



中高职衔接系列教材

电工基础

主编 雷红梅 施华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中高职衔接系列教材

电工基础

主编 雷红梅 施华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本教材以现行工程实践中使用的电工技术需求基础理论为主,以典型电路工作状态分析为载体,按照“任务引领,行动导向”的职业教育教学理念,将电工专业基础理论与电路工作过程状态有机融合,让学习者在完成典型的工作任务的过程中,掌握电工理论基础和电工基本技能。全教材分电路理论基础、电路分析方法、电路基础实验、电工基本技能实训四部分。

本教材可供高职高专院校电类相关专业作为电路分析、电工技术课程的教材使用,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础 / 雷红梅, 施华主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2016.6
中高职衔接系列教材
ISBN 978-7-5170-3954-9

I. ①电… II. ①雷… ②施… III. ①电工学—职业教育—教材 IV. ①TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第316576号

书 名	中高职衔接系列教材 电工基础
作 者	主编 雷红梅 施华
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	北京嘉恒彩色印刷有限责任公司
规 格	184mm×260mm 16开本 18.5印张 439千字
版 次	2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	36.00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

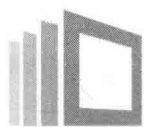
中高职衔接系列教材

编 委 会

主 任	张忠海		
副主任	潘念萍	陈静玲(中职)	
委 员	韦 弘	龙艳红	陆克芬
	宋玉峰(中职)	邓海鹰	陈炳森
	梁文兴(中职)	宁爱民	韦玖贤(中职)
	黄晓东	梁庆铭(中职)	陈光会
	容传章(中职)	方 崇	梁华江(中职)
	梁建和	梁小流	陈瑞强(中职)
秘 书	黄小娥		

本 书 编 写 人 员

主 编	雷红梅	施 华	
副主编	钟 秋	邹专仁	马华远
参 编	李锦霞(中职)	陈 军(中职)	罗宇强
	潘元忠	邹玉强	刘 萃(中职)
主 审	邓海鹰		



目前的职业教育教学正在探索中前行, 在创新中发展。按照构建现代职业教育体系的时代要求, 中职教育和高职教育衔接已成为职业教育发展的必然要求。基于中高职生源特点的需求, 以及《电工基础》课程的教学任务, 使学生具备电路基本理论、电工基本技能及电工岗位能力, 为学生学习后续专业课程及专业创新能力的培养打下基础, 提高学生可持续发展能力, 《电工基础》课程组总结多年的教学经验和实践, 编写了本教材。

在职业教育战线上的同仁们不断思考和践行下, 总结出“做中学, 学中做”这一理实一体化教育教学方法, 在中高职衔接课程教学改革中尤为重要。《电工基础》正是这一教学方法的产物。本书中大部分任务包含“任务描述”“任务分析”“实施步骤”“知识链接”等环节, 让学生明确做什么、怎么做、为什么, 使学生在完成工作任务过程中学习电工基础理论知识、基本技能和工作经验, 实现理论与技能、过程与方法、职业素养与价值观学习的统一。

全教材分电路理论基础、电路分析方法、电路基础实验、电工基本技能实训四部分, 共十八个单元。单元一至单元四为第一部分, 主要介绍电路理论的基本概念, 包括直流电路的基本概念与基本定律, 单相正弦交流电路的基本概念, 电磁感应、磁路和交流铁芯线圈的基本概念, 三相正弦交流电路的基本概念; 单元五至单元八为第二部分, 主要介绍电路分析方法, 包括直流电路和单相、三相交流电路的分析方法, 动态电路的暂态分析; 单元九和单元十为第三部分, 主要介绍电路基础实验, 包括实际电源的外特性及元件的伏安特性、万用表的使用、电阻的测量、同名端及互感系数的测量、功率因数的提高、串联谐振、单相电度表的校验、电工测量的一般知识和实操仪器仪表说明; 单元十一至单元十八为第四部分, 主要介绍电工基本技能实训, 包括安全用电、触电急救、家居电气照明线路设计安装、三相交流电动机单向启停控制电路设计安装等内容。

