

# 工科课程提高与应试丛书

- 涵盖课程重点及难点
- 精设典型题详解及评注
- 选配课程考试模拟及全真试卷

史仪凯 刘 雁 编著

# 电工技术

(电工学 I)

## 典型题解析及自测试题



西北工业大学出版社

**【内容简介】** 本书是根据国家教育部(前国家教委)1995年修订的“高等工业学校电工技术(电工学Ⅰ)课程教学基本要求”编写的学习指导书,主要内容是从现行的教科书中精选出来的。本书每章按内容提要、典型题解析和习题3个模块编写,书末附有自测试题及其答案,旨在帮助学生熟练掌握电工技术课程的基本理论知识、重点、难点和解题的方法与技巧,提高学生电工技术课程的应试能力。

本书可作为高等院校非电类专业本科生、专科生学习电工技术课程的复习辅导书,也可作为报考硕士研究生的复习参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工技术(电工学Ⅰ)典型题解析及自测试题/史仪凯主编.  
—西安:西北工业大学出版社,2001.12  
(工科课程提高与应试丛书)  
ISBN 7-5612-1317-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 067479 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:029-8493844

网 址:<http://www.nwpup.com>

印 刷 者:长安第二印刷厂

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:10.375

字 数:252 千字

版 次:2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~8 000 册

定 价:15.00 元

# 前 言

本书是根据国家教育部(前国家教育委员会)1995年颁发的“高等工业学校电工技术(电工学 I)课程教学基本要求”及编著者长期从事教学研究和教学改革的实践经验编写的辅导教材。目的是帮助非电类专业本科生、专科生学好电工技术课程,运用课程的基本理论分析问题和解决问题,提高学生的科学素质和创新能力。

本书内容除覆盖全部教学基本要求外,还充分考虑了电工技术面向 21 世纪教学内容和课程体系改革的新成果。全书共 10 章,每章由内容提要、典型题解析和习题 3 个模块组成。内容提要是属于课程要求理解和掌握的内容,编著者根据自己的教学经验,指出了学习过程中易忽视和出现的部分错误,以帮助学习本课程的学生更好理解掌握基本理论、知识和技能。典型题解析是按章选择具有代表性的典型题目,在“题”与“解”之间给出了题目“分析”,指出解题的依据、方法和步骤,并尽可能采用一题多解。“解”后又给出了题目的“评注”,主要强调该题目需注意的问题,题目的拓宽内容,以帮助学生学会用科学的思想方法分析解决实际问题。习题中设计有选择判断、分析计算题,力求学生尽可能接触到各种不同风格、类型的题目,以帮助学生全面理解、掌握课程基本理论知识,顺利完成课程学习和拓宽知识面。

书后设计了 6 套自测试题,供学生学完本课程后,自我检测学习效果。另外给出了 6 套西北工业大学电工与电子技术硕士研究生入学试题(电工技术部分),并在附录中给出了研究生入学试题的解答,以提高学生的课程结业和硕士研究生入学应试能力。

全书由史仪凯主编并统稿。其中第 1,2,3,4,7,9 章和研究生

Aug 08/06

入学试题由史仪凯编写;第 5,6,8,10 章和自测试题由刘雁编写。

感谢秦曾煌教授、姚海彬教授、唐介教授、陈麟章教授、张家喜教授等为本书提供了宝贵资料,感谢王朝林和张昊同志为本书绘制了全部插图及西北工业大学电工教研室同志给予的支持和帮助。

