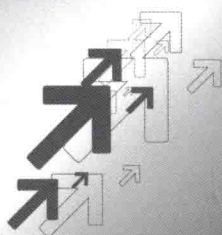


高丽丽 吕俊芳 栾兆学 等编

电工 快速入门



全掌握



DIANGONG KUAISURUMEN QUANZHANGWO



化学工业出版社

高丽丽 吕俊芳 栾兆学 等编

电工 快速入门

全掌握



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电工快速入门全掌握/高丽丽等编. —北京: 化学工业出版社, 2015. 5

ISBN 978-7-122-23390-5

I. ①电… II. ①高… III. ①电工技术-基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 056564 号

责任编辑: 宋 辉

装帧设计: 王晓宇

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 13 $\frac{3}{4}$ 字数 363 千字 2015 年 6 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: 39.00 元

版权所有 违者必究

前言 FOREWORD

随着电能在各行各业的广泛应用，从事电气技术工作的人员也将越来越多。为了帮助广大电工技术人员，特别是初学者更快、更好地学习和掌握电工技术基本知识和技能，特编写了本书，以供学习和参考，希望读者能从中受益。

本书从实用的角度出发，系统地介绍了电工技术的基本知识和操作技能。全书内容包括电工技术基础知识、电工测量仪表、电工器件的识别与检测、变压器、常用低压电器、电动机、常用电动机控制电路、电工操作技能、输配电与照明电路、安全用电基本知识等。

本书针对电工从业人员的特点和需求，既简明扼要地介绍了相关的基本理论知识，又通过大量的图表以图解的形式突出了实用性和操作性，同时，为了突显一些重点内容，书中使用了“提示”、“注意”、“结论”、“操作”等小标题，以引起读者重视。

本书内容深入浅出、图文并茂、通俗易懂，使读者易于学习和掌握，既可作为初级电工的职业培训教材，又可供职业技术学院等相关专业的师生以及广大电工技术爱好者学习与参考。

本书由高丽丽、吕俊芳、栾兆学等编写，另外参加编写工作的还有管殿柱、李文秋、宋一兵、王献红、付本国、丁军航、赵景波、赵景伟等。

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请各位读者批评指正。

编者

目 录 CONTENTS

第1章 电工技术基础知识 1

1.1 电路的基本知识	1
1.1.1 电路的作用与组成	1
1.1.2 电路的工作状态	2
1.1.3 电路的基本物理量及其方向	3
1.1.4 电阻元件、电感元件和电容元件	5
1.2 电路的基本定律和分析方法	7
1.2.1 欧姆定律	7
1.2.2 基尔霍夫定律	8
1.2.3 电源的两种模型及其等效变换	9
1.2.4 支路电流法	11
1.2.5 叠加定理	12
1.2.6 最大功率传输	13
1.3 正弦交流电路	13
1.3.1 正弦交流电的基本概念	14
1.3.2 单一参数正弦交流电路	16
1.3.3 三相正弦交流电路	19

第2章 电工测量仪表 22

2.1 电工测量的数据和方法	22
2.2 电工测量仪表的分类	22
2.2.1 磁电式仪表	23
2.2.2 电磁式仪表	23
2.2.3 电动式仪表	24
2.3 常用电工仪表及使用方法	25
2.3.1 低压验电笔	25
2.3.2 数字万用表	27
2.3.3 数字钳形电流表	31
2.3.4 数字兆欧表	33
2.3.5 电度表	35
2.4 电流、电压和功率的测量	37
2.4.1 电流的测量	37
2.4.2 电压的测量	38
2.4.3 功率的测量	38
2.5 电阻的测量	40
2.6 非电量的电测法	42