本教材由广西水利电力职业技术学院雷红梅、施华老师主编。广西水利电力职业技术学院邓海鹰教授主审。广西水利电力职业技术学院钟秋、邹专仁、马华远老师为副主编, 参加编写的人员还有藤县中等专业学校的李锦霞、

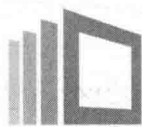
陈军老师，广西水利电力职业技术学院的罗宇强、潘元忠、邹玉强老师，广西城市建设学校刘萃老师。

本教材编写人员在编写过程中参考了不少同行编写的优秀教材，从中得到启发和教益，在此表示衷心的感谢！

限于编者水平，书中错误和不恰当之处在所难免，恳请广大师生和读者提出宝贵意见，以便进一步修订。

编者

2016年3月



前言

第一部分 电路理论基础	1
单元一 直流电路的基本概念	1
任务一 测量简单直流电路的电流和电压	1
任务二 测量简单直流电路各点的电位	12
任务三 测量含电感元件的直流电路电压、电流	14
任务四 测量含电容元件的直流电路电压、电流	18
任务五 扩大表头的电压量程及校验	21
任务六 扩大表头的电流量程及校验	23
任务七 测试复杂直流电路各支路电流	25
任务八 测试复杂直流电路各回路中电压	28
单元二 单相交流电路	31
任务一 认识单相交流电	31
任务二 认识正弦交流电的相量	38
任务三 认识交流电路中的电阻、电感和电容元件	45
任务四 测试日光灯电路的电压和电流	53
任务五 测试线圈参数	59
任务六 提高日光灯功率因数	63
单元三 电磁感应、磁路和交流铁芯线圈	67
任务 测试线圈的同名端	67
单元四 三相正弦交流电路	92
任务一 测量三相交流电源相电压和线电压	92
任务二 测量三角形连接负载的电压电流	97
任务三 测量星形连接负载的电压电流	100
综合练习（一）	106
第二部分 电路分析方法	114
单元五 直流电路的分析方法	114
任务一 应用支路电流法求解电路	114
任务二 应用节点电压法求解电路	118
任务三 认识叠加定理	122
任务四 认识戴维南定理	126

单元六 单相交流电路的分析·····	134
任务一 认识复阻抗的连接·····	134
任务二 认识交流电的相量分析法·····	138
任务三 认识正弦交流电路中的谐振·····	140
任务四 分析含耦合电感的电路·····	146
任务五 认识非正弦周期电流电路·····	153
单元七 三相交流电路的分析·····	162
任务一 分析计算对称三相电路·····	162
任务二 探讨简单不对称三相电路工作状态·····	167
任务三 测量三相电路的功率·····	174
单元八 动态电路的暂态分析·····	182
任务一 认识动态电路的暂态过程·····	182
任务二 认识一阶电路的三要素法·····	193
综合练习(二)·····	200
第三部分 电路基础实验 ·····	204
单元九 直流实验·····	204
任务一 实际电源的外特性及元件的伏安特性·····	204
任务二 万用表的使用·····	206
任务三 电阻的测量·····	209
单元十 交流实验·····	214
任务一 同名端及互感系数的测量·····	214
任务二 功率因数的提高·····	216
任务三 串联谐振·····	218
任务四 单相电度表的校验·····	220
第四部分 电工基本技能实训 ·····	245
单元十一 安全用电知识·····	245
单元十二 触电救护·····	251
单元十三 家居电气照明线路设计·····	257
单元十四 常用电工工具的使用实训·····	265
单元十五 普通照明线路安装·····	269
单元十六 日光灯安装与维修·····	276
单元十七 三相异步电动机绝缘电阻测试·····	279
单元十八 设计安装三相交流电动机单向启停控制电路·····	282
参考文献·····	285

第一部分 电路理论基础

单元一

直流电路的基本概念

知识目标:

- (1) 掌握电路和电路模型的概念。
- (2) 掌握电流、电压、电位、电动势、电功率、电能等基本物理量。
- (3) 掌握电压、电流的参考方向和电路元件的伏安特性。
- (4) 掌握基尔霍夫定律。
- (5) 掌握直流电压源和直流电流源。

技能目标:

- (1) 能正确使用万用表直流电流挡测量电流。
- (2) 能正确使用万用表直流电压挡测量电压和电位。
- (3) 能用直流稳压电源调出所需的直流电压源和直流电流源。
- (4) 能用基尔霍夫定律求解电路电压及电流。

任务一 测量简单直流电路的电流和电压

任务描述:

按图 1-1 连接一个简单的直流电路, 用万用表测量电流和电压。

任务分析:

(1) 实验仪器设备: 直流稳压电源 1 台; 电阻箱 2 只; 万用表 1 只; 滑动式变阻器 1 台; 直流毫安表 1 只; 开关 1 个。

(2) 万用表主要由表头、测量电路和转换开关组成。表头采用高灵敏度的磁电系测量机构, 常用的表头的满刻度偏转电流为 $40 \sim 60 \mu\text{A}$, 满偏电流越小, 表头的灵敏度越高, 测量电压时的内阻就越大。

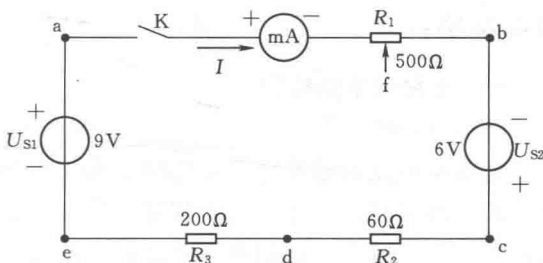


图 1-1 测量直流电路电流和电压

万用表仅用一只表头就能测量多种电量，且每种电量又具有多种量限，靠的是对表内测量电路的变换，使被测量变换成表头所能测量的直流电流。所以，测量电流是万用表的主要用途之一。

转换开关是一只具有多接头的旋转开关，当转动旋钮，使滑动触头与不同分接头连接时，就接通了不同的测量电路，所以，转换开关起着切换不同测量挡位的作用。

MF47 型万用表可测量直流电压，直流电流，交流电压和电阻等，还可以作为晶体管检测仪表、测量晶体管的反向漏电流和直流放大系数并可检查 LED 性能。

(3) 使用万用表测量须知。

1) 当测量一未知其大小的电量时，应先将转换开关旋至最大量限测量，然后再选择适当的量限，使指针得到最大的偏转，读取被测值。当发现万用表全部量限不通时，应先检查内设熔丝是否烧断。

2) 直流电流的测量。

万用表与被测电路串联，按第二条刻度线读数。

3) 直流电压的测量。

万用表跨接在被测元件或电路的两端。按第二条刻度线读。

实施步骤：

(1) 按图 1-1 接线，调节电源电压 $U_{S1}=9V$ 、 $U_{S2}=6V$ 、电阻 $R_1=500\Omega$ 、 $R_2=60\Omega$ 、 $R_3=200\Omega$ 。

(2) 开关 K 断开时，读出电流 I ，填入表 1-1；用万用表直流电压挡测量电压 U_{af} ； U_{fb} ； U_{bc} ； U_{cd} ； U_{de} ； U_{ae} ，填入表 1-1。

(3) 开关 K 闭合，读出电流 I ，填入表 1-1；用万用表直流电压挡测量电压 U_{af} ； U_{fb} ； U_{bc} ； U_{cd} ； U_{de} ； U_{ae} ，填入表 1-1。

(4) 分析数据，填入表 1-1，并分析结论。

表 1-1 直流电路电流和电压测量值表

开关状态	测 量 内 容							结 论
	I/mA	U_{af}/V	U_{fb}/V	U_{bc}/V	U_{cd}/V	U_{de}/V	U_{ae}/V	
K 打开								
K 闭合								

知识链接：

一、电路和电路模型

(一) 电路

电路是电流的通路。实际电路是为了某种需要由某些电气设备或电路元器件按一定方式互连接组成的整体，并实现某一特定功能。电路的结构有多种形式，不同电路的作用也各不相同。按其完成的基本功能，电路可分为两类：一类是能够进行能量转换和传输的电路，如电力电路；另一类是能够实现信号的产生、传递和处理的电路，如电话线路，扩音机电路等。

