



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

电路与电工技术

主 编 蔡永强

副主编 幸 敏 石 巍 罗振瑛

主 审 宁爱民



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

电路与电工技术

主 编 蔡永强

副主编 幸 敏 石 巍 罗振瑛

主 审 宁爱民



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书按照高职高专教育的培养目标和特点,结合高等职业院校教学改革和创新,根据电子类、自动化类、计算机类、通信类专业群对电路基础知识和技能的需求,借鉴了国内部分高等院校的有关教材,在编者多年教学与实践经验的基础上,以项目课程为主体,以基本概念、基本知识和基本分析计算方法为主线进行模块化课程设计,本着突出实用性、实践性的原则编写而成,目的是使学生掌握必要的基本理论知识,并使学生分析问题、解决问题的能力得到培养和提高。

本书主要内容包括手电筒电路的安装与测算,设计可调亮度手电筒,复杂直流电路的分析,设计、安装与分析家庭用电线路和安全用电及触电急救5个项目,通过任务的方式介绍了电路的基本概念、串并联简单直流电路分析与计算、复杂直流电路分析与计算、交流电路的基本概念、低压用电线路设计与安装等内容。本书内容适量、实用,叙述简单,便于理解。计算分析过程思路清晰、步骤详细、结果正确,并配有针对性较强的项目考核习题。

本书可作为高职高专电子、通信、计算机、机电、电气自动化类专业的教材,也可供工程技术人员和自学者参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路与电工技术 / 蔡永强主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2015.1

国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

ISBN 978-7-5170-2903-8

I. ①电… II. ①蔡… III. ①电路—高等职业教育—教材②电工技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第020908号

书 名	国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材 电路与电工技术
作 者	主编 蔡永强 副主编 幸敏 石巍 罗振瑛 主审 宁爱民
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 5.5印张 130千字
版 次	2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	15.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

电路与电工技术是高职高专电子信息类、机电类、通信类等相关专业的一门专业基础课程。课程的研究内容包括电路的基本概念、基本定律和电路分析方法,正弦交流电路基本概念及其分析方法,常用低压电器和电工常用仪表的使用等。

由于课程不但要求掌握和理解电路的基本概念和定律,还要求能够灵活应用电路的基本分析方法,因此,高职高专的学生大多反映本课程比较难学。而本课程又是许多电子、电路类后续课程的基础,基础不扎实,将直接影响后续课程的学习,因此电路与电工技术课程是高职高专电类专业教学改革的重点之一。

《教育部关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》(教高〔2000〕2号文件)中指出:高职高专教育人才培养模式的基本特征是以培养高等技术应用性专门人才为根本任务、以适应社会需要为目标、以培养技术应用能力为主线设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案,毕业生应具有基础理论知识适度、技术应用能力强、知识面较宽、素质高等特点。教高〔2000〕2号文中还指出:教学内容要突出基础理论知识的应用和实践能力培养,基础理论教学要以应用为目的,以必需、够用为度;专业课教学要加强针对性和实用性。

《国务院关于加快发展现代职业教育的决定》(国发〔2014〕19号文件)也指出:推进人才培养模式创新。坚持校企合作、工学结合,强化教学、学习、实训相融合的教育教学活动。推行项目教学、案例教学、工作过程导向教学等教学模式。

《电路与电工技术》是在国家骨干高职院校建设项目背景下,应用高职高专教学改革理论及相关文件精神,结合教学实际而编写的教学用书。

本教材根据课程的特点,基础理论知识与应用性、实践性并重,重组课程结构,对课程内容进行项目化改造。同时,还注重人文社会科学与技术教育相结合,对教学方法、教学手段进行改革。本教材的目标是既要让专业学生拥有适度的基础理论知识,使学生能有更好的可持续发展潜力,又要让学

生具备较强的职业岗位技能。同时教材编写时还考虑到高职高专学生的实际基础，把理论融入项目案例中，通过生动的任务去激发学生的学习兴趣，让学生愿意学、学得懂、懂得用。

本教材由广西水利电力职业技术学院蔡永强主编，他负责全书的组织策划、修改补充和定稿工作，并编写了项目4。广西水利电力职业技术学院幸敏、石巍、罗振瑛担任副主编，石巍主要负责编写项目1，幸敏主要负责编写项目3，罗振瑛主要负责编写项目2和项目5。梧州职业学院的易明、董艳辉也参与了教材的编写。广西水利电力职业技术学院宁爱民教授审阅了全书并提出了宝贵的意见和建议，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2014年5月

