

普通高等院校“十二五”规划教材

电工电子技术基础

DIANGONG DIANZI JISHU JICHU

主编 赵秀华 孙辉

 免费索取课件及习题答案
E-mail: yqu@ndip.cn



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校“十二五”规划教材

电工电子技术基础

主 编	赵秀华	孙 辉		
副主编	邱月友	吴剑威	吴 慧	
编 委	杨保华	吴 慧	吴剑威	孙 辉
	高文根	诸志龙	邱月友	赵秀华

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书内容由电工技术基础、模拟电子技术基础和数字电子技术基础等三部分组成。电工技术基础主要内容有直流电路、电路的暂态分析、正弦交流电路、三相交流电路、变压器、电动机、电气自动控制等;模拟电子技术基础主要内容有半导体器件、基本放大电路、集成运算放大器、直流稳压电源等;数字电子技术基础主要内容有门电路和组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路、半导体存储器等;另外,还有仿真软件 EWB 的基本使用方法。书后附录提供了常用电阻器、电容器的标称系列值、国产半导体器件型号命名方法、国标半导体集成电路型号命名方法及部分习题参考答案。

本书可作为开设“电工电子技术”或“电工技术”和“电子技术”课程的授课教材。本书的读者对象主要是普通高等工科院校非电类专业本科生,也可作为大专学生、工程技术人员系统学习电工电子技术的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础 / 赵秀华, 孙辉主编. —北京:
国防工业出版社, 2012. 1
普通高等院校“十二五”规划教材
ISBN 978-7-118-07740-7

I. ①电... II. ①赵... ②孙... III. ①电工技术 - 高等学校 - 教材②电子技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM
②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 244021 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 100048)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 22¼ 字数 508 千字
2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 88540777 发行邮购: (010) 88540776
发行传真: (010) 88540755 发行业务: (010) 88540717

前 言

本书为国防工业出版社普通高等院校“十二五”规划教材,是根据普通高校非电类专业电工电子技术教学的实际情况和课程改革的需要,并参照电工电子技术课程教学基本要求——“基础理论教学要以应用为目的,以必需、够用为度”的要求编写的。

教材编写过程中,我们力求适用、通俗易懂,重点介绍电工电子技术的基本概念、基本理论、基本分析方法。本教材有如下特点:

1. 在阐明物理概念和基本原律的前提下,采用工程近似方法进行计算,略去了一些复杂的数学推导。

2. 基尔霍夫定律不单独设一节,放在“支路电流法”一节中推出。

3. 在“动态电路的暂态分析”一章中,改变了以往根据电路的激励,列写和求解微分方程、得出电路响应的经典套路,直接用三要素法分析所有问题,使繁杂的解题方法变得十分简单。

4. 删去了一些因学时有限而不可能选上的内容。近些年,为了适应市场需求,各高校都实行宽口径教育,开设的课程有所增多,使《电工电子技术》的授课学时有所减少,根据这一实际情况,我们删去了因学时有限而不可能选上的内容,如二阶电路的暂态分析、非正弦周期电路的计算、交流电路的频率特性、磁路及其分析方法、IC 器件内部结构的分析等内容,这样,大大压缩了教材的篇幅。

5. 增加了电路仿真软件 EWB 的入门知识。电工电子技术是一门理论性和实践性都很强的课程,但一般普通高等院校都不具备让非电类学生进行大量电类实验的条件,学生动手少,不利于对基本知识的掌握,影响教学效果,为此,教材中增加了电路仿真软件 Electronics Workbench(简称 EWB)的入门知识。该软件具有强大的电路图绘制功能和电路仿真功能。EWB 容量很小,直接复制到计算机上就可以使用,能有效地解决实验学时少、学生动手机会少的实际问题。

6. 由于非电类专业甚多,对电工电子技术的要求不一,学时也不尽相同,为了使教材具有灵活性,我们将全书内容分为共同性内容 and 非共同性内容两类,对共同性内容不作标记,对非共同性内容以“*”标记。标*的内容可作为学时较多、对电工电子技术要求较高的专业选讲内容。

7. 为了便于读者自学,书后附录提供了常用电阻器、电容器的标称系列值、国产半导体器件型号命名方法、国标半导体集成电路型号命名方法和常用半导体分立器件的参数,还提供了部分习题参考答案。

