

JIANSHE ZHIYE JINENG GANGWEI PEIXUN JIAOCAI  
建设职业技能岗位培训教材

# 工程电气设备 安装调试工

GONGCHENG DIANQI SHEBEI  
ANZHUANG TIAOSHIGONG

李永忠 编

 中国环境科学出版社

建设职业技能岗位培训教材

# 工程电气设备安装调试工

李永忠 编

中国环境科学出版社

### 图书在版编目 (CIP) 数据

工程电气设备安装调试工/李永忠编. —北京: 中国环境科学出版社, 2005.1

建设职业技能岗位培训教材

ISBN 7-80163-998-7

I. 工... II. 李... III. ①房屋建筑设备: 电气设备-设备安装-技术培训-教材②房屋建筑设备: 电气设备-调试-技术培训-教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 121035 号

- 
- 出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.cn>  
电子信箱: [bianj3@cesp.cn](mailto:bianj3@cesp.cn)  
电 话: 010-67112739(传真)
- 印 刷 北京中科印刷有限公司  
经 销 各地新华书店经售  
版 次 2005 年 1 月第一版  
印 次 2005 年 1 月第一次印刷  
印 数 5000  
开 本 850 × 1168 1/32  
印 张 15.25  
字 数 424 千字  
定 价 27.00 元
- 

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损, 倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

建设职业技能岗位培训教材  
编 委 会

主 任 李 宙 秦 飙

编 委 刘存智 张子平 陆建玲 陈 雁

张 杰 周 让 李 慷 陆继水

## 出版说明

为适应我国加入 WTO 后建设事业发展的需要，贯彻落实建设部、劳动和社会保障部《关于建设行业生产操作人员实行职业资格证书制度的有关问题的通知》精神，开展建设职工职业技能培训，加快提高建设职工队伍整体素质，我社根据建设部与劳动和社会保障部共同审定的有关建设行业的《国家职业标准》和建设部颁发的《职业技能标准》、《职业技能岗位鉴定规范》，组织编写了“建设职业技能岗位培训教材”。

我社在编辑出版了土建类 12 个工种的基础上又新增加了安装类 5 个工种，主要包括：通风工、管工、安装起重工、工程安装钳工、工程电气设备安装调试工。

本套教材重点突出操作技能的训练要求，理论知识以够用为度，着重介绍近年来出现的新材料、新工艺、新技术及新机具。内容基本覆盖了《国家职业标准》《职业技能标准》、《职业技能岗位鉴定规范》对初级工、中级工、高级工的知识 and 技能要求。是生产操作人员进行职业技能培训的必备教材。

本套教材的编写得到了中国建设教育协会技工教育委员会及陕西省建筑安装高级技校、山东省安装工程技工学校的大力支持与协助，在此一并表示感谢。

本套教材可作为全国建设职业技能岗位培训的教学用书，也可供中等专业学校实践教学使用。

中国环境科学出版社

2004 年 12 月

## 前 言

本书主要依据建设部颁发的工程电气设备安装调试工初、中、高级《职业技能岗位标准》和相关《职业技能岗位鉴定规范》编写。

该书的编写从应用实践入手，以贯彻执行国家现行最新标准、规范，体现最新技术成果为指导思想，内容针对性、实用性强，图文并茂、深入浅出，力求通俗易懂。即可作为建设职业技能岗位培训的教学用书，也可供中等职业学院实践教学使用及电气安装工程安装技术人员参考用书。

主要内容有电工与电子基础知识、常用电工材料、建筑电气工程图识读、电工基本操作技能、变配电系统、室内配线工程、电气照明工程、动力工程、电缆配线工程、架空配线工程、建筑防雷接地工程、建筑弱电工程及电气安全。书后还分别附有初、中、高级电工职业技能岗位鉴定模拟试卷并配有参考答案。

本书由李永忠任主编，段冰驰、刘雄科、金小梅参加编写。限于编者水平，书中难免存在一些缺点或错误，敬请广大读者同行专家批评指正，不胜感谢！

# 目 录

<b>1 电工基础知识</b> .....	1
1.1 电路的基本概念 .....	1
1.2 简单直流电路分析 .....	4
1.3 电磁基本知识 .....	11
1.4 正弦交流电路 .....	18
1.5 三相交流电路 .....	34
复习思考题 .....	41
<b>2 常用电工材料</b> .....	43
2.1 电线和电缆 .....	43
2.2 绝缘材料 .....	54
2.3 配线用管材 .....	60
复习思考题 .....	67
<b>3 建筑电气工程图识读</b> .....	68
3.1 建筑电气工程图简介 .....	68
3.2 常用图形符号和文字符号 .....	71
3.3 建筑电气工程图识读方法 .....	83
复习思考题 .....	89
<b>4 电工基本操作技能</b> .....	91
4.1 常用电工仪表的使用 .....	91
4.2 基本操作工艺 .....	102
复习思考题 .....	112
<b>5 变配电系统</b> .....	113
5.1 建筑供配电系统概述 .....	113
5.2 变压器安装与调试 .....	143
5.3 高、低压开关柜的安装 .....	147
5.4 硬母线安装 .....	151
复习思考题 .....	160

