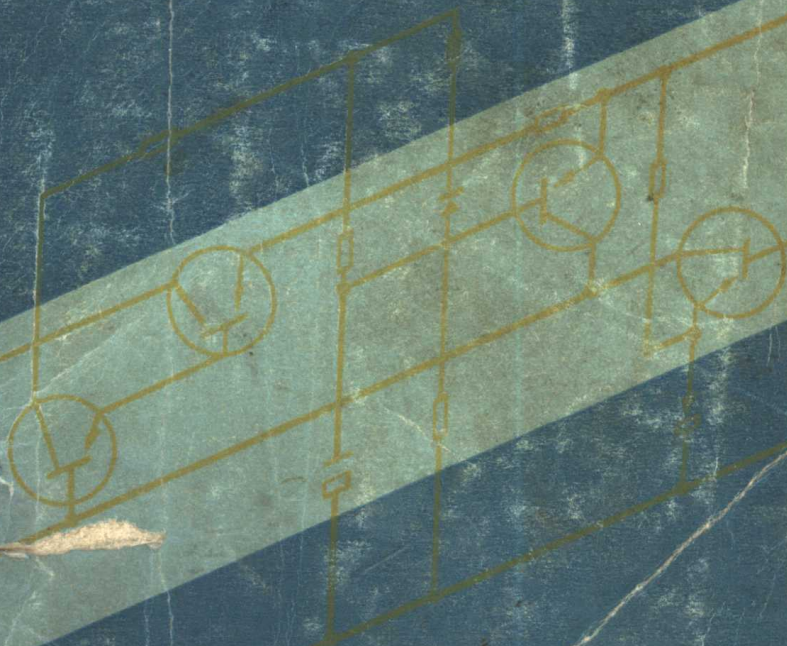


电路自学读物

# 电路分析基础习题详解

程应森编写



电路自学读物

**电路分析基础习题详解**

程应森 编写

湖南科学技术出版社

# 前 言

李瀚荪教授编的《电路分析基础》一书，是目前高等学校工科自动控制、计算机、半导体、通讯等电子类型各专业使用的试用教材，全国电视大学和许多函授大学也都采用作为课本，它深受广大学习电路理论的读者的欢迎。

为了给自学电路理论的读者提供一本学习辅导资料，同时为便于学习《电路分析基础》课程的大学生在演算习题后核对计算结果和检查计算方法时参考，特将该书中全部习题作出解答，编成此书。

本书包括思考题69道，练习题233道，习题276道，共计578题。此外，每章均附有理论提要。考虑到自学者的需要，书中不仅提供了习题的答案，而且注意了解题思路和解题方法的指导。每题都有推理过程，避免直接套用公式，对同一类型的问题采用了不同的解法，对有些题目还给出了多种解法。在解题过程中辅以大量的解题电路，以帮助读者理解。本书力求将电路基本理论、基本概念和基本计算技巧融汇贯通于解题过程中，以期达到使读者对电路基本理论全面复习、巩固和提高的目的。

书中习题和图纸编号，除思考题统一编号外，其余均与原书相同，以便读者查阅。

本书读者对象主要是大专院校、电视大学、函授大学电类各专业的学生和工矿企业电气技术人员。有些内容也可供中等专业学校的学生参考。

本书在编写过程中得到张雨霖、陈利平、肖鸽子等同志的

大力协助，许多工程师对书稿提出了不少宝贵意见，在此-  
致谢。

限于编者的水平，书中错误和不妥之处在所难免，敬请  
者批评指正。

湖南省湘潭基础大学 程应森

# 目 录

<b>第一章 欧姆定律和基尔霍夫定律</b> .....	( 1 )
本章提要.....	( 1 )
思考题 (3).....	( 3 )
练习题 (17) .....	( 8 )
习题一 (10) .....	( 20 )
<b>第二章 简单电路的分析</b> .....	( 34 )
本章提要.....	( 34 )
思考题 (4).....	( 37 )
练习题 (23) .....	( 41 )
习题二 (22) .....	( 66 )
<b>第三章 线性网络分析的一般方法</b> .....	( 86 )
本章提要.....	( 86 )
思考题 (6) .....	( 90 )
练习题 (21) .....	( 92 )
习题三 (21) .....	( 114 )
<b>第四章 线性网络的几个定理</b> .....	( 137 )
本章提要.....	( 137 )
思考题 (9) .....	( 139 )
练习题 (15) .....	( 143 )
习题四 (22) .....	( 156 )

