



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 电工学简明教程 **第二版**

## 学习辅导与习题解答

秦曾煌 编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS



清华大学出版社“十二五”国家重点出版规划项目

# 电工学简明教程



## 学习指导与习题解答

廖正兴 编



清华大学出版社

TSINGHUA UNIVERSITY PRESS



普通高等教育

TM1/165C

2007

配套参考书

# 电工学简明教程 第二版

## 学习辅导与习题解答

秦曾煌 编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

## 内容简介

本书是与秦曾煌主编的《电工学简明教程》(第二版)配套的学习辅导与习题解答。全书分电工技术和电子技术两篇。每篇均逐章按“基本要求”、“学习指导”、“【练习与思考】解答”和“习题解答”四个方面加以阐述。

全书体现了编者从事电工学教学工作五十余年丰富的教学经验,内容简明扼要,明确指出本课程的重点和难点、学生在学习中的疑难之处和错误概念,以及解题思路和方法。

本书不仅可供本科和专科非电类专业学生和广大自学读者学习电工学课程时使用,也可供电工学教师参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工学简明教程(第二版)学习辅导与习题解答/秦曾煌

编. —北京:高等教育出版社,2007.12

ISBN 978-7-04-022627-0

I. 电… II. 秦… III. 电工学-高等学校-教学参考资料 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 178392 号

策划编辑 金春英 责任编辑 唐笑慧 封面设计 于文燕 责任绘图 尹莉  
版式设计 王艳红 责任校对 王效珍 责任印制 尤静

---

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街 4 号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京东光印刷厂

开 本 787×960 1/16

印 张 21.5

字 数 400 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

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

网上订购 <http://www.landaco.com>

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

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2007 年 12 月第 1 版

印 次 2007 年 12 月第 1 次印刷

定 价 26.90 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22627-00

## 第二版前言

电工学课程是高等学校工科非电类专业的一门技术基础课。目前,电工和电子技术的应用极为广泛,发展非常迅速,并且日益渗透到其他学科领域以促进其发展,在我国当前经济建设中占有重要的地位。本课程的作用与任务是:使学生通过本课程的学习,获得电工和电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工和电子技术的应用及我国电工和电子技术发展的概况,为学习后续课程以及从事相关的工程技术工作和科学研究工作打下一定的基础。为了适应科学技术的发展水平和非电专业的需要,本课程的内容着重在电路与电子技术两部分,对电机部分的内容则作了较大精简。

本书是高等学校电工学课程的辅导教材,它与秦曾煌主编的《电工学简明教程》(第二版)配套,可供本科和专科非电类专业学生和广大自学读者学习电工学课程时使用,也可供电工学教师参考。本书分电工技术和电子技术两篇,每篇均逐章按基本要求、学习指导、【练习与思考】解答和习题解答四个方面阐述。

**基本要求**是对学生学习各章主要内容所提出的要求。指出了何者要理解或掌握,何者要能分析计算,何者要会正确应用,何者只需一般了解。学习要求明确,学生可以自主地学习,以对所学知识达到应有的深度和广度。

**学习指导**是编者对教材各章各节的扼要和总结性的说明,并提出学习方法和意见。指出哪些内容是重点或难点,指出学生在学习中的疑难之处、错误概念和应注意的问题。解难释疑,指导到位。此外,编入了较多典型例题,有利于巩固基本理论,并让学生学会对问题的分析和处理。

**【练习与思考】解答**是指导学生如何思考和分析问题。教材每节后一般都有练习与思考题,所列题目富有启发性,且多半是概念性的和学生容易出错的问题。着重指导学生观察问题要全面,理解问题要完整,得出结论要严谨。

**习题解答**是指导学生如何解题。解题前,要对所学内容基本理解;解题时,要看懂题意,注意分析,明确用哪个理论和公式,解题步骤要清楚。书写要整洁,图要标绘正确,解题结果要注明单位。本教材习题分为选择题、基本题和拓宽题三个层次,题型灵活,既便于学生自检和自测,也便于教师选留作业和考试命题。