2.6.1	应变电阻传感器	42
2.6.2	电感传感器	42
2.6.3	电容传感器	43
2.6.4	热电传感器	43

第3章 电工器件的识别与检测 46

3.1	电阻器	46
3.1.1	电阻器的识别	46
3.1.2	电阻器的主要参数	48
3.1.3	敏感电阻器	49
3.1.4	电阻器的检测	51
3.2	电位器	52
3.2.1	电位器的识别	52
3.2.2	电位器的主要参数	53
3.2.3	电位器的检测	54
3.3	电容器	56
3.3.1	电容器的识别	56
3.3.2	电容器的主要参数	58
3.3.3	电容器的检测	59
3.4	电感器	62
3.4.1	电感器的识别	62
3.4.2	电感器的主要参数	63
3.4.3	电感器的检测	64

第4章 变压器 65

4.1	变压器的种类和符号	65
4.2	变压器的工作原理和作用	66
4.2.1	变压器的基本结构	66
4.2.2	变压器的工作原理	67
4.2.3	变压器的作用	67
4.3	变压器的型号和主要参数	70
4.3.1	变压器的型号	70
4.3.2	变压器的主要参数	71
4.4	几种常用变压器	73
4.4.1	电源变压器	73
4.4.2	自耦变压器	74
4.4.3	电焊变压器	75
4.4.4	电流互感器与电压互感器	76
4.4.5	音频变压器	77
4.4.6	高频变压器	78
4.5	变压器的检测	79

第5章 常用低压电器 81

5.1 低压熔断器	81
5.1.1 熔断器的种类与符号	81
5.1.2 熔断器的选用	84
5.1.3 熔断器的常见故障及处理方法	84
5.2 低压开关	85
5.2.1 组合开关	85
5.2.2 万能转换开关	86
5.2.3 低压开关的检测	87
5.3 低压断路器	88
5.4 交流接触器	90
5.5 继电器	93
5.5.1 时间继电器	93
5.5.2 中间继电器	96
5.5.3 热继电器	97
5.5.4 过电流继电器	100
5.5.5 继电器的检测	101
5.6 控制按钮	102
5.7 行程开关	104
5.8 Y- Δ 启动器	106
5.9 自耦降压启动器	107
5.10 磁力启动器	110

第6章 电动机..... 113

6.1 电动机的分类与结构	113
6.2 三相异步电动机的铭牌及接法	115
6.2.1 三相异步电动机的铭牌	115
6.2.2 三相异步电动机的接法	117
6.3 三相异步电动机的启动	118
6.3.1 启动性能	118
6.3.2 启动方法	119
6.4 三相异步电动机的调速	122
6.4.1 变频调速	122
6.4.2 变极调速	123
6.4.3 变转差率调速	123
6.5 三相异步电动机的制动	124
6.5.1 能耗制动	124
6.5.2 反接制动	125
6.5.3 发电反馈制动	125
6.6 三相异步电动机使用时的注意事项	126
6.7 三相异步电动机常见故障检修	127

第7章 常用电动机控制电路 131

7.1 点动与连续运行控制电路	131
7.1.1 点动控制电路	131
7.1.2 连续运行控制电路	132
7.1.3 点动与连续运行混合控制电路	133
7.2 多地控制电路	135
7.3 顺序控制电路	136
7.4 正反转控制电路	138
7.5 行程（位置）控制电路	141
7.6 自动往返控制电路	143
7.7 降压启动控制电路	144
7.8 能耗制动控制电路	148
7.9 多速电动机调速控制电路	149

第8章 电工操作技能 151

8.1 常用电工材料及选用方法	151
8.1.1 导线与电缆	151
8.1.2 绝缘材料	155
8.1.3 保险材料	156
8.2 常用电工工具的识别与使用	157
8.3 布线方法	159
8.3.1 布线的一般原则	159
8.3.2 明线	160
8.3.3 暗线	161
8.3.4 导线接线头的安排	161
8.4 导线的连接与绝缘恢复	163
8.4.1 导线线头绝缘层的剖削	163
8.4.2 导线连接的基本要求	165
8.4.3 常用连接方法	166
8.4.4 导线连接处的绝缘恢复	170

