

主 编◎荣红梅  
副主编◎李桂华 张 震 焦新伟  
主 审◎唐西光

# 电工电子技术

DIANGONG DIANZI JISHU

# 电工电子技术

主 编 荣红梅  
副主编 李桂华 张 震 焦新伟  
参 编 任秀娟 孙红霞 张秀芹 马康忠  
主 审 唐西光

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

本书设置了若干个应用型的项目, 每个项目均有若干个具体典型工作任务完成, 全书共分 13 个项目, 分别为: 制作简易直流电路; 家庭配电线路的设计与安装; 动态电路分析; CW6132 型车床照明电路; CW6132 型车床控制电路; 制作电源指示灯电路; 电子助记器; 霍尔计数器; 声控灯电路; 产生报警信号的电路的设计; 表决器电路的设计; 24 进制计数器、译码、显示电路的设计; 最后一个项目添加了电工电子技术实验, 仅供教学选择使用。

教材结构合理、脉络清晰, 内容排列由易到难, 由简到繁, 通俗易懂, 梯度明晰。是专门为高等院校对电工技术和电子技术有一定要求, 而又学时较少的非电类相关专业开设的。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

电工电子技术/荣红梅主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 8

ISBN 978-7-5682-4490-9

I. ①电… II. ①荣… III. ①电工技术-高等学校-教材②电子技术-高等学校-教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 184078 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 377 千字

版 次 / 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 58.00 元

责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前言

## Preface

电工电子技术是高等院校非电类相关专业的一门专业基础课，它将电工技术与电子技术的基本知识、基本技能按照高等院校非电类专业的培养目标和要求，遵循以弱电控制强电这一技术路线，探索性地将两部分内容整合为一门项目化的综合课程。是专门为高等院校对电工技术和电子技术有一定要求，而又学时较少的非电类相关专业开设的。

此教材打破了原来各学科的框架，将各学科的内容按项目进行合理整合，结合课程改革的成果，采用了综合化、模块化和项目化的编写思路，在编写过程中本着理论知识够用，面向应用、面向发展的原则，本着培养学生实际工作中观察问题和独立分析、解决问题的综合能力的目的，根据高等院校培养应用型人才的基本要求，注意拓宽学生知识面，尽量减少数学推导，降低理论深度，以便于教师讲授和学生自学。

本书设置了若干个应用型的项目，每个项目均有若干个具体典型工作任务，每个任务将相关知识和实践过程相结合，力求体现理论实践一体化的教学理念。教材结构合理、脉络清晰，内容排列由易到难，由简到繁，通俗易懂，梯度明晰。

本书共分 13 个项目，分别为：制作简易直流电路；家庭配电线路的设计与安装；动态电路分析；CW6132 型车床照明电路；CW6132 型车床控制电路；制作电源指示灯电路；电子助记器；霍尔计数器；声控灯电路；产生报警信号的电路的设计；表决器电路的设计；24 进制计数器、译码、显示电路的设计；最后一个项目添加了电工电子技术实验，仅供教学选择使用。

本教材由荣红梅主编，李桂华、张震、焦新伟参与了项目 1~3 的编写工作。参加本书资料收集、校对的还有马康忠、孙红霞、任秀娟、张秀芹等老师，在此表示衷心的感谢！

本书由唐西光主审，他对全书进行了认真、仔细的审阅，提出了许多具体、宝贵的意见，谨在此表示诚挚的感谢！

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

编者

# 目 录

## Contents

► 项目 1 制作简易直流电路	1
1.1 电路的组成	1
1.1.1 电路	1
1.1.2 模型电路	1
1.2 电路的基本物理量	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 电压	2
1.2.3 电动势	3
1.3 电流、电压的参考方向	3
1.3.1 电流的参考方向	3
1.3.2 电压的参考方向	4
1.4 功率	4
1.5 电阻元件	5
1.6 电感、电容元件	6
1.6.1 电感元件	6
1.6.2 电容元件	6
1.7 电压源、电流源及其等效变换	7
1.7.1 电压源	7
1.7.2 电流源	8
1.7.3 实际电源两种模型的等效变换	9
1.7.4 电路的短路与开路	9
1.8 基尔霍夫定律	10
1.8.1 支路、结点、回路	10
1.8.2 基尔霍夫电流定律 (KCL)	10
1.8.3 基尔霍夫电压定律 (KVL)	11
1.9 支路电流法	12
1.10 叠加定理	13
1.11 戴维南定理	13
► 项目 2 家庭配电线路的设计与安装	18
2.1 正弦量的三要素	18
2.1.1 频率与周期	19
2.1.2 振幅和有效值	19
2.1.3 相位、初相、相位差	20