本书符号、名词与教材一致,不进行改动。

## II 第二版前言

---

本书由哈尔滨工业大学丁继盛教授审阅,丁教授提出了许多宝贵意见和修改建议,在此深表谢忱。

编者

2007年8月

# 第一版前言

电工学课程是高等学校工科非电类专业的一门技术基础课程。目前,电工和电子技术的应用极为广泛,发展非常迅速,并且日益渗透到其他学科领域以促进其发展,在我国当前经济建设中占有重要的地位。本课程的作用与任务是:使学生通过本课程的学习,获得电工和电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工和电子技术的应用及我国电工和电子技术发展的概况,为学习后续课程以及从事有关的工程技术工作和科学研究工作打下一定的基础。为了适应科学技术的发展水平和非电专业的需要,本课程的内容着重在电路与电子技术两部分。对于电机部分的内容则作了较大精简。

本书是高等工业学校电工学课程的辅导教材,它与秦曾煌主编的《电工学简明教程》配套,可供本科和专科非电专业学生和广大自学读者学习电工学课程时使用,也可供电工学教师参考。本书分电工技术和电子技术两篇,每篇均逐章按基本要求、阅读指导、【练习与思考】解答和习题解答四个方面阐述。

**基本要求**是对学生学习各章主要内容所提出的要求。指出了何者要理解或掌握,何者能分析计算,何者会正确应用,何者只需一般了解。

**阅读指导**是编者对教材各章各节的扼要说明和提出的学习意见。指出了哪些内容是重点或难点,有些内容应如何安排处理并提出学习方法,指出学生在学习中的疑难之处、错误概念和应注意的问题。

**【练习与思考】解答**是指导学生如何思考和分析问题。教材每节后一般都有练习与思考题,所列题目富有启发性,且多半是概念性的和学生容易出错的问题。

**习题解答**是指导学生如何解题。解题前,要对所学内容基本理解;解题时,要看懂题意,注意分析,明确用哪个理论和公式,解题步骤要清楚。书写要整洁,图要标绘正确,解题结果要注明单位。

本书符号、名词与教材一致,不进行改动。

本书由哈尔滨工业大学丁继盛教授审阅,丁教授提出了宝贵意见和修改建议,在此深表谢忱。

编者

2004年3月

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>上篇 电工技术</b> .....  | 1   |
| 第1章 电路及其分析方法 .....    | 3   |
| 第2章 正弦交流电路 .....      | 59  |
| 第3章 磁路和变压器 .....      | 113 |
| 第4章 电动机 .....         | 133 |
| 第5章 继电接触器控制系统 .....   | 155 |
| 第6章 可编程控制器 .....      | 167 |
| 第7章 工业企业供电与安全用电 ..... | 179 |
| 第8章 电工测量 .....        | 182 |
| <b>下篇 电子技术</b> .....  | 191 |
| 第9章 二极管和晶体管 .....     | 193 |
| 第10章 基本放大电路 .....     | 212 |
| 第11章 运算放大器 .....      | 238 |
| 第12章 直流稳压电源 .....     | 264 |
| 第13章 门电路和组合逻辑电路 ..... | 280 |
| 第14章 触发器和时序逻辑电路 ..... | 313 |
| 第15章 模拟量和数字量的转换 ..... | 332 |



上 篇  
电 工 技 术



# 第 1 章

## 电路及其分析方法

### 1.1 基本要求

1. 了解电路模型及理想电路元件的意义；
2. 理解电压、电流参考方向的意义；
3. 了解电源的有载工作、开路与短路状态，并能理解电功率和额定值的意义；
4. 理解电路基本定律并能正确应用；
5. 掌握用支路电流法、叠加定理和戴维宁定理分析电路的方法；
6. 理解电源的两种模型及其等效交换；
7. 掌握分析与计算电路中各点电位的方法；
8. 理解电路的稳态与暂态以及电路时间常数的物理意义；
9. 掌握一阶线性电路的零输入响应及在阶跃激励下的零状态响应和全响应的分析方法。

