

DIANGONG SHIYONG JINENG
PEIXUN JIAOCAI

电工实用技能 培训教材

● 主编 贾丽华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

电工实用技能

培训教材

● 主 编 贾丽华
副主编 张会平 王向东
苏景军 高汝武
陈光会 陈家斌



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据电工岗位实用技能培训要求进行编写,其内容既有电气理论知识,又有岗位作业技能及应知、应会与电气作业安全等。全书共12章,分别介绍了电二基本知识、配电线路、配电变压器、高压电器、低压电器与配电装置、电工仪表与测量、继电保护及自动装置、室内配电线路及照明、异步电动机、电力无功补偿与并联电容器、防雷与接地和电气安全技术等内容。

本书可作为电工及电气管理人员培训用书,也可供电力学校电气专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工实用技能培训教材/贾丽华主编. —北京:中国水利水电出版社, 2004

ISBN 7-5084-2089-6

I. 电... II. 贾... III. 电工—技术培训—教材
IV. TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第034553号

书 作 出 版 发 行	名 者 发 行	电工实用技能培训教材 主编 贾丽华 中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	售	
排 印 规 版 印 定	版 刷 格 次 数 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京市兴怀印刷厂 850mm×1168mm 32开本 14.5印张 390千字 2004年5月第1版 2004年5月第1次印刷 0001—8100册 28.00元

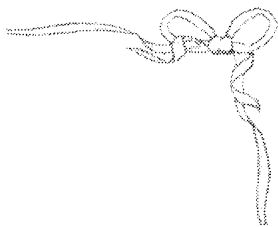
凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书编写人员名单

主 编	贾丽华			
副 主 编	张会平	王向东	苏景军	
	高汝武	陈光会	陈家斌	
编写人员	杨爱萍	雷 明	罗 召	夏 萍
	赵建宾	毋富安	郑金科	李拥军
	高小飞	张海涛	孟凡中	郭宝明
	殷竣河	刘竞赛	张 振	崔军朝
	马 雁	牛新平	张露江	罗 娜
	景 胜	段志勇	张宏宾	季 宏
	王云皓	吴 健	王德华	

前 言



随着国民经济的迅速发展，人们精神生活和物质生活水平日趋现代化，电力行业也得到加速发展。为适应社会发展的需要，确保电网安全、经济、科学地运行，就要有一支本领过硬的电工队伍，要求电工要具有相当程度的专业技术理论知识和熟练的操作技能。为了满足这一需要，我们特编写了这本《电工实用技能培训教材》，供广大的进网电工培训学习使用。

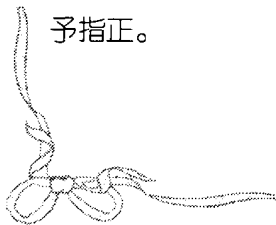
本书编者是从事多年生产的第一线的专家，有着极其丰富的实践经验。在编写过程中，强调突出岗位实用的特点，深入浅出地介绍了电工岗位应知应会技术知识，重点是实际操作技能，尤其注重的是对初学者起到“一学就会，拿来就用，立竿见影”的效果。

本书内容丰富，系统全面，严格按照国家现行标准、规程、规范进行编写，全书简明扼要，通俗易懂，便于自学，既有专业理论知识，又有岗位应知应会的基本技能知识，使读者拥有这本书就能很快胜任本职工作。

由于编者水平有限，书中如有不妥之处，恳请读者给予指正。

编者

2004 年 4 月



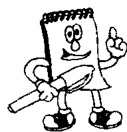


前言

第一章 电工基础知识	1
第一节 直流电路.....	1
第二节 电磁感应.....	9
第三节 交流电路.....	12
复习题.....	21
第二章 配电线路	22
第一节 架空配电线路的组成.....	22
第二节 低压架空线路的规划与设计.....	37
第三节 架空线路的施工.....	44
第四节 架空线路的维护.....	64
第五节 电缆线路.....	68
第六节 低压地埋电力线路.....	79
复习题.....	82
第三章 配电变压器	83
第一节 变压器的结构原理.....	84
第二节 变压器的选择与安装.....	93
第三节 变压器的运行维护.....	102
第四节 变压器油.....	107
复习题.....	112
第四章 高压电器	113
第一节 断路器.....	113
第二节 互感器.....	143
第三节 高压电器的选择.....	154

