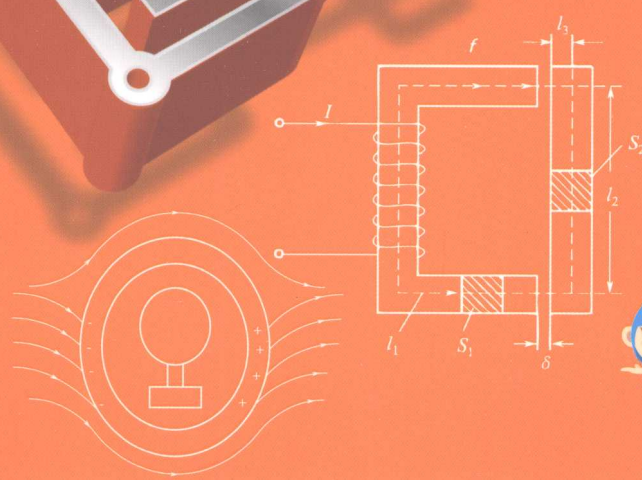
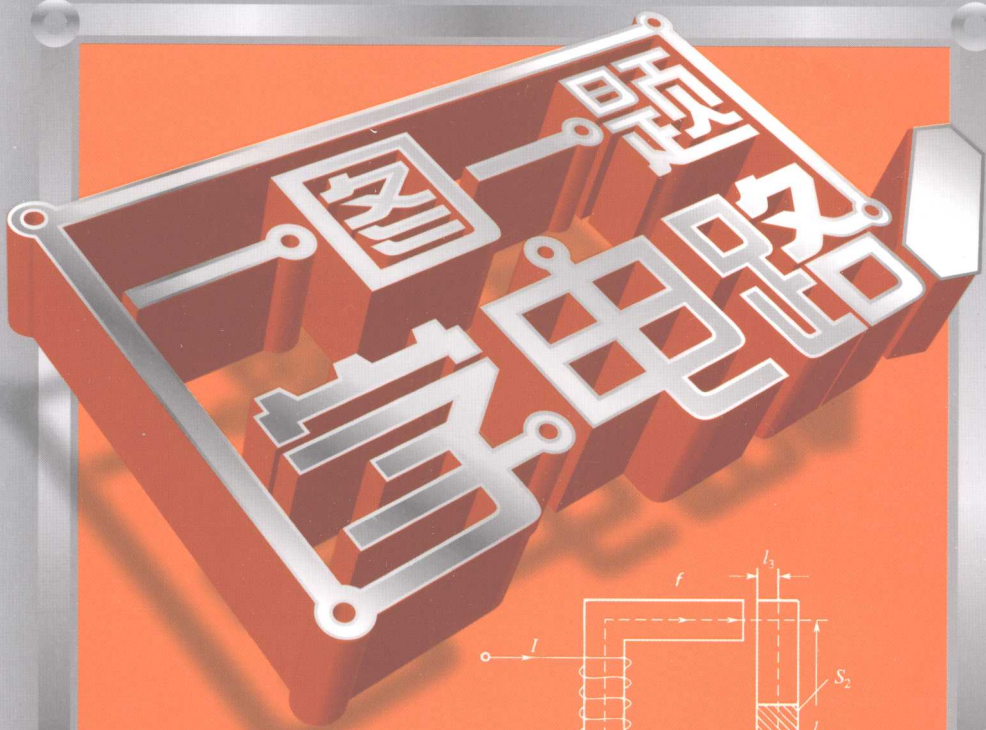


