

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工与电子技术 教学参考书

第2版

主编 程 周



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材配套教学用书

电工与电子技术教学参考书

(第2版)

主编 程 周

高等教育出版社

内容简介

本书是中等职业教育国家规划教材《电工与电子技术》(第2版)的配套教学用书,为配合主教材的修订,在2002年版的《电工与电子技术教学参考书》的基础上修订而成。

本书对第1版书中部分理论过难的内容和繁琐的推导过程进行了压缩,体现以学生为主体的学习方式,强调对生产和生活中电工电子设备的制造、安装、调试和维修中出现的问题的处理。本书修订后的风格和体例基本与第1版一致,与主教材的内容顺序对应,分11章编写,主要有直流电路、单相交流电路、三相交流电路、变压器、电动机、常用低压电器与控制电路、供电及安全用电、常用半导体元件、整流与稳压电路、放大电路和集成运算放大器、数字电路。每章包含教学要求、教学要点、教材分析、解题指导、学时数分配参考意见等。

本书配有多媒体助教光盘,主要包括电子教案、演示文稿、电子挂图、动画演示以及相关课程拓展内容等。

本书参照了教育部颁发的中等职业学校电工与电子技术教学大纲,故也可配合其他版本的《电工与电子技术》教材使用。本书可作为中等职业学校工科近电类(如机电类、仪表类、数控类)专业教师教学辅导书,也可作为其他岗位培训及职业技能鉴定考试的教学辅导资料。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术教学参考书/程周主编. —2版.

北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-019756-1

I. 电... II. 程... III. ①电工技术-专业学校-
教学参考资料 ②电子技术-专业学校-教学参考资料
IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第044652号

策划编辑 韦晓阳 责任编辑 欧阳舟 封面设计 李卫青 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 金 辉 责任印制 宋克学

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京人卫印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×1092 1/16
印 张 9.25
字 数 220 000

版 次 2002年7月第1版
2006年6月第2版
印 次 2006年6月第1次印刷
定 价 20.80元(含光盘)

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 19756-00

第2版前言

本书是中等职业教育国家规划教材配套教学用书《电工与电子技术教学参考书》的修订本,与主教材《电工与电子技术》的修订相配合。

主教材在修订中删改了一些理论难度较大、推导过程繁琐以及比较陈旧的内容,增加了应用性与拓宽知识的内容,使教材更加贴近生产生活实际,贴近职业岗位。配合主教材的修改,本书在保留第1版结构的基础上,对部分理论探讨过难的内容和繁琐的推导过程进行了压缩,重点体现职业教育以实际技术应用为主体,使学生了解电工与电子技术的基本应用;介绍了处理生产和生活中电工电子设备的制造、安装、调试和维修中解决问题的思路;以及体现从以教师教为主体,向以学生学为主体转变。本书力图突出工程技术应用的基础知识与初、中级技能型、应用型人才应该具备的专业知识内容,特别是在如何打破以理论知识内容为核心的学科体系、突出中等职业教育特色方面,做了一些探索,并力图处理好知识与技能、理论与实践(实验)、通用知识与专业知识之间的关系。本书还注意帮助教师引导学生积极开拓思维,接受新技术、新工艺,引导学生了解电工电子技术的应用和发展趋势。

本书每一章的知识体系以方框图的形式表示,比较直观;每章包含教学要求、教学要点、教材分析、解题指导、学时数分配参考意见等。教学要求分为了解、理解和掌握3个层次;教学要点把知识点分为教学重点和教学难点,便于教师把握重点、难点;教材分析中对重点、难点内容做了比较详细的分析,并结合编者多年的实践与教学经验,提出了在实际教学过程中应注意的问题与处理方法;解题指导侧重于基础知识及应用,既有面的覆盖又有知识点的突出,同时还采用了不同的解题方法,体现解题的多角度性和技巧性,便于帮助学生理解、掌握和拓宽思路;学时数分配参考意见给任课教师提供了多学时与少学时两种教学内容选择的空间。

本书修订后的风格和体例基本与第1版一致,与主教材的内容顺序对应,分11章编写,主要有直流电路、单相交流电路、三相交流电路、变压器、电动机、常用低压电器与控制电路、供电及安全用电、常用半导体元件、整流与稳压电路、放大电路和集成运算放大器、数字电路。