8. 各章习题的详细解题过程和课件可向国防工业出版社免费索取。

本教材由赵秀华和孙辉主编,统审工作由赵秀华独立完成,参编的有孙辉(第1章),高文根(第2、11章),吴慧(第3、4章),邱月友(第5、13章),杨保华(第6、7章),诸志龙(第8、10章),吴剑威(第9、14章),赵秀华(第12、15章和附录)。

在本书编写过程中,安徽工程大学、淮北师范大学、合肥师范学院、合肥学院、铜陵学院等多所院校给予了大力支持和帮助,在此,对相关院校表示衷心感谢。

尽管为了本书的编写,我们投入了大量的时间和精力,但书中错误和不妥之处仍然难免,殷切期望使用本书的读者提出批评和意见,以便今后修订提高。

编 者
2011年07月

目 录

第 1 章 直流电路	1
1.1 电路的基本知识	1
1.1.1 电路的基本组成及作用	1
1.1.2 电路的基本物理量	2
1.1.3 电路基本元器件的模型	3
1.2 电源的工作状态	11
1.2.1 电源的有载状态	11
1.2.2 电源的开路状态	11
1.2.3 电源的短路状态	11
1.2.4 电气设备的额定值	12
1.3 电流和电压的方向	13
1.3.1 电流和电压的参考方向	13
1.3.2 电路中电源与负载的判断	14
1.4 电位的概念及计算	15
1.5 电源等效变换法	17
1.5.1 电压源	17
1.5.2 电流源	17
1.5.3 电压源与电流源的等效变换	18
1.5.4 电源等效变换法	19
1.6 支路电流法	21
1.6.1 电路分析中几个常用的名词术语	21
1.6.2 基尔霍夫电流定律(KCL)	22
1.6.3 基尔霍夫电压定律(KVL)	22
1.6.4 支路电流法	23
1.7 叠加定理	25
1.7.1 系统与线性的概念	25
1.7.2 叠加定理	25
1.8 戴维宁定理与诺顿定理	27
1.8.1 戴维宁定理	27
1.8.2 诺顿定理	29
1.9* 非线性电阻电路的分析	32
1.9.1 非线性电阻元件	32

1.9.2 非线性电阻电路的分析	33
习题	35
第2章 动态电路的暂态分析	40
2.1 动态电路的暂态过程	40
2.2 线性一阶电路的方程及其解	41
2.3 一阶电路暂态分析的三要素法	43
2.3.1 一阶电路响应的三要素公式	43
2.3.2 三要素的求解方法	43
2.3.3 一阶线性电路的三要素求解法	46
2.4 一阶电路响应的分解形式	47
2.4.1 一阶电路的零输入响应	47
2.4.2 一阶电路的零状态响应	47
2.4.3 一阶电路的全响应	49
2.4.4 一阶电路全响应的分解	49
2.5 微分电路与积分电路	51
2.5.1 微分电路	51
2.5.2 积分电路	53
习题	54
第3章 正弦交流电路	57
3.1 正弦交流电路及其基本物理量	57
3.1.1 幅值和有效值	57
3.1.2 频率和周期	58
3.1.3 相位和初相位	59
3.2 正弦量的相量表示法	60
3.2.1 复数	60
3.2.2 正弦量的相量表示法	61
3.3 单一参数的正弦交流电路	62
3.3.1 电阻元件的交流电路	62
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	66
3.3.4 交流电路的阻抗	68
3.4 RLC 串联交流电路	70
3.4.1 RLC 串联交流电路中电流和电压的关系	70
3.4.2 RLC 串联交流电路中的功率	71
3.5 功率因数的提高	73
3.6* 电路谐振	75
3.6.1 串联谐振	75
3.6.2 并联谐振	76
3.7* 交流电路的频率特性	77

