

Technology
实用技术

电工技术 全程辅导及实例详解

张红 徐慧平 编

DIANGONGJISHU



科学出版社

013057556

TM-42

38

电工技术 全程辅导及实例详解

张 红 徐慧平 编



北航

C1668927

TM-42

38

科学出版社

北 京

内 容 简 介

电工技术是一切电类知识的基础,掌握牢固的电工技术知识,才能在电的知识领域里纵横驰骋。本书涉及的电工专业知识丰富,结构合理,高度图解,易于阅读、掌握。本书以专题的形式组织相关的理论知识,又不失系统性,便于学生进行讨论。每章针对具体概念的典型问题都有逐步的解决方法,同时也给学生留出足够的思考空间,以促其发挥主观能动性,得到问题的解决方案。我们力争做到中外的最好融合。

本书适合非电类各专业、对电路理论知识要求不太高的相关专业人员,如船舶与海洋工程学院、土木工程与力学学院、物理学院、环境科学与工程学院、材料学院等院系的学生和教师及工程技术人员。或准备从事电工或电气职业的人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术全程辅导及实例详解/张红,徐慧平编. —北京:科学出版社, 2013

ISBN 978-7-03-037646-6

I. 电… II. ①张…②徐… III. 电工技术-高等学校-教学参考资料 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 116761 号

责任编辑:王 炜 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:魏 谨 / 封面设计:赵志远

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京东海印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2013 年 6 月第一次印刷 印张: 24 1/4

印数: 1—3 000 字数: 446 000

定 价: 55.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



前言

本书是在 Frank D. Petruzella 编写的《电工技术》基础上,结合我国教育部(前国家教育委员会)1995 年颁发的“电工技术”教学的基本要求,参考了现行的《电路原理》、《电路实验》、《电工技术》等相关课程的教材,结合作者平时的教学经验编写而成的。本书旨在强化基础,完善理论,增强应用,使初学者通过该课程的学习能够掌握一定的电工知识、电路分析方法,掌握实际应用中电路与系统的概念,最终能指导实际,以提高他们在实际应用中处理各种问题的能力。

Frank D. Petruzella 编写的《电工技术》,更多的是注重实际,包括一些基本的操作及所使用的工具等的介绍,电路理论知识则较浅显,有些知识在我国学生高中阶段可能就已经学习了。编者增加了电路理论知识,在变压器、继电器、可编程控制等章节则侧重实际应用方面的介绍。既加强了理论,也不失注重实际应用之际,保证了电工技术知识的系统性,希望是一本中外结合的好教材。

本书主要面向两类人群,一类是准备从事电工或电气职业的,另一类是准备从事需要具备扎实的电工学基础的相关领域职业的。

参加本书编写工作的有张红(第 1,6,11~14 章)、徐慧平(第 2~5,7~10 章),最后由张红定稿。

由于编者能力有限,书中难免有欠妥之处,恳切希望读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

1.1 电路的作用	2
1.2 组成与模型	2
1.3 基本物理量及其参考方向	7
1.3.1 电流及其参考方向	7
1.3.2 电压及其参考方向	8
1.3.3 电位的概念	8
1.3.4 关联方向	9
1.4 欧姆定律与电阻元件	10
1.5 电路有源工作状态	12
1.5.1 电源有载工作	12
1.5.2 电源短路	13
1.5.3 电源开路	14
1.6 基尔霍夫定律	15
1.6.1 基尔霍夫电流定律	15
1.6.2 基尔霍夫电压定律	16
1.6.3 基尔霍夫定律推广	18

第 2 章 直流电路的一般分析方法

2.1 简单电路、串联电路和并联电路	24
2.1.1 标识电量	24
2.1.2 串联电路	25
2.1.3 并联电路	29
2.1.4 直流串并联电路	33
2.2 电路等效变换的概念	34

