



江苏联合职业技术学院院本教材
经学院教材审定委员会审定通过

电工电子技术基础

◆ 主编 范次猛

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

百年大计 教育为本

电工电子技术基础

主 编 范次猛

副主编 刘进英 谭星祥

主 审 陈庆胜

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是五年制高等职业院校（工学结合、校企合作、顶岗实习）课程改革成果系列教材之一，是根据最新制定的“电工电子技术基础”核心课程标准，参照相关最新国家职业标准及有关行业职业标准规范编写而成的。

本书的主要内容包括：直流电路、电容与电感、单相正弦交流电路、三相正弦交流电路、用电技术和常用低压电路、电动机及基本控制电路、常用半导体器件、直流稳压电源、放大电路及集成运算放大器、数字电路基础知识、组合逻辑电路与时序逻辑电路等。每章后面都附有本章小结及思考与练习，以便于学生自学。本书采用理论实践一体化的教学模式，各章配套技能实训项目，书中的“动手做”“应用提示”突出工程应用能力的培养。

本书可作为高职高专机电类、电子信息类、计算机类等非电类专业学生的教学用书，也可作为工程技术人员学习电工电子技术基础的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

电工电子技术基础 / 范次猛主编. —北京：北京理工大学出版社，2019.12（2020.1 重印）
ISBN 978-7-5682-8036-5

I. ①电… II. ①范… III. ①电工技术②电子技术 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2020）第 001889 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775（总编室）
(010) 82562903（教材售后服务热线）
(010) 68948351（其他图书服务热线）

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 18.5

字 数 / 435 千字

版 次 / 2019 年 12 月第 1 版 2020 年 1 月第 2 次印刷

定 价 / 49.00 元

责任编辑 / 多海鹏

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

江苏联合职业技术学院院本教材出版说明

江苏联合职业技术学院自成立以来，坚持以服务经济社会发展为宗旨、以促进就业为导向的职业教育办学方针，紧紧围绕江苏经济社会发展对高素质技术技能型人才的迫切需要，充分发挥“小学院、大学校”办学管理体制创新优势，依托学院教学指导委员会和专业协作委员会，积极推进校企合作、产教融合，积极探索五年制高职教育教学规律和高素质技术技能型人才成长规律，培养了一大批能够适应地方经济社会发展需要的高素质技术技能型人才，形成了颇具江苏特色的五年制高职教育人才培养模式，实现了五年制高职教育规模、结构、质量和效益的协调发展，为构建江苏现代职业教育体系、推进职业教育现代化做出了重要贡献。

我国社会的主要矛盾已经转化为人们日益增长的美好生活需要与发展不平衡不充分之间的矛盾，因此我们只有实现更高水平、更高质量、更高效益、更加平衡、更加充分的发展，才能全面实现新时代中国特色社会主义建设的宏伟蓝图。五年制高职教育的发展必须服从服务于国家发展战略，以不断满足人们对美好生活需要为追求目标，全面贯彻党的教育方针，全面深化教育改革，全面实施素质教育，全面落实立德树人根本任务，充分发挥五年制高职贯通培养的学制优势，建立和完善五年制高职教育课程体系，健全德能并修、工学结合的育人机制，着力培养学生的工匠精神、职业道德、职业技能和就业创业能力，创新教育教学方法和人才培养模式，完善人才培养质量监控评价制度，不断提升人才培养质量和水平，努力办好人民满意的五年制高职教育，为决胜全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦贡献力量。

教材建设是人才培养工作的重要载体，也是深化教育教学改革、提高教学质量的重要基础。目前，五年制高职教育教材建设规划性不足、系统性不强、特色不明显等问题一直制约着内涵发展、创新发展和特色发展的空间。为切实加强学院教材建设与规范管理，不断提高学院教材建设与使用的专业化、规范化和科学化水平，学院成立了教材建设与管理工作领导小组和教材审定委员会，统筹领导、科学规划学院教材建设与管理工作，制定了《江苏联合职业技术学院教材建设与使用管理办法》和《关于院本教材开发若干问题的意见》，完善了教材建设与管理的规章制度；每年滚动修订《五年制高等职业教育教材征订目录》，统一组织五年制高职教育教材的征订、采购和配送；编制了学院“十三五”院本教材建设规划，组织18个专业和公共基础课程协作委员会推进了院本教材开发，建立了一支院本教材开发、编写、



