



高等技术应用型人才培养规划教材

电路分析基础



梁金桃 主编
陈承义 魏 华 莫文火 副主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等技术应用型人才培养规划教材

电路分析基础

梁金桃 主 编

陈承义 魏 华 莫文火 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本教材共分9章,分别为:电路的基本概念和基本定律、直流电阻电路的分析与计算、正弦交流电路、谐振电路、三相交流电路、互感耦合电路、非正弦周期电流电路、瞬态过程、磁路与铁芯线圈。本教材每节后有思考与练习,每章后有小结和练习题,题型有判断题、选择题、填空题、计算题。

本教材依据高职高专教育的特点,以“注重实践,够用为度”为原则,以传统型写法加实例型写法相结合,力求做到概念准确、内容精练、重点突出、注重方法论述,做到轻数学推导,重实际应用;轻定量计算,重定性分析;加大习题分量与题型种类,着重在提高学生分析和解决问题的能力上下工夫。

本教材适用于高职高专通信技术、计算机通信、铁道通信信号、应用电子技术、电子信息、电气自动化、供电技术等专业使用,也可供其他专业和有关科技人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本教材之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础/梁金桃主编. —北京:电子工业出版社, 2006.8

(高等技术应用型人才培养规划教材)

ISBN 7-121-02627-9

I. 电… II. 梁… III. 电路分析—高等学校:技术学校—教材 IV. TM133

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 081001 号

责任编辑:张荣琴 特约编辑:晓鸽

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:374 千字

印 次:2006 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:21.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系电话:(010)68279077;邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

《电路分析基础》读者意见反馈表

尊敬的读者:

感谢您购买本书。为了能为您提供更优秀的教材,请您抽出宝贵的时间,将您的意见以下表的方式(可从 <http://www.hxedu.com.cn> 下载本调查表)及时告知我们,以改进我们的服务。对采用您的意见进行修订的教材,我们将在该书的前言中进行说明并赠送您样书。

姓名: _____ 电话: _____

职业: _____ E-mail: _____

邮编: _____ 通信地址: _____

1. 您对本书的总体看法是:

☐ 很满意 ☐ 比较满意 ☐ 尚可 ☐ 不太满意 ☐ 不满意

2. 您对本书的结构(章节): ☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见 _____

3. 您对本书的例题: ☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见 _____

4. 您对本书的习题: ☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见 _____

5. 您对本书的实训: ☐ 满意 ☐ 不满意 改进意见 _____

6. 您对本书其他的改进意见:

7. 您感兴趣或希望增加的教材选题是:

请寄: 100036 北京万寿路 173 信箱高等职业教育事业部 白羽收

电话: 010-88254563 E-mail: baiyu@phei.com.cn

高等技术应用型人才培养规划教材指导委员会

委员会主任:

广西水利电力职业技术学院

黄伟军 (博士)

委员会副主任:

广西工业职业技术学院院长

金长义

广西工商职业技术学院院长

陆炳坚

广西建设职业技术学院副院长

范柳先

广西机电职业技术学院副院长

邹 宁

桂林航天工业高等专科学校副校长

罗国湘

委员: (排名不分先后)

广西经济管理干部学院

何品荣

广西职业技术学院

王秀林

广西工业职业技术学院

谢文明

广西经贸职业技术学院

彭德山

广西工商职业技术学院

谭惠坤

邕江大学

赵德元

广西建设职业技术学院

游华金

柳州运输职业技术学院

黄 锋

柳州职业技术学院

杨祖宪

柳州职业技术学院

何志忠

广西生态工程职业技术学院

苏付保

广西电力职业技术学院

蒙 忠

广西水利电力职业技术学院

吴汉生

广西国际商务职业技术学院

莫 颖

广西农业职业技术学院

付秀红

南宁师范高等专科学校

罗显克

东方外语职业技术学院

韦龙征

桂林航天工业高等专科学校

李 燕

前 言

本教材是根据教育部《高职高专教育电路基础课程的教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》编写的,可供高职通信信号、应用电子、通信技术等电类专业及有关专业教学使用或作为自学教材使用。参考学时为 80~100 学时(含实践性环节)。