本书配有多媒体助教光盘,通过计算机多媒体技术,形象、生动地将抽象的理论知识表现出来,帮助教师减轻备课工作量,并提供丰富的教学参考资料,主要包含教学指导建议、电子教案、演示文稿、动画教学、电子挂图、相关教学资料等。

本书主要配合高等教育出版社2006年修订的《电工与电子技术》教材(程周主编),内容上基本符合教育部颁布的中等职业学校电工与电子技术课程教学大纲,故也可配合其他版本的同类教材,作为中等职业学校近电类专业,如机电类、仪表类、数控类专业电工与电子技术课程任课教师的辅助教学用书。本书在修订过程中,充分考虑到国家职业技能鉴定标准的有关内容,所以也可供自学电工与电子技术的读者作为参加国家职业技能鉴定的参考用书和学习辅导。

《电工与电子技术教学参考书》(第1版)由程周主编,董力、饶庆和参编。此次修订主要由安徽职业技术学院实训中心程周负责,编写过程中得到常辉、黄琼老师及有关同行的支持。本书

由安徽职业技术学院乔德宝老师主审,主审以严谨认真的态度审阅了全书,并提出许多宝贵意见,对本书质量的提高起到重要作用。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和疏漏,恳请广大读者批评指正。编者联系电子邮箱:ahchzh@163.com。

编者

2006年3月

第 1 版前言

本书是供中等职业学校非电类相关专业电工与电子技术任课教师使用的教学参考书,依据教育部 2000 年颁发的全国中等职业学校电工与电子技术教学大纲编写,同时参考了有关行业的职业技能鉴定规范及中级技术工人等级考核标准。本书主要配合高等教育出版社 2001 年出版的中等职业教育国家规划教材《电工与电子技术》教材(程周主编),也可供使用其他电工与电子技术教材进行教学的中等职业学校的教师作为教学参考用书,并可作为广大学习电工与电子技术的读者的学习辅导资料。

教育部 2000 年颁发了全国中等职业学校电工与电子技术教学大纲,本书主编作为该教学大纲的审定人,参加了大纲的全部研讨、制定、审定工作,在此过程中感到新大纲与上一轮教学大纲相比,在培养目标、培养模式、教学要求上都发生了较大变化。本书力图帮助广大教师,特别是青年教师更好地把握对新教学大纲的理解、落实,剖析教材的重点与难点,掌握好教学进度,并与广大教师交流教学经验与方法,促进和深化教学改革。在编写过程中,编者注意电工与电子技术和生产技术、实际生活相衔接,以突出概念、强化应用为重点。

本书根据《电工与电子技术》(程周主编)的章节顺序编写,每章先列出单元知识体系表,然后分为教学要求、教学要点、教材分析、解题指导和学时数分配参考意见五个部分。

教学要求根据学生学习各章的要求,针对各章内容,将其分为了解、理解、掌握三个层次,使教师在教学过程中更加清晰地了解教学要求。

教学要点将教学要求分为重点和难点两个方面,所谓重点是指对本书学习过程中起关键作用的知识点,需要较多精力才能学好的内容;所谓难点是指可能与其他知识有关联,对基础有较高要求或涉及较宽、较新领域的内容。在掌握教学要点时应注意,难点不一定是重点,但某些内容可能既是难点又是重点。

教材分析按教材章节内容进行剖析和提高,对一些教材中没有详细分析的内容,进行较严谨的推导、证明、补充和说明,是为了帮助教师从更高、更准确的角度理解教材内容。

解题指导列举了一些新的例题并对教材中的部分习题进行分析、计算,提出解题思路以帮助教师分析习题,归纳典型题型的典型解法。为了便于教学,本书附录中列出了《电工与电子技术》(程周主编)教材的习题答案。

学时数分配意见是根据一般的讲课进度提出的建议学时数,从培养学生能力出发,在教师指导下应该多让学生自学,并开展课堂讨论或用实验引导学习,从而达到提高教学质量,减轻“内容多,学时少”的矛盾。

本书由安徽省轻工工业学校程周主编,河北化工学校董力、重庆机器制造学校饶庆和参编。具体编写分工为程周编写第一、二、三、六、八、九章,董力编写第四、五、七章,饶庆和编写第十、十一章。全书由程周统稿并编写各章教学要求。

