1—2b 中，电源与水泵的作用相似，它把正电荷由电源的负极移到正极，以维持正、负极间的电位差，即电路中有一定的电压使正电荷在电路中持续不断地流动。

电源是利用非电力把正电荷由负极移到正极的，它在电路中将其其他形式能转换成电能。电动势就是衡量电源能量转换本领的物理量，用字母 E 表示，它的单位也是伏特，简称伏，用字母 V 表示。

电源的电动势只存在于电源内部。人们规定电动势的方向在电源内部由负极指向正极。在电路中也用带箭头的细实线表示电动势的方向，如图 1—2b 所示。当电源两端不接负载时，电源的开路电压等于电源的电动势，但二者方向相反。

生活中用测量电源端电压的办法，来判断电源的状态。比如测得工作电路中两节 5 号电池的端电压为 2.8 V ，则说明电池电量比较充足。

五、电阻

一般来说，导体对电流的阻碍作用称为电阻，用字母 R 表示。电阻的单位为欧姆，简称欧，用字母 Ω 表示。

如果导体两端的电压为 1 伏，通过的电流为 1 安，则该导体的电阻就是 1 欧。

常用的电阻单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。它们之间的关系为：

$$1 k\Omega = 10^3 \Omega$$

$$1 M\Omega = 10^3 k\Omega$$

应当强调指出：电阻是导体中客观存在的，它与导体两端电压变化情况无关，即使没有电压，导体中仍然有电阻存在。实验证明，当温度一定时，导体电阻只与材料及导体的几何尺寸有关。对于一根材质均匀、长度为 L 、截面积为 S 的导体而言，其电阻大小可用下式表示：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-2)$$

式中 R ——导体电阻，单位为欧 (Ω)；

L ——导体长度，单位为米 (m)；

S ——导体截面积，单位为平方毫米 (mm^2)；

ρ ——电阻率，单位为欧·米 ($\Omega \cdot m$)。

式中电阻率是与材料性质有关的物理量。电阻率的大小等于长度为 1 m，截面积为 $1 mm^2$ 的导体在一定温度下的电阻值，其单位为欧米 ($\Omega \cdot m$)。例如，铜的电阻率为 $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ ，就是指长为 1 m，截面积为 $1 mm^2$ 的铜线的电阻是 $1.7 \times 10^{-8} \Omega$ 。几种常用材料在 $20^\circ C$ 时的电阻率见表 1—1。

从表中可知，铜和铝的电阻率较小，是应用极为广泛的导电材料。以前，由于我国铝的矿藏量丰富，价格低廉，常用铝线作输电线。由于铜线有更好的电气特性，如强度高、电阻率小，现在铜制线材被更广泛应用。电动机、变压器的绕组一般都用铜材。

表 1—1 几种常用材料在 20℃ 时的电阻率

材料名称	电阻率 ($\Omega \cdot m$)
银	1.6×10^{-8}
铜	1.7×10^{-8}
铝	2.9×10^{-8}
钨	5.3×10^{-8}
铁	1.0×10^{-7}
康铜	5.0×10^{-7}
锰铜	4.4×10^{-7}
铝铬铁电阻丝	1.2×10^{-6}

六、电功、电功率

电流通过用电器时，用电器就将电能转换成其他形式的能，如热能、光能和机械能等。我们把电能转换成其他形式的能叫做电流做功，简称电功，用字母 W 表示。电流通过用电器所做的功与用电器的端电压、流过的电流、所用的时间和电阻有以下的关系：

$$\left. \begin{aligned} W &= UIt \\ W &= I^2 R t \\ W &= \frac{U^2}{R} t \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

如果公式 (1—3) 中，电压单位为伏，电流单位为安，电阻单位为欧，时间单位为秒，则电功单位就是焦耳，简称焦，用字母 J 表示。

电流在单位时间内通过用电器所做的功称为电功率，用字母 P 表示。其数学表达式为：

$$P = \frac{W}{t} \quad (1-4)$$

将公式 (1—3) 代入公式 1—4 后得到：

$$\left. \begin{aligned} P &= \frac{U^2}{R} \\ P &= UI \\ P &= I^2 R \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

若在公式(1—4)中,电功单位为焦耳,时间单位为秒,则电功率的单位就是焦耳/秒。焦耳/秒又叫瓦特,简称瓦,用字母W表示。在实际工作中,常用的电功率单位还有千瓦(kW)、毫瓦(mW)等。它们之间的关系为:

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

$$1 \text{ W} = 10^3 \text{ mW}$$

从公式1—5中可以得出如下结论:

1. 当用电器的电阻一定时,电功率与电流平方或电压平方成正比。若通过用电器的电流是原来电流的2倍,则电功率就是原功率的4倍;若加在用电器两端电压是原电压的2倍,则电功率就是原功率的4倍。

2. 当流过用电器的电流一定时,电功率与电阻值成正比。对于串联电阻电路,流经各个电阻的电流是相同的,则串联电阻的总功率与各个电阻的电阻值的和成正比。

3. 当加在用电器两端的电压一定时,电功率与电阻值成反比。对于并联电阻电路,各个电阻两端电压相等,则各个电阻的电功率与各电阻的阻值成反比。

在实际工作中,电功的单位常用千瓦小时(kW·h),也叫“度”。1千瓦小时是1度,它表示功率为1千瓦的用电器1小时所消耗的电能,即:

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

例题 1 一台42英寸(1英寸=2.54厘米)等离子电视机的功率约为300W,平均每天开机3小时,若每度电费为人民币0.48元,问一年(以365天计算)要交纳多少电费?

