

21世纪高职高专系列规划教材

电工电子 技术基础

DIANGONGDIANZI
JISHUJICHU

主编 谷立新 齐俊平



西南师范大学出版社

责任编辑：李 俊
封面设计：辉煌时代

DIANGONGDIANZI
JISHUJICHU

ISBN 978-7-5621-4124-2



9 787562 141242 >

定价：28.00元

21世纪高职高专系列规划教材

电工电子技术基础

主 编 谷立新 齐俊平

副主编 董学义 王 涛 李瑛瑛 崔东风

参 编 张 玲 姜春丽 董会锦 王明升
齐德安 陈现臣

西南师范大学出版社

内容提要

本书的主要内容可分为两部分。理论教学包括：电路分析方法、电子技术、低压电器、仪器仪表、电机拖动、安全用电知识等。实践教学包括：实验技能训练，主要包含各章节教学的验证性基础实验；职业技能实训，紧紧结合“电子行业特殊工种”、“维修电工”等职业技能鉴定的要求，培养学生综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力，培养学生的创新思维和创新能力。

本书以培养应用型工程技术人才为目标，实用性强，适合高职教育的特点，在理论与实践相结合、职业技能培训、动手能力提高方面作了创新的探索，注重将理论讲授与实践训练相结合，理论讲授贯穿于应用中，实践中有理念、有方法，以基本技能和应用为主，易学易懂易上手。

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术基础/谷立新, 齐俊平主编. —重庆: 西南师范大学出版社, 2008. 8

(21世纪高职高专系列规划教材)

ISBN 978-7-5621-4124-2

I. 电… II. ①谷… ②齐… III. ①电工技术—高等学校: 技术学校—教材 ②电子技术—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第078432号

21世纪高职高专系列规划教材
电工电子技术基础

主 编: 谷立新 齐俊平

副 主 编: 董学义 王 涛 李瑛瑛 崔东风

策 划: 周安平 卢 旭

责任编辑: 李 俊

特约编辑: 杜颖华

封面设计: 辉煌时代

出版发行: 西南师范大学出版社

地址: 重庆市北碚区天生路1号

邮编: 400715 市场营销部电话: 023-68868624

网址: <http://www.xscbs.com>

经 销: 全国新华书店

印 刷: 四川外语学院印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 17

字 数: 414千

版 次: 2008年8月 第1版

印 次: 2008年8月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-5621-4124-2

定 价: 28.00元

编写说明

作为高等教育的重要组成部分,高等职业教育是以培养具有一定理论知识和较强实践能力,面向生产、面向服务和管理第一线职业岗位的实用型、技能型专门人才为目的的职业技术教育,是职业技术教育的高等阶段。目前,高等职业教育教学改革已经从专业建设、课程建设延伸到了教材建设层面。根据国家教育部关于要求发展高等职业技术教育,培养职业技术人才的大纲要求,我们组织编写了这套《21世纪高职高专系列规划教材》。本系列教材坚持以就业为导向,以能力为本位,以服务学生职业生涯发展为指导思想,以与专业建设、课程建设、人才培养模式同步配套作为编写原则。

从专业建设角度,相对于普通高等教育的“学科性专业”,高等职业教育属于“技术性专业”。技术性专业的知识往往由与高新技术工作相关联的那些学科中的有关知识所构成,这种知识必须具有职业技术岗位的有效性、综合性和发展性。本套教材不但追求学科上的完整性、系统性和逻辑性,而且突出知识的实用性、综合性,把职业岗位所需要的知识和实践能力的培养融会于教材之中。

从课程建设角度,现有的高等职业教育教材从教育内容上需要改变“重理论轻实践”、“重原理轻案例”,教学方法上则需要改变“重传授轻参与”、“重课堂轻现场”,考核评价上则需改变“重知识的记忆轻能力的掌握”、“重终结性的考试轻形成性考核”的倾向。针对这些情况,本套教材力求在整体教材内容体系以及具体教学方法指导、练习与思考等栏目中融入足够的实训内容,加强实践性教学环节,注重案例教学,注重能力的培养,使职业能力的培养贯穿于教学的全过程。同时,使公共基础类教材突出职业化,强调通用能力、关键能力的培养,以推动学生综合素质的提高。

