



教育部教改项目成果
高职高专机械类专业基础课规划教材

李源生 主编

实用电工学



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

教育部教改项目成果

高职高专机械类专业基础课规划教材

实 用 电 工 学

李源生 主编



机械工业出版社

本书是按照教育部对高职高专教育人才培养工作的指导思想,结合教育部新世纪课题《高职高专教育机械基础课程教学内容体系改革、建设的研究与实践》,在广泛吸取与借鉴近年来高职高专教学经验的基础上编写的。

本书主要包括:电路的基本概念和基本定律、电路的分析方法、单相正弦交流电路、三相交流电路、电路的暂态分析、变压器与电动机、继电器-接触器控制系统、可编程序控制器及其应用、半导体器件和传感器、基本放大电路、负反馈放大器与集成运算放大器、振荡电路、直流稳压电源、晶闸管及其应用、门电路及组合逻辑电路、触发器及时序逻辑电路、数/模和模/数转换器、技能训练及应用实践等。

本书为高职高专机械和汽车类各专业教材,也可供其他非电类专业和成人教育、职业培训等选用。

图书在版编目(CIP)数据

实用电工学/李源生主编. —北京:机械工业出版社, 2005.5
高职高专机械类专业基础课规划教材
ISBN 7-111-16573-X

I. 实… II. 李… III. 电工学-高等学校:技术学校-教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 049077 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:何月秋

责任编辑:王振国 版式设计:冉晓华 责任校对:魏俊云

封面设计:鞠 杨 责任印制:洪汉军

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm $1/16$ ·22 印张·540 千字

0 001—5 000 册

定价:33.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68326294
封面无防伪标均为盗版

教育部教改项目成果

“高职高专机械类专业基础课规划教材”编委会

主 任 汪德敏

副 主 任 (按姓氏拼音字母排序)

李凤云 (常务) 李铁成 王进军

赵 波 赵德申

委 员 (按姓氏拼音字母排序)

曹龙斌 何文平 何月秋 李焕锋

兰建设 吕素霞 卢艳军 李源生

刘自然 王宏元

本书主编 李源生

本书副主编 焦素敏 赵德申

本书参编 李艳新 胡应占 宋 琨 孙英伟

本书主审 王燕平

序

为认真贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向21世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专新世纪的发展目标和改革措施，推进高职高专教学改革，培养“应用性”高技能人才，教育部高教司（2002）38号文件决定组织实施“新世纪高职高专教育机械基础课程教学内容体系改革、建设的研究与实践”课题的研究。本套“高职高专机械类专业基础课规划教材”正是河南工业大学（原郑州工业高等专科学校）、河南工业职业技术学院、辽宁省交通高等专科学校和济南职业学院根据教育部高教司精神，投入大量的人力、物力和财力，经过大量的研究、探索和实践所取得的丰硕成果。

20世纪90年代以来，党中央、国务院非常重视高职高专教育，在积极发展高等教育的同时，提出了大力发展高等职业教育的方针，并相继出台了一系列政策和措施，大大推动了我国高职高专教育的改革与发展。多年的改革实践形成了高职高专教育人才培养模式的共识，即“以培养高等技术应用性人才为根本任务；以适应社会需求为目标；以培养技术应用能力为主线”。根据这一形势和教育部的教改精神，课题组对目前国内外高职高专教育进行了广泛深入的调查研究。

新世纪高职教育的主要特点为：教育国际化和终身化、课程综合化。这些特点要求高职院校培养的学生应具有良好的综合素质，较全面的基础知识，必备的专业技能，面向市场的较强的竞争能力。新世纪是信息化的时代，以信息科学为代表的高新科技向机械行业的渗透，使得现代化的机械制造是传统机械制造技术与信息、自动化和现代管理科学的有机融合。

课题组经过充分调研论证认为，高职高专培养的人才应是：具有良好的综合素质，“必需够用”的理论基础知识，较全面的应用技术知识，熟练的操作及创新能力，解决实际技术问题能力的“现代技术实施的在线人员”。