**第十章 正弦稳态功率 三相电路**..... (455)

本章提要..... (455)

思考题 (2) ..... (457)

练习题 (19) ..... (459)

习题十 (24) ..... (473)

**第十一章 网络函数**..... (513)

本章提要..... (513)

思考题 (3) ..... (515)

练习题 (21) ..... (520)

习题十一 (28) ..... (553)

**第十二章 非正弦周期波的傅里叶分析**..... (588)

本章提要..... (588)

思考题 (5)..... (591)

练习题 (14)..... (594)

习题十二 (19)..... (612)

**第十三章 耦合电感与理想变压器**..... (647)

本章提要..... (647)

思考题 (3)..... (649)

练习题 (17)..... (653)

习题十三 (25)..... (671)

**第十四章 磁路**..... (710)

本章提要..... (710)

思考题 (6)..... (713)

练习题 (6)..... (715)

习题十四 (6)..... (719)

<b>第五章</b>	<b>动态电路元件</b> .....	(181)
	本章提要.....	(181)
	思考题 (4) .....	(182)
	练习题 (9) .....	(185)
	习题五 (6) .....	(199)
<b>第六章</b>	<b>一阶网络的分析</b> .....	(210)
	本章提要.....	(210)
	思考题 (7) .....	(213)
	练习题 (24) .....	(218)
	习题六 (24) .....	(245)
<b>第七章</b>	<b>二阶网络的分析</b> .....	(281)
	本章提要.....	(281)
	思考题 (1) .....	(283)
	练习题 (11) .....	(285)
	习题七 (17) .....	(303)
<b>第八章</b>	<b>正弦激励下电路的完全响应</b> .....	(325)
	本章提要.....	(325)
	思考题 (5) .....	(328)
	练习题 (15) .....	(333)
	习题八 (17) .....	(346)
<b>第九章</b>	<b>正弦稳态分析</b> .....	(364)
	本章提要.....	(364)
	思考题 (11) .....	(369)
	练习题 (21) .....	(377)
	习题九 (35) .....	(402)

# 第一章 欧姆定律和基尔霍夫定律

## 本章提要

### 一、电路的一些基本概念

#### 1. 电路及电路模型：

电路是由各种实际电路部件组成的总体，它提供了电流通过的途径。在电路理论中，各种实际部件都用足以表征其主要电特性的“模型”来表示。这种“模型”又是由几种理想电路元件组成的。本书用到的理想电路元件有：电阻、电感、电容、电压源、电流源、受控源、耦合电感和理想变压器等。本书研究的电路都是由理想电路元件构成的电路——电路模型。

#### 2. 电路的基本变量及其参考方向：

电流和电压是电路的基本变量。求出电路中的电流和电压，其他物理量，如功率、能量等将迎刃而解。

电流有参考方向，用箭头表示；电压有参考极性，用“+”、“-”极表示。根据参考方向或参考极性，结合电流或电压值的正负，便可判断出电流的真实方向或电压的真实极性；若值为正，则两者一致；若为负，两者相反。因此，参考方向或参考极性与真实方向或真实极性不一定相同。原则上，电流的参考方向和电压的参考极性都可任意选择，不会影响结果的正确性。习惯上，同一元件的电流参考方向与其电压参考“+”极到“-”极的方向取为一致，即电流和电压降参考方向一致，并称



为关联参考方向。一般不加声明，即为取关联参考方向，在图中只需标一个方向就行了。电流、电压值的正负，是相对于参考方向而言的，未标出参考方向的情况下，其值的正负毫无意义。