3.7.1	低通滤波电路	78
3.7.2	高通滤波电路	79
3.7.3	带通滤波电路	79
习题		80
第4章	三相交流电路	83
4.1	三相电源	83
4.1.1	三相电源的基本概念	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	85
4.2	三相负载	86
4.2.1	三相负载的星形连接	86
4.2.2	三相负载的三角形连接	90
4.3	三相电路的功率	91
4.4	供配电及安全用电	93
4.4.1	电力系统概述	93
4.4.2	安全用电	94
习题		96
第5章	变压器	98
5.1	变压器	98
5.1.1	变压器的结构	98
5.1.2	变压器的工作原理	99
5.1.3	变压器的特性和额定值	102
5.1.4	三相变压器	104
5.2	特殊变压器	105
5.2.1	自耦变压器	105
5.2.2	仪用互感变压器	106
5.2.3	变压器绕组极性的判断	108
习题		109
第6章	异步交流电动机	111
6.1	三相异步电动机的结构	111
6.1.1	定子	111
6.1.2	转子	112
6.2	三相异步电动机的工作原理	113
6.2.1	旋转磁场	114
6.2.2	异步电动机的转动原理	116
6.2.3	转差率	116
6.3	三相异步电动机的电路分析	117
6.3.1	定子电路	118
6.3.2	转子电路	118

6.4	三相异步电动机的转矩与机械特性	119
6.4.1	转矩公式	119
6.4.2	机械特性曲线	120
6.5	三相异步电动机的使用	122
6.5.1	三相异步电动机的铭牌数据	122
6.5.2	三相异步电动机的启动	124
6.5.3	三相异步电动机的调速	126
6.5.4	三相异步电动机的制动	128
6.6	单相异步电动机	130
6.6.1	单相电动机的转动原理	130
6.6.2	单相电动机的启动方法	130
	习题	131
第7章*	电气自动控制	133
7.1	常用低压电器	133
7.1.1	开关和按钮	133
7.1.2	交流接触器	134
7.1.3	中间继电器	135
7.1.4	热继电器	136
7.1.5	断路器	136
7.2	三相异步电动机的控制	138
7.2.1	基本控制	138
7.2.2	正、反转控制	140
7.2.3	顺序控制	141
7.2.4	行程控制	143
7.2.5	时间控制	144
7.2.6	多地控制	146
7.3	可编程序控制器	147
7.3.1	可编程序控制器的基本结构	147
7.3.2	可编程序控制器的工作原理	148
7.3.3	可编程序控制器步进指令应用举例	150
	习题	152
第8章	半导体器件	153
8.1	半导体的基本知识	153
8.1.1	本征半导体	153
8.1.2	杂质半导体	153
8.1.3	PN 结	154
8.2	半导体二极管	155
8.2.1	普通二极管	156
8.2.2	稳压二极管	158

8.2.3	发光二极管	160
8.2.4	光电二极管	160
8.3	半导体三极管	161
8.3.1	基本结构与类型	161
8.3.2	电流分配和放大原理	162
8.3.3	特性曲线	164
8.3.4	主要参数	166
8.3.5	特殊三极管	167
8.4	场效应管	168
8.4.1	结型场效应管	169
8.4.2	绝缘栅型场效应管(MOS 管)	169
8.4.3	场效应管的符号与特性曲线	171
8.4.4	晶体三极管和场效应管的比较	173
	习题	173
第9章	基本放大电路	177
9.1	基本共发射极电压放大电路	177
9.1.1	电路组成	177
9.1.2	静态分析	180
9.1.3	动态分析	181
9.2	静态工作点自稳定放大电路	186
9.2.1	电路组成	186
9.2.2	静态分析	187
9.2.3	动态分析	187
9.3	共集电极放大电路	189
9.3.1	电路组成	189
9.3.2	静态分析	189
9.3.3	动态分析	189
9.4	功率放大电路	191
9.4.1	功率放大电路概述	191
9.4.2	OCL 功率放大电路	192
9.4.3	OTL 功率放大电路	196
9.4.4	集成功率放大器	198
9.5*	场效应晶体管放大电路	199
9.5.1	静态分析	199
9.5.2	动态分析	200
	习题	202
第10章	集成运算放大器	205
10.1	集成运算放大器	205
10.1.1	集成运算放大器的组成与特点	205