根据这一培养目标，新世纪高职高专机械基础课教学内容体系改革的基本思路为：以创新应用为核心，以使用现代化的机械设备加工出高质量的机械产品为主线，打破原技术基础与专业基础的界限，重组机械基础教学内容体系。根据目前高职高专院校大多没有行业背景，多数学生面向市场就业的现状，新世纪高职高专教育机械基础课程应由四大基础模块，即机械设计技术基础、机械制造技术基础、机械控制技术基础与机械检测技术基础组成。

根据此改革思路和研究成果，我们组织编写了这套“高职高专机械类专业基础课规划教材”。该套教材首批编写了《现代机械制图》、《现代机械制图习题集》、《AutoCAD绘图基础实训教程》、《实用电工学》、《单片机基本原理及应用系统》、《液压与气动技术》、《机械力学与设计基础》、《机械制造应用技术》、共8种。这套教材具有以下特点：

1. 贯彻教育部高职高专两年制的要求。
 2. 采用新的课程体系：以职业需要为主线，体现基础性、实用性和专业性。
 3. 在内容的选取中紧紧围绕着为机械制造与设计服务这一宗旨，贯彻基本理论以“必需、够用”为度，简化传统知识，力争在内容上体现先进性、实用性。
 4. 在内容的构建中，考虑到现在就业状况需要学生持有“双证”的需要，将与技能鉴定考核有关的知识编入了教材。
 5. 21 世纪是国际间合作与交流的时代，因此在教材的编写中介绍了部分国际常用标准。
- 由于我们水平有限，加之时间仓促，书中可能存在不少缺憾，恳请广大读者和师生批评指正。

课题负责人 李凤云

前 言

本书是以教育部新世纪课题《高职高专教育机械基础课程教学内容体系改革、建设的研究与实践》为指导,根据机械、汽车类专业最新教学要求,并结合现代电工电子技术的发展编写的。

本书在编写内容上,突出高职高专院校机械类、汽车类专业“够用和实用”的教改方向,删除了一些不必要的、繁琐的理论推导过程。例如:在第三章单相正弦交流电路中,重点介绍如何利用“三个三角形”进行电路分析;在电子技术部分,根据现代电子技术的发展现状,侧重讲解集成电路器件的应用。书中还选入了大量学生感兴趣的、便于制作的常见实用电路,可供教学演示和学生动手实践。并编入了直流电动机、可编程序控制器、传感器、晶闸管等新技术和新内容。另外,我们还根据教学内容和进度的需要,在第十八章技能训练及应用实践中安排了与教学进度及教学内容相对应的元器件识别与测试;实用电路的安装、检测和调试等,可供实验和实训时选用。

本书由辽宁省交通高等专科学校李源生教授主编,并编写第一、二、三章;宋琨编写第四、五章;孙英伟编写第十八章及附录;河南工业大学焦素敏编写第十、十一、十二、十三、十四章;河南工业职业技术学院赵德申编写第六章;胡应占编写第七、八章;辽源职业技术学院李艳新编写第九、十五、十六、十七章;全书由河南工业大学王燕平主审。

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免有不妥和错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一章 电路的基本概念和