## 二、电路基本规律

1. 组成电路的各种元件的电压、电流特性；

本章出现两种理想电路元件。

(1) 线性电阻元件的特性；

由欧姆定律表示。当电流、电压取关联参考方向时：

$$U = RI \text{ 或 } I = U/R = GU, \quad G = \frac{1}{R}$$

当电流、电压参考方向不一致时：

$$U = -RI \text{ 或 } I = -U/R = -GU$$

可见，线性电阻元件的特性可用参数 $R$ 或 $G$ 表示。

(2) 理想电压源的特性：

①它的端电压 $U$ ，是定值（或是一定的时间函数），与流过的电流无关，即与接入电路的方式无关；②流过它的电流不是由电源本身就能确定，而是与相联接的外电路有关。

2. 电路整体的规律：

(1) 基尔霍夫电流定律 (KCL)：电路中，在任一时刻，流出任一节点的电流代数和为零，即 $\sum I = 0$ 。其中流出为正，流入为负；或反之。也可表述为：流入一个节点的电流总和等于从此节点流出的电流总和。

也可推广运用于电路中任一假设的封闭面。此定律是电流连续性的表现。

(2) 基尔霍夫电压定律 (KVL)：电路中，在任一时刻，沿任一闭合回路电压降的代数和为零，即 $\sum U = 0$ 。其中与回路绕行方

向一致的电压降为正，与绕行方向相反的电压降为负。或可换一种方式表述：沿任一闭合回路的电压降总和等于电压升的总和。

此定律是“电路中两点间的电压与所选择路径无关”这一性质的表现。也可将它推广运用于假想的封闭回路。

电路基本定律包含元件特性和电路整体规律这两个方面的内容。它们是加在电路中电流和电压上的两种约束。元件特性只取决于元件本身，与其接入电路的方式无关；基尔霍夫定律只取决于电路的联接方式，而与支路元件的特性无关，它是各种电路都必须遵循的普遍规律。

### 三、线性电阻元件消耗(或吸收)功率的计算公式

$$P = UI = I^2 R = U^2 / R$$

第一等式只在电压、电流取关联方向时才正确，否则应加一负号。后两个等式与参考方向是否一致无关；第一等式也可用来计算一般支路吸收的功率，而后两个等式只可用来计算线性电阻吸收的功率。

## 思 考 题

1-1. 图1-6所示电路中，方框代表电源或电阻。若各电压、电流的参考方向如图所示，且已通过计算或测量得知：

$$I_1 = 2A, I_2 = 1A, I_3 = -1A; U_1 = 1V, U_2 = -3V,$$

$$U_3 = 8V, U_4 = -4V, U_5 = 7V, U_6 = -3V。$$

试标出各电流的真实方向及各电压的真实极性。并问测量 $I_1$ 、 $I_3$ 、 $U_1$ 及 $U_6$ 时，电流表及电压表是如何联接的？（直流电压表也有一个“+”号端和一个“-”号端。）

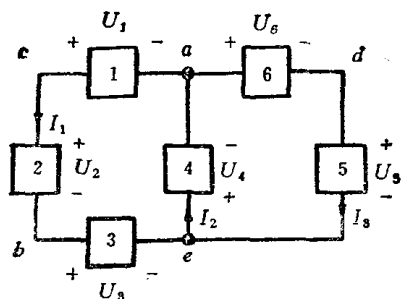
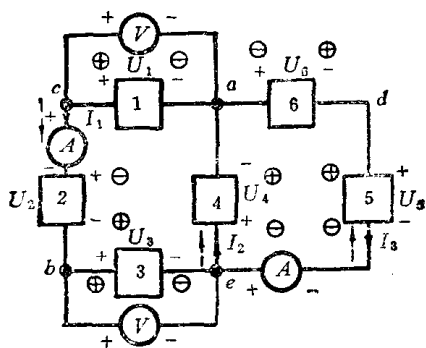


图1-6 思考题1-1



(a)