审定队伍；创建了江苏五年制高职教育教材研发基地，与江苏凤凰职业教育图书有限公司、苏州大学出版社、北京理工大学出版社、南京大学出版社、上海交通大学出版社等签订了战略合作协议，协同开发独具五年制高职教育特色的院本教材。

今后一个时期，学院将在推动教材建设和规范管理工作的基础上，紧密结合五年制高职教育发展新形势，主动适应江苏地方社会经济发展和五年制高职教育改革创新的需要，以学院 18 个专业协作委员会和公共基础课程协作委员会为开发团队，以江苏五年制高职教育教材研发基地为开发平台，组织具有先进教学思想和学术造诣较高的骨干教师，依照学院院本教材建设规划，重点编写和出版约 600 本有特色、能体现五年制高职教育教学改革成果的院本教材，努力形成具有江苏五年制高职教育特色的院本教材体系。同时，加强教材建设质量管理，树立精品意识，制订五年制高职教育教材评价标准，建立教材质量评价指标体系，开展教材评价评估工作，设立教材质量档案，加强教材质量跟踪，确保院本教材的先进性、科学性、人文性、适用性和特色性建设。学院教材审定委员会将组织各专业协作委员会做好对各专业课程（含技能课程、实训课程、专业选修课程等）教材出版前的审定工作。

本套院本教材较好地吸收了江苏五年制高职教育最新理论和实践研究成果，符合五年制高职教育人才培养目标定位要求。教材内容深入浅出，难易适中，突出“五年贯通培养、系统设计”专业实践技能经验的积累，重视启发学生思维和培养学生运用知识的能力。教材条理清楚、层次分明、结构严谨、图表美观、文字规范，是一套专门针对五年制高职教育人才培养的教材。

学院教材建设与管理工作领导小组

学院教材审定委员会

2017 年 11 月

序 言

2015年5月，国务院印发关于《中国制造2025》的通知，通知重点强调提高国家制造业创新能力，推进信息化与工业化深度融合，强化工业基础能力，加强质量品牌建设，全面推行绿色制造及大力推动重点领域突破发展等，而高质量的技能型人才是实现这一发展战略的重要途径。

为全面贯彻国家对于高技能人才的培养精神，提升五年制高等职业教育机电类专业教学质量，深化江苏联合职业技术学院机电类专业教学改革成果，并最大限度地共享这一优秀成果，学院机电专业协作委员会特组织优秀教师及相关专家，全面、优质、高效地修订及新开发了本系列规划教材，并配备了数字化教学资源，以适应当前的信息化教学需求。

本系列教材所具特色如下：

- 教材培养目标、内容结构符合教育部及学院专业标准中制定的各课程人才培养目标及相关标准规范。
- 教材力求简洁、实用，编写上兼顾现代职业教育的创新发展及传统理论体系，并使之完美结合。
- 教材内容反映了工业发展的最新成果，所涉及的标准规范均为最新国家标准或行业规范。
- 教材编写形式新颖，教材栏目设计合理，版式美观，图文并茂，体现了职业教育工学结合的教学改革精神。
- 教材配备相关的数字化教学资源，体现了学院信息化教学的最新成果。

本系列教材在组织编写过程中得到了江苏联合职业技术学院各位领导的大力支持与帮助，并在学院机电专业协作委员会全体成员的共同努力下顺利完成了出版任务。由于各参与编写者及编审委员会专家时间相对仓促，加之行业技术更新较快，教材中难免有不当之处，敬请广大读者予以批评指正，在此一并表示感谢！我们将不断完善与提升本系列教材的整体质量，使其更好地服务于学院机电专业及全国其他高等职业院校相关专业的教育教学，为培养新时期下的高技能人才做出应有的贡献。

江苏联合职业技术学院机电协作委员会

2017年12月

前 言

本书是五年制高等职业院校（工学结合、校企合作、顶岗实习）课程改革成果系列教材之一。在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中，来自高等职业院校教学工作一线的骨干教师和专业带头人，通过社会调研，对劳动力市场人才需求进行分析和课题研究，在企业有关人员的积极参与下，研发了机电类专业的人才培养方案，并制定了相关核心课程标准。本书是根据最新制定的“电工电子技术基础”核心课程标准，参照相关最新国家职业标准及有关行业的职业标准规范编写的。

