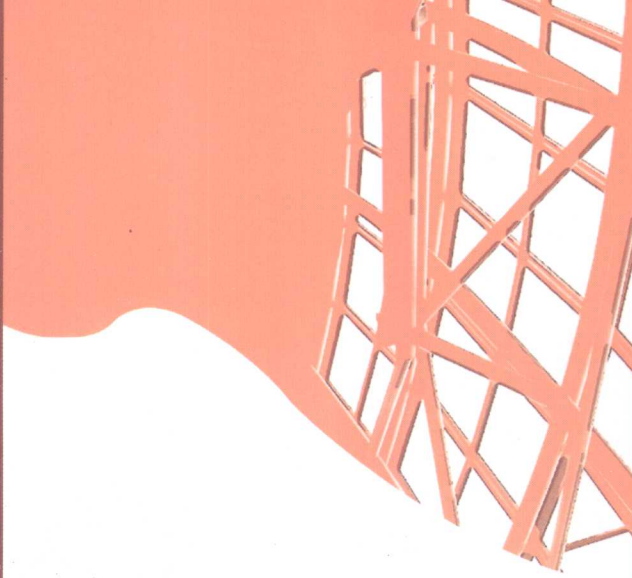




电子通信类专业  
学习及考研辅导丛书

# 电路原理

## 学习及考研辅导

海欣 主编 杨红亮 丁金滨 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子通信类专业学习及考研辅导丛书

# 电 路 原 理

## 学习及考研辅导

海 欣 主 编

杨红亮 丁金滨 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

“电路原理”是高等院校开设的专业基础课程,也是高等院校相关专业的硕士研究生入学考试必考课程。为了帮助广大学生进行系统复习,我们根据“电路原理”课程教学基本要求编写了本书。

全书共分为18章,每一章均由知识要点、知识点详解、真题及例题解析、自我测试4部分组成。通过知识要点和知识点详解对本章内容作了高度概括和叙述。真题及例题解析中例题大都选自国内重点高等院校和科研院所历年考研真题,并作了详细分析和解答。自我测试中均有参考答案,可通过练习以检测学习效果,进一步提高解题能力。本书附录为“研究生入学考试试题选编”,并给出了部分答案。

本书可作为相关专业学生报考硕士研究生学习用参考书及复习指导书,也适合于高等院校相关专业学生自学使用,同时可作为高等院校教师的教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电路原理学习及考研辅导 / 海欣主编. —北京:国防工业出版社,2008.7

(电子通信类专业学习及考研辅导丛书)

ISBN 978-7-118-05694-5

I. 电... II. 海... III. 电路理论 - 高等学校 - 教学参考资料 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 056791 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 20 字数 459 千字

2008年7月第1版第1次印刷 印数 1—4000 册 定价 37.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

# 前 言

“电路原理”是高等院校相关专业开设的技术基础课程,它是所有相关后续专业课程的基础,同时也是高等院校相关专业硕士研究生入学考试课程。为了帮助广大的考研学生学习和提高,特别是进行系统复习,我们根据高等工科院校“电路原理”课程教学基本要求编写了本书。

由于高等院校众多,水平不同,要在有限的篇幅内完成对各类专业课程有针对性的指导是相当困难的。为了解决这方面的问题,我们经过反复讨论,并征求了大量一线教师的意见,将一些通用原则和方法的指导放在首位,并结合大量相关实例进行了讲解。

本书共分 18 章,每章内容包括:

(1)知识要点 对于每章的重要知识,尤其是在历年真题中经常出现的重要考点作了总结和提示,读者可以根据提示对本章内容在复习时有所侧重。

(2)知识点详解 结合知识要点提示,再对每一章的知识要点进行详细地讲解,使读者可以快速地把握知识要点,从而提高复习效率。在总结部分还添加了一些解题技巧,更加有利于读者复习。

(3)真题及例题解析 该部分是针对典型考研真题分析中提出的相应考点,帮助读者筛选出相关真题,结合高等院校电路原理历年真题进行全面地讲解,并在最后给出规律性的总结,更加方便读者去把握考点,更好地应对考研。

(4)自我测试 在每一章的后面给出了部分自我测试题,并附有参考答案,读者可通过练习以检测学习效果,进一步提高解题能力。

在本书的附录给出了部分高等院校最新“电路原理”硕士研究生入学考试真题,对于报考硕士研究生的考生来说,这无疑是最宝贵的资源。

“电路原理”考题的具体类型并不是很多,因此在选择例题和习题的过程中,我们主要针对典型题型和一些具有代表性的真题进行了总结,并选择了一些高等工科院校的最新试题。目的是使读者了解和掌握不同类型题目的解题方法和技巧,以便扩大解题思路,培养分析和解决实际问题的能力。

