

NEW

零基础轻松学电工技术

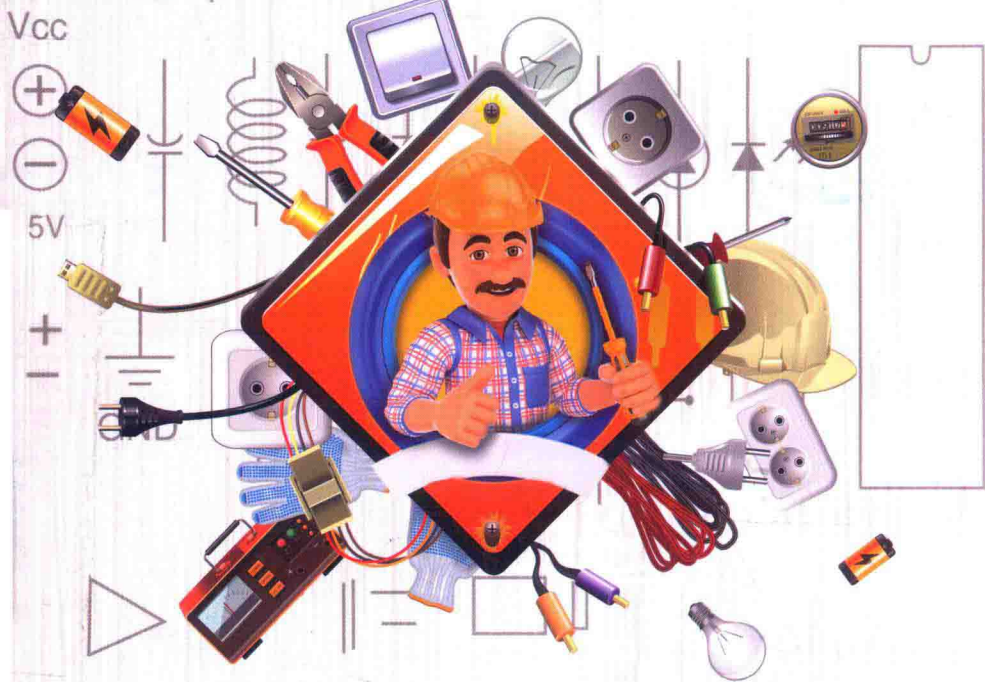
Technology
实用技术

图解电工技能

THE ELECTRICIAN
SKILL

君兰工作室◎编 黄海平◎审校

Components



科学出版社

零基础轻松学电工技术

图解电工技能

君兰工作室 编
黄海平 审校

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共13章,内容包括电工基础知识、电子技术基础知识、电路图中常用的电气图形符号、电工基本操作技能、常用电路图的识读、电工常用低压电器、变压器、电动机、照明、电工常用工具及仪表、常用电气控制线路、变频器与软启动器、电工安全用电。

本书内容丰富,形式新颖,配有大量的电工图以帮助理解,实用性强,易学易用,具有较高的实用和参考阅读价值。

本书适合广大初、中级电工技术人员,电子技术人员,电气施工人员,职业技术学院相关专业师生,以及岗前培训人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

图解电工技能/君兰工作室编;黄海平审校. —北京:科学出版社,2017.4

(零基础轻松学电工技术)

ISBN 978-7-03-051763-0

I. ①图… II. ①君… ②黄… III. ①电工技术—图解
IV. ①TM-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第027046号

责任编辑:孙力维 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:张 倩 / 封面设计:杨安安

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

天津斯科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2017年4月第 一 版 * 开本:890×1240 1/32

2017年4月第一次印刷 印张:12

印数:1—4 000 字数:367 000

定价:36.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

随着我国经济建设的快速发展，电气化程度日益提高，社会上从事电气工作的人员迅速增加，为了帮助电工技术的初学者更好地学习电工技术，理解抽象的电气术语和内容解释，我们根据初学人员的特点和要求，结合多年从事实际电工操作的工作经验，采用绘图和文字解释相结合的方式，按照各个主题，采用独特的插图，使读者能够“一看即懂、一读就会”。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、学最实用技术的目的。希望读者通过阅读本书能对电工技术产生兴趣，增强自己的实际工作经验，并从入门走向精通。