10.1.2	集成运算放大器的主要技术参数	206
10.1.3	理想运算放大器及其分析方法	207
10.2	放大电路中的反馈	208
10.2.1	反馈的基本概念与分类	208
10.2.2	负反馈电路4种组态的判别	209
10.2.3	负反馈对放大电路性能的改善与影响	210
10.3	运算放大器组成的基本运算电路	213
10.3.1	比例运算	213
10.3.2	加法运算	216
10.3.3	减法运算	217
10.3.4	积分运算	218
10.3.5	微分运算	219
10.4	运算放大器组成的信号处理电路	220
10.4.1	电压比较器	220
10.4.2	有源滤波电路	223
10.5*	运算放大器组成的波形产生电路	225
	习题	227
第11章	直流稳压电源	231
11.1	整流电路	231
11.1.1	单相半波整流电路	231
11.1.2	单相全波整流电路	233
11.1.3	单相桥式整流电路	234
11.1.4	三相桥式整流电路	235
11.2	滤波电路	236
11.2.1	电容滤波器(C 滤波器)	236
11.2.2	电感电容滤波器(LC 滤波器)	239
11.2.3	π 形滤波器	239
11.3	稳压电路	240
11.3.1	稳压二极管稳压电路	240
11.3.2	可调恒压源	241
11.3.3	串联电压负反馈型稳压电路	241
11.3.4	集成稳压电路	242
	习题	245
第12章	组合逻辑电路	248
12.1	数字电路与数字信号	248
12.1.1	数字电路	248
12.1.2	数字信号与逻辑信号	248
12.1.3	数字信号的主要参数	248
12.2	逻辑代数基础	249

12.2.1	数制与码制	249
12.2.2	逻辑代数中的基本逻辑关系	250
12.2.3	逻辑代数的基本公式	253
12.2.4	逻辑函数的表示方法	254
12.2.5	逻辑函数的公式化简法	256
12.2.6	逻辑函数的卡诺图化简法	257
12.3	基本门电路	260
12.3.1	二极管与三极管开关等效电路	260
12.3.2	二极管与门电路	261
12.3.3	二极管或门电路	262
12.3.4	三极管非门电路	263
12.4	CMOS 门电路	264
12.4.1	CMOS 非门	264
12.4.2	CMOS 与非门和或非门	265
12.4.3	CMOS 三态门	265
12.5	TTL 门电路	267
12.5.1	TTL 非门	267
12.5.2	TTL 非门的电压传输特性	267
12.5.3	TTL 与非门	268
12.5.4*	TTL 集电极开路的门电路	268
12.6	门电路的其他问题	269
12.6.1	门电路多余输入端的处理	269
12.6.2	门电路带负载的处理	270
12.7	组合逻辑电路的分析与设计	270
12.7.1	组合逻辑电路的分析方法	270
12.7.2	组合逻辑电路的设计方法	271
12.8	加法器	272
12.8.1	半加器	272
12.8.2	全加器	273
12.8.3	集成加法器及其应用	274
12.9	编码器	274
12.9.1	普通二进制编码器	274
12.9.2	优先二进制编码器	275
12.9.3	优先二—十进制编码器	276
12.10	译码器	277
12.10.1	二进制译码器	277
12.10.2	二—十进制译码器	278
12.10.3	显示译码器	278
12.10.4	译码器的应用	280

12.11 数据选择器	282
12.11.1 4选1数据选择器	282
12.11.2 集成数据选择器	282
12.12 数值比较器	283
12.12.1 1位数值比较器	283
12.12.2 集成数值比较器	283
习题	284
第13章 时序逻辑电路	287
13.1 触发器	287
13.1.1 SR触发器	287
13.1.2 JK触发器	290
13.1.3 T触发器和D触发器	291
13.2 寄存器	293
13.2.1 数码寄存器	293
13.2.2 移位寄存器	294
13.3 同步时序逻辑电路的分析方法	295
13.4 计数器	296
13.4.1 二进制计数器	297
13.4.2 十进制计数器	299
13.4.3 任意进制计数器的构成	301
13.5 555定时器及其应用	304
13.5.1 555定时器	304
13.5.2 施密特触发器	306
13.5.3 多谐振荡器	307
习题	309
第14章 半导体存储器	313
14.1 只读存储器	313
14.1.1 ROM的分类	313
14.1.2 ROM的结构及工作原理	314
14.1.3 ROM的应用	315
14.1.4 可编程ROM	317
14.1.5 可擦可编程ROM	317
14.2 随机存储器	318
14.2.1 RAM的分类	318
14.2.2 RAM的基本结构及工作原理	318
14.2.3 RAM容量的扩展	319
习题	320
第15章* 电子电路仿真软件 EWB 简介	322
15.1 Electronics Workbench 简介	322