本书力求科学性、先进性、指导性,既能促进高等工科院校学生的“电路原理”学习,又不脱离大多数一般院校的实际,提供切实可行的参考实例。本书可作为相关专业学生报考硕士研究生学习用参考书及复习指导书,也适合于高等院校相关专业的学生自学使用,同时可作为高等院校教师的教学参考书。

在收集和整理历年考研真题和笔记的过程中,得到了清华大学、上海交通大学、东南大学、同济大学、西安交通大学、西北工业大学、浙江大学、北京航空航天大学、哈尔滨工业大学、天津大学、中国科学技术大学、华中科技大学、华南理工大学、中国科学院等高等院校和科研院所的教师及研究生的热情帮助,在此向他们表示衷心感谢。

本书由海欣主编,杨红亮、丁金滨编著,另外何嘉扬、张樱枝、王菁、夏金玉、石良臣、刘志明、温正、周懿等也参与了部分章节的编写工作。同时由北京航空航天大学一线授课教师对该书进行了认真仔细的审阅,并提出了许多极为宝贵的修改意见,对提高本书质量起了很大的作用,在此致以衷心的感谢!

由于作者水平有限,编写时间较短,书中欠妥及错误之处在所难免,希望读者和同仁能够及时指出,共同促进本书质量的提高。

读者在使用本书时,出现关于本书的相关疑问以及碰到难以解答的问题,可以到为本书专门提供的海欣考研论坛提问或直接发邮件到编者邮箱,编者会尽快给予解答。另外,该论坛还提供了其他高等院校部分真题的参考答案,读者可以到相关栏目下载。

编者邮箱:kaoyanshu@126.com

海欣考研论坛网址:www.haixin.org/kybbs

编者

2008年5月于北京

# 目 录

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| <b>第 1 章 电路模型和电路定律</b>            | 1  |
| 知识要点                              | 1  |
| 1.1 知识点详解                         | 1  |
| 1.1.1 电路模型和电源                     | 1  |
| 1.1.2 基尔霍夫定律                      | 2  |
| 1.1.3 电功率和能量                      | 3  |
| 1.1.4 元件的伏安特性                     | 3  |
| 1.1.5 电压和电流的参考方向                  | 3  |
| 1.2 真题及例题解析                       | 4  |
| 1.3 自我测试                          | 9  |
| <b>第 2 章 电阻电路的等效变换</b>            | 12 |
| 知识要点                              | 12 |
| 2.1 知识点详解                         | 12 |
| 2.1.1 电路等效的概念                     | 12 |
| 2.1.2 电阻的等效变换                     | 13 |
| 2.1.3 理想电源的串联、并联及等效变换             | 13 |
| 2.1.4 实际电源的等效变换                   | 15 |
| 2.1.5 输入电阻                        | 15 |
| 2.2 真题及例题解析                       | 15 |
| 2.3 自我测试                          | 22 |
| <b>第 3 章 电阻电路的一般分析</b>            | 25 |
| 知识要点                              | 25 |
| 3.1 知识点详解                         | 25 |
| 3.1.1 树的概念                        | 25 |
| 3.1.2 支路电流法、回路电流法(网孔电流法)及节点电压法的比较 | 26 |
| 3.2 真题及例题解析                       | 27 |
| 3.3 自我测试                          | 36 |
| <b>第 4 章 电路定律</b>                 | 40 |
| 知识要点                              | 40 |
| 4.1 知识点详解                         | 40 |
| 4.1.1 叠加定理                        | 40 |
| 4.1.2 替代定理                        | 41 |