限于编著者的水平,本书中不妥和错误之处在所难免,恳请广大读者不吝赐教。

**编著者**

2001 年 10 月于西北工业大学

# 目 录

## 第一部分 典型题解析

|                |     |
|----------------|-----|
| 第一章 电路的基本概念与定律 | 1   |
| 一、内容提要         | 1   |
| 二、典型题解析        | 4   |
| 三、习题           | 14  |
| 第二章 电路的分析方法    | 18  |
| 一、内容提要         | 18  |
| 二、典型题解析        | 24  |
| 三、习题           | 51  |
| 第三章 电路的暂态分析    | 56  |
| 一、内容提要         | 56  |
| 二、典型题解析        | 61  |
| 三、习题           | 85  |
| 第四章 正弦交流电路     | 88  |
| 一、内容提要         | 88  |
| 二、典型题解析        | 94  |
| 三、习题           | 135 |
| 第五章 非正弦周期电流电路  | 138 |
| 一、内容提要         | 138 |
| 二、典型题解析        | 139 |
| 三、习题           | 147 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第六章 磁路与变压器</b> .....     | 149 |
| 一、内容提要 .....                | 149 |
| 二、典型题解析 .....               | 154 |
| 三、习题 .....                  | 168 |
| <b>第七章 电动机及其应用</b> .....    | 171 |
| 一、内容提要 .....                | 171 |
| 二、典型题解析 .....               | 177 |
| 三、习题 .....                  | 196 |
| <b>第八章 继电接触器控制系统</b> .....  | 199 |
| 一、内容提要 .....                | 199 |
| 二、典型题解析 .....               | 205 |
| 三、习题 .....                  | 212 |
| <b>第九章 可编程控制器及其应用</b> ..... | 214 |
| 一、内容提要 .....                | 214 |
| 二、典型题解析 .....               | 220 |
| 三、习题 .....                  | 231 |
| <b>第十章 电工测量与安全用电</b> .....  | 233 |
| 一、内容提要 .....                | 233 |
| 二、典型题解析 .....               | 236 |
| 三、习题 .....                  | 245 |

## 第二部分 自测试题

|            |     |
|------------|-----|
| 自测试题一..... | 246 |
| 自测试题二..... | 250 |
| 自测试题三..... | 254 |
| 自测试题四..... | 258 |
| 自测试题五..... | 262 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 自测试题六.....                          | 264 |
| 1996 年西北工业大学电工与电子技术研究生入学试题<br>..... | 270 |
| 1997 年西北工业大学电工与电子技术研究生入学试题<br>..... | 273 |
| 1998 年西北工业大学电工与电子技术研究生入学试题<br>..... | 275 |
| 1999 年西北工业大学电工与电子技术研究生入学试题<br>..... | 277 |
| 2000 年西北工业大学电工与电子技术研究生入学试题<br>..... | 279 |
| 2001 年西北工业大学电工与电子技术研究生入学试题<br>..... | 281 |

## 附录 习题与自测试题答案

|             |     |
|-------------|-----|
| 习题答案.....   | 283 |
| 自测试题答案..... | 289 |
| 参考文献.....   | 321 |

# 第一部分 典型题解析

## 第一章 电路的基本概念与定律

### 一、内 容 提 要

1. 电路由电源、中间环节和负载三部分组成,如图 1.1 所示。电路按其功能可分为能量传输和转换电路、信号传递和处理电路。

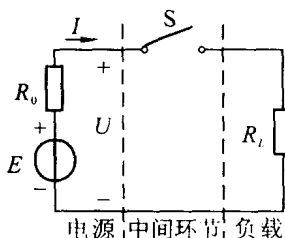


图 1.1

2. 电路模型由电路元件按支路和结点方式构成。电路元件可分为无源元件和有源元件。无源元件有  $R$ ,  $L$  和  $C$ , 其时域约束方程如表 1.1 所示。有源元件主要有电压源和电流源, 如表 1.2 所示。电压源输出的电压是恒定的, 输出的电流及功率由外电路决定; 电源流输出的电流是恒定的, 其端电压及输出的功率由外电路决定。

表 1.1

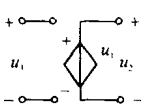
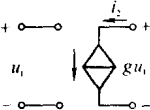
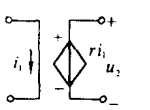
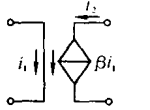
| 性质 \ 元件    | 电阻 $R$            | 电感 $L$                 | 电容 $C$                 |
|------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| 电路符号       |                   |                        |                        |
| 参数意义       | $R = \frac{u}{i}$ | $L = N \frac{\Phi}{i}$ | $C = \frac{q}{u}$      |
| 伏安关系 (VAR) | $u = Ri$          | $u = L \frac{di}{dt}$  | $i = C \frac{du}{dt}$  |
| 储能         | 0                 | $W = \frac{1}{2} Li^2$ | $W = \frac{1}{2} Cu^2$ |

