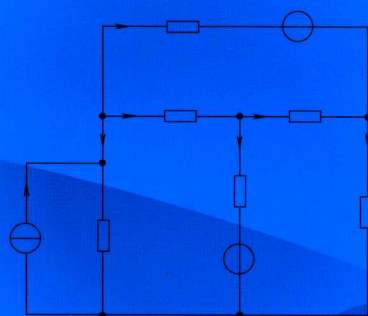


普通高等教育“十二五”规划教材

电路分析

DIANLU FENXI

● 唐伟杰 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

电路分析

DIANLU FENXI

● 唐伟杰 主 编

● 王 倩 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书从实用性的角度出发,总结和吸收了教学及教改中的经验,着重基本概念、基本理论以及其本方法,共讲述了:直流电路的概念和分析方法、暂态电路分析、正弦交流电路的分析、三相交流电路的分析,并配有精选的例题和习题,结构上脉络清晰,内容上重点突出,表达上图文并茂,例题讲解有详细具体的分析步骤。

本书适合作为应用型本科机电类专业或大中专院校相关专业的教材,同时也可作为工程技术人员的参考书。



电路分析
唐伟杰 主编

图书在版编目(CIP)数据

电路分析/唐伟杰主编. —北京:化学工业出版社, 2015.7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-24121-4

I. ①电… II. ①唐… III. ①电路分析-高等学校-教材 IV. ①TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 112803 号

责任编辑:高 钰

文字编辑:吴开亮

责任校对:王素芹

装帧设计:刘丽华

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:三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 7 字数 155 千字 2015 年 9 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:20.00 元

版权所有 违者必究

前言

本书共分为四章，第一章从直流电路入手讲述了电路的基本概念，电路模型，参考方向，电路基本元件，电路分析方法；第二章分析电路的暂态，讲述 RC 、 RL 电路的零输入响应、零状态响应及三要素法；第三章分析正弦交流电路，叙述正弦交流电的基本概念、正弦交流电的相量表示法、正弦交流电路的分析等；第四章分析三相交流电路以及安全用电常识。

本书旨在将电路的基本知识进行提炼，不深究复杂的理论知识，而注重电路分析的基本方法，浅显易懂，附有详细的电路图及推导过程，让读者能很快地掌握电路的基本概念和分析方法，最后一部分内容中还加入了安全用电的常识。

本书由唐伟杰担任主编，并和各位老师商讨确定编写提纲，全书由唐伟杰统稿，王倩副主编。具体编写分工如下：第一章和第二章由唐伟杰编写；第三章由唐伟杰、赵亭合作编写；第四章由王倩编写。

本书在编写过程中，参考了参考文献中的部分资料，在此对相关作者表示诚挚的感谢。

由于编者水平有限，编写时间仓促，书中难免存在不足之处，敬请读者提出宝贵意见，以便以后修订完善。

编者

2015 年 3 月

目录

第1章 直流电路	1
1.1 电路的基本概念	1
1.1.1 电路和电路模型	1
1.1.2 电流、电压的参考方向	2
1.1.3 电功率和能量	3
1.2 电路基本元件	4
1.2.1 电阻元件	4
1.2.2 电感元件	5
1.2.3 电容元件	6
1.2.4 电源元件	7
1.3 基尔霍夫定律	9
1.3.1 基尔霍夫电流定律	9
1.3.2 基尔霍夫电压定律	11
1.4 电路等效变换	12
1.4.1 电阻电路的等效变换	12
1.4.2 电源模型的等效变换	16
1.5 直流电路的常用分析方法	18
1.5.1 支路电流法	18
1.5.2 节点电压法	21
1.5.3 叠加原理	24
1.5.4 戴维南定理和诺顿定理	25
1.5.5 含受控源的电路分析	30
习题	33
第2章 一阶线性电路的暂态分析	36
2.1 换路定律及初始值	36
2.1.1 电路过渡过程	36
2.1.2 换路定律及初始值的确定	37
2.2 一阶电路的零输入响应	39
2.2.1 RC 电路的零输入响应	40
2.2.2 RL 电路的零输入响应	42