|            |                           |            |
|------------|---------------------------|------------|
| 4.1.3      | 齐次定理 .....                | 41         |
| 4.1.4      | 戴维南定理 .....               | 41         |
| 4.1.5      | 诺顿定理 .....                | 42         |
| 4.1.6      | 最大功率传输定理 .....            | 43         |
| 4.1.7      | 特勒根定理 .....               | 43         |
| 4.1.8      | 互易定理 .....                | 44         |
| 4.2        | 真题及例题解析 .....             | 45         |
| 4.3        | 自我测试 .....                | 57         |
| <b>第5章</b> | <b>含有运算放大器的电阻电路 .....</b> | <b>61</b>  |
|            | 知识要点 .....                | 61         |
| 5.1        | 知识点详解 .....               | 61         |
| 5.1.1      | 运算放大器的定义 .....            | 61         |
| 5.1.2      | 理想运放分析 .....              | 61         |
| 5.1.3      | 运放输入电压分析 .....            | 61         |
| 5.2        | 真题及例题解析 .....             | 62         |
| 5.3        | 自我测试 .....                | 65         |
| <b>第6章</b> | <b>一阶电路 .....</b>         | <b>68</b>  |
|            | 知识要点 .....                | 68         |
| 6.1        | 知识点详解 .....               | 68         |
| 6.1.1      | 微分方程的建立 .....             | 68         |
| • 6.1.2    | 换路定则及初始值的确定 .....         | 68         |
| 6.1.3      | 零输入响应 .....               | 69         |
| 6.1.4      | 零状态响应 .....               | 69         |
| 6.1.5      | 一阶电路的全响应 .....            | 70         |
| 6.1.6      | 一阶电路的三要素法 .....           | 70         |
| 6.1.7      | 阶跃响应 .....                | 70         |
| 6.1.8      | 冲激响应 .....                | 71         |
| 6.2        | 真题及例题解析 .....             | 72         |
| 6.3        | 自我测试 .....                | 85         |
| <b>第7章</b> | <b>二阶电路 .....</b>         | <b>89</b>  |
|            | 知识要点 .....                | 89         |
| 7.1        | 知识点详解 .....               | 89         |
| 7.1.1      | 二阶电路 .....                | 89         |
| 7.1.2      | 二阶电路的零输入响应 .....          | 89         |
| 7.1.3      | 二阶电路的动态响应 .....           | 90         |
| 7.2        | 真题及例题解析 .....             | 90         |
| 7.3        | 自我测试 .....                | 99         |
| <b>第8章</b> | <b>相量法 .....</b>          | <b>102</b> |
|            | 知识要点 .....                | 102        |

