

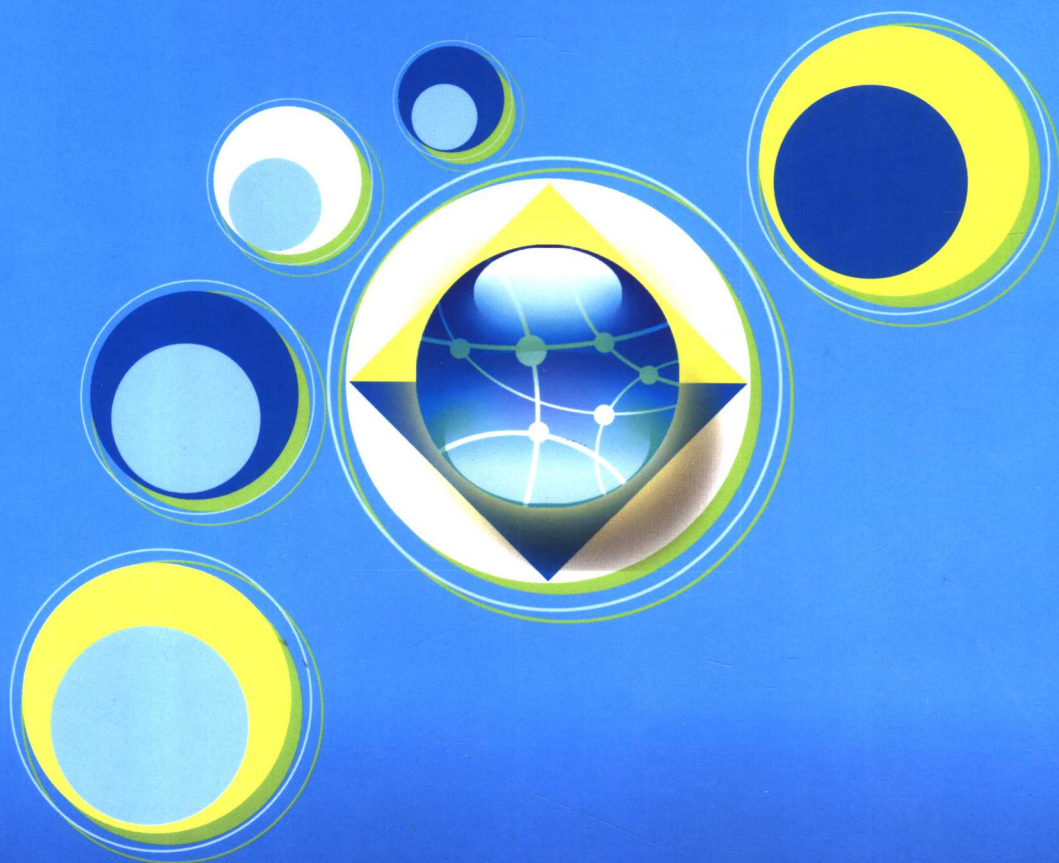


21st CENTURY
规划教材

全国高职高专数控模具规划教材

电工电子技术

黄卫红 柳松柱 主编



科学出版社
www.sciencep.com



全国高职高专数控模具规划教材

电工电子技术

黄卫红 柳松柱 主编

周俊 宋寒娇 副主编
徐毅 苗素华

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书内容分为13章,第1~6章是电工基础部分,介绍电路的基本概念和分析方法、单相交流电路的分析、对称三相电路的分析、变压器的结构和作用、三相异步电动机的原理和控制电路;第7~10章是模拟电路部分,介绍二极管的特性及其在整流电路中的应用、三极管的电流放大作用和放大电路、场效应管和场效应管放大电路、集成运算放大电路的应用;第11~13章是数字电路部分,介绍了逻辑代数基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、模/数与数/模转换。

本书可作为高职高专院校数控、模具及相关专业的教材,也可供相关专业的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术/黄卫红,柳松柱主编. —北京:科学出版社,2006
(全国高职高专数控模具规划教材)
ISBN 7-03-015922-5

I. 电… II. ①黄… ②柳… III. ①电子技术—高等学校:技术学校—教材 ②电工技术—高等学校:技术学校—教材 IV. ①IN②TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 078209 号

责任编辑:李昱颀 丁 波/责任校对:都 岚
责任印制:吕春珉/封面设计:万千广告公司

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

铭浩彩色印装有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年2月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—3 000 字数:368 000

