

实用电工电子自学丛书

赵红顺 主编

电工实用技术 自学通



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

实用电工电子技术自学丛书

第2版 1册

电工实用技术 自学通

中国电力出版社
CHINA ELECTRICITY PRESS

实 用 电 工 电 子 自 学 丛

电工实用技术自学通

赵红顺 主 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为《实用电工电子自学丛书》中的一本。旨在普及电工技术,提高电工人员的文化、技术素质,使其掌握全面的专业技术理论和熟练的操作技能,以适应社会的发展,满足社会现代化的需求。

全书共分七章,分别介绍了电工基础知识、常用电工工具的使用、电工测量技术、室内外布线及照明技术、电动机的运行维护、常规电器控制技术、安全用电技术等内容,突出实用、深入浅出、通俗易懂。

本书适合广大低压电工、电气技术人员和电工爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

电工实用技术自学通/赵红顺主编. — 北京:中国电力出版社, 2004

(实用电工电子自学丛书)

ISBN 7-5083-2214-2

I. 电… II. 赵… III. 电工技术 - 自学参考资料
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 063727 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 11 月第一版 2004 年 11 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 10.5 印张 278 千字

印数 0001—4000 册 定价 20.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《 实用电工电子自学丛书 》

编委会成员

主 任：赵建彬 贾玉兰

副主任：赵国增 赵红顺

委 员：(以姓氏笔划为序)

王 琳 刘燕军 张延琪 张爱民

孟凤果 赵国增 赵红顺 徐文媛

萧淑霞 路 勇 魏素珍

2017/3

《实用电工电子自学丛书》

序 言

生活中的每个领域都离不开电，在城市、乡村，在工业、农业等各行各业。电工人员的队伍已相当庞大。

近年来，电子技术发展迅猛，各种家用电器、工业生产中的自动设备都离不开电子电路和元件。电子设备的生产、使用和维修已成为社会上的一种广泛需要，并且吸引着大批的电子爱好者。

可见电工、电子技术已深入到社会生活的每个角落，每年都有大批的初学者或爱好者加入到这个领域中来。为了使这些初学者通过自学的方式尽快掌握电工电子基本知识和基本技能，使他们顺利走上各自的工作岗位，我们组织编写了《实用电工电子自学丛书》。这套丛书可以为他们今后进一步深造和发展打下基础。

本套丛书共 11 本，分别为：《建筑电工实用技术自学通》、《电机修理自学通》、《电工实用技术自学通》、《电子电路知识及识图自学通》、《电工识图自学通》、《怎样选用电子元器件》、《怎样用万用表检测电子元件》、《万用表使用技巧》、《常用电工电路 280 例解析》、《常用电子电路 280 例解析》及《单片机应用自学通》。

本套丛书的作者大多有多年的职业培训经验和电工电子技术实践经验，并且十分关心电工电子领域科学普及工作，愿意把他们的经验奉献给广大读者。

本套丛书的特点突出一看就懂，具有普及性、实用性。

本套丛书的读者主要是国企、乡镇企业的电工、电子技术初

学者；城市、乡村中的广大电工、电子技术爱好者。也可作为职业技术学校培训的初级教材。

我们衷心希望广大电工、电子技术工作者和广大读者对这套丛书的编辑出版工作提出宝贵意见。大家共同努力，为普及电工技术、电子技术做出贡献。为我国高级技工的培养打下坚实基础。

《实用电工电子自学丛书》编委会

前 言

近年来,随着我国电力工业建设事业的飞速发展,工厂、农村、家庭用电设备日益增多,电业职工队伍也在不断扩大。为了适应社会的发展,满足社会现代化的要求,必须相应地普及电工技术,提高电工人员的文化、技术素质,使其掌握全面的专业理论知识 and 熟练的操作技能。为此,我们组织编写了这本《电工实用技术自学通》,作为《实用电工电子自学丛书》中的一本。

全书共分七章,分别介绍了电工基础知识、常用电工工具的使用、电工测量技术、室内外布线及照明技术、电动机的运行维护、常规电器控制技术、安全用电技术等内容,突出实用、深入浅出、通俗易懂。