|             |                         |            |
|-------------|-------------------------|------------|
| 8.1         | 知识点详解 .....             | 102        |
| 8.1.1       | 复数的相量法表示 .....          | 102        |
| 8.1.2       | 复数运算 .....              | 102        |
| 8.1.3       | 正弦电流的相量形式 .....         | 103        |
| 8.1.4       | 电路定律的相量形式 .....         | 103        |
| 8.1.5       | R、L、C 元件伏安关系的相量表示 ..... | 103        |
| 8.2         | 真题及例题解析 .....           | 104        |
| 8.3         | 自我测试 .....              | 107        |
| <b>第9章</b>  | <b>正弦稳态电路的分析</b> .....  | <b>109</b> |
|             | 知识要点 .....              | 109        |
| 9.1         | 知识点详解 .....             | 109        |
| 9.1.1       | 正弦量和相量 .....            | 109        |
| 9.1.2       | 正弦量的三要素 .....           | 110        |
| 9.1.3       | 同频率正弦量的相位差 .....        | 110        |
| 9.1.4       | 阻抗、导纳及串并联 .....         | 111        |
| 9.1.5       | 正弦稳态电路的相量分析及其功率 .....   | 111        |
| 9.1.6       | 功率表的读数问题 .....          | 113        |
| 9.1.7       | 最大功率传输 .....            | 113        |
| 9.1.8       | 谐振电路 .....              | 113        |
| 9.2         | 真题及例题解析 .....           | 115        |
| 9.3         | 自我测试 .....              | 125        |
| <b>第10章</b> | <b>含有耦合电感的电路</b> .....  | <b>128</b> |
|             | 知识要点 .....              | 128        |
| 10.1        | 知识点详解 .....             | 128        |
| 10.1.1      | 耦合电感元件 .....            | 128        |
| 10.1.2      | 耦合电感去耦等效 .....          | 129        |
| 10.1.3      | 空心变压器 .....             | 130        |
| 10.1.4      | 理想变压器 .....             | 130        |
| 10.2        | 真题及例题解析 .....           | 132        |
| 10.3        | 自我测试 .....              | 143        |
| <b>第11章</b> | <b>三相电路</b> .....       | <b>147</b> |
|             | 知识要点 .....              | 147        |
| 11.1        | 知识点详解 .....             | 147        |
| 11.1.1      | 对称三相电路 .....            | 147        |
| 11.1.2      | 对称三相电路的计算 .....         | 148        |
| 11.1.3      | 不对称三相电路 .....           | 149        |
| 11.1.4      | 对称三相电路的功率 .....         | 150        |
| 11.2        | 真题及例题解析 .....           | 150        |
| 11.3        | 自我测试 .....              | 160        |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>第 12 章 非正弦周期电流电路和信号频谱</b> | 163 |
| 知识要点                         | 163 |
| 12.1 知识点详解                   | 163 |
| 12.1.1 非正弦周期电压、电流有效值的计算      | 163 |
| 12.1.2 非正弦周期电流、电压的平均值        | 163 |
| 12.1.3 非正弦周期平均功率的计算          | 164 |
| 12.1.4 非正弦周期电路的计算            | 164 |
| 12.2 真题及例题解析                 | 165 |
| 12.3 自我测试                    | 177 |
| <b>第 13 章 拉普拉斯变换</b>         | 182 |
| 知识要点                         | 182 |
| 13.1 知识点详解                   | 182 |
| 13.1.1 积分变换法的基本思路            | 182 |
| 13.1.2 拉普拉斯变换的基本性质           | 182 |
| 13.1.3 电感和电容的拉普拉斯变换          | 183 |
| 13.1.4 拉普拉斯反变换的部分分式展开        | 183 |
| 13.1.5 线性动态电路的复频域分析——运算法     | 183 |
| 13.2 真题及例题解析                 | 184 |
| 13.3 自我测试                    | 191 |
| <b>第 14 章 网络函数</b>           | 195 |
| 知识要点                         | 195 |
| 14.1 知识点详解                   | 195 |
| 14.1.1 网络函数的定义               | 195 |
| 14.1.2 网络函数的应用               | 196 |
| 14.1.3 网络函数的零、极点及其分布         | 196 |
| 14.1.4 网络函数的性质               | 196 |
| 14.1.5 卷积函数                  | 197 |
| 14.1.6 网络函数的频率响应             | 197 |
| 14.2 真题及例题解析                 | 197 |
| 14.3 自我测试                    | 201 |
| <b>第 15 章 电路方程的矩阵形式</b>      | 204 |
| 知识要点                         | 204 |
| 15.1 知识点详解                   | 204 |
| 15.1.1 基本定义                  | 204 |
| 15.1.2 矩阵及其矩阵形式              | 205 |
| 15.1.3 网络的矩阵分析法              | 205 |
| 15.1.4 各矩阵之间的关系              | 209 |
| 15.1.5 状态方程步骤                | 210 |
| 15.2 真题及例题解析                 | 210 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 15.3 自我测试 .....               | 217 |
| <b>第16章 二端口网络</b> .....       | 224 |
| 知识要点 .....                    | 224 |
| 16.1 知识点详解 .....              | 224 |
| 16.1.1 端口条件 .....             | 224 |
| 16.1.2 二端口网络方程和参数 .....       | 224 |
| 16.1.3 端口参数的求法 .....          | 225 |
| 16.1.4 二端口网络的等效电路 .....       | 225 |
| 16.1.5 回转器和负阻抗变换器 .....       | 226 |
| 16.1.6 二端口网络的连接 .....         | 226 |
| 16.2 真题及例题解析 .....            | 226 |
| 16.3 自我测试 .....               | 234 |
| <b>第17章 非线性电路</b> .....       | 239 |
| 知识要点 .....                    | 239 |
| 17.1 知识点详解 .....              | 239 |
| 17.1.1 非线性电阻元件及其特性 .....      | 239 |
| 17.1.2 非线性电感 .....            | 239 |
| 17.1.3 非线性电容 .....            | 239 |
| 17.1.4 工作点、静态参数和动态参数 .....    | 240 |
| 17.1.5 简单非线性电路的计算 .....       | 240 |
| 17.1.6 小信号分析法 .....           | 240 |
| 17.1.7 分段线性化法 .....           | 241 |
| 17.2 真题及例题解析 .....            | 241 |
| 17.3 自我测试 .....               | 249 |
| <b>第18章 均匀传输线</b> .....       | 252 |
| 知识要点 .....                    | 252 |
| 18.1 知识点详解 .....              | 252 |
| 18.1.1 均匀传输线的基本方程 .....       | 252 |
| 18.1.2 行波 .....               | 252 |
| 18.1.3 均匀传输线的正弦稳态方程 .....     | 253 |
| 18.1.4 无损传输线的概念 .....         | 254 |
| 18.1.5 求反射波的一般方法——伯德生法则 ..... | 255 |
| 18.2 真题及例题解析 .....            | 255 |
| 18.3 自我测试 .....               | 260 |
| <b>附录A 研究生入学考试试题选编</b> .....  | 264 |
| 天津大学2006年 .....               | 264 |
| 西安交通大学2006年 .....             | 266 |
| 浙江大学2006年 .....               | 269 |
| 哈尔滨工业大学2006年 .....            | 271 |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 中国科学院研究生院 2007 年 .....          | 273        |
| 华南理工大学 2006 年 .....             | 275        |
| 华南理工大学 2007 年 .....             | 277        |
| 北京交通大学 2006 年 .....             | 280        |
| 北京交通大学 2007 年 .....             | 283        |
| 中南大学 2006 年 .....               | 284        |
| 中南大学 2007 年 .....               | 287        |
| 武汉大学 2006 年 .....               | 289        |
| 武汉大学 2007 年 .....               | 291        |
| 上海交通大学 2006 年 .....             | 293        |
| 上海交通大学 2007 年 .....             | 298        |
| <b>附录 B 部分研究生入学考试试题答案 .....</b> | <b>303</b> |
| 西安交通大学 2006 年 .....             | 303        |
| 浙江大学 2006 年 .....               | 304        |
| 哈尔滨工业大学 2006 年 .....            | 305        |
| 中国科学院研究生院 2007 年 .....          | 306        |
| 华南理工大学 2006 年 .....             | 307        |
| 华南理工大学 2007 年 .....             | 308        |
| <b>参考文献 .....</b>               | <b>310</b> |

