

看图学电工技能

浓缩电工技能与技巧之精华
展示电工知识与经验之宝典

王兰君 张景皓 编



人民邮电出版社

POSTS & TELECOM PRESS

看图学电工技能

王兰君 张景皓 编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

看图学电工技能/王兰君,张景皓编.—北京:人民邮电出版社,2004.11

ISBN 7-115-12537-6

I.看... II.①王...②张... III.电工技术-图解 IV.TM-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 097369 号

内 容 提 要

本书采用大量的实际操作示意图,以通俗易懂的语言介绍了电工基本知识和基本技能,内容包括:电工基础知识、电子技术基础知识、电工常用工具与测量仪表、电工基本操作技能、常用低压电器、照明电器安装与内线施工、电工计量仪表安装与线路、电缆与外线工程、电动机应用及维修、电气起动配电控制与机床控制、变压器、电工常用线路集锦以及安全用电。

本书内容丰富,形式新颖,实用性和操作性强,可供广大城乡电工人员阅读,也可供初学电工人员、职业技术学校相关专业师生参考。

看图学电工技能

-
- ◆ 编 王兰君 张景皓
责任编辑 申 苹
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 850×1168 1/24
印张: 21
字数: 545 千字 2004 年 11 月第 1 版
印数: 17 001—20 000 册 2006 年 7 月北京第 6 次印刷

ISBN 7-115-12537-6/TN · 2327

定价: 29.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

前 言

随着我国经济建设的蓬勃发展,电气化程度正在日益提高,各行业、各部门从事电气工作的人员也在迅速增加。为了满足电工初学人员或想寻求一门专业技能的社会人员的学习需求,我们编写了《看图学电工技能》一书。

此书是继《应用电工自学通》(人民邮电出版社 2003 年出版)之后,本人的又一倾心之作,它与《应用电工自学通》相比,内容更丰富,形式更新颖。书中以大量的实际操作图配合深入浅出的语言,介绍了电工基本知识和基本技能,使读者能够一看即懂,一读就通。整本书采用图、表格式,力求使广大读者在轻松阅读中迅速掌握电工技术,提高技能水平。同时,本书还特别注重技能的培训,力求使读者阅读后,能很快应用到实际工作当中,从而达到花最少的时间,学最实用的技术的目的。

参加本书编写校对的人员还有王文婷、凌万泉、李渝陵、凌玉泉、刘彦爱、朱雷雷、凌珍泉、贾贵超、凌黎、张玉春、康建新、刘守真、谭亚林、张康建、李霞、张铮、刘彦庆、张扬、孙玉川、张钧皓、张玉娟、鲁娜、张学栋、刘用、张永奇等,在此一并向他们表示感谢。

由于水平所限,书中难免存在错误和疏漏,敬请读者批评指正。

作 者

目 录

第1章 电工基础知识

1.1 电的基础知识	1
1.2 电量的要素——电压与电流	3
1.3 电阻与电容	5
1.4 欧姆定律与直流电路基本知识	9
1.5 电磁与左、右手定则	11
1.6 交流电的产生与三相交流电	16

第2章 电子技术基础知识

2.1 电阻器的识别	23
2.2 电容器的识别	26
2.3 集成电路的识别	29
2.4 晶体二极管与三极管的识别	30
2.5 二极管及其应用	32
2.6 整流电路	37
2.7 滤波电路	42
2.8 三极管及其应用	44
2.9 三极管放大电路	50
2.10 电子技术实训	56

第3章 电工常用工具与测量仪表

3.1 电工常用工具	59
------------------	----

3.2	电工安装与维修常用工具	67
3.3	电工常用装修工具	88
3.4	电工常用登高工具	93
3.5	电工外线工程常用工具	96
3.6	万用表及其应用	99
3.7	钳形电流表及其应用	104
3.8	兆欧表及其应用	106
3.9	示波器及其应用	112
3.10	直流单(双)臂电桥与电阻测量仪	114

第4章 电工基本操作技能

4.1	导线绝缘层的剥削	118
4.2	导线的连接	122
4.3	导线的封端	130
4.4	导线绝缘层的恢复	131
4.5	电气设备固定件的埋设	133
4.6	导线在绝缘子上的固定	138
4.7	电工常用绳扣	142

第5章 常用低压电器

5.1	低压熔断器	149
5.2	低压开关电器	154
5.3	接触器	167
5.4	继电器	170
5.5	主令开关电器	177
5.6	低压变压器	181
5.7	低压保护电器	187
5.8	其他电器	189