定价:21.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8202

全国高职高专数控模具规划教材

编 委 会

主 任 李振格

副主任 (按姓氏笔画排序)

王贤涛 余小燕 张红英 陈志雄 柳舟通

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁晚景 王利荣 王希华 邓德清 刘美玲

李年芬 李昱颀 李雪早 何 伟 余冬蓉

陆全龙 周金元 徐江林 黄卫红 龚洪浪

程燕军 雷才洪 廖建刚 熊南峰

本书编写人员

主 编 黄卫红 柳松柱

副主编 周 俊 宋寒娇 徐 毅 苗素华

撰稿人 (按姓氏笔画排序)

宋寒娇 苗素华 周 俊

柳松柱 徐 毅 黄卫红

出版说明

进入 21 世纪,国际竞争日趋激烈,竞争的焦点是人才的竞争,是全民素质的竞争。人力资源在国家综合国力的增强方面发挥着越来越重要的作用,而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

教育部在《2003~2007 年教育振兴行动计划》中明确了今后 5 年将进行六大重点工程建设:一是“新世纪素质教育工程”,以进一步全面推进素质教育;二是“就业为导向的职业教育与培训工程”,以增强学生的就业、创业能力;三是“高等学校教学质量与教学改革工程”,以进一步深化高等学校的教学改革;四是“教育信息化建设工程”,以加快教育信息化基础设施、教育信息资源建设和人才培养;五是“高校毕业生就业工程”,以建立更加完善的高校毕业生就业信息网络和指导、服务体系;六是“高素质教师和管理队伍建设工程”,以完善教师教育和终身学习体系,进一步深化人事制度改革。

职业教育事业在改革中加速发展,使我国的经济建设和社会发展服务能力显著增强。各地和各级职业院校坚持以服务为宗旨、以就业为导向,正大力实施“制造业与现代服务业技能型紧缺人才培养培训计划”和“农村劳动力转移培训计划”,并密切与企业、人才、劳务市场的合作,进一步优化资源配置和布局结构,深化管理体制和办学体制改革,使这一事业发展势头良好。

为配合教育部职业教育与成人教育司 2004~2007 年推荐教材的出版计划,科学出版社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风,集中相关行业专家、各职业院校双优型教师,编写了高职高专层次的基础课、公共课教材,各类紧缺专业、热门专业教材,实训教材,并引进相关特色教材,其中包括如下三个部分:

1. 高职高专基础课、公共课教材系列
 - (1) 基础课教材系列
 - (2) 公共课教材系列
2. 高职高专专业课教材系列
 - (1) 紧缺专业
 - 软件类专业系列教材
 - 数控技术类专业系列教材
 - 护理类专业系列教材
 - (2) 热门专业教材
 - 电子信息类专业系列教材
 - 交通运输类专业系列教材

- 财经类专业系列教材
- 旅游类专业系列教材
- 生物技术类专业系列教材
- 食品类专业系列教材
- 精细化工类专业系列教材
- 艺术设计类专业系列教材
- 建筑专业系列教材

3. 高职高专特色教材系列

(1) 高职高专实训教材系列教材

(2) 国外职业教育优秀系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据,以方便教师授课为标准,以理论知识为主体,以应用型职业岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位,力求突出以下特色:

1. 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系配套的高职高专教材。

2. 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。在对职业岗位所需求的专业知识和专项能力进行科学分析的基础上,引进国外先进的教材,以确保符合职业教育的特色。

3. 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点,积极开发紧缺专业、热门专业的教材。对于部分教材提供“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学支持,以方便教师教学与学生学习。对于部分专业组织编写“双证教材”,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

4. 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态,新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中,以体现高职教育专业紧密联系生产、建设、服务、管理一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在使用本系列教材时提出宝贵意见,以便我们进一步做好修订工作,出版更多的精品教材。

科学出版社

前 言

本书专为数控、模具及机电类专业学生编写。“机、电不分家”，机电一体化是现代制造业设备、工艺和产品的发展趋势，这就要求机电专业的学生也要掌握必要的电子技术知识，电子技术是学生知识基础的重要组成部分，是以后发展的必要准备。