第9章 输配电与照明电路 172

9.1 发电和输配电概述	172
9.2 室内配电	176
9.2.1 配电方案	176
9.2.2 配电箱	178
9.3 照明电路	179
9.3.1 照明灯光源	179
9.3.2 照明灯具的类型及安装要求	180
9.3.3 照明灯基本控制电路	182
9.3.4 照明灯的自动控制	184
9.3.5 照明电路常见故障的分析与检查	187

第 10 章 安全用电基本知识	189
10.1 触电及其预防	189
10.1.1 触电危害	189
10.1.2 安全电流与安全电压	190
10.1.3 触电方式	190
10.1.4 触电后的急救措施	192
10.1.5 预防触电的基本措施	195
10.2 安全色与安全用电标志	195
10.3 接地和接零	199
10.4 电气安全用具	202
10.4.1 绝缘安全用具	202
10.4.2 一般防护安全用具	205
10.5 带电作业的基本防护措施	208
参考文献	211

第 1 章

电工技术基础知识

1.1 电路的基本知识

电路是电工技术的重要基础，也是学习电子电路、电机电路以及控制与测量电路的基础。电路按使用电源的不同分为直流电路和交流电路。若电路工作时电流的大小和方向不随时间变化，这种电路称为直流电路；若电路工作时电流的大小和方向随时间变化，则称为交流电路。直流电路中讲述的基本概念、定律和分析方法，同样适用于交流电路。

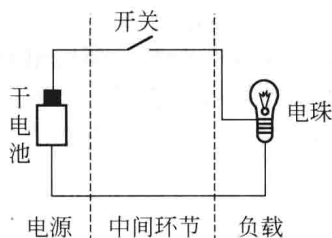
1.1.1 电路的作用与组成

电路是电流的通路。它是为了满足某种需要由某些电工设备或元器件按一定方式组合起来的。

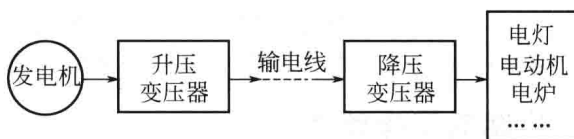
(1) 电路的作用

不管电路简单还是复杂，其作用可归结为两个方面。

① 实现能量的传输与转换，如图 1-1 所示的手电筒电路和电力系统电路。手电筒电路是把干电池的化学能转换为灯泡的光能；在电力系统中，由发电机将其他形式的能量转换成电能，再通过变压器、输电线送到负载，负载再将电能转换成光能、机械能、热能等。



(a) 手电筒电路



(b) 电力系统电路

图 1-1 手电筒电路和电力系统电路

② 实现信号的传输、变换与处理。典型的例子有电话机、收音机、电视机、扩音机等，它们是将声音或图像等信息转换为电信号，经放大处理后送给负载，负载再将电信号转换成声音或图像等。图 1-2 所示为扩音机电路。

以上两类电路有时没有严格的区分，因为有时在变换或传输能量时，往往伴随着信号的变换与传输；有时在变换或传输信号时，也存在能量的变换

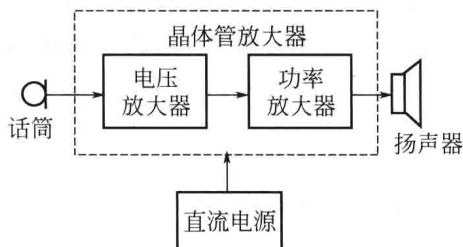


图 1-2 扩音机电路

或传输。两类电路的区分主要是看哪方面因素占主导地位。

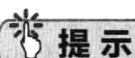
(2) 电路的组成

从图 1-1 和图 1-2 所示电路可以看出, 不管什么电路, 它们基本都可以看成由以下三部分组成: 电源、负载和中间环节。

① 电源。电源是为电路提供电能的设备, 它将化学能、光能、机械能等非电能转换为电能。如电池、发电机、信号源等。

② 负载。负载是指各种用电设备, 它可以把电能转换为其他形式的能量, 如光能、机械能、热能等。常见的负载有电灯、电动机、电炉、显像管、扬声器等。

③ 中间环节。中间环节是电源与负载之间必不可少的一个环节, 起到传输、分配和控制电能的作用或对电信号进行传递和处理。它可以是导线、开关、控制环节、也可以是放大器、滤波器等信号处理变换环节。