5.9 仪表电器	197
第6章 照明电器安装与内线施工	
6.1 白炽灯的安装	202
6.2 日光灯的安装	210
6.3 高压水银荧光灯和其他气体放电灯的安装	215
6.4 开关、插座、插头的安装	218
6.5 瓷夹板配线	224
6.6 护套线配线	227
6.7 槽板配线	230
6.8 瓷瓶配线	234
6.9 管道配线	238
6.10 有线电视连接与卫星接收	249
6.11 电话线与宽带网	255
第7章 电工计量仪表安装与线路	
7.1 单相电度表的原理、规格及选用	260
7.2 单相电度表的接线与应用	262
7.3 单相电度表的安装	265
7.4 三相电度表的应用及安装	268
7.5 电度表、功率表和功率因数表的实用线路	274
第8章 电缆与外线工程	
8.1 电缆直接埋地敷设	282
8.2 电缆沟内敷设	287
8.3 电缆排管敷设	292
8.4 电缆明敷	294
8.5 电缆接头的制作	297

8.6	低压架空线路的安装	307
8.7	接户线	313
8.8	进户线	316
第9章 电动机应用及维修		
9.1	电动机的应用	318
9.2	电动机的安装	326
9.3	电动机的接线	329
9.4	电动机运行中的监视与维护	335
9.5	电动机故障检查方法	338
9.6	电动机的拆卸与装配	343
9.7	电动机轴承的检修与安装	348
9.8	电动机内部故障查找方法	352
9.9	电动机的检修经验交流	354
第10章 电气起动配电控制与机床控制		
10.1	综合起动器电气起动配电控制	362
10.2	大型电动机降压起动电气控制	364
10.3	机床控制	370
第11章 变压器		
11.1	变压器的工作原理	384
11.2	三相变压器的接线	386
11.3	变压器的铭牌及型号	387
11.4	变压器的安装	388
11.5	小型变压器的设计与制作	390
11.6	变压器运行中的检查	395
11.7	变电与配电	399

第 12 章 电工常用线路集锦

12.1 常用多种电动机控制线路	401
12.2 电动机制动线路	417
12.3 电动机断相保护线路	421
12.4 双速电动机变速控制线路	423
12.5 电工经验线路交流	423
12.6 灯光控制线路	439

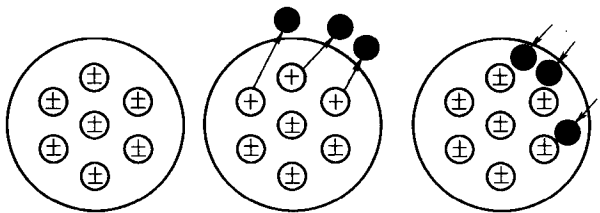
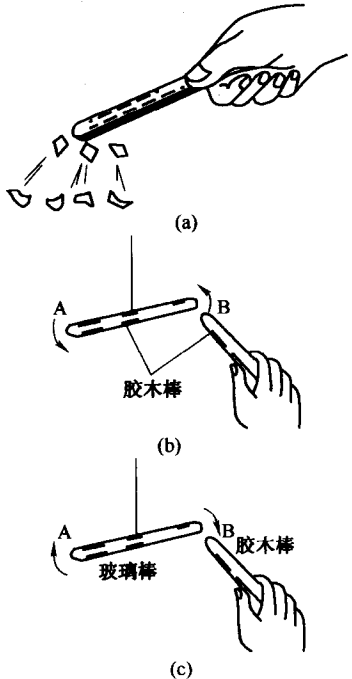
第 13 章 安全用电

13.1 触电的几种情况	445
13.2 安全用电注意事项	446
13.3 电工常用安全工具	450
13.4 接地和接零	453
13.5 接地的分类	456
13.6 接地装置和接零装置的安全要求	458
13.7 采用保护接零时的注意事项	459
13.8 接地装置的安装	461
13.9 电气设备接地或接零实例	467
13.10 防雷装置的安装与防雷保护	471
13.11 漏电保护器的应用及安装接线	482
13.12 使触电者脱离电源的几种方法	487
13.13 现场救护的具体步骤和处理措施	488
13.14 触电急救方法	489
13.15 灭火器的使用	492

