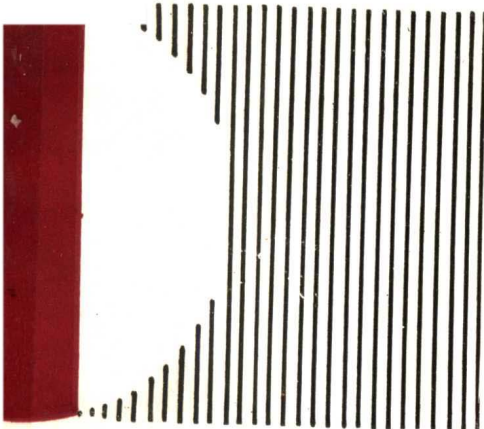


安装工人技术等级培训教材

电气安装工

● (初级工)

本培训教材编委会 组织编写



中国建筑工业出版社

安装工人技术等级培训教材

电 气 安 装 工

(初 级 工)

本培训教材编委会 组织编写

浙江省工业设备安装公司	钱大治	赵志修	主编
	石修仁	沈 超	
	桑文力	丁 斌	编
	赵 宇		
陕西省工业设备安装公司	陈连生		主审

中国建筑工业出版社

(京)新登字035号

本书为建设部教育司审定的“安装工人技术等级培训教材”之一,是根据《安装工人技术等级标准》(JGJ43-88)对电气安装工初级工的要求编写的。内容有:电工学、电子技术基础知识,电工测量知识,电工识图知识,电气常用工具及材料,低压电器及基本控制线路,变电所电气设备安装,10kV及以上架空线路施工,10kV及以下电缆敷设,车间动力设备安装,接地与避雷,电气安全知识。

本书可作为电气安装工初级工的岗位培训教材,也可供施工技术人员参考。

安装工人技术等级培训教材

电 气 安 装 工

(初 级 工)

本培训教材编委会 组织编写

中国建筑工程出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京顺义燕华印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 12¹/₄ 字数: 274千字

1993年11月第一版 1993年11月第一次印刷

印数: 1—9,000册 定价: 7.70元

ISBN7-112-02090-5/TU·1594

(7110)

出版说明

为贯彻落实建设部教育工作会议精神，认真搞好建设系统职工的培训工作，尽快提高建设系统职工队伍的技术素质，我司在中国安装协会的协助下，在注意吸收国内外先进培训经验的基础上，组织编写了本套“安装工人技术等级培训教材”。

该套教材覆盖了建筑安装十个主要工种。每个工种的教材按初级工、中级工和高级工三个等级编写，并附有一本《安装工人技术等级培训计划与培训大纲》与之配套，全套教材共计31种。

本套教材在编写时以《安装工人技术等级标准》(JGJ43—88)为依据，针对目前建设系统职工技术素质的实际情况和职工培训的实际需要，力求做到应知应会相结合。全套教材突出实用性，即侧重于全面提高职工的操作技能，辅以工人必须掌握的基本技术知识和管理知识，并较详细地介绍了成熟的、并已推广应用的新材料、新设备、新技术、新工艺。初、中、高三个等级的教材内容既不重复，又相互衔接，逐步深化。培训计划与培训大纲在编写时力求做到实用、具体，并列出了考核项目，供各地参照执行。

本套教材及培训计划与培训大纲已通过全国各地有关方面专家审定，现由中国建筑工业出版社出版，可供建筑安装工人培训、自学及技术竞赛之用。在使用过程中如发现问题的，请及时函告我们，以便修正。

建设部教育司

目 录

一、电工学基础知识	1
(一) 电路的基本概念	1
(二) 简单直流电路的计算	8
(三) 磁场及电磁感应	15
(四) 电容器	26
(五) 正弦交流电路	33
(六) 三相交流电路	46
二、电子技术基础知识	55
(一) 半导体及其导电方式	55
(二) 晶体二极管	57
(三) 晶体三极管	61
(四) 单相整流电路和滤波电路	69
三、电工测量知识	85
(一) 概述	85
(二) 电工仪表的分类和等级	85
(三) 电流和电压的仪表	89
(四) 电阻和绝缘电阻的测量	93
(五) 万用表、电度表	98
四、电机学的基本知识	105
(一) 变压器	105
(二) 交流电动机	125
(三) 直流电机	141
五、电工识图知识	161
(一) 电气常用图形符号	161