本书内容全面，结构合理。全书共 13 章，以图片和表格相结合的形式展现多种电工技能在工作中的应用，直观、明了、方便读者阅读使用。重点介绍了初级电工必须掌握的基础知识，包括电工基础知识、电子技术基础知识、电路图中常用的电气图形符号、电工基本操作技能、常用电路图的识读、电工常用低压电器、变压器、电动机、照明、电工常用工具及仪表、常用电气控制线路、变频器与软启动器、电工安全用电及防护措施。

本书适合广大初级电工人员、在职电工人员、电工爱好者阅读，也可供工科院校相关专业的师生阅读，还可供岗前培训人员参考阅读。

参加本书编写的人员有王兰君、黄海平、邢军、黄鑫、王文婷、宋

俊峰、凌玉泉、周成虎、凌珍泉、凌万泉、李燕、朱雷雷、张杨、娄梅娟、贾贵超等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，敬请广大读者批评指正。



第 1 章 电工基础知识

001	电是什么·····	1	015	楞次定律·····	19
002	电流·····	1	016	线圈与电感·····	19
003	电动势和电压·····	3	017	电容和电容器·····	20
004	电阻·····	4	018	什么是交流电·····	22
005	欧姆定律·····	5	019	交流电的周期、频率和 角频率·····	24
006	电阻的串联·····	6	020	交流电的相位·····	25
007	电阻的并联·····	7	021	交流电的有效值·····	27
008	电阻的混联·····	9	022	纯电阻交流电路·····	28
009	全电路欧姆定律·····	11	023	纯电感交流电路·····	30
010	电功和电功率·····	12	024	纯电容交流电路·····	31
011	电流的热效应·····	14	025	交流电路的阻抗·····	32
012	电流的磁效应·····	14	026	交流电路的电功率·····	34
013	电磁力与磁感应强度·····	16	027	三相交流电·····	35
014	电磁感应·····	17			

第 2 章 电子技术基础知识

028	电阻器及其命名方法·····	39	030	无极性电容器的好坏及 判别方法·····	41
029	电容器及其命名方法·····	40			

- | | | | | | |
|-----|------------------------|----|-----|--------------------------|----|
| 031 | 电解电容器的好坏及
判别方法····· | 41 | 035 | 二极管的检测及其
好坏的判别方法····· | 45 |
| 032 | 半导体····· | 42 | 036 | 三极管的结构及其
命名方法····· | 47 |
| 033 | PN 结及其单向导电
特性····· | 43 | 037 | 三极管的放大作用····· | 48 |
| 034 | 二极管的结构及其命名
方法····· | 45 | 038 | 整流电路····· | 49 |

第 3 章 电路图中常用的电气图形符号

- | | | | | | |
|-----|------------------------|----|-----|---------------------|----|
| 039 | 开闭触点图形符号····· | 51 | 041 | 电气设备图形符号····· | 56 |
| 040 | 触点功能符号和操作
机构符号····· | 52 | 042 | 控制设备器件图形
符号····· | 60 |

第 4 章 电工基本操作技能

- | | | | | | |
|-----|----------------|----|-----|---------------------|----|
| 043 | 导线绝缘层的剥削····· | 65 | 048 | 电气设备固定件的
埋设····· | 85 |
| 044 | 导线与导线的连接····· | 69 | 049 | 导线在绝缘子上的
固定····· | 87 |
| 045 | 线头与连线桩的连接····· | 80 | 050 | 电工常用绳扣····· | 93 |
| 046 | 导线的封端····· | 82 | | | |
| 047 | 导线绝缘层的恢复····· | 83 | | | |