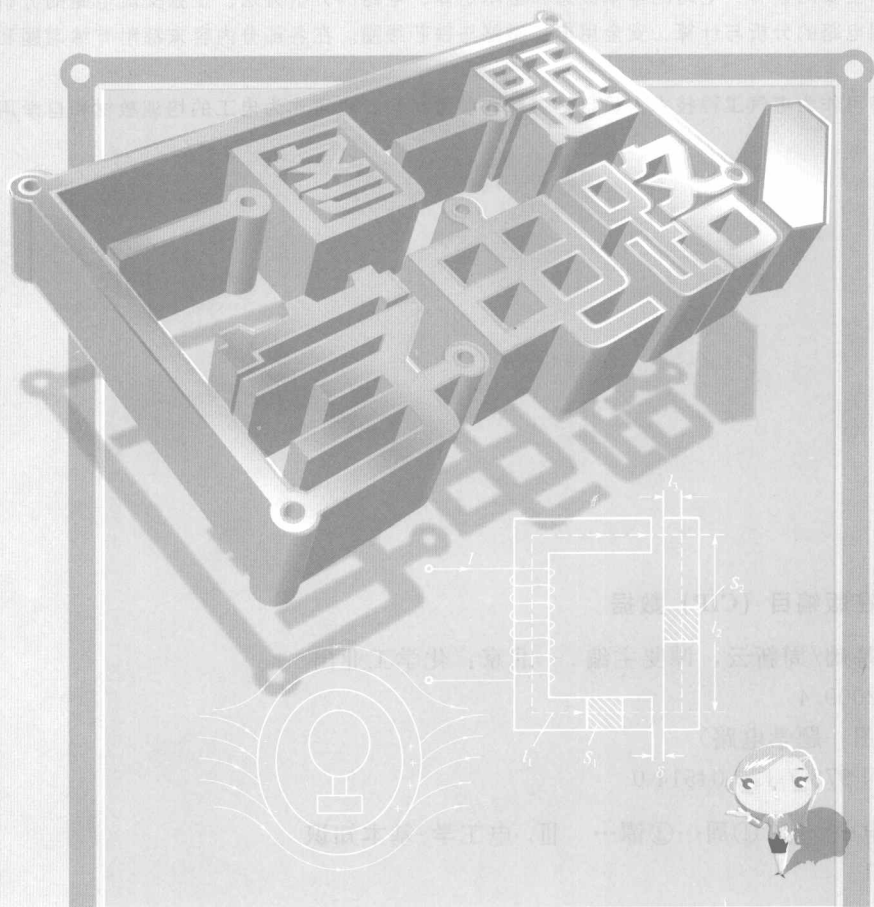


电工基础

周新云 谭 斐 主编



化学工业出版社



电工基础

周新云 谭斐 主编



化学工业出版社

北京

本书主要内容有：电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法、正弦交流电路的分析与计算、三相电路的分析与计算、安全用电、磁路与铁芯线圈。在各部分内容末都附有练习题和习题答案。

本书可作为电气工程技术人员自学书籍和参考材料，也可作为电工的培训教材和自学用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工基础/周新云, 谭斐主编. —北京: 化学工业出版社, 2009.4

(一图一题学电路)

ISBN 978-7-122-04514-0

I. 电… II. ①周…②谭… III. 电工学-基本知识
IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 211933 号

责任编辑: 李玉晖 宋 薇

文字编辑: 孙 科

责任校对: 陈 静

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 北京云浩印刷有限责任公司

720mm×1000mm 1/16 印张 14 字数 273 千字 2009 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

《一图一题学电路》

系列图书编委会名单



主 任：刘会霞

副主任：赵德安 周建中 李金伴 陆一心

委 员：刘会霞 赵德安 周建中 李金伴

陆一心 张建生 王善斌 周新云

丁继斌 谭延良 尤德同 宋昌才

盛占石 张应龙 袁晓明 黄 丽

朱 丽 王富良



序

随着科学技术的迅猛发展,不同学科之间相互渗透、交叉融合,不断衍生新的研究领域。作为一种重要的技术手段,电工电子技术的发展日新月异。尤其是以计算机、信息技术为代表的高新技术的发展,使电工电子技术的内涵和外延发生了革命性的变化,正在迅速改变着设计制造业的面貌。传统的设计制造技术也不断吸收信息、材料、能源及管理等领域现代成果,综合应用于电工电子产品的设计、制造、检测、生产管理和售后服务。21世纪电气设备发展的总趋势是:强弱电技术的融合更为密切;多学科、多专业的交叉更为深入;我国电气产品与国际接轨的步伐将迈得更大,国内外的技术交流也将更为广泛。

当今世界,科学技术发展迅速,知识经济发展显现端倪,综合国力的竞争日趋激烈。国力的竞争,归根结底是科技与人才的竞争。为了适应社会对技术技能人才的需求,配合江苏大学的国家级综合性工程训练示范中心、江苏省实验教学示范中心、农业电气化与自动化国家重点学科,以及机械设计制造及其自动化国家级特色专业建设点建设的需要,江苏大学工业中心、电气信息工程学院和化学工业出版社组织编写了《一图一题学电路》、《电工技能训练丛书》两套系列图书,以期满足广大电气工作者和爱好的迫切需要。