“电工电子技术基础”是高等职业院校机电类专业的专业基础课程，本书着重介绍了电工电子技术的基本知识，以及与机电类专业目标岗位群密切相关的技能项目，在编写过程中力求体现理论与实践一体化的边教、边学、边做的特色。

本书立足于五年制高职人才培养目标，充分考虑五年制高职学生的特点，遵循理论够用、内容实用、学了能用，突出能力培养的原则，对教学内容进行了精选，对书中的章节做了适当整合。全书概念叙述清楚，深入浅出，通俗易懂，理论联系实际。

本书的特点主要有以下几个方面。

1. 本书从职业（岗位）需求分析入手，参照国家职业标准《电工》《家用电子产品维修工》《无线电装接工》《家用电器产品维修工》等工种的要求，精选教材内容，切实落实“管用、够用、适用”的教学指导思想。

2. 本书在内容的编排设计上，力图体现“以就业为导向，以学生为本位”的教学理念，把能力本位放在首位，将电工电子技术的基本原理与生产生活实际应用相结合，注重实践技能的培养，注意反映电子技术领域的新知识、新技术、新工艺和新材料，删除了陈旧的元器件，增加了节约用电、新型电光源等新技术及新器件的实际应用。

3. 淡化器件内部结构分析，重点介绍器件的符号、特性、功能及应用，注意突出集成电路的外部特性和应用。突出基本概念、基本原理和基本分析方法，采用较多的图表来代替文字描述和进行归纳、对比。

4. 体现以技能训练为主线、相关知识为支撑的编写思路，较好地处理了理论教学与技能训练的关系，有利于帮助学生掌握知识、形成技能、提高能力。

5. 书中，注重生活实例与知识点的链接，在专业教学中渗透职业素养教育，可以培养学生诚实守信、善于沟通、团结合作的职业素养和品质，让其树立环保、节能、安全意识，为



他们发展职业能力奠定良好的基础。

本书由江苏省无锡交通高等职业技术学校范次猛老师任主编，并完成全书的统稿工作。全书共分 11 章，第 1、2、6 章由刘进英编写，第 3、4 章由谭星祥、范次猛编写，第 5、7、8、9、10、11 章由范次猛编写。

由于编者学识和水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请同行和使用本书的广大读者批评指正。

编 者

目 录

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第 1 章 电路基础 | 1 |
| 1.1 电路 | 1 |
| 1.2 电路中的常用物理量 | 3 |
| 1.3 电阻 | 8 |
| 1.4 电阻的连接 | 12 |
| 1.5 电路基本定律 | 13 |
| 1.6 任务训练 | 16 |
| 第 2 章 电容器与电感器 | 24 |
| 2.1 电容器 | 24 |
| 2.2 电磁基本知识 | 30 |
| 2.3 电感 | 34 |
| 2.4 任务训练 | 36 |
| 第 3 章 单相正弦交流电路 | 42 |
| 3.1 交流电的基础知识 | 42 |
| 3.2 正弦交流电路的基本电路 | 47 |
| 3.3 串联交流电路 | 54 |
| 3.4 LC 谐振电路 (选学) | 59 |
| 3.5 任务训练 | 64 |
| 第 4 章 三相交流电路 | 72 |
| 4.1 三相交流电源 | 72 |
| 4.2 三相负载的连接 | 75 |
| 4.3 安全用电 | 78 |
| 4.4 任务训练 | 82 |
| 第 5 章 用电技术和常用低压电器 | 86 |
| 5.1 电力供电与节约用电 | 86 |
| 5.2 变压器 | 91 |
| 5.3 照明灯具的选用及安装 | 95 |
| 5.4 常用低压电器 | 98 |
| 5.5 任务训练 | 112 |



| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第 6 章 电动机及基本控制电路 | 117 |
| 6.1 交流异步电动机 | 117 |
| 6.2 三相异步电动机的基本控制电路 | 124 |
| 6.3 任务训练 | 132 |
| 第 7 章 常用半导体器件 | 136 |
| 7.1 晶体二极管 | 136 |
| 7.2 晶体三极管 | 145 |
| 7.3 晶闸管 | 153 |
| 7.4 任务训练 | 156 |
| 第 8 章 直流稳压电源 | 162 |
| 8.1 整流电路 | 162 |
| 8.2 滤波电路 | 166 |
| 8.3 稳压电路 | 170 |
| 8.4 任务训练 | 175 |
| 第 9 章 放大电路与集成运算放大器 | 183 |
| 9.1 基本放大电路 | 183 |
| 9.2 集成运算放大器 | 196 |
| 9.3 放大电路中的负反馈 | 205 |
| 9.4 任务训练 | 209 |
| 第 10 章 数字电路基础知识 | 219 |
| 10.1 数字与脉冲信号 | 219 |
| 10.2 数制与码制 | 223 |
| 10.3 逻辑门电路 | 226 |
| 10.4 任务训练 | 237 |
| 第 11 章 组合逻辑电路与时序逻辑电路 | 242 |
| 11.1 组合逻辑电路 | 242 |
| 11.2 触发器 | 259 |
| 11.3 时序逻辑电路 | 268 |
| 11.4 任务训练 | 277 |
| 参考文献 | 285 |

