



高等院校教材

电工技术

主 编 林育兹

副主编 程 翔 李继芳 郭光真



科学出版社
www.sciencep.com

高等院校教材

电 工 技 术

主 编 林育兹

副主编 程 翔 李继芳 郭光真

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书共 9 章,包括电路基本概念、电路分析方法、单相交流电路、三相电力系统、电路的暂态分析、磁路和变压器、电动机、继电器接触器控制系统和可编程序控制器及其应用等内容。其中,前 5 章主要介绍电路原理及其分析方法,着重对直流电路、交流电路和暂态电路进行研究,并介绍安全用电知识;接着用 3 章篇幅主要介绍变压器、电动机、继电器接触器控制系统的器件结构、工作原理与分析方法,着重研究它们在工程中的应用;最后 1 章介绍可编程序控制器的原理、常用指令和应用设计方法。

根据现代教学的特点,本书在突出电工技术的基本理论和基本分析方法的同时,注意理论联系工程实际,并介绍了一些实用知识,力求做到学以致用。在内容叙述上深浅适度,难易层次有序推进,单元知识和系统理论紧密结合,重点突出。每章配有针对性的小结、思考题和习题,适宜教学和读者自主学习。

本书是高等院校理工科非电类专业的本科基础课程教材,也可以作为从事工厂企业电气专业技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术 / 林育兹主编. —北京:科学出版社,2006

(高等院校教材)

ISBN 7-03-017238-8

I. 电… II. 林… III. 电工技术-高等学校-教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 048321 号

责任编辑:巴建芬 贾瑞娜 / 责任校对:张怡君

责任印制:张克忠 / 封面设计:陈 敬

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 8 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2006 年 8 月第一次印刷 印张: 24

印数:1—3 000

字数: 454 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<明辉>)

科学出版社高等教育分社

教学支持说明

科学出版社高等教育分社为了对教师的教学提供支持,特对教师免费提供本教材的电子教案,以方便教师教学。

获取电子教案的教师需要填写如下情况的调查表,以确保本电子教案仅为任课教师获得,并保证只能用于教学,不得复制传播;否则,科学出版社保留诉诸法律的权利。

邮寄地址:北京东黄城根北街16号,100717

科学出版社 高等教育分社 工科编辑部

巴建芬(收)

联系方式:010-6401 0637 010-6401 1127(Fax)

bajianfen@mail. sciencep. com

请复印后签字盖章,邮寄或者传真到本社,我们确认销售记录后立即赠送。

如果您对本书有任何意见和建议,也欢迎您告诉我们。

证 明

兹证明_____大学_____学院/_____系第_____学年☐上/
☐下学期开设的课程,采用科学出版社出版的_____
_____(书名/作者)作为上课教材。任课教师为_____
共_____人,学生_____个班共_____人。

任课教师需要与本教材配套的电子教案。

电话:_____

传真:_____

E-mail:_____

地址:_____

邮编:_____

学院/系主任:_____ (签字)

(学院/系办公室章)

_____年_____月_____日

前 言

本书是 2003 年以来厦门大学在开展福建省“电工技术”精品课程立项研究的基础上,以教育部高等学校电子电气基础课程教学指导分委员会和中国高等学校电工学会制定的“电工电子课程教学基本要求”为依据,针对理工科非电类专业本科教学编写的基础课程教材。基本内容的教学参考学时为 54 学时,若包括“*”号(选学)的教学内容,建议采用不少于 72 学时。

本书适应现代教学特点,以适当拓宽学生知识面为出发点,坚持学以致用、突出应用的原则,力求体现以下特点:

(1) 考虑到目前课时相对减少等因素,本书对传统内容进行精简,删除部分陈旧的知识,把电工测量仪表的章节调整到实验课程中,而电路仿真、习题的解题过程及答案都放到配套的教学课件里,使压缩的篇幅能够较详细地介绍可编程序控制器和部分新器件的内容,较好地处理了更新和继承、传统教学方法和现代教学手段的关系。针对物理课程的计划调整,本教材的起点相对放低,使电工技术课程与物理基础能更好地衔接,然后循序渐进,总体的教学要求并没有降低,有利于学生的自主学习,注重培养学生的自学能力。