答：电流的参考方向与真实方向，或电压的参考极性与真实极性之间具有下述关系：若数值为正，则两者一致；若数值为负，则两者相反。图1-6(a)中，在各支路的侧边用箭头符号标出各电流的真实方向；用加圆圈的符号标出各电压的真实极性。

测量电流应将电流表与被测电流的支路串联。当电流表只能向一个方向偏转时（实验室用仪表多数如此），应使电流的真实方向从电流表的“+”号端流入，“-”号端流出，以免电流表反方向偏转而使测量机构损坏。

测量电压应将电压表与被测电压的两个端点相（并）联。当电压表只能向一个方向偏转时，应使电压表的“+”、“-”端与电压真实的正、负极性一致，以免电压表反方向偏转而使测量机构损坏。

图1-6(a)中画出了一种测量 $I_1$ 、 $I_3$ 、 $U_1$ 及 $U_3$ 的接线方案。

1-2. 图1-32两电路中， $I_0$ 各为多少？应如何考虑？（ $\perp$ 系接机壳符号）

答：图(a)左侧电路中，同一电流 $I_1$ 流经各电路元件如图

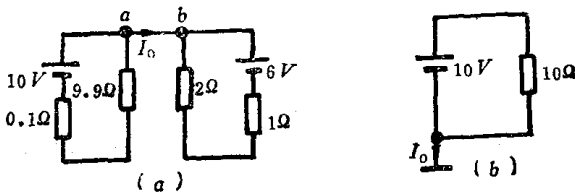
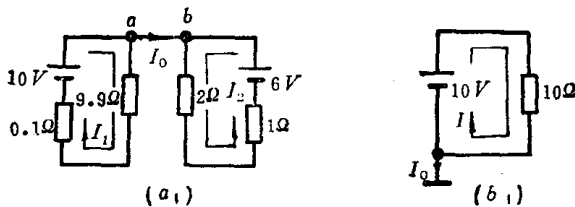


图1-32 思考题1-2



1-32(a<sub>1</sub>)所示。电流 $I_1$ 流入和流出节点 $a$ 各一次。根据基尔霍夫电流定律 (KCL)，对于节点( $a$ )有

$$I_0 + I_1 - I_1 = 0$$

$$\therefore I_0 = 0$$

同理，也可从右侧电路判断 $I_0 = 0$

图(b)电路中，同一电流 $I$ 流经电源和电阻，并且电流 $I$ 流入和流出节点各一次(见图 $b_1$ )，根据KCL，有

$$I_0 + I - I = 0$$

$$\therefore I_0 = 0$$

形成电流的条件之一是必须构成电荷流动的闭合通路。而图1-32(a)、(b)中 $I_0$ 所在支路都没有与电路的其它部分构成闭合通路，因此也可以直接判断出它们均有 $I_0 = 0$ 。

1-3. (1) 图1-33所示两电路中， $I_1$ 都等于 $U_{s1}/(R_1 + R_3)$ ，对吗？

(2) 对图1-33(a)所示的电路，下列各式，哪些对？哪些不对？

$$I_1 = \frac{U_{s1} + U_{s1}}{R_1 + R_2}; \quad I_1 = \frac{U_{s1} + U_{ab}}{R_1}; \quad I_1 = \frac{U_{s1} + U_{ab}}{R_1 + R_3};$$