本教材根据目前高职高专学生的现状,以“注重实践,够用为度”为原则,以传统型写法加实例型写法相结合,力求做到概念准确、内容精练、重点突出、注重理论联系实际、注重方法论述、通俗易懂、便于自学;尽可能做到轻数学推导,重实际应用;轻定量计算,重定性分析;加大习题分量与题型种类,着重在提高学生分析和解决问题的能力上下工夫。为了便于学生自学、教师教学,本教材每一节后有思考与练习,主要以巩固概念为主,比较简单;每一章前有知识目标和能力目标;每一章后有本章小结和练习题,题型有判断题、选择题、填空题、计算题,有些需要运用以前所学过的知识,以培养综合能力。

本教材共分 9 章,为照顾不同专业的需要,增加有符号“*”的部分章节内容,供不同专业选用。

参加本教材编写的有柳州运输职业技术学院的梁金桃、陈承义、唐志珍、唐跃进,广西经贸职业技术学院的魏华、蒙联光,广西工业职业技术学院的莫文火,广西水电职业技术学院的李勤生等 7 人。其中第 1 章由魏华执笔;第 2 章和第 7 章由梁金桃执笔;第 3 章由蒙联光执笔;第 4 章由唐跃进执笔;第 5 章由陈承义执笔;第 6 章由莫文火执笔;第 8 章由唐志珍执笔;第 9 章由李勤生执笔。本教材由梁金桃任主编,陈承义、魏华、莫文火任副主编。

本教材适用于高职高专通信技术、计算机通信、铁道通信信号、应用电子技术、电子信息、电气自动化、供电技术等专业,也可供其他专业和有关科技人员参考。

本教材由广西教苑教材建设工作室参与组织编写。在编写过程中,各位教师所在学校有关领导、同事予以大力支持,在此一并感谢。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 5 月

目 录

第1章 电路的基本概念和基本定律	(1)
1.1 电路和电路模型	(1)
1.1.1 电路的定义	(1)
1.1.2 电路的作用	(2)
1.1.3 电路的分类	(2)
1.1.4 电路的组成	(2)
1.1.5 电路模型	(3)
1.1.6 电路的工作状态	(3)
思考与练习	(4)
1.2 电路的基本物理量及参考方向	(5)
1.2.1 电流及参考方向	(5)
1.2.2 电压、电位及电动势	(6)
1.2.3 电功率及电能	(8)
思考与练习	(11)
1.3 电阻元件	(13)
1.3.1 电阻元件及伏安特性	(13)
1.3.2 电阻元件的功率	(14)
思考与练习	(14)
1.4 电压源和电流源	(15)
1.4.1 电压源	(15)
1.4.2 电流源	(17)
1.4.3 实际电源模型的等效变换	(19)
思考与练习	(22)
1.5 基尔霍夫定律	(25)
1.5.1 基尔霍夫电流定律	(25)
1.5.2 基尔霍夫电压定律	(27)
1.5.3 支路电流法	(31)
思考与练习	(33)
本章小结	(35)
练习1	(36)
第2章 直流电阻电路的分析与计算	(44)
2.1 电阻的串联和并联	(44)
2.1.1 电阻的串联	(44)
2.1.2 电阻的并联	(45)
2.1.3 电阻的混联	(47)

思考与练习	(48)
2.2 电路中各点电位的计算	(49)
2.2.1 电位参考点(即零电位点)	(49)
2.2.2 电路中各点电位的计算	(49)
思考与练习	(50)
2.3 电阻星形电路与三角形电路的等效变换	(51)
2.3.1 星形电阻连接与三角形电阻连接(Υ 与 Δ)	(51)
2.3.2 星形电阻网络与三角形电阻网络的等效变换	(51)
思考与练习	(53)
2.4 叠加定理	(53)
思考与练习	(54)
2.5 戴维南定理	(55)
2.5.1 戴维南定理	(55)
2.5.2 诺顿定理	(57)
思考与练习	(57)
2.6 节点电压法	(57)
2.6.1 节点电压法	(57)
2.6.2 弥尔曼定理	(59)
思考与练习	(60)
本章小结	(60)
练习 2	(61)
第 3 章 正弦交流电路	(69)
3.1 正弦交流电的基本概念	(70)
3.1.1 正弦交流电的产生	(70)
3.1.2 正弦交流电的三要素	(70)
3.1.3 正弦交流电的相位差	(73)
3.1.4 正弦交流电的有效值	(75)
思考与练习	(76)
3.2 正弦量的相量表示法	(76)
3.2.1 复数	(76)
3.2.2 复数的四则运算	(78)
3.2.3 正弦量的相量表示法	(79)
思考与练习	(81)
3.3 电路基本定律的相量形式	(81)
思考与练习	(81)
3.4 电阻、电感、电容的正弦交流电路	(82)
3.4.1 单一元件的正弦交流电路	(82)
3.4.2 电阻、电感、电容串联电路	(88)
3.4.3 电阻、电感、电容并联电路	(91)

