



三导丛书

电工学 · 电子技术

(第五版)

导教 · 导学 · 导考

● 朱建堃 主编

- 重点内容提要
- 知识结构图
- 考点及典型题自测
- 练习与思考题解答
- 课后习题全解

西北工业大学出版社

三导丛书

电工学·电子技术

(第五版)

导教·导学·导考

朱建堃 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是高等学校电工学课程的教学辅导书。全书由重点内容提要、知识结构图、考点及典型题自测、练习与思考题解答、课后习题全解和附录(模拟试题)等部分组成,旨在帮助读者掌握课程内容重点,学会分析方法,提高解题能力,检查学习效果。本书可供使用秦曾煌主编的《电工学(下册)电子技术》教材(第五版)的学生和青年教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工学·电子技术导教·导学·导考/朱建堃主编. —西安:西北工业大学出版社,2001.9(三导丛书)

ISBN 7-5612-1379-4

I. 电… II. 朱… III. ①电工学—高等学校—教学参考资料
②电子技术—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM1 ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 057633 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029) 8493844

网 址:<http://www.nwpup.com>

印 刷 者:陕西友盛印务有限责任公司

开 本:850 mm×1 168 mm 1/32

印 张:12

字 数:381 千字

版 次:2002 年 9 月第 1 版 2003 年 3 月第 2 次印刷

印 数:8 001~16 000 册

定 价:全书:28.00 元, 本册:14.00 元

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbo.com

前 言

为了适应当前教育事业改革与发展的趋势,满足广大学习电工学课程的需求,应西北工业大学出版社的约请,我们编写了本书,供学习电工学课程的读者和初次从事电工学教学的教师参考。

本书是以秦曾煌先生主编的面向 21 世纪课程教材《电工学(下册)电子技术》(第五版)中的练习与思考题和课后习题为参考,总结编者从事教学工作近 40 年的经验和体会编写而成。主要内容包括重点内容提要,知识结构图,考点及典型题自测,原教材的练习与思考题解答及课后习题全解等,书后还附有三套针对不同专业的模拟试卷。模拟题及自测题的题型均来自最近十多年来我们收集的课程考试试卷。本书对于使用原教材的读者不失为一本良好的辅助读物,对于帮助读者了解课程知识结构,掌握课程内容重点,提高分析问题和解决问题的能力,检查学习效果不无助益。特别是对原教材中若干难点问题,书中还提供了简单实用的分析方法,如负反馈的判别,时序逻辑电路的分析方法等,可供学生和教师参考。为方便读者使用,书中章节次序和习题编号均与原教材保持一致,“ $\triangle$ ”和“*”的意义均与原教材相同。

本书由朱建堃主编,朱虹和夏庆德参加了部分解题工作,朱伟和蒋晓萍参加了插图绘制和资料收集整理工作。在本书的编写过程中得到西北工业大学电工学教研室的大力支持,在此表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限,对秦曾煌先生主编的教材的理解尚有不到之处,书中难免有错误或疏漏,敬请广大读者批评指正。

编 者

2002 年 3 月于西北工业大学

目 录

第 15 章 半导体二极管和三极管	1
15.1 重点内容提要	1
15.1.1 半导体及其导电特性	1
15.1.2 PN 结及其单向导电性	2
15.1.3 半导体二极管及其应用	2
15.1.4 稳压管	5
15.1.5 半导体三极管	6
15.2 知识结构图	8
15.3 考点及典型题自测	9
15.3.1 课程学习自测题	9
15.3.2 考研复习自测题	10
15.3.3 自测题简要答案	11
15.4 练习与思考题解答	12
15.5 课后习题全解	17
第 16 章 基本放大电路	26
16.1 重点内容提要	26
16.1.1 基本放大电路的组成	26
16.1.2 放大电路的静态分析	26
16.1.3 放大电路的动态分析	28
16.1.4 影响放大质量的几个因素	31
16.1.5 放大电路中的负反馈	33
16.1.6 多级放大电路	39
16.1.7 差动放大电路	40
16.1.8 功率放大电路	43
16.1.9 场效应管及其放大电路	45
16.2 知识结构图	51