2.3 一阶电路的零状态响应·····	44
2.3.1 RC 电路的零状态响应·····	44
2.3.2 RL 电路的零状态响应·····	46
2.4 一阶电路的全响应·····	49
2.4.1 RC 电路的全响应·····	49
2.4.2 RL 电路的全响应·····	50
2.5 一阶电路的三要素法·····	51
习题·····	54
第3章 正弦交流电路 ·····	55
3.1 正弦交流电的基本概念·····	55
3.1.1 正弦交流电的三要素·····	55
3.1.2 正弦量的有效值·····	56
3.1.3 正弦量的相位差·····	57
3.2 相量表示法·····	59
3.2.1 复数的四种表示形式·····	59
3.2.2 复数的运算·····	60
3.2.3 正弦交流电的相量表示·····	61
3.3 正弦交流电路的分析·····	62
3.3.1 电阻元件的交流电路·····	63
3.3.2 电感元件的交流电路·····	64
3.3.3 电容元件的交流电路·····	67
3.3.4 欧姆定律、基尔霍夫定律的相量形式·····	69
3.3.5 RLC 交流电路·····	70
3.4 正弦交流电路的功率·····	75
3.4.1 瞬时功率·····	75
3.4.2 有功功率、无功功率和视在功率·····	76
3.4.3 功率因数的提高·····	77
3.5 正弦交流电路中的谐振·····	78
3.5.1 串联谐振·····	78
3.5.2 并联谐振·····	79
习题·····	80
第4章 三相交流电路 ·····	83
4.1 三相电源·····	83
4.1.1 三相正弦交流电的产生·····	83
4.1.2 三相电源的星形连接·····	84
4.1.3 三相电源的三角形连接·····	86

4.2 三相交流电路的分析.....	87
4.2.1 负载的连接.....	87
4.2.2 负载星形连接的三相电路.....	88
4.2.3 负载三角形连接的三相电路.....	93
4.3 三相电路的功率.....	95
4.3.1 一般三相电路的功率.....	95
4.3.2 对称三相电路的功率.....	97
4.4 安全用电常识.....	98
4.4.1 触电的危害.....	98
4.4.2 触电方式.....	98
4.4.3 触电的预防	100
4.4.4 电气设备的保护接地和保护接零	100
4.4.5 静电的危害和防护	101
习题.....	102
参考文献	105

第 1 章

直流电路

本章介绍电路的基本概念，电压、电流的参考方向的概念，常用电路的基本元件及伏安特性，电路的基本定律和电路常用的分析方法。

1.1 电路的基本概念

1.1.1 电路和电路模型

所谓电路，就是用导线、开关等将电源和用电设备连接起来，完成一定功能的电流通路。电路的形式是多种多样的，但从电路的本质来说，其组成都有电源、负载、中间环节三个最基本的部分。电路的功能是实现电能的传输和转换、实现信号的传递和处理。例如图 1-1 (a) 所示为手电筒的实物电路，电池把储存的化学能转换成电能供给灯泡，而灯泡把电能转换成光能作为照明之用。

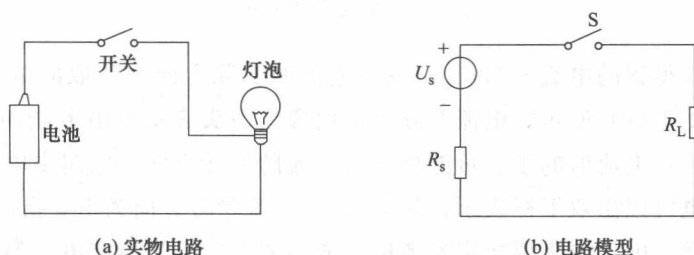


图 1-1 手电筒实物电路和电路模型

在实际运用时，由于实际电路的类型以及工作时发生的物理现象是千差万别的，我们不可能也没有必要去探讨每一个实际电路，而且实际电路不便于分析和计算，但有必要对实际的部件进行理想化后从而转化成电路模型。

图 1-1 (b) 即为手电筒电路的电路模型。电池看成是由恒压源 U_s 和电池内阻 R_s 串联组合而成，灯泡看成为电阻元件 R_L 。由此可见，电路模型就是实际电路的抽象。采用电路模型来分析电路，不仅计算过程大为简化，而且能更清晰地反映电路的物理实质。