提示

电源或信号源的电压或电流称为激励, 它推动电路工作; 由激励所产生的电压和电流称为响应。

(3) 电路模型和电路图

① 电路模型。组成实际电路的各种元件或器件的电磁性质、形状、大小一般比较复杂, 为了便于对实际电路进行分析和用数学描述, 常将它们进行理想化 (或称模型化), 即在一定条件下突出其主要的电磁性质, 忽略其次要因素, 把它近似地看作理想电路元件 (简称电路元件)。理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。例如, 白炽灯的主要电性能是消耗电能, 可用一个代表消耗电能的理想电阻元件作为模型。

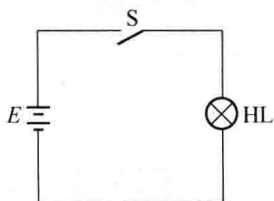


图 1-3 手电筒电路图

由能够反映实际电路元件电磁性质的理想电路元件组成的电路称为电路模型。电路模型是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。以后所分析的都是指电路模型, 简称电路。

② 电路图。在实际工作中, 为了便于分析、研究电路, 通常将电路模型用国家标准规定的图形和符号来表示, 这种图称为电路原理图, 简称电路图。图 1-3 就是图 1-1(a) 的电路图。

1.1.2 电路的工作状态

了解电路的工作状态及特点, 对正确分析电路及安全用电有着非常重要的指导作用。电路有通路、开路和短路三种基本状态。

(1) 通路

通路是指处处连通的电路, 也称闭合电路。如图 1-4(a) 所示, 将开关 S 闭合, 电源和负载接通, 即称为通路。通路对电源而言称为有载状态。

通路时, 电源向负载提供的电流为

$$I = \frac{U_s}{R_s + R_L} \quad (1-1)$$

负载两端的电压为

$$U = IR_L = \frac{R_L}{R_s + R_L} U_s \quad (1-2)$$

(2) 开路

开路又称断路,指电路中某一部分断开,如开关断开,或出现熔断器熔丝烧断、导线断线故障等,如图 1-4(b) 所示。

开路时,电路中没有电流通过,因此负载的电流、电压和得到的功率都为零。但电源电压仍存在,对电源来说称为空载状态,不向负载提供电压、电流和功率,但其端电压(开路电压)最大。