基本定律 1

第一节 电路 1

一、电路的作用 1

二、电路的组成 1

三、电路模型 1

第二节 电流、电压、功率 2

一、电流 2

二、电压 2

三、功率 3

第三节 欧姆定律 5

第四节 电路的三种状态 6

一、开路状态 6

二、通路状态 7

三、短路状态 7

第五节 基尔霍夫定律 8

一、基尔霍夫电流定律 (KCL) 8

二、基尔霍夫电压定律 (KVL) 8

本章小结 9

思考与练习 10

第二章 电路的分析方法 12

第一节 电阻的串、并联 12

一、电阻的串联 12

二、电阻的并联 12

第二节 支路电流法 14

第三节 叠加定理 15

第四节 戴维南定理 16

本章小结 17

思考与练习 17

第三章 单相正弦交流电路 19

第一节 交流电的三要素 19

一、幅值 19

二、频率 20

三、初相 20

第二节 交流电的相量表示法 20

一、复数的两种表示形式 20

二、相量与复数 21

三、相量的运算 21

第三节 单一参数的交流电路 22

一、电阻电路 22

二、电感电路 23

三、电容电路 25

第四节 电阻、电感、电容串联的电路 27

一、阻抗三角形 27

二、电压三角形 27

三、功率三角形 28

第五节 功率因数的提高 29

第六节 电路中的谐振 30

一、串联谐振 30

二、并联谐振 31

本章小结 32

思考与练习 32

第四章 三相交流电路 34

第一节 三相交流电源 34

第二节 三相交流负载 35

一、负载的Y形联结 35

二、负载的 Δ 形联结 36

三、三相功率 36

第三节 安全用电 37

一、触电事故 38

二、安全用电措施 39

本章小结 39

思考与练习 40

第五章 电路的暂态分析 41

第一节 换路定则 41

第二节 暂态分析的三要素法 41

一、初始值 $f(0_+)$ 41二、稳态值 $f(\infty)$ 43三、时间常数 τ 43四、求任一量 $f(t)$ 44

第三节 微分电路与积分电路 45

一、微分电路 45

二、积分电路 46

本章小结 46

思考与练习 47

第六章 变压器与电动机 48

第一节 变压器 48

一、变压器的基本结构 48

二、变压器的工作原理 49

三、变压器的额定值 52

第二节 三相异步电动机 53

一、三相异步电动机的结构 53

二、三相异步电动机的工作原理 54

三、转差率 55

四、三相异步电动机的电路分析 56

五、三相异步电动机的转矩和机械特性 58

第三节 直流电动机 61

一、直流电动机的基本结构 61

二、直流电动机的工作原理 62

第四节 步进电动机 62

一、步进电动机的结构 63

二、步进电动机的工作原理 63

第五节 三相异步电动机的控制 65

一、电动机的起动控制 65

二、电动机的制动控制 67

三、电动机的调速控制 69

本章小结 71

思考与练习 72

第七章 继电器-接触器控制系统 73

第一节 常用低压电器 73

一、刀开关 73

二、组合开关 74

三、按钮 75

四、熔断器 75

五、断路器 77

六、交流接触器 78

七、继电器 80

第二节 三相笼型异步电动机的直接

起动控制电路 83

一、点动控制电路 83

二、起动、运行、停止控制(自锁控制)电路 83

第三节 三相笼型异步电动机的正反转

控制 84

第四节 行程控制 85

一、行程开关 86

二、自动往复行程控制 86

第五节 时间控制 87

一、时间继电器 87

二、笼型异步电动机的Y- Δ 换接
起动控制 88

第六节 速度控制 89

一、速度继电器 89

二、电动机反接制动控制电路 90

第七节 联锁控制 90

一、按顺序起动 90

二、按顺序停止 91

第八节 电气原理图的阅读 91

一、读图的方法与步骤 91

二、读图实例 92

本章小结 95

思考与练习 95

第八章 可编程序控制器及其应用 97

第一节 可编程序控制器(PLC)的结构和

工作原理 97

一、可编程序控制器(PLC)的结构及各
部分的作用 97

二、可编程序控制器的工作原理 100

三、可编程序控制器的主要技术
指标 101

第二节 可编程序控制器的编程元件和

基本指令系统及其应用 104

一、可编程序控制器的编程元件 104

二、可编程序控制器的基本指令系统
及其应用 108

第三节 梯形图和语句表	111	二、静态分析	143
一、梯形图的基本结构	112	三、动态分析	145
二、梯形图编程规则及注意事项	112	四、放大电路的微变等效电路分析法	147
第四节 可编程序控制器程序设计方法	113	五、波形失真和静态工作点的选择	151
一、继电器控制电路移植法	113	第三节 稳定静态工作点的电路	152
二、顺序控制设计法(功能表图法)	115	一、温度对静态工作点的影响	152
本章小结	117	二、分压式偏置放大电路	153