思考与练习	(92)
3.5 正弦交流电路中的功率及功率因数	(93)
3.5.1 瞬时功率	(93)
3.5.2 有功功率和功率因数	(93)
3.5.3 无功功率、视在功率和功率三角形	(93)
3.5.4 功率因数的提高	(95)
思考与练习	(96)
*3.6 阻抗的串联及并联	(96)
3.6.1 阻抗的串联	(96)
3.6.2 阻抗的并联	(97)
本章小结	(98)
练习 3	(100)
第 4 章 谐振电路	(106)
4.1 串联电路谐振	(106)
4.1.1 RLC 串联电路的谐振条件	(106)
4.1.2 串联谐振的特征	(107)
思考与练习	(109)
4.2 串联谐振电路的谐振曲线和选择性	(109)
思考与练习	(111)
4.3 并联电路的谐振	(111)
4.3.1 RLC 并联谐振电路	(111)
*4.3.2 实际线圈与电容并联的谐振电路	(113)
*4.3.3 串并联电路的谐振	(114)
本章小结	(116)
练习 4	(117)
第 5 章 三相交流电路	(120)
5.1 三相电源	(120)
5.1.1 三相交流电的产生	(120)
5.1.2 三相电源的连接	(121)
思考与练习	(124)
5.2 对称三相电路的计算	(125)
5.2.1 负载的星形连接	(125)
5.2.2 负载的三角形连接	(127)
思考与练习	(129)
*5.3 不对称三相电路的计算	(130)
5.3.1 星形连接不对称三相电路	(130)
5.3.2 三角形连接的不对称三相电路	(132)
思考与练习	(133)
5.4 三相电路的功率	(133)

思考与练习	(135)
本章小结	(135)
练习 5	(136)
第 6 章 互感耦合电路	(141)
6.1 自感与自感电压	(141)
6.1.1 自感现象	(141)
6.1.2 自感线圈电压、电流的关系	(141)
思考与练习	(142)
6.2 互感与互感电压	(142)
6.2.1 互感现象	(142)
6.2.2 互感系数	(143)
6.2.3 互感线圈电压、电流的关系	(143)
思考与练习	(144)
6.3 互感线圈的同名端及其应用	(145)
思考与练习	(146)
6.4 互感线圈的串联和并联	(147)
6.4.1 互感线圈的串联	(147)
6.4.2 互感线圈的并联	(149)
思考与练习	(151)
6.5 空芯变压器	(152)
思考与练习	(155)
本章小结	(155)
练习 6	(156)
第 7 章 非正弦周期电流电路	(162)
7.1 非正弦周期量的产生和分解	(162)
7.1.1 非正弦周期量的产生	(162)
7.1.2 非正弦周期量的合成与分解	(163)
思考与练习	(168)
7.2 非正弦周期量的最大值、有效值、平均值和平均功率	(168)
7.2.1 非正弦周期量的最大值	(168)
7.2.2 非正弦周期量的有效值	(168)
7.2.3 非正弦周期量的平均值	(170)
7.2.4 平均功率	(170)
思考与练习	(172)
7.3 非正弦周期性电流电路的分析计算	(172)
思考与练习	(175)
本章小结	(175)
练习 7	(177)