第四节	高压成套装置·····	158
复习题	·····	164
第五章	低压电器与配电装置·····	165
第一节	低压电器分类和用途·····	165
第二节	常用低压电器的选择、安装与使用·····	171
第三节	剩余电流动作保护器·····	194
第四节	配电装置·····	200
复习题	·····	208
第六章	电工仪表与测量·····	209
第一节	电工仪表的基本知识·····	209
第二节	电工仪表的结构原理与使用·····	214
第三节	数字式仪表·····	232
第四节	电能表与测量·····	234
复习题	·····	239
第七章	继电保护及自动装置·····	240
第一节	继电保护分类及基本要求·····	240
第二节	小型变配电所常配的继电保护·····	242
第三节	电力线路常配的保护·····	247
第四节	微机保护·····	254
第五节	自动装置·····	263
复习题	·····	266
第八章	室内配电线路及照明·····	267
第一节	接户线与进户线·····	267
第二节	配电装置·····	273
第三节	导线的选择·····	278
第四节	室内线路的基本要求·····	280
第五节	绝缘导线的连接·····	282
第六节	室内配线的安装·····	288
第七节	照明线路的安装·····	305
第八节	电光源种类及结构原理·····	311

第九节	光源和灯具的选择	324
第十节	照明装置的安装	326
复习题		335
第九章	异步电动机	337
第一节	电动机的分类与结构	337
第二节	电动机的选择与安装	341
第三节	电动机的运行与维护	355
第四节	单相异步电动机	367
复习题		371
第十章	电力无功补偿与并联电容器	372
第一节	负荷的功率因数	372
第二节	并联电容器补偿无功功率的作用及方法	376
第三节	并联电容器的结构原理与安装	379
第四节	电容器的运行与维护	382
复习题		386
第十一章	防雷与接地	387
第一节	防雷设施	388
第二节	电力设施的防雷与避雷器的选择	395
第三节	防雷设备的维护	401
第四节	电气接地与接零	405
第五节	接地装置的技术要求	416
复习题		422
第十二章	电气安全技术	423
第一节	电流对人体的危害	423
第二节	电气事故类型	428
第三节	在电气设备上工作安全规定	435
第四节	电工安全用具及使用	445
复习题		455



第一章 电工基础知识

第一节 直流电路

一、电路组成

电路就是电流通过的路径。它由电源、负载、连接导线和开关等组成。图 1-1 所示为最简单的电路。负载、连接导线和开关称为外电路，电源内部的一段电路称内电路。

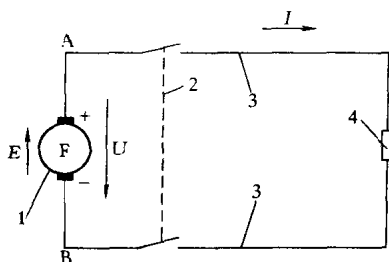


图 1-1 电路的组成

1—电源；2—开关；3—导线；4—负载

当开关闭合时，电路中有电流通过，负载就可以工作，叫做接通电路，即合闸。当开关断开时，电路中没有电流通过，负载停止工作，叫做断开电路，即分闸。

二、基本物理量及关系

(一) 电流

导体中的自由电子在电场力的作用下，作有规则的定向运动，就形成了电流。习惯上规定正电荷移动的方向为电流的方向。因此在金属导体中，电流的方向是和自由电子的实际移动方向相反的。



（二）电流强度

电流的大小用电流强度（简称电流）来表示，其数值等于单位时间内通过导体截面的电荷量，通常用符号 I 表示，即：

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

式中 I ——电流强度，A；

Q ——通过导体截面的电荷量，C；

t ——通过电荷量 Q 所用的时间，s。

电流强度的单位可用千安（kA）、安（A）、毫安（mA）表示，即： $1\text{kA}=10^3\text{A}$ ； $1\text{A}=10^3\text{mA}$ ； $1\text{mA}=10^3\mu\text{A}$ 。