电路基础

▶ 学习目标

1. 掌握电路的组成及各部分的作用。
2. 掌握常用电气元件的符号，熟悉电路图的画法和电路的 3 种状态。
3. 掌握电压、电流、电位、电动势、电能和电功率的基本概念及其在实际电路中的应用。
4. 了解电阻的基本概念，掌握绝缘电阻的测量方法。
5. 掌握欧姆定律及其应用。
6. 掌握电阻串联电路、并联电路和混联电路的特点。
7. 掌握基尔霍夫定律，能运用基尔霍夫定律列方程。
8. 掌握支路电流法求解复杂直流电路的方法及步骤。

▶ 任务导入

任何电子设备的电路以及各种常用的机械电气设备（如车床、磨床、铣床等）的电气控制线路都是由各种各样的元器件有机地组合在一起的。工厂常用的台式钻床的电气部分就属于一个最简单的电气控制线路，它是由 380 V 交流电源、熔断器、三相开关、三相异步电动机及连接线路有机地组合而成。本章就由最简单的电路开始，重点介绍电路的组成、电路的基本物理量和基本定律，其中包括电流、电压、电动势、电位、电功率等基本物理量，电阻串并联的特点、欧姆定律和基尔霍夫定律等，为进一步学习专业知识打下牢固的基础。

1.1 电 路

1.1.1 电路的组成

电流流过的路径称为电路。最简单的电路由电源、负载、开关和连接导线 4 部分组成。图 1-1-1 (a) 所示为日常生活中使用的手电筒的实物接线图，它就是通过开关、连接导线把电池和电灯连接起来的一个照明电路。当合上开关时，电流就会流过电灯使电灯点亮；断开开关时，电灯熄灭。在工厂的车床和钻床中，电动机通过开关、连接导线和电源接通时，电动机就会得电并转动起来。如图 1-1-1 (b) 所示就是一个最基本、最简单的电路，它是由干电池、电灯、开关和连接导线组成的照明电路。实际中，任何一个完整的电路都是由电源、负载、开关和连接导线 4 部分组成的。

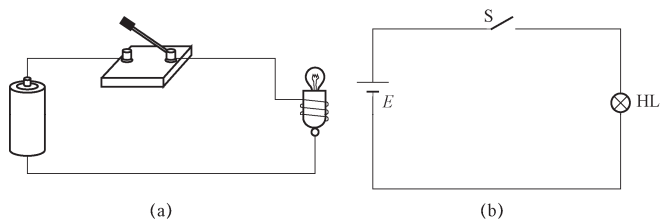


图 1-1-1 实物接线图与电路图

(a) 实物接线图；(b) 电路图

1. 电源

电源是产生电能的装置，它的作用是把其他形式的能转换成电能，如发电机、蓄电池、干电池等都是电源。

2. 负载

负载是消耗电能的装置，它的作用是把电能转换成其他形式的能，所以负载又称为用电器。例如，电灯能把电能转换成光能，电烙铁能把电能转换成热能，电动机能把电能转换成动能，因此它们都属于负载。

3. 开关

开关是控制装置，在电路中起接通或断开电路的作用。

4. 连接导线

连接导线起连接作用，它可以通过导线把电源、负载和开关连接起来，组成一个完整的电路。

电路的主要作用有两个方面：一是用于电能的传输、分配和转换，如供电线路可以把发电厂发出的电能传输到远处的各个负载，再由负载转换成各种不同形式的能；二是电路可以实现电信号的产生、传递和处理，如计算机就是通过电路实现各种信息的计算、存储和显示的。

