

# 维修电工必读

天津市第一机械工业局主编

工 人  
技术等级标准  
自学丛书



天津科学技术出版社

TM  
25  
3

工人技术等级标准自学丛书

## 维修电工必读

天津市第一机械工业局主编

天津科学技术出版社



A834432

本书是参照第一机械工业部颁发的《工人技术等级标准》编写的，内容比较全面地阐述了二至六级维修电工所必须掌握的基础知识和操作技能。

本书由李英杰编写。林圣灿、林季先主审。参加审阅的还有陈铭谨、李忠琪、俞龙龙、郭淡祥、密乐毅、王凯俊和杨建华等。

工人技术等级标准自学丛书

**维修电工必读**

天津市第一机械工业局主编

\*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道124号

天津新华印刷一厂印刷

天津市新华书店发行

\*

开本 787×1092毫米 1/32 印张 16 1/8 字数 344,000

一九八一年八月第一版

一九八一年八月第一次印刷

印数：1—225,000

统一书号：15212·33 定价：1.10元

## 前 言

提高工人技术理论水平和实际操作技能，是工业企业开展全员培训工作的重要内容之一，也是提高产品质量、增加品种、降低成本、扩大再生产的重要措施。为了适应职工自学和全员培训工作的需要，我们受第一机械工业部委托，参照部颁的《工人技术等级标准》，选定其中的三十五个主要工种，组织编写了这套工人技术学习读物。

这套工人技术学习读物，定名为《工人技术等级标准自学丛书》，分别由机械工业出版社和天津科学技术出版社出版。每个工种单独成册，每册按《工人技术等级标准》中的应知应会要求，分成基础知识和操作实例两个部分，由二级工到六级工逐级撰写。在编写过程中，力求做到取材先进实用；内容密切联系生产实际；层次分明、文字简练、通俗易懂；表达形式新颖。但由于《工人技术等级标准》要求范围宽广，这套自学丛书的叙述只能突出重点，难以包括《标准》的全部内容。

《工人技术等级标准自学丛书》可供各系统、各部门具有相当初中以上文化水平的机械工人自学使用。也可以作为工厂进行技工培训和考核的参考用书。

组织编写这套丛书，曾得到原参加制订《工人技术等级标准》的同志和天津市机械工程学会及天津大学等有关院校、工厂、科研单位的协助，特此表示感谢。

这套丛书的专业性较强，涉及的知识面广。由于我们缺乏经验，编写时间又仓促，错误和不当之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

天津市第一机械工业局

一九八一年元月

# 目 录

## 二级工

基础知识 ..... ( 1 )

操作实例 ..... ( 98 )

## 三级工

基础知识 ..... (110)

操作实例 ..... (194)

## 四级工

基础知识 ..... (212)

操作实例 ..... (304)

## 五级工

基础知识 ..... (322)

操作实例 ..... (395)

## 六级工

基础知识 ..... (425)

操作实例 ..... (490)

---

## 二 级 工

### 基 础 知 识

#### 1 交直流电路的基本知识和欧姆定律及简单的串 并 联 电路计算

##### 一、电路

电路就是导电的回路，它提供了电流通过的途径。电流流通时，在电路中同时进行着传输和分配电能，以及把电能转换成所需要的其他形式能量的过程。

##### 1. 电路的组成

电路由四个部分组成，即电源、负载、连接导线与控制设备。电源是电路工作的能源，其作用是将各种形式的能量（如化学能、机械能与热能等）转换为电能，如蓄电池、发电机等都是电源。负载就是用电设备，其作用是将电能转换为所需要形式的能量，如灯泡、电动机、电炉等。连接导线的作用是接通电源与负载以传送电能。控制设备的作用是执行对电路的控制任务，如闭合或断开电路，有刀闸、接触器与继电器等。

简言之，电路就是由电源、负载与控制设备经导线连接而成的闭合回路。

##### 2. 电路中的物理量

（1）电流 电荷在电路中有规则的定向运动就是电流。电荷的数量称为电量，常用符号 $Q$ 、 $q$ 表示，它的单位

是库仑。自然界中存在的最小电量就是一个电子的电量，物体中所存在的电量都是这个最小电量的整数倍。每秒内通过导体载面的电量多少，称为电流强度。用  $I$  表示，即