直流电流的大小和方向都不随时间变化，用大写字母 I 表示。

电流的大小用电流表来测量，测量时将电流表串联在被测的电路中，如图 1-2 所示。

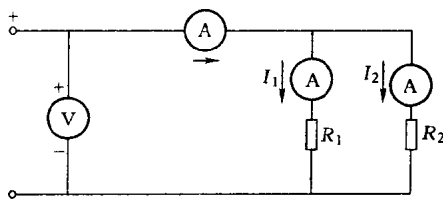


图 1-2 电流表、电压表的接线

（三）电位、电压

电场中某点的电位，在数值上等于单位正电荷沿任意路径从该点移至无限远处的过程中电场力所做的功。其单位为伏特，简称伏（V）。

在电场中电位等于零的点叫做参考点，凡电位高于零电位的点，电位为正，凡电位低于零电位的点，其电位为负。通常以大地作为参考点。

电场中两点之间的电位差，称为电压，其表达式为：

$$U = \frac{A}{Q}$$



式中 A ——电场力所做的功, J;

Q ——电荷量, C;

U ——两点之间的电位差, 即电压, V。

电压的单位可用千伏 (kV)、伏 (V)、毫伏 (mV) 表示, 即: $1\text{kV} = 10^3\text{V}$; $1\text{V} = 10^3\text{mV}$; $1\text{mV} = 10^3\mu\text{V}$ 。

电场中各点的电位, 随着参考点的改变而不同, 但是无论参考点如何改变, 任意两点间的电位差是不变的。电压的正方向是从高电位点指向低电位点。

(四) 电动势

在电场中, 将单位正电荷由低电位移向高电位时外力所做的功称为电动势, 其表达式为:

$$E = \frac{A}{Q}$$

式中 A ——外力所做的功, J;

Q ——电荷量, C;

E ——电动势, V。

电动势的正方向规定为由低电位指向高电位, 即电位升高的方向。

电动势和电压可用电压表来测量, 测量时, 将电压表并接在被测的电路中, 如图 1-2 所示。

在电场力的作用下, 电流在导体中流动时所受到的阻力, 称为电阻, 用“ R ”或“ r ”表示。电阻常用的单位为: 兆欧 (M Ω)、千欧 (k Ω)、欧 (Ω), 即: $1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$; $1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$; $1\Omega = 10^3\text{m}\Omega = 10^6\mu\Omega$ 。

当导体两端的电压是 1V, 导体中的电流是 1A 时, 这段导体的电阻为 1 Ω 。即:

$$1\Omega = \frac{1\text{V}}{1\text{A}}$$

实验证明, 在一定的温度下, 截面积均匀、材料相同的一段金属导体电阻的大小, 与其长度成正比, 与其截面积成反比, 并



与其材料有关, 这种关系称为电阻定律, 可用公式表示为:

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

式中 R ——导体的电阻, Ω ;

L ——导体长度, m ;

S ——导体截面积, m^2 , 也可用 mm^2 ;

ρ ——电阻率, $\Omega \cdot m$ 。

导体的电阻率是指在温度为 $20^\circ C$ 时, 长 $1m$ 、截面积为 $1mm^2$ 的导体的电阻值。

导体的电阻还与导体的温度有关。一般金属材料的电阻是随温度的升高而增加, 但电解液导体是随温度的升高而降低。考虑温度影响时的电阻应为:

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-2)$$

式中 α ——导体材料的电阻温度系数, 即温度每增加 $1^\circ C$, 导体电阻的变化值与原电阻值的比值, 常用材料的电阻率和电阻温度系数可从有关手册表格中查取;

R_1 ——温度为 t_1 时的电阻值, Ω ;