# 第 1 章 电路模型和电路定律

## 知识要点

- 1. 深刻理解电流、电压概念,熟练掌握电流、电压参考方向的应用;
- 2. 熟练应用一段电路上的电流、电压计算该段电路吸收或产生的功率;
- 3. 熟练使用基尔霍夫电压定律(KVL)、基尔霍夫电流定律(KCL);
- 4. 深刻理解独立源和受控源的特性;
- 5. 掌握电容元件和电感元件的伏安特性。

| 内 容         |               | 了解 | 掌握 | 重点 | 难点 | 考点 |
|-------------|---------------|----|----|----|----|----|
| 电源和<br>电路模型 | 独立源           |    | √  | √  |    | √  |
|             | 受控源           |    | √  | √  |    | √  |
| 基尔霍<br>夫定律  | 基尔霍夫电压定律(KVL) |    | √  | √  |    | √  |
|             | 基尔霍夫电流定律(KCL) |    | √  | √  |    | √  |
| 功率和<br>能量   | 电功率           |    | √  |    |    |    |
|             | 能量            |    | √  |    |    |    |
| 元件          | 电容            |    | √  |    |    |    |
|             | 电感            |    | √  |    |    |    |

## 1.1 知识点详解

### 1.1.1 电路模型和电源

#### 1. 电路模型

电路模型是由理想的电路元件组成,能够近似反映实际电路的主要特征。电路的基本变量包括电压、电流、电荷和磁通;功率和能量是由若干个基本变量复合而成的量,称为基本复合变量。常用的电路变量是电压和电流,在列写电路方程时,要指定电压、电流的参考方向。

#### 2. 电源

实际电路中,电能或电信号的发生器称为电源,用电设备称为负载。电压和电流是在电源作用下产生的,因此,电源也称为激励源。由激励而在电路中产生的电压和电流称为响应。一般情况下,把激励称为输入,响应称为输出。

电源分独立源和受控源。独立源是指电源的数值不受电路中任何处的电压或电流控制的电源;而大小、方向受电路中其他处的电压或电流控制的电源称为受控源,它反映了

电路中某处的电压或电流受另处电压或电流控制的比例关系。

通常电压源或电流源是指理想独立电压源或理想独立电流源。

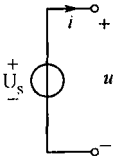
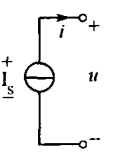
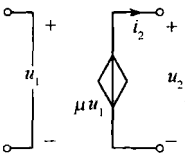
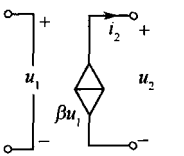
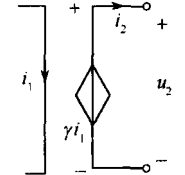
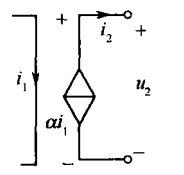
**电压源:**电压源提供确定的电压(源电压),与流过电流的大小(无穷大除外)和方向无关,因此也称为独立电压源。在某一时刻,外特性是平行于电流轴的直线。电流的大小和方向(或者电压源的功率)由外电路确定。源电压为零的电压源(即不作用的电压源)相当于短路;源电压不等于零的电压源不得被短路;源电压不相等的电压源不宜并联。

**电流源:**电流源提供确定的电流(源电流),与两端电压的大小(无穷大除外)和方向无关,因此也称为独立电流源。在某一时刻,外特性是一条平行于电压轴的直线。电压的大小和方向(或者电流源的功率)由外电路决定。源电流为零的电流源(即不作用的电流源)相当于开路;源电流不等于零的电流源不得被断路;源电流不相等的电流源不宜串联。

**受控电源:**通常受控电源是指理想受控电源。受控电源的源电压或源电流受控制量的控制,不能独立的向电路提供能量,因此受控源不属于电路的激励。根据控制量和被控制量是电压还是电流,可将受控源分成 CCCS(电流控制电流源)、CCVS(电流控制电压源)、VCVS(电压控制电压源)、VCCS(电压控制电流源)4 种类型。