15.2	EWB 的基本界面	322
15.2.1	EWB 主界面	322
15.2.2	菜单栏 (menus)	323
15.2.3	工具栏 (toolbars)	323
15.2.4	元器件库栏 (parts bin toolbar)	323
15.3	EWB 电路的生成及仪器的使用	327
15.3.1	电路的生成	327
15.3.2	虚拟仪器的使用	327
15.4	EWB 仿真电路举例	328
附录 I	电阻器、电容器的标称系列值	330
附录 II	国产半导体器件型号命名方法	331
附录 III	常用半导体分立器件的参数	332
附录 IV	国标半导体集成电路型号命名方法	334
附录 V	部分集成运算放大器主要技术指标	335
附录 VI	部分习题参考答案	336

第1章 直流电路

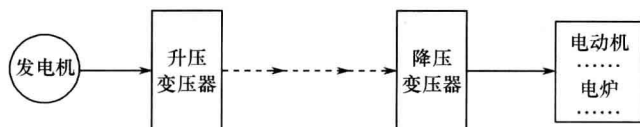
1.1 电路的基本知识

1.1.1 电路的基本组成及作用

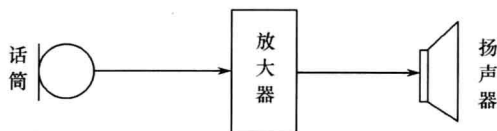
电路是电工电子技术的基本组成单位,复杂的电路呈网状,又称网络。电路和网络这两个术语是通用的。

电路的组成形式是多种多样的,简单地说,电路由电源、负载、控制装置及导线等构成。电路所能完成的任务也是多种多样的,强电电路典型的例子是电力传输系统,其示意图如图 1.1.1(a)所示,它的作用是能量的传输和转换。其中,发电机是电源,是产生电能的设备;电动机、电炉等是负载,是取用电能的设备,它们分别把电能转换为机械能、热能等;变压器和输电线路是中间环节,是连接电源和负载的部分,它们起传输和分配电能的作用。

弱电电路典型的例子是扩音系统,其示意图如图 1.1.1(b)所示,它的作用是信号的传递和处理。其中,话筒是产生电信号的装置,它把声音(即信息)转换为相应的电压和电流(即电信号);由于话筒输出的电信号比较微弱,不足以推动扬声器发声,因此中间环节用放大器将微弱信号放大;扬声器是负载,把电信号还原为声音。



(a) 电力系统 (电能的转换与传输)



(b) 扩音系统 (信号的传递与处理)

图 1.1.1 电路示意图

实际电路是由一些按需要起不同作用的实际电路元器件组成的,如发电机、变压器、电动机、电池、晶体管、电感线圈、电容器等,它们都是物理实体。这些物理实体的电磁性质很复杂,尤其在高频情况下,但在低频范围分析电路时,可将实际电路元器件理想化,即突出其主要的电磁性质,忽略次要因素。例如,一盏白炽灯,当通有电流时,它除具有消耗电能的性质(电阻性)以外,还会产生磁场,具有电感性,但电感量微小,可忽略不计,于是可认为白炽灯是一电阻元件。再如一个电容器,在具有储存电场能的同时,又由于绝缘介

质有一定的漏电而消耗电能表现为一定的电阻性,但由于消耗的电能很小可以忽略不计,故认为电容器为一理想电容。而通常所说的电源则可抽象成具有恒定电压的电压源或具有恒定电流的电流源。

由一些理想电路元器件所组成的电路,就是实际电路的电路模型,它是对实际电路电磁性质的抽象和概括。例如,手电筒的实际电路元器件有干电池、灯泡、开关和筒体,就可用如图 1.1.2 所示的电路模型来描述。干电池是电源, E 表示电源电压, R_s 是电源内阻;灯泡 R 是电阻元件;开关 S 、筒体(导线)是连接干电池和灯泡的中间环节。

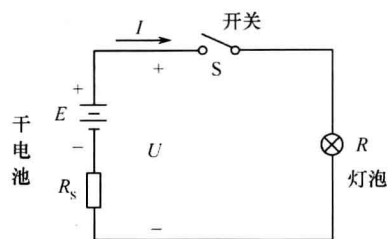


图 1.1.2 手电筒电路模型

1.1.2 电路的基本物理量

在学习电路之前,必须掌握电路中一些基本物理量的定义。在下面的介绍中,按国家规定的标准,不随时间变化的物理量用大写字母表示,如电荷用 Q 、电流用 I 、电压用 U ;随时间变化的物理量用小写字母表示,如电荷用 q 、电流用 i 、电压用 u 。