16.3	考点及典型题自测	51
16.3.1	课程学习自测题	52
16.3.2	考研复习自测题	54
16.3.3	自测题简要答案	58
16.4	练习与思考题解答	60
16.5	课后习题全解	71
第 17 章	集成运算放大器	98
17.1	重点内容提要	98
17.1.1	集成运算放大器的结构特点与分析方法	98
17.1.2	运算放大器在信号运算方面的应用	100
17.1.3	运算放大器在信号处理方面的应用	102
17.1.4	运算放大电路的负反馈	106
17.2	知识结构图	108
17.3	考点及典型题自测	109
17.3.1	课程学习自测题	109
17.3.2	考研复习自测题	112
17.3.3	自测题简要答案	113
17.4	练习与思考题解答	114
17.5	课后习题全解	117
第 18 章	正弦波振荡电路	138
18.1	重点内容提要	138
18.1.1	自激振荡	138
18.1.2	RC 振荡器	139
18.1.3	LC 振荡器	140
18.2	知识结构图	141
18.3	考点及典型题自测	141
18.3.1	课程学习及考研复习自测题	141
18.3.2	自测题简要答案	142
18.4	练习与思考题解答	143
18.5	课后习题全解	143

第 19 章 直流稳压电源	150
19.1 重点内容提要	150
19.1.1 整流电路	150
19.1.2 滤波器	152
19.1.3 直流稳压电路	153
19.2 知识结构图	156
19.3 考点及典型题自测	156
19.3.1 课程学习自测题	156
19.3.2 考研复习自测题	159
19.3.3 自测题简要答案	161
19.4 练习与思考题解答	162
19.5 课后习题全解	162
△ 第 20 章 晶闸管及其应用	175
20.1 重点内容提要	175
20.1.1 晶闸管简介	175
20.1.2 可控整流电路	176
20.1.3 单晶体管触发电路	179
20.2 知识结构图	182
20.3 考点及典型题自测	182
20.3.1 课程学习自测题	182
20.3.2 考研复习自测题	183
20.3.3 自测题简要答案	185
20.4 练习与思考题解答	185
20.5 课后习题全解	188
第 21 章 门电路和组合逻辑电路	193
21.1 重点内容提要	193
21.1.1 几个基本概念	193
21.1.2 逻辑代数的基本知识	194
21.1.3 集成逻辑门电路	201
21.1.4 常用组合逻辑电路	206

21.2	知识结构图	210
21.3	考点及典型题自测	211
21.3.1	课程学习自测题	211
21.3.2	考研复习自测题	214
21.3.3	自测题简要答案	216
21.4	练习与思考题解答	217
21.5	课后习题全解	225
第 22 章	触发器和时序逻辑电路	253
22.1	重点内容提要	253
22.1.1	常用时序逻辑元件	253
22.1.2	常用时序逻辑电路的分析方法	258
22.1.3	常用时序逻辑电路	263
22.2	知识结构图	273
22.3	考点及典型题自测	274
22.3.1	课程学习自测题	274
22.3.2	考研复习自测题	277
22.3.3	自测题简要答案	280
22.4	练习与思考题解答	281
22.5	课后习题全解	287
△ 第 23 章	存储器和可编程逻辑器件	307
23.1	重点内容提要	307
23.1.1	只读存储器(ROM)	307
23.1.2	随机存取存储器(RAM)	310
23.1.3	可编程逻辑器件(PLD)	311
23.2	知识结构图	316
23.3	考点及典型题自测	316
23.3.1	课程学习自测题	316
23.3.2	自测题简要答案	319
23.4	练习与思考题解答	320
23.5	课后习题全解	322

第 24 章 模拟量和数字量的转换	333
24.1 重点内容提要	333
24.1.1 数—模转换器	333
24.1.2 模—数转换器	336
24.2 知识结构	339
24.3 考点及典型题自测	339
24.3.1 课程学习及考研复习自测题	339
24.3.2 自测题简要答案	340
24.4 课后习题全解	340
附录 A 模拟试题	343
1. 模拟试题 I (机电类专业)	343
2. 模拟试题 II (一般机械类专业)	353
3. 模拟试题 III (少学时类或大专)	359
附录 B 模拟试题简要答案	369
1. 模拟试题 I	369
2. 模拟试题 II	370
3. 模拟试题 III	371
参考文献	372