表 1-1 所列各种电源模型、特性。

表 1-1 各种电源模型、特性

| 类型      | 模型符号                                                                                | 特性                                       | 类型      | 模型符号                                                                                | 特性                                       |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 独立电压源   |   | $u = u_s$<br>$i = \text{任意值}$            | 独立电流源   |   | $i = I_s$<br>$u = \text{任意值}$            |
| 电压控制电压源 |  | $u_2 = \mu u_1$<br>$i_2 = \text{任意值}$    | 电压控制电流源 |  | $i_2 = \beta u_1$<br>$u_2 = \text{任意值}$  |
| 电流控制电压源 |  | $u_2 = \gamma i_1$<br>$i_2 = \text{任意值}$ | 电流控制电流源 |  | $i_2 = \alpha i_1$<br>$u_2 = \text{任意值}$ |

### 1.1.2 基尔霍夫定律

#### 1) 基尔霍夫电压定律(KVL)

在任一时刻,沿着集中参数电路中任一回路,元件端对电压或支路电压的代数和恒等于零,即  $\sum u = 0$ 。

**【注意】**对回路中每一段电路必须设电压参考方向。

## 2) 基尔霍夫电流定律(KCL)

在任一时刻,流入(或流出)集中参数电路中任一可分割的孤立部分的电流代数和恒等于零,即  $\sum i = 0$ ,节点和割集都是一种可分割的孤立部分。

【注意】对与节点相连的每一支路必须设电流参考方向。

## 3) 重点

KCL、KVL 是集中参数电路理论中的两个基本定律。它们与元件性质无关,称为结构约束。因此,可将电路模型抽象成图再列写 KVL 或 KCL 方程。

KCL、KVL 有时域形式、相量形式、复频域形式,分别用于电路的时域分析、相量分析和复频域分析。

### 1.1.3 电功率和能量

在电路的分析和计算中,能量和功率的计算是非常重要的。许多题中都涉及电功率和能量的计算。因此,这是本节的重点。正确地进行能量的计算要明确电压和电流的参考方向,因此,明确电压和电流的参考方向进行电功率和能量的计算是本章的重点。

#### 1) 能量

$$W = \int_{t_0}^t u(\xi) i(\xi) d(\xi)$$

#### 2) 功率

关联参考方向时:  $P(t) = u(t) \cdot i(t) \begin{cases} > 0, \text{实际为吸收电功率} \\ < 0, \text{实际为产生电功率} \end{cases}$

非关联参考方向时:  $P(t) = u(t) \cdot i(t) \begin{cases} > 0, \text{实际为产生电功率} \\ < 0, \text{实际为吸收电功率} \end{cases}$

一个元件或电路究竟是吸收还是产生电功率与计算时所选的参考方向无关。

### 1.1.4 元件的伏安特性

#### 1) 电容元件

如果电容元件的电流  $i$  和电压  $u$  取关联参考方向时,有

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad W_c(t) = \frac{1}{2} C u^2(t)$$

#### 2) 电感元件

如果电感元件的电流  $i$  和电压  $u$  取关联参考方向时,有

$$i = \frac{1}{L} \int u dt \quad W_L(t) = \frac{1}{2} L i^2(t)$$

### 1.1.5 电压和电流的参考方向

电压、电流是电路分析的基本物理量,在分析电路时,必须首先指定电流和电压的参考方向,才能进行分析和计算。所谓参考方向是指人为规定的电流的流向或电压的极性,当按参考方向计算的结果为正时,表明真实方向与参考方向一致,否则相反。一旦选定了参考方向,在计算过程中就不宜变更。若元件或支路电压与电流的参考方向相同时,称该

方向为关联参考方向;否则称为非关联参考方向。

透彻地理解电流和电压的参考方向是本章的重点之一。正确认识电压、电流的参考方向与实际方向的差别以及根据电压、电流的参考方向正确判断元件是吸收功率还是产生功率是学习中的难点和考点。

### 1. 电压的参考方向

单位正电荷  $q$  从电路中一点  $A$  移至另一点  $B$  时电场力做功的大小定义为该两点之间的电位差,即电压。电压用  $u$  表示,且有

$$u = \frac{dw}{dq}$$

规定电压的方向为电位降的方向。电压的真实方向常常难以事先确定,因此需要指定电压的参考方向。

电压的参考方向:预先假定的电位降方向。在分析电路时按参考方向计算电压,在此,电压为代数量,如果电压值为正,说明其真实方向与参考方向相同;反之,其真实方向与参考方向相反。