第 1 章 电工基础知识

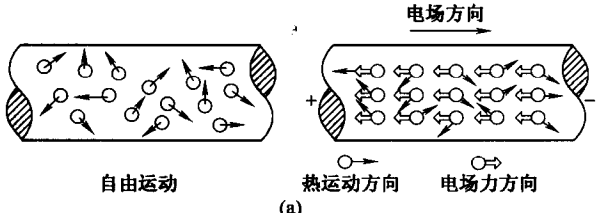
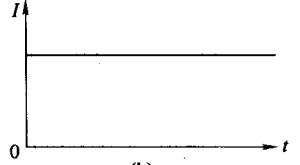
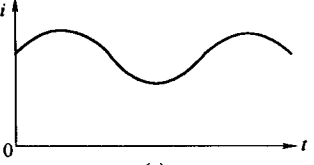
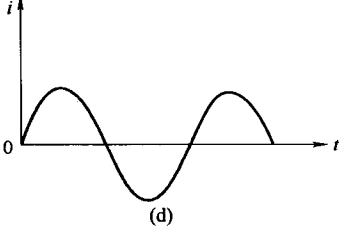
1.1 电的基础知识

名 称	图 示	说 明
电荷的产生	(a) (b)	构成一切物质的基础是原子,而原子是由原子核及围绕原子核旋转的电子组成的。原子核带正电荷。环绕原子核旋转的电子带负电荷。所有电子的大小、质量和电荷都是完全一样的。不同的化学元素,原子的结构也不同。如图(a)所示为几种原子结构。原子中带正电的原子核与带负电的电子之间有着电的吸引力在起作用,所以电子环绕原子核运动而不从原子中飞逸出去。 任何一种完整的原子,原子核所带的正电荷,刚好等于它外围所有电子所带的负电荷,所以整个原子就是一个不带电的、电性中和的粒子。值得注意的是,有些原子(主要是金属元素的原子)中电子数目比较多,它们分布在几层轨道上,如图(a)中的金属原子所示,那些靠近原子核轨道上的电子与原子核的吸引力就比较强,所以不容易脱离原子核。但是最外层轨道上的电子,受核的吸引力比较弱,就很容易脱离原子核的束缚,跑到轨道外面去,成为“自由电子”。这些自由电子在原子间穿来穿去做着紊乱的没有规则的运动,如图(b)所示

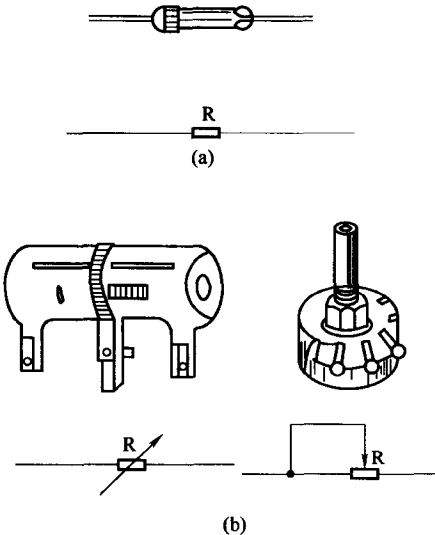
名 称	图 示	说 明
电荷的产生	 正负电相等 的状态(中性) 自由电子从 原子中迷失的 状态(原子带正电) (c) 自由电子进入 原子的状态(原 子带负电)	原子失去了最外层电子后,它的电中性就破坏了,这个原子就带正电,称为正离子。飞出轨道的电子也可能被另外的原子所吸收,这个吸收了额外电子的原子就带负电,称为负离子,如图(c)所示。原来处于中性状态的原子,由于失去电子或额外地获得电子变成带电离子的过程,叫做电离
摩擦起电	 (a) 胶木棒 (b) 玻璃棒 (c)	在日常生活中,经常能看到摩擦起电的现象,如图(a)所示,把一把摩擦过的梳子拿到一小撮纸屑旁,纸屑就会被梳子吸起来。 科学实践证明琥珀、树脂、毛皮等物体经过摩擦会带电,它们所带的电有两种,分别称作正电和负电。玻璃、宝石和丝绸摩擦后,在玻璃、宝石上呈现的电叫正电;而胶木、琥珀和毛皮摩擦后呈现在胶木、琥珀上的电称为负电。带有正电的物体,能把另外一种带有正电的物体推开,如图(b)所示;相反,它又能吸引带负电的物体,如图(c)所示。电的几个重要特性如下: (1)正电与正电相排斥; (2)负电与负电相排斥; (3)正电与负电相吸引