目 录

前言

项目 1 手电筒电路的安装与测算	1
任务 1.1 安装手电筒电路	1
1.1.1 安装手电筒电路	1
1.1.2 画出手电筒的电路模型	1
任务 1.2 常用电路测量仪器的使用	4
1.2.1 电路的主要物理量	4
1.2.2 常用电路测量仪器的使用	8
任务 1.3 手电筒电路的测算	11
1.3.1 测量电源和元件端电压	11
1.3.2 测量电路电流	12
1.3.3 计算电路电阻	12
◎项目小结	13
◎项目考核	13
项目 2 设计可调亮度手电筒	14
任务 2.1 固定分压式可调亮度手电筒的设计	14
2.1.1 电阻的串联	14
2.1.2 固定分压式可调亮度手电筒的设计	16
任务 2.2 固定分流式可调亮度手电筒的设计	17
2.2.1 电阻的并联	17
2.2.2 固定分流式可调亮度手电筒的设计	19
◎项目小结	20
◎项目考核	20
项目 3 复杂直流电路的分析	23
任务 3.1 基尔霍夫定律的应用	23
3.1.1 几个常用的电路名词	24
3.1.2 基尔霍夫电流定律 (KCL)	24
3.1.3 基尔霍夫电压定律 (KVL)	26
3.1.4 验证基尔霍夫定律	27
任务 3.2 支路电流法的应用	29
3.2.1 支路电流法	29

3.2.2 支路电流法的应用	29
3.2.3 验证支路电流法	31
任务 3.3 叠加定理的应用	31
3.3.1 叠加定理	31
3.3.2 叠加定理的应用	32
3.3.3 验证叠加定理	33
任务 3.4 戴维南定理的应用	34
3.4.1 戴维南定理	35
3.4.2 验证戴维南定理	36
◎项目小结	38
◎项目考核	38
项目 4 设计、安装与分析家庭用电线路	41
任务 4.1 认识正弦交流电路	41
4.1.1 认识交流电	41
4.1.2 了解交流电路中的负载	45
任务 4.2 分析、计算单相正弦交流电路	48
4.2.1 交流电路基本定律	49
4.2.2 分析、计算单相正弦交流电串联电路	50
4.2.3 分析、计算单相正弦交流电并联电路	53
任务 4.3 常用电工工具及电路器件	54
4.3.1 常用电工工具	54
4.3.2 常用家庭用电路器件	56
任务 4.4 设计与安装家庭用电线路	60
4.4.1 设计家庭用电线路	60
4.4.2 安装家庭用电线路	63
◎项目小结	63
◎项目考核	64
项目 5 安全用电及触电急救	66
任务 5.1 电能的产生、输送和分配	66
5.1.1 电能的产生	67
5.1.2 电能的输送与分配	68
任务 5.2 安全用电常识	69
5.2.1 电流对人体的危害	69
5.2.2 人体触电形式	69
5.2.3 电流伤害人体的因素	71
5.2.4 安全用电常识	71
任务 5.3 触电急救常识	72