本书适合广大低压电工、电气技术人员和电工爱好者阅读。

编 者

目 录



序言

前言

第一章 电工基础知识 1

第一节 直流电路 1

第二节 单相交流电路 14

第三节 三相交流电路 30

第二章 常用电工工具的使用 39

第一节 通用工具 39

第二节 导线连接工具 43

第三节 线路安装和登高工具 45

第四节 防护工具 51

第三章 电工测量技术 58

第一节 电压及电流的测量 58

第二节 电能的测量 63

第三节 万用表 75

第四节 钳形电流表 81

第五节 兆欧表 83

第四章 室内外布线及照明技术 87

第一节 常用电工材料 87

第二节 导线的接头工艺 93

第三节	室内布线	113
第四节	常用照明装置的安装和维修	126
第五节	低压安全电源和安全灯	138
第五章	电动机的运行维护	143
第一节	常用三相交流电动机	143
第二节	交流电动机的运行和维护	150
第三节	单相交流电动机	162
第四节	直流电动机	168
第五节	电动机的调速	179
第六章	常规电器控制技术	187
第一节	低压电器	187
第二节	常规电器控制线路的连接	217
第三节	典型机床电气线路分析	232
第四节	常用电气故障的排除方法	262
第五节	可编程序控制器	273
第七章	安全用电技术	283
第一节	概述	283
第二节	电气安全工作制度	285
第三节	接地与接零	290
第四节	电气安全装置	301
第五节	电气防火知识	307
第六节	触电与现场急救	315
参考文献		328

电工基础知识

第一节 直流电路

一、电路的基本概念

1. 电路的组成和作用

电路就是能使电流流通的闭合回路。最简单的电路是由电源、负载、导线及开关等部分组成的。图 1-1 是一个最简单的手电筒电路。

(1) 电源。电源能把其他形式的能量转换成电能。例如发电机能把机械能转换为电能，电池能把化学能转换为电能。

(2) 负载。负载又称负荷、用电设备，是取用电能转换为其他形式能量的设备。例如电动机将电能转换为机械能来带动其他机械，电灯把电能转换为光能，电炉把电能转换为热能等等。

(3) 导线。导线是用来连接电源和负载以构成电流通路的导体。它能将电源的电传送给负载，常用的有铝线和铜线。

(4) 开关。开关是接通或断开电路的控制元件。当它闭合时，可以看作是导线的一部分。

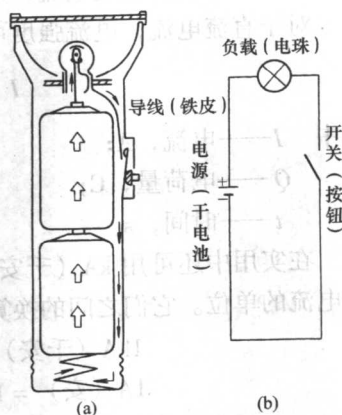


图 1-1 手电筒电路
(a) 实物电路图；(b) 电路原理图

在实际生产中，电路中还常装有其他一些设备，例如熔丝、测量仪表等，作保护测量及监视电路用。

2. 电流

(1) 电流及其方向。电荷在导体中的定向运动形成电流。习惯上人们将正电荷运动的方向作为电流的方向，电流是从电源的正极经导线、负载及另一根导线，流向电源的负极。

(2) 电流强度。电流强度是衡量电流强弱的物理量。通过导体截面电流强度的大小，等于单位时间内通过该截面的总电荷量。电流强度简称电流，用 I 表示。

电流有直流和交流两种。方向和大小都不随时间变化的电流，叫做直流电流，简称直流。方向和大小随时间作周期性变化的电流，叫做交流电流，简称交流。我们可从干电池、蓄电池及直流发电机中获得直流电流，从交流发电机中获得交流电流。

