



电工技术

轻松入门

阎伟 编著

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电工技术轻松入门

阎 伟 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

电工技术轻松入门/阎伟编著. —北京: 人民邮电出版社, 2008.2

ISBN 978-7-115-16955-6

I. 电… II. 阎… III. 电工技术—基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 154704 号

内 容 提 要

本书以大量的实物图片和图表, 系统地介绍了初级电工应知应会的基本知识和操作工艺。本书的主要内容包括: 电工基础知识和基本常识、常用电工工具和电工仪表的使用方法、电工基本操作工艺、电子技术基础和基本操作技术、电气设备的应用技术、常用低压电器和电力拖动的控制技术、电工的安全技术和节电技术等。

本书内容丰富、图文并茂、通俗易懂, 既可作为初级电工培训、企业电工培训及再就业转岗电工培训的教材, 也可作为中等职业技术学院电工专业的教学用书。

电工技术轻松入门

◆ 编 著 阎 伟

责任编辑 张 伟

◆ 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>

北京铭成印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 700×1000 1/16

印张: 16.25

字数: 312 千字

2008 年 2 月第 1 版

印数: 1—5 000 册

2008 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16955-6/TN

定价: 25.00 元

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

反盗版热线: (010)67171154

前 言

本书从电工基础知识讲起，由浅入深地介绍了初级电工应知应会的基本知识与操作工艺，以帮助相关人员快速学习电工入门知识，熟练掌握电工操作技术。

本书内容丰富，图文并茂，具有较强的实用性。读者通过综合运用书中所讲的知识，可熟练掌握电气照明和电气设备的安装、接线、试验和故障修理等技术，达到初级电工所应具备的操作技能。

本书共八章，主要内容包括：电工基础知识、电工基本常识、电工工具和电工仪表的使用、电工基本操作工艺、电子技术操作、电气设备的应用技术、低压电器和电力拖动控制技术、电工安全技术和节电技术。

本书在编写中注重对电工技术领域新知识、新技术方面的介绍，叙述简练，独具特色，同时配有大量的实物图片和图表，通俗易懂。本书既可作为初级电工培训、企业电工培训及再就业转岗电工培训的教材，也可作为中等职业技术学院电工专业的教学用书。

编者在编写本书时参阅了相关书籍、专业文章、技术资料和图片等文献，在此向原作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大专业人员和读者给予批评指正。

编 者

目 录

第1章 电工基础知识	1
1.1 直流电路	1
1.1.1 电路的组成	1
1.1.2 电路的基本物理量	2
1.1.3 电阻和欧姆定律	4
1.1.4 电路的工作状态	9
1.1.5 基尔霍夫定律	10
1.1.6 电路中电位的计算	13
1.2 磁场和电磁感应	14
1.2.1 磁场	15
1.2.2 电流的磁场	15
1.2.3 磁场对载流导体的作用	16
1.2.4 电磁感应	17
1.2.5 自感和互感	19
1.3 电容和电容器	22
1.4 交流电路	24
1.4.1 交流电的产生	24
1.4.2 正弦交流电的物理量	25
1.4.3 三相交流电	27
第2章 电工基本常识	30
2.1 电能的生产、输送和分配	30
2.1.1 电能的生产	30
2.1.2 电能的输送	34
2.1.3 电能的分配	35
2.1.4 电力负荷的分类	36
2.2 常用电工导线	36
2.2.1 导电材料的特点	36
2.2.2 常用导线	36
第3章 电工工具和电工仪表的使用	42

3.1 常用电工工具的使用	42
3.1.1 低压验电器	42
3.1.2 螺钉旋具	44
3.1.3 钢丝钳	46
3.1.4 尖嘴钳	46
3.1.5 断线钳	47
3.1.6 剥线钳	47
3.1.7 电工刀	47
3.1.8 电烙铁	48
3.1.9 镊子	52
3.2 常用电工仪表的使用	52
3.2.1 万用表	52
3.2.2 数字万用表	57
3.2.3 兆欧表	59
3.2.4 钳形表	60
3.2.5 接地电阻表	61
3.3 常用电动工具的使用和维护	62
3.3.1 电钻	62
3.3.2 冲击钻	63
3.3.3 电锤	64
第4章 电工基本操作工艺	66
4.1 导线的剖削和连接	66
4.1.1 导线的剖削	66
4.1.2 导线的连接	67
4.2 导线绝缘的恢复	74
4.2.1 绝缘带的包缠方法	74
4.2.2 压线帽的使用	75
4.3 电气照明的应用和维修	76
4.3.1 电气照明的方式	76
4.3.2 常用电气照明设备	76
4.4 室内线路的安装	93
4.4.1 塑料护套线配线	93
4.4.2 线管配线	95
4.4.3 线槽配线	101
4.4.4 桥架配线	102