5.3.1 触电后的人体特征 72

5.3.2 触电急救 73

任务 5.4 节约用电常识 76

5.4.1 我国节约用电管理规定 77

5.4.2 家庭节约用电措施 78

◎项目小结 78

◎项目考核 79

参考文献 80

项目 1 手电筒电路的安装与测算

项目内容

- 电路模型和电路中的物理量。
- 电路中常用元器件的识别。
- 理想电源和受控源。
- 电压表、电流表和万用表的使用方法。

知识目标

- 了解电路的组成、电路模型的概念。
- 理解电路中物理量的意义，电流、电压的正方向和参考方向的概念。

能力目标

- 能分析实际的直流电路。
- 能正确地连接电路。
- 能正确使用仪器仪表检测电路元件，测量电路基本参数。

任务 1.1 安 装 手 电 筒 电 路

任务描述

• 电能人们的生活实践、生产实践及其他各类活动中无处不在，电路是传输或转换电能不可或缺的载体。本任务学习电路的组成及作用、理想电路元件及电路模型。

任务目标

- 了解电路的组成和电路模型的概念。

1.1.1 安装手电筒电路

图 1.1 是一个最简单的手电筒电路，它由两节干电池、一个小灯泡、一个开关和若干段导线组成。根据图 1.1 所示，完成手电筒电路的安装。

由图 1.1 可以看出，手电筒的实体电路较为复杂。

试想：能否对电路中的实际元件进行处理，使电路变得清晰明了。

1.1.2 画出手电筒的电路模型

1.1.2.1 常见理想电路元件的电路模型

人们设计和制作各种电路部件，是为了

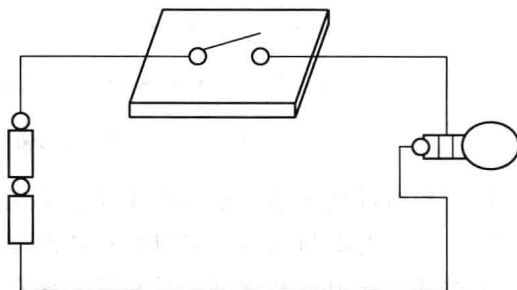


图 1.1 手电筒电路



利用它们的主要电磁特性满足人们的需要。例如，制作一个滑线变阻器，主要是利用它对电流呈现阻力的特性；制作一个电压源，主要是利用其能在正负极间保持一定电压的特性。但实际上滑线变阻器不仅对电流呈现阻力的同时，电流通过它时还会在其周围产生磁场；实际的电压源也总是存在内阻的，因此使用时不可能保持恒定的端电压。因此，在对实际电路进行分析和计算时，如果要将实际电路部件的全部电磁特性都加以考虑，问题势必复杂化，造成分析和计算上的困难。

为了便于对实际电路进行分析和计算，在电路理论中，通常在工程允许的条件下对实际电路进行模型化处理。例如电阻器、灯泡、电炉等，它们在工频电路中接受电能并将电能转换成光能或热能被人们利用，光能和热能显然不可能再回到电路中转换成电能，因此把这种能量转换过程不可逆的电磁特性称为耗能。这些电气设备除了具有耗能的电磁特性外，还有其他一些电磁特性，但在研究和分析问题时，即使忽略其他电磁特性，也不会影响整个电路的分析和计算。因此，就可以用一个只具有耗能电磁特性的“电阻元件”作为它们的电路模型。

实际工程中的电感线圈，通常是在一个骨架上用漆包线绕制而成的。在直流电路中，电感线圈表现的主要电磁特性是耗能，储存的磁能和储存的电能与耗能的因素相比可以忽略，因此直流下可用一个“电阻元件”来作为这个实际电感器的电路模型；电感线圈在工频电路中，主要电磁特性不仅有耗能的因素，还具有储存磁能的重要因素，这时可用一个理想化的“电阻元件”和一个只具有储存磁能性质的“电感元件”相串联作为它的电路模型；同一个电感线圈若应用在较高频率的电路时，不仅要考虑上述两种因素，同时还要考虑导体表面的电容效应，因此其电路模型又应是“电阻元件”和“电感元件”相串联后再与一个只具有储存电能性质的“电容元件”相并联的组合。

由此可见，同一电路实体部件，其电磁特性是复杂和多元的，并且在不同的外部条件下，它们呈现的电磁特性也各不相同。

为了便于问题的分析和计算，在电路基础中，通常忽略其次要因素，抓住足以反映其功能的主要电磁特性，抽象出实际电路器件的“电路模型”。这种模型化处理方法是电路分析中简化分析和计算的行之有效的方法。