本书由北京理工大学刘蕴陶教授主审,对书稿提出了许多宝贵意见和修改建议,对该书的科

学性、应用性把关起到关键作用;全国中专电工学与工业电子学课程组张友汉、赵承荻及李乃夫也为本书的编写提供了许多参考意见;河北化工学校汪红对本书所附习题答案进行了验算和改正;本书编写过程中还得到了安徽省轻工业学校领导和机电专业科老师的帮助,编者在此一并表示衷心感谢。由于编者学识和水平有限,书中难免存在缺点和疏漏,恳请使用本书的广大读者批评指正。

编者

2001 年 11 月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其行为人将承担相应的民事责任和行政责任,构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话:(010) 58581897/58581896/58581879

传 真:(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址:北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编:100011

购书请拨打电话:(010)58581118

目 录

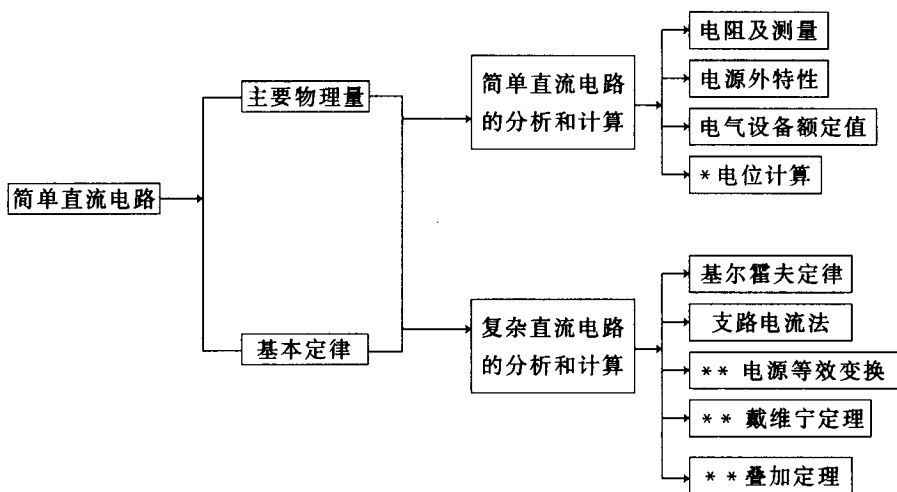
第1章 直流电路	1	五、学时数分配参考意见	78
一、教学要求	1	第7章 供电及安全用电	80
二、教学要点	2	一、教学要求	80
三、教材分析	2	二、教学要点	80
四、解题指导	13	三、教材分析	81
五、学时数分配参考意见	20	四、学时数分配参考意见	81
第2章 单相交流电路	21	第8章 常用半导体元件	82
一、教学要求	21	一、教学要求	82
二、教学要点	22	二、教学要点	82
三、教材分析	22	三、教材分析	83
四、解题指导	27	四、解题指导	87
五、学时数分配参考意见	36	五、学时数分配参考意见	91
第3章 三相交流电路	37	第9章 整流与稳压电路	92
一、教学要求	37	一、教学要求	92
二、教材分析	37	二、教学要点	92
三、解题指导	38	三、教材分析	93
四、学时数分配参考意见	40	四、解题指导	96
第4章 变压器	41	五、学时数分配参考意见	97
一、教学要求	41	第10章 放大电路和集成运算放大器	98
二、教学要点	42	一、教学要求	98
三、教材分析	42	二、教学要点	99
四、解题指导	47	三、教材分析	100
五、学时数分配参考意见	48	四、解题指导	116
第5章 电动机	50	五、学时数分配参考意见	119
一、教学要求	50	第11章 数字电路	120
二、教学要点	51	一、教学要求	120
三、教材分析	51	二、教学要点	120
四、解题指导	57	三、教材分析	122
五、学时数分配参考意见	59	四、解题指导	130
第6章 常用低压电器与控制电路	60	五、学时数分配参考意见	132
一、教学要求	60	附录 程周主编《电工与电子技术》	
二、教学要点	61	(第2版)习题答案	134
三、教材分析	61	参考文献	137
四、解题指导	77		

第1章 直流电路

本章讲授的内容是以物理学为基础,但它不是物理学的重复和简单延续,而是从工程的角度出发,分析、研究直流电路的各种基本现象和各物理量之间的相互关系。直流电路是全书的基础,它为学习以后各章及掌握电工电子领域的技术与知识起到关键性作用。