$R_1 I_1 + U_{s1} + R_3 I_3 = 0$  ( $I_3$ 为 $R_3$ 的电流，设参考方向向下)；

$R_1 I_1 - U_{s1} + R_2 I_2 - U_{s1} = 0$  ( $I_2$ 为 $R_2$ 的电流，设参考方向向上)。

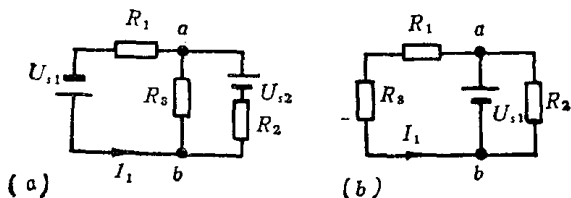


图1-33 思考题1-3

答：(1) 图(a)。选定电流参考方向如图1-33(a<sub>1</sub>)所示。

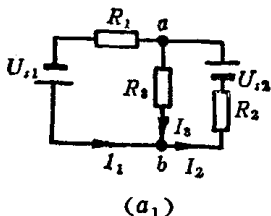
根据KCL，对节点b

$$I_3 + I_1 - I_2 = 0 \quad (1)$$

$$\therefore I_3 = -I_1 + I_2 \quad (1')$$

根据基尔霍夫电压定律 (KVL)，对 $U_{s1}R_3R_1$ 回路

$$R_1 I_1 - R_3 I_3 = U_{s1} \quad (2)$$



将 (1') 式代入 (2) 式

$$R_1 I_1 + R_3 I_1 - R_3 I_2 = U_{s1}$$

$$\text{或 } I_1 = \frac{U_{s1} + R_3 I_2}{R_1 + R_3}$$

一般情况下,  $I_2 \neq 0$

$$\therefore I_1 \neq \frac{U_{s1}}{R_1 + R_3}$$

图(b)。应用KVL于 $U_{s1}R_1R_3$ 回路, 有

$$(R_1 + R_3)I_1 = U_{s1}$$

$$\therefore I_1 = \frac{U_{s1}}{R_1 + R_3}$$

因此,  $I_1 = U_{s1}/(R_1 + R_3)$ 对于图(b)是正确的;对于图(a)是错误的。

(2) 图(a<sub>1</sub>)。根据KVL, 对 $U_{s1}R_2U_{s2}R_1$ 回路有

$$R_1 I_1 + R_2 I_2 = U_{s1} + U_{s2} \quad (3)$$

由(1)式得

$$I_2 = I_1 + I_3$$

代入(3)式得

$$(R_1 + R_2)I_1 + R_2 I_3 = U_{s1} + U_{s2}$$

$$\therefore I_1 = \frac{U_{s1} + U_{s2} - R_2 I_3}{R_1 + R_2} \neq \frac{U_{s1} + U_{s2}}{R_1 + R_2}$$

根据(2)式得

$$I_1 = \frac{U_{s1} + R_3 I_3}{R_1} \quad (4)$$

又由欧姆定律知

$$U_{ob} = R_3 I_3$$

代入(4)式得

$$I_1 = \frac{U_{s1} + U_{ab}}{R_1}$$

显然  $I_1 \neq \frac{U_{s1} + U_{ab}}{R_1 + R_3}$

将  $R_1 I_1 + U_{s1} + R_3 I_3 = 0$  与(2)式比较, 可以判断此式不成立。

将(3)式移项可得

$$R_1 I_1 - U_{s1} + R_2 I_2 - U_{s2} = 0$$

综上所述: 对于图1-33(a),  $I_1 = \frac{U_{s1} + U_{ab}}{R_1}$  和  $R_1 I_1 - U_{s1}$

$+ R_2 I_2 - U_{s2} = 0$  是对的, 其余都是错误的。

## 练 习 题

1-1. 接续例1-1, 计算  $U_{ae}$ 、 $U_{dc}$ 、 $U_{ce}$  及  $U_{ed}$ 。

解: 例1-1电路及已知条件均见思考题1-1图1-6。

电压采用双下标标记法时, 双下标字母表示计算电压时所涉及的两点, 其前后次序则表示计算电压降时所遵循的方向。在电路中任何两点间的电压降都等于从起点至终点所经过的(任意)路径上全部电压降的代数和。