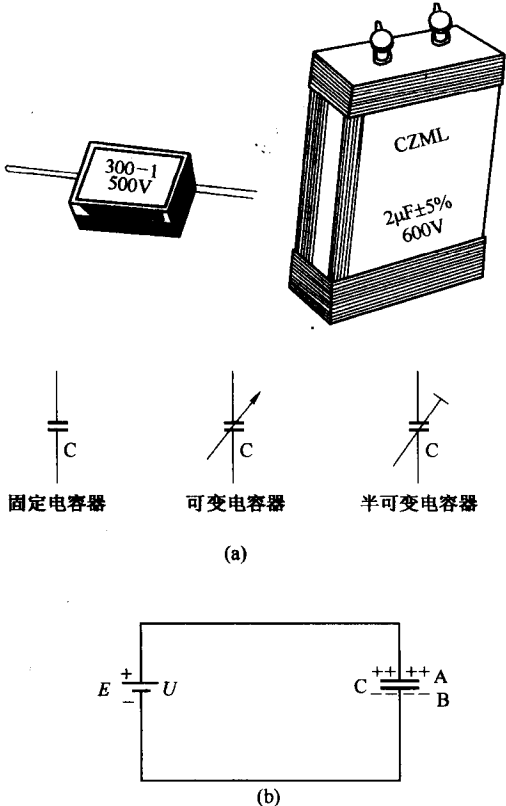
1.2 电量的要素——电压与电流

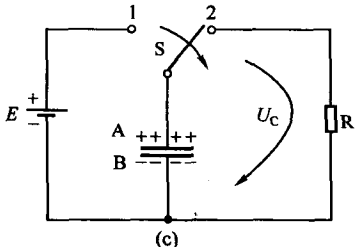
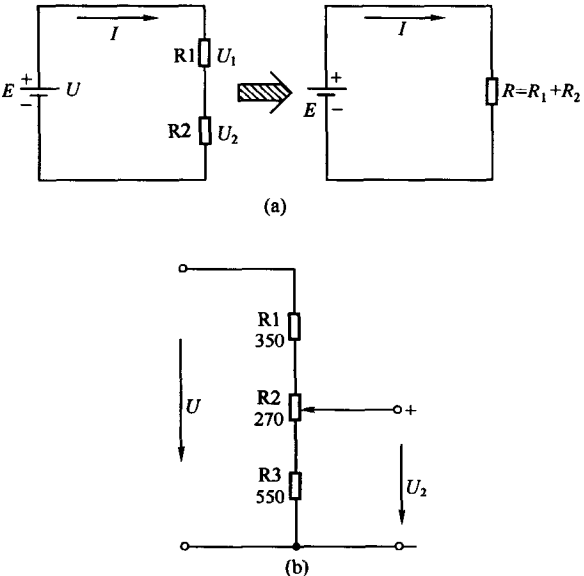
名称	图 示	说 明
电压	(a) (b)	众所周知,河水总是从高处向低处流。因此要形成水流,就必须使水流两端具有一定的水位差,也叫水压,如图(a)所示。与此相似,在电路里,使金属导体中的自由电子做定向移动形成电流的原因是导体的两端具有电压。电压是形成电流的必要条件之一。自然界物体带电后就会带上一定的电压,一般情况下,物体所带正电荷越多电位越高,如果把两个电位不同的带电体用导线连结起来,电位高的带电体中的正电荷便向电位低的那个带电体流去,于是导体中便产生了电流。 在电路中,任意两点之间的电位差,称为该两点间的电压。电压也分直流电压和交流电压。电池上的电压为直流电压,它是通过化学反应维持电能量的,电池电压电位差示意,如图(b)所示。而交流电压是随时间周期变化的电压,发电厂的电压一般为交流电压,这种电压目前应用极为广泛。 在实际应用中,对于民用、工业用电电压,一定是指两点之间的电压,它是以认定的某一点作为参考点。所谓某点的电压,就是指该点与参考点之间的电位差。一般来讲,在电力工程中,规定以大地作为参考点,认为大地的电位等于零。如果没有特别说明的话,所谓某点的电压,就是指该点与大地之间的电压。电压用字母 U 来表示,其单位是伏特,用符号“V”来表示,大的单位可用千伏(kV)表示,小的单位可用毫伏(mV)表示。它们之间的关系如下 $1\text{kV} = 1000\text{V}$ $1\text{V} = 1000\text{mV}$ 我国规定标准电压有许多等级,经常接触的有:安全电压 12V、36V,民用市电单相电压 220V,低压三相电压 380V,城乡高压配电电压 10kV 和 35kV,输电电压 110kV 和 220kV,还有长距离超高压输电电压 330kV 和 500kV