实际电路元件的“电路模型”分为有源和无源两大类，如图 1.2 所示。

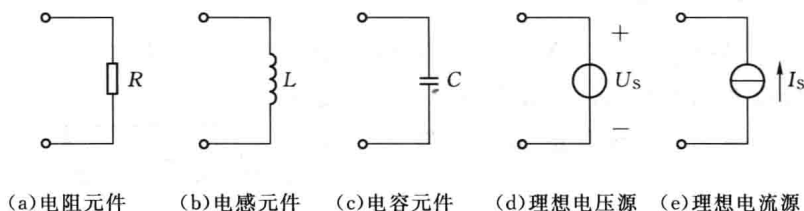


图 1.2 无源和有源的理想电路元件的电路模型

由于用电设备上的电磁特性无非就是耗能、储存磁场能和储存电场能三种，因此可抽象出图 1.2 中的电阻元件（只具有耗能的电磁特性）、电感元件（只具有建立储存磁场能的电磁特性）和电容元件（只具有建立储存电场能的电磁特性）。通常把电阻、电感、电容这三个无源二端理想化元件称为电路的三大基本元件，简称为电路元件。电路元件是实



际电路元件的理想抽象，其电磁特性单一而确切。

图1.2中的有源二端元件，其中的“源”是指它们能向电路提供电能。如果电源的主要供电方式是向电路提供一定的电压，就是电压源；若主要供电方式是向电路提供一定的电流，就称为电流源。

对实际元件的模型化处理，使得不同的实体电路部件，只要具有相同的电磁性能，在一定条件下就可以用同一个电路模型来表示，显然降低了实际电路的绘图难度。而且，同一个实体电路部件，处在不同的应用条件和环境下，其电路模型可具有不同的形式。有的模型比较简单，仅由一种元件构成；有的则比较复杂，可由几种理想元件的不同组合构成。显然，实际电路元件的理想化处理，给分析和计算电路也带来了极大的方便。

1.1.2.2 手电筒的电路模型

图1.3所示是手电筒的电路模型。

由图1.3可以看出，手电筒的实体电路较为复杂，而电路模型显然清晰明了。

1.1.2.3 电路组成及工作状态

电流通过的路径称为电路。实际电路通常由各种电路实体部件（如电源、电阻器、电感线圈、电容器、变压器、仪表、二极管和三极管等）组成。每一种电路实体部件具有各自不同的电磁特性和功能，人们按照实际需要，把相关电路实体部件按一定方式进行组合，就构成了一个个电路。如果某个电路元件数很多且电路结构较为复杂，通常又把这些电路称为电网络。

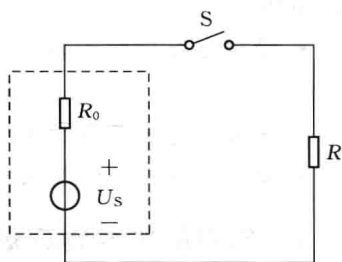


图1.3 手电筒电路模型

手电筒电路、单个照明灯电路是实际应用中较为简单的电路，而电动机电路、雷达导航设备电路、计算机电路、电视机电路则是较为复杂的电路。但不管电路结构是简单还是复杂，其基本组成部分都离不开三个基本环节：电源、负载和连接元件。

1. 电源

电源是向电路提供电能的装置，它可以将其他形式的能量，如化学能、热能、机械能、原子能等转换为电能。在电路中，电源是激励，是激发和产生电流的因素。

2. 负载

负载就是通常人们熟悉的各种电器，是电路中接收电能的装置。在电路中，负载是响应，通过负载，把从电源接收到的电能转换为人们需要的能量形式，如电灯把电能转变成光能和热能，电动机把电能转换为机械能，蓄电池把电能转换为化学能等。

3. 连接元件

电源和负载连通离不开传输导线，电路的通、断离不开控制开关，实际电路为了长期安全工作还需要一些保护设备（如熔断器、热继电器、空气开关等），它们在电路中起着传输和分配能量、控制和保护电气设备的作用。

4. 电路的工作状态

根据电源与负载之间连接方式的不同，电路有通路、开路和短路三种不同的工作状态。



通路,即能构成电流的流通,形成闭合回路的电路;其中有一部分电路断开,该电路上没有电流,称为开路;如果电流经过的支路中没有负载,或者将电源两极直接用导线连接起来而形成的闭合回路,称为短路。