(3) 短路

由于工作不慎或负载的绝缘破损等原因,致使电源两端被阻值近似为零的导体连通,称为短路,如图 1-4(c) 所示。

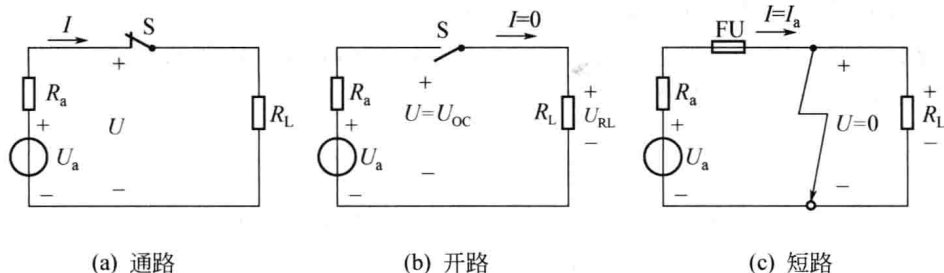


图 1-4 电路工作状态

电路短路时,电源的端电压即负载的电压及负载的电流与功率均为零。此时,通过电源的电流最大,称为短路电流。



注意

短路通常是严重的事故,应尽量避免。为了防止电源被短路,通常在电路中接入熔断器或自动断路器。

1.1.3 电路的基本物理量及其方向

(1) 电流

单位时间内通过某一截面的电荷量称为电流。电流的基本单位为安培(A),也常用千安(kA)、毫安(mA)、微安(μA)等,它们的换算关系为: $1\text{kA}=10^3\text{A}$, $1\text{mA}=10^{-3}\text{A}$, $1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A}$ 。

电流的实际方向规定为正电荷定向运动的方向。在分析和计算较为复杂的电路时,往往难于事先判断电流的实际方向,因此往往任意选定某一方向作为电流的正方向,也称参考方向。

在规定的参考方向下,若电流为正值,说明电流的参考方向与实际方向相同;若电流为负值,说明电流的参考方向与实际方向相反。如图 1-5 所示。

(2) 电压与电动势

① 电压。电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功定义为 a 、 b 两点间的电压。电压的基本单位为伏特(V),也常用千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μV)等,它们的换算关系为: $1\text{千伏(kV)}=1000\text{伏(V)}$, $1\text{伏(V)}=1000\text{毫伏(mV)}$, $1\text{毫伏(mV)}=1000\text{微伏(}\mu\text{V)}$ 。

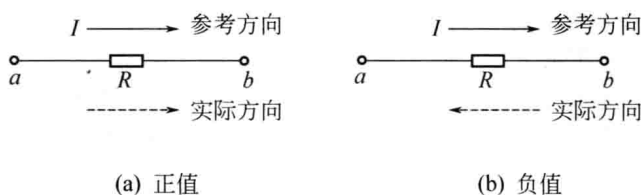


图 1-5 电流的参考方向

电压的实际方向规定为电位降低的方向，即由高电位指向低电位的方向。在分析和计算电路时也往往任意选定某一方向作为电压的参考方向。

在规定的参考方向下，若电压的参考方向与实际方向相同，电压取正值；若电压的参考方向与实际方向相反，电压取负值，如图 1-6 所示。

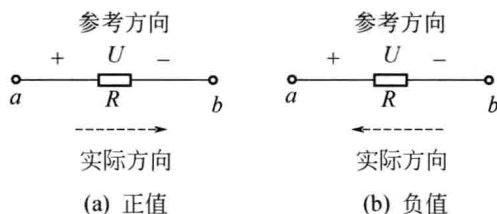


图 1-6 电压的参考方向

② 电动势。电源是提供电能的装置，电动势是衡量电源内部非电能转化为电能的固有特性的物理量，用“ E ”表示，其基本单位是伏特（V）。

电动势的方向规定为由负极指向正极，即电位升高的方向；而电源外部端电压的方向是由正极指向负极，即电位降低方向，两者的正方向正好相反。

提示

- ① 在参考方向选定后，电流（或电压）值才有正负之分。
- ② 在电路图上所标的电流、电压和电动势的方向，一般都是参考方向。
- ③ 分析、计算同一电路时，参考方向一经选定就不能再随意改变。

(3) 关联参考方向

若电流和电压的参考方向取得相同，称为关联参考方向，否则称为非关联参考方向。如图 1-7 所示。

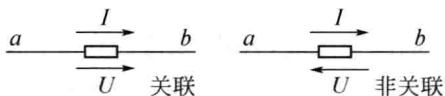


图 1-7 关联参考方向与非关联参考方向

(4) 电位

在电路中任意选一点作为参考点，并设参考点的电位为零，则电路中某点至参考点的电压称为该点的电位，用 V 表示。电位的单位也为伏特（V）。

电位的参考点可以任意选定。当电路中有接地点时，通常以地为参考点；若没有接地点

时,则选择较多导线汇集点为参考点。参考点用符号“⊥”表示。

电路中,若某点电位为正,说明该点电位比参考点高;若某点电位为负,说明该点电位比参考点低。

根据电压和电位的定义可知, a 、 b 两点间的电压等于 a 、 b 两点间的电位之差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-3)$$