由图1-6可得

算法1:

$$U_{ae} = -U_4 = -(-4) = 4(V)$$

$$U_{dc} = -U_6 - U_1 = -(-3) - 1 = 2(V)$$

$$U_{ce} = U_2 + U_3 = (-3) + 8 = 5(V)$$

$$U_{ed} = -U_5 = -7(V)$$

负号表示从  $e$  到  $d$  实际上不是电压降的方向, 而是电压升的方向。

算法2:

$$U_{ae} = U_6 + U_5 = -3 + 7 = 4(V)$$

$$U_{dc} = U_5 - U_3 - U_2 = 7 - 8 - (-3) = 2(V)$$

$$U_{ce} = U_1 - U_4 = 1 - (-4) = 5(V)$$

$$U_{ed} = U_4 + U_8 = -4 + (-3) = -7(V)$$

结果与上述相同。这说明电路中任意两点间电压与计算路径无关。我们应选取其中最便于计算的路径。

1-2. 图1-7所示电路, 已知 $ab$ 段产生电功率 $500\text{W}$ , 其他三段消耗电功率分别为 $50\text{W}$ 、 $400\text{W}$ 和 $50\text{W}$ , 如图中所示。

(1) 试标出各段电路两端电压的极性, 若已知电流方向如图中所示;

(2) 试算出各段电压

$U_{ab}$ 、 $U_{cd}$ 、 $U_{ef}$ 、 $U_{gh}$ ;

(3) 从图中可以看出, 电路产生的电功率恰与其消耗的电功率相等, 这是符合能量守恒原理的。你能根据(2)中计算的结果看出这一定律反映在整个电路的电压上有什么规律性么?

解: (1)、(2) 当一段电路的电压 $U$ 、电流 $I$ 取关联参考方向时, 则功率 $P = UI$ 若为正, 表示消耗功率, 若为负表示产生功率。

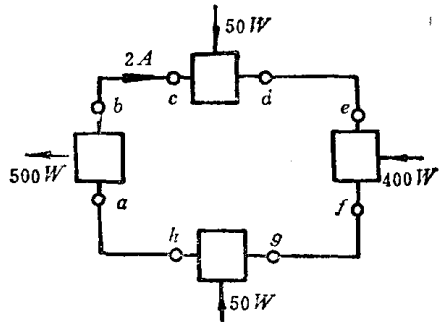
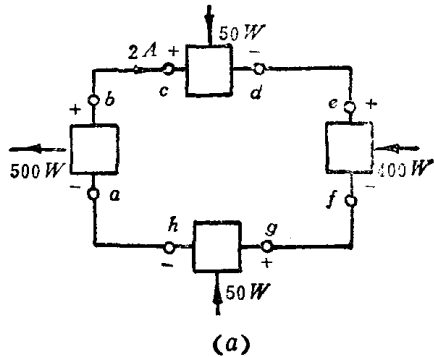


图1-7 练习题1-2



(a)



取电流参考方向如原图所示电流方向一致，则为正值，即  $I = 2A$ 。取各段电路电压参考方向与电流参考方向相关联。依题可得

$$U_{ab}I = -500(W) \text{ (产生功率)}$$

$$U_{cd}I = 50(W) \text{ (消耗功率)}$$

$$U_{ef}I = 400(W) \text{ (消耗功率)}$$

$$U_{gh}I = 50(W) \text{ (消耗功率)}$$

$$\therefore U_{ab} = -\frac{500}{I} = -\frac{500}{2} = -250(V)$$

负号说明  $a$  点实际为低电位点，即负极性； $b$  点实际为高电位点，即正极性。

$$U_{cd} = \frac{50}{2} = 25(V)$$

$$U_{ef} = \frac{400}{2} = 200(V)$$

$$U_{gh} = \frac{50}{2} = 25(V)$$

各段电压真实极性如图1-7(a)所示。

(3) 根据上述计算结果可得

$$U_{ab} + U_{cd} + U_{ef} + U_{gh} = -250 + 25 + 200 + 25 = 0$$

这说明在一个闭合回路中各段电压降的代数和总等于零。这一结论对于复杂电路中任一闭合回路都是正确的，并称为基尔霍夫电压定律。

可见，基尔霍夫电压定律是能量守恒原理在电路电压规律上的表现。

1-3.  $54\mu A$  的电流流过  $2.7M\Omega$  的电阻，问电阻的电压降为多少？