从人才培养模式角度,高等职业教育人才的培养模式的主要形式是产学结合、工学交替。因此,本教材为了满足有学就有练、学完就能练、边学边练的实际要求,纳入新技术引用、生产案例介绍等来满足师生教学需要。同时,为了适应学生将来因为岗位或职业的变动而需要不断学习的情况,教材的编写注重采用新知识、新工艺、新方法、新标准,同时注重对学生创造能力和自我学习能力的培养,力争实现学生毕业与就业上岗的零距离。

为了更好地落实指导思想和编写原则,本套教材的编写者既有一定的教学经验、懂得教学规律,又有较强的实践技能。同时,我们还聘请生产一线的技术专家来审稿,保证教材的实用性、先进性、技术性。总之,该套教材是所有参与编写者辛勤劳作和不懈努力的成果,希望本套教材能为职业教育的提高和发展作出贡献。

这就是我们编写这套教材的初衷。

前 言

本书是以国务院《关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定》和教育部《关于高职高专教育基础课程教学基本要求》为依据编写的，体现了以培养技术应用型人才为根本任务，以基础知识、基本概念、基本定律为主的编写原则；并按照高职高专教育基础课程为专业课程服务的要求，以“必须”和“够用”为准则来选择和编写教材内容。

本书注重实用性、先进性、适用性、通用性，对典型电路进行分析时，不作繁杂的理论推导，只介绍工程估算方法，有时只给出定性的或定量的结论；在注重学生分析问题、解决问题能力培养的同时，尤其注重学生动手能力的培养；概念清楚、重点突出、语言通俗易懂，既注重实际应用，又具有较强的可读性；并与国家职业技能鉴定和电子行业特殊工种的“维修电工”、“无线电调试工”等职业技能鉴定高、中级工对电工电子技术的要求紧密相结合。本书对学生考取国家职业技能鉴定等级证书，与就业实现零距离尤为适用。

本书以培养应用型工程技术人才为目标，实用性强，适合高职教育的特点。学生经过本门课的系统学习、训练，毕业后将达到拿起笔来会设计，拿起工具能安装、调试，碰到问题会分析处理的要求。本教材在理论与实践相结合、职业技能培训、动手能力提升、培养应用型人才方面作了创新的探索，注重将理论讲授与实践训练相结合，理论讲授贯穿于应用中，实践中有理念、有方法，以基本技能和应用为主，易学易懂易上手；在内容安排上按照循序渐进的原则，在知识程度上由浅入深、由易到难。本门课的主要内容有：理论教学包括电工技术基础、模拟电子技术、数字电子技术，实践教学主要包含各章节教学的验证性基础实验和设计实验。