2.2	同频率正弦量的相加与相减	21
2.2.1	正弦量的旋转矢量表示方法	21
2.2.2	同频率正弦量的加、减法	21
2.3	交流电路中的电阻、电容与电感	22
2.3.1	纯电阻电路	23
2.3.2	纯电感电路	24
2.3.3	纯电容电路	26
2.4	电阻、电感的串联电路	27
2.4.1	电压、电流瞬时值及电路矢量图	27
2.4.2	电压有效值、电压三角形	27
2.4.3	阻抗、阻抗三角形	27
2.4.4	功率、功率三角形	28
2.5	电阻、电感、电容串联电路及串联谐振	29
2.5.1	电路分析	29
2.5.2	串联谐振	30
2.6	感性负载和电容器的并联电路——功率因数的补偿	30
2.6.1	电路的功率因数	30
2.6.2	感性负载和电容器的并联电路	31
2.7	三相交流电路	32
2.7.1	三相交流电动势的产生	32
2.7.2	三相电源的连接	33
2.8	三相负载的连接	35
2.8.1	单相负载和三相负载	35
2.8.2	三相负载的星形连接	35
2.8.3	三相对称负载的三角形连接	37
2.8.4	三相电功率	38
<b>► 项目3 动态电路分析</b>		<b>41</b>
3.1	动态电路	41
3.2	RC、RL 电路的零输入响应	43
3.2.1	RC 电路的零输入响应	43
3.2.2	RL 电路的零输入响应	44
3.3	RC、RL 电路的零状态响应	45
3.3.1	RC 电路的零状态响应	45
3.3.2	RL 电路的零状态响应	46
3.4	一阶电路的全响应	47

▶ 项目 4 CW6132 型车床照明电路 .....	50
4.1 铁芯线圈、磁路 .....	50
4.1.1 磁路的基本物理量 .....	51
4.1.2 磁路欧姆定律 .....	52
4.1.3 铁磁物质的磁性能 .....	52
4.1.4 铁磁材料的分类和用途 .....	53
4.1.5 铁芯损耗 .....	53
4.1.6 主磁通原理 .....	53
4.2 变压器的基本结构和工作原理 .....	54
4.2.1 变压器的基本结构 .....	54
4.2.2 变压器的工作原理 .....	54
4.2.3 变压器的外特性 .....	55
4.2.4 电压调整率 .....	56
4.2.5 变压器的损耗和效率 .....	56
4.3 实用中的常见变压器 .....	56
4.3.1 电力变压器及其用途 .....	56
4.3.2 自耦变压器 (自耦调压器) .....	57
4.3.3 仪用互感器 .....	58
▶ 项目 5 CW6132 型车床控制电路 .....	61
5.1 异步电动机的基本知识 .....	61
5.1.1 三相异步电动机的基本结构 .....	61
5.1.2 三相异步电动机的工作原理 .....	63
5.2 异步电动机的电磁转矩和机械转矩 .....	66
5.2.1 异步电动机的电磁转矩 .....	66
5.2.2 异步电动机电磁转矩特性 .....	67
5.2.3 异步电动机的机械特性 .....	68
5.3 三相异步电动机的控制 .....	68
5.3.1 三相异步电动机的起动 .....	68
5.3.2 三相异步电动机的调速 .....	69
5.3.3 三相异步电动机的制动 .....	69
5.3.4 三相异步电动机的选择 .....	70
5.4 常用低压控制电器 .....	70
5.5 基本电气控制电路 .....	72
▶ 项目 6 制作电源指示灯电路 .....	75
6.1 半导体的基础知识 .....	75



