



普通高等教育“十一五”国家级规划教材配套参考书

# 电工学简明教程 (第三版)

## 学习辅导与习题解答

主 编 姜三勇

副主编 于 志

高等教育出版社



面向21世纪课程教材



普通高等教育“九五”国家级重点教材



普通高等教育“十五”国家级规划教材



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

# 电工学（第七版） 电工学简明教程（第三版）

## 配套立体化教材

电工学（第七版）（上、下册）（配光盘）

电工学（第七版）（上、下册）学习辅导与习题解答

电工学（第七版）电子教案（上、下）

电工学简明教程（第三版）（配光盘）

电工学简明教程（第三版）学习辅导与习题解答

电工学简明教程（第三版）电子教案

电工学实验

电工学试题库

电工技术网络课程

电子技术网络课程

第三版1987年获全国普通高等学校优秀教材奖

第四版1997年获国家级教学成果二等奖、国家级科技进步三等奖

第五版被评为面向21世纪课程教材、普通高等教育“九五”国家级重点教材

第五版2002年获全国普通高等学校优秀教材二等奖

第六版被评为普通高等教育“十五”国家级规划教材

第六版被评为“高等教育百门精品课程教材建设计划”精品项目

第六版2005年获国家级教学成果二等奖

第六版2006年获第七届全国高校出版社优秀畅销书一等奖

第七版被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材

第七版被评为普通高等教育“十二五”国家级规划教材

电工学简明教程（第二版）被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电工学简明教程（第二版）2008年获第八届全国高校出版社优秀畅销书一等奖

电工学简明教程（第二版）2008年被评为普通高等教育精品教材

ISBN 978-7-04-047006-2



9 787040 470062 >

定价 53.00元



普通高等教

及规划教材配套参考书

# 电工学简明教程 (第三版)

## 学习辅导与习题解答

主 编 姜三勇

副主编 于 志

高等教育出版社·北京

## 内容简介

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《电工学简明教程(第三版)》(秦曾煌主编、姜三勇副主编)的配套辅导书。主要包括内容要点、学习指导、基本要求、重点与难点、知识关联图、【练习与思考】题解和【习题】题解七个部分。

本书的内容体系、章节顺序、练习与思考题和习题编号、练习与思考题和习题中的电路图编号均与主教材保持一致。

本书编写条理清晰,注意启发逻辑思维,便于阅读和自学,有助于学生分析能力和解题能力的提高,能显著提高学习效果和学习成绩,对总结和复习具有一定的参考和指导作用。

本书可供本科非电类专业学生和广大自学者学习参考,也可作为电工学教师的教学参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工学简明教程(第三版)学习辅导与习题解答/  
姜三勇主编. --3版. --北京:高等教育出版社,  
2017.2

ISBN 978-7-04-047006-2

I. ①电… II. ①姜… III. ①电工学-高等学校-教  
学参考资料 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第299799号

策划编辑	金春英	责任编辑	许海平	封面设计	于文燕	版式设计	马敬茹
插图绘制	杜晓丹	责任校对	陈 杨	责任印制	刘思涵		

出版发行	高等教育出版社	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
社 址	北京市西城区德外大街4号		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
邮政编码	100120	网上订购	<a href="http://www.hepmall.com.cn">http://www.hepmall.com.cn</a>
印 刷	肥城新华印刷有限公司		<a href="http://www.hepmall.com">http://www.hepmall.com</a>
开 本	787mm×960mm 1/16		<a href="http://www.hepmall.cn">http://www.hepmall.cn</a>
印 张	29.25	版 次	2007年12月第1版
字 数	550千字		2017年2月第3版
购书热线	010-58581118	印 次	2017年2月第1次印刷
咨询电话	400-810-0598	定 价	53.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换  
版权所有 侵权必究  
物料号 47006-00

# 前 言

电工学课程是高等学校本科非电类专业的一门技术基础课程。目前,电工和电子技术的应用极为广泛,发展非常迅速,并且日益渗透到其他学科领域以促进其发展,在我国当前经济建设中占有重要的地位。本课程的作用与任务是使学生通过本课程的学习,获得电工和电子技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工与电子技术的应用和我国电工与电子技术发展的概况,为学习后续课程以及从事有关的工程技术工作和科学研究工作打下一定的用电基础。为了适应科学技术的发展水平和非电类专业的用电需要,本课程在内容安排上着重在电路与电子技术两部分。对于电机部分的内容则作了较大精简,补充了新兴的可编程控制器等内容。