第 15 章 半导体二极管和三极管

15.1 重点内容提要

15.1.1 半导体及其导电特性

1. 半导体

半导体是指导电能力介于导体和绝缘体之间的一类物质,如四价元素硅、锗、硒和大多数金属氧化物、硫化物等。在外界温度升高、光照或掺入适量杂质时,它们的导电能力大大增强,因此被用来制成热敏器件、光敏器件和半导体二极管、三极管等电子元件。

2. 本征半导体

纯净的四价元素硅和锗等以共价键形式构成结晶结构,称为晶体。本征半导体就是完全纯净的具有晶体结构的半导体。

本征半导体在环境温度升高或受到光照时产生本征激发,形成自由电子和空穴。电子带负电,空穴带正电,在外电场作用下自由电子移动,相邻的价电子填补空穴而形成空穴移动,它们都能导电,称为载流子。本征激发产生的自由电子和空穴成对出现,数量取决于环境温度高低,所以本征半导体器件的性能受温度影响。

3. 杂质半导体——P 型半导体和 N 型半导体

(1) P 型半导体:在纯净半导体中掺入适量三价元素,形成空穴型(P 型)半导体。它的导电能力大大高于本征半导体。其中空穴为多数载流子(简称“多子”),自由电子为少数载流子(简称“少子”)。

(2) N 型半导体:在纯净半导体中掺入适量五价元素,形成自由电子型(N 型)半导体。其中自由电子为“多子”,空穴为“少子”。

在两种杂质半导体中,多子是主要导电媒介,数量取决于杂质含量;少子是本征激发产生的,数量取决于环境温度。虽然含有数量不同的两种载流子,但整体上电量平衡,对外不显电性(不带静电)。

15.1.2 PN 结及其单向导电性

1. PN 结

用一定的工艺方法将两种杂质半导体结合在一起,由于界面两侧载流子浓度不同而产生载流子扩散运动。P 型区空穴向 N 型区扩散, N 型区自由电子向 P 型区扩散。在边界两侧两种载流子产生复合,形成带正电和负电的离子。它们不能移动,而在边界两侧形成空间电荷区,称为 PN 结。

空间电荷区的特性:

- (1) 区内正、负离子带电而不能移动,载流子因复合而数量很少,因此电阻率很高,故称耗尽层;
- (2) 正、负离子形成的内电场阻止多子继续扩散,故又称阻挡层;
- (3) 内电场对少子有吸引作用,形成少子的逆向运动,称为漂移;
- (4) 在没有外电场作用时,当扩散运动和漂移运动达到动态平衡时,两侧间没有电流,空间电荷区厚度一定。

2. 单向导电性

(1) 正向:将 P 型区接电源正极, N 型区接电源负极,则外电场削弱了内电场,空间电荷区变窄,阻挡层变薄。扩散运动加强,漂移运动减弱,扩散大于漂移,形成正向电流 I_F 。结电压很低,显示正向电阻很小,称为正向导通。

(2) 反向:将 P 型区接电源负极, N 型区接电源正极,则外电场加强了内电场,空间电荷区变宽,阻挡层变厚。扩散运动减弱,漂移运动增强,漂移大于扩散,形成反向电流 I_R 。由于漂移运动是由少子形成,数量很少,所以 I_R 很小,几乎可以忽略不计,但 I_R 受温度影响较大。结电压近似等于电源电压,显示反向电阻很大,称为反向截止。

PN 结正向导通,反向截止,即为单向导电性。

15.1.3 半导体二极管及其应用

1. 基本结构、符号、伏安特性及参数

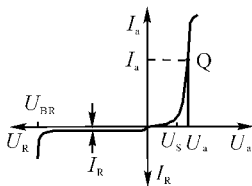
(1) 结构:将 PN 结两边各引出一个电极便构成一个二极管。其中 P 型

区引出阳极 A(+), N 型区引出阴极 K(-)。实际结构有点接触式和面接触式两种。前者电流小,用于高频小功率工作;后者电流大,用于低频大功率工作。符号: A — ∇ — K。