任务 1.2 常用电路测量仪器的使用

任务描述

• 电路中的主要物理量包括电流、电压、电位等,随着电路中电源大小和方向不同,直流电路中的电压、电流大小和方向会发生变化。实际电源包括电压源和电流源两种,要正确使用必须了解其外部特性。本任务学习直流电路中电压、电流、电位、理想电源的概念;电压、电流的参考方向和实际方向以及常用电路测量仪器的使用方法。

任务目标

- 理解电路中的物理量的意义,电流、电压的正方向和参考方向的概念及其关系,掌握电路中电位的概念和测量。
- 掌握理想电源和受控源的概念和在电路分析中的使用方法。
- 掌握常用电路测量仪器的使用方法。

1.2.1 电路的主要物理量

1.2.1.1 电流

1. 电流的定义

电荷有规则的定向移动形成电流。在稳恒直流电路中,电流的大小和方向不随时间变化;在正弦交流电路中,电流的大小和电荷移动的方向按正弦规律变化。

在金属导体内部,自由电子可以在原子间做无规则的运动;在电解液中,正负离子可以在溶液中自由运动。如果在金属导体或电解液两端加上电压,在金属导体内部或电解液中就会形成电场,自由电子或正负离子就会在电场力的作用下,做定向移动从而形成电流。

电流的大小是用单位时间内通过导体横截面的电量进行衡量的,称为电流强度,即

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

稳恒直流电路中,电流的大小及方向都不随时间变化时,其电流强度可表示为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1.2)$$

注意:在电路理论中,一般把变量用小写的英文字母来表示,而把恒量用大写的英文字母来表示。如式(1.1)中的电流和电量都是用小写英文字母,而式(1.2)中则用大写。

在电学中,电路中的电流强度简称电流,电流是电路中的主要电量,用电器上通过电流,就是它们吸收电能并把电能转换成其他形式的能量为人们利用的实例。

2. 电流的单位

在式(1.1)和式(1.2)中,当电量 $q(Q)$ 采用国际单位制单位库伦(C)、时间 t 采



用国际单位制单位秒 (s) 时, 电流 i (I) 就应采用国际单位制单位安培 (A)。

电流还有较小的单位毫安 (mA)、微安 (μA) 和纳安 (nA), 它们之间的换算关系为

$$1\text{A}=10^3\text{mA}=10^6\mu\text{A}=10^9\text{nA}$$

3. 电流的方向

物理学习习惯上规定正电荷移动的方向作为电流的正方向, 这一习惯规定同样适用于电路。电路中, 电流的大小用来定量地反映电流的强弱, 电流的方向则是用方程式中电流前面的“+”、“-”号来表示。

1.2.1.2 电压

1. 电压的定义

电压就是将单位正电荷从电路中一点移至电路中另一点电场力所做的功, 用数学式可表示为

$$U_{ab} = \frac{W_a - W_b}{q} \quad (1.3)$$

式中: U_{ab} 为电压。

由欧姆定律可知, 如果把一个电压加在电阻两端, 电阻中就会有电流通过。实际电路中的情况也是如此。当在负载两端加上一个电压时, 负载中同样会有电流通过, 而电流通过负载时必定会在负载两端产生电压降, 即发生能量转换的过程。可见, 电压是电路中产生电流的根本原因。

2. 电压的单位

当电功的单位用焦耳 (J)、电量的单位用库伦 (C) 时, 电压的单位是伏特 (V)。电压的单位还有千伏 (kV) 和毫伏 (mV), 各种单位之间的换算关系为

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

3. 电压的方向

电压在电路分析中也存在方向问题。一般规定电压的正方向是由高电位“+”指向低电位“-”, 因此通常也把电压称为电压降。

4. 电位

电路中各点位置上所具有的势能称为电位。空间各点位置的高度都是相对于海平面或某个参考高度而言的, 没有参考高度讲空间各点的高度无意义。同样, 电路中的电位也具有相对性, 只有先明确了电路的参考点, 再讨论电路中各点的电位才有意义。电路理论中规定: 电位参考点的电位取零值, 其他各点的电位值均要和参考点相比, 高于参考点的电位是正电位, 低于参考点的电位是负电位。