对于直流电流，电流强度可表示为

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

式中 I ——电流，A；

Q ——电荷量，C；

t ——时间，s。

在实用中还可使用 kA（千安）、mA（毫安）及 μA （微安）作为电流的单位。它们之间的换算关系如下

$$1\text{kA} (\text{千安}) = 1000\text{A} (\text{安})$$

$$1\text{A} (\text{安}) = 1000\text{mA} (\text{毫安})$$

$$1\text{mA} (\text{毫安}) = 1000\mu\text{A} (\text{微安})$$

3. 电压、电位与电动势

(1) 电压。电场力将单位正电荷从某点移到另一点所做的功。电压用 U 表示，电压的方向规定是电场力移动正电荷的方向，单位是 V（伏特）。

(2) 电位。电路中某点的电位是指电场力将单位正电荷从该点移到参考点（零电位点 O）所做的功。A 点的电位用 V_A 表示，

单位是 V (伏特)。

电路中参考点选择不同,各点电位的数值不同。在电工中常以大地或电气设备的外壳作为零电位点,作为比较电位高低的标准。电路中电压与参考点选择无关。电压与电位的关系是

$$V_A = U_{AO}$$

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

(3) 电动势。电源的电动势用 E 表示,单位是 V (伏特),方向规定从低电位点指向高电位点,即从电源的负极指向正极。

4. 电阻

(1) 电阻。导体中的自由电子在移动的过程中,不断地互相碰撞,并且和导体中其他不带电的质子也发生碰撞,同时还必须克服原子核对它的吸引力,因而会受到一定的阻力,导体对电流的这种阻力称为电阻,用字母 R 表示。电阻大的物体导电能力差,电阻小的物体导电能力强。电源本身也有电阻,称做电源的内电阻 (简称内阻)。

(2) 导体的电阻计算。实验证明,金属导体的电阻与其长度成正比,与其横截面积成反比,并与材料、温度等因素有关。20℃时导体的电阻可用式 (1-2) 表示,即

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

式中 R ——导体的电阻, Ω ;

l ——导体的长度, m;

S ——导体的截面积, mm^2 ;

ρ ——导体的电阻率, $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ (现在国际单位用 $\Omega \cdot \text{m}$, 即 $1\Omega \cdot \text{m} = 10^{-6}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)。

导体的电阻率 ρ 决定于导体的材料。电阻率高的材料,导电性能差;电阻率低的材料,导电性能好。常用材料的电阻率见表 1-1。

电阻的常用单位是 Ω (欧姆)。在实用中还以 $\text{k}\Omega$ (千欧) 和 $\text{M}\Omega$ (兆欧) 等作单位,它们之间的换算关系是

$$1\text{M}\Omega (\text{兆欧}) = 1000\text{k}\Omega (\text{千欧})$$

$$1\text{k}\Omega (\text{千欧}) = 1000\Omega (\text{欧})$$

表 1-1 几种常见导体材料的电阻率

材料	电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)	材料	电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)
银	0.016×10^{-6}	青铜	$(0.021 \sim 0.4) \times 10^{-6}$
铜	0.0175×10^{-6}	锰铜	0.42×10^{-6}
铝	0.029×10^{-6}	康铜	$(0.4 \sim 0.51) \times 10^{-6}$
钢	$(0.13 \sim 0.25) \times 10^{-6}$	镍铬	1.1×10^{-6}
铁	$(0.13 \sim 0.3) \times 10^{-6}$	铁铬铝	1.4×10^{-6}
黄铜	$(0.07 \sim 0.08) \times 10^{-6}$		

(3) 导体和绝缘体。物体按照它的导电性能可分为导体和绝缘体。例如各种金属、酸、碱、盐的水溶液以及人体等, 因为有自由电子、离子等带电微粒存在, 比较善于传导电流, 所以这类物体被称为导体。相反, 如橡胶、塑料、玻璃、云母、陶瓷、电木、油类以及干燥的木材、纸张、空气等物体, 在一般情况下, 内部几乎没有自由电子, 不善于传导电流, 这类物体被称为绝缘体。导电性能介于导体和绝缘体之间的物体, 称为半导体, 例如锗、硅、硒等。目前广泛应用的晶体管和集成电路, 都是用这些材料做成的。

(4) 温度对导体电阻的影响。同一导体在不同温度下, 它的电阻值是不同的。实践证明, 各种金属材料温度升高时, 电阻将增大; 石墨、碳及电解液等当温度升高时, 电阻则减小, 至于康铜及锰钢等合金的电阻, 受温度的影响极小, 比较稳定, 故它们常用来制造标准电阻、变阻器及仪表中的分流器、倍压器等。

二、欧姆定律

欧姆定律是反映电路中电压、电流和电阻之间关系的定律, 是电路基本定律之一, 在工程上应用极为广泛。

1. 一段电阻电路的欧姆定律

如图 1-2 是闭合电路中的一段电阻电路, 在这段电路中不含

电动势，而仅有电阻，所以称为一段电阻电路。

实验证明，当导体温度不变时，通过导体的电流与加在导体两端的电压成正比，而与其电阻成反比，这个结论叫做一段电路的欧姆定律。即

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

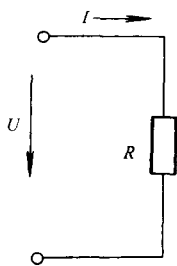


图 1-2 一段电阻电路

2. 全电路的欧姆定律

在实际工作中，会遇到以直流发电机或蓄电池等作电源供给负载的电路。图 1-3 表示一台直流发电机供负载的简单电路。这种电路是由内电路（即电源内部的电路）和外电路（包括导线和负载）所组成的全电路。