第8章 瞬态过程	(182)
8.1 换路定律	(182)
8.1.1 瞬态过程的基本概念	(183)
8.1.2 换路定律	(183)
8.1.3 电压、电流初始值的计算	(184)
思考与练习	(186)
8.2 RC 电路的瞬态过程	(186)
8.2.1 RC 电路的充电过程	(186)
8.2.2 RC 电路的放电过程	(188)
思考与练习	(189)
8.3 RL 电路的瞬态过程	(190)
8.3.1 RL 电路接通直流电源	(190)
8.3.2 RL 电路短接	(191)
思考与练习	(193)
8.4 一阶电路的三要素法	(193)
8.4.1 一阶电路过渡过程的一般规律	(193)
8.4.2 一阶电路的三要素法	(194)
思考与练习	(198)
本章小结	(199)
练习 8	(200)
*第9章 磁路与铁芯线圈	(205)
9.1 磁路及磁路定律	(205)
9.1.1 磁路	(205)
9.1.2 磁路的欧姆定律	(206)
9.1.3 磁路的基尔霍夫定律	(206)
思考与练习	(207)
9.2 铁磁性物质的性质	(208)
9.2.1 铁磁性物质的磁性	(208)
9.2.2 铁磁性物质的磁化曲线	(208)
9.2.3 铁磁性物质的分类	(209)
9.3 交流铁芯线圈	(209)
9.3.1 电压与磁通的关系	(210)
9.3.2 铁芯损耗	(210)
9.4 电磁铁与变压器	(211)
9.4.1 电磁铁	(211)
9.4.2 理想变压器	(212)
思考与练习	(213)
本章小结	(213)
练习 9	(215)
参考文献	(217)

第1章 电路的基本概念和基本定律

【知识目标】

- (1) 了解电路的定义、组成及各部分的作用；理解电路元件、电路模型、电路的3种状态。
- (2) 理解电流、电压、电位、电动势、电能的概念及相互关系；掌握电压、电流及参考方向，电功率。
- (3) 了解电阻器、电阻参数、电阻元件的定义，线性电阻和非线性电阻；掌握电阻元件电压与电流的关系，欧姆定律。
- (4) 掌握电压源和电流源的电压与电流关系，电压源和电流源的等效变换。
- (5) 了解支路、节点、回路、网孔的定义；理解基尔霍夫电流定律和电压定律；掌握应用 KCL、KVL 列写电路方程和应用支路电流法求解电路的方法。

【能力目标】

- (1) 能认识并画出常用电路元件符号。
- (2) 能绘制简单的电气原理图。
- (3) 能进行电能的计算。
- (4) 熟悉电路故障状态的危害及防范措施。

《电路分析基础》是电子、电气类专业一门重要的、实践性很强的技术基础课。

众所周知，与其他形式的能量相比，电能具有两个显著的特点：一是最容易产生、输送、分配和使用；二是最容易转换成其他形式的能量。电能在生产、生活、国防、科研等各个领域得到了广泛的应用。

电能的应用离不开电路。实际电路的功能各异，繁简不一，结构形式多样，但有其共同的规律。本课程的主要任务是使学生掌握电路的基本规律，学会分析、计算电路的基本方法，为进一步学习后续课程和将来从事电类专业的实际工作奠定基础。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路的定义

电路是由一些电气设备和电子元器件按一定方式组合起来，实现某一特定功能，使电流得以流通的闭合路径。

人们在日常生活、生产和科学实验中，常常会遇到各种各样的电路，例如：家喻户晓的照明电路给人们带来光明；收音机、电视机、VCD、DVD 的放大电路对语音等信号放大；计算机电路按人们的指令对指定的信息进行处理；滤波电路把被噪声淹没了的信号提取出来；飞机、轮船、火车、汽车的动力电路驱动牵引设备运动，等等。

1.1.2 电路的作用

电路的基本作用有两个：一是产生、输送、分配、转换和使用电能，进行电能和其他形式的能量之间的转换，如电力系统用电力网把各发电厂生产的电能输送到用电设备供用户使用；二是传递、处理、保护信息，如电话线路、扩音机线路、计算机线路等。

1.1.3 电路的分类

电路的分类方法很多，常见的有如下几种。

- (1) 按电流的性质分，有直流电路和交流电路。
- (2) 按电压的高低分，有高压电路和低压电路。
- (3) 按电路的结构分，有有分支电路和无分支电路，又称为简单电路和复杂电路。
- (4) 按电路的范围分，有内电路和外电路，参见本书 1.2.2 节。
- (5) 按电路的用途分，有电力电路和信号电路。