思考与练习	118	第四节 其他放大电路	155
第九章 半导体器件和传感器	119	一、共集电极放大电路	155
第一节 半导体	119	二、共基极放大电路	157
一、半导体的特性	119	三、阻容耦合多级放大电路	159
二、PN 结	120	四、场效应晶体管放大电路	161
第二节 半导体二极管	121	第五节 功率放大电路	162
一、二极管的结构和分类	121	一、概述	162
二、二极管的伏安特性和主要参数	122	二、互补对称功率放大电路	164
三、二极管的应用	123	三、集成功率放大器	166
四、特殊二极管	124	本章小结	167
第三节 晶体管	126	思考与练习	168
一、晶体管的结构和分类	126	第十一章 负反馈放大器与	
二、晶体管的电流分配和放大作用	127	集成运算放大器	172
三、晶体管的伏安特性和主要参数	128	第一节 负反馈放大器	172
四、光敏晶体管与霍尔元件	130	一、反馈的基本概念	172
第四节 场效应晶体管	131	二、反馈的类型	173
一、绝缘栅型场效应晶体管的结构		三、反馈类型的判别	174
和符号	132	四、负反馈对放大器性能的影响	176
二、场效应晶体管的伏安特性和主		第二节 差动放大器	181
要参数	133	一、直接耦合方式	181
三、结型场效应晶体管(JFET)	134	二、基本差动放大器	182
四、场效应晶体管与晶体管的比较	135	三、带恒流源的差动放大器	184
第五节 传感器	135	四、差动放大器的输入、输出方式	184
一、电阻式传感器	135	第三节 集成运算放大器	185
二、电感式传感器	136	一、概述	185
三、电容式传感器	137	二、集成运放的符号	186
本章小结	138	三、集成运放的主要参数	187
思考与练习	139	四、基本运算放大器的电压传输特性	188
第十章 基本放大电路	141	五、理想集成运放的条件和结论	188
第一节 共发射极放大电路	141	第四节 集成运放的基本运算电路	189
一、电路的组成	141	一、反相输入比例运算电路	189
二、各元器件的作用	142	二、同相输入比例运算电路	190
第二节 放大电路的分析	142	第五节 集成运放的线性应用	190
一、直流通路和交流通路	142	一、加法运算电路	190
		二、减法运算电路	191

三、积分运算电路	192	第五节 开关稳压电路	229
四、微分电路	193	一、开关稳压电路的工作原理	230
五、有源低通滤波器	195	二、脉宽调制 (PWM) 集成电路	231
第六节 集成运放的非线性应用	196	三、开关电源电路实例	232
一、比较器	196	四、升压式和极性反转式开关 电源电路	233
二、方波发生器	198	本章小结	234
第七节 集成运放使用中的问题	200	思考与练习	234
一、选用元器件	200	第十四章 晶闸管及其应用	235
二、使用时的注意事项	200	第一节 晶闸管	235
三、运算放大器的保护	200	一、晶闸管的基本结构	235
本章小结	202	二、晶闸管的工作原理	235
思考与练习	203	三、晶闸管的伏安特性	237
第十二章 振荡电路	207	四、晶闸管的主要参数	237
第一节 正弦波振荡电路的振荡条件 与组成	207	第二节 晶闸管的应用	238
一、自激振荡	207	一、晶闸管可控整流电路	238
二、自激振荡的平衡条件	208	二、单结晶体管触发电路	240
三、振荡的建立与稳定	208	三、晶闸管的保护	243
四、正弦波振荡电路的基本组成部分	209	本章小结	244
第二节 RC 正弦波振荡电路	209	思考与练习	245
一、RC 串并联选频电路	209	第十五章 门电路及组合 逻辑电路	246
二、RC 桥式正弦波振荡电路	209	第一节 基本门电路	246
第三节 LC 正弦波振荡电路	210	一、与门电路	246
一、LC 并联谐振回路	211	二、或门电路	247
二、变压器反馈式 LC 振荡电路	212	三、非门电路	248
三、电感三点式 LC 振荡电路	213	第二节 组合逻辑电路的分析与设计	250
第四节 两种常见的振荡电路	213	一、逻辑代数	250
一、石英晶体正弦波振荡电路	213	二、组合逻辑电路的分析	251
二、由 555 定时器构成的多谐振荡器	215	三、组合逻辑电路的设计	252
本章小结	216	第三节 编码器	254
思考与练习	217	第四节 译码器	256
第十三章 直流稳压电源	219	一、二进制译码器	256
第一节 整流电路	219	二、显示译码器	256
一、单相半波整流电路	219	本章小结	257
二、单相全波整流电路	220	思考与练习	258
三、单相桥式整流电路	221	第十六章 触发器及时序 逻辑电路	261
第二节 滤波电路	223	第一节 双稳态触发器	261
第三节 稳压电路	225	一、基本 RS 触发器	261
一、稳压二极管稳压电路	225		
二、串联型稳压电路	226		
第四节 三端集成稳压器	226		