4.5 室外线路的安装	104
4.5.1 架空线路	104
4.5.2 电缆线路	108
4.6 低压量电、配电装置的安装	109
4.6.1 新型电度表的应用	110
4.6.2 单相电度表的安装和接线	112
4.6.3 三相四线制电度表的安装和接线	114
4.6.4 三相电子式电度表	115
4.6.5 量电装置的安装	116
4.6.6 低压配电装置	116
4.6.7 低压配电箱的安装要求	120
4.6.8 成套配电柜、控制柜和动力、低压配电箱等的安装工序	120
第5章 电子技术操作	121
5.1 阻容元件的识别和测量	121
5.1.1 电阻器	121
5.1.2 电容器	123
5.2 晶体二极管的识别和测量	126
5.2.1 半导体基础知识	126
5.2.2 PN结的形成及单向导电特性	126
5.2.3 晶体二极管	127
5.2.4 特殊二极管	130
5.2.5 二极管的应用	133
5.3 晶体三极管的识别和测量	134
5.3.1 晶体三极管的结构	134
5.3.2 晶体三极管的放大作用	136
5.3.3 晶体三极管的主要参数	138
5.3.4 晶体三极管管脚的识别和简易测试	140
5.4 直流稳压电路	141
5.4.1 整流电路	142
5.4.2 滤波电路	145
5.4.3 稳压电路	149
5.5 放大电路	151
5.5.1 基本放大电路	152
5.5.2 放大电路的两种工作状态	153
5.5.3 放大电路的主要性能指标	154

5.6 电子电路的组装和调试	154
5.6.1 电子电路的组装	154
5.6.2 识读电路图	156
5.6.3 布线的一般原则	156
5.6.4 焊接电路板的安装	157
5.6.5 电路调试和故障的排除	160
第6章 电气设备的应用技术	162
6.1 三相交流异步电动机的使用	162
6.1.1 三相异步电动机的结构	162
6.1.2 三相异步电动机的铭牌	165
6.1.3 三相交流异步电动机的旋转原理	168
6.1.4 三相异步电动机拆装	171
6.1.5 三相异步电动机的一般试验	174
6.1.6 三相异步电动机的检修	177
6.2 单相交流异步电动机的使用	179
6.2.1 单相异步电动机的工作原理	179
6.2.2 单相异步电动机的分类	180
6.2.3 单相异步电动机的铭牌	182
6.2.4 典型单相异步电动机的应用	183
6.2.5 单相异步电动机的反转	189
6.2.6 单相异步电动机常见故障的检修方法	189
6.3 变压器的应用	191
6.3.1 变压器的工作原理	191
6.3.2 变压器的结构	192
6.3.3 特殊变压器	193
第7章 低压电器和电力拖动控制技术	200
7.1 常用低压电器的使用	200
7.1.1 低压电器的分类	200
7.1.2 常用低压开关	200
7.1.3 熔断器	205
7.1.4 交流接触器	206
7.1.5 继电器	210
7.1.6 主令电器	216
7.2 三相异步电动机的启动控制	220

7.2.1	三相异步电动机的全压启动控制	221
7.2.2	三相异步电动机正反转控制	223
7.2.3	三相笼型异步电动机的降压启动	225
7.3	三相异步电动机的制动控制	226
7.3.1	机械制动	227
7.3.2	电气制动	229
第 8 章	电工安全技术和节电技术	232
8.1	电气防火与防爆	232
8.1.1	电气灭火	232
8.1.2	防爆电气设备	234
8.2	触电与触电急救	236
8.2.1	触电	236
8.2.2	安全电流和安全电压	236
8.2.3	人体触电的方式	237
8.2.4	触电急救	238
8.3	电工安全技术	242
8.3.1	触电的预防措施	242
8.3.2	用电设备的安全技术	242
8.4	生产和生活用电的节电技术	244
参考文献		247