本书可作为高职高专理工科相关专业的基础课教材，参考学时为 108，标有“*”号的部分，是为学生深入学习而编入的，可不作为讲授学时内的必学内容。

本书由谷立新、齐俊平任主编，董学义、王涛、李瑛瑛、崔东风任副主编，张玲、姜春丽、董会锦、王明升、齐德安、陈现臣参加编写。

本书虽经作者协同努力，并且大部分章节在我们的教学过程中已使用多年，但由于我们水平有限，疏漏和不妥之处在所难免，真诚欢迎广大读者批评指正。

编 者

2008 年 3 月

目 录

模块一 电工技术基础

第一章 直流电路	3
第一节 电路和电路模型	3
第二节 电路的基本物理量及其参考方向	4
第三节 电功率和电能	7
第四节 电路的基本元件	8
第五节 基尔霍夫定律	14
第六节 电阻的串联与并联	16
第七节 两种实际电源模型的等效变换	19
第八节 支路电流法	22
第九节 戴维南定理	23
[复习思考题]	24
第二章 正弦交流电路	27
第一节 正弦量的基本概念	27
第二节 正弦量的相量表示法	30
第三节 单元件正弦交流电路特性	33
第四节 正弦交流电路的分析	39
第五节 谐 振	48
* 第六节 非正弦周期电流电路的概念	50
[复习思考题]	52
第三章 三相电路	54
第一节 三相电源	54
第二节 三相电源的连接	55
第三节 三相负载的连接	58
第四节 三相电路的功率	61
[复习思考题]	64
第四章 工厂供电与安全用电	66
第一节 发电、输电概述	66
第二节 工厂供电	68
第三节 安全用电	70
[复习思考题]	74

模块二 模拟电子技术

第五章 半导体器件	77
第一节 半导体的基础知识	77
第二节 半导体二极管	81
第三节 特殊二极管	84
第四节 半导体三极管	86
第五节 其他半导体器件	91
[复习思考题]	92
第六章 基本放大电路	94
第一节 基本放大电路的概述	94
第二节 放大电路的工作状态分析	96
第三节 多级放大电路	101
第四节 互补对称功率放大电路	104
[复习思考题]	107
第七章 集成运算放大器	109
第一节 集成运算放大器的概述	109
第二节 运算放大电路的反馈分析	111
第三节 集成运算放大器的应用	114
第四节 正弦波振荡电路	125
[复习思考题]	129
第八章 直流稳压电源	131
第一节 概 述	131
第二节 整流电路	131
第三节 滤波电路	134
第四节 稳压电路	136
第五节 开关稳压电源	141
[复习思考题]	143

模块三 数字电子技术

第九章 逻辑代数基础	147
第一节 数字电路概述	147
第二节 数制与码制	148
第三节 逻辑代数	151
第四节 逻辑函数	157
第五节 逻辑函数的卡诺图化简法	160
[复习思考题]	167
第十章 逻辑门电路	169
第一节 基本逻辑门电路	169

第二节 数字集成电路	172
第三节 集成逻辑门电路的应用	175
第四节 正负逻辑及逻辑符号	178
[复习思考题]	179
第十一章 组合逻辑电路	180
第一节 组合逻辑电路的分析与设计	180
第二节 集成组合逻辑电路	182
第三节 数据选择器	191
第四节 加法器	194
[复习思考题]	197
第十二章 时序逻辑电路	200
第一节 基本触发器	200
第二节 同步时序数字电路的分析	204
第三节 同步时序数字电路的设计	207
第四节 中规模同步加法计数器	210
[复习思考题]	215
第十三章 555 集成定时器	219
第一节 555 定时器的结构及其基本原理	219
第二节 555 定时器的应用	220
[复习思考题]	222
* 第十四章 数/模转换和模/数转换	223
第一节 数/模转换电路(DAC)	223
第二节 模/数转换电路(ADC)	227
第三节 数据采集系统简介	232
[复习思考题]	235
实 验	237
实验一 常用电工仪表的使用	237
实验二 基尔霍夫定律的验证	238
实验三 戴维南定理的验证	240
实验四 单相交流电路实验	242
实验五 单相交流电路功率因数的提高	243
实验六 星形与三角形电路的等效互换	245
实验七 基本放大电路的测试	247
实验八 集成运放的简单应用与测试	249
实验九 整流、滤波、稳压电路的安装测试	253
实验十 组合逻辑电路的设计与测试	257
实验十一 译码器和数据选择器	259
参考文献	261

模 块 一

电工技术基础

第一章 直流电路

本章主要介绍电路的基本概念（电路和电路模型，电路的基本物理量，电流、电压的参考方向及各电路元件特性）和电路的基本定律——基尔霍夫定律，在此基础上介绍直流电路的分析与计算方法。这些内容是进一步学习电路分析和电子技术的基础。