(2) 伏安特性及参数: 伏安特性如图解 15.1 所示。

正向 $I_a = f(U_a)$: U_s 为死区电压(硅管为 0.5 V, 锗管为 0.2 V)。 U_a 为管压降, 随 I_a 而变化很小, 可近似取 $U_a = 0.7$ V(硅管), 0.3 V(锗管)。

反向 $I_R = f(U_R)$: I_R 基本不变, 称反向饱和电流。 U_{BR} 为反向击穿电压, 若外加电压超过 U_{BR} , 则 I_R 增大, 失去单向导电性, 损坏。



图解 15.1

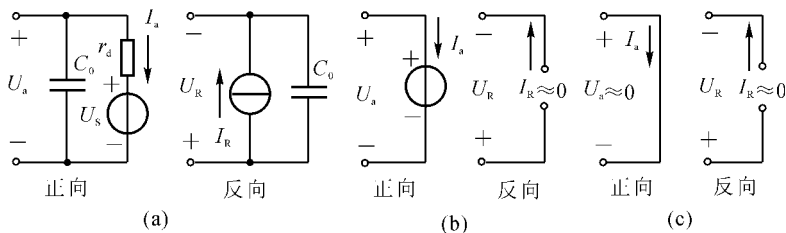
参数: (i) 最大整流平均电流 I_{OM} : 长期工作允许通过的最大正向平均电流。

(ii) 反向工作峰值电压 U_{RWM} : $U_{RWM} = \left(\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}\right) U_{BR}$ 。

(iii) 反向峰值电流 I_{RM} : $U_R = U_{RWM}$ 时的反向电流。

2. 半导体二极管的应用

二极管的单向导电性在电子工程中获得广泛应用, 二极管的等效电路模型是分析二极管电路的基础, 如图解 15.2 所示。图解 15.2(a) 所示是精确模型, 其中 U_s 是死区电压, r_d 是动态电阻, C_0 是极间电容, I_R 是反向饱和电流, 适用于高频电路分析。图解 15.2(b) 所示是考虑管压降的简化模型, 理想电压源 U_a 是管压降。图解 15.2(c) 所示是近似模型, 忽略 U_a , I_R , r_d 及 C_0 , 常用作分析依据。二极管应用很广, 仅举下列几例。

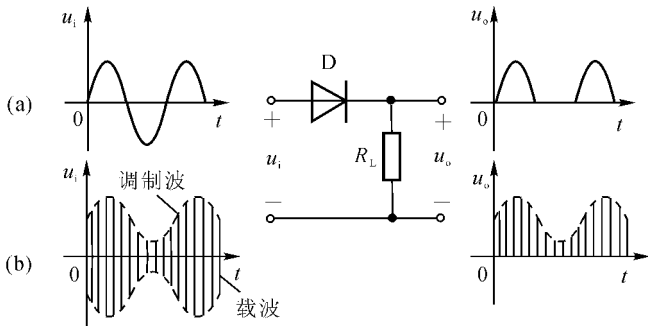


图解 15.2

(1) 整流与检波电路:电路如图解 15.3 所示。

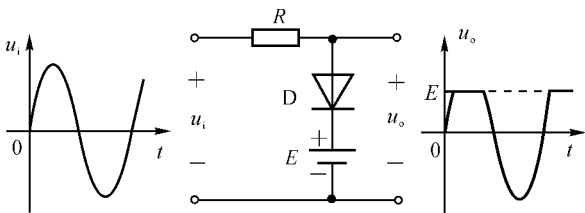
(a) 整流:利用二极管单向导电性,将交流电变换成单方向脉动的直流电。第 19 章专文详述。

(b) 检波:将幅值被音频信号调制的高频无线电信号,变成单方向脉动信号,再滤去高频载波便可得音频信号。用于无线电接收机。



图解 15.3

(2) 限幅电路:有单向限幅和双向限幅两种,仅以单向限幅为例,电路如图解 15.4 所示,输入 u_i 为正弦波,输出正半周幅值被限制为 E ,称为正向限幅。分析: $u_i < E$,二极管 D 截止, $u_o = u_i$; $u_i > E$,二极管 D 导通, $u_o \approx E$ 。