这两套系列图书从系统的观点出发,分别定位于电工电子的知识基础和技能操作。《一图一题学电路》包括《电工基础》、《电工测量》、《传感器》、《变压器》、《电动机》、《电子技术基础》、《电力电子》、《电力拖动自动控制》8个分册。《电工技能训练丛书》包括《电工基本操作》、《电工测量》、《电工工具和仪器仪表》、《变压器检修》、《电动机检修》、《电子线路安装与调试》、《常用机床电气线路检修》7个分册。

《一图一题学电路》系列图书介绍了电工电子的基础知识和工程应用,把各相关技术内容分为若干个单元,每个单元由若干知识点组成,每个知识点的展开分为电路图、电路分析、知识要点、例题、例题分析、练习题、练习题答案7个模块。这套书的特点是:

模块化——采用单元式的结构,把相关知识划分成若干模块,将基础知识融合到了各个模块中。

应用性——基本理论与实用性并重,通过工程实例来分析、说明基本概念与基本理论,及基本概念和理论如何具体在实践中的应用。



这两套系列图书编写时从实用出发,力求理论与实际相结合,突出新颖性,介绍电气设备的结构、工作原理、技术参数、适用场合、技术操作要点、运行与维护经验等。注重理论联系实际,融入应用实例,突出技能和技巧。本着求精避繁的原则,对电气设备的基础理论、材料、器件、应用电路、安装、调试、运行与维修等适用面广、使用频率高和实用性强的技术内容作了详细的阐述。同时,还从实际出发,反映了电工电子、电力电子、计算机、自动控制、传感器、机电一体化相互交叉、纵横结合的发展趋势。

这两套系列图书的编写反映了编者参与高等教育改革的一些研究成果。高等教育是科技发展的基础,是高级专门人才培养的摇篮。我国高等教育在振兴中华、科教兴国的伟大事业中担负着极其艰巨的任务。为了适应我国建设和发展的需要,1993年,党中央、国务院颁布《中国教育改革和发展纲要》以后,原国家教委全面启动和实施《高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革计划》,有组织、有计划地在全国推进教学改革工程。其主要内容是:改革教育体制、教育思想和教育观念;拓宽专业口径,调整专业目录,强调创新精神、实践能力和工程师素质的培养,制定新的人才培养方案;改革课程体系、教学内容、教学方法、教学手段和工程训练;实现课程结构和教学内容的整合与优化。编写、出版这两套系列图书是在以上教育理论与教育思想的指导下,将教学改革思想和教学改革成果融入其中,根据人才培养计划中对学生知识、工程训练和实践能力的要求编写,及时反映了新设备、新技术、新工艺的推广应用。系列图书的编写符合教学改革的精神,遵循了教学规律和人才培养规律,具有明显的特色。希望能够得到读者的关注和指正。

《一图一题学电路》系列图书编委会
2008年3月



前 言

本书以简明易懂的形式讲解了电气技术人员必备的电工基础知识，这也是电工岗位培训的考核内容。本书编写的特点是通过一个个电路图，引出电路的相关知识点；通过一个个例题，帮助读者进一步领会相应知识点；最后，再通过练习题的训练，使读者对所学知识得到很好的巩固。

本书由周新云、谭斐担任主编，负责全书内容及各单元的统稿。其中周新云编写第3章，谭斐编写第1章，许波编写第2章和第4章，盛碧琦编写第5章和第6章。

全书由盛占石副教授仔细审阅，对本书提出了许多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，使得本书的内容难免有不妥之处，敬请广大读者给予批评和指正。

编者

2009年1月于江苏大学



目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

1

单元 1	电路的作用与组成	2
单元 2	电阻、电感和电容元件	4
单元 3	电压源和电流源	18
单元 4	电路的状态和电气设备的额定值	28
单元 5	电流和电压的参考方向	34
单元 6	电路的功率	39
单元 7	电路中的电位概念及其计算	44
单元 8	基尔霍夫定律	49