理论上, 参考点的选取是任意的。但实际应用中, 由于大地的电位比较稳定, 所以经常以大地作为电路参考点。有些设备和仪器的底盘、机壳往往需要与接地极相连, 这时也常选取与接地极相连的底盘或机壳作为电路参考点。电子技术中的大多数设备, 很多元件常常汇集到一个公共点, 为方便分析和研究, 也常常把电子设备中的公共连接点作为电路的参考点。

电位的高低正负都是相对于参考点而言的。当电路参考点确定之后, 电路中各点的电



位数值就是唯一的、确定的了。电路中某点电位的数值，实际上等于该点到参考点之间的电压。因此，在电子技术中检测电路时，常常选取某一公共点作为参考点，用电压表的负极表笔与该点相接触，而正极表笔只需点其他各点来测量它们的电位是否正常，即可查找出故障点。

电位与电压的定义式的形式相同，因此它们的单位相同，也是伏特（V）。所不同的是，电位特指电场力把单位正电荷从电场中的一点移到参考点所做的功。为了区别于电压，在电学中把电位用单注脚的“V”表示，电压和电位的关系为

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1.4)$$

即电路中任意两点间电压，在数值上等于这两点电位之差。由式（1.4）也可以看出，电压是绝对的量，电路中任意两点间的电压大小，仅取决于这两点电位的差值，与参考点无关。

1.2.1.3 电流与电压的参考方向

比较简单的直流电路，电流、电压的实际方向很容易看出来，可是对于复杂的直流电路，有时电路中电流（或电压）的实际方向很难预先判断出来；在交流电路中，由于电流（或电压）的实际方向在不断地变化，所以也无法在电路图中正确标出电流（或电压）某一瞬间的实际方向。

电路分析的任务是已知电路中的元件参数和“激励”（电源），去寻求电路中的“响应”（电压和电流），从而得到不同电路激励所对应的不同“响应”的规律。“寻求规律”是要有依据的，这个依据就是对电路列写方程式或方程组。在电路图上标出电压、电流的参考方向，就是为电路方程式中的各电量提供正、负依据，在这些参考方向下方可列写出相应的电路方程，进而求得“响应”（待求电压、电流）的结果。

在分析和计算电路的过程中，参考方向是人为假定的分析依据。但参考方向一经确定，整个分析过程中就不能再随意更改。为了避免麻烦，在假设元件是负载时，一般把元件两端电压的参考方向与通过元件中的电流的参考方向选成一致（说明负载通过电流时要进行能量转换，其结果使电流流出端电位降低），如图 1.4（a）所示。这种参考方向称为关联方向。当假设元件是电源时，参考方向一般选为非关联方向，如图 1.4（b）所示。

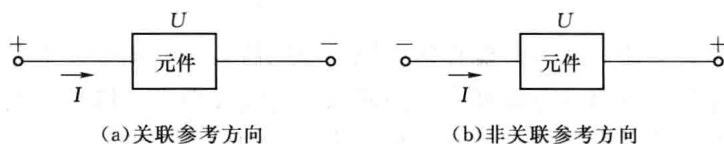


图 1.4 电压、电流参考方向

在运用参考方向时有两个问题要注意：

（1）参考方向是列写方程式的需要，是待求值的假定方向而不是待求值的真实方向，所以不必去追求它的物理实质是否合理。

（2）在分析、计算电路的过程中，出现“正、负”，“加、减”及“相同、相反”这几个概念时，切不可把它们混为一谈。

分析和计算电路的最后结果，当某一所求电压或电流得正值，说明它在电路图上的参



考方向与实际方向相同；若某一所求电压或电流得负值，则说明它在电路图上所标定的参考方向与该电量的实际方向相反。

1.2.1.4 理想电源

1. 理想电压源

实际电路设备中所用的电源，多数需要输出较为稳定的电压，即设备对电源电压的要求是，当负载电流改变时，电源所输出的电压值尽量保持或接近不变。但实际电源总是存在内阻的，因此当负载增大时，电源的端电压总会有所下降。为了使设备能够稳定运行，工程应用中，希望电源的内阻越小越好，当电源内阻等于零时，就成为理想电压源。