<b>6</b>	<b>室内配线工程</b>	162
6.1	室内配线工程概述	162
6.2	瓷瓶配线	163
6.3	塑料护套线配线	167
6.4	金属线槽配线	170
6.5	塑料线槽配线	173
6.6	线管配线	174
6.7	钢索配线	184
6.8	封闭插接母线安装	188
	复习思考题	193
<b>7</b>	<b>电气照明工程</b>	194
7.1	电气照明工程概述	194
7.2	灯具安装	200
7.3	灯开关安装	206
7.4	插座安装与接线	209
7.5	吊扇安装	211
7.6	照明配电箱安装	214
7.7	照明线路常见故障分析	218
	复习思考题	222
<b>8</b>	<b>动力工程</b>	223
8.1	三相交流电动机	223
8.2	低压电器及基本控制线路	241
8.3	直流电机电力拖动	256
8.4	同步电机	261
8.5	电动机的安装	265
8.6	吊车滑触线的安装	270
	复习思考题	276
<b>9</b>	<b>电缆配线工程</b>	277
9.1	电缆配线工程概述	277
9.2	电缆直接埋地敷设	282
9.3	电缆在沟道内敷设	286
9.4	电缆沿电缆桥架敷设	292



9.5	电缆头的制作 .....	296
9.6	电缆的试验 .....	301
9.7	电缆线路常见故障及处理方法 .....	301
	复习思考题 .....	303
<b>10</b>	<b>架空配线工程</b> .....	<b>304</b>
10.1	架空配线工程概述 .....	304
10.2	架空配线路施工 .....	314
	复习思考题 .....	335
<b>11</b>	<b>建筑防雷接地工程</b> .....	<b>336</b>
11.1	建筑防雷接地工程系统概述 .....	336
11.2	接地装置安装 .....	348
11.3	防雷引下线敷设 .....	357
11.4	接闪器安装 .....	363
	复习思考题 .....	373
<b>12</b>	<b>建筑弱电工程</b> .....	<b>374</b>
12.1	建筑弱电工程概述 .....	374
12.2	共用天线电视系统安装 .....	384
12.3	电话通信设备安装 .....	391
12.4	火灾自动报警系统的施工安装 .....	394
	复习思考题 .....	400
<b>13</b>	<b>电子技术知识</b> .....	<b>401</b>
13.1	晶体二极管 .....	401
13.2	二极管整流 .....	403
13.3	滤波电路 .....	405
13.4	简单稳压电路 .....	407
13.5	晶闸管及其应用 .....	409
13.6	晶体三极管 .....	414
13.7	共发射极放大电路分析 .....	419
	复习思考题 .....	424
<b>14</b>	<b>电气安全</b> .....	<b>425</b>
14.1	触电危害与救护 .....	425
14.2	安全用电措施 .....	431