表 1.2

| 性质 \ 类型    | 电压源                     |           | 电流源                       |                        |
|------------|-------------------------|-----------|---------------------------|------------------------|
|            | 电压源                     | 理想电压源     | 电流源                       | 理想电流源                  |
| 电路符号       |                         |           |                           |                        |
| 内 阻        | $R_0 = \frac{E - U}{I}$ | $R_0 = 0$ | $R_0 = \frac{U}{I_s - I}$ | $R \Rightarrow \infty$ |
| 电压或<br>电 流 | $U = E - R_0 I$         | $U = E$   | $I = I_s - \frac{U}{R_0}$ | $I = I_s$              |
| 特 点        | 内阻小, 输出电压恒定             |           | 内阻大, 输出电流恒定               |                        |

3. 受控源是一种 4 端元件, 由两个支路构成, 一个为控制支路, 另一个为被控制支路, 被控制支路的电流或电压由控制支路的电流或电压控制。其分类比较如表 1.3 所示。

表 1.3

| 代号       | VCVS                                                                              | VCCS                                                                              | CCVS                                                                              | CCCS                                                                              |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 名称       | 电压控制的<br>电压源                                                                      | 电压控制的<br>电流源                                                                      | 电流控制的<br>电压源                                                                      | 电流控制的<br>电流源                                                                      |
| 符号       |  |  |  |  |
| 控制量      | $u_1$                                                                             | $u_1$                                                                             | $i_1$                                                                             | $i_1$                                                                             |
| 被控量      | $u_2$                                                                             | $i_2$                                                                             | $u_2$                                                                             | $i_2$                                                                             |
| 被控支路 VAR | $u_2 = \mu u_1$                                                                   | $i_2 = g u_1$                                                                     | $u_2 = r i_1$                                                                     | $i_2 = \beta i_1$                                                                 |

注:(1) CCVS, VCVS 被控量为电压,故称为受控电压源,被控制支路的符号和电压特性与独立电压源相近。VCCS, CCCS 被控量为为电流,故称为受控电流源。被控制支路的符号和电流特性与独立电流源相近。

(2) 受控源自身不能产生激励作用,当电路中无独立电压源或电流源时,电路不能产生响应( $u, i$ ),因此受控源是无源元件。

#### 4. 基尔霍夫定律(KL) 是分析电路的基本定律。

基尔霍夫电流定律(KCL) 表述为:在任意时刻,汇集于任一结点电流的代数和恒等于零,即

$$\sum_{k=1}^n i_k = 0$$

其不仅可用于一个结点,也可用于一个闭合面。

基尔霍夫电压定律(KVL) 表述为:在任意时刻,沿任一闭合回路路径循行一周,回路中各部分电压的代数和恒等于零,即

$$\sum_{k=1}^n u_k = 0$$

KVL 不仅可用于任一闭合回路,也适用任一不闭合的回路。

5. 电流、电压的正方向是分析电路中其实际方向难以确定时任意假定的参考方向。在正方向选定之后,电流、电压之值才有正负之分。

(1) 电流的实际方向规定为正电荷运动的方向。当电流的正方向与实际方向一致时, $i > 0$ ;当电流的正方向与实际方向相反时, $i < 0$ 。

(2) 电压的实际方向规定为由高电位端指向低电位端,即为电位降低的方向。当电压的正方向与实际方向相同时, $u > 0$ ,反之 $u < 0$ 。

6. 在一个电路中,电源产生的功率和负载取用的功率以及内阻上所消耗的功率是平衡的。

(1) 若元件(或支路)的  $u, i$  为关联方向时,该元件(或支路)吸收的功率为  $P = ui$ 。当  $P > 0$  时,该元件(或支路)实际上为吸收功率;当  $P < 0$  时,该元件(或支路)实际上为发出功率。

(2) 若元件(或支路)的  $u, i$  为非关联方向时,该元件(或支路)发出的功率为  $P = ui$ 。当  $P > 0$  时,元件(或支路)实际上为发出功率;当  $P < 0$  时,元件(或支路)实际上为吸收功率。