### 2. 电流的参考方向

单位时间内通过导体横截面的电荷量定义为电流。电流用  $i$  表示,且有

$$i = \frac{dq}{dt}$$

规定电流的方向为正电荷运动的方向。在实际电路分析中,当电路为复杂电路或交变电流电路时,电流的实际方向往往很难事先判断,因此引入参考方向的概念。

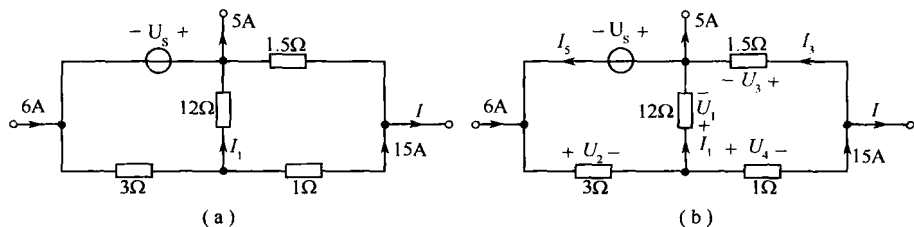
电流的参考方向:预先假定电流的正方向。参考方向可以任意选定,在分析电路时按参考方向计算电流。电流取代数值,如果电流值为正,则说明真实方向与参考方向相同;反之则相反。

## □ 1.2 真题及例题解析

【例1】如图(a)所示的为某电路的部分电路。各已知的电流及元件值已标在图中,求  $I_1, U_s$ 。(北京航空航天大学 2002 年)

【解】首先把图中整个电路部分作为一个闭合面,设流入为正,流出为负,对它应用 KCL 方程得:  $6 - I - 5 = 0$

解得:  $I = 1A$ 。然后对图中各支路的电压电流标记及参考方向规定如图(b)所示。



例1图

由 KCL 得:  $I_3 = 15A - I = 14A$ 。

再由欧姆定律得:  $U_3 = 1.5\Omega \times I_3 = 21\text{V}$ ,  $U_4 = 1\Omega \times 15\text{A} = 15\text{V}$ ;

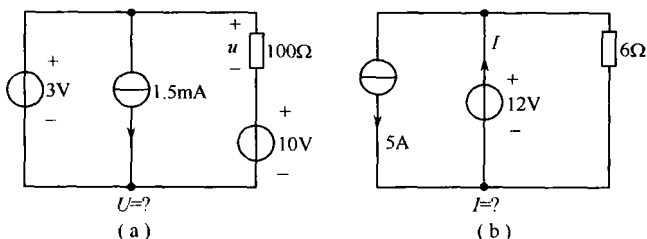
由 KVL 得:  $U_1 = U_3 + U_4 = 36\text{V}$ , 又由欧姆定律得:  $I_1 = \frac{U_1}{12\Omega} = 3\text{A}$ ;

又由 KCL 得:  $I_2 = I_1 + 15\text{A} = 18\text{A}$ ,  $U_2 = 3\Omega \times I_2 = 54\text{V}$ ;

再由 KVL 得:  $U_s = -U_1 - U_2 = -36\text{V} - 54\text{V} = -90\text{V}$ 。

【点评】本题可用 KVL 和 KCL 求解。对于本类型, 给出部分电路结构和部分电压、电流值, 要求某支路电压、电流, 通常都可采用 KVL 和 KCL 求解, 尤其是将电路看为一个整体, 利用对闭合面的 KCL 应用求解。注意电压和电流的参考方向。

【例 2】求如图(a) 所示各电路的电流和电压。(北京航空航天大学 2002 年)



例 2 图

【解】对图(a) 由 KVL 可得:  $U + 10\text{V} = 3\text{V}$ ; 即  $U = -7\text{V}$ ;

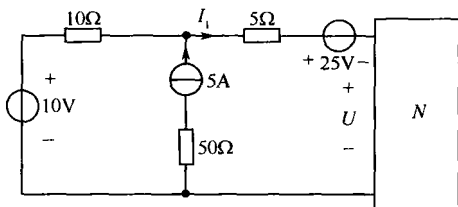
由图(b) 可看出  $6\Omega$  电阻两端电压为  $12\text{V}$ , 设电阻电压电流关联参考方向如图所示, 则  $U_R = 12\text{V}$ 。

由欧姆定律得:  $I_R = \frac{U_R}{6\Omega} = 2\text{A}$ , 再由 KCL, 得

$$I = 5\text{A} + I_R = 5\text{A} + 2\text{A} = 7\text{A}$$

【点评】本题是对基本电路定律的考查, 可用 KVL 和 KCL 方程以及欧姆定律求解。在列 KVL 或 KCL 方程时, 要先对电路中相关支路规定电压、电流的参考方向, 然后才能根据 KCL、KVL 列方程求解支路电压、电流。

【例 3】如图所示电路, 已知  $I_1 = 2\text{A}$ 。求网络  $N$  吸收的功率及电流源产生的功率。(哈尔滨工业大学 2000 年)