本书在编写时参考了部分高职高专院校的专业培养计划，以“电工电子技术”课程的教学大纲和后续课程需要为依据精选内容，力求做到实用和适用。强调“三基”、重视应用是本书的特点。“三基”即基本概念的建立、基础定律的理解、基本方法的应用，对这些基本内容，本书层次清晰、阐述准确、语言简练、图表清楚、例题紧扣主题；重视应用即在分析电路时，淡化内部电路工作原理分析，突出电路外部特性和技术参数，围绕应用讲理论。比如，在介绍集成运放时，其内部结构只用框图来说明，对由哪些元件组成和各元件的作用并不作解释，重点放在外部特性和应用上，而对于应用，重点又放在电路结构的识别和分析输入/输出关系的方法上。

本书共 13 章，参考学时为 90~110 学时，其中第 5 章变压器、第 6 章电动机可根据不同院校后续课程和学时情况决定取舍，第 9 章场效应管及放大电路因其输入电阻高、功耗低，应用范围逐步扩大，其作用与三极管电路相似，可作选学内容。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

第1章 电路的基本概念和基本定律	1
1.1 概述	1
1.1.1 电路和电路模型	1
1.1.2 电路的基本物理量	2
1.1.3 欧姆定律	4
1.1.4 电路的工作状态	5
1.2 基尔霍夫定律	7
1.2.1 相关概念	7
1.2.2 基尔霍夫电流定律	8
1.2.3 基尔霍夫电压定律	9
1.3 电位的概念及其计算	10
小结	11
习题	11
第2章 电路分析的基本方法	14
2.1 电阻元件的连接及其等效变换	14
2.1.1 电阻的串联	14
2.1.2 电阻的并联	15
2.1.3 混联电路的分析	16
2.2 电源的等效电路及其等效变换	17
2.2.1 电压源	17
2.2.2 电流源	18
2.2.3 电压源与电流源的等效变换	18
2.3 支路电流法	20
2.4 节点电位法	22
2.5 叠加定理	25
2.6 戴维南定理	26
小结	28
习题	29
第3章 交流电路分析的基本方法	33
3.1 正弦量的基本概念	33
3.1.1 正弦量的三要素	33
3.1.2 正弦量的有效值	34
3.1.3 同频率正弦量的相位差	35
3.2 正弦量的相量表示法	36
3.2.1 用相量表示正弦量	36
3.2.2 用复数表示相量	37
3.3 R 、 L 、 C 元件的正弦交流电路	38

3.3.1	电阻元件的正弦交流电路	38
3.3.2	电感元件的正弦交流电路	39
3.3.3	电容元件的正弦交流电路	43
3.4	R 、 L 、 C 串联的正弦交流电路	45
3.4.1	R 、 L 、 C 串联电路的电压、电流关系	45
3.4.2	R 、 L 、 C 串联电路的功率	47
3.5	阻抗的串联和并联	50
3.5.1	阻抗的串联	50
3.5.2	阻抗的并联	50
3.5.3	复阻抗和复导纳的等效变换	51
3.6	一般正弦交流电路的计算	52
3.7	功率因数的提高	54
3.7.1	提高功率因数的意义	54
3.7.2	提高功率因数的方法	55
小结		56
习题		57
第 4 章	三相电路及其应用	60
4.1	三相电源的连接方法	60
4.1.1	对称三相交流电源的产生和特点	60
4.1.2	对称三相交流电源的星形连接	61
4.1.3	对称三相交流电源的三角形连接	62
4.2	三相负载的连接方法	63
4.2.1	三相负载的星形连接	63
4.2.2	三相负载的三角形连接	67
4.3	对称三相电路的功率	69
4.4	安全用电	71
小结		73
习题		73
第 5 章	变压器	75
5.1	磁路的基本知识	75
5.1.1	铁磁材料的磁性能	75
5.1.2	交流铁心线圈	77
5.2	变压器	78
5.2.1	变压器的结构	78
5.2.2	变压器的工作原理	78
5.2.3	变压器的外特性和效率	82
5.3	特殊变压器	83
5.3.1	自耦变压器	83
5.3.2	仪用变压器	83
小结		84