2.2.1 电阻网络的等效变换	34
2.3 电压源与电流源的等效变换	50
2.3.1 电压源和电流源	50
2.3.2 电压源与电流源的等效变换	52
2.3.3 含电压源的有源网络等效	53
2.3.4 含电流源的有源网络等效	54
2.4 支路电流法	57
2.4.1 支路电流法原理	58
2.4.2 支路电流法的解题步骤	58
2.5 网孔电流法	59
2.5.1 网孔电流法原理	59
2.5.2 网孔电流法的解题步骤	60
2.6 结点电压法	61
2.6.1 结点电压法原理	61
2.6.2 结点电压法的解题步骤	62
 第3章 直流线性电路的基本定理	
3.1 叠加定理	70
3.2 戴维南定理与诺顿定理	74
3.2.1 戴维南定理	74
3.2.2 诺顿定理	77
3.2.3 戴维南定理与诺顿定理的相互转化	78
 第4章 电路的暂态分析	
4.1 储能元件与换路定则	82
4.1.1 电容元件	82
4.1.2 电感元件	89
4.1.3 换路定则	93
4.2 一阶电路动态过程分析	94
4.2.1 RC 电路的分析	94
4.2.2 RL 电路的分析	101
4.3 一阶线性电路暂态分析的三要素法	104
4.3.1 一阶线性电路的三要素	104
4.3.2 时间常数	104
4.4 微分电路和积分电路	106

4.4.1 微分电路	106
4.4.2 积分电路	107

第5章 正弦交流电路

5.1 交流电及交流电的产生	112
5.1.1 交流电	112
5.1.2 交流电的产生	112
5.1.3 电量的标识	117
5.2 正弦交流电的三要素	117
5.2.1 周期和频率	118
5.2.2 幅值与有效值	119
5.2.3 初相位和相位差	121
5.3 正弦交流电路的相量表示法	123
5.3.1 正弦交流电路的相量表示	123
5.3.2 基尔霍夫定律的相量表示形式	125
5.4 正弦交流电路中的元件分析	126
5.4.1 正弦交流电路中的电阻元件	126
5.4.2 正弦交流电路中的电容元件	128
5.4.3 正弦交流电路中的电感元件	133
5.5 复阻抗和复导纳	141
5.5.1 复阻抗	141
5.5.2 复导纳	143
5.5.3 复阻抗和复导纳的相互等效	144
5.6 RLC 串并联电路分析	144
5.6.1 RLC 串联电路分析	144
5.6.2 RLC 并联电路分析	145
5.6.3 相量图法求解电路	146
5.7 复杂正弦电路的相量分析法	147
5.7.1 支路电流法	148
5.7.2 网孔电流法	148
5.7.3 结点电压法	149
5.8 正弦交流电路的功率及功率因数的提高	150
5.8.1 有功功率、无功功率、视在功率	150
5.8.2 功率因数的提高	152
5.9 谐振电路	154

5.9.1 RLC 串联谐振	154
5.9.2 RLC 并联谐振电路	156

第 6 章 三相电路

6.1 三相电压的产生及特点	164
6.2 三相电路的连接方式	166
6.2.1 电源的连接方式	166
6.2.2 三相负载的连接方式	167
6.3 三相电路的功率	172

第 7 章 电与磁

7.1 磁铁的性质	178
7.2 磁铁的类型	178
7.2.1 天然磁铁和人工磁铁	178
7.2.2 临时磁铁和永久磁铁	179
7.3 磁极定律	180
7.4 磁极性	182
7.5 磁 场	183
7.6 磁屏蔽	184
7.7 磁学理论	184
7.8 永久磁铁的应用	185
7.9 载流导体周围的磁场	187
7.10 右手法则	188
7.11 并行导体的磁场	189
7.12 线圈的磁场	190
7.13 电磁铁	191
7.14 磁 路	192
7.15 电磁铁的应用	194

第 8 章 继电器

8.1 电磁继电器	200
8.1.1 高压控制	201
8.1.2 控制大电流	202
8.1.3 多路开关操作	202
8.1.4 继电器标定	203

8.2 磁性簧片继电器	204
8.3 固态继电器	204
8.4 时限继电器	206
8.5 电磁接触器	209
8.6 固态接触器	211

第9章 变压器

9.1 变压器的运行	216
9.2 电压、电流和功率的关系	218
9.3 变压器损耗	223
9.4 变压器的额定值	224
9.5 单相变压器的连接	228
9.6 三相变压器的连接	233
9.7 仪表变压器	244
9.8 变压器绝缘测试	245
9.9 变压器冷却	246
9.10 变压器接地	247
9.11 变压器过载电流保护	248
9.12 配电系统	250
9.13 变压器的安装和预防性维护	252

第10章 可编程控制技术

10.1 常用控制器	262
10.1.1 按钮	262
10.1.2 交流接触器	262
10.1.3 中间继电器	263
10.1.4 热继电器	263
10.1.5 熔断器	264
10.1.6 时间继电器	264
10.2 可编程控制器的结构和工作方式	266
10.2.1 可编程控制器的结构及各部分的作用	266
10.2.2 可编程控制器的工作方式	268
10.2.3 可编程控制的主要技术性能	269
10.2.4 可编程控制器的主要功能和特点	271
10.3 可编程控制器的程序编写	272