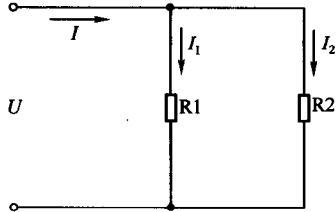
名 称	图 示	说 明
电 流	 (a)	金属中含有大量的自由电子,当我们把金属导体和一个电池接成闭合回路时,导体中的自由电子(负电荷)就会受到电池负极的排斥和正极的吸引,驱使它们朝着电池正极运动,如图(a)所示。自由电子的这种有规则的运动,形成了金属导体中的电流。习惯上人们都把正电荷移动的方向定为电流的方向,它与电子移动的方向相反。
	 (b)	在实际工作中,常常需要知道电路中电流的大小。电流的大小可以用每单位时间内通过导体任一横截面的电荷量来计量,称为电流强度,简称电流。电流强度的单位是安培(A),它是这样规定的:1秒钟内通过导体横截面上的电荷量 Q 为1库仑(注:1库仑相当于 6.242×10^{18} 个电子所带的电荷量),则电流强度就是1安培,即
	 (c)	1 安培 = $\frac{1 \text{ 库仑}}{1 \text{ 秒}}$ 安培用符号“A”表示。在实际工作中,还常常用到较小的单位——毫安(mA)和微安(μA),它们的关系是
	 (d)	1A = 1000mA 1mA = 1000μA 大小和方向都不随时间变化的电流,称为直流电流,如图(b)所示;方向始终不变,而大小随时间变化的电流,叫做脉动电流,如图(c)所示;大小和方向均随时间作周期性变化的电流,称为交流电流,如图(d)所示。在实际应用中,交流电是最常用的

1.3 电阻与电容

名 称	图 示	说 明																								
电阻		自由电子在导体中沿一定方向流动时,不可避免地会遇到阻力,这种阻力是自由电子与导体中的原子发生碰撞而产生的。导体中存在的这种阻碍电流通过的阻力叫电阻,电阻用符号 R 或 r 表示。 电阻的基本单位是欧姆,用希腊字母“Ω”来表示。如果在电路两端所加的电压是 1 伏特(V),流过这段电路的电流恰好是 1 安培(A),那么这段电阻就定为 1 欧姆(Ω)。在实际应用中,如果电阻比较大,常常采用较大的单位——千欧(kΩ)和兆欧(MΩ),它们之间的关系如下: $1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$ $1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$ 图(a)所示为固定电阻,图(b)所示为可变电阻。 物体电阻的大小与制成物体的材料、几何尺寸和温度有关。一般导线的电阻可由以下公式求得 $R = \rho \frac{l}{S}$ 式中:l 为导线长度(m);S 为导线的横截面积(mm^2);ρ 为电阻系数,也叫电阻率,单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$。 电阻系数 ρ 是电工计算中的一个重要物理常数,不同材料物体的电阻率各不相同。电阻系数直接反映着各种材料导电性能的好坏。材料的电阻系数越大,表示它的导电能力越差;电阻系数越小,则导电性能越好,常用导体材料的电阻系数如表 1-1 所示 表 1-1 常用金属的电阻系数(20℃) <table><tr><th>材料</th><th>电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)</th><th>材料</th><th>电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)</th></tr><tr><td>银</td><td>0.0165</td><td>铸铁</td><td>0.5</td></tr><tr><td>铜</td><td>0.0175</td><td>黄铜(铜锌合金)</td><td>0.065</td></tr><tr><td>钨</td><td>0.0551</td><td>铝</td><td>0.0283</td></tr><tr><td>铁</td><td>0.0978</td><td>康铜</td><td>0.44</td></tr><tr><td>铅</td><td>0.222</td><td></td><td></td></tr></table>	材料	电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	材料	电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	银	0.0165	铸铁	0.5	铜	0.0175	黄铜(铜锌合金)	0.065	钨	0.0551	铝	0.0283	铁	0.0978	康铜	0.44	铅	0.222		
材料	电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	材料	电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)																							
银	0.0165	铸铁	0.5																							
铜	0.0175	黄铜(铜锌合金)	0.065																							
钨	0.0551	铝	0.0283																							
铁	0.0978	康铜	0.44																							
铅	0.222																									