R_2 ——温度升高到 t_2 时的导体的电阻, Ω 。

能很好传导电流的物体叫导体; 基本不能传导电流的物体叫绝缘体; 导电能力介于导体和绝缘体之间的物质叫半导体。

导体和绝缘体是相对的。若外界条件促使绝缘体内部自由电荷增加 (如灰尘、水分、温度等), 就会使绝缘体向导体方向转化, 失去绝缘体的作用, 这种现象就是平常所说的绝缘劣化。

导体的电阻可用欧姆表来测量, 绝缘体的绝缘电阻可用绝缘摇表 (兆欧表) 来测量。

(五) 欧姆定律

欧姆定律是表示电压 (或电势)、电流和电阻三者关系的基本定律。

如图 1-3 (a) 所示为部分电路, 实验证明, 通过电阻的电流, 与电阻两端所加的电压成正比、与电阻成反比, 称部分电路



的欧姆定律，即：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-3)$$

将上式移项得：

$$U = IR$$

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

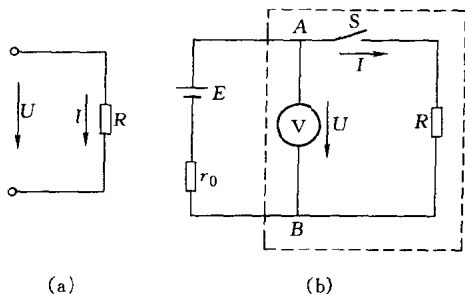


图 1-3 部分和全电路图

(a) 部分电路；(b) 全电路

图 1-3 (b) 所示的电路包括电源在内，称全电路。在这样的闭合电路中，电流与电源的电动势成正比，与电路中的负载电阻及电源内阻之和成反比，称全电路欧姆定律，即：

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1-4)$$

式中 E ——电源电动势，V；

R, r_0 ——分别为负载电阻和电源的内阻， Ω ；

I ——电路中流过的电流，A。

如果要考虑连接导线的电阻时，则总电阻中还要加上导线的电阻值。

三、电路的连接

电路的连接，有串联、并联及混联三种形式。

(一) 串联电路



1. 电阻的串联

凡是将电阻首尾依次相连，使电流只有一条通路的接法叫做电阻的串联，如图 1-4 所示。

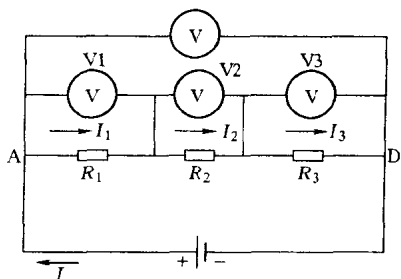


图 1-4 串联电路

在电阻串联电路中，具有下列特点：

(1) 串联电路中各电阻流过的电流都相等，即 $I = I_1 = I_2 = I_3$ 。

(2) 总电压等于各电阻上电压降之和，即 $U = U_1 + U_2 + U_3$ ，故串联电路能把电压分成所需大小的几部分，起到分压作用。

(3) 总电阻 R 为各个负载电阻之和，即 $R = R_1 + R_2 + R_3$ 。

(4) 各电阻上电压降之比等于其电阻比，即 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$ 、 $\frac{U_1}{U_3} = \frac{R_1}{R_3}$ 。

2. 电源的串联

将前一个电源的负极和后一个电源的正极依次连接起来，即为电源的串联。这样连接电源可以获得较大的电源电压。

串联电源的总电势为：

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \cdots + E_n$$

总电阻为：

$$r_0 = r_{01} + r_{02} + r_{03} + \cdots + r_{0n}$$



串联电源发出的总电流为：

$$I = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \cdots + E_n}{R + (r_{01} + r_{02} + r_{03} + \cdots + r_{0n})}$$