二、同步 RS 触发器	263	二、训练器材	290
三、边沿触发器	264	三、训练基础知识	290
四、触发器的逻辑转换	267	四、训练内容和步骤	291
第二节 寄存器	267	五、报告要求	292
一、寄存器的功能和分类	267	第四节 荧光灯照明电路及功率因数的 提高	292
二、数码寄存器	268	一、训练目的	292
三、移位寄存器	269	二、训练器材	292
第三节 计数器	271	三、训练基础知识	292
一、计数器的特点和分类	271	四、训练内容和步骤	293
二、二进制加法计数器	271	五、报告要求	294
三、同步十进制加法计数器	273	第五节 三相交流电路	294
本章小结	275	一、训练目的	294
思考与练习	275	二、训练器材	294
第十七章 数/模和模/数转换器	279	三、训练内容和步骤	294
第一节 数/模转换器 (DAC)	279	四、报告要求	295
一、权电阻网络 DAC	279	第六节 三相异步电动机的继电器—接 触器控制	296
二、R-2R 倒 T 形电阻网络 DAC	280	一、训练目的	296
三、DAC 的主要技术指标	282	二、训练器材	296
第二节 模/数转换器 (ADC)	282	三、训练内容和步骤	296
一、电路组成	282	四、报告要求	297
二、工作原理	282	第七节 常用电子仪器的使用	297
三、ADC 的主要技术指标	283	一、训练目的	297
第三节 数字电路应用举例	284	二、训练器材	297
一、交通信号灯故障检测电路	284	三、训练内容和步骤	297
二、数字万用表	285	四、报告要求	299
三、数字转速表	285	五、复习思考题	299
本章小结	285	第八节 半导体二极管的识别与检测及 基本应用电路测试	299
思考与练习	286	一、训练目的	299
第十八章 技能训练及应用实践	287	二、训练器材	299
第一节 电阻器与电容器的识别、检测 及万用表的使用	287	三、训练内容和步骤	300
一、训练目的	287	四、报告要求	301
二、训练器材	287	第九节 整流与滤波电路的连接与 测试	301
三、训练内容和步骤	287	一、训练目的	301
第二节 基尔霍夫定律和叠加定理的 验证	288	二、训练器材	301
一、训练目的	288	三、训练内容和步骤	301
二、训练器材	288	四、报告要求	302
三、训练内容与步骤	288	第十节 晶体管的识别和检测	302
第三节 戴维南定理的验证	290	一、训练目的	302
一、训练目的	290	二、训练器材	302