第一节 电路和电路模型

一、电路

电路是电流的流径，它是由一些电气设备和元器件按一定方式连接而成的。复杂的电路呈网状，又称网络。电路和网络这两个术语是通用的。

电路的组成方式不同，功能也不同。电路的一种作用是实现电能的传输和转换，各种电力系统就是典型实例；另一种作用是实现信号的处理，收音机、电视机的调谐回路和放大电路就是这类实例。电路中提供电能或信号的器件，称为电源；电路中吸收电能或输出信号的器件，称为负载；在电源和负载之间引导和控制电流的导线和开关等是传输控制器件。

图 1-1 (a) 所示的电路是手电筒的实际电路，它由干电池、灯泡、导线和开关组成。其中，干电池是电源，灯泡是负载，导线和开关是传输控制器件。

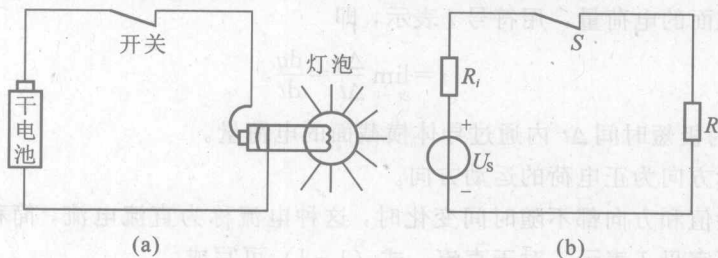


图 1-1 电路的组成

二、理想电路元件

由于实际电路元件的电磁关系比较复杂，为了便于对实际电路进行分析、计算，通常在一定条件下对实际器件加以理想化，只考虑其中起主要作用的某些电磁现象，忽略器件的次要现象，或将一些电磁现象分别表示。如图 1-1 (a) 所示，在电流的作用下，小灯泡不但发热消耗电能，而且在其周围会产生一定的磁场。由于产生的磁场较弱，因此可以

只考虑其消耗电能的性能而忽略其磁场效应。干电池不但对外部提供电能,而且其内部也有一定的电能损耗,可以将其提供电能的性能与内部电能损耗分别表示。对闭合的开关和导线,则只考虑导电性能而忽略其本身的电能损耗。

如上所述,在一定条件下,我们用足以反映其主要电磁性能的一些理想电路元件或它们的组合来模拟实际电路中的器件。理想电路元件是一种理想化的模型,简称电路元件。电阻元件是一种只表示消耗电能的元件;电感元件是表示其周围空间存在着磁场且可以储存磁场能量的元件;电容元件是表示其周围空间存在着电场且可以储存电场能量的元件。

我们常见的电路元件是一些所谓的集中参数元件,元件的特性由其端点上的电流和电压来确切表示。当构成电路的元件及电路本身的尺寸远小于电路工作时的电磁波的波长时,我们称这些元件为集中参数元件。由集中参数元件组成的电路称为集中参数电路。

上述这些电路元件通过引出端互相连接。具有两个引出端的元件,称为二端元件;具有两个以上引出端的元件,称为多端元件。

三、电路模型

实际电路可以用一个或若干个理想电路元件经理想导体连接起来模拟,这便构成了电路模型。图 1-1 (b) 是图 1-1 (a) 的电路模型。

此后所分析研究的电路都是指电路模型。理想化的电路模型也简称电路。

第二节 电路的基本物理量及其参考方向

一、电流及其参考方向

带电粒子(电子、离子等)的定向运动称为电流。电流的量值(大小)等于单位时间内穿过导体横截面的电荷量,用符号 i 表示,即

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中: Δq 为极短时间 Δt 内通过导体横截面的电荷量。

电流的实际方向为正电荷的运动方向。

当电流的量值和方向都不随时间变化时,这种电流称为直流电流,简称直流。直流电流常用英文大写字母 I 表示。对于直流,式 (1-1) 可写成

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-2)$$

量值和方向随着时间按周期性变化的电流,称为交流电流,常用英文小写字母 i 表示,单位是安(培),符号为 A。常用的电流单位有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A)等,它们之间的换算关系是