(2) 注重电工技术的基础性、应用性和先进性,以电路、磁路的基本概念、基本理论和基本分析方法为重点,突出理论与实践相结合的主导思想。基本概念和基本理论以讲清为度,文字阐述简明易懂,省略一些公式和定理繁杂的证明过程,并通过引入更多的工程实例,介绍电工技术在工程中的应用方法,以引导学生理论联系实际。

(3) 本教材注意吸收教学改革成果,具有一定新意。结构上分为电路原理、磁路器件及电气控制基础三部分内容。各部分信息量丰富,主次分明,详略得当;相互之间承上启下,紧密衔接,逐步将单元知识过渡到系统概念,力求使各部分知识融会贯通,综合运用。各章配有例题和练习思考题,以加深对单元内容的理解,澄清一些模糊问题;章末有小结和习题,以引导学生注意学习方法,开拓思路,灵活地解决问题。

全书共 9 章,包括电路基本概念、电路分析方法、单相交流电路、三相电力系统、电路的暂态分析、磁路和变压器、电动机、继电器接触器控制系统和可编程序控制器及其应用等内容。其中第 1、2、3、4、9 章由林育兹编写,第 5、6 章由郭光真、林育兹编写,第 7 章由程翔、林育兹编写,第 8 章由李继芳、林育兹编写。李延福、刘益芳和张丹等参与了本书部分章节的编写和插图工作。林育兹负责对全书进行

统稿。

本书写作提纲由华南理工大学殷瑞祥教授审核和修订,电路原理部分由上海交通大学朱承高教授审稿,全书由厦门大学黄元庆教授主审,三位教授为本书提出了许多宝贵的意见和建议。本书引用了参考文献中有关作者的部分成果资料,并得到科学出版社的大力支持,借此机会一并向他们表示衷心的感谢。

限于作者的水平以及时间仓促,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正,作者不胜感激。

· 作 者

2006年3月

目 录

前言

第 1 章 电路基本概念	(1)
1.1 电路及其模型	(1)
1.1.1 电路的组成及其作用	(1)
1.1.2 电路模型	(2)
1.2 电流和电压的参考方向	(3)
1.3 关联方向及应用	(5)
1.3.1 关联方向与欧姆定律	(5)
1.3.2 电路元件的功率	(7)
1.4 电位	(8)
1.5 电路基本元件及其特性	(10)
1.5.1 无源元件	(10)
1.5.2 独立电源	(15)
1.5.3 受控电源	(18)
1.6 电路的工作概况	(19)
1.6.1 电气设备的额定值与实际值	(19)
1.6.2 电路的三种状态	(20)
1.6.3 最大功率传输条件	(24)
1.7 本章小结	(25)
1.8 习题	(26)
第 2 章 电路分析方法	(29)
2.1 基尔霍夫定律及其应用	(29)
2.1.1 常用名词	(29)
2.1.2 基尔霍夫电流定律	(30)
2.1.3 基尔霍夫电压定律	(32)
2.1.4 基尔霍夫定律的典型应用	(33)
* 2.2 网孔电流法	(37)
2.3 电阻的连接及其等效变换	(40)
2.3.1 电阻串联电路	(40)
2.3.2 电阻并联电路	(41)