因此,电压也称为电位差。

提示

- ① 电位值是相对的,参考点选取的不同,电路中各点的电位也将随之改变;
- ② 电路中任意两点间的电压与参考点的选择无关。即对于不同的参考点,虽然各个点的电位不同,但是任意两点间的电压始终不变。

(5) 电功率与电能

① 电功率。电功率是电路分析中的另一个常用物理量,它用来衡量元器件在单位时间内消耗的电能或电流在单位时间内完成的电功,简称功率,用“ P ”表示。对于一段直流电路,若已知元件的电压和电流,则功率的表达式为 $P=UI$ 。

在国际单位制中,功率的基本单位为瓦特(W),也常用千瓦(kW)、毫瓦(mW)。它们的换算关系为:1千瓦(kW)=1000瓦(W),1瓦(W)=1000毫瓦(mW)。

如果电压、电流的参考方向一致,功率为正值(即 $P>0$),说明该段电路吸收(或消耗)功率;反之,如果电压、电流的参考方向不一致,功率为负(即 $P<0$),说明该段电路输送(或提供)功率。

② 电能。负载上消耗的电能可用公式 $W=Pt$ 来计算,单位为焦[耳],简称焦(J)。工程上常用“千瓦时”(kW·h)作为电能的实用单位。

$$1\text{kW}\cdot\text{h}=1000\text{W}\times 3600\text{s}=3.6\times 10^6\text{J}$$

通常电度表上显示的读数“1度”的含义为:功率为1千瓦(kW)的电气设备使用1小时(h)所消耗的电能,即1度=1kW·h,它是电能的另一个工业计量单位。

1.1.4 电阻元件、电感元件和电容元件

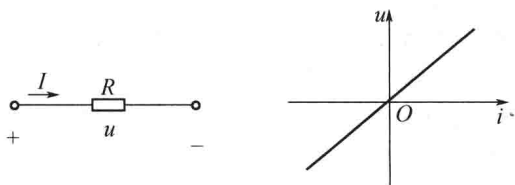
电路元件按能量特性,可分为无源和有源元件;按与外部连接的端子数目,可分为二端、三端、四端元件等;按伏安特性,可分为线性元件与非线性元件。本小节将讨论电阻、电感和电容等无源二端元件的概念以及它们的伏安特性。

(1) 电阻元件

电阻元件是一种表示只消耗电能的理想元件。电阻器、白炽灯、电炉等实际器件的主要特性是消耗电能,在一定条件下,可用电阻元件作为模型。理想电阻元件是一个由欧姆定理描述其电压电流关系的线性二端元件。电阻元件的符号,如图1-8(a)所示。在端电压和电流取关联参考方向时,电压与电流之间呈线性关系,可表示为

$$u=Ri \quad (1-4)$$

式中 R ——电阻元件的参数,反映元件阻碍电流流过的能力,为实常数,单位为欧姆(Ω)。电阻元件的伏安特性,



(a) 符号

(b) 伏安特性曲线

图1-8 电阻元件的符号及伏安特性曲线

如图 1-8(b) 所示。它是一条通过坐标原点的直线，其斜率为 R 。

提示

严格地讲，实际的电阻器件都是非线性的，但在许多应用领域，可以近似地用线性电阻元件作为模型。

(2) 电感元件

电感元件是一种只表示储存磁场能量的理想元件。电感的结构是将导线缠绕在金属铁或铁氧体等磁性材料上，如图 1-9(a) 所示。当电流通过线圈绕组时将产生磁通，并建立起磁场，在线圈中也必然储存磁场能量。电感元件是电感线圈的电路模型，电感元件的符号，如图 1-9(b) 所示。