第 5 章 常用电路图的识读

- | | | | | | |
|-----|---------------|-----|-----|-------------------------|-----|
| 051 | 开闭触点图形符号····· | 95 | 057 | 电路原理图的绘制
原则····· | 106 |
| 052 | 电路图实例····· | 96 | 058 | 方框图的绘制原则····· | 107 |
| 053 | 电路原理图的识读····· | 98 | 059 | 电动送风机的延迟
运行运转电路····· | 107 |
| 054 | 印制板图的识读····· | 101 | | | |
| 055 | 电路图的组成····· | 102 | | | |
| 056 | 电路图的类型····· | 102 | | | |

060	采用无浮子液位继电器 的供水控制电路·····	109	064	传送带的暂时停止控制 电路·····	117
061	带有缺水报警的供水 控制电路·····	111	065	货物升降机的自动 反转控制电路·····	119
062	采用无浮子液位继电 器的排水控制电路·····	113	066	泵的反复运转控制 电路·····	121
063	带有涨水报警的排水 控制电路·····	116	067	泵的顺序启动控制 电路·····	123

第 6 章 电工常用低压电器

068	铁壳开关·····	125	080	预置数数显计数 继电器·····	159
069	胶盖刀开关·····	127	081	控制按钮·····	160
070	熔断器式刀开关·····	129	082	行程开关·····	163
071	组合开关·····	131	083	凸轮控制器·····	165
072	低压熔断器·····	133	084	电压换相开关和电流 换相开关·····	167
073	低压断路器·····	135	085	星-三角启动器·····	168
074	交流接触器·····	141	086	自耦减压启动器·····	170
075	热继电器·····	147	087	磁力启动器·····	174
076	时间继电器·····	151	088	电磁调速控制器·····	176
077	中间继电器·····	155	089	断火限位器和频敏 变阻器·····	179
078	过电流继电器·····	157			
079	速度继电器·····	158			

第 7 章 变压器

090	变压器的原理·····	181	092	变压器的电压和电流··	186
091	变压器的结构·····	182	093	规格和损耗·····	189

- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| 094 效率和电压调整率····· 193 | 096 变压器的安装和预防性
维护····· 200 |
| 095 变压器温升和冷却····· 196 | 097 各种常用的变压器····· 201 |

第 8 章 电动机

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 098 直流电动机····· 215 | 099 三相感应电动机····· 219 |
|--------------------|----------------------|

第 9 章 照 明

- | | |
|---------------------|--------------------------------|
| 100 白炽灯····· 227 | 109 氙灯····· 240 |
| 101 荧光灯····· 228 | 110 碳弧灯····· 242 |
| 102 霓虹灯····· 230 | 111 发光二极管····· 242 |
| 103 卤素灯····· 232 | 112 白炽灯的安装····· 244 |
| 104 水银灯····· 233 | 113 吸顶灯的安装····· 245 |
| 105 高压钠蒸气灯····· 234 | 114 壁灯的安装····· 246 |
| 106 标准灯头····· 235 | 115 白炽灯的常见故障及
检修方法····· 247 |
| 107 灯泡座····· 237 | 116 日光灯的安装····· 249 |
| 108 灯泡形状····· 238 | |

第 10 章 电工常用工具及仪表

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 117 螺丝刀····· 253 | 125 绝缘层剥离设备····· 259 |
| 118 钳子····· 254 | 126 锉····· 259 |
| 119 锤子····· 255 | 127 凿子····· 260 |
| 120 锯····· 256 | 128 夹片带····· 260 |
| 121 打孔器····· 256 | 129 测量工具····· 261 |
| 122 扳手····· 257 | 130 电钻····· 261 |
| 123 螺帽起子····· 258 | 131 焊接工具····· 262 |
| 124 艾伦内六角扳手····· 258 | 132 其他工具····· 262 |

- | | |
|----------------------|-------------------|
| 133 工具使用注意事项·····264 | 136 钳形电流表·····276 |
| 134 万用表·····266 | 137 绝缘电阻表·····283 |
| 135 测电器(笔)·····271 | 138 接地电阻表·····291 |

第 11 章 常用电气控制线路

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 139 电动机正转控制线路···299 | 142 电动机减压启动控制
线路·····310 |
| 140 电动机正反转控制
线路·····301 | 143 电动机制动控制线路···318 |
| 141 电动机特殊要求控制
电路·····305 | 144 电动机保护控制线路···321 |
| | 145 其他控制线路·····323 |