### 1.2 学习指导

本章分电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法和电路的暂态分析三部分。

首先讨论电路的基本概念和基本定律。

这部分内容有些已在物理课中讲过，为了课程的系统性和用电技术的需要，仍编入教材中。但本课程处理这些内容与物理课不同，是从工程观点来阐述的，不是简单的重复。对这些内容，在教师作适当概述并指出内容要点和学习方法后，可自学或复习，以达到温故知新和承上启下的目的。

虽然这部分内容比较简单,但却含有不少基本概念(如参考方向、额定值、功率平衡、电源与负载的判别等),这些概念在学习物理时并未涉及,而对电工技术和电子技术来讲是极为重要的。在教材中通过较多例题、习题和练习思考题使读者建立和加深这些工程概念。此外,在例题和习题中,也有较多的实际问题,使初学者理解理论联系实际是本课程的特点之一。

在初学时必须重视它的重要性(基本概念和基本定律),切勿因其“简单”或“已学过”而产生“电工学没啥学”的思想。

下面分节讨论。

### 1. 电路模型

什么是理想电路元件?就是将实际电路元件理想化,即在一定条件下突出其主要的电磁性质,而忽略其次要因素。由一些理想电路元件所组成的电路,就是实际电路的电路模型。理想电路元件(如电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等)分别由相应的参数来表征,用规定的图形符号来表示(图 1.2.1)。今后分析的都是指电路模型,简称电路。

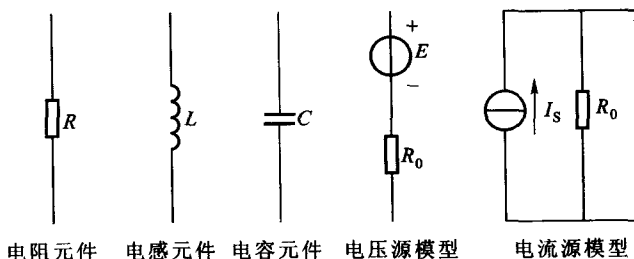


图 1.2.1 电路元件

### 2. 电压、电流的参考方向

电流、电压和电动势这几个物理量都已在物理课中讲过。本节着重讨论它们的参考方向。参考方向是一种分析方法,也是一个初学者不好理解的新概念。在以后有关章节中根据不同情况还要进一步讨论参考方向,反复巩固,才能深入理解。

在分析与计算电路时,要规定电流、电压和电动势的方向:

电流的方向规定为正电荷运动的方向或负电荷运动的相反方向;

电压的方向规定为由高电位(“+”极性)端指向低电位(“-”极性)端,即为电位降低的方向;

电源电动势的方向规定为在电源内部由低电位(“-”极性)端指向高电位(“+”极性)端,即为电位升高的方向。

电路中电流和电压的方向是客观存在的。但在分析较为复杂的直流电路时,往往难于事先判断某支路中电流和电压的实际方向。对交流来讲,其方向随时间而变,在电路图上也无法用一个箭头或极性来表示它们的实际方向。为此,

在分析与计算电路时,常可任意选定某一方向作为电流或电压的参考方向,或称为正方向。所选的参考方向不一定与实际方向一致。当所选的电流或电压的参考方向与实际方向一致时,则电流或电压为正值;反之,则为负值。因此,在参考方向选定之后,电流或电压之值才有正负之分。例如,在图 1.2.2 所示的一段电路中,电压  $U$  为 +6 V,故其参考方向与实际方向一致。即实际上上端电位高(“+”极性),下端电位低(“-”极性)。电流  $I$  的参考方向与其实际方向相反,故为 -2 A。