当电感元件中磁通 Φ 或电流 i 发生变化时，在电感元件中产生的感应电动势为

$$e_L = -N \frac{d\Phi}{dt} = -L \frac{di}{dt} \quad (1-5)$$

式中 L ——电感参数，为正实常数，单位为亨利 (H) 或毫亨 (mH)， $1\text{H} = 10^3\text{mH} = 10^6\mu\text{H}$ 。

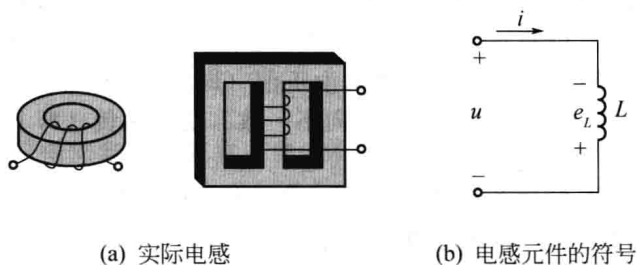


图 1-9 电感元件

由图 1-9(b)，根据基尔霍夫电压定律可写出

$$U + e_L = 0 \text{ 或 } U = -e_L = L \frac{di}{dt} \quad (1-6)$$

由式 (1-6) 可见，电感电压正比于电流的变化率，即 $u \propto \frac{di}{dt}$ 。当流过电感元件的电流为恒定的直流电流时，则电感的端电压 $U=0$ ，电感元件相当于短路。

将式 (1-6) 两边同乘以 i ，并积分之，则得电感元件中的磁场能量为

$$w_L(t) = \int_0^t u i dt = \int_0^i L i di = \frac{1}{2} L i^2 \quad (1-7)$$

式 (1-7) 表明当电感元件中的电流增大时，磁场能量增大；在此过程中电能转换为磁能，即电感元件从电源取用能量。当电流减小时，磁场能量减小，磁能转换为电能，即电感元件向电源放还能量。可见电感元件不消耗能量，是储能元件。

(3) 电容元件

电容元件是一种只表示储存电场能量的理想元件。实际的电容器是由两金属极板中间隔以绝缘介质组成的，如图 1-10(a) 所示。当有电流向电容器的极板上传输电荷时，它的极板之间就建立起电场，同时也必然储存电场能量。电容元件就是电容器的电路模型，电容元件的符号，如图 1-10(b) 所示。

在电压与电流取关联参考方向时，电容元件的电压电流关系为：

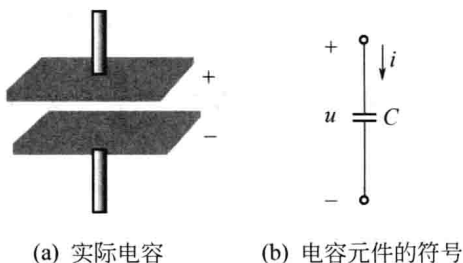


图 1-10 电容元件

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt} \quad (1-8)$$

式中 C ——电容参数，为正实常数，单位为法拉 (F)。工程上多采用微法 (μF) 或皮法 (pF)。 $1\mu\text{F} = 10^{-6}\text{F}$ ， $1\text{pF} = 10^{-12}\text{F}$ 。

由式 (1-8) 可见，电容的电流正比于其两端电压的变化率，即 $i \propto \frac{du}{dt}$ 。当电容两端电压为恒定的直流电压时，电容的电流 $i = 0$ ，此时电容相当于开路。

将式 (1-8) 两边同乘以 u ，并积分之，则得电容元件中的电场能量为

$$w_C(t) = \int_0^t ui \, dt = \int_0^u Cu \, du = \frac{1}{2}Cu^2 \quad (1-9)$$

式 (1-9) 表明当电容元件上的电压增高时，电场能量增大；在此过程中电容元件从电源取用能量 (充电)。当电压降低时，电场能量减小，即电容元件向电源放还能量 (放电)。可见电容元件也是储能元件。