理想电压源具有以下两个显著特点：

(1) 它对外输出的电压 U_s 是恒定值（或是一定的时间函数），与流过它的电流无关，即与接入电路的方式无关。

(2) 流过理想电压源的电流由它本身与外电路共同来决定，即与它相连接的外电路有关。

理想电压源的外特性如图 1.5 所示。

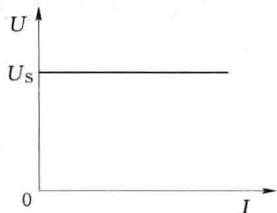


图 1.5 理想电压源的外特性

2. 理想电流源

实际电路设备中所用的电源，并不是在所有情况下都要求电源的内阻越小越好。在某些特殊场合下，有时要求电源具有很大的内阻，因为高内阻的电源能够有一个比较稳定的电流输出。

例如，一个 60V 的蓄电池串联一个 60kΩ 的大电阻，就构成了一个最简单的高内阻电源。这个电源如果向一个低阻负载供电，基本上就可具有恒定的电流输出。譬如低阻负载在 1~10Ω 变化时，这个高内阻电源供出的电流为

$$I = \frac{60}{60000 + R} \approx 1\text{mA}$$

电流基本维持在 1mA 不变。这是因为只有几欧姆或十几欧姆的负载电阻，与几万欧姆的电源内阻相加时是可以忽略不计的。很显然，在这种情况下，电源的内阻越高，此电源输出的电流就越稳定。当电源内阻为无限大时，输出的电流就是恒定值，这时称它为理想电流源。

理想电流源也具有以下两个显著特点：

(1) 它对外输出的电流 I_s 是恒定值（或是一定的时间函数），与它两端的电压无关，即与接入电路的方式无关。

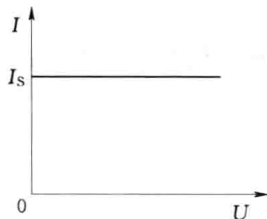


图 1.6 理想电流源的外特性

(2) 加在理想电流源两端的电压由它本身与外电路共同来决定，即与它相连接的外电路有关。

理想电流源的外特性如图 1.6 所示。

3. 受控源

以上介绍的有源理想电路元件电压源和电流源，它们的电压值或电流值与电路中的其他电压或电流无关，由其自身来决定，因此称为独立源。在电路理论中还有一种有源理想电路元件，这种有源电路元件上的电压或电流不像独立源那样由自身决定，而



是受电路中某部分的电压或电流的控制，因而称为受控源。

受控源实际上是晶体管、场效应管、电子管等电压或电流控件的电路模型。当整个电路中没有独立电源存在时，它们仅仅是一个无源元件，若电路中有电源为它们提供能量时，它们又可以按照控制量的大小为后面的电路提供不同类型的电能，因此受控源实际上具有双重身份。

受控源可受电流控制（如晶体管），也可受电压控制（如场效应管），受控源为负载提供能量的形式也分为恒压和恒流两种，因此能组合成四种类型：电压控制的电压源（VCVS）、电压控制的电流源（VCCS）、电流控制的电压源（CCVS）和电流控制的电流源（CCCS）。为区别于独立源，受控源的图形符号采用菱形，四种形式的电路图符号如图 1.7 所示。