第 12 章 变频器与软启动器

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 146 变频器的安装和使用···335 | 149 变频器检修实例·····344 |
| 147 变频器的电气控制
线路·····336 | 150 软启动器的特点·····350 |
| 148 变频器的实际应用
线路·····340 | 151 软启动器的实际应用
线路·····351 |
| | 152 软启动器检修实例·····353 |

第 13 章 电工安全用电

- | | |
|----------------------|--------------------------------|
| 153 安全用电基本知识·····357 | 159 接地装置和接零装置的
安全要求·····363 |
| 154 电气消防常识·····358 | 160 采用保护接零时的
注意事项·····365 |
| 155 安全用电注意事项·····359 | 161 接地体的埋设·····365 |
| 156 电工常用安全工具·····360 | 162 防雷装置的安装与防雷
保护·····366 |
| 157 接地和接零·····360 | |
| 158 接地的分类·····363 | |

163	防雷装置的安装·····	367	166	触电急救方法·····	369
164	防雷保护·····	367	167	灭火器的使用·····	370
165	使触电者脱离电源的 几种方法·····	368			

第1章 电工基础知识

001 电是什么

电是什么呢？为了揭示电的本质，需要从物质的结构谈起。大家知道，自然界的一切物质都是由分子组成的，分子又是由原子组成的。原子是化学元素中的最小微粒，它的体积是极其微小的，例如，最简单的氢原子，其直径大约为一亿分之一厘米，其他化学元素的原子，也不过比氢原子大上几倍。每一种原子都有一个处在中心的原子核，在原子核周围有若干个电子沿着一定的轨道高速旋转，如同地球和行星围绕太阳旋转一样。一切原子的原子核都是带正电的，而电子是带负电的。在原子未受外来影响时，原子核所带的正电荷，等于它周围所有电子所带的负电荷。这样，原子对外界就不显示电性。带正电的原子核与带负电的电子间有电的吸引力在作用着，依靠正负电荷间的吸引力，把电子束缚在原子核周围的轨道上做旋转运动。

不同的电子，其原子核的质量和它周围的电子数目是不同的。按结构来说，氢原子是最简单的，它由一个原子核和一个电子组成。铜原子的结构较为复杂，它由一个原子核和29个电子组成。

002 电流

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，而朝着电池正极运动，如图1.1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。

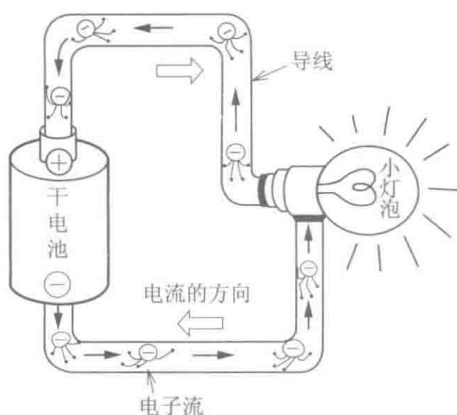


图1.1 电子与电流

在实际工作中，我们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算。

大小和方向都不随时间而变化的电流，称为直流电流，如图1.2 (a)所示；方向始终不变，而大小随时间而变化的电流，称为脉动电流，如图1.2 (b)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1.2 (c)所示。