1.1.2 电流、电压的参考方向

物理学中规定：电路中电流的实际方向是指正电荷流动的方向，电路中两点之间电压的实际方向是高电位指向低电位的方向；电动势的实际方向是指电源内部由低电位指向高电位的方向。但是在分析复杂电路时往往不能预先知道某段电路上电流、电压的实际方向。为了便于分析，便引出了参考方向的概念。电流、电压的参考方向是人为任意设定的。

参考方向是一个假设的方向，也称正方向，当参考方向选定以后，电流和电压的值才有正负之分。对于电流来讲，按照设定的参考方向，当计算结果为正时，说明电流的实际方向与其参考方向一致；当计算结果为负时，说明电流的实际方向与其参考方向相反。对于电压和电源的电动势，一般规定高电位端为正，低电位端为负，电压的正方向由高电位指向低电位，电源电动势的正方向由低电位指向高电位。它们的实际方向同样由计算结果的正、负号来判断。

如图 1-2 (a) 所示，电流的参考方向是由 a 指向 b 的方向，但流过元件的电流的实际方向可能是由 a 指向 b，也可能是由 b 指向 a。也就是说，电流的参考方向与电流的实际方向要么相同，要么相反。如果经过分析和计算，得到 $i > 0$ ，则表明电流的实际方向与所取的电流参考方向一致。如图 1-2 (b) 所示，电流实际方向由虚线箭头表示出由 a 指向 b。

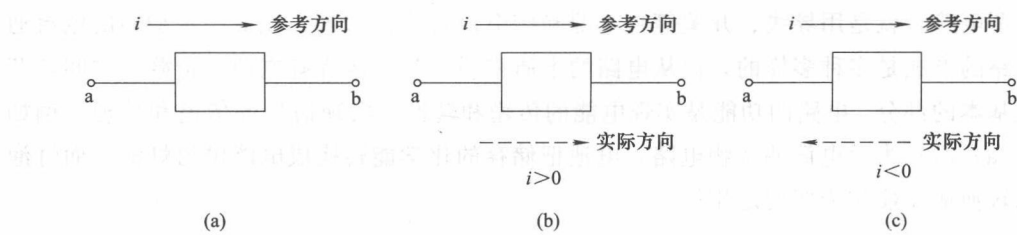


图 1-2 电流参考方向

同理，当计算得到的电流 $i < 0$ 时，说明电流的实际方向与所取的电流参考方向不一致即相反。如图 1-2 (c) 所示，电流实际方向由虚线箭头表示出由 b 指向 a。这样，在指定电流参考方向后，电流值的正、负能反映出电流的实际方向。电路中电流的参考方向一般由箭头表示，也可以由双下标表示，如 i_{ab} 表示电流参考方向为由 a 指向 b。

如同电流一样，电压也需要指定参考极性或参考方向。当指定电压参考方向后，电压 u 的值就成为代数量。在图 1-3 (a) 中，电压参考方向为 a 点的电位高于 b 点的电位，a 点为“+”极性，b 点为“-”极性，若计算得到电压 $u > 0$ ，则表明电压实际方向与参考方向一致，实际上 a 点的电位确实高于 b 点的电位。如图 1-3 (b) 中，计算得到 $u < 0$ ，则说明电压的实际方向与参考方向相反，实际上 b 点的电位确实高于 a 点的电位。电路中电压的参考方向一般由“+”、“-”表示，也可以由双下标表示，如 u_{ab} 表示电压参考方向为由 a 指向 b，即 a 点的参考极性为“+”，b 点的参考极性为“-”。

原则上，电流、电压的参考方向可以任意指定，但是为了计算方便，实际分析时，常常将电流、电压的参考方向取为一致，即关联参考方向，如图 1-4 (a) 所示为关联参考方