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

式中  $I$  —— 电流强度，简称电流，单位为安培（A）；

$Q$  —— 电量，单位为库仑；

$t$  —— 时间，单位为秒。

电流的单位也可以用千安（kA）、毫安（mA）或微安（ $\mu\text{A}$ ）。它们之间的换算关系是：

$$1\text{kA} = 1000\text{A} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = \frac{1}{1000}\text{A} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = \frac{1}{1,000,000}\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

实际上，在电路中流动的多数是带负电荷的自由电子，而习惯上规定以正电荷的流动方向作为电流的正方向，与自由电子流动的实际方向恰好相反。

电荷在电路中流动，如同行进中的队伍，顺序地推拥着沿电路循环移动。因而，电流具有连续性。根据电流连续性的特点，不论在电路中的某一点、某一段或某一个局部中，流入该点（或段、局部）中的电流总等于流出的电流。

（2）电流密度 通过导线单位截面积的电流，称为电流密度，以  $\delta$  表示，其单位为安/毫米<sup>2</sup>（A/mm<sup>2</sup>）。

$$\delta = \frac{I}{S}$$

式中  $\delta$ ——电流密度，单位为安/毫米<sup>2</sup> (A/mm<sup>2</sup>)；

$I$ ——电流 (A)；

$S$ ——导线截面 (mm<sup>2</sup>)。

(3) 电压、电位 电路中的电荷能够从某一点(或一端)有规则地定向流动到另一点(或一端)而形成电流，是由于有电源力对它们做功，供给了它们能量的结果。将一个单位的正电荷从电路中的  $a$  点移动到  $b$  点，电源对电荷所做的功叫做  $a$ 、 $b$  两点间的电压，或称做两点间电压降，写作  $U_{ab}$ ，单位是伏特 (V)，简称伏，也可用千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 ( $\mu V$ ) 等作单位。它们之间的换算关系和前述电流单位的换算相似。

电压总是存在于电路中的两点之间，是衡量单位正电荷做功大小的物理量。

在对一些复杂的电路分析中，往往也采用电位和电位差的概念，即在电路中选取一个参考点作为零电位点，并以电路中其他点各自与零电位点之间的电压作为该点的电位。若该点对参考点的电压为正值，则该点电位为正，表明其电位高于参考零电位；反之，若某一点与零电位点间的电压为负值，则此点电位为负，表明其电位低于参考零电位。据此，电路中任意两点间的电压恰好等于该两点的单位差值，故有时亦称电压为电位差。在一个电路中，两点之间的电位差（电压）与选取电路中哪一点作为零电位无关，只是取决于电路的组成与结构。电路中凡是电位相同的点称为等电位点，这些点之间的电位差（电压）为零。因此，即使用导线或经电阻等元件把各等电位点连接起来，导线或元件中也不会有电流流过，电路还维持原来的工作状态。电路中的参考零点可

以按照需要任意选择，不会影响电路中各点之间的电位差（电压）值。但在一个电路中只能选择一点作为参考零点，才能保证其他各点的电位是唯一的确定值，并且可以相互之间进行比较，否则就没有意义了。

（4）电阻 电荷在导体（导线或导电元件）内流动时，导体阻碍电荷流动的能力称为电阻，以  $R$  或  $r$  表示，单位为欧姆（ $\Omega$ ），或兆欧（ $M\Omega$ ），

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

导体电阻的大小与导体的长度  $L$  成正比，与导体的截面积  $S$  成反比，此外还与导体的材料性质有关，即

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

式中  $\rho$ ——导体的电阻率，单位为欧·毫米<sup>2</sup>/米；

$L$ ——导体长度，单位为米；

$S$ ——导体截面积，单位为毫米<sup>2</sup>；

$R$ ——电阻，单位为欧姆。

银的  $\rho = 0.0165$  欧·毫米<sup>2</sup>/米，铜的  $\rho = 0.0175$  欧·毫米<sup>2</sup>/米，铝的  $\rho = 0.0280$  欧·毫米<sup>2</sup>/米。因此银的导电性能较好，铜次之，铝更次之。

### 3. 电源、电源中的电动势和电路中能量转换过程

在各种不同的电源中，产生电位差的方法各自不同，在蓄电池中是由于电池内部的电解液与极板之间的化学作用；在发电机中是由于电磁感应作用。但是，它们都是用非电的化学能或机械能把电源内部导体（发电机的线圈、电池的电解液）中所存在的正、负电荷分离，并且分别向两极推动，使得一个极集中有一定量的正电荷，另一极集中有一定量的