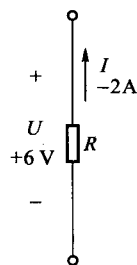


图 1.2.2 电压和电流的参考方向

上述关系也清楚地表示在教材图 1.3.2 的电路中。注意:今后电路图上所标的都是电压和电流的参考方向;同时,必须标出它们的参考方向,方可分析计算。

### 3. 欧姆定律

欧姆定律在物理课中早就学过,它是电路的基本定律之一,但在本教材中,通过教材例 1.3.1 来处理这个定律时并不是简单重复过去所讲的内容,而是通过它进一步加深对电压、电流参考方向的理解。要注意两点:第一,应用欧姆定律列式子时,首先要在电路图上标出电流、电压或电动势的参考方向,当电压和电流的参考方向选得相反时,表达式须带负号(图 1.2.3);第二,在参考方向选定之后,电压和电流本身有正值或负值。所以这里有两套正、负号。如在图 1.2.3 中, $U$  和  $I$  的参考方向相反,故应用欧姆定律列式子时得出

$$R = -\frac{U}{I}$$

将电压和电流值代入,则得

$$R = -\frac{U}{I} = -\frac{6}{-2} \Omega = 3 \Omega$$

对一段有源(电源)电路,也可应用欧姆定律根据电流、电压和电动势的参考方向列出式子,如图 1.2.4 所示。

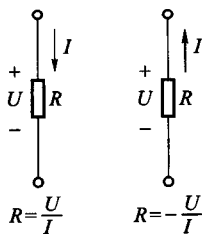


图 1.2.3 欧姆定律

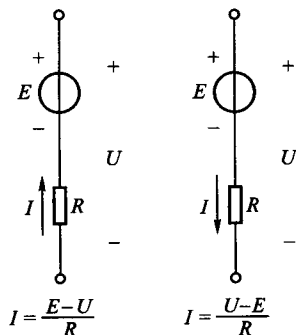


图 1.2.4 欧姆定律应用于一段有源电路

## 4. 电源的有载工作状态、开路与短路

本节分别讨论电源有载工作、开路与短路这三种状态在电压、电流和功率方面的特征,在这里应了解下面几个问题。

## (1) 功率的平衡

在一个电路中,电源产生的功率与负载取用的功率及电源内阻和线路电阻上所损耗的功率是平衡的(教材例 1.4.1 和习题 1.4.5)。

## (2) 电源与负载

根据电路图中电压和电流的实际方向可确定某一电路元件是电源(或处于电源状态)还是负载(或处于负载状态)。在图 1.2.5 中,如果  $U$  和  $I$  的参考方向即为实际方向:

电源  $U$  和  $I$  的实际方向相反,电流从“+”端流出,发出功率;

负载  $U$  和  $I$  的实际方向相同,电流从“+”端流入,取用功率。

也可由  $U$  和  $I$  的参考方向来确定电源与负载,如果两者的参考方向选得一致时,如图 1.2.6 所示,则

电源  $P=UI$ (负值)

负载  $P=UI$ (正值)

如果  $U$  和  $I$  的参考方向选得相反时,则电源的功率为正值,负载为负值。

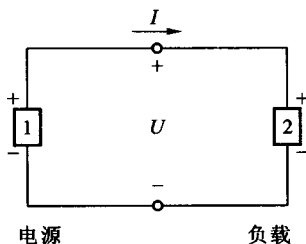


图 1.2.5 由  $U$  和  $I$  的实际方向确定电源与负载

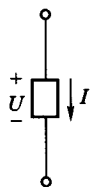


图 1.2.6 由  $U$  和  $I$  的参考方向确定电源与负载

## (3) 额定值与实际值

各种电气设备的电压、电流和功率都有一个额定值,额定值是制造厂商为了使产品能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常容许值。

电气设备使用时的实际值不一定等于其额定值。

一个原因是电源的影响。例如电源额定电压为 220 V,但电源电压经常波动,稍低于或稍高于 220 V,这样,额定值为 220 V/40 W 的电灯上实际所加的电压不是 220 V,实际功率也就不等于 40 W 了。