6.1.1	本征半导体	75
6.1.2	杂质半导体	76
6.1.3	PN结	77
6.2	半导体二极管	78
6.2.1	二极管的类型和结构	78
6.2.2	二极管的伏安特性	79
6.2.3	二极管的主要参数	80
6.2.4	特殊二极管	81
6.3	半导体三极管	82
6.3.1	三极管的结构及类型	82
6.3.2	三极管的放大作用和电流的分配关系	83
6.3.3	三极管的特性曲线	84
6.3.4	三极管主要参数	86
6.4	场效应管	87
6.4.1	结型场效应管	87
6.4.2	绝缘栅型场效应管	90
6.4.3	场效应管的主要参数及注意事项	93
<b>► 项目7 电子助记器</b>		97
7.1	基本放大电路的组成及工作原理	97
7.1.1	放大电路的组成	97
7.1.2	放大电路的两种工作状态	98
7.1.3	分压式偏置电路	105
7.1.4	射极输出器	108
7.2	场效应管放大电路	110
7.2.1	静态分析	110
7.2.2	动态分析	110
7.3	多级放大电路	112
7.3.1	级间耦合方式	113
7.3.2	耦合对信号传输的影响	114
7.3.3	放大电路的频率特性	115
7.4	互补对称放大电路	116
7.4.1	功率放大电路的特点及分类	116
7.4.2	乙类互补对称电路	117
7.4.3	甲乙类互补对称电路	119
7.5	反馈放大电路	120
7.5.1	反馈的基本概念	120
7.5.2	反馈的分类和性质	120



7.5.3 负反馈对放大器性能的影响	122
<b>▶ 项目 8 霍尔计数器</b>	<b>126</b>
8.1 差动放大电路	126
8.1.1 基本差动放大电路	126
8.1.2 长尾式差动放大电路	128
8.1.3 具有恒流源的差动式放大电路	130
8.1.4 差动式放大电路的输入输出方式	130
8.2 集成运算放大电路	132
8.2.1 集成运算放大器的基本组成	132
8.2.2 集成运算放大器的主要参数	132
8.3 基本运算放大电路	133
8.3.1 集成运算放大器应用基础	133
8.3.2 集成运算放大器线性应用	136
8.3.3 集成运算放大器的非线性应用	139
8.3.4 集成运算放大器的应用举例	141
<b>▶ 项目 9 声控灯电路</b>	<b>145</b>
9.1 整流及滤波电路	146
9.1.1 单相半波整流电路	146
9.1.2 单相桥式整流电路	147
9.1.3 滤波电路	148
9.2 直流稳压电路	150
9.2.1 硅稳压管组成的并联型稳压电路	150
9.2.2 串联型稳压电路	151
9.2.3 集成稳压器及应用	152
9.3 晶闸管及可控整流电路	153
9.3.1 晶闸管的基本结构	153
9.3.2 可控整流电路	156
9.3.3 晶闸管的保护	158
<b>▶ 项目 10 产生报警信号的电路设计</b>	<b>161</b>
10.1 数字电路的基本知识	161
10.1.1 数字信号和数字电路	161
10.1.2 数字电路的特点及分类	162
10.1.3 逻辑的概念及表示	162
10.1.4 正、负逻辑和高、低电平	163