电力电路主要用于电能的产生、输送、分配和转换。这类电路组成了一个十分复杂的供电系统，其电压较高，电流较大。对这类电路的主要要求是传送功率大、效率高。

信号电路主要用于信息的传递和处理。这类电路组成了一个十分精密的信号传输系统，其电压较低，电流较小。对这类电路的主要要求是抗干扰能力强、电信号不失真。

1.1.4 电路的组成

虽然实际电路的组成复杂，形式多变，但它们都是由最基本的部件组成的：电源、负载和中间环节。以最简单的手电筒电路为例，干电池是电源 U_s ，小灯泡是负载 R ，开关 S 和连接导体是中间环节，其实际电路如图 1.1 (a) 所示。

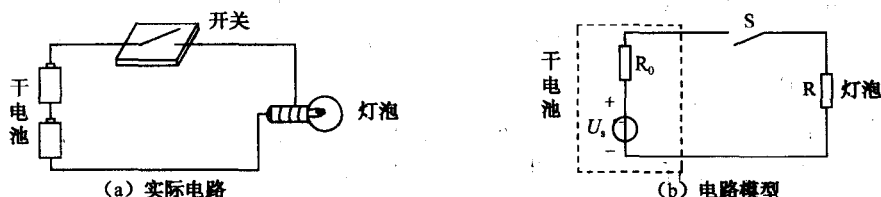


图 1.1 手电筒电路

电源是为电路提供电能的装置，其主要作用是把其他形式的能量转换成电能。例如，电池将化学能转换成电能，发动机将机械能转换成电能等。此外，通常将一种形式的电能转换成另外一种形式的电能的装置也被称为电源，如直流稳压电源将交流电转换为直流电，并保持输出电压在一定范围内稳定不变。

负载是电路中使用电能的装置，其主要作用是把电能转换成其他形式的能量。例如，电灯将电能转换成光能和热能，电动机将电能转换成机械能等。

中间环节的主要作用是传递、分配和控制电能。最简单的中间环节是连接电源和负载的导线、控制电路通断的开关。此外，有的电路还有保证安全用电的保护电器（如熔断器）、测量电路参数的检测装置（如电压表、电流表、电度表）等。更为复杂的中间环节可由多种元件或电气设备组成网络系统，电源和负载则分别接在它的输入端和输出端。

1.1.5 电路模型

实际电路是由起各种不同作用的实际电路元件组成的，其电磁性质一般比较复杂，如电阻器在通过电流时除了具有消耗电能的性质外还会产生磁场，兼有电感的性质。

为便于对电路进行分析和计算，必须将实际电路元件进行概括和抽象使其理想化（或模型化），即在一定条件下，突出实际电路主要的电磁性质，忽略其次要因素，近似地用一个足以表征其主要电磁性能的理想电路元件表示该实际电路元件。如电阻器的电感比电阻小得多，分析计算电路时可以突出其电阻性质，忽略其电感性质，近似地用理想电阻元件来表示电阻器的电磁性质。

基本理想电路元件（简称电路元件）有两大类，即不产生能量的无源元件和为电路提供能量的有源元件。无源元件包括只表示消耗电磁能的电阻元件，电磁现象的电感元件和磁场现象的电容元件；有源元件包括理想电压源和理想电流源。理想电路元件用规定的图形符号来表示，如图 1.2 所示。需要说明的是，理想导体是阻值为 0 的电阻元件，用线段表示。

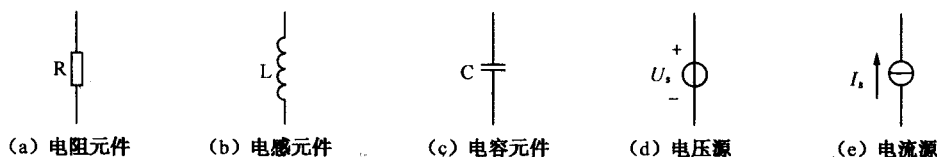


图 1.2 理想电路元件图形符号

用理想电路元件及其组合代替实际电路元件，用特定的符号代表理想元件，用特定符号绘制的电路图代替实际电路图的连接关系及功能，称之为实际电路的电路模型。手电筒电路的电路模型如图 1.1 (b) 所示，干电池由电压源 U_s 及内阻 R_0 的组合表示，灯泡对应电阻元件 R ，筒体（包括开关）对应连接导线和开关 S 。