第1章 电工基础知识

1.1 直流电路

人们在日常生活中经常使用到各种电器，其中很多都是应用直流电路原理工作的，比如手电筒，如图 1.1 所示。



图 1.1 手电筒



提示

直流电路：直流电路三参数，电压、电流和电阻，
基本单位伏安欧，三者关系有定律。

1.1.1 电路的组成

电路是电流通过的闭合路径。它是由各种电气元件按一定的方式用导线连接组成的总体。电路的组成包括如下几部分。

- ① 电源：供应电能的设备。如发电机、电池等。
- ② 负载：使用电能的设备。如电灯、电扇、电动机等。
- ③ 控制装置：根据负载的需要，起分配电能和控制电路的作用。如变压器、控制开关等。
- ④ 导线：把以上组成部分连成电路，传输电能。

图 1.2 是手电筒电路的组成结构，也是最简单的电路，图中的干电池将化学能转换为电能，小灯泡取用电能并转换为光能。导线用来连接电源和负载，开关为电流提供通路，把电源的能量供给负载，并根据负载需要接通和断开电路。使用国家标准规定的符号来表示电路连接情况的图称为电路图，如图 1.2 (b) 所示。

电路的功能和作用有两类：一是进行能量的传输和变换；二是进行信号的传递与处理。例如，扩音机的输入是由声音转换而来的电信号，通过晶体管组成的放大电路，输出的便是放大的电信号，从而实现了放大功能；电视机可将接收

到的信号经过处理,转换成图像和声音。

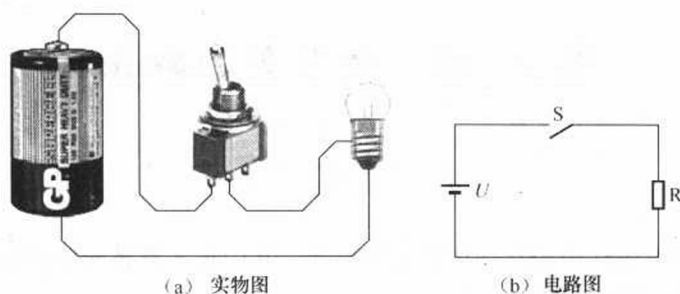


图 1.2 简单的电路

电路中常用电气元件名称及图形符号见表 1.1。

表 1.1 常用电气元件名称及图形符号

名 称	符 号	名 称	符 号
电池		电感	
电灯		磁芯电感	
电阻		电压表	
电位器		电流表	
电容		熔断器	
可调电容		接地	
电解电容		开关	
正极	+	直流	—
负极	-	交流	~

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电流是因电荷的定向移动而形成的。当金属导体处于电场之内时,自由电子会受到电场力的作用,逆着电场的方向作定向移动,这就形成了电流。电流的大小用电流强度来表示,即每秒钟内通过导体横截面的电荷量,以字母 I 表示。电流 I 的单位是 A (安培)。其大小和方向均不随时间变化的电流叫恒定电流,简称直流,记为 DC 或 dc。

在 1s (秒) 内通过导体横截面的电荷量为 1C (库仑) 时,其电流则为 1A。

对于恒定直流, 电流用单位时间内通过导体截面的电量 Q 来表示, 即:

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.1)$$

电流的单位也常用 mA (毫安)、 μA (微安) 或 nA (纳安) 来表示, 其换算关系为: $1\text{kA}=10^3\text{A}$, $1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}=10^9\text{nA}$ 。

在简单电路中, 电流的实际方向可由电源的极性确定; 在复杂电路中, 电流的方向有时事先难以确定。为了分析电路的需要, 人们便引入了电流的参考正方向的概念。在进行电路计算时, 先任意选定某一方向作为待求电流的正方向, 并根据此正方向进行计算, 若计算得到结果为正值, 说明电流的实际方向与选定的正方向相同; 若计算得到结果为负值, 说明电流的实际方向与选定的正方向相反, 如图 1.3 所示。图中实线箭头表示电流的参考正方向, 虚线箭头表示实际方向。

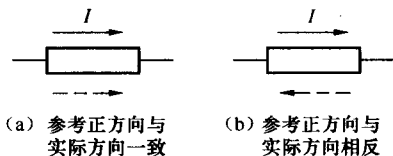


图 1.3 电流的标示



通常规定正电荷的移动方向表示电流的实际方向。在外电路, 电流由正极流向负极; 在内电路, 电流由负极流向正极。

2. 电压

电场力把单位正电荷从电场中点 A 移到点 B 所做的功 W_{AB} 称为 A、B 间的电压, 用 U_{AB} 表示, 即:

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q} \quad (1.2)$$

电压的单位为 V (伏特)。如果电场力把 1C 电量从点 A 移到点 B 所做的功是 1J (焦耳), 则 A 与 B 两点间的电压就是 1V。计算较大的电压时用 kV (千伏), 计算较小的电压时用 mV (毫伏)。其换算关系为: $1\text{kV}=10^3\text{V}$, $1\text{V}=10^3\text{mV}=10^6\mu\text{V}$ 。

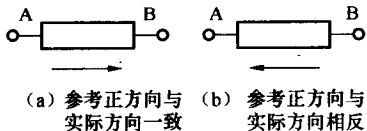


图 1.4 电压的标示

电压总是相对两点之间的电位而言的, 所以用双下标表示, 左下标 (如 A) 代表起点, 右下标 (如 B) 代表终点。电压的方向则由起点指向终点, 有时用箭头在图上标明。如图 1.4 所示, 图 (a) 中 U_{AB} 为电压的实际方向, 当标定的参考方向与电压的实际方向相同时, 电压为正值; 当标定的参考方向与实际电压方向相反时, 如图 1.4 (b), 电压为负值。

电路元件的电流参考方向与电压参考 “+” 极到 “-” 极的方向一致, 即电流与电压降参考方向一致, 这样的电压和电流的参考方向称为一致的参考方向或关联的参考方向。



电压的实际方向规定为从高电位点指向低电位点，即由“+”极指向“-”极，因此，在电压的方向上电位是逐渐降低的。

3. 电动势

为了维持电路中有持续不断的电流，必须有一种外力，把正电荷从低电位处（如负极 B）移到高电位处（如正极 A）。在电源内部就存在着这种外力。如图 1.5 所示，外力克服电场力把单位正电荷由低电位 B 端移到高电位 A 端，所做的功称为电动势，用 E 表示。电动势的单位也是伏特。如果外力把 1C 的电量从点 B 移到点 A，所做的功是 1J，则电动势就等于 1V。

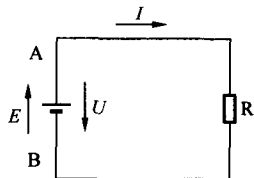


图 1.5 电动势



电动势的方向规定为从低电位指向高电位，即由“-”极指向“+”极。

4. 电功率

在直流电路中，根据电压的定义，电场力所做的功是 $W=QU$ 。把单位时间内电场力所做的功称为电功率，则有：

$$P = \frac{W}{t} = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R} \quad (1.3)$$

功率的单位是 W（瓦特）。对于大功率，采用 kW（千瓦）或 MW（兆瓦）作单位，对于小功率则用 mW（毫瓦）作单位。其换算关系为：1MW=10³kW=10⁶W，1W=10³mW。

在电源内部，外力做功，正电荷由低电位移向高电位，电流逆着电场方向流动，将其他能量转变为电能，其电功率为：

$$P = EI \quad (1.4)$$

当已知设备的功率为 P 时，在 t 秒内消耗的电能为 $W=Pt$ ，电能就等于电场力所做的功，单位是 J（焦耳）。在电工技术中，往往直接用 W·s（瓦特秒）作单位，实际上则用 kW·h（千瓦小时）作单位，俗称 1 度电，1 度=1kW·h。

【例 1.1】有一盏 40W 的灯泡，每天用它来照明的时间为 5h，那么每月（按 30 天计）消耗的电能为多少度？

解：该电灯平均每月工作时间 $t=5 \times 30=150\text{h}$ ，则

$$W = P \cdot t = 40 \times 150 = 6000\text{W} \cdot \text{h} = 6\text{kW} \cdot \text{h} = 6 \text{ 度}$$

1.1.3 电阻和欧姆定律

导体对电流（直流）的阻碍作用称为导体的电阻，用 R 或 r 表示。单位是 Ω （欧姆），简称欧。例如灯泡、电阻丝等负载都是电阻，图 1.6 所示为常见的各种电阻器。