1.1.2 电气元件符号及电路图

电路是由电特性相当复杂的元器件组成的，为了便于使用数学方法对电路进行分析，可将电路实体中的各种电器设备和元器件用一些能够表征它们主要电磁特性的理想元件(模型)来代替，而对它的实际上的结构、材料、形状等非电磁特性不予考虑。例如，若忽略电灯通电时的磁效应，只考虑其发光、发热的效应，就可以用一个电阻元件来表示；一台电动机中的线圈，若忽略它的导线电阻，就可以用一个电感元件来表示等。由理想元件构成的电路叫作实际电路的电路模型，也叫作实际电路的电路原理图，简称为电路图。如图 1-1-1 (b) 所示的手电筒电路。常用的理想元件及其图形符号如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 常用的理想元件及其图形符号

| 名称 | 符号 | 名称 | 符号 |
|-----|----|-----|----|
| 电阻 | | 电压表 | |
| 电池 | | 接地 | |
| 电灯 | | 熔断器 | |
| 开关 | | 电容 | |
| 电流表 | | 电感 | |



1.1.3 电路的状态

电路的工作状态常有以下3种。

1. 通路（闭路）

通路是指电源与负载连通的电路，也称闭合电路，电路中有工作电流，电气设备或元器件可获得一定的电压和电功率进行能量转换，如图1-1-2(a)所示。但须注意，处于通路状态下的各种电气设备的电压、电流、电功率等数值不能超过其额定数值。

2. 断路（开路）

断路是指电路中某处断开，不能使电路构成通路的状态。此时电路中没有电流流过，如图1-1-2(b)所示。这种因某一处断开而使电路中没有电流的状态叫开路，又称为空载状态。

在测试或检修电路时，经常需要将某一部分电路断开进行测试或判断故障。

3. 短路

短路是指整个电路或某一部分被导线直接短接，电流直接流经导线而不再经过电路中的负载。如图1-1-2(c)所示的电路，电源处于短路状态，此时电流不再流过负载，而直接经短路点流回电源，这时，电路中的电流往往较大，容易损坏电源或发生火灾，一般应该避免短路的情况发生。短路状态的特点：短路电流很大，电源端电压为0V。

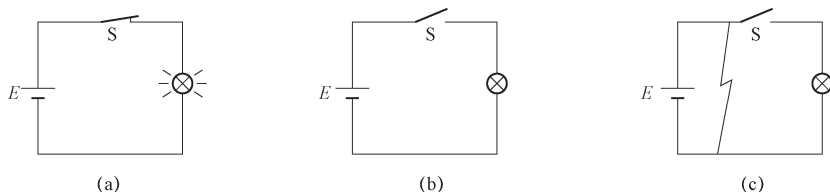


图1-1-2 电路的3种状态

(a) 通路；(b) 断路；(c) 短路

1.2 电路中的常用物理量

1.2.1 电流

电路中电荷沿着导体的定向运动形成电流。电流是有大小和方向的。

1. 电流的方向

自然界存在着许多种运动形式，电流只是物质运动的一种形式而已。在金属导体中，电流是电子在外电场作用下有规则地运动形成的；而在某些液体和气体中，电流是由正离子和负离子在外电场作用下有规则地运动所共同形成的。可见，在不同的导体中，形成电流的运动电荷是不同的。为了统一起见，习惯上，人们把正电荷运动的方向规定为电流的正方向。

在分析计算较复杂电路时，往往需要确定电流的方向，但有时对某段电路中电流的方向又难以作出判断。此时可先任意假定电流的参考方向（也称正方向），然后根据电流的参考方向列出方程求解。如果解得的电流为正值（ $I > 0$ ），表明电流的实际方向与假设的参考方向相