2.3.3 电阻混联电路	(42)
* 2.3.4 电阻星形与三角形的等效变换	(45)
2.4 电压源和电流源的等效变换	(48)
2.5 叠加定理	(50)
2.6 电源等效定理	(52)
2.6.1 戴维宁定理与诺顿定理	(52)
2.6.2 求解等效电阻的其他方法	(55)
2.7 含受控电源的电路分析	(58)
* 2.8 非线性电阻电路的分析	(63)
2.8.1 非线性电阻元件	(63)
2.8.2 一般分析方法	(64)
2.9 本章小结	(67)
2.10 习题	(69)
第3章 单相交流电路	(73)
3.1 正弦交流电的基本概念	(73)
3.1.1 正弦量的三要素	(74)
3.1.2 相位差	(76)
3.2 正弦量的相量表示	(77)
3.3 单元件正弦交流电路的特性	(80)
3.3.1 电阻的正弦交流电路	(80)
3.3.2 电感的正弦交流电路	(81)
3.3.3 电容的正弦交流电路	(83)
3.4 正弦交流电路的分析	(86)
3.4.1 RL 串联正弦交流电路	(86)
3.4.2 RC 串联正弦交流电路	(89)
3.4.3 RLC 串联正弦交流电路	(90)
3.4.4 阻抗的串联和并联	(92)
3.5 交流电路的频率特性	(98)
3.5.1 滤波电路的频率特性	(98)
3.5.2 串联谐振	(102)
3.5.3 并联谐振	(105)
3.6 功率因数及其提高	(108)
* 3.7 非正弦周期交流电路	(111)
3.7.1 谐波分析的概念	(111)
3.7.2 非正弦周期交流电路的计算	(113)

3.8 本章小结	(115)
3.9 习题	(118)
第4章 三相电力系统	(122)
4.1 三相电源	(122)
4.1.1 三相电源概述	(122)
4.1.2 三相电源的连接	(124)
4.2 三相负载	(126)
4.2.1 三相对称负载的星形连接	(126)
4.2.2 三相对称负载的三角形连接	(129)
4.2.3 三相不对称负载电路的分析	(131)
4.3 三相电路的功率计算及测量	(133)
4.3.1 三相电路的功率计算	(133)
4.3.2 三相电路的功率测量	(134)
4.4 供电与用电	(135)
4.4.1 供电过程	(135)
4.4.2 输电功率	(136)
4.4.3 低压配电	(137)
4.4.4 导线的选择	(138)
4.5 安全用电常识	(139)
4.5.1 触电与预防	(139)
4.5.2 预防触电的安全措施	(142)
4.5.3 电气设备的防火与防爆	(146)
4.6 本章小结	(147)
4.7 习题	(150)
第5章 电路的暂态分析	(152)
5.1 概述	(152)
5.1.1 暂态的产生	(152)
5.1.2 换路定律及初始值的确定	(153)
5.2 电路暂态分析的微分方程法	(155)
5.2.1 RC 电路的暂态响应	(155)
5.2.2 RL 电路的暂态响应	(160)
5.3 一阶电路暂态分析的三要素法	(162)
5.4 电路暂态响应的应用与灭弧措施	(166)
5.4.1 RC 微分电路	(166)
5.4.2 RC 积分电路	(168)

5.4.3 RL 电路的灭弧措施	(169)
5.5 本章小结	(171)
5.6 习题	(173)
第 6 章 磁路和变压器	(177)
6.1 磁路的基本概念与基本定律	(177)
6.1.1 磁路的基本物理量	(177)
6.1.2 磁性材料的磁性能及其应用	(179)
6.1.3 磁路欧姆定律	(182)
6.1.4 磁路的计算	(184)
6.2 交流铁心线圈与电磁铁	(186)
6.2.1 交流铁心线圈	(186)
6.2.2 电磁铁	(189)
6.3 变压器	(191)
6.3.1 变压器的基本结构	(192)
6.3.2 变压器的工作原理	(193)
6.3.3 变压器的外特性与效率	(197)
6.3.4 变压器的使用	(198)
6.3.5 几种常用的变压器	(202)
6.4 本章小结	(205)
6.5 习题	(208)
第 7 章 电动机	(210)
7.1 三相异步电动机	(210)
7.1.1 三相异步电动机的结构	(210)
7.1.2 三相异步电动机的转动原理	(212)
7.1.3 三相异步电动机的运行分析	(215)
7.1.4 三相异步电动机的使用	(221)
7.2 单相异步电动机	(232)
7.2.1 单相异步电动机的基本原理	(232)
7.2.2 单相异步电动机的启动方法	(233)
* 7.3 直流电动机	(235)
7.3.1 直流电动机的工作原理	(235)
7.3.2 直流电动机的分类	(236)
7.3.3 直流电动机的结构	(237)
7.3.4 直流电动机的机械特性	(239)
7.3.5 直流电动机的启动和调速	(240)