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

在分析复杂电路时,往往很难事先确定某一段电路中电流的实际方向,如在交变电路

中, 电流的实际方向在不断变化, 很难在电路中标明电流的实际方向。为此, 在分析与计算电路时, 常可任意规定某一方向作为电流的参考方向或正方向, 并用箭头表示在电路图上。若电流的实际方向与参考方向一致, 如图 1-2 (a) 所示, 则电流为正值; 若两者相反, 如图 1-2 (b) 所示, 则电流为负值。这样就可以利用电流的参考方向和正、负值来判断电流的实际方向。应当注意的是, 在未规定参考方向的情况下, 电流的正、负号是没有意义的。

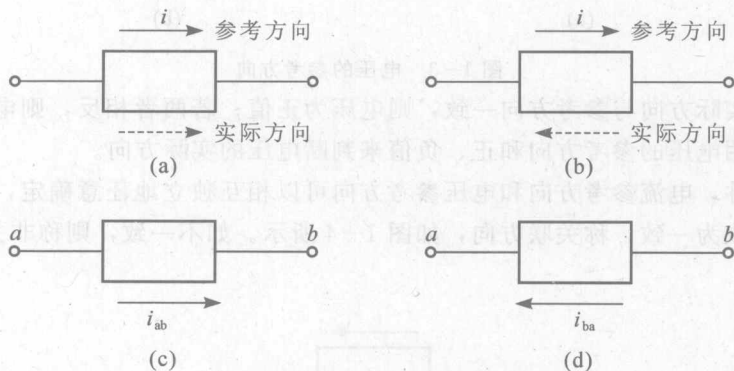


图 1-2 电流的参考方向

电流的参考方向可用箭头在电路图上表示, 还可用双下标表示, 如图 1-2 (c) 和 (d) 所示。

二、电压与电动势

1. 电压

电路中 A , B 两点间的电压定义为单位正电荷在电场力的作用下由 A 点移至 B 点电场力所做的功, 即

$$u_{AB} = \lim_{\Delta q \rightarrow 0} \frac{\Delta W_{AB}}{\Delta q} = \frac{dW_{AB}}{dq} \quad (1-3)$$

式中: Δq 为由 A 点移动到 B 点的电荷量, ΔW_{AB} 为移动过程中电场力所做的功。

量值和方向都不随时间变化的直流电压, 用大写字母 U 表示, 交流电压用小写字母 u 表示。对于直流, 式 (1-3) 可写成

$$U = \frac{W}{q} \quad (1-4)$$

电压的 SI 单位是伏 (特), 符号为 V 。常用的电压单位有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等。

电场力对正电荷做功的方向, 就是电位降低的方向, 故规定电压的实际方向是由高电位指向低电位。

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。通常用三种方式表示:

(1) 采用正 (+)、负 (-) 极性表示, 称为参考极性, 如图 1-3 (a) 所示。这时, 从正极性端指向负极性端的方向就是电压的参考方向。

(2) 采用实线箭头表示, 如图 1-3 (b) 所示。

(3) 采用双下标表示, 如 u_{AB} 表示电压的参考方向由 A 指向 B 。

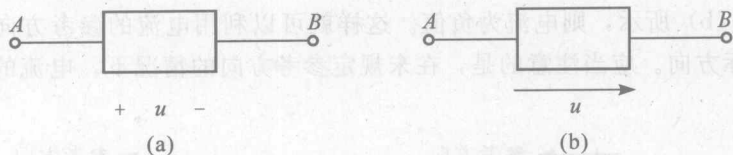


图 1-3 电压的参考方向

若电压的实际方向与参考方向一致, 则电压为正值; 若两者相反, 则电压为负值。这样, 就可以利用电压的参考方向和正、负值来判断电压的实际方向。

对一个元件, 电流参考方向和电压参考方向可以相互独立地任意确定, 但为了方便起见, 常常将其取为一致, 称关联方向, 如图 1-4 所示。如不一致, 则称非关联方向。