负电荷。在此过程中，非电能源推动电荷运动的作用力叫电源力，电源力推动电荷做功，使电荷集中在两极上而具有电能。

电源力将单位正电荷从电源负极移到正极所作的功，叫做电源的电动势，电动势用 $E$ 表示，单位是伏特（伏）。

在电路接通以后，电路中的电荷在电动势的推动下沿一定走向形成电流。电荷在流经导线和负载时遇到阻力，就需要克服阻力而做功，从而陆续消耗掉从电源获得的能量，并转变为其他形式的能量，如电动机使电能变为机械能，灯泡和电炉把电能变成光能和热能。

为维持电路中电流源源不断的流动，在电源内部的电源力必须不停顿地把正电荷从较低电位的负极上推到较高电位的正极上，以保持电源的恒定电动势。

电流在外电路中，由高电位流向低电位，是消耗电能的过程；在电源内部（内电路）又由低电位被推向高电位，是取得电能的过程。内、外电路共同组成一个电流流通的闭合回路。在闭合回路中，同时进行着能量转换和传输过程。

## 二、直流电路

直流电路是指电动势、电压与电流的方向、大小均不随时间的变化的电路。它们各自之间仅有数值大小和方向相同或相反的区别，所以可用具体数值表示它们的大小，用正、负号区分其方向。

### 1. 欧姆定律

在讨论欧姆定律之前，先就图1-1对电路中常用的几个名词介绍如下：

支路：在图1-1中，电路的每个分支叫支路。如图中的

$a1b$ 、 $a2b$ 、 $a3b$  都叫支路；支路  $a1b$  与  $a2b$  中含有电源，叫有源支路； $a3b$  中没有电源，称为无源支路。

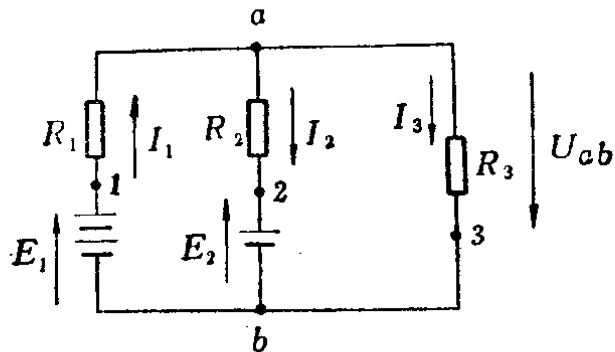


图 1-1 有两个电源的电路

节点：三个和三个以上支路的连接点叫做节点。图中  $a$ 、 $b$  都是节点。因此，支路又可看为是连接两个节点的一段电路。

回路：电路中任一闭合的电路途径叫回路。图 1-1 中有三个回路，即  $1 \rightarrow a \rightarrow 2 \rightarrow b \rightarrow 1$ 、 $2 \rightarrow a \rightarrow 3 \rightarrow b \rightarrow 2$ 、 $1 \rightarrow a \rightarrow 3 \rightarrow b \rightarrow 1$ 。

以下分三种情况来讨论欧姆定律：

(1) 无源支路的欧姆定律 无源支路的欧姆定律是最基本形式的欧姆定律，它表明流过电阻  $R$  中的电流  $I$  与电阻两端的电压  $U$  成正比。或者说，通过一段无源支路的电流大小与支路两端电压高低成正比，而与支路的电阻阻值大小成反比，写作

$$I = \frac{U}{R} (\text{A}) \quad \text{或} \quad U = IR (\text{V}) \quad R = \frac{U}{I} (\Omega)$$

式中  $I$  —— 支路电流；

$U$  —— 支路两端电压；

$R$  —— 支路的电阻。

在图1-1中的 $a3b$ 支路,  $U_{ab}$ 为支路两端的电压,  $R_3$ 为支路电阻,  $I_3$ 为支路电流, 对于这个支路可应用欧姆定律求出电流 $I_3$ :

$$I_3 = \frac{U_{ab}}{R_3} (\text{A})$$

(2) 有源支路欧姆定律 有源电路不仅与支路的端电压有关, 还与支路内所含电动势的大小与方向有关, 可以有四种情况。下面讨论其中常见的两种情况。

① 电源支路 图1-1中 $a1b$ 支路就是一个电源支路。它的特点是电动势 $E_1$ 作为电源, 提供电压 $U_{ab}$ 并决定电流 $I_1$ 的方向。即