(3) 额定值表示电气设备正常的工作条件和工作能力,使用电气设备时应遵照额定值的规定。使用时,电压、电流和功率的实际值不一定等于它们的额定值。

## 二、典型题解析

**例 1.1** 在图 1.2(a), (b) 中,已知  $E = 10\text{V}$ 。试求端电压  $U$ , 并标出电压的实际方向。

**分析** 电动势的方向规定为由低电位(“-”极性)端指向高电位(“+”极性)端,即为电位升高的方向,而电压的实际方向规

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。因此当电压正方向与电动势的正方向相反时,则 $U = E$ ;相同时,则 $U = -E$ 。

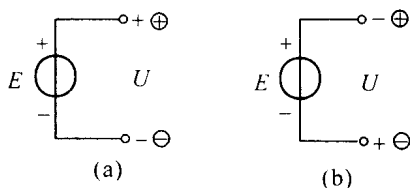


图 1.2

**解** 图 1.2(a) 中,电压  $U$  的正方向与电动势  $E$  的正方向相反,所以  $U = E = 10 \text{ V}$ ,则电压的实际方向(如“ $\oplus$ ”,“ $\ominus$ ”所示)与正方向一致。

图 1.2(b) 中,电压  $U$  的正方向与电动势  $E$  的正方向相同,所以  $U = -E = -10 \text{ V}$ ,则电压的实际方向(如“ $\oplus$ ”,“ $\ominus$ ”所示)与正方向相反。

**【评注】** 图 1.2(a) 和(b) 中,“+”、“-”表示为正方向,“ $\oplus$ ”,“ $\ominus$ ”表示为实际方向。正方向的选取是任意的,所选的电压正方向不一定与实际方向一致。同样可见,在正方向选定后,电压值本身才有正负之分。

**例 1.2** 图 1.3(a), (b) 中,已知电流  $I = -5 \text{ A}$ ,  $R = 10 \Omega$ 。试求电压  $U$ ,并标出电压的实际方向。

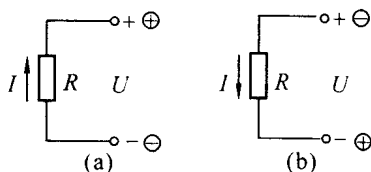


图 1.3

**分析** 当电阻两端电压  $U$  的正方向与流过该电阻中的电流

正方向一致时,则电压  $U = RI$ ;相反时,  $U = -RI$ 。

**解** 图 1.3(a) 中,  $U$  与  $I$  的正方向相反,则

$$U = -RI = -(-5) \times 10 = 50 \text{ V}$$

由于  $U > 0$ ,所以电压  $U$  的实际方向(如“ $\oplus$ ”,“ $\ominus$ ”所示)与正方向相同。

图 1.3(b) 中,  $U$  与  $I$  的正方向相同,则

$$U = RI = (-5) \times 10 = -50 \text{ V}$$

由于  $U < 0$ ,所以电压  $U$  的实际方向(如“ $\oplus$ ”,“ $\ominus$ ”所示)与正方向相反。

**【评注】** 电流的正方向选取是任意的,所选的正方向并不一定与电流的实际方向一致。在电流的正方向选定之后,电流才有正负之分。在图 1.3(a) 中,  $U = -RI$  前面有一个负号,而在代入  $I = -5 \text{ A}$  时,又出现一个负号,这两套符号代表的意义不一样,千万不能混淆。

**例 1.3** 图 1.4 所示各电路中,已知  $E = 2 \text{ V}$ ,  $I_s = 1 \text{ A}$ ,  $R_1 = 3 \Omega$ ,  $R_2 = 1 \Omega$ 。试求各电阻消耗的功率及各电源产生的功率。