* 7.4 控制电机	(242)
7.4.1 步进电动机	(243)
7.4.2 伺服电动机	(245)
7.5 本章小结	(247)
7.6 习题	(251)
第8章 继电器接触器控制系统	(253)
8.1 常用低压电器	(253)
8.1.1 低压电器的分类	(253)
8.1.2 闸刀开关	(254)
8.1.3 熔断器	(255)
8.1.4 空气断路器	(257)
8.1.5 按钮和行程开关	(259)
8.1.6 交流接触器	(262)
8.1.7 继电器	(264)
8.2 电动机控制线路图的绘制和识图	(271)
8.3 三相异步电动机的单向运行控制线路	(273)
8.3.1 三相异步电动机的全压启动控制线路	(273)
8.3.2 多台三相异步电动机的顺序控制线路	(276)
8.3.3 三相异步电动机的多地控制线路	(277)
8.4 三相异步电动机的双向运行控制线路	(278)
8.4.1 三相异步电动机的正、反转控制线路	(278)
8.4.2 自动往返行程的控制线路	(280)
8.5 三相异步电动机的降压启动控制线路	(282)
8.5.1 定子绕组串电阻的降压启动控制线路	(282)
8.5.2 星-三角降压启动的控制线路	(283)
8.6 三相异步电动机的制动控制线路	(284)
8.6.1 反接制动控制线路	(284)
8.6.2 能耗制动控制线路	(284)
8.7 三相异步电动机的变极调速线路	(285)
* 8.8 T68 型镗床的电气控制线路	(287)
8.8.1 T68 型镗床概述	(287)
8.8.2 电气控制线路分析	(288)
8.8.3 常见故障的分析处理	(293)
8.9 本章小结	(294)
8.10 习题	(296)

第9章 可编程序控制器及其应用	(300)
9.1 可编程序控制器概述	(300)
9.1.1 可编程序控制器的产生	(300)
9.1.2 PLC的主要特点	(301)
9.1.3 PLC的分类	(303)
9.1.4 PLC的基本组成	(304)
9.1.5 PLC基本工作原理.....	(306)
9.2 CPM2A的结构与外部接线	(309)
9.2.1 主机结构及存储区分配	(309)
9.2.2 CPM2A的外部接线	(314)
9.3 PLC的常用指令	(319)
9.3.1 PLC的基本指令	(319)
9.3.2 PLC的常用控制指令	(324)
9.4 CX-P编程软件的使用	(336)
9.4.1 初始设置	(336)
9.4.2 梯形图和助记符的输入	(337)
9.4.3 程序的在线运行与下载	(339)
9.5 PLC的应用与设计	(342)
9.5.1 PLC系统设计的原则与步骤	(342)
9.5.2 PLC的简单编程	(347)
9.5.3 PLC的应用设计举例	(351)
9.6 本章小结	(360)
9.7 习题	(364)
参考文献	(371)

第 1 章 电路基本概念

电工技术是研究电能工程技术领域中应用的一门学科,也是电子技术的一门基础课程,它的内容是许多专业的应用基础。由于电能输送、转换及控制等方面具有优越性,因此它得到了广泛应用,对人类社会的发展产生了极其深刻的影响。电能的应用离不开电路。为此,本章在对电路的基本物理量——电流、电压和电动势等进行复习时,引入了这些物理量的参考方向,并讨论欧姆定律的基本应用;接着介绍了电位概念、组成电路的基本元件及其伏安特性;最后简要叙述了电路的工作状态以及最大功率传输条件。