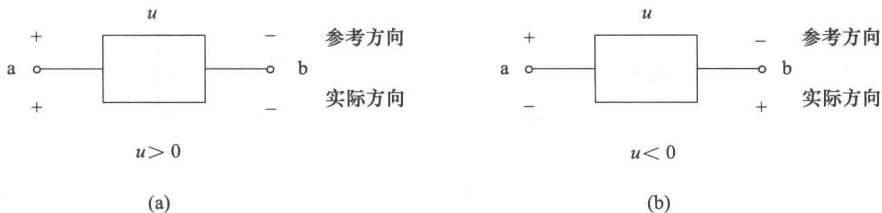


图 1-3 电压参考方向

向，而图 1-4 (b) 所示为非关联参考方向。

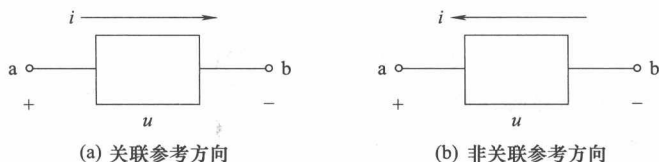


图 1-4 关联方向

1.1.3 电功率和能量

能量和电功率的计算在电路分析中是十分重要的，电路在工作时都是存在电能和其他能量形式的相互转换，通常电气设备工作在额定功率下，使用时电压和电流不能超过额定值，否则会造成器件损坏。

判断元件吸收或释放电能的准则为：当正电荷在电场力的作用下从电压“+”极经元件移动到电压的“-”极，即电场力对电荷做正功，此时元件吸收能量；当正电荷在电场力的作用下从电压“-”极经元件移动到电压的“+”极，即电场力对电荷做负功，此时元件释放能量。单位时间内消耗的电能即为电功率，记为 $p(t)$ 或 p ，表示式为

$$p(t) = \frac{d\omega(t)}{dt}$$

直流电路中，元件上的电功率等于该元件两端的电压与通过该元件电流的乘积，即

$$P = UI$$

电压的单位为伏特 (V)，电流的单位为安培 (A)，功率的单位为瓦特 (W)。

在分析电路时，计算功率分如下两种情况。

(1) 电压、电流取关联参考方向

$$P = UI \quad (1-1)$$

(2) 电压、电流取非关联参考方向

$$P = -UI \quad (1-2)$$

如果计算结果为 $P > 0$ 时，表示该元件吸收功率，该元件为负载；反之，当 $P < 0$ 时，表示元件发出功率，该元件为电源。

【例 1.1】 计算图 1-5 所示各电路的电功率，并说明该元件是吸收还是释放功率。设图 1-5 (a) 中，① $U = 5V$ ， $I = 2A$ ；② $U = -5V$ ， $I = 2A$ 。设图 1-5 (b) 中，③ $U = 5V$ ，

$I = -2\text{A}$; ④ $U = -5\text{V}$, $I = -2\text{A}$ 。

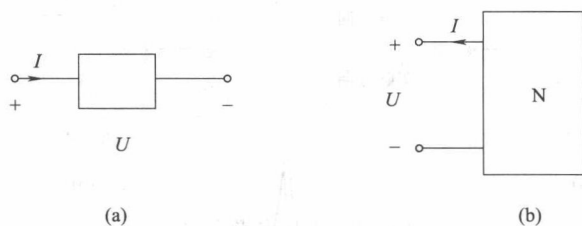


图 1-5 例 1.1 功率的计算

解：如图 1-5 (a) 所示电压与电流为关联参考方向，根据公式 (1-1) 计算如下。

① 计算的电功率为

$$P = UI = 5 \times 2 = 10\text{W}$$

$P > 0$ 时，表示该元件吸收功率。

② 计算的电功率为

$$P = UI = (-5) \times 2 = -10\text{W}$$

$P < 0$ 时，表示该元件释放功率。

在图 1-5 (b) 中，电压和电流为非关联参考方向，根据公式 (1-2) 计算如下。

③ 计算的电功率为

$$P = -UI = -(-5) \times 2 = 10\text{W}$$

$P > 0$ 时，表示该元件吸收功率。

④ 元件提供的电功率为

$$P = -UI = -(-5) \times (-2) = -10\text{W}$$

$P < 0$ 时，表示该元件释放功率。

1.2 电路基本元件

电路中最基本的组成单元是电路元件，电路中分为两种类型的元件：一种为有源元件；另一种为无源元件。有源元件有：发电机、电池等。无源元件有：电阻、电容、电感等。

电路工作时，实质上是通过电路元件将电能与其他形式能量相互转换的过程。比如，电压源和电流源是将其他形式能量转换为电能，电阻元件是将电能转换为热能消耗，电感元件是将电能转换为磁场能，电容元件是将电能转换为电场能。