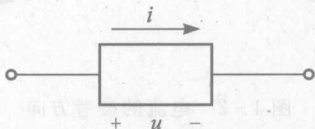


图 1-4 电流和电压的关联参考方向

2. 电动势

电动势是衡量电源内部非静电力做功本领的物理量, 它在数值上等于电源力把单位正电荷从电源的负极移到正极所做的功, 用公式表示为

$$e = \frac{dW}{dq} \quad (1-5)$$

电动势的单位与电压一样, 也为伏特 (V)。

电动势的实际方向与电压实际方向相反, 规定在电源内部由负极指向正极。

三、电位

分析电子电路时常用到电位这一物理量。在电路中任选一点作为参考点, 则某点的电位就是由该点到参考点的电压。也就是说, 如果参考点为 O , A 点的电位就是由该点到参考点 O 的电压。显然, 参考点本身的电位为零, 所以参考点又叫零电位点。 A 点的电位为

$$V_A = U_{AO}$$

电路中, A, B 两点间的电压等于 A, B 两点的电位差。如果已知 A, B 两点的电位各为 V_A, V_B , 则此两点间的电压

$$U_{AB} = U_{AO} + U_{OB} = U_{AO} - U_{BO} = V_A - V_B \quad (1-6)$$

即两点间的电压等于这两点的电位差, 所以电压又叫电位差。

参考点不同, 同一点电位不同, 但电压与参考点的选择无关。电子电路中常选各有关部分的公共线作为参考点, 常用符号 “ $\perp$ ” 表示。

第三节 电功率和电能

一、电功率

电功率是电路分析中常用到的一个物理量。传递转换电能的速率叫电功率，简称功率，用 p 或 P 表示。习惯上，把发出或接受电能说成发出或接受功率。

因为

$$i = \frac{dq}{dt}, u = \frac{dW}{dq}$$

所以

$$p = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = ui \quad (1-7)$$

如果电流、电压选用关联参考方向，则所得的 p 应看成支路接受的功率。即计算所得功率为正值时，表示支路实际接受功率；计算所得功率为负值时，表示支路实际发出功率。

如果电流、电压选择非关联参考方向， p 应看成支路发出的功率。即计算所得功率为正值时，表示支路实际发出功率；计算所得功率为负值时，表示支路接受功率。

在直流情况下

$$P = UI \quad (1-8)$$

功率的单位为瓦特，简称瓦，符号为 W，常用的有千瓦 (kW)、兆瓦 (MW) 和毫瓦 (mW) 等。它们之间的换算关系是

$$1 \text{ W} = 10^{-3} \text{ kW} = 10^{-6} \text{ MW} = 10^3 \text{ mW}$$

二、电能

电能是衡量用电多少的物理量。从 t_0 到 t 时间内，电路吸收（消耗）的电能为

$$W = \int_{t_0}^t p dt \quad (1-9)$$

直流时，有

$$W = P(t - t_0)$$

若 $t_0 = 0$ ，则上式为

$$W = UI t \quad (1-10)$$

电能的 SI 单位是焦（耳），符号为 J。在实际生活中，还采用千瓦小时 (kW·h) 作为电能的单位，简称度。

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

能量转换与守恒定律是自然界的基本规律之一，电路也遵守这一规律。一个电路中，每一瞬接受电能的各元件功率的总和等于所有发出电能的各元件功率的总和；或者说，各元件接受的功率的代数和为零。这个结论叫做电路的功率平衡。

例 1-1 图 1-5 所示为直流电路， $U_1 = 4 \text{ V}$ ， $U_2 = -8 \text{ V}$ ， $U_3 = 6 \text{ V}$ ， $I = 4 \text{ A}$ ，求各元