本章基本内容(不标“*”号的内容)比较简单,配套教材中定量计算和理论分析都选用较浅的内容,但仍含有不少基本概念(如通路、参考方向、零电位、线性、非线性、等效、额定值、结点、回路、绕行方向、自然网孔、模型、电流源、电压源、等效变换、有源二端网络、无源二端网络、叠加),这些概念在学习物理时并未涉及或没有进行深入研究,但它们对供、用电来说是十分重要的。在讲授时必须花时间讲清楚,否则会影响后续章节的学习。为了加深对这些概念的理解,可适当多讲解例题,多布置一些习题,使学生真正掌握它们。

本章的知识体系如下:



注:表中标“*”号内容为选学内容

一、教学要求

按教学大纲要求,本章内容分为了解、理解、掌握3个层次。

(一) 了解

- (1) 电气设备的额定值。
- (2) 支路电流法及应用。
- (3) 电路中各点电位的意义和简单计算。
- (4) 电压源与电流源的基本概念及电压源电路与电流源电路之间的等效变换。

(5) 戴维宁定理及基本应用。

(6) 叠加定理及基本应用。

(二) 理解

(1) 电源的空载、有载和短路三种状态及外特性。

(2) 基尔霍夫定律及应用。

(三) 掌握

(1) 电路的基本结构。

(2) 欧姆定律及应用。

(3) 电阻元件的电流、电压关系。

(4) 电路中的功率平衡。

(5) 电阻负载的串联、并联及等效电阻的计算。

二、教学要点

(一) 重点

(1) 电路的基本结构。

(2) 电流、电压的实际方向与参考方向, 电位、电功率。

(3) 欧姆定律。

(4) 电阻元件。

(5) 电路状态及电源的外特性。

(6) 等效的概念。

(7) 基尔霍夫定律。

(8) 电路模型的概念及电流源、电压源。

(二) 难点

(1) 电流、电压的实际方向与参考方向。

(2) 电路中电位的计算。

(3) 电路模型与电源模型。

(4) 戴维宁定理。

(5) 叠加定理。

三、教材分析

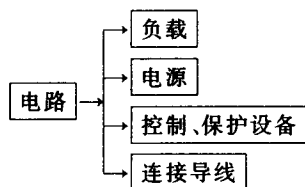
(一) 电路的基本结构

本节内容作为电工与电子技术课程的第一讲, 要多举例、多设问题(可以解释, 也可以告诉学生在今后的课程中逐步解释), 吸引学生的注意力和兴趣, 应使他们觉得这门课程既生动活泼又富有哲理, 包含很多已知和未知的知识, 是一门十分有趣而又富有挑战的课程。

在讲解电路组成时, 应用具体的电路实例引导学生认知、归纳出电路的基本结构。要告诉学生, 电路的概念是描述实际电路的, 而实际电路是有大有小、有简单也有复杂的。大到全国范围的电力供电网, 小到一块 IC 电话卡上的集成电路, 复杂到全球计算机网络的控制, 简单到手电筒的开关电路。尽管它们有很大的差异, 但就其电磁性能来说, 不论电路规模的大小、复杂程度的

高低,都可将其归纳为几种部件组成(这里要注意信号源与电源的区别),而且这些实际电路将用电路模型来取代,从而形成电路原理图。

电路原理图是一种不考虑电气元件的实际安装位置和实际连线情况,只是把各元件按接线顺序用符号展开在平面图上,用直线将各元件连接起来的电路图。它是说明电气元件工作原理的图纸。从结构上看描述电路的电路图组成应为:



(二) 电路的主要物理量

要分析研究电路,首先要讨论电路的主要物理量。电流、电压和电动势这几个物理量在物理中已经学过,本节主要研究它们的参考方向(也称正方向)。由于参考方向对初学者来说是一个不好理解的新概念,而且它会影响到后续课程。要告诉学生参考方向是一种分析方法。要说清什么是参考方向,为什么要用参考方向,电流或电压正、负之分与参考方向之间的关系。

1. 电流

(1) 电流的概念 电流是一种物理现象,又是一个表示带电粒子定向运动强弱的物理量。平时在某种场合下所说的电流,是指它们其中的一种。例如,电流会使导线发热,指的是一种物理现象;电路中有 3 A 的电流,是指其电流的强弱。