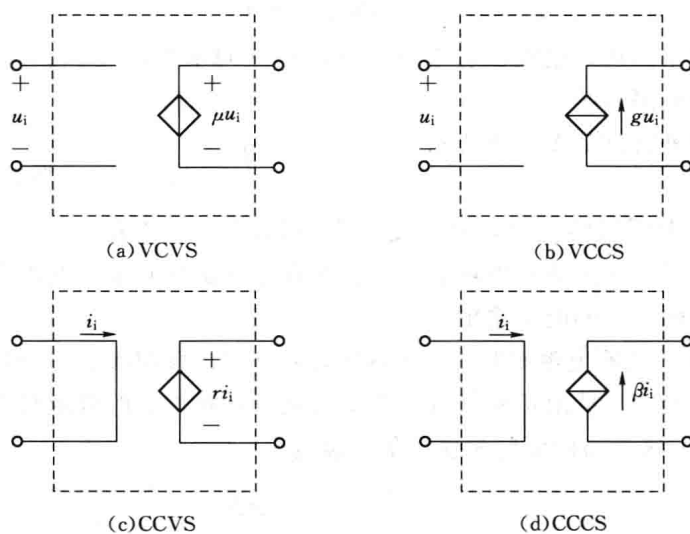


图 1.7 四种理想受控源电路图

图 1.7 中受控源的系数 μ 和 β 无量纲， g 的单位是西门子 (S)， r 的单位是欧姆 (Ω)。

必须指出的是，独立源与受控源在电路中的作用完全不同。独立源在电路中起“激励”作用，有了这种“激励”作用，电路中才能产生响应（即电流和电压）；而受控源则是受电路中其他电压或电流的控制，当这些控制量为零时，受控源的电压或电流也随之为零，因此受控源实际上反映了电路中某处的电压或电流能控制另一处的电压或电流这一现象。

在电路分析中，受控源的处理与独立源并无原则上的不同，只是要注意在对电路进行简化时，不能随意把含有控制量的支路消除掉。

1.2.2 常用电路测量仪器的使用

1.2.2.1 直流稳压电源

双路直流稳压电源是用来提供可调直流电压的电源设备。在电网电压或负载变化时，能保持其输出电压基本稳定不变。直流稳压电源的内阻非常小，在其工作范围内，直流稳



压电源的伏安特性十分接近于理想电压源。

图 1.8 所示为双路直流稳压电源的外形。双路直流稳压源的型号众多, 面板布置也有差异, 但它们的使用方法相差不多。



图 1.8 双路直流稳压电源外形

双路直流稳压电源后面的插头与 220V 交流电源插座相连, 使其正常工作。稳压电源有额定电流和额定电压不等的若干路输出, 每一路都由粗调旋钮控制。稳压电源面板上装有电压表 (电流表), 作为电压源使用还是作为电流表使用, 均由转换开关确定。稳压电源的输出电压一般是分挡连接调节的。粗调旋钮决定输出电压的挡位或范围, 而输出电压究竟取该范围中的哪个值, 则由细调旋钮来调节。例如取直流电压为 6V 时, 则粗调旋钮置于 “0V” 挡, 通过细调旋钮可将输出电压调在 0~10V; 取直流电压为 15V 时, 则粗调旋钮置于 “10V” 挡, 通过细调旋钮可将输出电压调在 10~20V; 取直流电压为 25V 时, 则粗调旋钮置于 “20V” 挡, 通过细调旋钮可将输出电压调在 20~30V。面板上的输出端旋钮有电源正、负端子和接地端子之分。电路不需要接地时, 接地端子可空着。两个红色旋钮分别为两路直流电源的正极输出端子, 两个黑色旋钮分别为两路直流电源的负极输出端子。

1.2.2.2 电压表

电压表也称伏特表, 用于测量电路中的电压。按其工作原理不同, 可分为磁电式、电磁式和电动式三种; 按被测电压的种类, 可分为直流和交流两种; 按其结构型式, 可分为便携式和开关板式等。

在使用电压表前, 必须正确选择其量程与精度等级。量程的选择应遵循 “由大到小, 以指针居中或偏右为准” 的原则。如需扩大量程, 直流电压表可串联分压电阻, 交流电压表可采取加接电压互感器的方法。

在进行电压测量时应注意以下几点:

- (1) 应该明确电压的性质, 选择对应的交流或直流电压表进行测量。
- (2) 电压表应与被测电路并联。
- (3) 测量直流电压时, 必须注意其极性。

1.2.2.3 电流表

电流表也称安培表, 用于测量电路中的电流。其分类、结构等与电压表相似。

在使用电流表前, 同样必须正确选择其量程与精度等级。量程的选择原则与电压表相同。所不同的是, 如需扩大量程, 直流电流表可并联分流电阻, 交流电流表可采取加接电流互感器的方法。

在进行电流测量时应注意以下几点:

- (1) 应该明确电流的性质, 选择对应的交流或直流电流表进行测量。
- (2) 电流表必须与被测电路串联 (一般要先将电路断开, 然后将电流表串入电路中), 切不可与被测电路并联。
- (3) 测量直流电流时, 必须注意正、负极性。