10.3.1	可编程控制器的编程语言	272
10.3.2	可编程控制器的编程原则和方法	274
10.3.3	可编程控制器的指令系统	276
第 11 章 测量基础		
11.1	测量的基本知识	290
11.1.1	测量基础	290
11.1.2	电测量指示仪表的分类	300
11.2	测量仪表	301
11.2.1	传统的指针式仪表	301
11.2.2	数字仪表	313
11.2.3	智能仪表	321
第 12 章 常见电量的测量		
12.1	端口伏安特性的测量	328
12.1.1	伏安测量法	328
12.1.2	示波测量法	328
12.2	元件参数的测量	329
12.2.1	电阻的测量	329
12.2.2	储能元件参数的测量	331
12.3	电量的测量	332
12.3.1	电压的测量	332
12.3.2	电流的测量	333
12.3.3	功率的测量	333
12.3.4	电能的测量	335
第 13 章 安全用电		
13.1	工作环境中的安全	338
13.1.1	普通个人安全服装	339
13.1.2	电工保护设备	339
13.1.3	抬起与移动货物	342
13.2	电 击	343
13.3	接地保护	346
13.4	电源的闭锁与挂签	348
13.5	一般电工安全防范	349

13.6 急救	351
13.7 防火	353
13.8 危险物质和废料	355

第 14 章 电工应用基础

14.1 元件的额定参数	358
14.2 电路与系统	359
14.2.1 接地系统	360
14.2.2 门铃电路	363
14.2.3 门控电路	365
14.2.4 报警系统	366

电路的基本概念和基本定律

学习目标

- 了解电路的基本物理量、欧姆定律及相关的参考方向定义。
- 熟练掌握基尔霍夫电压、电流定律及其应用。
- 了解电源的工作状态及电路中电位的概念及计算等。
- 打好分析和电路计算的基础。

电路理论是一门专业基础课程,主要研究电路中发生的电磁现象,并用电流、电压等物理量描述其中的过程,以确定电路的实际工作状态。电路理论主要用于计算电路中各器件流经的电流和元件端承受的电压,一般不涉及内部发生的物理过程。它不仅是电工技术和电子技术的基础,而且也是为学习后续的电机学、控制与测量电路等,以及更好地设计应用电路打基础的。

1.1 电路的作用

电路是电流的通路,它是为了完成某种特定的任务而将电工设备或元件按一定方式连接而成的完整通路。电路可以很简单,如手电筒电路,它只涉及一个单回路;也可以很复杂,如大型工业或商业设备安装,它需要成百上千的电路组合在一起工作。电路的作用就是要完成既定的任务。例如,照明电路,电扇控制电路等。