第 2 章 电路的分析方法

59

单元 9	支路电流法	60
单元 10	电压源与电流源的等效变换	65
单元 11	叠加原理	70
单元 12	戴维南定理	76

第 3 章 正弦交流电路

85

单元 13	正弦交流电	86
单元 14	复数	94
单元 15	正弦量的相量表示法	97
单元 16	电阻元件的正弦交流电路	102
单元 17	电感元件的正弦交流电路	105
单元 18	电容元件的正弦交流电路	110



单元 19	RLC 串联电路	116
单元 20	复阻抗的串联和并联	126
单元 21	正弦交流电路中的功率	132
单元 22	功率因数的提高	136
单元 23	谐振电路	141

第 4 章 三相电路

151

单元 24	三相电源	152
单元 25	三相负载的星形连接	159
单元 26	三相负载的三角形连接	167
单元 27	三相电路的功率计算	174

第 5 章 安全用电

179

单元 28	安全用电常识	180
单元 29	安全用电技术	183
单元 30	电气设备的防火及防爆	186
单元 31	雷电和静电的防护	188

第 6 章 磁路与铁芯线圈

191

单元 32	磁路中的基本物理量	192
单元 33	磁性材料的特性与分类	194
单元 34	磁路及磁路的基本定律	198
单元 35	铁芯线圈	205

参考文献

211



第 1 章 电路的基本概念和基本定律

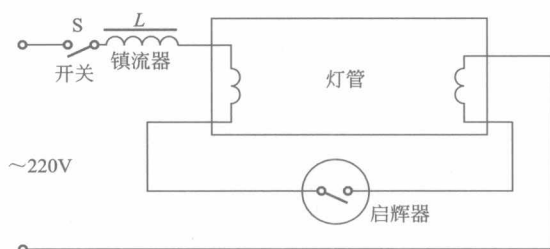
- 单元 1 电路的作用与组成
- 单元 2 电阻、电感和电容元件
- 单元 3 电压源和电流源
- 单元 4 电路的状态和电气设备的额定值
- 单元 5 电流和电压的参考方向
- 单元 6 电路的功率
- 单元 7 电路中的电位概念及其计算
- 单元 8 基尔霍夫定律

单元 1

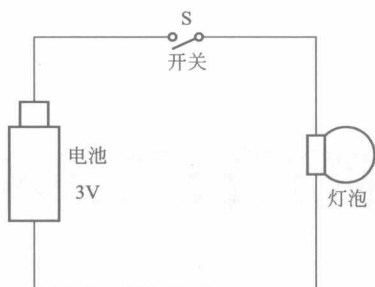
电路的作用与组成



电路图



(a) 日光灯电路框图



(b) 手电筒电路框图



(c) 半导体扩音机示意图

图 1.1 实际电路示例

图 1.1 所示为日常生活中用到的实际电路示例，图中（a）为日光灯电路框图，图（b）为手电筒电路框图，图（c）为半导体扩音机的示意图。



电路分析

图（a）所示电路把输电线路传输来的交流电能转化为光能，实现了能量的传输和转换。其中电源为 220V 工频正弦交流电源，负载为整流器和灯管，开关和导

线为中间环节。

图 (b) 所示电路把电池的直流电能转化为光能, 实现了能量的传输和转换。其中电源为 3V 的电池 (这里是直流电源), 负载为灯泡, 开关和导线为中间环节。

图 (c) 所示的扩音机电路, 可以将声音或音乐经过话筒转换成相应的电信号, 再由放大电路把微弱的电信号进行放大、处理, 最后再由扬声器将电信号转换成语言或音乐, 从而实现了信号的采集、传递和处理。其中声音为信号源 (经过话筒变为电信号), 扬声器为负载, 放大电路及导线等为中间环节。



知识要点

1. 电路的功能

电路的作用可以从两个方面来描述: 首先从能量的角度, 电路可以实现能量的传输和转换作用, 如上述日光灯电路、手电筒电路以及生产实际中的动力电路都是完成这一功能的; 其次从信号的角度, 电路可以实现信号的采集、传递和处理作用, 如上述扩音机电路就是完成这一功能的。

2. 电路的组成

电路的形式是多种多样的, 然而, 不管电路的形式有何不同, 也不管电路有多么复杂, 它总是由三部分组成, 即电源 (或信号源)、中间环节和负载。下面以手电筒电路为例来说明。