(二) 电气图识读	164
(三) 接线图	168
(四) 施工图的识读	172
(五) 建筑施工图基本知识	176
(六) 识图实例	181
六、低压电器及基本控制线路	192
(一) 概述	192
(二) 控制电器和保护电器	193
(三) 三相异步电动机直接起动、正反转控制线路	218
(四) Y— Δ 降压起动控制线路	226
(五) 鼠笼式电动机能耗制动控制线路	229
七、电气常用工具及常用材料	233
(一) 通用工具	233
(二) 安装工具	235
(三) 防护工具	235
(四) 导电材料	236
(五) 绝缘材料	238
(六) 磁性材料	241
(七) 其他材料	244
八、变电所电气设备安装	246
(一) 10kV 1000kVA 及以下变电所概述	246
(二) 变压器的安装	247
(三) 硬母线和穿墙套管的安装	251
(四) 隔离开关和负荷开关安装	266
(五) 配电柜(盘)的安装	270
九、10kV 及以上架空线路的施工	274
(一) 电杆测位和挖坑	274
(二) 横担组装及立杆	278
(三) 拉线和制作	281

(四) 导线架设	283
十、10kV及以下电缆敷设	292
(一) 电缆的结构与选择	292
(二) 电缆敷设	297
(三) 10kV及以下电缆终端头及中间接头的制作 安装	307
十一、车间动力设备安装	329
(一) 动力配电箱的安装	329
(二) 电动机及其附属设备的安装	338
(三) 吊车及滑线的安装	342
(四) 线管布线	351
(五) 导线连接与封端	356
十二、接地与避雷	363
(一) 接地的基本概念	363
(二) 接地电阻及测量	364
(三) 接地装置的安装	366
(四) 雷电的危害及防护	368
十三、电气安全知识	372
(一) 触电与触电急救	372
(二) 电气防火防爆	380
附录 初级工技术标准	383

一、电工学基础知识

(一) 电路的基本概念

1. 电路：电流经过的路径称为电路，最简单的电路由电源、负载和导线、开关组成。电源是将其它形式的能量转换成电能的装置，负载是将电能转换成其他形式能量的设备和器件，一般也称为用电器。连接导线起传输和分配电能的作用。在一些电路中还装有开关、指示灯等附属设备。

电路可用电路图来表示，如图1-1所示，通常所说的电路图，都是指电原理图。

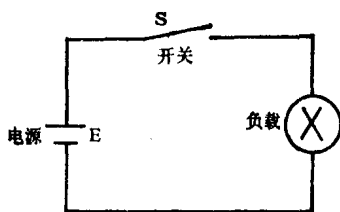


图 1-1 电路图

电路有外电路和内电路之分。从电源一端经负载再回到电源另一端的电路称为外电路。电源内部的通路称为内电路。

电路通常有三种状态：

通路：指电路处处都连通，电路中有电流流过，这种状

态为正常工作状态。

开路：也称断路。指电路中某处断开，开路时电路中无电流流过。

短路：也称捷路。指电路中负载被导线连接，短路时电源提供的电流将比通路时大几十倍以上，因而一般不允许短路。

2. 电流与电流强度：

(1) 电流的概念 电流就是在一定的外加条件下（如接上电源）导体中大量电荷有规则的定向运动。为统一起见，规定以正电荷移动的方向作为电流的方向。

在分析计算电路时，经常会碰到电流实际方向难以确定的现象，为了方便起见，可以先假设电流的参考方向，根据参考方向列出求解方程。如果求出的电流值为正，则电流的实际方向与所假设的参考方向相同；如果求出的电流值为负，则电流的实际方向与参考方向相反。