1.2 组成与模型

每个电路都具有三个基本量——电压、电流和电阻(图 1.1)。这三个量取决于各组件在电路中为实现所需功能而被排放在的不同位置。

组成电路的组件通常包括:电源、保护设备、导线、控制设备和负载设备。

电源为电路提供电压或电流,使导线中的自由电子移动。电源也常被认为是能量供给。常用的电源分为两种:直流电(DC)和交流电(AC)。如图 1.2 所示。

电压(流)源的极性决定了电路中电流的方向,同时电源提供的电压(流)大小

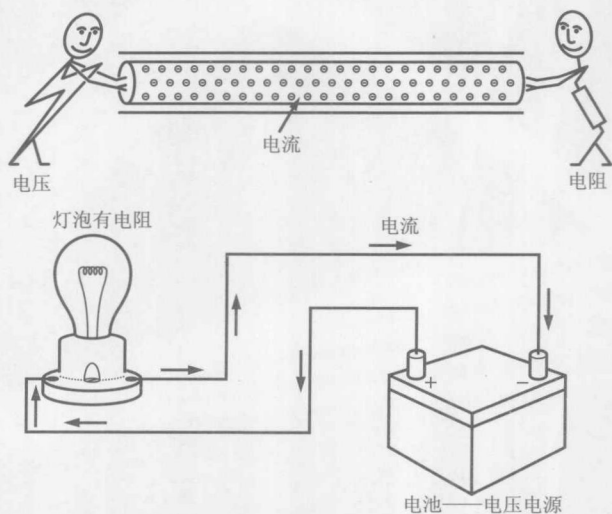


图 1.1 在每个电路中都会出现电压、电流和电阻

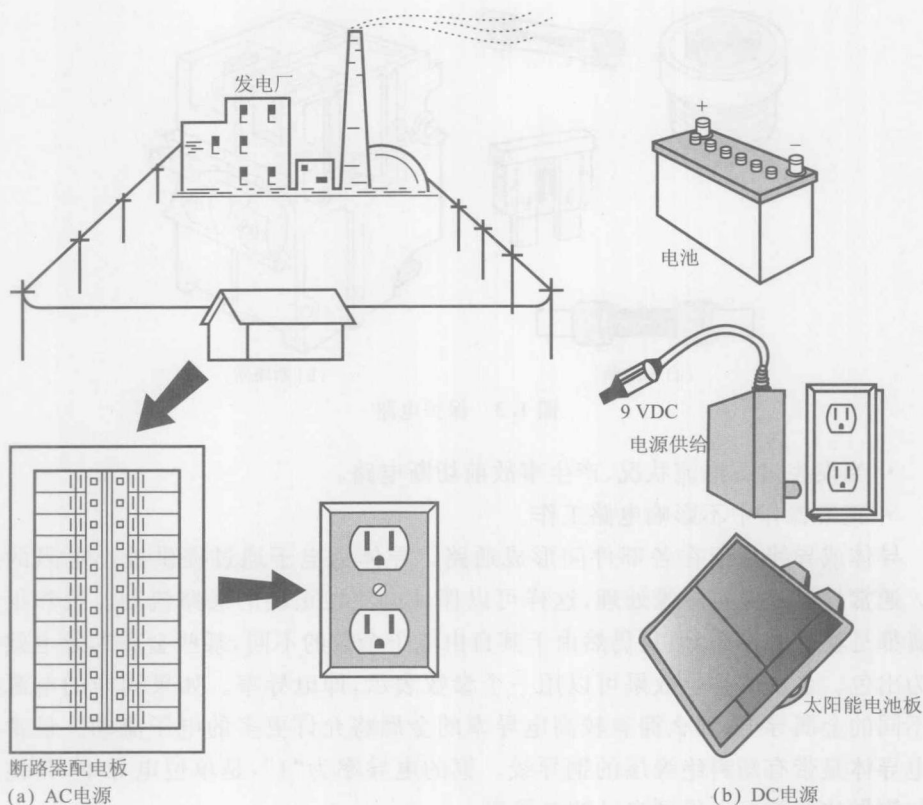


图 1.2 电 源

决定了电路中电流的大小。习惯规定：电流的真实方向为正电荷运动的方向。由于电子的流动永远从电源的负极流出，所以只要电源的极性不变，电路中的电流总是保持相同的方向。这种类型的电流称为直流电，电源称为直流电源，有直流电压源和直流电流源之分。任何使用直流(DC)电源的电路都是直流电路。

当电源的电压极性改变，或交替变化时，电路中电流的方向也将交替变化。这种类型的电流称为交流电，电源称为交流电源，有交流电压源和交流电流源之分。任何使用交流(AC)电源的电路都是交流电路。

保护设备的目的是为了保护电路配线和仪器。保护设备只允许安全限制内的电流通过。当有超过额定电流量的电流(过载电流)通过时，保护设备会自动切断电路直到过载电流问题得到解决。常用的两种保护设备是：保险丝和断路器(断路开关)。