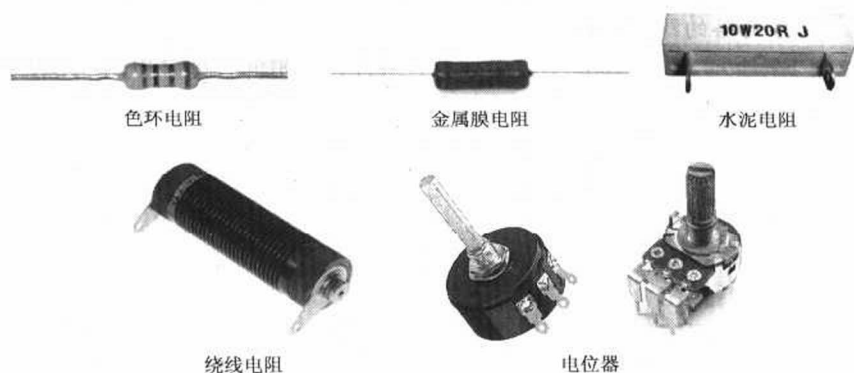


图 1.6 常见电阻元件

电阻定律:

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1.5)$$

式中, ρ ——制成电阻的材料电阻率, 国际单位制为 $\Omega \cdot \text{m}$ (欧姆·米);

L ——绕制成电阻的导线长度, 国际单位制为 m (米);

S ——绕制成电阻的导线横截面积, 国际单位制为 m^2 (平方米);

R ——电阻值, 国际单位制为 Ω , 常用的电阻单位还有 $\text{k}\Omega$ (千欧)、 $\text{M}\Omega$ (兆欧), 其换算关系为 $1\text{M}\Omega = 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega$ 。

电阻的倒数 $G = \frac{1}{R}$, 称为电导, 它的单位是 S (西门子)。

电阻率 ρ 反映了导体的导电性能, 电阻率越小, 导电性能越好, 常用导体的电阻率见表 1.2。

表 1.2 常用导体的电阻率

材料名称	电阻率 ρ ($\Omega \cdot \text{m}$) (20℃)
银	1.6×10^{-8}
铜	1.7×10^{-8}
铝	2.8×10^{-8}
钨	5.5×10^{-8}
镍	7.3×10^{-8}
铁	9.8×10^{-8}
锡	1.14×10^{-7}
铂	1.05×10^{-7}
锰铜 (85%铜+3%镍+12%锰)	$4.2 \sim 4.8 \times 10^{-7}$
康铜 (58.8%铜+40%镍+1.1%锰)	$4.8 \sim 5.2 \times 10^{-7}$
镍铬丝 (67.5%镍+15%铬+16%碳+1.5%锰)	$1.0 \sim 1.2 \times 10^{-6}$
铁铬铝	$1.3 \sim 1.4 \times 10^{-6}$

1. 部分电路的欧姆定律

如图 1.7 所示, 该电路是不含电动势、只含有电阻的一部分电路。用欧姆定律可表示为:

$$U=IR \quad (U \text{ 与 } I \text{ 方向相同}) \quad (1.6)$$

$$U=-IR \quad (U \text{ 与 } I \text{ 方向相反}) \quad (1.7)$$

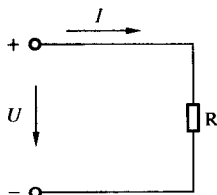


图 1.7 部分电路的欧姆定律



提示

欧姆定律: 导体中的电流 I 与加在导体两端的电压 U 成正比, 与导体的电阻 R 成反比。

2. 全电路的欧姆定律

图 1.8 所示是简单的闭合电路, r_0 为电源内阻, R 为负载电阻, 若略去导线电阻不计, 则此段电路用欧姆定律表示为:

$$I = \frac{E}{R + r_0} \quad (1.8)$$

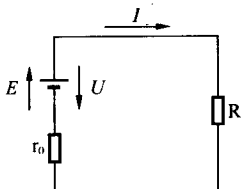


图 1.8 闭合电路的欧姆定律

式 (1.8) 的意义是: 电路中流过的电流, 其大小与电动势成正比, 而与电路的全部电阻成反比。电源的电动势和内电阻一般认为是不变的, 所以, 改变外电路电阻, 就可以改变回路中的电流大小。

【例 1.2】 如图 1.9 所示, 当单刀双掷开关 S 合到位置 1 时, 外电路的电阻 $R_1=14\Omega$, 测得电流表读数 $I_1=0.2A$; 当开关 S 合到位置 2 时, 外电路的电阻 $R_2=9\Omega$, 测得电流表读数 $I_2=0.3A$ 。试求电源的电动势 E 及其内阻 r 。