10.1.5	半导体管的开关作用·····	163
10.2	基本逻辑关系和逻辑门·····	164
10.2.1	基本逻辑函数及运算·····	164
10.2.2	TTL 集成与非门电路·····	167
10.3	逻辑函数的表示及化简·····	169
10.3.1	数制与码制·····	169
10.3.2	逻辑函数的表示方法·····	171
10.3.3	基本定律和运算规则·····	173
10.3.4	逻辑函数的代数法化简·····	174
10.3.5	逻辑函数的卡诺图化简·····	176
<b>► 项目 11 表决器电路的设计·····</b>		<b>183</b>
11.1	组合逻辑电路的特点及分析方法·····	183
11.1.1	组合逻辑电路的特点·····	183
11.1.2	组合逻辑电路分析方法·····	184
11.2	组合逻辑电路的设计方法·····	185
11.2.1	组合逻辑电路的设计方法·····	185
11.2.2	设计举例·····	185
11.3	常用中规模组合逻辑电路·····	186
11.3.1	编码器·····	186
11.3.2	译码器·····	188
11.3.3	数据选择器·····	193
11.3.4	加法器·····	196
11.3.5	数值比较器·····	197
<b>► 项目 12 24 进制计数、译码、显示电路的设计·····</b>		<b>201</b>
12.1	集成触发器·····	202
12.1.1	基本 RS 触发器·····	202
12.1.2	同步 RS 触发器·····	204
12.1.3	JK 触发器·····	204
12.1.4	T 触发器·····	206
12.1.5	D 触发器·····	207
12.2	寄存器·····	208
12.2.1	基本存储器·····	208
12.2.2	移位寄存器·····	208
12.3	计数器·····	211
12.3.1	计数器的功能和分类·····	211
12.3.2	异步二进制计数器·····	212

12.3.3	同步二进制计数器	214
12.3.4	任意进制计数器	215
12.3.5	中规模集成计数器及其应用	219
▶ 项目 13	电工电子技术实验	225
13.1	概述	225
13.1.1	电工电子学实验的基本要求	225
13.1.2	测量误差的产生和消除	226
13.2	实验	227
实验一	基尔霍夫定律	227
实验二	功率因数提高的实验	229
实验三	三相负载星形连接	230
实验四	常用半导体元件的识别与性能测试	232
实验五	单管放大电路分析	234
实验六	整流、滤波和稳压电路的测试	235
实验七	集成逻辑门电路逻辑功能的测试	237
实验八	数据选择器	239
实验九	计数、译码、显示综合实验	239

# 项目 1

## 制作简易直流电路

要想制作简易直流电路，需要的知识是直流电路的知识。直流电路分为简单电路和复杂电路，对简单直流电路的分析主要运用欧姆定律，而对复杂电路主要运用基尔霍夫定律、戴维南定理等。对直流电路的分析是电工电子技术的基础。现在介绍制作简易直流电路。

### 项目要点

- 电路的组成及电路的工作状态
- 基本物理量的意义
- 基尔霍夫定律和戴维南定律的分析方法及应用

## 1.1 电路的组成

### 1.1.1 电路

电路就是电流流过的路径。它的主要作用是实现电能的传输、分配和转换以及信号的传递和处理。例如，白炽灯在电流流过时将电能转换成热能和光能，电视机将接收到的信号经过处理转换成图像和声音。

### 1.1.2 模型电路

在电路的分析计算中，用一个假定的二端元件（如电阻元件）来代替实际元件（如灯泡），二端元件的电和磁的性质反映了实际电路元件的电和磁的性质，称这个假定的二端元件为理想电路元件，如图 1-1 所示。

由理想电路元件组成的电路称为理想电路模型，简称电路模型，如图 1-2 所示。

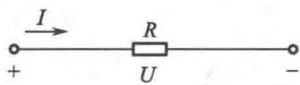


图 1-1 理想电路元件

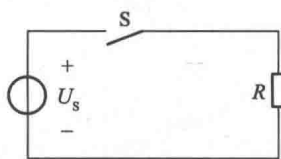


图 1-2 电路模型

## 1.2 电路的基本物理量

### 1.2.1 电流

单位时间内流过导体截面积的电荷[量]定义为电流强度，用以衡量电流的大小。电工技术中，常把电流强度简称为电流，用  $i(t)$  表示。随时间而变化的电流定义为

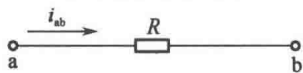
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中， $q$  为随时间  $t$  变化的电荷量。

在电场力的作用下，电荷有规则的定向移动形成了电流。规定正电荷的方向为电流的实际方向。

当  $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$ ，则称这种电流为恒定电流，简称直流。今后大写字母如  $U$ 、 $I$  表示电压、电流为恒定量，不随时间变化，一般称为直流电压、直流电流。小写字母  $u$ 、 $i$  表示电压、电流随时间变化。