通常保护设备都是电压源或能量供给设备的组成部分(图 1.3)。保护设备必须具备如下功能：

- 当发生过载电流现象时，迅速感应。

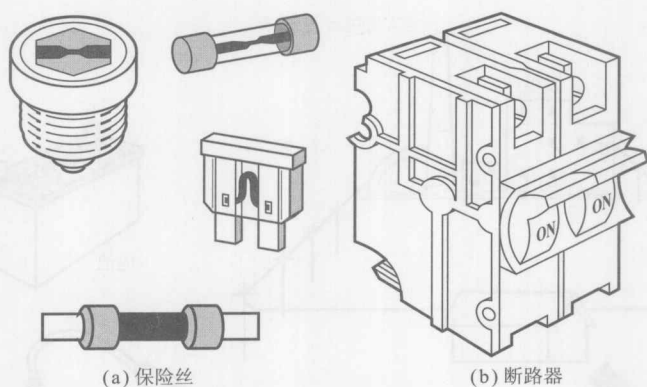


图 1.3 保护电路

- 当发生过载电流状况、产生事故前切断电路。
- 正常操作中不影响电路工作。

导体或导线用于在各部件间形成通路。导体为电子通过提供极小电阻的通路。通常导体都经过绝缘处理,这样可以保证电流在正确的通路流动。虽然很多金属都是较好的导体,但是仍然由于其自由电子个数的不同,某些金属的导电效果更为出色。金属的导电效果可以用一个参数表示,即电导率。如果同样的电源使用不同的金属导电,那么拥有较高电导率的金属将允许更多的电子流动。最常用的电导体是带有塑料绝缘层的铜导线。铜的电导率为“1”,是单位电导率,其他金属与铜做比较就可以得到自己的电导率。

控制设备通常被设置在电路中允许用户简单地开始、停止或改变电流。通常控制设备包括开关、温度调节装置和灯的调光器(图 1.4)。开关主要用于接通或断开电流,温度调节装置则可以自动控制电流流动或停止。同时,调光器也主要用于开通或断开电流,它可以通过改变电流的大小来控制灯的照明程度。

开关主要是用于开通或切断电路。很多种开关都可以实现这个操作。开关最简单的结构包含两片导电金属,它们都与电路导线连接。开关的两个导电金属不是相互连接就是断开。当两金属彼此连接时,电流就拥有一个完整的通路,此时的电路是闭合的。当两金属分开时,电路是断开的。工业与商业设备安装中的发动机控制电路似乎比这个开关要复杂许多,但事实上它们的原理是相同的——多个单独的开关控制多条电流通路。

负载是电路的一部分,它实现了电能的转换。负载可以将电能转换为用户所期望的功能或电路的有用功。为了实现其功能,它需要将电能转换为其他形式的能。常见的负载设备包括灯、发动机、发热机、电阻器等(图 1.5)。