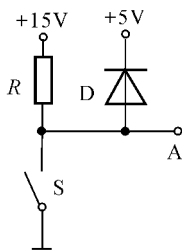
图解 15.4

(3) 钳位电路:有多种形式,仅举一例,电路如图解 15.5 所示。

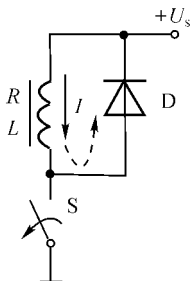
原电路无二极管部分,当开关 S 闭合和断开时,A 点电位在 $0 \sim 15\text{ V}$ 间变化。接入二极管部分后,当开关 S 闭合和断开时,A 点电位被钳制在 $0 \sim 5\text{ V}$ 间变化。

(4) 续流电路:电路如图解 15.6 所示。当开关 S 闭合时,二极管 D 截止,线圈中流过电流 I 。在开关 S 断开瞬间,电流不能突变,二极管为其提供继续

流动的通路,故称续流二极管。若无此二极管,则线圈的自感电动势将可能使开关被击穿而损坏。



图解 15.5



图解 15.6

二极管还可实现峰值采样,隔离和削波等等作用,不一一列举。

15.1.4 稳压管

稳压管是一种特殊的面接触型硅二极管,其伏安特性及符号如图解 15.7 所示。正向为二极管,反向工作在击穿状态,管压降 U_Z 几乎不随电流 I_Z 而变化,故能起稳压作用。

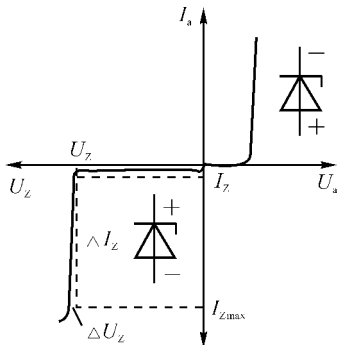
1. 主要参数

稳定电压 U_Z 、稳定电流 I_Z 、最大稳定电流 I_{ZM} 或最大允许功耗 $P_Z (= U_Z \cdot I_{ZM})$ 、动态电阻 $r_z (= \frac{\Delta U_Z}{\Delta I_Z}$, 见图解 15.7) 和电压温度系数 α_U 等等。

2. 稳压管的应用

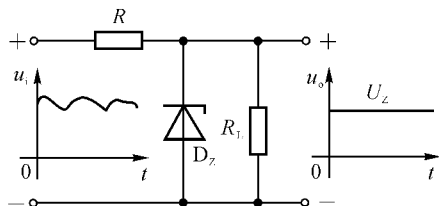
(1) 实现简单稳压:利用稳压管的伏安特性,当负载 R_L 两端电压略有变化时,稳压管中电流将剧烈变化,从而在限流电阻 R 上的电压降迅速发生变化,而维持负载电压 u_o 几乎不变。电路如图解 15.8 所示。

(2) 削波电路:电路与图解 15.8 所示相同,输入与输出波形如图解 15.9

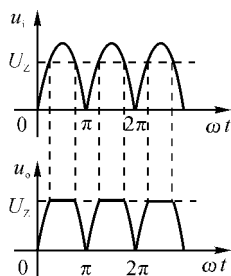


图解 15.7

所示。波顶被削去,获得梯形波,故称削波电路。



图解 15.8

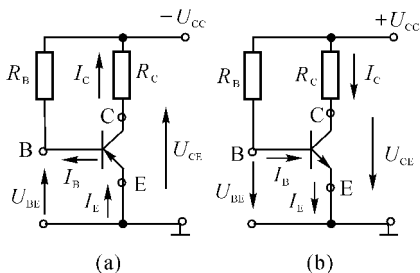


图解 15.9

15.1.5 半导体三极管

1. 结构与基本原理

三极管有三个电极(E,B,C),两个PN结(发射结和集电结),有NPN和PNP两种结构形式。根据实现电流放大作用的要求,供电电源接法应保证:发射结为正向偏置,集电结为反向偏置。两种结构形式的共射极接法电路如图解15.10所示。



图解 15.10

三极管的构造特点有:

- (1) 发射区面积小,掺杂浓度高,多数载流子数量多;
- (2) 基区极薄,掺杂浓度很低,多子数量很少;