(2) 电流强度 电流强弱即电流的大小，它取决于在一定时间内通过导体横截面的电荷量。一般规定：一秒钟内通过导体横截面的电量称为电流强度。用字母 I 表示。如果在 t 秒钟内通过导体横截面的电量是 Q 。

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

电流强度单位是A（安培），除A外还有 kA（千安）、mA（毫安）、 μA （微安），它们之间的换算关系为：

$$1\text{kA} = 10^3\text{A} = 10^6\text{mA} = 10^9\mu\text{A}$$

为方便起见，人们把电流强度称为电流。这样电流既表示一种物理现象又代表一个物理量。

3. 电位、电压与电动势：

(1) 电位 带电体的周围存在电场, 当电场力 f 使处在场内的电荷移动时, 电场力把单位正电荷从电场中的某点移到参考点所做的功 A_{ao} 称为该点的电位, 如果以 o 点为参考点, 则电场力将电荷 Q 从 a 点移到 o 点距离为 L_{ao} 所做的功为:

$$A_{ao} = fL_{ao}$$

a 点的电位 φ_a 是:

$$\varphi_a = A_{ao}/Q \quad (1-2)$$

从上两式可以看出, 某点的电位与所选参考点有关。对于同一点来说, 如果参考点不同, 电位的大小也不同, 通常人们以大地作为参考点。参考点的电位为零。

电位单位是 V (伏特), 还有 kV (千伏), mV (毫伏), μ V (微伏), 它们之间的关系为:

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} = 10^6\text{mV} = 10^9\mu\text{V}$$

(2) 电压 电压是衡量电场力作功本领大小的物理量, 若电场力将电荷 q 从 a 点移到 b 点, 所做的功为 A_{ab} , 则 a 、 b 两点间的电压 U_{ab} 为:

$$U_{ab} = A_{ab}/Q \quad (1-3)$$

如以 o 点为参考点, 则:

$$U_{ab} = A_{ab}/Q = A_{ao} - A_{bo}/Q = \varphi_a - \varphi_b$$

可见, a 、 b 两点间的电位差就是 a 、 b 两点间的电压。

电压的单位也是 V。

电压和电流一样, 不但有大小, 而且有方向, 对于负载来说, 电流流进端为电压的正端, 流出端为电压的负端, 电压方向由正指向负, 即由高电位指向低电位, 当电压采用双下标记法时, 表示电压方向从第一个下标指向第二个下标。

对导体来说, 其两端的电压 (即电位差) 是导体内部产

生电流的条件。

(3) 电动势 电动势是衡量电源转换本领的物理量，其定义为：外力（非电场力）将单位正电荷从电源负极经电源内部移到正极所做的功，称为该电源的电动势，简称电势，用符号 E 表示，即：

$$E = AE/Q \quad (1-4)$$

电动势单位是 V，其方向是由电源的负极指向正极。

电动势和电压的单位虽相同，但二者是有区别的：

首先，物理意义不同。电压是衡量电场力作功大小的物理量，而电动势则表示非电场力作功本领的物理量。

其次，两者的方向不同，电压是由高电位指向低电位。是电位降的方向，而电动势是由低电位指向高电位，是电位升的方向。图1-2给出了电源的几种画法及电动势和端电压的方向。

再次，两者存在方式不同。电压既存在电源的内部，也存在于电源的外部；电动势仅存在于电源的内部。

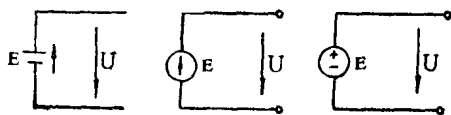


图 1-2 电动势和端电压方向

4. 电阻与欧姆定律：

(1) 电阻 电阻是反映导体对电流起阻碍作用大小的物理量，用字母 R 表示，单位是 Ω （欧姆），常用的单位还有 $k\Omega$ （千欧）， $M\Omega$ （兆欧），它们之间的换算关系是：

$$1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

导体的电阻是客观存在的，它不随导体两端电压大小而变化，实验证明：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-5)$$