所有传导电流的部件都具有一定的电阻。然而,在大多数电路中电路导线和电源的电阻很小,甚至为零,因此所有的电路电阻都在负载设备中。

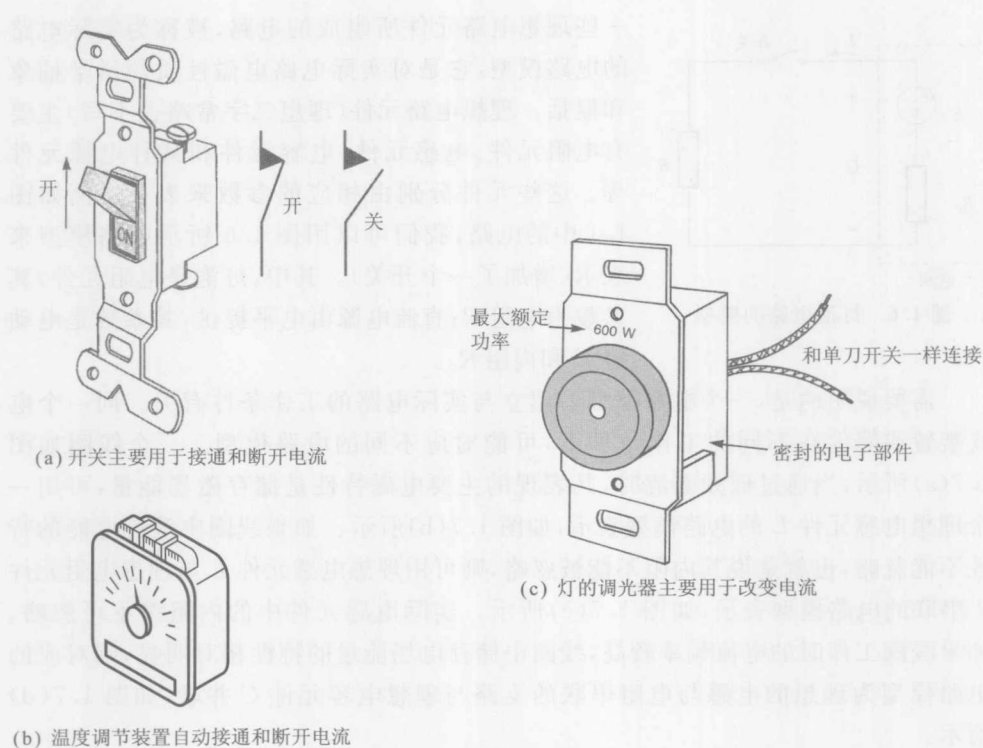


图 1.4 控制设备

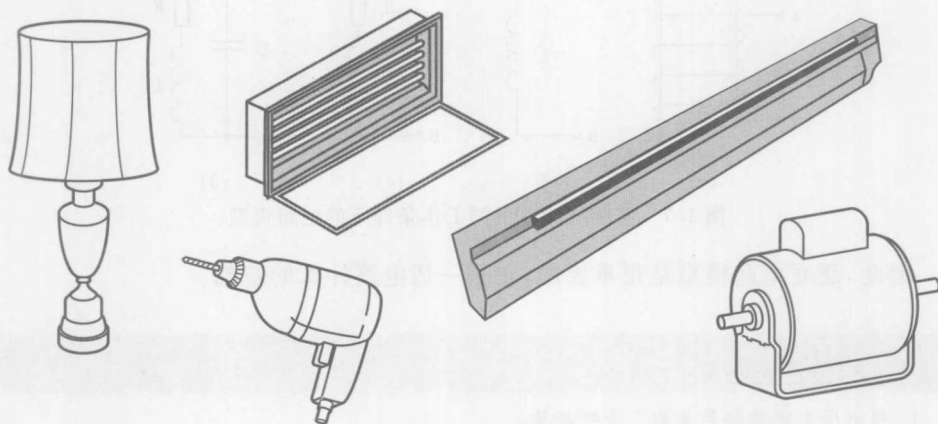


图 1.5 负载设备

负载的额定电功率决定它从电源得到的能量。因此,负载这个词既表示负载设备得到的能量,也代表负载设备从电源处消耗的能量。

为了便于对实际电路进行分析和用数学描述,将实际元件模型化,即在一定条件下突出其主要的电磁性质,忽略其次要因素,把它近似地看做理想电路元件。由

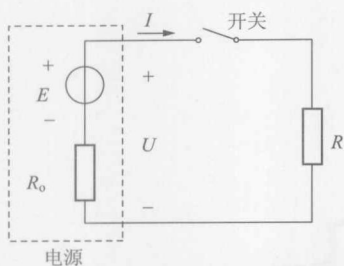


图 1.6 灯泡电路的模型

一些理想电路元件所组成的电路,被称为实际电路的电路模型,它是对实际电路电磁性质的科学抽象和概括。理想电路元件(理想二字常略去不写)主要有电阻元件、电感元件、电容元件和某种电源元件等。这些元件分别由相应的参数来表征。例如图 1.1 中的电路,我们可以用图 1.6 所示电路模型来表示(增加了一个开关)。其中,灯泡是电阻元件,其参数为电阻 R ;直流电源由电平提供,其参数是电动势 E 和内阻 R_0 。

需要说明的是,一个电路模型的建立与实际电路的工作条件有关。同一个电气装置或器件在不同的工作条件下,可能对应不同的电路模型。一个线圈如图 1.7(a)所示,当通过低频电流时,其表现的主要电磁特性是储存磁场能量,可用一个理想电感元件 L 的电路模型表示,如图 1.7(b)所示。如果线圈中消耗电能的特性不能忽略,也就是说其内阻不能被忽略,则可用理想电感元件 L 与理想电阻元件 R 串联的电路模型表示,如图 1.7(c)所示。实际电感元件中的内阻多不可忽略。如果线圈工作时的电流频率较高,线圈中储存电场能量的特性相对明显,则对应的电路模型为理想的电感与电阻串联的支路与理想电容元件 C 并联,如图 1.7(d)所示。

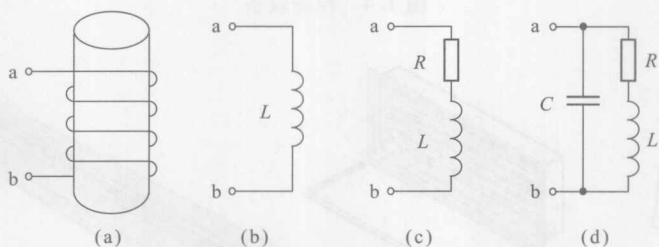


图 1.7 实际线圈在不同工作条件下的电路模型

因此,建立电路模型是很重要的,它是一切电路计算的基础。

思考与练习

1. 列出所有电路都具备的三个特征量。
2. 哪五种部件是组成所有电路的组成部分?
3. 解释保护设备是如何工作的。
4. 解释电路负载设备的功能。