1.2.1 电阻元件

电阻顾名思义就是对电流的流通起阻碍作用，所以电阻反映出来的也是物体的导电性能。电阻大小与物体材料、环境温度相关，比如银、铜、铝、铁、钨等金属材料是良导体，电阻值小，但当温度升高时，它们的电阻值会增大；另一类材料，如石墨、某些半导体材料和电解液等，电阻值随温度升高而减小；第三类材料，如康铜、锰铜等，当温度变

化时,电阻值变化极小;另外,某些材料在超低温的情况下电阻突然减小为零而形成超导体。

电阻元件分为线性电阻元件和非线性电阻元件,本书只讨论线性电阻元件。线性电阻在电压、电流为参考方向时,任何时刻都满足欧姆定律,即

$$u = Ri \quad (1-3)$$

式中, R 为元件的电阻值,单位为欧姆,简称为欧,用字母 Ω 表示。图 1-6 为电阻元件及伏安特性。

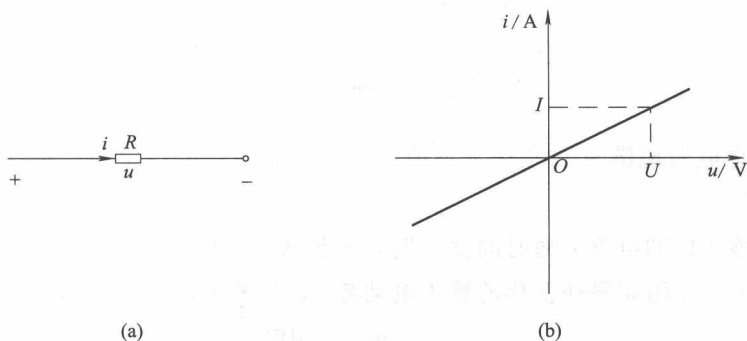


图 1-6 电阻元件及伏安特性

若令 $G = \frac{1}{R}$, 可将式 (1-3) 改写成

$$i = uG \quad (1-4)$$

式中, G 称为电阻元件的电导,单位为西门子,简称西,用字母 S 表示。

电阻消耗的功率用式 (1-5) 表示

$$p = ui = i^2 R = \frac{u^2}{R} = Gu^2 = \frac{i^2}{G} \quad (1-5)$$

电压、电流为参考方向,根据式 (1-5) 计算出来的功率 $P > 0$, 表示吸收功率,由此也可以看出电阻元件是无源元件。

电阻元件从 0 到 T 时刻共消耗的电能为

$$W = \int_0^T p \, dt \quad (1-6)$$

1.2.2 电感元件

电感元件是将电能转变成磁场能的电路元件。如图 1-7 (a) 所示,在一个 N 匝线圈两端的电压为 u , 电流为 i 时,会产生磁通 Φ , 电流的参考方向与磁通的参考方向符合右手螺旋定则,其磁链 Ψ 为

$$\Psi = N\Phi \quad (1-7)$$

电感元件是实际线圈的电路模型,图 1-7 (b) 为线性电感元件的图形符号,磁链是电流 i 的函数,当元件周围的媒质为非铁磁物质(如空气)时,磁链 Ψ 与电流 i 成正比,即

$$\Psi = Li \quad (1-8)$$

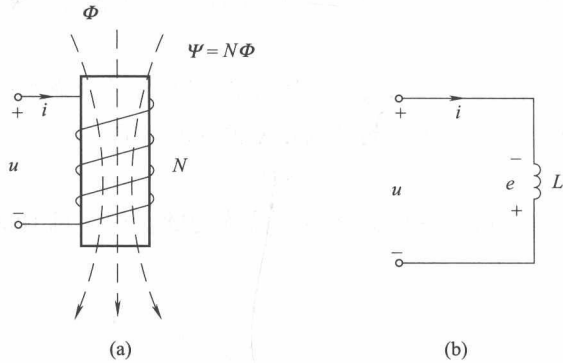


图 1-7 电感线圈、电感元件

式中，磁通 Φ 及磁链 Ψ 的单位为韦伯 (Wb)；电感 L 的单位为亨利 (H)；电流 i 的单位为安培 (A)。

当通过电感元件的电流 i 随时间变化时，磁链 Ψ 也会随之发生变化，根据电磁感应定律，则会产生一个阻碍磁通变化的感生电动势 e ，如图 1-7 (b) 所示，其值为

$$e = -L \frac{di}{dt} = -\frac{d\Psi}{dt} \tag{1-9}$$

又由于

$$u = -e$$

故得到电感元件两端电压和电流的关系为

$$u = L \frac{di}{dt} \tag{1-10}$$

可见，电感是一个动态元件，电感电压 u 与电流 i 的变化率成正比，当在直流电路中时，电流保持不变，所以电流变化率为零，即此时电感两端的电压也为零，电感对电流的阻碍作用也为零，可以看成是短路。