三、训练内容和步骤	303	传输特性的测试	313
四、报告要求	304	一、训练目的	313
第十一节 单级共射放大电路	304	二、训练器材	313
一、训练目的	304	三、训练内容和步骤	313
二、训练器材	304	四、报告要求	314
三、训练内容和步骤	304	第十七节 触发器	314
四、注意事项	306	一、训练目的	314
五、报告要求	306	二、训练器材	314
第十二节 集成功率放大器的应用	306	三、训练内容和步骤	315
一、训练目的	306	四、报告要求	315
二、训练器材	306	第十八节 计数器及译码显示电路	316
三、训练内容和步骤	306	一、训练目的	316
四、报告要求	307	二、训练器材	316
第十三节 基本运算电路的特性测试	307	三、训练基础知识	316
一、训练目的	307	四、训练内容和步骤	318
二、训练器材	307	五、报告要求	319
三、训练内容和步骤	307	附录	320
四、报告要求	309	附录 A 常用元件的识别与检测及	
第十四节 集成运放单级负反馈放大电路		万用表的使用	320
的测试	309	一、电阻器的简单识别与测试	320
一、训练目的	309	二、电容器的简单识别与测试	323
二、训练器材	309	三、电感器的简单识别与测试	325
三、训练内容和步骤	310	四、万用表的正确使用	326
四、报告要求	311	五、二极管的识别与检测	326
第十五节 RC 正弦波振荡器	311	六、晶体管的识别与简单测试	328
一、训练目的	311	附录 B YB4320/20/40/60 示波器面板	
二、训练器材	311	控制键作用说明	330
三、训练内容和步骤	311	参考文献	335
四、报告要求	312		
第十六节 TTL 与非门逻辑功能和电压			

第一章

电路的基本概念和基本定律

电路是学习电工和电子技术的基础。

本章主要介绍电路中的三个基本物理量、电路的三种状态、电路分析的三个基本定律及电位的概念。

第一节 电 路

电路是电流流通的路径。

一、电路的作用

电路的作用是进行电能的传输和转换，或是实现信号的传递和处理。例如：照明电路是将电能转换成光能；电饭锅电路是将电能转换成热能；电风扇、洗衣机电路是将电能转换成机械能；电视机电路是将电能及电信号转换、处理为图像和声音。

二、电路的组成

电路是由某些电气设备和元器件按一定方式连接组成的，无论怎样简单或复杂的电路，都可分成电源、负载和中间环节三个部分，如图 1-1 所示。

电源是提供电能的设备，是电路工作的能源。电源的作用是将非电能转换成电能，如各种发电机和电池等。

负载是用电设备，是电路中的主要耗电元器件。负载的作用是将电能转换成非电能，如民用供电电路中的照明灯、电饭锅、洗衣机、电冰箱、空调器、电视机，工厂中的电动机等。



图 1-1 电路组成框图

中间环节是指电源与负载之间的部分。简单照明电路的中间环节只有导线和开关；而较复杂的电视机电路，其中间环节有信号的接收、传递和处理电路等。

三、电路模型

为了便于对实际电路进行分析计算，忽略电路元器件的次要因素，将其理想化，并用规定的电气图形符号表示所组成的电路，称为电路模型。图 1-2 所示为手电筒的电路模型。

在图 1-2 中，手电筒的电源是电池，用电动势 E 和内阻 R_0 表示；负载是小电珠，用 R 表示；中间环节为筒体和开关，用导线和开关 S 来表示。该电路模型忽略了筒体连线和开关的电阻、电珠的电感、电池的电容等次要因素。后续课中所介绍的都是指电路模型，简称电路。

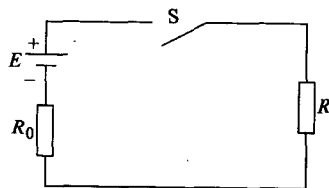


图 1-2 手电筒的电路模型

第二节 电流、电压、功率

一、电流

电荷的定向运动形成电流。如果电流的方向不随时间变化,称为直流;如果电流的方向和大小都不随时间变化,称为恒定的直流。直流电流用大写字母 I 表示。如果电流的方向和大小都随时间变化,称为交流,用小写字母 i 表示。

电流的单位为安培,简称安,用字母 A 表示,常用的单位还有毫安 (mA)、微安 (μA) 及千安 (kA)。

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}, 1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

习惯上规定正电荷运动的方向为电流的实际方向。当知道负电荷或电子运动的方向时,其电流的实际方向是负电荷或电子运动方向的反方向,如图 1-3 所示。

在电路的分析计算中,一般要考虑电流的流向,如果不能判断出某一元件上电流的实际方向时,可以先任意假设其电流的流向,这个假设的电流流向称为电流的参考方向。当分析计算的结果为正值时,说明电流的实际方向与参考方向一致;分析计算的结果为负值时,说明电流的实际方向与参考方向相反。根据计算结果的正负和参考方向就能确定出电流的实际方向,如图 1-4 所示。