虽然实际电路的组成很复杂,形式也有很多种,但是对于一个完整的电路,无论它是进行能量的转换和传输,还是实现信号的产生、传递和处理,都是由电源、负载和中间环节组成。

电源是为电路提供电能的装置,其主要作用是把其他形式的能量转换成电能。负载是电路中使用电能的装置,其主要作用是把电能转换成其他形式的能量。中间环节的主要作用是传递、分配和控制电能。最简单的中间环节是连接电源和负载的导线、控制电路通断的开关。

(二) 电路模型

实际电路是由起各种不同作用的实际电路元件组成。在分析电路时,物理过程比较复杂,即使是最简单的电阻器,也很难用一个简单的数学表达式来表示出其物理过程。为了简化分析,常略去元件次要的物理过程,突出其主要的物理过程,把它近似化、理想化,使之可以用一个简单的数学式来描述。这种经过简化的器件称为理想元件或元件模型。理想元件分为有源元件和无源元件两种。无源元件包括:电阻元件、电容元件和电感元件;有源元件包括电压源元件、电流源元件等,其图形符号如图 1-2 所示。

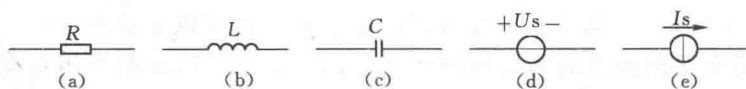


图 1-2 电路中常见几种元件的图形符号

(a) 电阻元件; (b) 电感元件; (c) 电容元件; (d) 电压源元件; (e) 电流源元件

实际电路的电路模型是用理想电路元件及其组合代替实际电路元件,用特定的符号代表理想元件,用绘制的电路图表示实际电路的连接关系及功能。手电筒的电路模型如图 1-3 所示。电珠是电阻元件,其参数为电阻 R ,干电池是电源元件,其参数为电动势 U_s 和内电阻 R_0 。筒体是连接干电池与电珠的中间环节(还包括开关),其电阻忽略不计,可认为是一无电阻的理想导体。

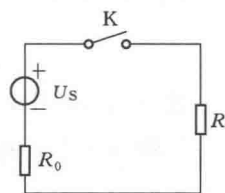


图 1-3 电路模型

今后,如未加特别说明,本书中提到的电路均是电路模型,本书中提到的元件均是理想元件。

(三) 电路的三种工作状态

1. 负载状态

负载状态即电源的带载状态,或称作一般的有载工作状态。

2. 短路状态

由于电源线绝缘损坏或操作不当等引起电源的两输出端相接触,造成电源被直接短路的情况,是电路的一种极端运行状态。

(1) 电源中的电流最大,但对外输出电流 I 为零(最小)。

(2) 电源和负载的端电压均为零,电源的电动势全部降落在电源的内阻上,无输出电压。

3. 空载状态

空载状态又称为断路或开路状态。

(1) 电路中的电流为零。

(2) 电源的端电压(又称为开路电压或空载电压)等于电源的电动势。

【想一想】以上这三种状态，哪种应是电路的正常工作状态？你能画出这三种状态的电路模型吗？

二、电路的基本物理量

(一) 电流

电荷的定向移动形成电流。要形成电流，电荷必须是自由电荷。导体这类物质的原子核外电子较易挣脱原子核的束缚成为自由电子，因此一切导体中都有自由电荷。例如：金属中的自由电子，电解溶液、气态导体中的正、负离子，都是自由电荷。

什么条件下自由电荷（简称电荷）才能做定向移动呢？

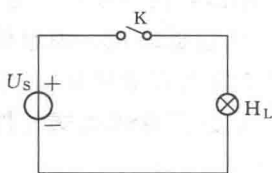


图 1-4 简单电路

如图 1-4 所示电路中，导体（负载白炽灯）的两端分别接到电源的两极上，导体两端有了电压，这时导体中也有了电场，电场力的方向由电压的正极指向负极，导体中的电荷在电场力的作用下发生定向移动，形成电流。正电荷定向移动方向与电场力方向相同，而负电荷定向移动方向与电场力方向相反。导体中的电流可以是正电荷，也可以是负电荷的定向移动。习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流的实际方向。电路中电源的作用是保持导体上的电压，使导体存在电场，从而使导体中有持续的电流。