为了保持电路理论的完整性,本章在保留物理学中电类知识的基础上,适当增加了工程技术的含量,以适应工程实践的需要。

1.1 电路及其模型

电路(circuit)是电工设备构成的整体,它为电流的通过提供路径。由于复杂电路像一张网,故电路又称为网络(network)。

1.1.1 电路的组成及其作用

实际电路的种类繁多,且繁简不一。任何一个电路均由电气元器件和设备组成。从日常生活中使用的家用电器,到工农业生产、国防工业、科学研究中使用的各种机电设备以及计算机、各种电子测试仪器等,其中都包含有电路。最简单的是照明电路,如图 1.1.1(a)所示,它由电池、开关、导线和灯泡等组成。图中,灯泡是取用电能的元件,称为负载(load),它用于将电能转化为光能和热能等其他形式的能量;电池是提供电能的元件,称为电源(source),它用于将非电能转换为电能,如普通电池是将化学能转换为电能;除了电源和负载之外,导线(conductor)等称为中间环节,它们用于连接电源和负载,并起着传输、分配及控制电能的作用。可见,一个照明电路由电源、中间环节和负载三部分组成。

电路的结构形式虽然多种多样,但归纳起来它有两方面的作用。在电力系统中,电路主要是实现电能的传输、分配和转换,如现代照明系统、电动机及其控制系统等均属于这类电路。在电子技术以及计算机等系统中,电路主要是实现信号的传递和处理功能。如收音机、电视机和扩音器等,它们将接收的信号经过传递、

变换和处理后,还原出声音和图像等信息。其中,扩音器的电路框图如图 1.1.1 (b)所示。图中,话筒是将声音转化为电信号的设备,相当于电源,但它提供的能量极为有限,所以这种电源称为信号源;扬声器将处理后的电信号还原为声音,也是一种负载;放大器等用于处理电信号,属于中间环节。因此,任何电路都可以概括为由电源、中间环节和负载三个部分组成。对于不同电路,最大区别是中间环节的复杂程度不同。例如,照明电路的中间环节仅由两根导线和开关构成,而复杂电路的中间环节则可能是一个庞大的控制系统。

一般来说,电力系统的工作电压较高,称为“强电”系统,而电子技术和计算机系统的工作电压较低,就称为“弱电”系统。

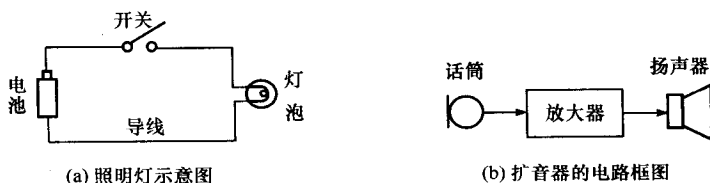


图 1.1.1 电路的组成示意

在各种电路中,由电源或信号源提供的电压和电流,均用于推动电路工作,故称为激励(信号);由激励信号在电路中产生的电压和电流,则称为响应(信号)。电路的分析,就是在已知电路结构和元件参数的条件下,着重研究电路中响应与激励之间的关系。

1.1.2 电路模型

电路中实际的元件种类繁多,且电磁特性复杂,因此很难按照实物绘制和分析。在工程上,均采用国家统一规定的电气符号绘制电路图,这种电路图称为电路模型(circuit model),简称电路。电气符号是一种理想的电路元件。所谓理想元件(ideal element)是指在一定条件下,忽略了实际电气元件的次要因素并将它抽象为只反映单一电磁性质的元件模型。例如,在低频条件下,电灯可用单一的电阻模型表示,忽略了灯丝中微弱的电感特性等。电工设备中几种最常用的理想元件的电气符号,如图 1.1.2(a)所示。这样一来,图 1.1.1(a)可用图 1.1.2(b)所示的电路模型表示。其中,电源用电动势 E 、内阻 R_0 及图形表示,负载用 R_L 及图形表示,中间环节的开关,用字母 S 及其图形表示。由于连接导线的电阻等参数影响很小,可忽略不计而用线段表示。

在电路中,一般将电源内部(电动势和内阻)的电路称为内电路(internal circuit),其余部分(包括中间环节和负载)则称为外电路(external circuit)。