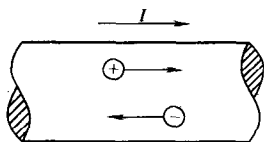


图 1-3 电流的实际方向

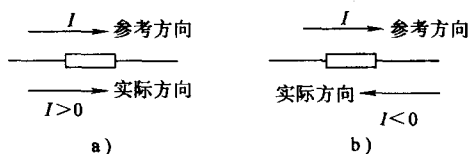


图 1-4 电流的方向

a) 电流方向与参考方向相同 b) 电流方向与参考方向相反

二、电压

1. 电压

电场力将单位正电荷从电场中的 a 点移到 b 点所做的功,称其为 a 、 b 两点间的电压。直流电压用 U_{ab} 表示,交流电压用 u_{ab} 表示。电压的单位为伏特,简称伏,用字母 V 表示,常用的单位还有毫伏 (mV)、微伏 (μV) 及千伏 (kV)。

$$1\text{V} = 10^3\text{mV} = 10^6\mu\text{V}, 1\text{kV} = 10^3\text{V}$$

电压的实际方向可用字母的双下标表示,也可用 +、- 号或箭头表示,如图 1-5 所示。但是在实际应用过程中仅需一种表示方法即可。

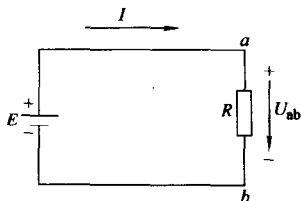


图 1-5 电压的实际方向及表示形式

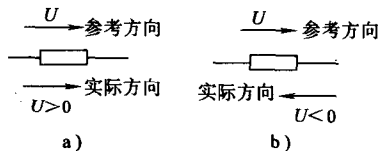


图 1-6 电压的方向

一个元件两端的电压实际方向和电压参考方向的关系与电流相似,如图 1-6 所示。

2. 电压与电位

电位是电路分析中的重要概念,在电子线路的分析中经常用到。所谓电位,就是电路中某点到参考点之间的电压,称为该点的电位。电位用符号 Q 表示,并用下标代表电路中某点的位置。参考点是为了分析方便在电路中任意选择的一点,用符号“ $\perp$ ”表示,参考点的电位值为零,称为零电位点,又称为“接地”点,但并非真的与大地相连。参考点选择的不同,各点的电位值就不同,电位是一个相对量。电位的单位与电压相同,也是伏,图 1-7 所示为参考点的表示方法。

电压的实际方向是电位降低的方向,电压等于电路中两点间的电位差。如电路中 a 点的电位为 Q_a , b 点的电位为 Q_b ,电压 $U_{ab} = Q_a - Q_b$ 。

3. 电动势

电动势是电源力将单位正电荷从低电位点 b 移动到高电位点 a 所做的功。电动势用字母 E 表示,电动势的方向是从低电位(电源负极)指向高电位(电源正极)。因为电压的方向是从高电位指向低电位,所以电动势两端电压的方向与电动势的方向相反,如图 1-8 所示。

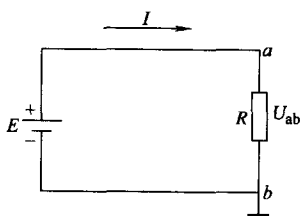


图 1-7 参考点的表示方法

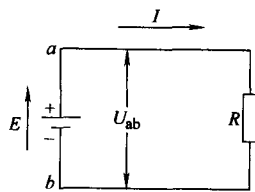


图 1-8 电动势

电动势两端的电压值等于电动势的值,在图 1-8 中, $U_{ab} = E$ 。电动势的单位也是伏。电压、电位、电动势的单位相同,都是伏(V)。

三、功率

电场力在单位时间内所做的功,称为电功率,简称功率。功率的单位是瓦特,简称瓦,用字母 W 表示。

如果在一个元件上电流和电压的参考方向一致,称为是关联参考方向,如图 1-9a 所示。关联时,功率的计算公式为

$$P = UI \quad (1-1)$$

式中 P ——功率,单位为瓦[特](W);