名称	图 示	说 明
电容和电容器	 (a) (b)	当两个导体的中间用绝缘物质隔开时,就形成了电容器。组成电容器的两个导体叫做极板,中间的绝缘物叫做电容器的介质。电容器外形及符号如图(a)所示。 电容器是一种储存电荷的容器。如图(b)所示,把电容器和直流电源接通,在电场力的作用下,电源负极的自由电子将向与它相连的 B 极板上移动,使 B 极板带有负电荷;而另一极板 A 上的自由电子将向与它相连的电源正极移动,使 A 极板带有等量的正电荷。这种电荷的移动直到极板间的电压与电源电压相等时为止。这样,在极板间的介质中建立了电场,电容器储存了一定的电荷和电场能量。我们把电容储存电荷的过程叫做电容器的充电。 将充好电的电容器 C 通过电阻 R 接成闭合回路,如图(c)所示,由于电容器储存着电场能量,两极板间有电压 U_c,可以等效为一个直流电源。在电压 U_c 作用下, B 极板上的电子就会跑向 A 极板与正电荷中和,极板上的电荷逐渐减少, U_c 逐渐降低,直到 $U_c=0$ 时,电荷释放完毕。这一过程称为电容器的放电。 电容器既然是一种储存电荷的容器,就有一个“容量”大小的问题。电容器储存电荷量的多少,与加在电容器两端的电压成正比。但由于各种电容器结构不同,所用的介质也不一样,因此在同样的电压下,不同的电容器所储存的电荷量也不一定相等。为了比较和衡量电容器本身储存电荷的能力,可用每伏电压下电容器所储电荷量的多少作为电容器的电容量,电容量用字母 C 表示,即 $C = \frac{Q}{U}$

名 称	图 示	说 明
电容和电容器	 (c)	式中: C 为电容器的电容量, Q 为极板上的电荷量, U 为电容器两端的电压。 若电压 U 的单位为伏特, 电荷量 Q 的单位为库仑, 则电容量的单位为法拉, 用“F”表示。 在实际应用中, 法拉这个单位太大, 很少使用, 通常采用小得多的单位——微法(μF)和皮法(pF), 有 $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$ $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$
电阻的串联	 (a) (b)	如果电路中有两个或更多个电阻一个接一个地顺序相连, 并且在这些电阻中通过同一电流, 则这种连接方式就称为电阻的串联。图(a)是两个电阻串联的电路。 由于电流只有一条通路, 所以电路的总电阻 R 必然等于各串联电阻之和, 即 $R = R_1 + R_2$ R 称为电阻串联电路的等效电阻。 电流 I 流过电阻 R_1 和 R_2 时都要产生电压降, 分别用 U_1 和 U_2 表示, 即 $U_1 = IR_1$ $U_2 = IR_2$ 电路的外加电压 U, 等于各串联电阻上的电压降之和 $U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) = IR$ 显然, 电阻串联电路可以看作是一个分压电路, 两个串联电阻上的电压分别为 $U_1 = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$ $U_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U$ 上式常称为分压公式, 它确定了电阻串联电路外加电压 U 在各个电阻上的分配原则。显然, 每个电阻上的电压大小, 决定于该电阻在总电阻中所占的比例, 这个比值称为分压比, 图(b)是 3 个电阻串联的电路

名 称	图 示	说 明
电阻的并联		如果电路中有两个或更多个电阻连接在两个公共的节点之间,则这样的连接方式就称为电阻的并联。各个并联电阻上承受着同一电压。图示是两个电阻并联的电路。 根据欧姆定律,可以分别计算出每个电阻上的电流为 $I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$ 电路未分支部分的电流,等于各并联支路中电流的总和,即 $I = I_1 + I_2$ 两个并联电阻也可以用一个等效电阻 R 来代替。等效电阻 R 可由下式推出 $\frac{U}{R} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2}$ $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 上式表明,多个电阻并联以后的等效电阻 R 的倒数,等于各个支路电阻的倒数之和。由此式可以方便地计算出电阻并联电路的等效电阻。 在实际应用中,经常需要计算两个电阻并联的等效电阻,这时可利用下列简捷公式 $R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$