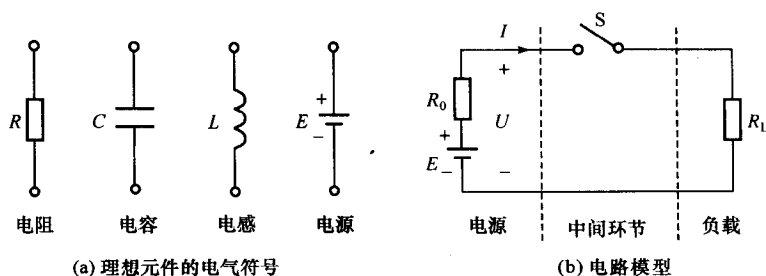


图 1.1.2 理想元件符号及电路模型

1.2 电流和电压的参考方向

在图 1.1.2(b)所示电路中,当开关 S 断开时,电路中没有电流,灯泡不亮;当开关 S 闭合时,在电源的作用下电路形成电流 I 并流经负载,使灯泡发光。由此可见,电路的功能通过电动势、电压和电流等物理量来实现。在这个过程中,电能的传递、转换和信号处理,不仅与这些物理量的大小有关,还与它们的方向有关。这些物理量的定义和计算在物理学中已经介绍,下面主要介绍它们的方向问题。

电流(current)是电荷在电源(力)作用下有规则运动形成的。如果它的大小和方向不随时间变化,则称为直流电流(direct current, DC)。例如,干电池就是一种最常见的直流电源,由它构成的电路就是直流电路。电路中大小和方向均随时间变化的电流称为交流电流(alternating current, AC)。工业生产和生活用电大多使用交流电源,由交流电源构成的电路称为交流电路。依照国家标准,直流和交流的物理量分别用大小写字母加以区别。例如,电压、电流、电动势分别用 U 、 I 、 E 和 u 、 i 、 e 表示时,前组表示直流的物理量,后组表示交流的物理量。

习惯上,把正电荷运动的方向规定为电流的实际方向。因此,在分析简单直流电路时,电流的实际方向由电源的正极性端流出,然后从负极性端流入。但在分析复杂直流电路时,往往难以确定某条支路电流的实际方向;对于交流电路,电流的方向不断随时间变化,更是无法确定电流的实际方向。为了表明电流的方向,必须先从两个可能的方向中选取一个方向作为参考方向(reference direction)。电流的参考方向(有的称为正方向)通常用带有箭头的线段表示,箭头方向表示电流的流动方向。这样一来,当电流的实际方向与参考方向一致时,该电流就约定为正值(即 $I > 0$),如图 1.2.1(a)所示(图中实线为电流的参考方向,虚线为电流的实际方向,下同);反之,当电流的实际方向与参考方向相反时,该电流则为负值(即 $I < 0$),如图 1.2.1(b)所示。可见,电流的参考方向并不一定是电流的实际方向。

当选定电流参考方向之后,电流就出现了正值和负值之分,由此可以确定每一

条或每一时刻支路电流的实际方向。

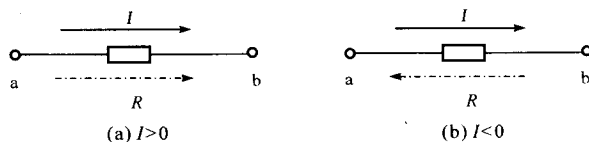


图 1.2.1 电流的参考方向与实际方向

电流和电压(voltage)均由电源内部的电动势维持。电动势(electromotive force)是衡量电源将非电能转换成电能的物理量。它的数值等于电源力把单位正电荷从电源内部的“—”端移动到“+”端所做的功。这样一来,电动势的实际方向规定为由电源内部的“—”极性端指向“+”极性端。电压是衡量电场力做多少功的物理量。它的数值等于电场力把单位正电荷从外电路中的某一位置(点)移动到另一位置所做的功。因此,电压的实际方向规定为由电压的“+”极性端指向“—”极性端。由此可知,在电源内部,电动势的实际方向与电源电压的实际方向恰好相反。

为了便于分析,电压和电动势也引入了参考方向。参考方向通常有 3 种表示方法:①电流习惯上采用带箭头方向的线段表示,见图 1.2.1 中的实线所示;②电源电压和电动势的参考方向通常采用“+”、“—”极性符号表示,见图 1.1.2(b);③采用双下标字母表示,并规定参考方向由前一个字母指向后一个字母。例如,电压 U_{ab} 表示其电压的参考方向由 a 指向 b;若电压参考方向选为 b 指向 a,应写成 U_{ba} ,而 $U_{ba} = -U_{ab}$,两者仅差一个负号。