形成电流必须具备两个基本条件:① 要有能够自由移动的带电粒子;② 导体两端必须保持一定的电压(电位差)。在电压(电场力)作用下,电子由低电位向高电位运动;在电解液中(如氯化钠水溶液),带正电荷的离子团在电场力作用下由高电位向低电位运动。为了将这种不同的表现统一起来,习惯上规定电流的实际方向为正电荷运动的方向,在电场力作用下在外电路应从高电位到低电位。显然,负电荷运动方向相当于正电荷向相反方向运动。那么不论何种性质的电荷在电场力作用下运动时,都相当于正电荷从高电位向低电位运动。如图 1.1 所示,虚线箭头是电荷运动方向,实线箭头是电流的真实方向,即电流的实际方向。

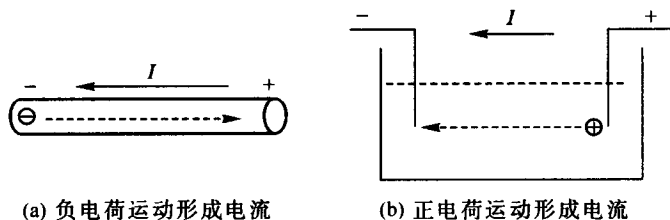


图 1.1 电流的实际方向

确定电流的实际方向是很重要的概念,它会影响到后续课程的学习,例如:求解复杂电路电流问题;判断某元件是电源还是负载;实际测量电流时电表的接线等。

(2) 电流的参考方向 在电路中电流方向未知的情况下,一般在电路分析时,首先任意假定电流的方向,在电路图中用箭头标示,作为电流的参考方向。当电路中电流实际方向与参考方向

一致时,这时实际的电流记为正值,反之为负值。也就是说,当电路中电流的参考方向假定后,电流就是一个有正、负的代数量。反之,如果有了电流的参考方向又有了电流的正值或负值,就可以判定出导体中电流的实际方向,如图 1.2 所示。

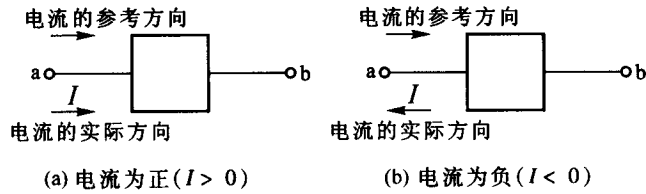


图 1.2 电流的参考方向

与电流实际方向有关的另一个问题是直流仪表在测量时的接线。在电流表面板上标“+”是指被测电流从这里流入电流表内;标“-”是指被测电流从这里流出电流表。测量电阻的电阻表(万用表的电阻挡)则不同,因其内部装有电池,所标“+”的接线柱与内表电池的负极相连,在测量电阻时电流从该接线柱流入。标“-”的接线柱与内表电池的正极相连,在测量电阻时电流从该接线柱流出,如图 1.3 所示。

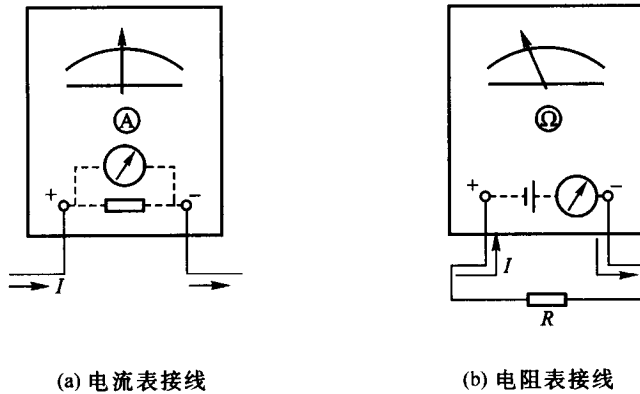


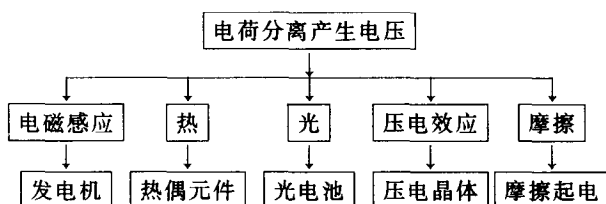
图 1.3 直流仪表接线

(3) 电流的作用与效应 对于电流的作用与效应,应该着重指出的是,电流的热、磁效应总是伴随着电流一起发生,正因为如此,在后续课程中占较大篇幅介绍电流的热、磁效应以及应用。例如:电流经过负载会产生热,同时导线周围也产生磁场。而电流的光效应、化学效应以及对人体生命的效应,只是在一定条件下才能产生。例如:白炽灯和发光二极管在电流作用下产生电致发光转换,但此时并没有化学效应出现。