例 3 图

【解】根据 KCL 和 KVL, 可求得网络  $N$  端口电压  $U$  为

$$U = -25\text{V} - 5\Omega \times I_1 + (5\text{A} - I_1) \times 10\Omega + 10\text{V} = 5\text{V}$$

则网络  $N$  的端口电压  $U = 5\text{V}$ , 端口电流  $I_1 = 2\text{A}$ ;

进而可求出网络  $N$  吸收的功率:  $P = UI_1 = 5\text{V} \times 2\text{A} = 10\text{W}$  ( $U$  与  $I$  为关联参考方向)

再根据 KVL 和 KCL 方程, 可求出  $5\text{A}$  电流源两端电压  $U_1$ ,  $U_1$  取与电流源方向为非关

联参考方向,则

$$U_1 = 10\Omega \times (5A - I_1) + 10V + 50\Omega \times 5A = 290V$$

最后可求出电流源产生的功率:  $P = U_1 \times 5A = 1450W$ 。

【点评】求任一电路元件或任一端口电路的功率,只需找到该元件或端口电路的电压和电流,然后再利用功率公式  $P = UI$  即可得到。本题考查了功率公式、基尔霍夫电压电流定律,其中,KCL、KVL 是最基本的应用,应用功率公式时要注意电压和电流的参考方向是否关联,以及所需求的是吸收的功率,还是发出的功率,这些都将影响计算结果的正负符号。

【例4】电路如图所示,求电源的功率。(沈阳工业大学 1999 年)

【解】为了求得电流  $i$ ,可作一个如图所示的封闭面,利用 KCL 得到  $i$ ,即

$$i = \left[ 2 - \left( -\frac{2}{3} \right) - 4 \right] A = -\frac{4}{3} A, i_1 = i + 4 = \left( -\frac{4}{3} + 4 \right) A = \frac{8}{3} A,$$

$$i_2 = 2 - i = \left( 2 + \frac{4}{3} \right) A = \frac{10}{3} A$$

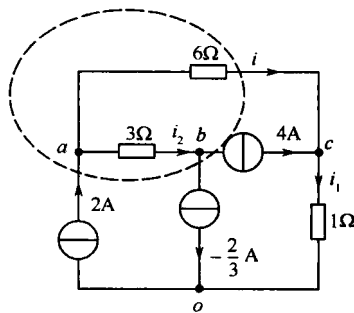
$$u_{ac} = 6 \times i = 6 \times \left( -\frac{4}{3} \right) V = -8V$$

$$u_{co} = 1 \times i_1 = 1 \times \frac{8}{3} V = \frac{8}{3} V$$

$$u_{ao} = u_{ac} + u_{co} = \left( -8 + \frac{8}{3} \right) V = -\frac{16}{3} V$$

$$u_{ab} = 3i_2 = 3 \times \frac{10}{3} V = 10V$$

$$u_{bo} = u_{ba} + u_{ao} = \left( -10 - \frac{16}{3} \right) V = -\frac{46}{3} V$$



例4图

各电流源的功率为:

2A 电流源的功率:  $P_{2A} = 2u_{ao} = 2 \times \left( -\frac{16}{3} \right) W = -\frac{32}{3} W$ , 吸收功率;

$-\frac{2}{3} A$  电流源的功率:  $P_{-\frac{2}{3}A} = -\frac{2}{3}u_{bo} = -\frac{2}{3} \times \left( -\frac{46}{3} \right) W = \frac{92}{9} W$ , 吸收功率;

4A 电流源的功率:  $P_{4A} = 4u_{bc} = 4 \times (-18) W = -72 W$ , 产生功率。

【例5】计算如图所示电路中3A 电流源两端的电压  $U$ 。(华南理工大学 2000 年)

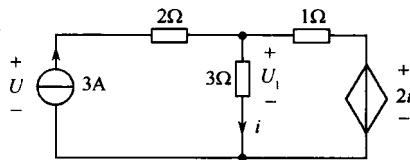
【解】设流过  $1\Omega$  电阻的电流为  $i_1$ , 则由 KCL 得:

$i_1 = 3 - i$ , 又由 KVL 和欧姆定律可得

$$U = 3 \times 2 + U_1 = 6 + U_1$$

$$U_1 = 1 \times i_1 + 2i = i_1 + 2i = 3 \times i = 3i$$

解以上方程得:  $U = 10.5V, U_1 = 4.5V, i = 1.5A$



例5图

【点评】本题电路结构简单,电路包含元件较少且

都是基础元件,已知部分元件参数,要求某些元件的电压或电流,这些都只是对电路基本定律的考查。本题可直接利用 KCL、KVL 和欧姆定律直接求解,本题的计算量不大,注意在求解前设定好相关参数的方向,再按定律列方程求解。