本书是高等学校电工学课程的辅导教材,它与秦曾煌主编、姜三勇副主编的《电工学简明教程(第三版)》相配套,可供本科和专科非电类专业学生和广大自学读者学习电工学课程时参考,也可作为电工学教师的教学参考书。

为了阅读方便,本书的内容体系、章节顺序、练习与思考题和习题编号、练习与思考题和习题中的电路图编号、符号、名词术语均与主教材保持一致,不进行改动。在解题过程中新增加的电路图编号一律称为“题解图 $\times\times.\times\times$ ”,新增加列表编号一律称为“题解表 $\times\times.\times\times$ ”。书中题目编号由三部分构成,“ $\times.\times.\times$ ”,第一个数字是章,第二个数字是节,第三个数字是该节的题目序号。例如习题12.3.9,指的是第12章第3节的第9题。题目序号由练习与思考题和习题连排。

本书分电工技术和电子技术两篇,每篇各章基本按内容要点、学习指导、基本要求、重点与难点、知识关联图、【练习与思考】题解和【习题】题解七个部分编写。

**内容要点** 指出本章的知识要点。便于学生学习时有的放矢。

**学习指导** 回顾各章所讲的主要内容,并进行归纳、总结和辅导。指出学生在学习中的疑难之处、错误概念和应注意的问题。有利于加深基本概念,巩固基本理论。

**基本要求** 对学习各章主要内容时所提出的要求:哪些要求理解或掌握,哪些需要能分析计算,哪些要求会正确应用,哪些只需要一般了解。

**重点与难点** 指出各章内容中哪些是重点内容,哪些是难点内容。

**知识关联图** 将各章的知识结构和要点以图形的方式加以展示,便于清晰

地了解各部分内容的来龙去脉和内在联系,便于全面理解和融会贯通。

**【练习与思考】题解** 对主教材中的所有练习与思考题进行的分析解答,指导学生如何思考和分析问题。主教材每节后一般都有练习与思考题,所列题目富有启发性,且多半是概念性的和学生容易出错的问题。着重指导学生观察问题要全面,理解问题要完整,得出结论要严谨。

**【习题】题解** 对主教材中的所有习题进行的分析解答,指导学生如何解题。解题前,要对所学内容基本理解;解题时,要看懂题意,注意分析,明确用哪个理论和公式,解题步骤要清晰,图要标绘正确,解题结果要注明单位。本书习题分为选择题、基本题和拓宽题三个层次,题型灵活,既便于学生自检和自测,也便于教师选留作业和考试命题。

现代高等教育越来越注重创新型人才培养,因此在能力培养的同时,必须注意创新意识的锻炼。为此编者特别建议读者在使用本书时,应力争独立分析、独立思考,对书中给出的习题解答可以作为借鉴和参考,不要使自己的思路受此局限,提倡用多种思路和多种方法解决问题,将借鉴与创新及应用结合起来。

本书第1、5、6、11、13、14、15章由姜三勇教授编写,第2、9、10章及附录由于志副教授编写、第3、4、7、8、12章由丁继盛教授编写。全书由姜三勇担任主编,于志担任副主编。