1. 电流

电荷的定向运动形成电流。历史上将正电荷运动的方向定义为电流的方向。在电场力的作用下,电流从高电位流向低电位。电流的强弱用电流强度来衡量,习惯上,将电流强度简称为电流。电流强度为单位时间内通过导线横截面的电量,即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1.1)$$

2. 电位

电路中某点的电位为将单位正电荷 q 从该点移到零参考点时电场力所做的功(或所消耗的电能)。例如, a 点的电位为

$$v_a = \frac{dw_a}{dq} \quad (1.1.2)$$

只有在选定参考点以后,某点的电位才有确定值。参考点将在 1.3 节中介绍。

3. 电压

电路中某两点(如 a 、 b 两点)间的电压为将单位正电荷从 a 点移到 b 点时电场力所做的功(或所消耗的电能),即

$$u_{ab} = \frac{dw_{ab}}{dq} \quad (1.1.3)$$

电压的另一种定义是,电路中某两点(如 a 、 b 两点)间的电压为 a 、 b 两点的电位之差,即

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1.1.4)$$

4. 电动势

电源电动势为非静电力将单位正电荷从电源负极移到正极所做的功,即

$$e = \frac{dw}{dq} \quad (1.1.5)$$

5. 电功率

电功率为单位时间内电场力所做的功。电功率表示了电路中单位时间内电能转换的速度,即

$$p = \frac{dw}{dt} = ui \quad \text{或} \quad P = \frac{W}{t} = UI \quad (1.1.6)$$

6. 电能

电能是电荷运动所做的功。将电荷 q 在时间 t 范围内,从 a 点移到 b 点所做的功为

$$W = \int_0^t u_{ab} i dt = \int_0^t u_{ab} dq \quad \text{或} \quad W = U_{ab} It = U_{ab} q \quad (1.1.7)$$

1.1.3 电路基本元器件的模型

为便于对实际电路进行数学描述和计算,通常将电路元器件的实体用它的模型来代替,元器件的模型只表征元器件理想化的单一物理性质。理想电路元器件模型有图 1.1.3 所示的 5 种,这 5 种理想电路元器件又可分为无源元器件和有源元器件两大类。无源元器件有电阻元件、电感元件和电容元件,它们分别反映电路将电能转换成其他形式能量(如热能、磁场能、电场能)的性能;有源元器件有恒压源和恒流源,它们反映电路的能源形式和对电路的作用。

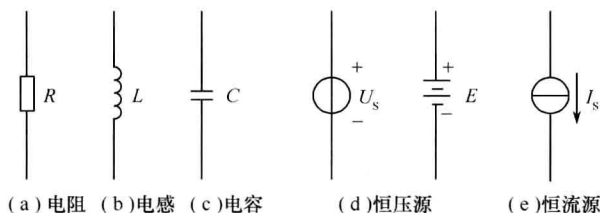


图 1.1.3 理想电路元件

本书分析的电路都是理想电路元器件构成的电路,连接元器件的导线认为是电阻为零的导体。下面对各理想电路元器件(简称电路元器件)的物理性质作进一步介绍。

1. 电路基本元器件模型及伏安特性

1) 电阻元件 R

理想电阻元件 R 的模型(也称电路符号)与伏安特性如图 1.1.4 所示。电阻两端的电压为 U ,流过电阻的电流为 I ,其伏安曲线为通过坐标原点的一条直线。

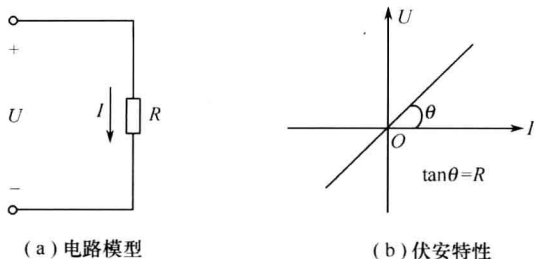


图 1.1.4 电阻元件