U ——电压,单位为伏[特](V);

I ——电流,单位为安[培](A)。

如果在一个元件上电流和电压的参考方向不一致,称为非关联参考方向,如图 1-9b 所示。非关联时,功率的计算公式为

$$P = -UI \quad (1-2)$$

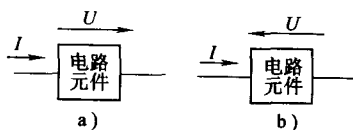


图 1-9 关联与非关联示意图

a) 关联 b) 非关联

如功率的计算结果为正值, 即 $P > 0$, 这个元件在电路中吸收功率 (消耗功率), 称为负载。如功率的计算结果为负值, 即 $P < 0$, 这个元件在电路中是发出功率 (产生功率), 称为电源。

例 1-1 有一个收录机供电电路, 如图 1-10 所示, 用万用表测出收录机的供电电流为 80mA, 供电电池的电压为 3V, 若忽略电源的内阻, 则收录机和电源的功率各是多少? 根据计算结果说明是发出功率还是吸收功率?

解: 收录机的电流与电压的参考方向是关联参考方向, 所以用公式

$$P = UI = 3V \times 80mA = 240mW = 0.24W$$

结果为正, 说明收录机是吸收功率。

电池的电流参考方向与电动势两端的电压参考方向相反, 是非关联参考方向, 所以用公式

$$P = -UI = -3V \times 80mA = -0.24W$$

结果为负, 说明电池是发出功率。

例 1-2 如果例 1-1 题中的电池电压已经降为 2V, 现将收录机换为充电器, 电路如图 1-11 所示。充电电流为 -150mA, 试问此时电池的功率为多少? 是吸收功率还是发出功率? 充电器的功率为多少, 是吸收功率还是发出功率?

解: 电池的电流与电压的参考方向是非关联的, 用公式

$$P = -UI = -2V \times (-150mA) = 300mW = 0.3W$$

结果为正, 是吸收功率, 这时电池是充电器的负载。

充电器的电流与电压的参考方向是关联的, 用公式

$$P = UI = 2V \times (-150mA) = -0.3W$$

结果为负, 是发出功率, 说明充电器是这个电路中的电源。

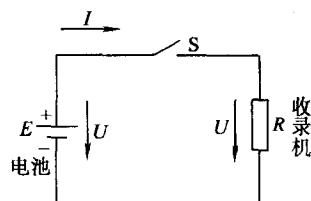


图 1-10 例 1-1 题图

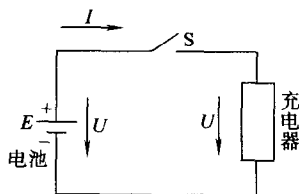


图 1-11 例 1-2 题图

由以上两例可知, 电源发出的功率等于负载消耗的功率, 在一个电路中功率的代数和为零, 符合功率平衡关系。

另外, 在工厂或家庭用电计量时, 通常习惯说电能表 (曾称电度表) 走了多少个字, 也就是说用了多少千瓦·时 (习称为度) 电。规定: 1kW 的用电设备使用 1h 所消耗的电量为 1kW 电, 即

$$1kW \times 1h = 1kW \cdot h \quad (1-3)$$

例 1-3 家有一个电饭锅, 额定功率为 750W, 每天使用 2h; 一台 64cm25in 电视机, 功率为 150W, 每天使用 4h; 一台电冰箱, 输入功率为 120W, 电冰箱的压缩机每天工作 8h。计算每月 (30 天) 耗电多少?

解:

$$\begin{aligned} & (0.75kW \times 2h + 0.15kW \times 4h + 0.12kW \times 8h) \times 30 \\ &= (1.5kW \cdot h + 0.6kW \cdot h + 0.96kW \cdot h) \times 30 \\ &= 91.8kW \cdot h \end{aligned}$$

答: 每月耗电 91.8kW·h, 即习称每月耗电 91.8 度。