电池 是产生电能的装置, 在电路中称为电源。电源的作用是把其他形式的能量转换成电能, 例如电池将化学能转换成电能, 发电机将机械能转换成电能。

灯泡 是取用电能的装置, 在电路中称为负载。负载的作用是将电能转换成其他形式的能量, 例如电灯将电能转换成光能, 电动机将电能转换成机械能等。

导线和开关 它们是用来沟通电路和控制电路开闭的中间环节, 起到了输送和分配电能的作用。

日常生活和生产实际中, 电路的形式因其所完成任务的不同而不同, 负载也不尽相同。因此, 为了研究电路的普遍规律, 就没有必要也不可能去探讨一个又一个的实际电路, 而是把组成实际电路的元器件加以近似化, 忽略其次要性质, 用一个足以反映它们主要特性的模型来表示。

单元 2

电阻、电感和电容元件

电阻元件



电路图

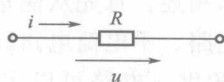


图 2.1 电阻元件

图 2.1 所示为理想电阻元件的图形和文字符号。

电路分析



电阻是将电能转换为热能的电路元件，凡是当电流通过某元件发生电能转换为热能，而别的能量转换可以忽略时，该元件就可用一个电阻元件 R 来表示。电阻有线性电阻和非线性电阻之分，本书中只讨论线性电阻，所谓线性电阻，是指电阻元件的阻值是个常数。



知识要点

1. 电阻元件的伏安关系

加在电阻元件两端的电压 u 和通过该元件中的电流 i 成正比例，即符合欧姆定律

$$u = Ri \quad (2.1)$$

通常将式(2.1)称为电阻的伏安关系。

或

$$R = \frac{u}{i} \quad (2.2)$$

式中 i ——电流，A；

u ——电压, V;

R ——电阻, Ω 。

电阻元件的伏安关系还可以用伏安特性曲线来表示, 线性电阻与非线性电阻的伏安特性曲线分别如图 2.2 和图 2.3 所示。

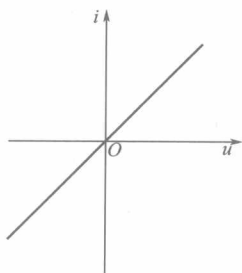


图 2.2 线性电阻的伏安特性

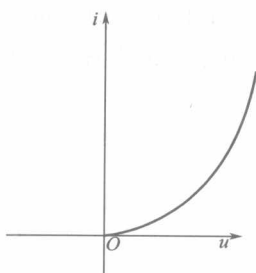


图 2.3 非线性电阻的伏安特性

线性电阻的伏安特性是一条过原点的直线, 而非线性电阻的伏安特性是一条曲线。

2. 电阻的功率计算

电阻是消耗电能的元件, 简称耗能元件。这是因为电流流过电阻时会产生热效应, 即电阻元件将电能转换成热能。而热能向周围空间散发, 不可能再直接转换为电能回送到电源, 所以电阻中能量的转换是不可逆的。电阻消耗的功率为

$$p = ui \quad (2.3)$$

或

$$p = Ri^2 = \frac{u^2}{R} \quad (2.4)$$

式中 p ——功率, W。

电路图

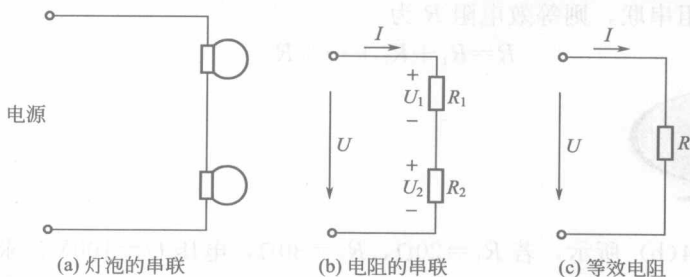


图 2.4 电阻元件电路

日常生活和生产实际中, 根据需要, 有时要将多个灯泡串联使用, 如图 2.2(a) 所示。

电路分析



图 2.4(a) 中串联的灯泡，可以用电阻的串联来表示，如图 2.4(b) 所示，其等效电阻（即总电阻） R 为各个串联电阻的阻值之和，即

$$R = R_1 + R_2 \quad (2.5)$$

其等效电阻如图 2.4(c) 所示。

电路中的电流为

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U}{R_1 + R_2} \quad (2.6)$$

两个电阻上的电压分别为

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= R_1 I = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U \\ U_2 &= R_2 I = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