另外有两点要专门说明的:一是在静电场力作用下,正电荷在电源外部(外电路中)从高电位到低电位;而在电源内部(内电路中),则从低电位到高电位,如图 1.4 所示,它们是不同的力(静电场力,非静电场力)做功的结果。二是电路中形成持续电流的条件应是:有电压且形成闭合回路。也就是说,除了要有电源来维持电位差外,外电路必须给正电荷提供通路,才能有电流。

2. 电压与电动势

(1) 电压的产生 电压产生的本质是不同极性的电荷分离,在此过程中,两种不同极性的电荷之间便产生了电压,而产生电压的方式有多种,它们是:



电压的实际方向,习惯上规定由高电位端指向低电位端。

(2) 电动势 电压的产生可以有多种方式,但其本质是一样的,电荷分离(搬运)是非静电力对电荷做功的表现。而非静电力做功的“能力”是以消耗其他形式的能来实现的,如电池是以消耗化学能、发电机是消耗机械能、热偶元件是消耗热能等。非静电场力做的功越多,电源把其他形式的能转换成的电能越多,电源的这种能力,用电动势来描述。

电动势单位与电压单位一致,都用“伏[特]”(V)。

电动势不仅有大小,也有方向。它的实际方向习惯上规定由低电位端指向高电位端(经内电路)。

(3) 电压的参考方向 虽然规定了电压的实际方向,但在进行电路计算、分析和测量时,并不一定知道它的真实方向,所以必须先任意假定一个方向为电压的参考方向,一般用“+”表示高电位端,用“-”表示低电位端,并根据假设的电压参考方向进行分析、计算或测量,如果其结果与参考方向一致,则为正值,如图 1.5(a) 所示;反之为负值,如图 1.5(b) 所示。一般假定电压参考方向和电流参考方向相一致,称为关联参考方向。

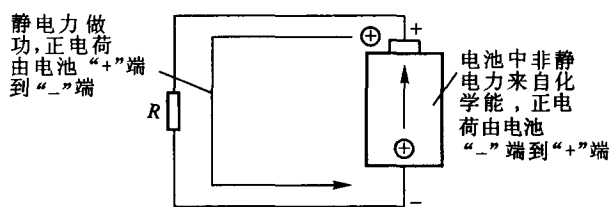


图 1.4 电路中电流形成

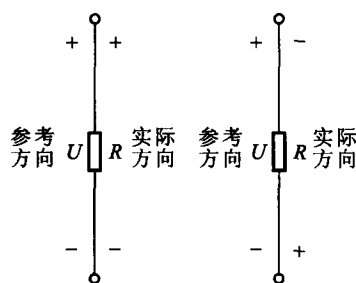


图 1.5 电压的参考方向

实际电路分析中,常采用双下标法表示电压的参考方向。例如 U_{AB} 表示从 A 到 B 的参考电压方向,由图 1.6 可见,将 A 端看成“+”,将 B 端看成是“-”。

在图 1.6 中,若 $U_{AB} = 10 \text{ V}$,则也可表示为 $U_{BA} = -10 \text{ V}$,或者说

$$U_{AB} = -U_{BA}$$

3. 电位

在选定一零电位点(参考点)以后,就可以用电位概念来表征某点电位的高低了。

选择大地为零电位点(参考点)是习惯做法,其原因之一是它具有恒定性,也就是说,将大地

视为零电位点通常不会因某些原因而发生变化;二是在实际电气工程中,以大地为参考点接地便于操作。

电位可用符号 V_A 、 V_B 、…分别表示 A 点、B 点、…的电位值。有了参考点概念之后,可用电位表示电压,即电压为对应两点的电位之差,例如:

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

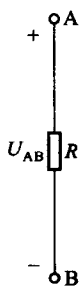


图 1.6 电压的双下标法表示方向

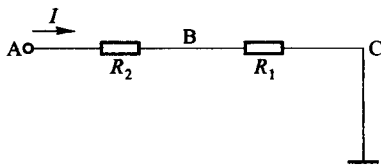


图 1.7 电位举例

要特别提醒注意的是,电位的值与参考点的选择有关,而电压与电位参考点的选择无关。例如:电路中 A、B、C 三点如图 1.7 所示,并测得, $V_A = 10\text{ V}$, $V_B = 5\text{ V}$, $V_C = 0\text{ V}$,此时

$$U_{AB} = V_A - V_B = (10 - 5)\text{ V} = 5\text{ V}$$

$$U_{BC} = V_B - V_C = (5 - 0)\text{ V} = 5\text{ V}$$

由 $U_{AB} = 5\text{ V}$ 可见, V_A 比 V_B 高 5 V ,由 $U_{BC} = 5\text{ V}$ 可见, V_B 比 V_C 高 5 V 。

若设 B 为参考点,即 $V_B = 0\text{ V}$,那么可测得 $V_A = 5\text{ V}$, $V_C = -5\text{ V}$,此时

$$U_{AB} = V_A - V_B = (5 - 0)\text{ V} = 5\text{ V}$$

$$U_{BC} = V_B - V_C = [0 - (-5)]\text{ V} = 5\text{ V}$$

比较 $V_C = 0$ 的情况可见,电位随参考点改变而变化,电压不随参考点改变而变化。

4. 电能

(1) 电能的概念 电路所消耗的电能是指在电场力的作用下,该电路两端电压使电路中电荷移动所做的功。电能的数学表达式为

$$W = QU \quad \text{因 } Q = It, \text{ 故 } W = UIt$$

电能的单位是焦[耳](J),实际应用中常用千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)(俗称度)为单位。并且,

$1\text{ kW} \cdot \text{h} = 1\text{ kW} \cdot 1\text{ h}$ (1 千瓦负载 1 小时消耗的电能)。

另外, $1\text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6\text{ J}$ 。

(2) 电能的测量 电能测量可使用电能表,家用电能表也称为单相电度表。因为电能的测量涉及电压的大小、电流的大小和时间的长短,所以电度表内有两组线圈,分别是电压线圈和电流线圈。电流线圈与负载串联,反映流过负载电流的大小;电压线圈与负载并联,反映负载两端电压的高低。单相电度表的外接线柱有 4 个,从左到右依次排列,其中 1、3 连接电源,2、4 连接负载,并且连接电源的 1、3 接线应是 1 接相(火)线,3 接地(中性)线,即“相线 1 进 2 出,地线 3 进 4 出”。

5. 电功率

电功率是表征用电设备单位时间所消耗的电能,其数学表达式为

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

如果电路中只含有电阻(即纯电阻电路),由于 $U = RI$, 上式可写成

$$P = UI = RI^2 = U^2/R$$

电功率的单位是瓦[特](W)。

在关联参考方向之下功率 $P = UI$ 中,功率的计算还有正、负之分。若 $P < 0$,说明电压 U 和电流 I 实际方向相反,这种物理状态为该元件输出能量。若 $P > 0$,说明电压 U 和电流 I 实际方向相同,这种物理状态为该元件消耗能量。

由功率 $P = RI^2 \geq 0$ 可见,电阻在电路中总是吸收电能的,因为 P 永远大于0(或等于0)。在串联电路中电流相等,使用公式 $P = RI^2$ 较为方便;在并联电路中电压相等,使用公式 $P = U^2/R$ 较为方便。

(三) 欧姆定律

欧姆定律在物理课程中已经介绍过,在此处学习欧姆定律的意义是加深对电压、电流参考方向的理解。在学习本节内容时要注意以下几点:

(1) 应用欧姆定律列公式时,首先要在电路图上标出电流、电压或电动势的参考方向。当电压和电流的参考方向选得相反时,表达式须带负号;其次在参考方向选定后,电流和电压本身有负值。例如,应用欧姆定律对如图 1.8 所示的电路列方程时应为