根据对电路模型的分析所得出的结论，有着广泛的实际指导意义。若无特别说明，本书所说电路元件均为理想电路元件，电路均指电路模型，并用由理想电路元件构成的电路模型来阐述电路的基本规律，讲解分析计算电路的基本方法。

1.1.6 电路的工作状态

电路的工作状态包括负载状态、开路状态和短路状态 3 种形式，如图 1.3 所示。

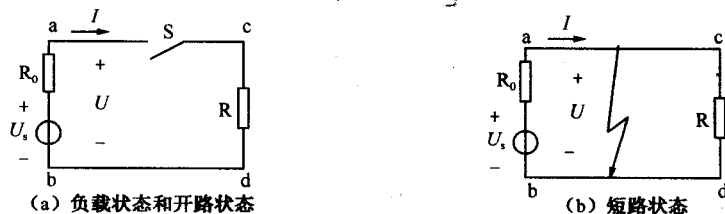


图 1.3 电路的 3 种工作状态

1. 负载状态

如图 1.3 (a) 所示, 开关 S 闭合, 电路构成一个完整的闭合回路, 电路中有电流流过, 该状态称为电路的有载状态, 又称负载状态。该工作状态有如下 3 种情况。

(1) 额定工作状态: 指电源、负载和中间环节都能长期处于安全可靠、经济合理, 并能保证电气设备有一定的寿命 (电气寿命和机械寿命) 的工作状态, 又称“满载”。此时, 电路中流过的电流称为额定电流。

(2) 轻载状态: 指电路中流过的电流小于额定电流的工作状态。该状态电气设备安全, 但没有得到充分的利用。

(3) 过载状态: 指电路中流过的电流大于额定电流的工作状态。短时间内少量的过载不会立即导致电气设备损坏, 但长时间的严重过载可能大大缩短使用寿命, 甚至使电气设备因过热而烧损。

2. 开路状态

如图 1.3 (a) 所示, 若开关 S 正常断开或电路的某处因故障断开, 电路未构成闭合回路, 电路中的电流为 0, 该状态称为电路的开路状态。该工作状态有如下两种情况。

(1) 空载状态: 指电路正常, 人为控制开关 S 断开的状态。如需关闭照明灯时, 可断开照明灯开关。

(2) 断路状态: 指开关闭合, 电路的某处为非正常断开的状态。该状态电路无电流流过, 不能正常工作, 如实际电路中的断线、脱焊等。

3. 短路状态

如图 1.3 (b) 所示, 当电路的一部分被电阻忽略不计的导线连接时, 则这部分电路处于短路状态。在该状态下, 短路点的电压为 0, 电路中流过的电流称为短路电流, 其值可能达到额定电流的几倍甚至几十倍, 从而使电气设备因过热而烧损, 严重时可能引起火灾。

显然, 电路最理想的工作状态是额定工作状态。过载状态、断路状态和短路状态都是电路的故障状态。其中, 短路是电路最严重的故障, 人们往往在电路中接入熔断器、自动开关、断路器等保护设备, 当电路发生故障时, 这些设备自动断开故障电路, 以避免短路可能造成的危害。

思考与练习

(1) 向电路提供电能的设备和器件称为_____, 例如_____; 将电能转变为其他形式的能加以利用的设备和器件称为_____, 例如_____; 将它们按一定方式连接起来, 为电流流通提供路径。

(2) 由_____构成的电路称为实际电路的电路模型。

(3) 在电路模型中, 每一个电路元件反映_____种物理性能。一个实际电路元件可以用_____个或者_____个理想元件的组合来表示电路的物理性能。

(4) 说明如图 1.4 所示各电路元件的名称。

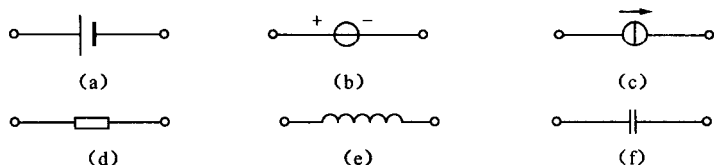


图 1.4 思考与练习题 (4) 图

(5) 电路有哪几种工作状态? 各种工作状态对电路有何影响?