在国际单位制 (SI) 中，在 1s 内通过导体横截面的电荷量为 1C (库[仑]) 时，其电流为 1A (安[培])。



电流的方向可用箭头表示，也可用字母顺序表示，如图 1-3 所示。用双下标表示时为  $i_{ab}$ 。

### 1.2.2 电压

电场力把单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点所做的功称为 a、b 间的电压，用  $u_{ab}$  ( $U_{ab}$ ) 表示，即

$$u_{ab} = \frac{dW}{dq} \quad (1-2)$$

习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向，可用 +、- 号表示，也可用字母的双下标表示，有时也用箭头表示，如图 1-4 所示。

在国际单位制中，当电场力把 1C 的正电荷 (量) 从一点移到另一点所做的功定义为 1J (焦[耳])，则这两点间的电压为 1V (伏[特])。



图 1-4 电压的方向表示

有时把电路中任一点与参考点（规定电位能为零的点）之间的电压，也叫做该点的电位。也就是该点对参考点所具有的电位能。参考点的电位为零可用符号“ $\perp$ ”表示。电位的单位与电压相同，用 V 表示。

电路中两点间的电压也可用两点间的电位差来表示，即

$$U_{ab}=U_a-U_b \quad (1-3)$$

电场中两点间的电压是不变的，电位随参考点（零电位点）选择的不同而不同。

### 1.2.3 电动势

非电场力即局外力把单位正电荷在电源内部由低电位 b 端移到高电位 a 端所做的功，称为电动势，用字母  $e$  ( $E$ ) 表示。

$$e(t)=\frac{dW}{dq} \quad (1-4)$$

电动势的实际方向在电源内部从低电位指向高电位，单位与电压相同，用 V 表示。

在图 1-5 中，电压  $u_{ab}$  是电场力把单位正电荷由外电路从 a 点移到 b 点所做的功，由高电位指向低电位。电动势就是非电场力在电源内部把单位正电荷为克服电场阻力，从 b 点移到 a 点所做的功。在图 1-6 所示的直流电源在没有与外电路连接的情况下，电动势与两端电压大小相等方向相反。

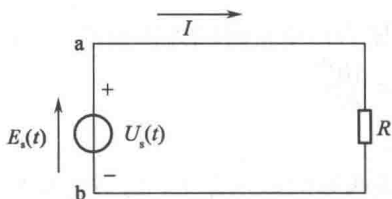


图 1-5 电动势

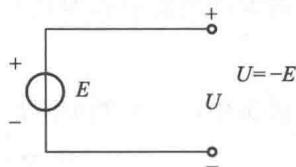


图 1-6 电动势与电压

## 1.3 电流、电压的参考方向

在电路的分析计算中，流过某一段电路或某一元件的电流实际方向或两端电压的实际方向往往并不知道，所以可以任意假定一个电流方向或电压方向，当假定的电流方向或电压方向与实际方向一致时，其值取正；反之取负。将假定的电流、电压方向称为电流、电压的参考方向。

### 1.3.1 电流的参考方向

图 1-7 (a) 中电流的参考方向与实际方向一致， $I > 0$ 。图 1-7 (b) 中电流的参考方向与实际方向相反， $I < 0$ 。

实际方向用虚线表示，参考方向用实线表示，以下同。

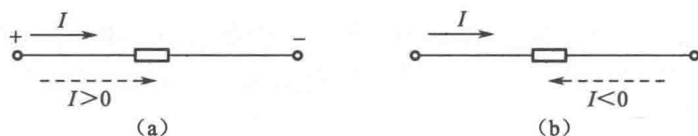


图 1-7 电流参考方向

### 1.3.2 电压的参考方向

在图 1-8 (a) 中, 电压参考方向与实际方向一致取正  $U > 0$ ; 在图 1-8 (b) 中电压参考方向与实际方向相反取负  $U < 0$ 。可见电流、电压都是代数量。