由于编者学识和经验有限,书中难免存在不足、疏漏甚至错误之处,恳请读者不吝批评指正,以便不断修改和完善。电子邮箱:jsy\_hit@126.com。

编者

2016年10月

# 目 录

## 上篇 电 工 技 术

第 1 章 电路及其分析方法	1	4.2 学习指导	155
1.1 内容要点	1	4.3 基本要求	165
1.2 学习指导	1	4.4 重点与难点	165
1.3 基本要求	6	4.5 知识关联图	166
1.4 重点与难点	7	4.6 【练习与思考】题解	167
1.5 知识关联图	8	4.7 【习题】题解	172
1.6 【练习与思考】题解	10	第 5 章 继电接触器控制系统	186
1.7 【习题】题解	31	5.1 内容要点	186
第 2 章 正弦交流电路	65	5.2 学习指导	186
2.1 内容要点	65	5.3 基本要求	191
2.2 学习指导	66	5.4 重点与难点	191
2.3 基本要求	68	5.5 知识关联图	192
2.4 重点与难点	68	5.6 【练习与思考】题解	193
2.5 知识关联图	69	5.7 【习题】题解	194
2.6 【练习与思考】题解	72	第 6 章 可编程控制器	210
2.7 【习题】题解	91	6.1 内容要点	210
第 3 章 磁路和变压器	123	6.2 学习指导	210
3.1 内容要点	123	6.3 基本要求	211
3.2 学习指导	123	6.4 重点与难点	212
3.3 基本要求	134	6.5 知识关联图	212
3.4 重点与难点	134	6.6 【练习与思考】题解	213
3.5 知识关联图	135	6.7 【习题】题解	216
3.6 【练习与思考】题解	136	第 7 章 工业企业供电与安全	
3.7 【习题】题解	141	用电	229
第 4 章 电动机	155	7.1 内容要点	229
4.1 内容要点	155	7.2 学习指导	229

7.3	基本要求	231	8.1	内容要点与学习指导	236
7.4	重点与难点	231	8.2	基本要求	237
7.5	知识关联图	232	8.3	重点与难点	237
7.6	【习题】题解	232	8.4	知识关联图	237
第 8 章	电工测量	236	8.5	【习题】题解	238

## 下篇 电 子 技 术

第 9 章	半导体器件	248	第 12 章	直流稳压电源	346
9.1	内容要点	248	12.1	内容要点	346
9.2	学习指导	248	12.2	学习指导	346
9.3	基本要求	252	12.3	基本要求	347
9.4	重点与难点	252	12.4	重点与难点	347
9.5	知识关联图	253	12.5	知识关联图	348
9.6	【练习与思考】题解	253	12.6	【练习与思考】 题解	349
9.7	【习题】题解	259	12.7	【习题】题解	351
第 10 章	基本放大电路	274	第 13 章	门电路和组合逻辑 电路	364
10.1	内容要点	274	13.1	内容要点	364
10.2	学习指导	275	13.2	学习指导	364
10.3	基本要求	278	13.3	基本要求	371
10.4	重点与难点	278	13.4	重点与难点	371
10.5	知识关联图	279	13.5	知识关联图	372
10.6	【练习与思考】 题解	280	13.6	【练习与思考】 题解	373
10.7	【习题】题解	289	13.7	【习题】题解	383
第 11 章	集成运算放大器	303	第 14 章	触发器和时序逻辑 电路	403
11.1	内容要点	303	14.1	内容要点	403
11.2	学习指导	303	14.2	学习指导	403
11.3	基本要求	314	14.3	基本要求	408
11.4	重点与难点	314	14.4	重点与难点	409
11.5	知识关联图	315	14.5	知识关联图	409
11.6	【练习与思考】 题解	316			
11.7	【习题】题解	320			



14.6	【练习与思考】			
	题解	410		
14.7	【习题】题解	411		
第 15 章	模拟量和数字量的			
	转换	438		
15.1	内容要点	438		
			15.2 学习指导	438
			15.3 基本要求	439
			15.4 重点与难点	440
			15.5 知识关联图	440
			15.6 【习题】题解	441
附录				449
附 1	模拟试卷			449
附 2	模拟试卷参考答案			453

## 第 1 章 电路及其分析方法

本章是电工技术和电子技术的基础,主要介绍电路的基本概念,电路的基本物理量及电压、电流的参考方向,电路元件与电路模型,电路的基本工作状态,电路的基本定律、基本分析方法与基本定理,电路暂态过程中的储能元件与换路定则,一阶线性电路的三要素分析法等。电路基本定律(KCL 和 KVL)、定理(叠加定理、戴维宁定理)和分析方法(支路电流法、等效变换法)对分析和计算复杂电路具有重要意义,贯穿于电工技术与电子技术内容之中。

### 1.1 内容要点

1. 电路的基本概念。
2. 电路的基本元件。
3. 电路的基本定律。
4. 电路的基本定理。
5. 电路的基本分析方法。
6. 换路定律及  $RC$ 、 $RL$  电路的全响应。
7. 一阶线性电路暂态过程分析的三要素法。

### 1.2 学习指导

#### 1. 电路的基本概念

- (1) 电路:由电工设备或元件按一定方式组合起来的电流的通路。
- (2) 电路的组成:电源、中间环节、负载。
- (3) 电路的作用:① 电能的传输与转换;② 信号的传递与处理。
- (4) 电路的几个名词:支路、回路、结点。