电流的大小如何表征呢？

在一段时间 Δt 内，通过导体横截面的电荷量为 Δq ，则电流 i 可定义为

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

式 (1-1) 中，电流 i 的单位是安培 (A)，电荷量 q 的单位是库仑 (C)。常用的电流单位还有毫安 (mA) 和微安 (μA) 等。

$$1A = 10^3 mA$$

$$1A = 10^6 \mu A$$

当任意一段时间 Δt 内流过导体横截面的电荷量 Δq 都相等时，式 (1-1) 可简化为

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

式 (1-2) 说明导体电流大小是恒定的，把大小和方向均不随时间改变的电流称为恒定电流（简称直流 DC）。

当任意一段时间 Δt 内流过导体横截面的电荷量 Δq 不等时，导体电流大小是变化的，把大小和方向随时间改变的电流称为变动电流。周期性变化且平均电流为零的变动电流称为交变电流（简称交流 AC）。把大小随时间改变而方向不变化的电流称为脉动直流电流。

直流、交流和脉动直流随时间变化的波形图如图 1-5 所示。

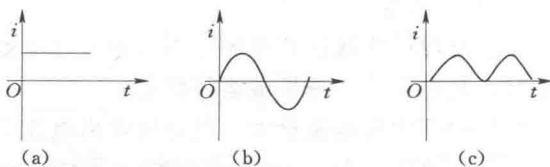


图 1-5 波形图

(a) 直流；(b) 交流；(c) 脉动直流

注意：

(1) 电流即是一种物理现象，又是一个表示电荷定向运动强弱的物理量。

(2) i 小写字母表示电流为交变电流， I 大写字母表示电流为直流。

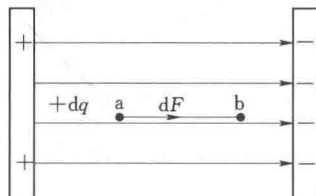
(二) 电压

电荷在电场力的作用下移动时，电场力要做功。如图 1-6 所示电场中，电荷 dq 在电场力作用下，由 a 点移动到 b 点，移动距离为 L_{ab} ，那么电场力对电荷做的功为

$$d\omega = dFL_{ab}$$

为了衡量电场力做功能力的大小，引入电压这个物理量。电场力把电荷由 a 点移动到 b 点所做的功 $d\omega$ ，与被移动电荷电荷量 dq 的比，叫做 a 、 b 两点间的电压 u_{ab} ，可表示为

$$u_{ab} = \frac{d\omega}{dq} \quad (1-3)$$



式 (1-3) 中， ω 的单位为焦耳 (J)； u_{ab} 单位是伏特 (V)。图 1-6 电场力对电荷做功

在国际单位制中，电压的常用单位还有千伏 (kV) 和毫伏 (mV)： $1\text{kV} = 10^3\text{V}$ ； $1\text{V} = 10^3\text{mV}$ 。

电压的实际方向规定为在电场中正电荷受电场力作用而移动的方向，即高电位指向低电位的方向。

任何时刻电场力将电荷 dq 从 a 点移动到 b 点，所做的功 $d\omega$ 都相等时，式 (1-3) 可以简化为

$$U_{ab} = \frac{d\omega}{dq} = \text{恒量} \quad (1-4)$$

式 (1-4) 说明导体两端的电压 U_{ab} 为直流电压，它具有大小和方向均不随时间改变的特点。

任何时刻电场力将电荷 dq 从 a 点移动到 b 点，所做的功 $d\omega$ 不相等时，导体两端的电压 u_{ab} 为交流电压，其大小和方向随时间改变。

(三) 电流与电压的参考方向

电流和电压是电路分析中通常要求解的物理量。前面虽然对电流和电压的方向作了明确的规定，但在电路计算时，有很多情况是事先无法确定电路中电流或电压的实际方向，为了计算方便，常常事先选取一个电流或电压方向（假想的方向），称为参考方向。