1.2 电路的基本定律和分析方法

1.2.1 欧姆定律

欧姆定律是电路的最基本定律之一，是用来确定电路中各部分的电压、电流之间关系的定律。

欧姆定律是指通过某段支路电阻上的电流 I 的大小与加在其两端的电压 U 的大小成正比，而与该支路电阻 R 的大小成反比。

欧姆定律的数学表达式为：

$$I = \frac{U}{R} \quad \text{或} \quad U = IR \quad (1-10)$$

欧姆定律与参考方向的关系如图 1-11 所示：

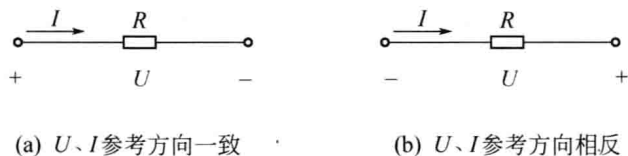


图 1-11 欧姆定律与参考方向

① U 、 I 为关联参考方向时, 其表达式为 $I = \frac{U}{R}$ 或 $U = IR$

② U 、 I 为非关联参考方向时, 其表达式为 $I = -\frac{U}{R}$ 或 $U = -IR$

1.2.2 基尔霍夫定律

分析与计算电路的基本定律, 除了欧姆定律外, 还有基尔霍夫电流定律和电压定律。基尔霍夫电流定律应用于结点, 电压定律应用于回路。

(1) 基本概念

以图 1-12(a) 中的电路为例。

① 支路: 电路中通过同一电流的每一分支为支路。图中有三条支路, 分别为 BAF、BCD 和 BE。支路 BAF、BCD 中含有电源, 称为含源支路; 支路 BE 中不含电源, 称为无源支路。

② 结点: 电路中三条或三条以上支路相连接的点称为结点。图中有 B、E 两个结点。

③ 回路: 由一条或多条支路所组成的闭合电路。图中 ABEFA、BCDEB、ABCDEF 均为回路。

④ 网孔: 内部不含支路的回路。图中 ABEFA 和 BCDEB 都是网孔, 而 ABCDEF 则不属于网孔。

(2) 基尔霍夫电流定律 (KCL)

基尔霍夫电流定律指出: 在任一瞬时, 流入某一结点的电流之和应该等于由该结点流出的电流之和。

在图 1-12(a) 所示的电路中, 对于 B 结点可以写出

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (1-11)$$

或改写为

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0 \quad (1-12)$$

即 $\sum I = 0$ 。

由式 (1-12) 可得出基尔霍夫电流定律的另外一种表述: 在任一时刻, 流入电路中任一结点电流的代数和恒为零。规定参考方向指向结点的电流取正号, 反之取负号。

基尔霍夫电流定律不仅仅适用于结点, 也可推广应用到包围几个结点的闭合面 (也称为广义结点)。如图 1-12(b) 所示, 可以把虚线内的三角形看作广义结点。用 KCL 方程可表示为 $I_A + I_B + I_C = 0$, 即 $\sum I = 0$ 。由此可见, 在任一时刻, 流过任一闭合面的电流代数和恒等于零。

(3) 基尔霍夫电压定律 (KVL)

基尔霍夫电压定律指出: 从回路中任意一点出发, 以顺时针方向或逆时针方向沿回路循环一周, 则在这个方向上的电位降之和应该等于电位升之和。

在图 1-12(a) 中, 对于回路 ABCDEF 回路取顺时针循环方向, 根据 KVL 定律, 可得

$$U_1 + U_{S2} = U_2 + U_{S1} \quad (1-13)$$

或改写为

$$U_1 + U_{S2} - U_2 - U_{S1} = 0 \quad (1-14)$$

即 $\sum U = 0$ 。