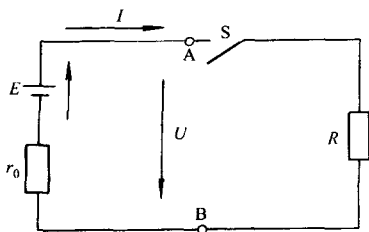


图 1-3 全电路欧姆定律

实验证明，在只有一个电源的无分支闭合电路中，电流的大小与电源的电动势成正比，而与内外电路电阻之和 $(r_0 + R)$ 成反比，这一结论叫做全电路的欧姆定律。如式 (1-4) 所示

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

由式 (1-4) 可知：

(1) 当电源两端开路 $(R = \infty)$ 时，电流为零，电源端电压在数值上等于电源电动势。

(2) 当 R 逐渐减小时，电路中的电流及内阻上的电压降逐

渐增加，而端电压则逐渐下降。

(3) 当 $R = 0$ 时，电路称为短路状态，电源端电压等于零。电流达到最大值 (E/r_0) 称为短路电流。短路电流比正常电流大许多倍。

三、电路的串联、并联和混联

(一) 串联电路

1. 电阻的串联

电阻的串联如图 1-4 所示，把几个电阻的头尾依次连接成一串，这样的连接称电阻串联。串联电路的特点如下。

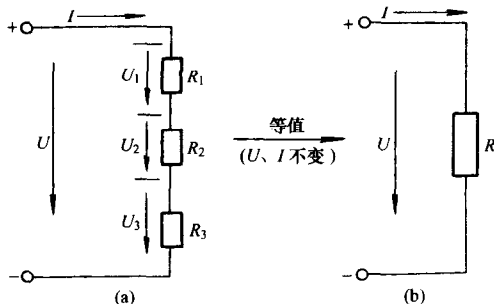


图 1-4 电阻的串联

(a) 实际电路；(b) 等值电路

(1) 流过各电阻的电流都相同。

(2) 总电压 U 等于各个电阻上的分电压之和，即

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3 \quad (1-5)$$

由此可见，电阻越大，其分电压也越大，这就是串联电阻的分压原理。

(3) 串联电路的总电阻等于各分电阻之和，用 R 代表总电阻，即

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (1-6)$$

串联电路的这 3 个特点非常重要，工程中常用它来达到分压及降压的目的。

【例 1-1】 有一磁电系表头，如图 1-5 所示，满刻度偏转电流 $I_c = 50\mu\text{A}$ ，内电阻 $R_c = 3\text{k}\Omega$ 。若是改装成最大量程为 10V 的电压表。应串联一个多大的分压电阻？

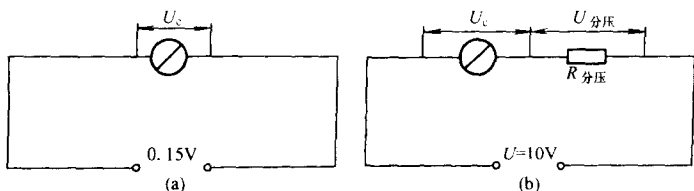


图 1-5 串联电路分压原理的应用

解 当指针满刻度时，表头两端的电压为 $U_c = 0.15\text{V}$ ，若量程扩大到 10V，则分压电阻两端电压为 $U_1 = U - U_c = 9.85\text{V}$ ，根据串联电路中电流相等这一特点，流过分压电阻电流也等于上 I_c ，故分压电阻

$$R_1 = \frac{U_1}{I_c} = \frac{9.85}{50 \times 10^{-6}} = 197\text{k}\Omega$$

即应该串联 $197\text{k}\Omega$ 的电阻，才能将表头改装成量程为 10V 的电压表。

2. 电源的串联

电源的串联一般指电池的串联。电池的串联就是把几个电池的正、负极相间地连接起来，如图 1-6 (a) 所示。电池串联时应注意，必须使它们推动电流的方向一致。如果把电池接反了，电

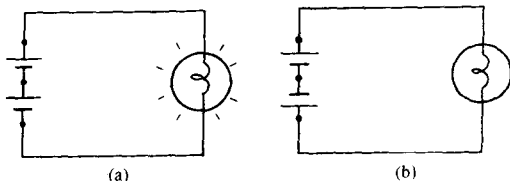


图 1-6 电池的串联

(a) 正确的；(b) 错误的