同，如图 1-2-1 (a) 所示；如果解得的电流为负值 ($I < 0$)，表明电流的实际方向与假设的参考方向相反，如图 1-2-1 (b) 所示。

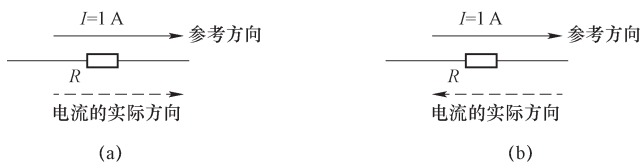


图 1-2-1 电流的实际方向与参考方向

(a) $I > 0$; (b) $I < 0$

2. 电流的大小

电流的大小定义为：在单位时间内通过导体横截面电荷量的多少。在直流电路中，如果在时间 t 内通过导体横截面的电荷量为 Q ，则电流 I 为

$$I = \frac{Q}{t}$$

在交流电路中，电流随时间而变化，如果在很短的时间间隔 Δt 内，通过导体横截面的电荷量为 ΔQ ，则瞬时电流大小为

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

式中 $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ——电量的变化率，表示的是电量的变化快慢。

上式说明，通过导体横截面的电荷量变化得越快，电流越大；反之，电流越小。

为了区别直流电流和交流电流，直流电流用大写的 I 表示，交流电流用小写的 i 表示。电流的单位是安 [培]，用符号 A 表示。除安 [培] 外，常用的电流单位还有千安 (kA)、毫安 (mA) 和微安 (μA)。它们之间的换算关系为

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}$$

$$1 \text{ A} = 10^3 \text{ mA}$$

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

3. 电流的分类

根据电流的大小和方向随时间变化的情况，可把电流分为直流电流和交流电流两大类。直流电流又可细分为稳恒直流电流和脉动直流电流两大类，见表 1-2-1。工矿企业车间里的各种车床、照明灯等使用的都是交流电流，干电池提供的是稳恒直流电流，而整流电路输出的是脉动直流电流。

表 1-2-1 电流的分类

| 分类 | | 符号 | 特征 | 波 形 |
|------|--------|----|-----------------|-----|
| 直流电流 | 稳恒直流电流 | DC | 电流的大小和方向都不随时间变化 | |



续表

| 分类 | | 符号 | 特征 | 波 形 |
|------|------------|----|-----------------------|-----|
| 直流电流 | 脉动直流 电流 | DC | 电流的方向不变, 但大小 随时间变化 | |
| 交流电流 | | AC | 电流的大小和方向都随时 间而变化 | |

1.2.2 电压

为了衡量电场力对电荷做功本领的大小, 引入了电压这个物理量。电压是指电路中 A 、 B 两点之间的电位差 (简称为电压), 其大小等于单位正电荷从 A 点移动到 B 点时电场力所做的功, 电压的方向规定为从高电位指向低电位。

电压的国际单位为伏 [特] (V), 常用的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等, 它们与伏 [特] 的换算关系为

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ V} = 10^3 \text{ mV}$$

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

电压与电流相似, 不但有大小, 而且有方向。对于负载来说, 电流流入端为正端, 电流流出端为负端。电压的方向是由正端指向负端, 也就是说负载中电压实际方向与电流方向一致。与电流方向的处理方法类似, 可任选一方向为电压的参考方向。电压的参考方向与实际方向的关系如图 1-2-2 所示, 当电压的参考方向与实际方向一致时, 电压值为正值, 即 $U > 0$, 如图 1-2-2 (a) 所示; 当电压的参考方向与实际方向相反时, 电压值为负值, 即 $U < 0$, 如图 1-2-2 (b) 所示。

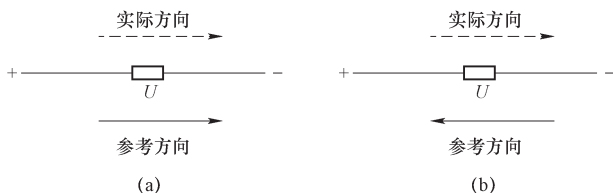


图 1-2-2 电压的参考方向与实际方向的关系

(a) $U > 0$; (b) $U < 0$

与电流相似, 把大小和方向都不随时间变化的电压称为稳恒直流电压, 用 U 表示; 把大小和方向都随时间做周期性变化的电压称为交流电压, 用 u 表示。电压可用电压表来测量, 测量时应将电压表并联在被测电路中。



1.2.3 电位

在电工电子技术中，经常用到电位的概念。特别是在分析较复杂的电工电子电路时，运用电位的概念进行分析会显得较为方便。

定义：如果任选电路中一点 o 为参考点，那么电路中 a 点的电位 U_a 就等于电场力将单位正电荷从 a 点移到参考点 o 所做的功，即

$$U_a = \frac{W_{ao}}{Q}$$

式中 W_{ao} —— 电场力做的功，W；

Q —— 电荷量，C。

在电路分析中，参考点的电位通常设定为 0V ，所以参考点又叫零电位点。如果在电路任选一个参考点，并令它的电位为零，则电路中某一点的电位就应等于该点到参考点之间的电压。可见，电位实质上也是电压，只不过是相对参考点的电压。所以，电位的单位也是 V 。电路中任意两点间的电位之差称为两点的电位差，也就是电压，即