解: 根据闭合电路的欧姆定律, 列出方程组

$$\begin{cases} E = R_1 I_1 + r I_1 & (\text{当 } S \text{ 合到位置 1 时}) \\ E = R_2 I_2 + r I_2 & (\text{当 } S \text{ 合到位置 2 时}) \end{cases}$$

解得: $r=1\Omega$, $E=3V$ 。

3. 线性电阻

电阻值 R 与通过它的电流 I 和两端电压 U 无关 (即 $R=\text{常数}$) 的电阻元件叫做线性电阻, 其伏安特性曲线在 I - U 平面坐标系中为一条通过原点的直线, 如图 1.10 所示。通常所说的“电阻”, 均指线性电阻。

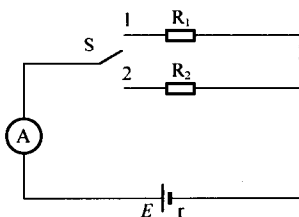


图 1.9 例 1.2 图

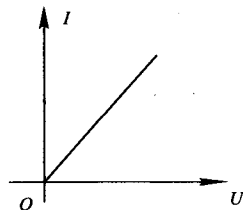


图 1.10 线性电阻的伏安特性

4. 电阻电路的连接和计算

由于工作的需要, 常将许多电阻按不同的方式连接起来, 组成一个电路网络。

(1) 电阻的串联

如图 1.11 所示, 由若干个电阻顺序地连接成一条无分支的电路, 称为串联电路, 图中有三个电阻串联。

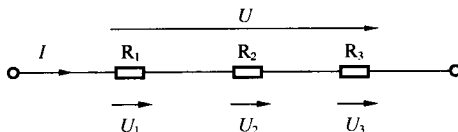


图 1.11 电阻串联电路

电流 I 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:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

R 称为电阻串联电路的等效电阻, 而多个电阻串联时的计算关系如下。

① 等效电阻: $R = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$

② 分压关系: $\frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \cdots = \frac{U_n}{R_n} = \frac{U}{R} = I$

③ 功率分配: $\frac{P_1}{R_1} = \frac{P_2}{R_2} = \cdots = \frac{P_n}{R_n} = \frac{P}{R} = I^2$

当两只电阻 R_1 、 R_2 串联时, 等效电阻 $R = R_1 + R_2$, 则有分压公式

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U, \quad U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \quad (1.9)$$



计算电阻：电阻串联值相加，串联越多总值越大；

电阻并联值减小，倒数之和再倒数。

(2) 电阻的并联

将几个电阻元件都接在两个共同端点之间的连接方式称为并联。图 1.12 所示电路是由三个电阻并联组成的。

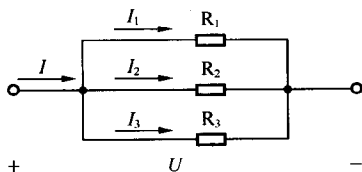


图 1.12 电阻的并联

设总电流为 I 、电压为 U 、总功率为 P ，计算关系如下。

① 等效电导： $G=G_1+G_2+\cdots+G_n$

即
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n}$$

② 分流关系： $R_1 I_1 = R_2 I_2 = \cdots = R_n I_n = RI = U$

③ 功率分配： $R_1 P_1 = R_2 P_2 = \cdots = R_n P_n = RP = U^2$

当两只电阻 R_1 、 R_2 并联时，等效电阻 $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ ，则有分流公式

$$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I, \quad I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \quad (1.10)$$

实际应用中，各用电器在电路中通常都是并联运行的，属于相同电压等级的用电器必须并联在同一电路中，这样才能保证它们都在规定的额定电压下正常工作。

【例 1.3】有三盏电灯接在 220V 电源上，其额定值分别为 220V、100W，220V、60W，220V、40W，求总功率 P 、总电流 I 以及通过各灯泡的电流及等效电阻。

解：因外接电源符合各灯泡额定值，所以各灯泡能正常发光，故总功率为：

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 100 + 60 + 40 = 200\text{W}$$

总电流与各灯泡电流为：

$$I = \frac{P}{U} = \frac{200}{220} \approx 0.9\text{A} \quad I_1 = \frac{P_1}{U_1} = \frac{100}{220} \approx 0.45\text{A}$$

$$I_2 = \frac{P_2}{U_2} = \frac{60}{220} \approx 0.27\text{A}$$

$$I_3 = \frac{P_3}{U_3} = \frac{40}{220} \approx 0.18\text{A}$$