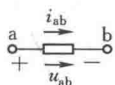


图 1-7 电流与电压的参考方向

参考方向如何表示呢？在电路中参考方向一般用实线箭头表示，电压参考方向还可以用“+”“-”符号表示，“+”号表示假设的高电位端，“-”号表示假设的低电位端，由“+”号指向“-”号的方向就是电压的参考方向，也可以用双下标表示，如 i_{ab} 、 u_{ab} 等。电流与电压的参考方向如图 1-7 所示。

任意选取的电流、电压的参考方向可能一致，也可能相反。在电路中，将一段电路或某个元件的电流、电压参考方向选取一致，这种关系的参考方向称为关联参考方向，简称关联方向，如图 1-7 所示， i_{ab} 与 u_{ab} 为关联方向。本书中若未特别说明，均采用关联方向。

参考方向与实际方向有什么关系呢？在电路中，选定电流（或电压）的参考方向后，

如果计算的结果为正值，那么电流（或电压）的实际方向与参考方向一致，如果计算的结果为负值，那么电流（或电压）的实际方向与参考方向相反。

【例 1-1】 如图 1-8 所示电路中， $U_1=50\text{V}$ ， $U_2=80\text{V}$ ，用箭头表示 U_1 、 U_2 的参考方向，求： U_{ab} 和 U_{bc} 的值。

解： U_{ab} 表示电压参考方向由 a 点指向 b 点，与 U_1 的参考方向一致， U_{bc} 表示其参考方向由 b 点指向 c 点，与 U_2 的参考方向相反，表示为

$$U_{ab}=U_1=50\text{V}$$

$$U_{bc}=-U_2=-80\text{V}$$

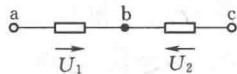


图 1-8 [例 1-1] 图

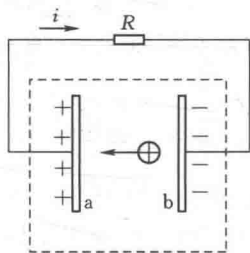


图 1-9 电源力对正电荷做功示意图

(四) 电动势

如图 1-9 所示电路中，虚线框内是电源， R 是用电器。电源外部的电路简称外电路，电源内部的电路简称内电路。

在外电路电场力的作用下，正电荷由电源的正极经过负载移动到电源的负极，而在内电路，正电荷一定要受到一种力的作用来反抗电场力的作用，才有可能从电源的负极移动到电源的正极，电路中才能有持续不断的电流。这种存在于电源内部的非静电性质的力叫做电源力。

在电源内部，电源力不断地把正电荷从电源的负极移动到正极，克服电场力做功。这个做功的过程就是电源将其他形式的能转化为电能的过程。对于不同的电源，电源力做功的大小一般是不同的，电源的这种本领，可用电动势这个物理量来表示。

在电源内部，电源力把正电荷从电源的负极 b 移动到正极 a ，克服电场力所做的功 $d\omega$ 与被移动电荷的电荷量 dq 的比，叫做电源的电动势，可表示为

$$e_{ba} = \frac{d\omega}{dq}$$

电源力做功可表示为

$$e_{ab} = -e_{ba} = -\frac{d\omega}{dq}$$

$$u_{ab} = \frac{d\omega}{dq}$$

电场力做功可表示为

$$e_{ab} = -u_{ab}$$

因此电源电动势的方向规定为由电源的负极（低电位）指向正极（高电位），与电源开路端电压的方向相反。

在内电路，电源力移动正电荷形成电流，电流的方向是从负极指向正极；而在外电



路, 电场力移动正电荷形成电流, 电流的方向是从正极指向负极。

(五) 电能和电功率

1. 电能

电源供电给导体, 在导体两端加上了电压, 导体内就建立了电场, 在电场力作用下, 电荷定向移动形成的电流所做的功称为电能。电源的作用是把其他形式的能转化为电能, 例如: 干电池、蓄电池将化学能转化为电能, 发电机将机械能转化为电能等。而导体电流做功的过程实际上是电能转化为其他形式的能的过程。例如: 电流通过电灯做功, 电能转化为光能; 电流通过电炉做功, 电能转化为热能; 电流通过电解槽做功, 电能转化为化学能; 电流通过电动机做功, 电能转化为机械能等。