(3) 集电区面积大, 掺杂浓度次于发射区而高于基区。

基于上述结构特点, 基极电流 I_B 远小于发射极电流 I_E 和集电极电流 I_C 。只要发射结电压 U_{BE} 有微小变化, 造成基极电流 I_B 有微小变化, 就能引起发射极电流 I_E 和集电极电流 I_C 很大的变化, 这就是三极管的电流放大作用。若在集电极电路中串入大电阻 R_C , 则将产生比发射结电压 U_{BE} 变化大得多的集电极电压 U_{CE} 变化, 实现电压放大作用。

2. 特性曲线

三极管的输入特性 $I_B = f(U_{BE})$ 曲线形状与二极管相同(图略), 也有同样的死区电压和管压降范围。但三极管输入特性还受集电极电压 U_{CE} 影响, U_{BE} 一定, U_{CE} 增大则 I_B 减小。但当 $U_{CE} \geq 1 \text{ V}$ 以后, 这种影响可忽略不计, 通常将 $U_{CE} \geq 1 \text{ V}$ 的输入特性用一根曲线代表, 作为分析电路的依据。

三极管的输出特性 $I_C = f(U_{CE}) |_{I_B = \text{常数}}$ 是一个曲线簇, 如图解 15.11 所示。应掌握下列几点。

(1) 由 $U_{CE} \geq 1 \text{ V}$ 到集电结击穿之前具有恒流特性, 且 $I_C = \bar{\beta} I_B$, $\bar{\beta}$ 近似为常数, 称为线性放大区。此时发射结为正偏, 集电结为反偏。

(2) 当 $I_B \leq 0$ 时, $I_C \leq I_{CEO}$, 称为截止区。此时两个 PN 结均为反偏。

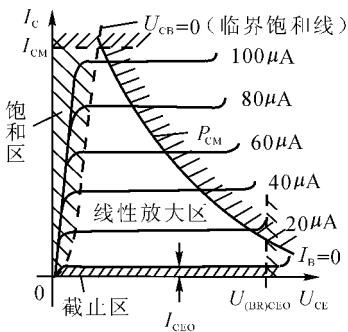
(3) 当 $U_{CB} \leq 0$ (或 $U_{CE} \leq U_{BE}$) 时, $I_C \propto U_{CE}$, I_C 与 I_B 无线性关系, 称为饱和区。此时两个 PN 结均为正偏。

(4) 三极管用于放大电路时工作在线性放大区, 用于数字(或开关)电路时则工作在饱和区(导通)和截止区(断开)。

3. 主要参数

(1) 电流放大系数($\bar{\beta}$ 和 β):

$\bar{\beta} = \frac{I_C}{I_B}$ —— 直流(静态) 电流放大系数;



图解 15.11

$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$ ——交流(动态)电流放大系数。

小功率三极管 $\beta \approx \bar{\beta} = 20 \sim 200$, 大功率三极管 $\beta \approx \bar{\beta} = 10 \sim 100$ 。 β 分成若干等级, 用不同颜色标记在管壳上。 β 过小无用, β 过大受温度影响工作稳定性差。小功率三极管的 β 值一般在 $40 \sim 150$ 间选用。

(2) 反向饱和电流 I_{CBO} 和穿透电流 I_{CEO} : 二者间的关系为 $I_{CEO} = (1 + \beta) I_{CBO}$ 。随温度升高而增大, 影响电路工作稳定性。

(3) 集电极最大允许电流 I_{CM} : 集电极电流超过此值则 β 下降 $\frac{1}{3}$ 。

(4) 反向击穿电压 $U_{(BR)CEO}$, $U_{(BR)CBO}$, $U_{(BR)EBO}$: 根据 $U_{(BR)CEO}$ 选择供电电源电压 U_{CC} , 或由供电电源电压 U_{CC} 选择三极管的依据, 一般取 $U_{CC} \leq \frac{1}{2} U_{(BR)CEO}$ 。 $U_{(BR)EBO} \leq 4 \text{ V}$, 它限制了基极与发射极间信号负半周的幅值, 超过此值则三极管损坏。

(5) 集电极最大允许耗散功率 P_{CM} : $P_{CM} = I_C U_{CE}$, 它和 I_{CM} , $U_{(BR)CEO}$ 三者决定了三极管的安全工作区, 如图解 15.11 所示。

15.2 知识结构图