$$I_1 = \frac{E_1 - U_{ab}}{R_1} (\text{A})$$

例如, 发电机或蓄电池的电动势向外电路供电的电路, 即为电源支路。

② 有源负载支路 图1-1中 $a2b$ 支路就是一个有源负载支路。它的特点是外加端电压 $U_{ab}$ 要克服与它反向的反电势 $E_2$ , 并决定电流 $I_2$ 的方向。即

$$I_2 = \frac{U_{ab} - E_2}{R_2} (\text{A})$$

例如, 用外加电压供给电动机工作时, 电动机内将产生一个反电动势, 这样就组成为有源负载支路。

(3) 单一闭合回路的欧姆定律 图1-2a) 为单一闭合回路。图中 $E$ 为电源电动势, 电源中含有内电阻 $r_0$ 。为表示清楚, 将内电阻 $r_0$ 单独画在图1-2b) 中,  $R$ 为负载电阻,  $I$ 为

回路电流。电压 $U_{ab}$ 是公共端 $a$ 、 $b$ 点间电压，这二支路分别有：

$$U_{ab} = IR \quad \text{及} \quad U_{ab} = E - Ir_0$$

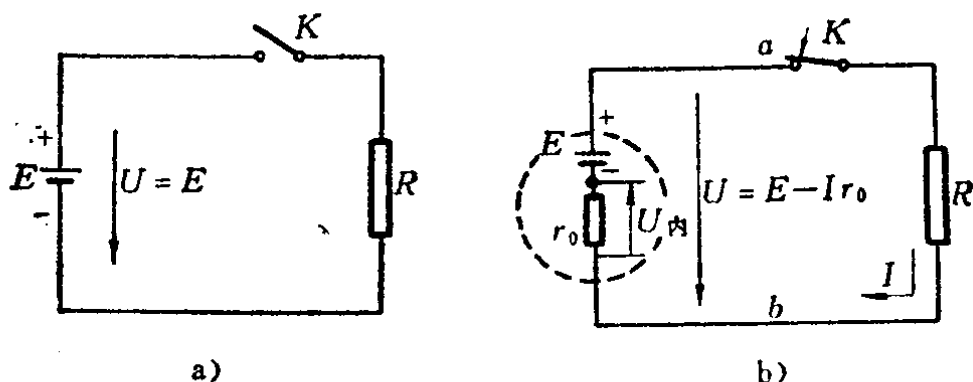


图 1-2 单一闭合回路

根据电流连续性的特点，在单一闭合电路中，上二式中的电流 $I$ 就是同一电流。则上二式可以相等，即

$$IR = E - Ir_0 \quad \text{或} \quad E = IR + Ir_0 = I(R + r_0)$$

经整理可得

$$I = \frac{E}{R + r_0}$$

它表明，在单一闭合回路中电流应等于回路的电动势除以回路的总电阻。在有不只一个电动势作用的单一回路中，应取所有电动势的代数和，而总电阻则为回路中全部电阻之和。这就是单一闭合回路的欧姆定律。它仅适用于只有一个回路的电路。

上述公式 ( $U_{ab} = E - Ir_0$ ) 表明，电源向外电路  $R$  提供的端电压 $U_{ab}$ ，具有随它供出的电流的大小而变化的特性。 $U_{ab}$ 与 $I$ 的变化关系，称为电源的外特性，它是衡量电源供电质量的主要指标之一。因电源有内阻 $r_0$ ，电源的端电压就会因供出的电流增大而降低，如果电源的内电阻极小，端电压