另一个原因是:在一定电压下电源输出的功率和电流取决于负载的大小,就是负载需要多少功率和电流,电源就给多少,所以电源通常不一定处于额定工作

状态。因此,当额定值为 220 V/125 kW 的发电机只接上一个 220 V/60 W 的电灯时,电灯不会被烧毁而能正常工作,这就不足为怪了。这是一个很重要的概念。<sup>①</sup> 对于电动机也是这样,它的实际功率和电流也取决于它轴上所带的机械负载的大小,不一定处于额定工作状态。

**【例 1.2.1】** 有两只额定电压和额定功率分别为 110 V/100 W 和 110 V/60 W 的白炽灯,今欲串联在额定电压为 220 V 的电源上使用,是否可以? 如果两只都是 110 V/60 W 的白炽灯,又如何?

**【解】** 两只白炽灯在额定电压时的电阻分别为

$$R_{100} = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{110^2}{100} \Omega = 121 \Omega$$

$$R_{60} = \frac{U_N^2}{P_N} = \frac{110^2}{60} \Omega = 202 \Omega$$

设两灯串联在 220 V 的电源上时,它们的电阻基本上没有变化,则每灯两端的实际电压值分别为

$$U_{100} = \frac{121}{121+202} \times 220 \text{ V} = 82.4 \text{ V} < 110 \text{ V}$$

$$U_{60} = \frac{202}{121+202} \times 220 \text{ V} = 137.6 \text{ V} > 110 \text{ V}$$

可见 100 W 的灯达不到额定电压,而 60 W 的灯超过额定电压,会烧坏。

两灯实际消耗的功率分别为

$$P_{100} = \frac{82.4^2}{121} \text{ W} = 56 \text{ W} < 100 \text{ W}$$

$$P_{60} = \frac{137.6^2}{202} \text{ W} = 93.7 \text{ W} > 60 \text{ W}$$

如果两只灯都是 110 V/60 W 的,串联使用时,每灯都能达到额定值。

#### (4) 电源的开路与短路

电源的开路(教材图 1.4.4)与短路(教材图 1.4.5)这两种状态可作为分析电路的一种手段,在后面章节中经常碰到。主要概念是:

电源开路时,  $I=0, U=U_0=E$ ;

电源短路时,  $U=0, I=I_s=\frac{E}{R_0}$ 。

此外,由开路电压  $U_0$  和短路电流  $I_s$  可求出电源内阻  $R_0$ , 即

$$R_0 = \frac{U_0}{I_s}$$

<sup>①</sup> 见教材练习思考题 1.4.1(5)和 1.4.3。

## 5. 基尔霍夫定律

(1) 基尔霍夫电流定律,  $\sum I=0$ , 反映了汇合到电路中任一结点的各支路电流间相互制约的关系。其实是电流连续性原理, 即在任何一个无限小的时间间隔内, 流向结点的电荷必然等于由结点流出的电荷, 在结点上不能堆积电荷。

基尔霍夫电流定律通常应用于结点, 也可以推广应用于包围部分电路的任一假设的闭合面, 见教材图 1.5.3。

(2) 基尔霍夫电压定律,  $\sum U=0$ , 反映了一个回路中各段电压间相互制约的关系。其实是电位单值性原理, 即在任一瞬时, 从回路中任意一点出发, 沿回路循行一周, 电位升之和必然等于电位降之和, 回到出发点时, 该点的电位不会发生变化。

基尔霍夫电压定律除应用于闭合回路外, 也可以推广应用于回路的部分电路, 见教材图 1.5.6。

(3) 基尔霍夫定律具有普遍适用性, 适用于任一瞬时对任何变化的电压和电流, 也适用于由各种不同元件所构成的电路。

(4) 应用基尔霍夫定律列式子时, 也先要在电路图上标出电流、电压或电动势的参考方向。因为式子各项前的正、负号是由它们的参考方向确定的, 如果参考方向选得相反, 则会相差一个负号。此外, 电压和电流本身还有正值和负值。因此, 一个式子中往往有两套正负号。