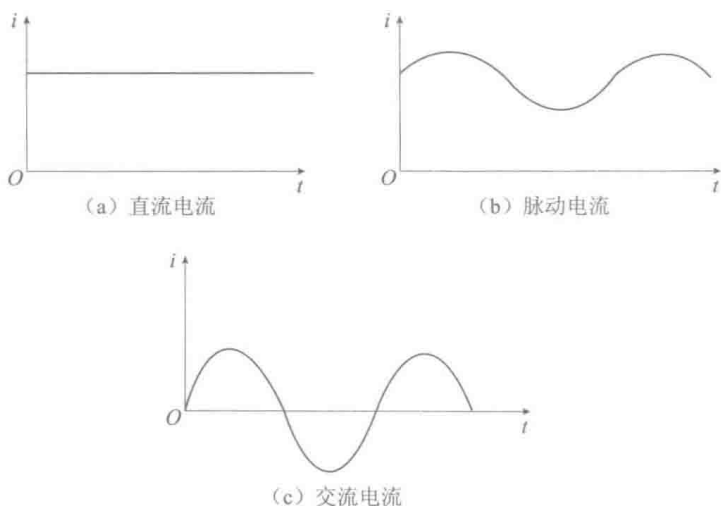


图1.2 电流的波形

003 电动势和电压

大家对手电筒的电路都比较熟悉吧！它有一个小小的灯泡，通过金属导线和开关与干电池相连接。把开关合上，小灯泡就亮了；把开关断开，小灯泡就熄灭。这正说明只有在闭合电路里才能有电流流通。这种闭合的电流通路，叫做闭合电路或回路。

干电池是产生电流的源泉，称为电源；小灯泡是消耗电能的元件，称为负载；电源和负载之间利用金属导线连接成闭合回路。电源、负载和连接导线是构成电路的不可缺少的部件。

为什么电源会推动电荷在电路里循环不断地流通呢？为了更容易理解电流的现象，人们时常将电流现象同水流现象相比拟。假如有A、B两个水槽，如图1.3所示，水槽之间用管子连通，如果两个水槽的水面一样高，水管中就不会有水流动。只有当两个水槽的水位一个高一个低时，水才会从水位高的水槽通过管子流向水位低的水槽。这就是说，有了水位差，就有了使水流动的压力，所以水位差也叫做水压。水位差越大，水流就越急。

同样，为了使电荷在电路中流动，也需要有电位差。在一段电路上，当有电位差存在时，电流就会从高电位点流向低电位点，这两点之间就好像有一种“压力”存在，这种“压力”就叫做电压。那么，所谓高电位和低电位指的又是什么呢？

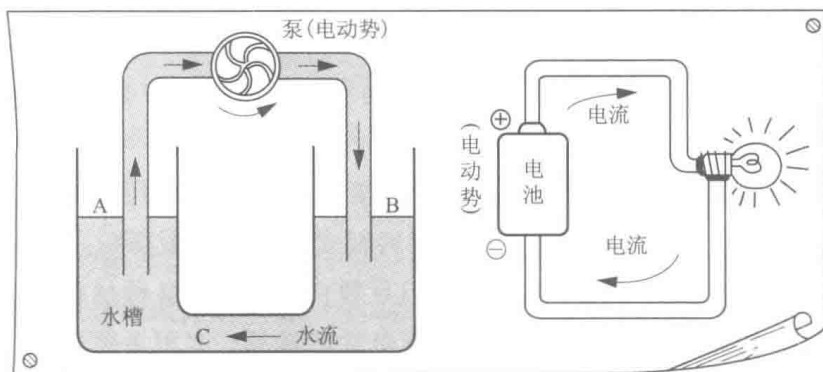


图1.3 水位差与水流

电荷在电路中流通的情况，也可以用图1.3所示的导电通路来解释。产生电流的源泉是电源，任何一种电源都有两个极，一个是正极，它缺少电子带正电；另一个是负极，它多余电子带负电。如果用导线把负载和电源接成闭合回路，电路中的自由电子就会受到正极的吸引和负极的排斥，形成由负极经外电路流向正极的电子流。按照电流方向跟电子流方向相反的规定，在电路中，电流总是从电源的正极流向电源的负极。这样，我们就认为，电源的正极对负极具有高电位，而负极对正极具有低电位。和水流情况相仿，电源正、负极间的高、低电位之差叫做电位差，也叫做电压。