## 2. 电路元件与电路模型

(1) 电路元件:分为无源元件和电源元件。

① 无源元件:电阻、电感、电容元件。

理想电阻元件、电感元件和电容元件的特征如题解表 1.01 所示。特别需要注意的是,三种元件的伏安关系瞬时值表达式对任意变化的电压和电流都成立。

题解表 1.01 电阻元件、电感元件和电容元件的特征

元件 特征	R 元件	L 元件	C 元件
电压电流关系式	$u = Ri$	$u = L \frac{di}{dt}$	$i = C \frac{du}{dt}$
参数意义	$R = \frac{u}{i}$	$L = \frac{N\Phi}{i}$	$C = \frac{q}{u}$
能量	$\int_0^t Ri^2 dt$	$\frac{1}{2} Li^2$	$\frac{1}{2} Cu^2$

② 电源元件:分为独立电源和受控电源(本书未作介绍)。

独立电源的参数是独立的,不受其他支配。分为理想电压源和理想电流源。理想电压(流)源的电压(流)及方向恒定。

受控电源的参数受电路中某一电量( $U$  或  $I$ )的支配与控制,其大小及方向与该电量( $U$  或  $I$ )的大小及方向有关,不独立(本书未作介绍,不展开)。

(2) 电路模型:由理想电路元件及其组合构成的反映实际电路主要特性的电路。

实际电路的模型化是工程上常用的方法,它是对实际电路的逼真和模拟。

## 3. 电路的基本物理量和电流、电压的参考方向以及参考电位

(1) 电路的基本物理量包括:电流、电压、电动势、电位以及电功率等。

(2) 电流、电压的参考方向:人为任意规定或假定的电流、电压的正方向。引入参考方向后,电流、电压即成为代数量,根据电路结构和电路定律计算出来的结果为正时表明其参考方向与实际方向相同,为负时,则相反。

(3) 电路的参考电位:人为规定的电路中的零电位点。参考电位确定后,电路中各点电位有确定的值。参考电位改变,各点电位值变化,但任意两点间的电位差不变。即电位是相对的,电压是绝对的。

## 4. 电路的基本定律

电路的基本定律包括欧姆定律和基尔霍夫定律,是各种电路分析方法的

基础。

(1) 欧姆定律:表明电阻元件上电压与电流的关系。

$U$ 、 $I$  参考方向选的一致时: $U=IR$ 。

$U$ 、 $I$  参考方向选的相反时: $U=-IR$ 。

(2) 基尔霍夫定律:包括电流定律(KCL)和电压定律(KVL)。

① 基尔霍夫电流定律:在任一瞬时,流入任一结点(或任一闭合面)的电流的代数和为零,即 $\sum I=0$ (若流入为正,则流出为负)。

KCL 反映了电路中任一点电荷的连续性。

② 基尔霍夫电压定律:在任一瞬时,沿回路任一循行方向各段电压的代数和为零,即 $\sum U=0$ (若电压与循行方向相同取正,相反则取负)。

KVL 反映了电路中任一点电位的单值性。

③ KCL 和 KVL 可用于任意时刻、任意性质的元件、任意变化的电流和电压,两定律只与电路结构有关。对这三个“任意”的正确理解非常重要。

### 5. 电功率及元件性质的判断

(1) 电功率:为元件两端电压与电流的乘积。

$U$ 、 $I$  参考方向选的同时: $P=UI$ 。

$U$ 、 $I$  参考方向选的相反时: $P=-UI$ 。

(2) 元件性质判断:

$P>0$  时, $U$ 、 $I$  实际方向相同,电流流过元件时电位降低,正电荷失去能量,元件为负载性质。

$P<0$  时, $U$ 、 $I$  实际方向相反,电流流过元件时电位升高,正电荷获得能量,元件为电源性质。

### 6. 电源的三种工作状态

(1) 有载:电源接有负载的工作状态。此时电源输出功率,同时内阻也消耗功率。分为满载(额定负载)、轻载(不足额定负载)、过载(超过额定负载)。

(2) 空载:电源未接负载,输出端开路的状态。此时电源的输出电压称为空载电压,大小等于电源的电动势;内阻无功率损耗。

(3) 短路:电源输出端未接负载而直接连通的状态。此时电源的输出电流将很大,称为短路电流,大小为电动势与内阻之比,内阻消耗电源的全部输出功率。这是一种故障状态,将损坏电源。