解:

电视机的功率 $P=300\text{ W}=0.3\text{ kW}$

电视机一年开机的时间 $t=3\times 365=1\,095\text{ h}$

电视机一年消耗的电能 $W=Pt=0.3\times 1\,095=328.5\text{ kW}\cdot\text{h}$

一年的电费为 $328.5\times 0.48=157.68\text{ 元}$

想一想：现在的电气在不工作时经常是通电的（待机状态），此时的功耗很低，一般不超过 10 W （计算时可以估算为 5 W ），假定家中有空调、电视机、DVD 播放器、家庭影院功放、计算机主机、计算机显示器，如果这些电气长期处在待机状态，它们一年要消耗多少电费？有没有其他问题？

七、电流的热效应

电流通过导体使导体发热的现象叫做电流的热效应。电流的热效应是电流通过导体时电能转换成热能的效应。

电流通过导体产生的热量，用焦耳—楞次定律表示如下：

$$Q = I^2 R t \quad (1-6)$$

式中 Q ——热量，单位焦耳 (J)；

I ——通过导体的电流，单位安培 (A)；

R ——导体电阻，单位欧姆 (Ω)；

t ——导体通过电流的时间，单位秒 (s)。

焦耳—楞次定律的物理意义是：电流通过导体所产生的热量，与电流强度的平方、导体的电阻及通电时间成正比。

在生产和生活中，应用电流热效应制作各种电气。如白炽灯、电烙铁、电烤箱、熔断器等在工厂中最为常见；电吹风、电褥子等常用于家庭中。但是电流的热效应也有其不利的一面，如电流的热效应能使电路中不需要发热的地方（如导线）发热，导致绝缘材料老化，甚至烧毁设备，导致火灾，是一种不容忽视的潜在祸因。

例题 2 已知当一台电烤箱的电阻丝流过 5 A 电流时，每分钟可放出 1.2×10^6 J 的热量，求这台电烤箱的电功率及电阻丝工作时的电阻值。

解：

根据公式 (1—4)，电烤箱的电功率为：

$$P = \frac{W}{t} = \frac{Q}{t} = \frac{1.2 \times 10^6}{60} = 20 \text{ kW}$$

电阻丝工作时电阻值为：

$$R = \frac{P}{I^2} = \frac{20\,000}{25} = 800 \, \Omega$$

§ 1—2 电 路

一、电路的组成和作用

电流所流过的路径称为电路。它是由电源、负载、开关和连接导线等 4 个基本部分组成的，如图 1—3 所示。

电源是把非电能转换成电能并向外提供电能的装置。常见的电源有干电池、蓄电池和发电机等。

负载是电路中用电器的总称，它将电能转换成其他形式的能。如电灯把电能转换成光能；电烙铁把电能转换成热能；电动机把电能转换成机械能。

开关属于控制电器，用于控制电路的接通或断开。

连接导线将电源和负载连接起来，担负着电能的传输和分配的任务。

电路电流方向是由电源正极经负载流到电源负极，在电源内部，电流由负极流向正极，形成一个闭合通路。

二、电路图

在设计、安装或维修各种实际电路时，经常要画出表示电路

连接情况的图。如果是画如图 1—3 所示的实物连接图，虽然直观，但很麻烦。所以很少画实物图，而是画电路图。所谓电路图就是用国家统一规定的符号，来表示电路连接情况的图。表 1—2 是几种常用的电工符号。图 1—4 是图 1—3 的电路图。

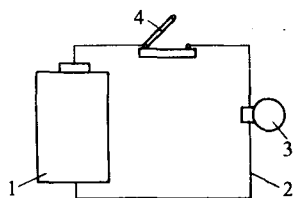


图 1—3 电路的组成

1—电源 2—导线 3—灯泡
4—开关

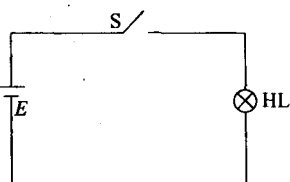


图 1—4 电路图

表 1—2

几种常用的电工符号

名称	符号	名称	符号
电池		电流表	
导线		电压表	
开关		熔断器	
电阻		电容	
照明灯		接地	

三、电路的三种状态

电路有三种状态：即通路、开路、短路。

通路是指电路处处接通。通路也称为闭合电路，简称闭路。只有在通路的情况下，电路才有正常的工作电流。

开路是电路中某处断开，没有形成通路的电路。开路也称为断路，此时电路中没有电流。