对于图 1.8(a),有 $R = \frac{U}{I} = \frac{6}{2} \Omega = 3 \Omega$

对于图 1.8(b),有 $R = -\frac{U}{I} = -\frac{6}{-2} \Omega = 3 \Omega$

(2) 应用欧姆定律时, R 、 U 、 I 必须属于同一电路。

(3) 要提醒学生注意, $U = RI$ 中的 R 是元件参数,是客观存在的,若在电阻两端加一个电压 U ,必须对应一个通过电阻 R 的电流;因为 R 的存在使得 U 和 I 有一个对应的关系,所以 U 和 I 的关系不是任意的,使得 U 和 I 按一定比例出现,从而构成元件约束。而决不意味着电阻是由电压和电流的大小决定的,无论加在电阻 R 两端的电压取何值,电压 U 和相应电流 I 的比例总是不变的。

(4) 欧姆定律适用于线性电阻。

(5) 全电路欧姆定律揭示了电源电动势和电路结构决定闭合电路中电流的规律。

电流形式表达式为
$$I = \frac{E}{R_0 + R}$$

电压形式表达式为
$$E = RI + R_0 I = U + U_0$$

(四) 电阻元件

电阻是表示导体对电流起阻碍作用的物理量。当电流通过导体时,因电阻存在,就会出现阻碍电流的现象,同时也会有一些其他效应,如果这些效应极小,为了便于分析、计算可将其忽略。

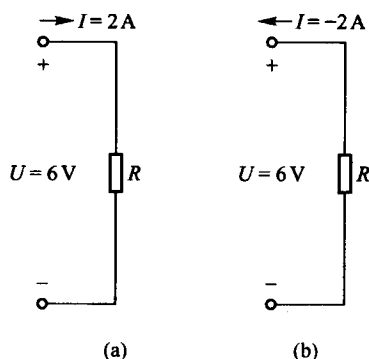
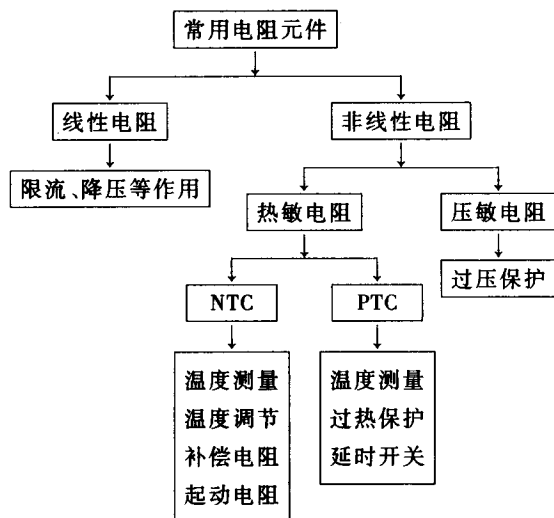


图 1.8 欧姆定律

这种忽略其他效应的电阻,用电阻元件这一概念描述,即把理想化的电阻称为电阻元件。

线性电阻元件的电流、电压关系为一直线,其斜率可反映电阻值的大小。

实际工程中使用的电阻很多,常用电阻元件及应用场合如下列方框图所示:



(五) 电路的状态及电源的外特性

学习本节应注意电路在通路(有载工作)、开路和短路这三种状态下,电压、电流和功率方面的特性。

1. 功率的平衡

根据公式 $P_s = P_L + P_0$ 可见,电源产生的功率与负载取用的功率、电源内阻(包括线路电阻)上所消耗的功率是平衡的。

2. 电源的开路和短路

电源的开路和短路除了其本身的物理现象外,还可以作为分析电路的一种手段,在后续章节中会使用。

电源开路时,输出电流为0,即 $I=0$;电源两端电压称为开路电压,其值等于电源电动势,即 $U = U_0 = E$ 。

电源短路时,输出电压为0,即 $U=0$;电源电流称为短路电流,其值等于电源电动势与内阻之比,即 $I = I_s = \frac{E}{R_0}$ 。

3. 电源的外特性

电源的外特性是一条向下倾斜的直线,并且其内阻越大,向下倾斜的角度越大。本节内容的重点是讨论电源内阻对电源输出功率的影响。此概念将在功率有效传输、电子电路耦合等方面应用。

(六) 负载的连接

负载(电阻)串联和并联在物理学中已学过,但应注意以下几个问题:

(1) 串联和并联的概念是从结构上观察电路的,要注意其基本特性。串联是多个电阻依次连接并通过同一电流;并联是将多个电阻连接在两个公共结点之间,承受同一电压。学生要通过