在电流和电压关联参考方向下，电感元件的电功率为

$$p = ui = Li \frac{di}{dt} \tag{1-11}$$

电感是储存磁场能量的元件，当通过电感的电流增大时，磁通量增大，它所储存的磁场能量也增大，但如果电流减小到零，则所储存的磁场能量将全部释放出来。所以电感元件本身并不消耗能量，是一个储能元件。当电感中的电流经过时间 t 从零增大到 i 时，它所储存的磁场能量 w 为

$$w = \int_{-\infty}^t p dt = L \int_0^t i di = \frac{1}{2} Li^2 \tag{1-12}$$

1.2.3 电容元件

电容元件简称电容，是用来储存电场能量的元件，电容元件是电容器的理想化模型。电容器都是由两块金属板间隔以不同的介质（如云母、绝缘纸、电解质、空气等）组成的，在加上电源后，两极板上分别积聚等量的正负电荷，并在介质中建立电场从而具有电

场能量；移去电源后，电荷仍继续聚集在两极板上，电场继续存在。电容器具有保存电荷，储存电场能量的电磁特性。

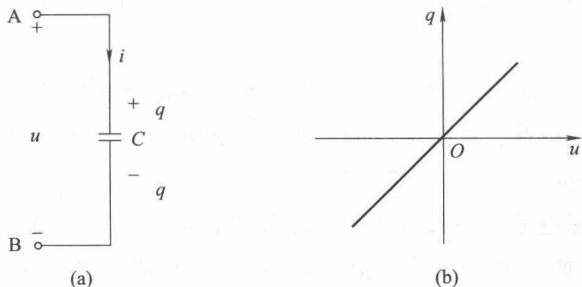


图 1-8 电容元件及伏库特性

如图 1-8 (a) 所示，电容两端的电压 u 与电容元件极板上的电荷量 q 的关系为

$$C = \frac{q}{u} \quad (1-13)$$

式中， C 为电容元件的电容值，为一个正实数。当 u 的单位为伏 (V)， q 的单位为库伦 (C) 时， C 的单位为法拉 (F)，简称法。

图 1-8 (b) 表示的为线性电容的伏库特性，是一条通过原点的直线，其斜率便是电容值 C ，本书中无特殊说明的电容均为线性电容。

在图 1-8 (a) 中，电压与电流为关联参考方向，当电容 C 两端的电压 u 变化时，极板上存储的电荷就随之发生变化，则有电流 i 为

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{dCu}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-14)$$

由式 (1-14) 可知，某时刻流过电容的电流 i 取决于电容两端电压的变化率，与此时的电压大小无关，所以电容也属于动态元件。在直流电路中，由于加在电容两端的电压保持不变，所以电压变化率为零，即流过电容的电流也为零，故此时电容相当于开路。

在电压和电流取关联参考方向时，线性电容吸收的功率为

$$p = ui = Cu \frac{du}{dt} \quad (1-15)$$

若电容两端的电压为从零增大到 t 时刻的 u ，则存储在电容中的电场能量为

$$w = \int_{-\infty}^t p dt = \int_{-\infty}^t ui dt = C \int_0^u u \frac{du}{dt} dt = C \int_0^u u du = \frac{1}{2} Cu^2 \quad (1-16)$$

由式 (1-16) 可以知道，电容元件在某一时刻存储的电场能只取决于其参数 C 和该时刻的电压值，当电容两端的电压 u 增大时，电容存储的电场能增大，说明此时电容将电能转化成电场能存储起来；当电容两端的电压 u 减小，电容存储的电场能减小，说明此时电容将存储的电场能释放出来。