习题	85
第 6 章 电动机	86
6.1 三相异步电动机的结构和工作原理	86
6.1.1 三相异步电动机的结构	86
6.1.2 旋转磁场的产生	87
6.1.3 电动机的转动原理	90
6.1.4 三相异步电动机的铭牌数据	91
6.2 三相异步电动机的基本控制电路	92
6.2.1 常用低压控制电器	93
6.2.2 三相鼠笼式异步电动机的起停控制电路	97
6.2.3 三相鼠笼式异步电动机的正反转控制电路	99
6.2.4 三相鼠笼式异步电动机的降压启动控制电路	102
6.3 单相异步电动机	104
6.3.1 电容分相式单相异步电动机	104
6.3.2 罩极式单相异步电动机	104
小结	105
习题	106
第 7 章 半导体二极管和二极管整流电路	107
7.1 PN 结	107
7.1.1 P 型半导体和 N 型半导体	107
7.1.2 PN 结的形成及其单向导电性	109
7.2 半导体二极管	110
7.2.1 二极管的结构与伏安特性	110
7.2.2 二极管的参数及选用	112
7.2.3 二极管电路的分析方法	112
7.2.4 特殊二极管	113
7.3 二极管整流电路	114
7.3.1 单相半波整流电路	114
7.3.2 单相桥式整流电路	116
小结	118
习题	118
第 8 章 三极管及其放大电路	120
8.1 半导体三极管	120
8.1.1 三极管的结构和电流放大作用	120
8.1.2 三极管的特性	122
8.1.3 三极管的主要参数	123
8.2 共射极基本放大电路	124
8.2.1 放大电路的组成	124
8.2.2 放大电路的直流通路和静态分析	125
8.2.3 放大电路的交流通路和动态分析	125

8.3	放大电路的基本分析方法	126
8.3.1	图解法	127
8.3.2	微变等效电路分析法	129
8.4	放大电路的三种基本组态	131
8.4.1	共集电极放大电路	132
8.4.2	共基极放大电路	134
8.5	分压式射极偏置电路	135
8.5.1	工作点不稳定的因素	136
8.5.2	分压式射极偏置电路概述	136
8.6	多级放大电路	138
8.6.1	电压增益	139
8.6.2	频率响应特性	140
8.7	差动放大电路	141
8.8	功率放大电路	144
8.8.1	对功率放大电路的基本要求	144
8.8.2	互补对称功率放大电路	145
	小结	147
	习题	148
第9章	场效应管及其放大电路	151
9.1	场效应管	151
9.1.1	结型场效应管	151
9.1.2	绝缘栅场效应管	153
9.2	场效应管放大电路	155
9.2.1	自偏压电路	155
9.2.2	分压式自偏压电路	156
9.2.3	场效应管放大电路的微变等效分析计算	156
	小结	157
	习题	158
第10章	集成运算放大电路	159
10.1	集成运算放大器简介	159
10.1.1	集成运放的电路结构组成和电路符号	159
10.1.2	集成运放的主要参数和理想化条件	160
10.2	集成运放电路中的负反馈	162
10.2.1	反馈的基本概念	162
10.2.2	负反馈的四种组态	163
10.2.3	负反馈对放大电路性能的影响	166
10.3	集成运放构成信号运算电路	167
10.3.1	同相比例运算电路和反相比例运算电路	167
10.3.2	加法运算电路和减法运算电路	169
10.3.3	积分运算电路和微分运算电路	171

10.4	集成运放构成信号处理电路	172
10.5	电压比较器	174
10.5.1	单门限电压比较器	175
10.5.2	迟滞比较器	175
10.6	用集成运放构成振荡电路	178
10.6.1	自激振荡电路的结构、振荡平衡条件	178
10.6.2	RC 桥式振荡电路	179
小结		181
习题		182
第 11 章	门电路和组合逻辑电路	186
11.1	数字电路概述	186
11.1.1	数字信号	186
11.1.2	数制与 BCD 码	187
11.2	基本逻辑关系与门电路	189
11.2.1	晶体管的开关特性	189
11.2.2	基本逻辑关系与分立元件门电路	191
11.2.3	TTL 门电路	193
11.3	逻辑函数及化简	195
11.3.1	逻辑代数	195
11.3.2	逻辑函数的表示方法	196
11.3.3	逻辑函数的化简	197
11.4	组合逻辑电路分析与设计	198
11.4.1	组合逻辑电路的分析	198
11.4.2	组合逻辑电路的设计	199
11.5	常见组合逻辑电路	201
11.5.1	编码器	201
11.5.2	显示译码器	201
11.5.3	加法器	204
小结		205
习题		206
第 12 章	触发器和时序逻辑电路	208
12.1	触发器	208
12.1.1	基本 RS 触发器	208
12.1.2	同步 RS 触发器	209
12.1.3	主从 JK 触发器	210
12.1.4	D 触发器和 T 触发器	211
12.2	时序逻辑电路分析	213
12.3	常见时序逻辑电路	214
12.3.1	寄存器	214
12.3.2	计数器	217