基尔霍夫电流定律和电压定律是电路的基本定律, 必须深刻理解和熟练应用。

**【例 1.2.2】** 部分电路如图 1.2.7 所示, 试用基尔霍夫定律列出: (1) 电流  $I_a, I_b, I_c, I_d$  的关系式; (2) 回路各段电压的关系。电压与电流的参考方向在图中已标出。

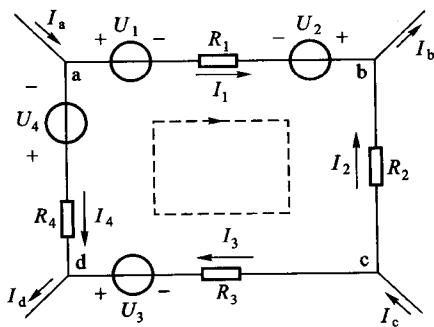


图 1.2.7 例 1.2.2 的图

**【解】** (1) 由基尔霍夫电流定律  $\sum I=0$  列出

$$I_a - I_b + I_c - I_d = 0$$



(2) 由基尔霍夫电压定律  $\sum U = \sum(RI)$  列出

$$U_1 - U_2 - U_3 + U_4 = -R_1 I_1 + R_2 I_2 - R_3 I_3 + R_4 I_4$$

下面讨论电路的分析方法。

这部分从电阻串、并联的等效变换开始,因为电阻的串、并联最为常见,用电阻串、并联等效变换的方法将一个电路化简为单回路电路,计算极为简便。不能用电阻串、并联等效变换法化简的,才根据不同电路结构用后面所讲的几种分析方法。在这些分析方法中,支路电流法最为基本,是直接应用基尔霍夫电压定律和电流定律列出联立方程求解;叠加定理和戴维宁定理是重点,在本课程中经常用到。

这部分的难点是电流源和理想电流源,它比较生疏,不像电压源那样熟悉和具体。首先,要建立电流源和理想电流源的概念,如何来分析它的电压、电流和功率,而后讨论电压源与电流源的等效变换。

### 6. 电阻串、并联的等效变换

虽然这一节内容早在物理课中学过,但是还要注意下面几个问题。

(1) 从电路结构上讲,所谓几个电阻(或其他元件)串联,就是它们一个连一个,其中通过同一电流;所谓几个电阻(或支路)并联,就是它们连在两个公共结点之间,其上受到同一电压。

(2) 几个串联电阻或几个并联电阻可以用一个等效电阻来代替。“等效”的概念很重要,是分析电路的一种方法,在本课程中经常用到。所谓等效(例如等效电阻、等效电源、等效电路等),就是在一定条件下,两种不同的事物在某些方面具有相等的效果。

(3) 电阻串联起分压作用,电阻并联起分流作用。教材中式(1.6.2)和式(1.6.4)分别为两个电阻串联的分压关系式和两个电阻并联的分流关系式。这两个关系式在分析与计算电路时很有用处,应熟记。

(4) 有时不需要精确计算,只要求估算。阻值相差很大的两个电阻串联,小电阻的分压作用常可忽略不计;阻值相差很大的两个电阻并联,大电阻的分流作用常可忽略不计。见教材【练习与思考】1.6.1。

**【例 1.2.3】** 电路如图 1.2.8 所示,求等效电阻  $R_{a0}$ ;若外加电压  $U_{a0}$  为 100 V,求  $U_{b0}$ ,  $U_{c0}$ ,  $U_{d0}$ 。

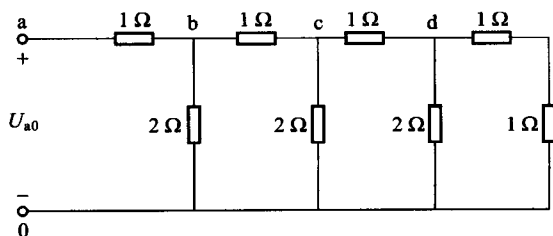


图 1.2.8 例 1.2.3 的图