14.3 电气防火防爆 .....	435
复习思考题 .....	437
附录 技能鉴定习题集 .....	438
参考文献 .....	478

# 1 电工基础知识

## 1.1 电路的基本概念

### 1.1.1 电路和电路图

电流所流过的路径称为电路。

用国家统一规定的符号表示电路连接情况的图叫电路图，如图 1-1 (b) 就是图 (a) 的电路图。

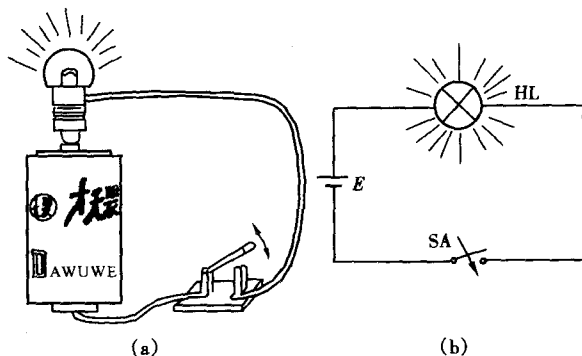


图 1-1 电路和电路图

电路通常有三种状态：

#### (1) 通路

电路中的开关闭合，负载中有电流流过，这种状态一般称为正常工作状态。

#### (2) 开路

是指电路中开关打开或电路中某处断开。开路也称断路，此时电路中无电流。

### (3) 短路

指电路或电路中的一部分被短接。如负载或电源两端被导线连接在一起。此时电源提供的电流将比通路时提供的电流大很多倍。一般不允许短路。

## 1.1.2 电路的几个物理量

### (1) 电流

电荷有规律地定向运动称做电流。金属导体中的大量自由电子在电源的作用下沿着一定的方向运动，因而形成了电流。

人们规定正电荷的移动方向为电流的方向。

电流的大小取决于在一定时间内通过导体横截面的电荷量多少，用电流强度来衡量，简称电流，用“ $I$ ”表示。

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

式中  $I$ ——电流强度。单位：安培 (A)；

$Q$ ——电量。单位：库仑 (C)；

$t$ ——时间。单位：秒 (s)。

实际测量电流的单位有时也用毫安(mA)或微安( $\mu\text{A}$ )表示。

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

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

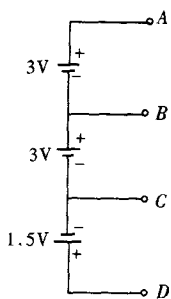


图 1-2 电位与电位差

### (2) 电位和电压 (电位差)

1) 电位：对于选定的电路，我们认为电路中某一点的电位是指电场力将单位正电荷从该点移到参考点 (零电位) 所做的功。在图 1-2 中，若取  $B$  点作为参考点，那么  $A$  点电位就是电场力将单位正电荷从  $A$  点经过

负载  $R$  移到  $B$  点所做的功。

$$V_A = \frac{W}{Q} \quad (1-2)$$

式中  $V_A$ ——A 点电位。单位：伏特 (V)；

$Q$ ——电荷所带电量。单位：库仑 (C)；

$W$ ——电场力移动电荷所做的功。单位：焦耳 (J)。

在电工技术中常以大地为参考点，即把大地的电位规定为零电位，而在电子仪器和设备中又常把金属机壳或电路的公共接点的电位规定为零电位。零电位的符号是  $\perp$  (表示接大地)、 $\perp$  (表示电路的公共接点或设备的金属外壳接地)。

2) 电压：电路中某两点之间的电位差称为电压，用“U”表示。如图 1-2 中，A 点与 B 点的电压为：

$$U_{AB} = V_A - V_B \quad (1-3)$$

电位是相对值，随参考点的改变而改变；而电位差是绝对值，不随参考点的改变而改变。这可从根据图 1-2 列出的表 1-1 看出。

图 1-2 中的部分电位与电位差 V

表 1-1

数值 接地点	电位或 电位差	$V_A$	$V_B$	$V_C$	$V_D$	$U_{AB}$	$U_{AC}$	$U_{AD}$
		A	0	-3	-6	-4.5	3	6
B	3	0	-3	-1.5	3	6	4.5	
C	6	3	0	1.5	3	6	4.5	
D	4.5	1.5	-1.5	0	3	6	4.5	

电压和电流一样，是代数量，不但有大小，而且有方向，即有正负。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。电压的方向由正指向负。也就是负载中电压的实际方向与电流

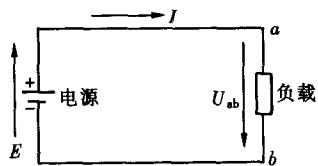


图 1-3 电压与电动势的方向

方向一致，如图 1-3 中的  $U_{ab}$  为正， $U_{ba}$  为负，即  $U_{ab} = -U_{ba}$ 。在电路图中，常以带箭头的细实线表示电压的方向。

### (3) 电动势

电动势是衡量电流将非电能转换成电能本领的物理量。电动势的定义是：在电源内部，外力将单位正电荷从电源的负极移到电源正极所做的功，用字母  $E$  表示。电动势的单位和电压相同，也是伏特 (V)。

电动势的方向规定为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正方向。如图 1-3 所示。

对于一个电源来说，既有电动势又有电压，但电动势只存在于电源内部。电源两端的开路电压（即电源两端不接负载时的电压）等于电源电动势，但二者方向相反。电源两端的电压方向规定为：在电源外部由正极指向负极。

### (4) 电阻

导体对电流的阻碍作用称为电阻，用字母  $R$  或  $r$  表示。单位是欧姆 ( $\Omega$ )。大的电阻单位还有千欧 ( $k\Omega$ ) 和兆欧 ( $M\Omega$ )。

$$1 \text{ 千欧 (k}\Omega\text{)} = 10^3 \text{ 欧 } (\Omega)$$

$$1 \text{ 兆欧 (M}\Omega\text{)} = 10^6 \text{ 欧 } (\Omega)$$

值得注意的是，导体的电阻是客观存在的，它不随导体两端电压的大小变化。即使没有电压，导体仍然有电阻。其阻值为：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-4)$$