当电流的方向与电压方向选取一致, 称为关联参考方向, 如图 1-9 所示。

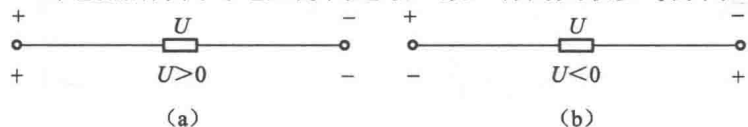


图 1-8 电压参考方向

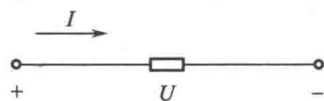


图 1-9 关联参考方向

## 1.4 功 率

电能量对时间的变化率称为功率, 也就是电场力在单位时间内所做的功, 即

$$P = \frac{dW}{dt} \quad (1-5)$$

在国际单位制中, 功率的单位是 W (瓦[特])。

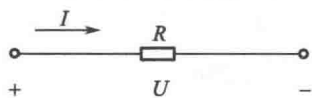


图 1-10 电阻的功率

在图 1-10 中, 电阻两端的电压是  $U$ , 流过的电流是  $I$ , 是关联参考方向, 则电阻吸收的功率为

$$P=UI$$

电阻在  $t$  时间内所消耗的电能为

$$W=Pt$$

元件两端电压和流过的电流在关联参考方向下时的状态如图 1-11 所示, 此时有  $P=UI > 0$ , 元件吸收功率。

$P=UI < 0$ , 元件发出功率。

如果元件两端的电压和流过的电流在非关联参考方向下时, 其状态如图 1-12 所示, 此时有

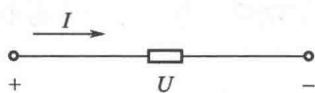


图 1-11 关联参考方向

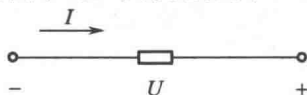


图 1-12 非关联参考方向

$P=UI > 0$ , 元件发出功率。

$P=UI < 0$ , 元件吸收功率。

对任意一个电路元件, 当流经元件的电流实际方向与元件两端电压的实际方向一致时, 该元件吸收功率。电流、电压实际方向相反, 该元件发出功率。

**【例 1-1】** 试判断图 1-13 (a)、(b) 中元件是发出功率还是吸收功率。





图 1-13 例 1-1 图

解：图 1-13 (a) 中电压、电流是关联参考方向，且  $P=UI=10\text{W}>0$ ，元件吸收功率。

图 1-13 (b) 中电压、电流是关联参考方向，且  $P=UI=-10\text{W}<0$ ，元件发出功率。

## 1.5 电阻元件

电阻元件一般是反映实际电路中的能耗元件，如电炉、电灯等。图形符号如图 1-14 所示，字母用  $R$  表示。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流是关联参考方向时（见图 1-14），根据欧姆定律，电压与电流成正比，则

$$U=RI \quad (1-6)$$

当电阻两端的电压与流过的电流为非关联参考方向时（见图 1-15），根据欧姆定律有

$$U=-RI \quad (1-7)$$

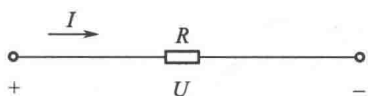


图 1-14 关联参考方向

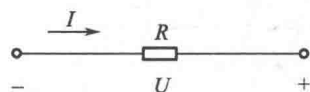


图 1-15 非关联参考方向

在关联参考方向下，当  $R$  是个常数时，也称其为线性电阻。图 1-16 所示为伏安特性是过原点的直线。

把式 (1-6) 两边乘以  $I$  得到

$$P=UI=RI^2=U^2/R=GU^2$$

其中  $G=1/R$ ， $G$  称电导。在国际单位制中当电阻两端的电压为 1V，流过电阻的电流为 1A 时，电阻为  $1\Omega$ （欧[姆]）。电导  $G$  的单位是 S（西[门子]）。