1.2 电路的基本物理量及参考方向

电路的基本物理量有电流、电压和电功率, 现分别介绍如下。

1.2.1 电流及参考方向

带电粒子在电源作用下有规律的定向运动形成电流。金属导体中的带电粒子是自由电子, 半导体中的带电粒子是自由电子和空穴, 电解液中的带电粒子是正、负离子。

电流的大小用电流强度来衡量。电流强度在数值上等于单位时间内通过导体横截面的电量, 如图 1.5 所示。

电流强度简称电流, 用小写字母 i 表示。即

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2-1)$$

大小和方向都不随时间变化的电流称为稳恒电流, 简称直流, 其英文缩写为 DC, 用大写字母 I 表示。则上式改写为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2-2)$$

大小和方向 (或其中之一) 随时间作周期性变化的电流称为周期电流。若周期电流在一个周期内的数学平均值等于 0, 则称为交变电流, 简称交流。通常所说的交流多指正弦电流, 它随时间按正弦规律变化, 其英文缩写为 AC, 用小写字母 i 表示。

电流的国际单位是安培, 简称安, 符号为 A。电流常用的单位还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA), 它们之间的关系为

$$\begin{aligned} 1\text{kA} &= 10^3\text{A} \\ 1\text{mA} &= 10^{-3}\text{A} \\ 1\mu\text{A} &= 10^{-6}\text{A} \end{aligned}$$

电流的方向习惯上规定为正电荷运动的方向。但在分析、计算较为复杂的直流电路时, 往往难于事先判断电流的实际方向; 而交流电路中电流的实际方向随时间不断改变, 在电路图中很难且也没有必要标出它的实际方向。为此, 在分析、计算电路时, 可预先任意假设某一方向为电流的正方向, 称为电流的参考方向。

在电路图中, 电流的参考方向有两种表示方式, 一是用带箭头的实线表示, 如图 1.6 所示; 二是用双下标的变量表示, 如图 1.5 所示的电流 I_{ab} , 表示电流的参考方向为 a 指向 b。

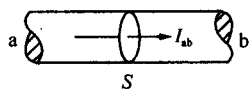


图 1.5 导体中的电流



图 1.6 电流的参考方向

电流的实际方向用带箭头的虚线表示, 如图 1.6 所示。当电流的实际方向与参考方向相同时, 其值为正; 当电流的实际方向与参考方向相反时, 其值为负。

【例 1.2.1】 请根据如图 1.7 (a) 所示电流的参考方向及数值, 标出电流的实际方向。



图 1.7 例 1.2.1 图

解: 由已知条件知, 电流 $I = 5A > 0$,

数值“5”说明电流的大小为 5A。

因 $I > 0$, 说明其值为正, 即实际方向与参考方向相同。

故电流的实际方向为由左指向右, 如图 1.7 (b) 所示虚线。

可见, 电流是既有大小又有方向的物理量。只有当电流的参考方向选定以后, 电流的正负才有意义。在参考方向一定的情况下, 数值表示电流的大小, 正、负表示电流的方向。离开参考方向来谈电流的正、负是没有意义的。

1.2.2 电压、电位及电动势

1. 电压

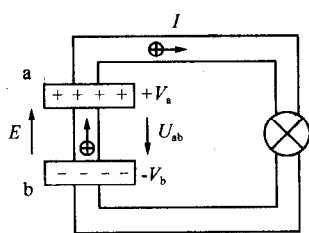


图 1.8 电动势与电压

电压是衡量电场力做功能力的物理量。如图 1.8 所示, 设 a、b 分别是电源的正极和负极, 则两极间产生电场, 其方向由 a 指向 b。如果用导线连接 a、b, 电场力将做功, 使正电荷从 a 极沿导线移至 b 极。

电场力把单位正电荷从电路中的 a 点移至 b 点所做的功称为 a、b 两点间的电压。设电场力把正电荷 dq 从 a 点移动到 b 点所做的功为 dw , 则 a、b 两点间的电压为

$$u = \frac{dw}{dq} \quad (1-2-3)$$

大小和方向都不随时间变化的电压称为直流电压, 用大写字母 U 表示。则上式改写为

$$U = \frac{W}{q} \quad (1-2-4)$$

大小和方向 (或其中之一) 随时间变化的电流称为交流电压, 用小写字母 u 表示。

电压的国际单位是伏特, 简称伏, 符号是 V。常用的电压单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV) 和微伏 (μV), 它们之间的关系为