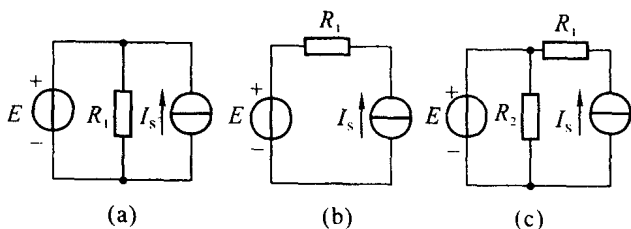


图 1.4

**分析** 计算电路时,应标出各待求元件(或支路)中电压、电流的正方向,如图 1.5 所示。根据元件(或支路)正方向的关联关系确定待求量。一般情况下,正方向可直接标在原电路图(见图 1.4)中,不必另画出电路图。

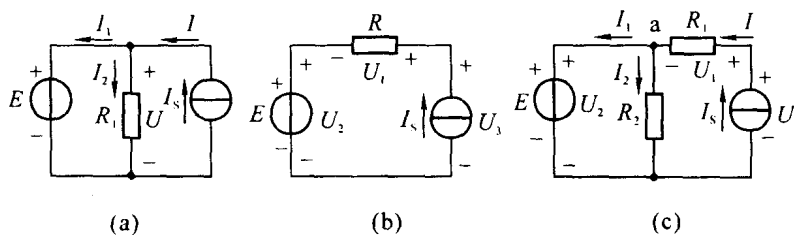


图 1.5

解

(1) 如图 1.5(a) 所示电路中,  $U = E = 2 \text{ V}$ ,  $I = I_s = 1 \text{ A}$ , 则

$$I_2 = \frac{U}{R_1} = \frac{2}{3} \text{ A}$$

根据 KCL 得

$$I_1 = I - I_2 = 1 - \frac{2}{3} = \frac{1}{3} \text{ A}$$

电阻  $R_1$  消耗功率为

$$P_{R_1} = R_1 I_2^2 = 3 \times \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{3} \text{ W}$$

电压源  $E$  产生的功率为

$$P_E = -UI = (-2) \times \frac{1}{3} = -\frac{2}{3} \text{ W}$$

电流源  $I_s$  产生的功率为

$$P_{I_s} = UI_s = 2 \times 1 = 2 \text{ W}$$

(2) 如图 1.5(b) 所示电路中,  $U_2 = E = 2 \text{ V}$ ,  $I = I_s = 1 \text{ A}$ , 则

$$U_1 = R_1 I = 3 \times 1 = 3 \text{ V}$$

$$U_3 = U_1 + U_2 = 3 + 2 = 5 \text{ V}$$

故电阻  $R_1$  消耗功率为

$$P_{R_1} = U_1 I = 3 \times 1 = 3 \text{ W}$$

电压源  $E$  和电流源  $I_s$  产生功率为

$$P_E = -U_2 I = -2 \times 1 = -2 \text{ W}$$

$$P_{I_s} = U_3 I_s = 5 \times 1 = 5 \text{ W}$$

(3) 在图 1.5(c) 所示电路中,  $U_2 = E = 2 \text{ V}$ ,  $I = I_s = 1 \text{ A}$ , 则

$$U_1 = R_1 I = 3 \times 1 = 3 \text{ V}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{2}{1} = 2 \text{ A}$$

由 KCL 得结点 a 电流为

$$I_1 = I - I_2 = 1 - 2 = -1 \text{ A}$$

由 KVL 得电压  $U$  为

$$U = U_1 + U_2 = 3 + 2 = 5 \text{ V}$$

故

电阻  $R_1, R_2$  吸收功率分别为

$$P_{R_1} = U_1 I = 3 \times 1 = 3 \text{ W}$$

$$P_{R_2} = U_2 I_2 = 2 \times 2 = 4 \text{ W}$$

电源  $E, I_s$  产生功率分别为

$$P_E = -U_2 I_1 = -2 \times (-1) = 2 \text{ W}$$

$$P_{I_s} = U I_s = 5 \times 1 = 5 \text{ W}$$

**【评注】** 值得注意的是, 电路中的电源元件并不一定都起电源的作用, 有的电源在电路中可能起负载的作用。在图 1.4(a), (b) 电路中的电压源  $E$ , 分别在电路中起负载的作用, 即该电源在电路不是产生功率, 而是从电路中吸收功率。电源与负载的判别方法有两种:

(1) 根据电压与电流的实际方向判定:

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

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

(2) 根据电压和电流的正方向判定:

电源  $P = UI$  (负值)

负载  $P = UI$  (正值)