随电流增大而降低很少，则输出电压稳定，外特性较好。反之，若其内阻较大，输出电压随电流的变化波动也很大，电压极不稳定，外特性就很差。

## 2. 电路的串联与并联

电路连接的基本形式有串联与并联两种。用电设备（负载）和电源都可以根据实际需要进行串联与并联。现分别叙述如下：

（1）串联电路 把多个电气设备的首尾端顺次相联接，最后只留出一个首端和一个尾端的联接法叫串联。

电源串联的方法是将每个电源的正负极顺次连接，使串联后的总电势为各个电源的电动势之和，借此可以提高电源的输出电压。其总内阻亦为各电源内阻的和。

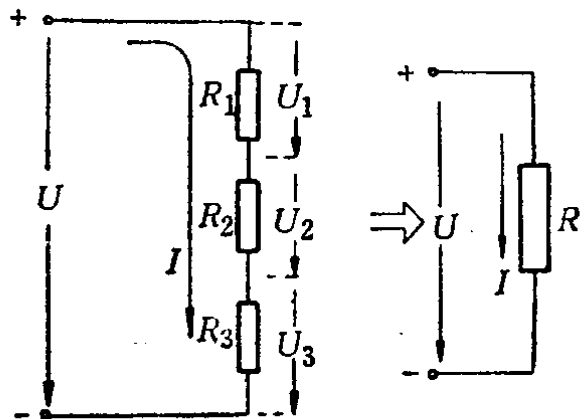


图 1-3 电阻串联电路

控制开关、负载和电源组成电路时，控制开关也常被串联在电路中。电流表在测量电流时，其线圈也被串联在线路中。

下面着重叙述电阻串联的电路，图1-3就是三个电阻串联的电路。它有下列特点：

①在串联电路中，流过所有串联电阻的电流是同一个电流 $I$ 。

②串联电路两端总电压等于各分段电阻上电压的和

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

③所有串联电阻在电路中的作用可用一个等效电阻 $R$ 来代替，“等效”的意思是用这个电阻替换几个串联电阻以后，电路中的电压和电流保持不变。等效电阻 $R$ 可用下式推导：

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{I} = \frac{U_1}{I} + \frac{U_2}{I} + \frac{U_3}{I} \\ = R_1 + R_2 + R_3$$

利用串联电路的特点，可以接成很多实用电路。电路中若串入电阻可以使电路总电阻增大，在电压不变时，电路中电流可以减小。电动机起动时，在电路中串入电阻就可以限制起动电流。

串联电阻还可以起分压作用。如图1-3电路，可由

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

$$\text{导出 } \frac{U_1}{U} = \frac{R_1}{R} = K_1 \quad \frac{U_2}{U} = \frac{R_2}{R} = K_2 \quad \frac{U_3}{U} = \frac{R_3}{R} = K_3$$

$$\text{或 } U_1 = K_1 U \quad U_2 = K_2 U \quad U_3 = K_3 U$$

上列诸式表明， $U$ 可以按比例分为 $U_1$ 、 $U_2$ 、 $U_3$ 三部分，而式中 $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$ 即分别为各部分的分压比。

利用分压道理，可以使用量程较小的电压表测量较大的电压。只要在表的外部串入与电表内阻有固定数值关系的电阻，就可加大电压表的量程。

**【例】** 量程为10伏的电压表，内阻为10千欧。如欲测300伏的电压，应串入多少电阻？

由分压比公式有

$$\frac{U_{\text{表}}}{U_{\text{总}}} = \frac{R_{\text{表}}}{R_{\text{总}}}$$

则 
$$\frac{10}{300} = \frac{10}{R_{\text{总}}}$$

得 
$$R_{\text{总}} = 300 \text{ 千欧}$$

所以应串入电阻

$$R_{\text{串}} = R_{\text{总}} - R_{\text{表}} = 290 \text{ 千欧}$$

(2) 并联电路 把电气设备相应的两端分 别 连 在 一 起，叫做并联。

电源并联时其电动势和内阻均必须相等。两个电源并联后，供给电路的允许电流可以增大。

在只有一个电源而要对很多用电设备供电时，往往在许可情况下将所有用电设备并联后，接在该电源上。下面讨论电阻负载并联电路。图1-4为三个电阻并联的电路。

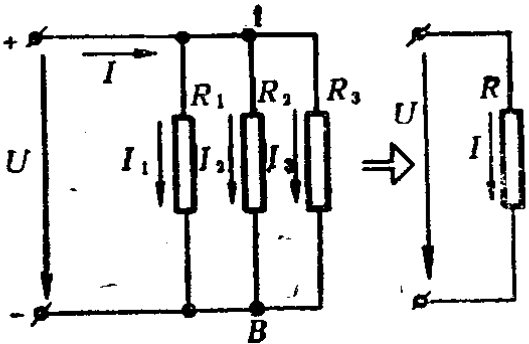


图 1-4 电阻并联电路

并联电路有以下特点：

- ①各电阻两端电压都是同一电压。或者说，各个并联支路的两端共同接于两个节点，两个节点间电压同时加在所有的并联支路上。若其中任何支路接通或断开，对其他支路都没有影响。
- ②并联电路总电流 \$I\$ 等于各支路电流的和。在图1-4中有  $I = I_1 + I_2 + I_3$ 。电路中并联节点为 \$A\$ 点与 \$B\$ 点，流入节点的电流总等于流出节点的电流。
- ③在多个电阻并联时，可以用一个等效电阻来代替它们