当电阻两端的电压与流过电阻的电流不成正比关系时，其伏安特性是曲线，如图 1-17 所示。电阻不是一个常数，随电压电流变动，也称为非线性电阻。

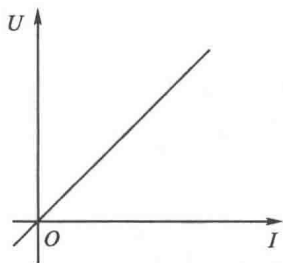
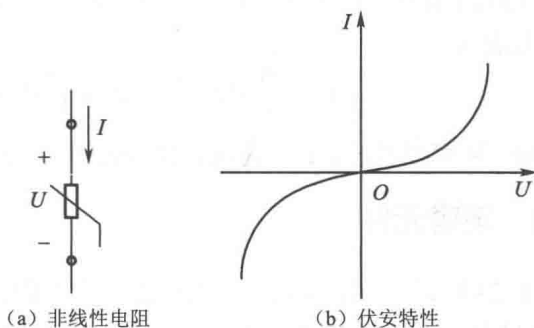


图 1-16 线性电阻伏安特性



(a) 非线性电阻

(b) 伏安特性

图 1-17 非线性电阻及其伏安特性

## 1.6 电感、电容元件

### 1.6.1 电感元件

图 1-18 是实际的线圈，假定绕制绕圈的导线无电阻，线圈有  $N$  匝，当线圈通以电流  $i$  时，在线圈内部将产生磁通  $\Phi_L$ ，若磁通  $\Phi_L$  与线圈  $N$  匝都交链，则磁通链  $\Psi_L = N\Phi_L$ 。在电路中一般用图 1-19 表示实际线圈，并用字母  $L$  表示。 $\Phi_L$  和  $\Psi_L$  都是线圈本身电流产生的，称为自感磁通和自感磁通链。

当磁通  $\Phi_L$  和磁通链  $\Psi_L$  的参考方向与电流  $i$  的参考方向之间满足右手螺旋定则时，有

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

式 (1-8) 中  $L$  称为线圈的自感或电感。

在国际单位制中，磁通和磁通链的单位是 Wb (韦[伯])，自感的单位是 H (亨[利])。

当  $L = \Psi_L / i$  是常数，称其为线性电感，如图 1-20 所示，韦安特性是通过原点的一条直线。

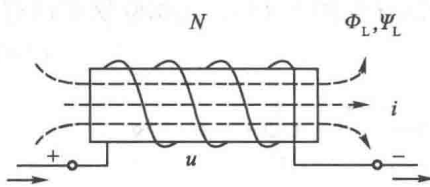


图 1-18 实际的线圈

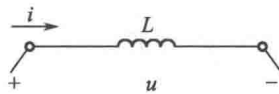


图 1-19 实际线圈表示图

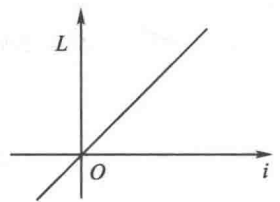


图 1-20 电感韦安特性

当电感元件两端电压和通过电感元件的电流在关联参考方向下时，根据楞次定律，有

$$u = \frac{d\Psi_L}{dt}$$

把  $\Psi_L = Li$  代入上式，得

$$u = L \frac{di}{dt} \quad (1-9)$$

从式 (1-9) 可以看出，任何时刻线性电感元件的电压与该时刻电流的变化率成正比。当电流不随时间变化 (直流电流) 时，则电感电压为零。这时电感元件相当于短接。

电感元件两端电压和通过电感元件的电流在关联参考方向下，从  $0 \sim \tau$  的时间内电感元件所吸收的电能为

$$W_L = \int_0^\tau p dt = \int_0^\tau u i dt = L \int_0^\tau i \frac{di}{dt} dt = L \int_{i(0)}^{i(\tau)} i di = \frac{1}{2} Li^2(\tau) \quad (1-10)$$

从式 (1-10) 中可以看出， $L$  一定时，磁场能量  $W_L$  随着电流的增加而增加 (假定  $i(0) = 0$ )。

### 1.6.2 电容元件

如图 1-21 所示，当电容元件上电压的参考方向由正极板指向负极板，则正极板上的电荷  $q$  与其两端电压  $u$  有以下关系，即