12.4 555 集成定时器	221
12.4.1 555 集成定时器概述	221
12.4.2 由 555 构成的单稳态电路	222
12.4.3 由 555 构成的多谐振荡器	224
12.4.4 由 555 构成的施密特触发电路	225
小结	226
习题	226
第 13 章 模/数与数/模转换	229
13.1 数/模转换	229
13.1.1 数/模转换基本原理	229
13.1.2 T 型电阻网络 DAC	230
13.2 模/数转换	231
13.2.1 模/数转换基本原理	231
13.2.2 逐次比较型 ADC	232
小结	233
习题	233
参考文献	234

第 1 章 电路的基本概念和基本定律

电路理论是电工电子技术的基础,也是电工测量及电气控制的基础。本章主要介绍电路理论的基本概念及其基本定律,包括下列内容:电路的组成和作用,电路中的基本物理量,电路分析中的两个基本定律——欧姆定律和基尔霍夫定律,电路的三种不同的工作状态,电流、电压和电位的计算方法。

1.1 概 述

1.1.1 电路和电路模型

1. 电路的组成和作用

电路是电流流过的路径,由若干个电气设备或器件按一定的方式组合而成,也称电网,简称网络。

电路的作用有两类:一类是进行电能的产生、传输、分配和转换,称为力能电路,最典型的例子是给各部门供电的供电系统,即发电机工作产生电能,电能经变压器升压传输到各变电站,经变电站变压器降压后送到用电部门;另一类是进行信号的产生、变换、处理的电路,称为信号电路,如扩音机电路,即输入语音经话筒变换为电信号以后再经放大传递到音箱,音箱将电信号还原为语音。虽然力能电路和信号电路的作用不同,但它们在能量转换过程方面是一致的,因此两类电路的基本规律和分析方法是相同的。

通常,把非电能(或非电信号)转换为电能(或电信号)的供电设备和器件称为电源(或信号源),把用电设备和器件称为负载,一个电路总是由电源、负载、连接导线和开关等电气设备或器件组成。

2. 理想元件和电路模型

电气设备和器件的种类繁多,在工作时产生的物理现象也很复杂,分析起来十分困难。于是在电路理论中提出了理想元件和电路模型两个概念。理想元件是从实际元件中抽取其本质的、主要的电磁性质得到的元件,具有以下特点:首先每一种理想元件所反映的电磁现象可以用数学表达式来精确表达;其次,任一种实际的电气设备或器件中所发生的电磁现象都可以由各种理想元件的综合来近似描述。电路模型是用理想元件及其组合代替实际元件所构成的与实际电路相对应的模型。本书讨论的元件均为理想元件。

在电路理论中,信号源(或电源)提供的电压或电流称为激励,由于激励作用在电路各部分产生的电压和电流称为响应。电路分析的对象就是这些由理想元件组成的电路模型图(简称电路图),电路分析的任务则是在已知电路的结构和元件参数的条件下分析电路的激励与响应之间的关系。

1.1.2 电路的基本物理量

1. 电流

电荷在电场作用下的规则运动形成电流，单位时间内通过导体横截面的电量定义为电流强度，简称电流，用 i 表示，根据定义

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

式中， dq 为 dt 时间内通过导体截面的电荷量。

习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。大小和方向不随时间变化的电流叫做直流电流，用大写字母 I 表示；大小和方向随时间变化的电流称为交流电流，用小写字母 i 表示。在国际单位制中，电流的单位是安培，简称安（A），根据需要还可用毫安（mA）、微安（ μA ）等单位来度量。

电路中电流的大小和方向都对电路的工作状态有很大影响，因此在测量或计算时，既要考虑电流的大小又要考虑电流的方向。但在分析较复杂电路时，往往不能事先准确判断出电流的实际方向，为此引入参考方向（也称正方向）这一概念。电流的参考方向是人为任意设定的方向，用箭头标于电路图上。当计算或测量的电流值为正值时，说明电流的实际方向和参考方向一致；当计算或测量值为负值时，说明电流的实际方向和参考方向相反，这样根据电流的参考方向和值的大小，我们可准确判断出电流的实际方向，见图 1.1。显然在未标电流参考方向的情况下，电流的正负是没有意义的。