式中 ρ ——电阻率或电阻系数 ($\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$)，

L ——导体的长度 (m)；

S ——导体的横截面积 (mm^2)。

电阻的大小除与以上因素有关外，还与温度有关，一般的金属材料温度升高后，导体的电阻亦增加。

(2) 欧姆定律

a. 部分电路欧姆定律：图1-3是不含电源的部分电路，当在电阻 R 两端加上电压 U 时，电路中有电流流过。当电阻 R 不变，如果电压 U 发生变化，则流过电阻的电流也随着变化。

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，称为部分电路欧姆定律，其数学表达式为：

$$I = U/R \quad (1-6)$$

由上式可得： $U = IR$

$$R = U/I$$

b. 全电路欧姆定律：全电路是指含有电源的闭合电路，如图1-4所示。虚线框内 R_0 表示电源内电阻。

当开关 S 闭合后，电路中有电流流过；当电流流过电源内部时，在内阻上产生了电压降 U_0 ，这样，电阻 R 两端的电压 U 就不等于电源电动势，而应该等于电源电动势减去内压

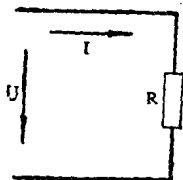


图 1-3 部分电路

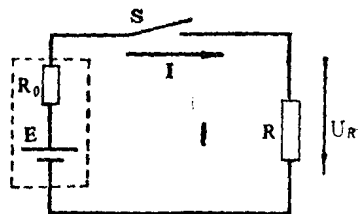


图 1-4 全电路

降 U_0 即:

$$U = E - U_0 \quad (1-7)$$

将 $U_0 = IR_0$, $U = IR$ 代入上式可得:

$$I = E / (R + R_0) \quad (1-8)$$

上式表明: 在一个闭合电路中, 电流强度与电源电动势成正比, 与电路中内电阻和外电阻之和成反比, 这一定律称全电路欧姆定律。

由式 (1-7) 和 $U_0 = IR_0$ 可得 端电压 U 与电流关系式:

$$U = E - IR_0 \quad (1-9)$$

当外电路开路时 $I = 0$, 端电压最高且 $U = E$; 当 R 减小时, I 将增加, 端电压 U 将下降; 当 R 增大时, I 将减小, 端电压 U 将增加。我们把这种电源端电压随负载电流变化的关系称为电源的外特性, 绘成曲线为外特性曲线, 如图1-5所示。

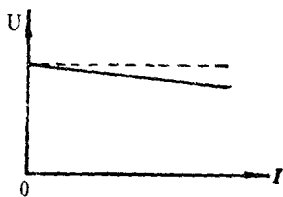


图 1-5 电源外特性曲线

5. 电功、电功率与热效应:

(1) 电功 将电能转换成其他形式的能时, 电流都要做功, 电流所做的功叫电功。根据公式 $I = Q/t$ 及 $U = A/Q$ 和欧姆定律可得电功 A 的数学式为:

$$A = UQ = IUt \quad (1-10)$$

或: $A = I^2 R t = U^2 / R \cdot t$

电功的单位是J (焦耳)。

(2) 电功率 我们把单位时间内电流所做的功称为电功率, 用字母 P 表示, 其表达式为:

$$P = A/t$$

根据式 (1-10) 及部分电路欧姆定律可得常见功率的计算式:

$$P = IU = I^2 R = U^2 / R \quad (1-11)$$

电功率的单位是W (瓦特)。在实际工作中, 功率的常用单位还有kW (千瓦)、mW (毫瓦) 及马力等, 它们之间的关系为:

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

$$1\text{马力} = 0.735\text{kW}$$

由公式 (1-7) 可得:

$$EI = UI + U_0 I \quad (1-12)$$

上式是电路的功率平衡方程式, 它表明: 电源产生的电功率等于负载取用的电功率与内电路消耗的电功率之和。

(3) 电流的热效应 电流通过导体时, 导体会发热, 这种现象称为电流的热效应, 导体产生的热量 Q 为:

$$Q = A = I^2 R t \quad (1-13)$$

或: $Q = IUt = \frac{U^2}{R} t$

热量 Q 的单位是 J 。

公式(1-13)称为焦耳——楞次定律，它的文字叙述如下：电流流过导体产生的热量，与电流强度的平方、导体的电阻及通电时间成正比。

(二) 简单直流电路的计算

1. 电阻的串联电路：在电路中，两个或两个以上的电阻按顺序联成一串，使电流只有一条通路，这种联接方式叫电阻的串联，如图1-6(a)所示。

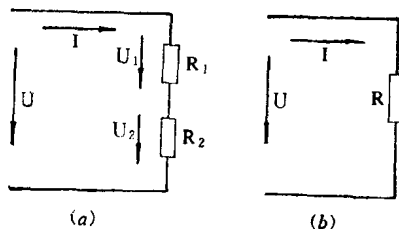


图 1-6 电阻的串联
(a) 电阻的串联；(b) 等效电路

下面以图1-6为例来分析串联电路的特点：

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等且等于总电流，即：

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots\dots = I_n \quad (1-14)$$

式中的脚标1, 2…… n 代表第1、第2、第 n 个电阻（以下表示相同）。

(2) 电路两端的总电压等于各个电阻两端的电压之和。即：

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \cdots + U_n \quad (1-15)$$

(3) 串联电路的等效电阻 (即总电阻) 等于各串联电阻之和。即:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n \quad (1-16)$$

知道了等效电阻, 就可将图1-6 (a) 画成等效电路, 见图1-6 (b)。

(4) 在串联电路中, 各电阻上分配的电压与各阻值成正比。即:

$$U_n = \frac{R_n}{R} U \quad (1-17)$$

上式称为分压公式, R_n/R 称为分压比。

在电路计算中经常遇到两个电阻串联, 它们的分压公式是:

$$\begin{cases} U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \\ U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \end{cases}$$

2. 电阻并联电路: 在电路中两个或两个以上的电阻一端连在一起, 另一端也连在一起, 使每一电阻两端都承受同一电压的作用, 这种联接方式叫并联, 如图1-7 (a) 所示。

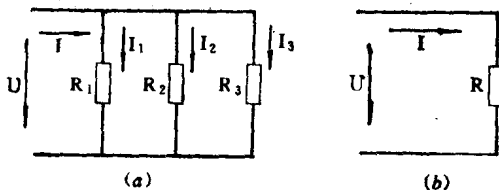


图 1-7 三个电阻的并联

(a) 电阻并联; (b) 等效电路

下面以图1-7来分析并联电路的特点：

(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：

$$U = U_1 = U_2 = U_3 = \cdots = U_n \quad (1-18)$$

(2) 并联电路中的总电流等于各电阻中的分电流之和。

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \cdots + I_n \quad (1-19)$$

(3) 并联电路的等效电阻（即总电阻）的倒数，等于各电阻的倒数之和，即：

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-20)$$

计算出总电阻后，图1-7 (a) 可等效为图1-7 (b) 图。

如果有 n 个相同的电阻并联，则总等效电阻， $R = R_n/n$ 。由此可见，并联等效电阻总比任何一个分电阻都小。

在并联电路的计算中，经常遇到两个电阻并联的情况，根据公式 (1-20) 可得具体公式分别如下（式中“//”是并联符号）：

$$R = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

(4) 在电阻并联电路中，各支路分配的电流与该支路的电阻值成反比，即：

$$I_n = \frac{R}{R_n} \cdot I \quad (1-21)$$

上式称为分流公式， R/R_n 称为分流比。

如果是两个电阻并联，则根据公式 (1-20) 和公式 (1-21) 可得：