004 电阻

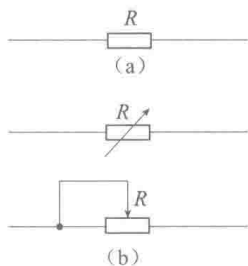


图1.4 电阻的符号

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的阻力叫电阻，电阻用符号 R 或 r 表示。

电阻在电路图中的符号如图1.4所示。图1.4 (a)表示固定电阻，图1.4 (b)表示可变电阻。

物体的电阻大小与其材料、几何尺寸及温度有关。导线的电阻一般可由以下公式求得

$$R = \frac{\rho l}{S} \quad (1.1)$$

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，也称电阻率，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，不同材料的电阻率各不相同，它的数值相当于用这种材料制成长1m、横截面积为 1mm^2 的导线，在温度为 20°C 时的电阻值。电阻系数直接反映着各种材料导电性能的好坏。电阻系数越大，表示它的导电性能越差；电阻系数越小，则表示导电性能越好。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℃)

材料	银	铜	钨	铁	铅	铸铁	黄铜 (铜锌 合金)	铝	康铜
电阻系数 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)	0.0165	0.0175	0.0551	0.0978	0.222	0.5	0.065	0.0283	0.44

005 欧姆定律

在一段电路两端加上电压，就能产生电流，电流流过电路，又不可避免地会遇到阻力，称其为电阻。那么，电压、电流和电阻这3个基本物理量之间到底存在着什么关系呢？德国物理学家欧姆，经过大量实验，于1827年确定了电路中电流、电压和电阻三者之间的关系，总结出一条最基本的电路定律——欧姆定律。欧姆定律指出：在一段电路中，流过该段电路的电流与电路两端的电压成正比，与该段电路的电阻成反比，可用式(1.2)表示

$$I = \frac{U}{R} \quad (1.2)$$

式中， R 为电阻(Ω)； I 为电流(A)； U 为电压(V)。

式(1.2)还可以写成以下形式

$$U = \frac{I}{R} \quad (1.3)$$

式(1.3)的物理意义是：电流 I 流过电阻 R 时，会在电阻 R 上产生电压降。电流 I 越大，电阻 R 越大，电阻上产生的电压降就越大。

欧姆定律也可用式(1.4)表示

$$R = \frac{U}{I} \quad (1.4)$$

式(1.4)的物理意义是：在任何一段电路两端加上一定的电压 U ，可以测量出流过这段电路的电流 I ，这时，我们可以把这段电路等效为一个电阻 R 。这个重要概念，在电路分析与计算中经常用到。

【例题】一个信号灯，其额定电压为6.3V，工作电流为0.2A，接入

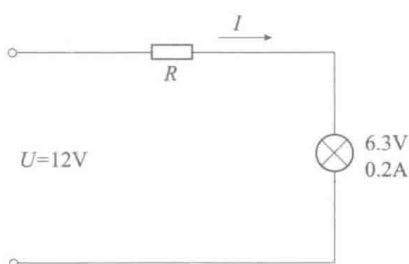


图1.5 例题插图

12V的电源，用一个线绕电阻降压，如图1.5所示，问降压电阻的阻值应为多大？

解：为保证信号灯得到所需的6.3V电压，降压电阻上的电压应为 $12 - 6.3 = 5.7\text{V}$ ，为此，降压电阻的阻值为

$$R = \frac{U_R}{I} = \frac{5.7}{0.2} = 28.5 (\Omega)$$

006 电阻的串联

如果电路中有两个或更多个电阻一个接一个地顺序相连，并且这些电阻通过同一电流，那么，这种连接方式就称为电阻的串联。图1.6所示是电阻串联的电路。

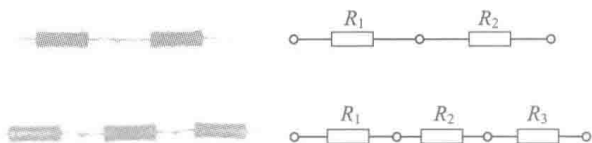


图1.6 电阻的串联

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，即

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2) = IR$$

【例题】如图1.7所示，三个电阻（ $R_1 = 40\Omega$ ， $R_2 = 50\Omega$ ， $R_3 = 60\Omega$ ）串联接于3V电源上，计算等效电阻 R （ Ω ）、电路中的电流 I （A）和各部分的电压 V_1 、 V_2 、 V_3 。