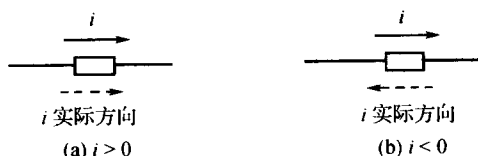


图 1.1 电流的参考方向与实际方向的关系

2. 电位和电压

电流的产生是因为电荷的定向移动，而电荷的移动是因为电场力对电荷做了功。在电场力作用下，正电荷总是从高电位点移向低电位点，因此电路中各点的电位是分析电路时经常用到的一个概念，它反映了电路中不同位置处电场力对电荷作功的能力，用字母 v 表示，若某点电位为恒定值，则用大写字母 V 表示。电路中各点电位的高低是相对参考点而言的，任意指定电路中的某一点的电位为零，称为参考点或零电位点，其他各点的电位在数值上就等于把单位正电荷从该点移到零电位点电场力所作的功，即

$$v_A = \frac{\int_A^0 \vec{F} \cdot d\vec{l}}{q} = \frac{\int_A^0 q \cdot \vec{E} \cdot d\vec{l}}{q} = \int_A^0 \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (1.2)$$

v_A 为正，表示 A 点电位高于参考点电位， v_A 为负，则表示 A 点电位低于参考点电位。

参考点确定后,各点电位就随之确定,参考点不同,各点电位也就不同。

在国际单位制中,电位的单位是伏特,简称伏 (V),此外还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等单位。

电压就是电位差, A 、 B 两点间的电压定义为

$$u_{AB} = v_A - v_B$$

电压的方向规定为从高电位点指向低电位点。大小和方向不随时间变化的电压叫做直流电压,用大写字母 U 表示,大小和方向随时间变化的电压称为交流电压,用小写字母 u 表示。电压的单位和电位的单位相同,也是伏特 (V)。

通常,电压的方向难以事先确定,和电流一样,引入电压的参考方向(或称正方向)。参考方向任意设定,用箭头标于电路图上,或用 (+)、(-) 极性表示,用极性表示时,电压的方向为从 (+) 极性指向 (-) 极性,还可用双下标符号表示,默认 u_{AB} 的参考方向为从 A (下标前一个字母) 点指向 B 点 (下标后一个字母)。根据计算结果,如果 u_{AB} 为正,表示 A 、 B 两点电压的实际方向和所标方向一致,即 A 点电位高于 B 点电位, $v_A > v_B$; 如果 u_{AB} 为负,表示 A 、 B 两点电压的实际方向和所标方向相反,即 A 点电位低于 B 点电位, $v_A < v_B$, 见图 1.2。在设定电路中电流和电压的参考方向时,常把两者设为一致,称为关联方向。

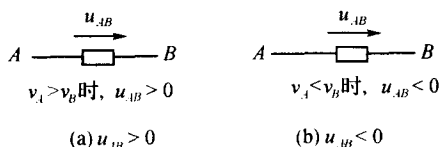


图 1.2 电压的参考方向与两点间电位高低的关系

3. 电动势

图 1.3 中 A 为带正电荷的电极, B 为带负电荷的电极, A 、 B 间存在电场, A 点电位高, B 点电位低。用导线将 A 、 B 连接起来后, 电场力就会把正电荷从 A 点沿导线搬运到 B 点, 搬运的过程也就是电流流过导线的过程。但随着电极 A 上正电荷的减少、电极 B 上负电荷的增多, A 的电位降低, B 的电位增高, A 、 B 间电场逐渐减弱, 电流逐渐减小, 直至为零。为了维持电流的持续, 必须保持 A 、 B 间电位差恒定, 因此必须有一种力能克服电场力将正电荷从 B 送回到 A 。电源就是产生这种力的装置, 电动势就是衡量电源克服电场力对正电荷作功能力的物理量, 用字母 e 表示。在数值上, 电动势 e 等于电源力把单位正电荷从低电位点经电源内部移到高电位点所作的功, 即

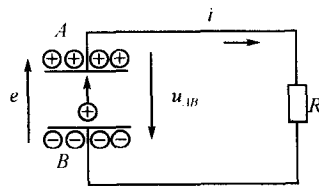


图 1.3 持续电流的产生

$$e = \frac{\int_B^A \vec{F} \cdot d\vec{l}}{q} \quad (1.3)$$

式中 $\vec{F}$ 为电源力, 电动势的方向规定为经电源内部从低电位点 (负极) 指向高电位点 (正极)。电动势的单位与电压单位相同, 也是伏特。