式中  $\rho$ ——导体的电阻率， $\rho$  值大小由导体材料决定，单位：

$$\frac{\text{欧} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}} \left( \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right);$$

$L$ ——导体长度，单位：米 (m)；

$S$ ——导体横截面积，单位：毫米<sup>2</sup> ( $\text{mm}^2$ )。

## 1.2 简单直流回路分析

### 1.2.1 欧姆定律

#### (1) 部分电路欧姆定律

不含电源的一段电路均符合欧姆定律：流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比，与这段导体的电阻成反比，其表达式为：

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-5)$$

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 ( $\Omega$ )。

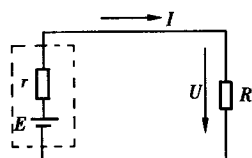
**例 1-1** 已知某白炽灯的额定电压是 220V，正常发光时的电阻为 1210 $\Omega$ ，试求流过灯丝的电流。

**解：**根据式 (1-5) 可求得流过灯丝的电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1210} \approx 0.18\text{A}$$

## (2) 全电路欧姆定律

全电路是含有电源的闭合电路，如图 1-4 所示。虚线框中的  $E$  代表电源电动势， $r$  代表电源内阻。



全电路欧姆定律的内容是：全电路中的电流强度与电源的电动势成正比，与整个电路的电阻成反比。其表达式为：

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-6)$$

式中  $I$ ——电路中的电流 (A)；

$E$ ——电源电动势 (V)；

$R$ ——电源外电路电阻 ( $\Omega$ )；

$r$ ——电源内电路电阻 ( $\Omega$ )。 $r$  值通常很小。

由式 1-6 可得：

$$E = IR + Ir = U_{\text{外}} + U_{\text{内}} \quad (1-7)$$

$$\text{或} \quad U_{\text{外}} = E - Ir \quad (1-8)$$

电路在三种不同状态时的特征见表 1-2。

电路的三种状态

表 1-2

电路状态	负载电阻	电路电流	外电路电压
通路	$R = \text{常数}$	$I = \frac{E}{R + r}$	$U_{\text{外}} = E - U_{\text{内}} = IR$
断路	$R \rightarrow \infty$	$I = 0$	$U_{\text{外}} = E$
短路	$R \rightarrow 0$	$I = \frac{E}{r}$	$U_{\text{外}} = 0$

### 1.2.2 电阻的串联、并联与混联

#### (1) 电阻的串联

两个或两个以上电阻依次相连，中间无分支的连接方式叫电阻的串联。图 1-5 (a) 所示是三个电阻的串联，图 (b) 是图 (a) 的等效图。

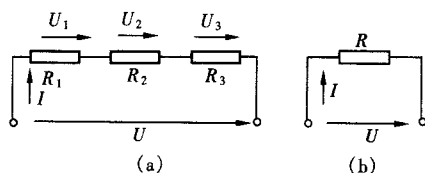


图 1-5 串联电路

(a) 电路图；(b) 等效电路

串联电路有以下性质：

- 1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等，即

$$I = I_1 = I_2 = \cdots = I_n \quad (1-9)$$

- 2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和，即

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

- 3) 串联电路的等效电阻（即总电阻）等于各串联电阻之和，即

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1-11)$$

故图 1-5 (a) 电路可用图 1-5 (b) 来等效替代。

- 4) 各电阻上的电压降与各自电阻的阻值成正比，即



$$\frac{U_1}{U_n} = \frac{R_1}{R_n} \quad (1-12)$$

**例 1-2** 有一照明灯额定电压为 36V，电阻为 12Ω，现欲将它接到电源电压为 220V 的电源上使用，试计算应串联多大的降压电阻。

**解：**由式 (1-12) 可得

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$R_2 = \frac{R_1 U_2}{U_1} = \frac{(U - U_1) R_1}{U_1} = \frac{(220 - 36) \times 12}{36} \approx 61\Omega$$

## (2) 电阻的并联

两个或两个以上电阻接在电路中相同的两点之间的连接方式，叫做电阻的并联。图 1-6 (a) 所示是三个电阻的并联，图 (b) 是图 (a) 的等效图。

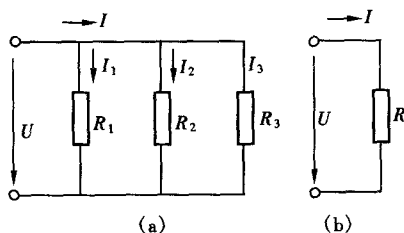


图 1-6 并联电路

(a) 电路图；(b) 等效电路

并联电路有以下性质：

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

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n \quad (1-13)$$

2) 并联电路中的总电流等于各电阻中的电流之和，即

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n \quad (1-14)$$

3) 并联电路的等效电阻（即总电阻）的倒数等于各并联电