1.2.4 电源元件

电源元件是实际电源在一定条件下抽象化的电源模型，可分为独立电源和非独立电源。独立电源能独立对电路提供电能，有电压源、电流源，非独立电源不能独立向外电路

提供电能，非独立电源又称之为受控（电）源，受控源的电压、电流受电路中某部分电压或电流控制。

(1) 电压源 理想电压源简称电压源，电压源的端电压是定值 U_s 或是一定的时间函数 $u_s(t)$ ，与流过的电流无关。

图 1-9 (a) 为直流电压源电路符号，直流电压源也可用图 1-9 (b) 来表示，图 1-9 (c) 为直流电压源伏安特性。流过电压源的电流不是由电压源本身确定的，而是由与之相连接的外部电路来决定的。

(2) 电流源 理想电流源简称电流源，流过电流源的电流是定值 I_s 或是一定的时间函数 $i_s(t)$ ，与外部所加的电压无关。图 1-10 (a) 为直流电流源电路符号，图 1-10 (b) 为直流电流源伏安特性。

电流源两端的电压不是由电流源本身确定的，而是由与之相连接的外部电路来决定的。

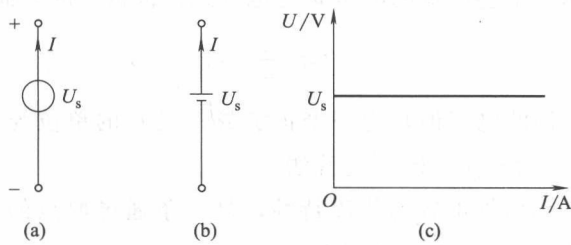


图 1-9 直流电压源及伏安特性

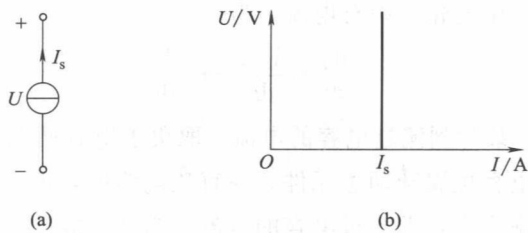


图 1-10 直流电流源及伏安特性

(3) 受控电源 根据受控电压源、受控电流源的控制量是电压或是电流，可以将受控源分为 4 种：电压控制电压源（VCVS）、电流控制电压源（CCVS）、电压控制电流源（VCCS）、电流控制电流源（CCCS）。

如图 1-11 所示为 4 种受控源的电路符号，其中 u_1 、 i_1 为控制电压和控制电流， μ 为电压控制电压源的放大系数， r 为电流控制电压源的转移电阻， g 为电压控制电流源的转

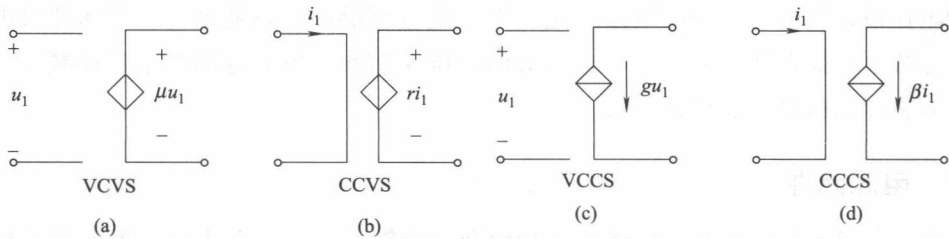


图 1-11 受控源

移电导, β 为电流控制电流源的放大系数。当比例系数 μ 、 r 、 g 、 β 为常数时, 说明受控源是线性受控源。

1.3 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是 1945 年由德国科学家基尔霍夫提出的, 基尔霍夫定律既适用于线性电路, 又适用于非线性电路, 是分析电路最基本的定律。它包括基尔霍夫电流定律 (KCL) 和基尔霍夫电压定律 (KVL)。基尔霍夫电流定律是研究各节点电流之间的关系, 基尔霍夫电压定律是研究各回路电压之间的关系。