(4) 额定值:电源接额定负载时,输出电压、电流、功率的值。处于额定值之下工作,电气设备将有最好的经济性、可靠性、安全性和较长的使用寿命。

### 7. 电路的基本分析方法

电路的基本分析方法有多种,主教材介绍了等效变换法和支路电流法。

(1) 等效变换法:是化简电路和分析电路的有效途径。

① 等效的概念:对应端子之间的伏安特性完全相同的两个电路互为等效电路。见图 1.9.5(主教材图,下同)。

等效是针对外电路而言的,内部电路一般不等效。

② 无源电阻网络等效变换:通过电阻串、并联变换使复杂电路化为简单电路。

③ 含源电路等效变换:电压源与电阻串联的电路在一定条件下可以转化为电流源与电阻并联的电路。

等效变换条件:  $E = I_s R_0$  或  $I_s = \frac{E}{R_0}$

④ 等效变换后的电路对电路其余部分电压、电流分配没有影响,见表 1.9.1(主教材表,下同)。

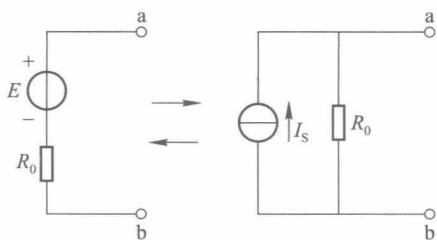


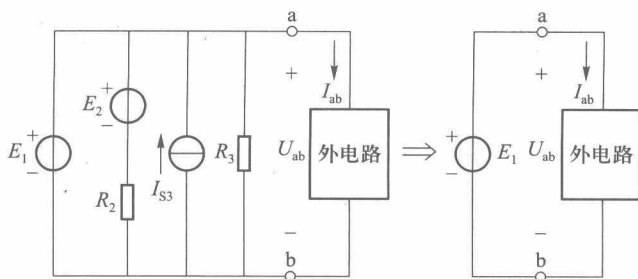
图 1.9.5 电源两种电路模型之间的等效变换

表 1.9.1 电源两种电路模型对照表

电源		状态			
		电压源模型	电流源模型	理想电压源	理想电流源
开路	$U$	$E$	$R_0 I_s$	$E$	$\times$
	$I$	$0$	$0$	$0$	$\times$
短路	$U$	$0$	$0$	$\times$	$0$
	$I$	$E/R_0$	$I_s$	$\times$	$I_s$
等效条件		$E = R_0 I_s$ $\frac{E}{R_0} = I_s$		无等效电路	

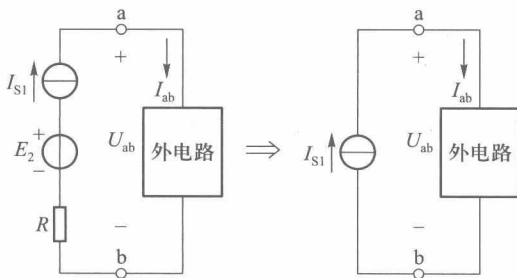
⑤ 与理想电压源并联的所有电路在等效时对外电路来说都可以“移除”(以

开路取代),不影响外电路中的电压与电流分配,如题解图 1.01 所示。



题解图 1.01 与理想电压源并联电路在对外等效时的处理

⑥ 与理想电流源串联的所有电路在等效时对外电路来说都可以“移除”(以短路取代),不影响外电路中的电压与电流分配,如题解图 1.02 所示。



题解图 1.02 与理想电流源串联电路在对外等效时的处理

(2) 支路电流法:以支路电流为变量列基尔霍夫电流方程和电压方程联立求解。适用于支路较少的电路计算。

## 8. 线性电路的基本定理

包括叠加定理和戴维宁定理,是分析各种线性电路的重要定理,也适用于交流电路。

(1) 叠加定理:多个电源共同作用于线性电路中某一支路产生的电压或电流,等于各个电源分别单独作用时产生的电压或电流分量的代数和。

注意:

① “除源”方法。

(a) 电压源不作用:电压源的电压取零值,即该电压源位置以短路取代。

(b) 电流源不作用:电流源的电流取零值,即该电流源位置以断路取代。

② 各电压、电流分量叠加时要注意参考方向,与总量参考方向一致的分量取正,反之取负。

③ 叠加定理只能适用于电压、电流叠加,对功率不满足。

(2) 戴维宁定理:任意线性有源二端网络对外电路可用一个电动势  $E$  与一个电阻  $R_0$  串联的电路来等效。 $E$  为该有源二端网络的端口开路电压, $R_0$  为该有源二端网络内部“除源”后的等效电阻。

戴维宁定理多用于只需求解复杂电路中某一支路的电压或电流的情况。此时可将该支路提出,将电路其余部分视为一个线性有源二端网络,故一个复杂的线性有源二端网络可等效为一个电压源形式的简单电路。

## 1.3 基本要求

1. 了解电路的组成与作用。
2. 理解电路模型的概念以及理想电路元件(电阻、电感、电容、电压源、电流源)的电压电流关系。
3. 理解电压与电流参考方向的意义,能对元件的电源或负载性质进行判断。
4. 理解电路基本定律(基尔霍夫电流定律、基尔霍夫电压定律)并能正确应用。
5. 了解电源的有载工作、开路与断路状态,理解电功率和额定值的概念及意义。
6. 掌握分析与计算简单直流电路和电路中各点电位的方法。
7. 掌握支路电流法、结点电压法、叠加定理、等效电源定理(戴维宁定理、诺顿定理)分析电路的方法。
8. 理解实际电源的两种电路模型及其等效变换。
9. 理解电阻元件是耗能元件,而电感元件和电容元件是储能元件。
10. 理解电路暂态过程产生的原因和换路定则的理论依据。
11. 会用换路定则确定  $RC$  电路和  $RL$  电路响应(电压和电流)的初始值。换路定则的公式为

$$u_C(0_+) = u_C(0_-)$$

$$i_L(0_+) = i_L(0_-)$$

12. 会分析计算  $RC$  电路的响应。主要公式

$$\text{零输入响应} \quad u_C = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (\tau = RC)$$

$$\text{零状态响应} \quad u_C = U - U e^{-\frac{t}{\tau}}$$

全响应  $u_c = U + (U_0 - U)e^{-\frac{t}{\tau}}$

13. 会分析计算  $RL$  电路的响应。主要公式

零输入响应  $i = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \left( \tau = \frac{L}{R} \right)$

零状态响应  $i = \frac{U}{R} - \frac{U}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$

全响应  $i = \frac{U}{R} + \left( I_0 - \frac{U}{R} \right) e^{-\frac{t}{\tau}}$

14. 会用三要素法分析计算  $RC$  电路和  $RL$  电路的响应。基本公式

$$f(t) = f(\infty) + [f(0_+) - f(\infty)] e^{-\frac{t}{\tau}}$$

式中,  $f(t)$  表示暂态过程中的响应(电压或电流);  $f(0_+)$  表示  $f(t)$  的初始值;  $f(\infty)$  表示  $f(t)$  的终了值;  $\tau$  表示  $f(t)$  变化快慢的时间常数。

## 1.4 重点与难点

### 1. 重点

- (1) 电路模型的概念,理想元件的电压电流关系。
- (2) 电压、电流的参考方向及电位参考点的概念。
- (3) 基尔霍夫电流定律(KCL)与电压定律(KVL)及其适应性。
- (4) 功率吸收与发出及元件电源与负载性质的判断。
- (5) 电路分析常用的分析方法——支路电流法、等效变换法。
- (6) 线性电路的基本定理——叠加定理、戴维宁定理。
- (7) 实际电源两种电路模型间的等效变换。
- (8) 换路的概念、电路暂态过程产生的原因。
- (9) 换路定则,初始值与稳态值的计算。
- (10)  $RC$ 、 $RL$  电路的零输入响应、零状态响应及全响应。
- (11) 一阶线性电路暂态分析的三要素法。

### 2. 难点

- (1) 基尔霍夫电流定律(KCL)和电压定律(KVL)的广义应用。
- (2) 功率吸收与发出及元件电源与负载性质的判断。
- (3) 理想电压源和理想电流源特性的正确理解。



## 1.5 知识关联图