式(2.7) 为两个串联电阻的分压公式。



知识要点

由式(2.7) 可知，串联电阻上电压的分配与电阻的阻值成正比，有时在电路中串联一个电阻（或变阻器），可起到分压或调节电压的目的。

电阻串联的应用很多，例如在负载的额定电压低于电源电压的情况下，可以与负载串联一个电阻，在电阻上降落一部分电压；有时为了限制负载中通过过大的电流，也可以与负载串联一个限流电阻等。

若有 n 个电阻串联，则等效电阻 R 为

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2.8)$$



例题 2.1

电路如图 2.4(b) 所示，若 $R_1 = 20\Omega$ ， $R_2 = 30\Omega$ ，电压 $U = 100V$ ，求电路中的电流 I 及电阻 R_2 两端的电压 U_2 。

解：由式(2.6) 求得电路中的电流为

$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{100}{20 + 30} = 2A$$

由式(2.7) 求得电阻 R_2 两端的电压为

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U = \frac{30}{20 + 30} \times 100 = 60 \text{ V}$$



例题分析

该题直接利用电阻串联的知识点, 计算电路中的电流; 运用串联电阻分压公式计算电阻的电压。



例题 2.2

能否将 110V、40W 和 110V、60W 的两个灯泡串联后, 接到 220V 的电源上? 为什么?

解: 因为 110V、40W 灯泡电阻为

$$R_1 = \frac{U_{1N}^2}{P_{1N}} = \frac{110^2}{40} = 302.5 \Omega$$

110V、60W 灯泡电阻为

$$R_2 = \frac{U_{2N}^2}{P_{2N}} = \frac{110^2}{60} \approx 201.7 \Omega$$

两灯泡串联后, 110V、40W 灯泡端电压为

$$U_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times 220 = \frac{302.5}{302.5 + 201.7} \times 220 \approx 132 \text{ V}$$

110V、60W 灯泡端电压为

$$U_2 = 220 - U_1 = 220 - 132 = 88 \text{ V}$$

所以, 不能。

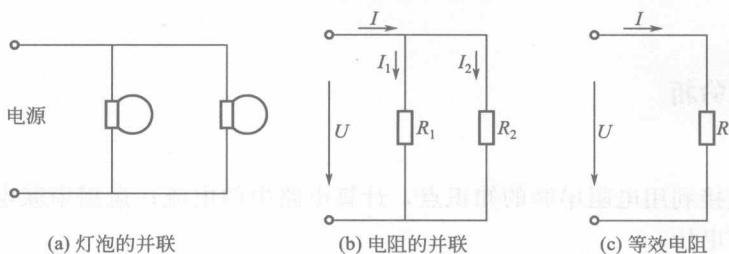


例题分析

由上述计算结果发现, 即使两灯泡的额定电压相等, 且两者之和等于电源电压, 但由于两灯泡的电阻不相等, 故两者串联后, 每个灯泡的端电压都不等于其额定电压, 因此两灯泡都不能正常工作, 甚至还会使灯泡损坏, 这点在实际使用中应注意。



电路图



(a) 灯泡的并联

(b) 电阻的并联

(c) 等效电阻

图 2.5 电阻元件电路

图 2.5(a) 中并联的灯泡，可以用电阻的并联来表示，如图 2.5(b) 所示。

电路分析



图 2.5(c) 所示电路的等效电阻 R 的倒数等于各个并联电阻的倒数之和，即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad (2.9)$$

式(2.9) 也可写成

$$G = G_1 + G_2 \quad (2.10)$$

式中 G ——电导，S（西门子）。

其中 $G = \frac{1}{R}$, $G_1 = \frac{1}{R_1}$, $G_2 = \frac{1}{R_2}$

此时，流过电阻 R_1 、 R_2 的电流分别为

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= \frac{U}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I \\ I_2 &= \frac{U}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

式(2.11) 为两个并联电阻的分流公式。



知识要点

由式(2.11) 可知，并联电阻上电流的分配与电阻成反比。有时将电路中的某一段并联一个电阻（或变阻器），可起到分流或调节电流的目的。

若有 n 个电阻并联，则总电阻 R 为