为了更好地理解基尔霍夫定律, 有必要先介绍支路、节点、回路和网孔的概念。

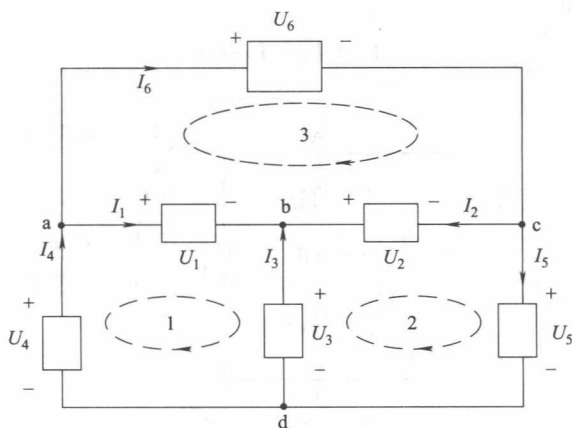


图 1-12 支路、节点、回路和网孔

支路: 组成电路中的每个二端元件就形成一条支路, 如图 1-12 所示, 有 6 条支路, 分别为 ab、bc、bd、ad、cd、ac, 每条支路都有支路电流, 分别为 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 、 I_5 、 I_6 , 方向如图 1-12 所示。

节点: 三条或三条以上支路的连接点称为节点。如图 1-12 所示电路中的 a、b、c、d 点。

回路: 电路中任意闭合路径叫回路。如图 1-12 所示, 回路有 abda、bcdcb、acba、acda、abcda。

网孔: 指的是没有支路穿过的回路。在图 1-12 中, 有 abda、bcdcb、acba 共 3 个网孔。

1.3.1 基尔霍夫电流定律

基尔霍夫电流定律指出: 任一时刻, 电路中任一节点上的电流代数和恒等于零。规定流出节点的电流前面取“+”号, 流入节点的电流前面取“-”号。按电流参考方向来判断电流是流入节点还是流出节点。

$$\sum I = 0 \quad (1-17)$$

如图 1-12 所示, 对于节点 a 应用 KCL 有

$$I_1 + I_6 - I_4 = 0 \quad (1-18)$$

将式 (1-18) 变换成

$$I_4 = I_1 + I_6 \quad (1-19)$$

即流进节点的电流等于流出节点的电流。

$$\sum I_{\text{in}} = \sum I_{\text{out}} \quad (1-20)$$

基尔霍夫电流定律不仅适合于电路中任一节点, 还适合于电路中任一闭合面。如图 1-13 所示电路, 有 A、B、C 三个节点, 分别应用 KCL 有

$$I_1 + I_5 - I_4 = 0 \quad (1-21)$$

$$I_4 + I_6 - I_2 = 0 \quad (1-22)$$

$$I_3 - I_5 - I_6 = 0 \quad (1-23)$$

联立上面三式得到

$$I_1 + I_3 - I_2 = 0 \quad (1-24)$$

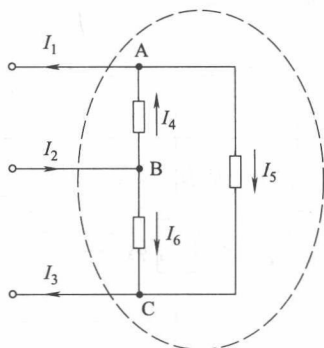


图 1-13 KCL 推广应用

【例 1.2】如图 1-14 所示电路, 已知 $I_1 = 1\text{A}$, $I_2 = -2\text{A}$, $I_4 = 3\text{A}$, $I_5 = 2\text{A}$, $I_6 = 4\text{A}$, 求 I_3 , I_7 , I_8 , I_9 。

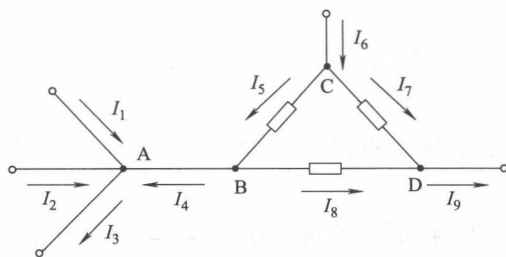


图 1-14 例 1.2 图

解: 根据 KCL 分别对 A、B、C、D 节点列写方程

$$I_3 - I_1 - I_2 - I_4 = 0$$

$$I_4 + I_8 - I_5 = 0$$

$$I_5 + I_7 - I_6 = 0$$

$$I_9 - I_7 - I_8 = 0$$