选定了参考方向之后,电压和电动势同电流一样,也有了正值和负值之分。若 $U > 0$ (或 $E > 0$) 时,说明电压(或电动势)的参考方向与其实际方向一致;反之,若 $U < 0$ (或 $E < 0$) 时,说明电压(或电动势)的参考方向与其实际方向相反。

电流的常用单位有 A(安培)、mA(毫安)和 μA (微安),换算关系为 $1A = 10^3 mA = 10^6 \mu A$;电压和电动势的常用单位有 kV(千伏)、V(伏)和 mV(毫伏)等,换算关系为 $1kV = 10^3 V = 10^6 mV$ 。

【例 1.2.1】 在图 1.2.2(a)所示的电路中,5 个元件分别代表了电源或负载电阻,图中用带有箭头的线段和极性符号分别标出了电流、电压的参考方向。已知 $U_1 = 100V, U_2 = 70V, U_3 = -10V, U_4 = -60V, U_5 = 40V, I_1 = 3A, I_2 = -1A, I_3 = 4A$ 。试标出各电流和电压的实际方向。

解:在图 1.2.2(a)中各元件均标出了电流和电压的参考方向,显然, $U_1、U_2、U_5、I_1、I_3$ 均为正值,这表示它们的实际方向与参考方向一致;而 $U_3、U_4、I_2$ 均为负值,说明它们的实际方向与电路中所标的参考方向相反。因此,可标出这些物理量的实际方向,如图 1.2.2(b)所示。

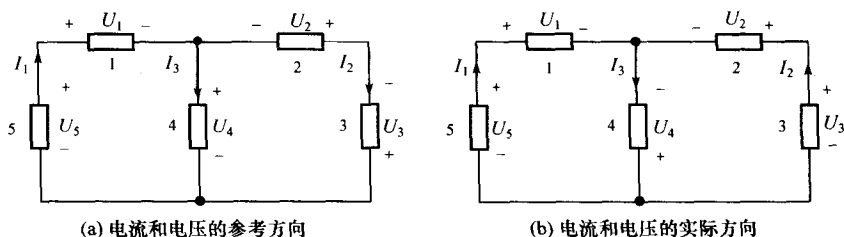


图 1.2.2 例 1.2.1 电路

如果没有特别指出,电路图中所标注的电流、电压和电动势方向均指它们的参考方向,而不是实际方向。在电路图中如果没有标明这些物理量的参考方向,那么讨论电流、电压和电动势的正、负值均无意义,这点需要引起重视。

【练习与思考】

1.2.1 在图 1.1.2(b)中,当开关 S 闭合时,若电流 $I = -1\text{A}$,可否将电流的参考方向改变呢?

1.2.2 电路中所有电阻均消耗功率,而所有电源均提供功率,这种说法正确吗? 试举例说明。

1.3 关联方向及应用

1.3.1 关联方向与欧姆定律

参考方向是电路分析的重要依据之一。当参考方向设定之后,电路在分析过程中不得随意更改。为了避免麻烦,在电路的同一个元件(电源除外)上,若选取电压参考方向和电流参考方向一致时,称它们为关联参考方向(简称关联方向),如图 1.3.1(a)所示。图中为电阻电路时,电压与电流的关系遵循物理学的欧姆定律(Ohm's law),表示为

$$U = IR \quad \text{或} \quad I = \frac{U}{R} \quad (1.3.1)$$

若选取电压参考方向与电流参考方向相反时,称为非关联方向,如图 1.3.1(b)所示。这时,电阻电路的欧姆定律应表示为

$$U = -IR \quad \text{或} \quad I = -\frac{U}{R} \quad (1.3.2)$$

式(1.3.2)的负号是电压与电流为非关联方向时出现的,它表示电压(或电流)参考方向与实际方向一致时,电流(或电压)的实际方向却与参考方向相反。

【例 1.3.1】 在图 1.3.2 中,试用欧姆定律求 R 值。