如果  $U$  与  $I$  的正方向相反时, 则电源的功率为正值, 负载的功率为负值。请读者依此判定方法, 确定图 1.4 所示电路中各电源分别起什么作用。

**例 1.4** 图 1.6 所示电路中, 已知  $I_1 = 3 \text{ mA}$ ,  $I_2 = 1 \text{ mA}$ 。试确定电路元件 3 中的电流  $I_3$  和其两端电压  $U_3$ , 并说明其是电源还是负载。

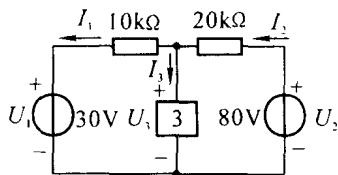


图 1.6

**分析** 电路元件 3 所起的作用(是电源还是负载)可用例

1.3 中的评注所提示的方法判定。只要根据 KVL 求出 3 中电压, 即可判定其作用。

**解** 根据 KCL 有

$$-I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

得

$$I_3 = -I_1 + I_2 = -3 + 1 = -2 \text{ mA}$$

根据 KVL 有

$$\begin{aligned} U_3 &= 10 \times 10^3 I_1 + U_1 = \\ &= 10 \times 10^3 \times 3 \times 10^{-3} + 30 = 60 \text{ V} \end{aligned}$$

确定元件 3 是电源还是负载。

(1) 从电压和电流的实际方向判别:

电路元件 3 电流  $I_3$  从“+”端流出, 故为电源;

80 V 元件 电流  $I_2$  从“+”端流出, 故为电源;

30 V 元件 电流  $I_1$  从“+”端流入, 故为负载。

(2) 从电压和电流的正方向判别:

元件 3  $U_3$  和  $I_2$  的正方向相反, 则

$$\begin{aligned} P &= U_3 I_3 = 60 \times (-2) \times 10^{-3} = \\ &= -120 \times 10^{-3} \text{ W (负值)} \end{aligned}$$

故为电源;

80 V 元件  $U_2$  和  $I_2$  的正方向相反, 则

$$P = U_2 I_2 = 80 \times 1 \times 10^{-3} = 80 \times 10^{-3} \text{ W (正值)}$$

故为电源;

30 V 元件  $U_1$  和  $I_1$  的正方向相同, 则

$$P = U_1 I_1 = 30 \times 3 \times 10^{-3} = 90 \times 10^{-3} \text{ W (正值)}$$

故为负载。

【评注】两者计算结果是一致的。可按电路的功率平衡校验。

$$\begin{aligned} \text{电源发出功率 } P &= U_2 I_2 + U_3 I_3 = 80 \times 1 \times 10^{-3} + 60 \times 2 \times 10^{-3} = \\ &200 \times 10^{-3} \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{负载取用功率 } P &= 20 \times 10^3 \times I_2^2 + 10 \times 10^3 \times I_1^2 + U_1 I_1 = \\ &20 \times 10^3 \times (1 \times 10^{-3})^2 + \\ &10 \times 10^3 \times (3 \times 10^{-3})^2 + 30 \times 3 \times 10^{-3} = \\ &200 \times 10^{-3} \text{ W} \end{aligned}$$

所以, 电路中的功率是平衡的。

例 1.5 试求图 1.7 所示电路中的电流  $I_1$  和电压  $U_{ab}$ 。

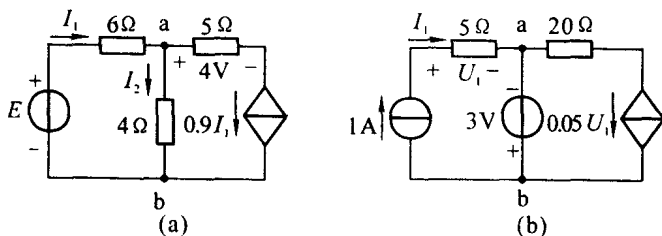


图 1.7

分析 在求解含受控源的电路问题时, 必须将受控源当作独立电源一样看待即可。

解

(1) 在图 1.7(a) 所示电路中

$$0.9I_1 = \frac{4}{5} = 0.8 \text{ A}$$