(二) 并联电路

1. 电阻的并联

将电路中若干个电阻并排（即头接一起，尾接一起）连接起来的接法，如图 1-5 所示，称为电阻的并联。

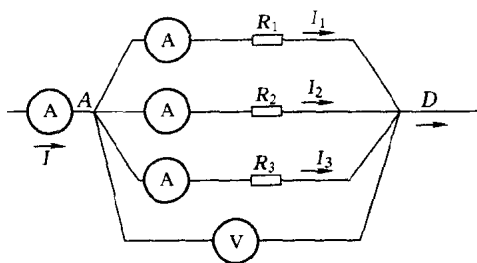


图 1-5 并联电路

电阻的并联电路具有以下特点：

- (1) 各电阻两端的电压均相等，即 $U = U_1 = U_2 = U_3$ 。
- (2) 电路的总电流等于电路中各支路电流之和，即 $I = I_1 + I_2 + I_3$ ，各支路可起到分流作用。

(3) 电路总电阻 R 的倒数等于各个支路电阻倒数之和，即 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ ，并联负载愈多，电路的总电阻愈小，电源供给的电流愈大，即负荷愈重。

- (4) 通过各支路的电流与各自电阻成反比，即 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$ 。

2. 电源的并联

把所有电源的正极连接在一起，作为电源的正极，把所有电源的负极也连接在一起，作为电源的负极，然后接到电路中，称为电源的并联。用蓄电池作电源时，其并联必须具备两个条件：一是每个电源的电势必须相等，二是每个电源的内电阻必须相



同。这时，总电动势仍等于一个电源的电动势，而流过外电路的电流等于流过各电源的电流总和。故在需要较大输出电流时，常采用电源的并联。

（三）混联电路

电路中既有元件的串联又有元件的并联，则称混联电路，也叫复联电路。

对于混联电路的计算，要根据电路的具体情况，应用有关串联和并联的特点来进行。一般步骤为：

（1）求出各元件串联和并联的等效电阻值，再计算电路的总电阻值。

（2）由电路总电阻值和电路的端电压，根据欧姆定律计算出电路的总电流。

（3）根据元件串联的分压关系和元件并联的分流关系，逐步推算出各部分的电压和电流。

四、电功和电功率

（一）电功

电流所做的功称作电功，用符号 A 表示。

电功的大小与电路中的电流、电压以及通电时间成正比，用公式表示为：

$$A = UIt = I^2 R t \text{ (J)} \quad (1-5)$$

式中 U ——电路两端的电压，V；

I ——电路电流，A；

R ——电路的电阻， Ω ；

t ——通电时间，s。

电功及电能量的单位名称是焦 [耳]，单位符号为 J，另一单位名称是千瓦·时，单位符号为 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。它们之间的关系是 $1 \text{ 千瓦}\cdot\text{时} = 3.6 \text{ 兆焦}$ ($1 \text{ kW}\cdot\text{h} = 3.6 \text{ MJ}$)。

（二）电功率

电流在单位时间内所做的功做叫电功率，用字母 P 表示。用公式表示为：



$$P = \frac{A}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (\text{W}) \quad (1-6)$$

式中 A ——电功, J;
 t ——做功的时间, s;
 U ——电压, V;
 I ——电流, A;
 R ——电阻, Ω 。

电功率的单位名称为瓦 [特], 单位符号为 W, 功率较大时, 用千瓦或兆瓦作单位, 写作 kW、MW。生产中过去还用马力作功率单位, 但该单位以后将被废除。单位 W 和马力之间的换算关系数为:

$$1 \text{ 马力} = 736 \text{ W} \quad 1 \text{ kW} = 1.36 \text{ 马力}$$

五、电流的热效应

电流通过导体时, 由于自由电子的碰撞, 电能就不断地转变为热能, 这种电流通过导体会产生热的现象, 称为电流的热效应。

电与热的转化关系可由公式表示为:

$$Q = I^2 R t = W \quad (1-7)$$

式中 I ——导体中通过的电流, A;
 R ——导体的电阻, Ω ;
 t ——电流通过导体的时间, s;
 W ——消耗的电能, J;
 Q ——导体产生的热量, J。

第二节 电磁感应

磁铁具有吸铁的性质, 称为磁铁。

任一磁铁均有两个磁极: 即 N 极 (北极) 和 S 极 (南极)。

磁铁端部磁性最强, 越近中央内磁性越弱。

同性磁极相斥, 异性磁极相吸。