$$U_{ab} = U_a - U_b$$

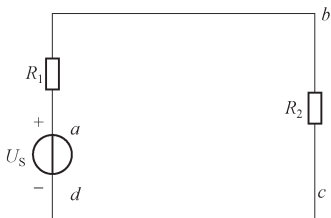


图 1-2-3 例 1-2-1 图

【例 1-2-1】如图 1-2-3 所示电路中， $U_s = 10\text{V}$ ， $R_1 = R_2 = 2\Omega$ ，求各点电位。

解：该电路中 c 点是零电位点，则有 $I = 2.5\text{A}$ ， $U_a = U_{ac} = 10\text{V}$ ， $U_b = U_{bc} = 5\text{V}$ ， $U_c = U_d = 0\text{V}$ 。

电位和电压的异同点是：电位是某点对参考点的电位差，电压是某两点间的电位差。因此，电位相同的各点间的电位差为 0 ，电流也为 0 ；电位是相对量，随参考点的改变而改变，而某两点间的电位差的绝对值不随参考点的改变而改变，所以电压是绝对量。

测量电路中某点电位的大小时，通常也采用电压表或万用表的电压挡。

1.2.4 电动势

电动势是衡量电源将非电能转换成电能本领的物理量。电动势的定义是：在电源内部，非静电力将单位正电荷从电源的负极移到电源正极所做的功，用符号 E 表示，即

$$E = \frac{W}{Q}$$

式中 W —— 非静电力做的功，W；

Q —— 电荷量，C。

可见，电动势的作用与水泵的作用非常相似。在水路中，水泵的作用是把水从低水位抽到高水位；而在电路中，电动势的作用是把正电荷从低电位搬到高电位。

电动势的单位和电压一样，也是 V 。

电动势的方向规定为：在电源内部，由负极指向正极，即由低电位指向高电位。

需要指出的是，对于一个实际的电源来说，它的内部既有电动势又有电压。例如，常用的电池就是一个电源，随着电池使用时间的延长，电池两端的电压将下降，当降低到一定的



数值时，电池就不能使用了。

电动势在电路中主要起提供电能的作用。要测量电源电动势的大小，通常也采用电压表或万用表的电压挡。

1.2.5 电能

电能是指在一定的时间 t 内负载所消耗的能量，用符号 W 表示，其国际单位制为焦 [耳] (J)，电能的计算公式为

$$W = P \cdot t = UI t$$

式中 P ——电功率，W；

t ——时间，s；

W ——电能，J。

在实际工程中，电能的单位常用千瓦·时 (kW·h)，也叫“度”。人们经常说的 1 度就是 1 千瓦·时。1 度 (电) = 1 kW·h = 3.6 × 10⁶ J。

【例 1-2-2】 有一电功率为 60 W 的电灯，每天使用它照明的时间为 4 h，如果平均每月按 30 d 计算，那么每月消耗的电能是多少度？

解： 该电灯平均每月工作时间 $t = 4 \times 30 = 120$ h，则

$$W = P \cdot t = 60 \times 120 = 7\,200 \text{ (W} \cdot \text{h)} = 7.2 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

即每月消耗的电能 7.2 度。

1.2.6 电功率

电功率 (简称功率) 所表示的物理意义是电路元件或设备在单位时间内吸收或发出的电能。两端电压为 U 、通过电流为 I 的任意二端元件 (可推广到一般二端网络) 的功率大小为

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

功率的国际单位为瓦 [特] (W)，常用的单位还有毫瓦 (mW)、千瓦 (kW)，它们与 W 的换算关系是

$$1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

一个电路最终的目的是电源将一定的电能传送给负载，负载将电能转换成工作所需要的一定形式的能量，即电路中存在发出功率的器件 (供能元件) 和吸收功率的器件 (耗能元件)。

习惯上，通常把耗能元件吸收的功率写成正数，把供能元件发出的功率写成负数，而储能元件 (如理想电容、电感元件) 既不吸收功率也不发出功率，即其功率 $P = 0$ 。

【例 1-2-2】 一只标有 “220 V，40 W” 的白炽灯，问它正常工作时的电流有多大？

解： 由题干可知计算式为

$$I = \frac{P}{U} = \frac{40}{220} = 0.18 \text{ (A)}$$