如果加在导体两端的电压为 u , 在时间 dt 内通过导体横截面的电荷量为 dq , 导体中的电流 $i = \frac{dq}{dt}$, 由电压的定义式 (1-3) 可知电流所做的功, 即电能为

$$dw = u dq = u i dt \quad (1-7)$$

$$w = \int_0^t dw = \int_0^t u i dt \quad (1-8)$$

当导体通入的电流为直流时, 电压 U 和电流 I 都是常量, 电场力做的功为

$$W = \int_0^t dw = \int_0^t u i dt = UI t$$

电能的单位是焦耳 (J), 通常用千瓦时 ($\text{kW} \cdot \text{h}$, 俗称“度”) 做单位, 它们的换算关系为

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

2. 电功率

电能对时间的变化率就是电功率。用符号 p 表示电功率, 那么电功率可表示为

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = u i \quad (1-9)$$

在直流的情况下, 式 (1-9) 可表示为

$$P = \frac{W}{t} = UI$$

电能不能瞬间释放出来, 功率不能为无穷大, 发电厂发出的电功率总是有限的, 到冬天或夏天用电高峰时, 电力紧张, 所以才需要一方面多修电厂, 多发电, 寻求新型能源的开发与利用, 另一方面利用高新技术设计节能电器设备, 用户尽量节约用电。

在有限的电能内, 功率分布不均匀, 即有时功率可大, 有时可小。如果让较长的时间段功率为零, 那么剩下较短时间段的功率将达到很大, 这时, 电流也就变成了电磁脉冲。电磁脉冲的应用包括军事上, 利用强大的电磁脉冲可以摧毁通讯系统; 医学上, 可控的电磁脉冲用于生物医电, 进行微创 (或无创) 手术。

【例 1-2】 如图 1-10 中标注了电路电流参考方向, 电源和负载的电压的参考方向, $I = 2\text{A}$, $U = 10\text{V}$, 试求电源的功率 P_{US} , 负载的功率 P_R 。

解: 选取 U 、 I 为关联参考方向,

电源功率 $P_{US} = -U_S I = -10 \times 2 = -20\text{W} < 0$

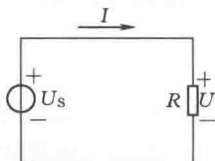


图 1-10 [例 1-2] 图

即电源向外提供电能，为输出功率。

负载的功率 $P_R = UI = 10 \times 2 = 20 \text{ W} > 0$

即负载消耗电能，为吸收功率。

选取电流和电压为关联参考方向后，有 $p = ui$ ，若 $p < 0$ ，说明元件向外提供电能，为输出功率；若 $p > 0$ ，说明元件消耗电能，为吸收功率。

(六) 电气设备的额定值

各种电气设备的电压、电流及功率都有一个额定值，该值是为了使电气设备能在给定的工作条件下正常运行而规定的正常允许值，分别用 U_N 、 I_N 、 P_N 来表示。电气设备在实际运行时，应严格遵守各有关额定值的规定。

三、电压源和电流源

1. 电压源

蓄电池、干电池等电源，供给负载一段时间，电源会发热，说明实际电源具有一定的内电阻。实际电源可以用恒定的电压源 U_s 与电源内阻 R_0 串联来表示，它以输出电压的形式向负载 R_L 供电，供电电路如图 1-11 所示。根据 KVL，输出电压 U 即电源端电压的大小为

$$U = U_s - IR_0 \quad (1-10)$$

由式 (1-10) 可知，对于一个实际电压源，其电源内阻越大，则在输出相同电流的条件下，电源内阻的压降越大，而电源端电压越小。如果电源内阻 R_0 为零，电源端电压 U 恒等于 U_s ，与输出电流的大小无关。称这种电源内阻为零，输出恒定电压 U_s 的电源叫做理想电压源或恒压源，其符号如图 1-12 所示。实际电源，一般其内阻不可忽略，可以用理想电压源 U_s 与电源内阻 R_0 串联的模型来表示实际的电压源模型，简称电压源，其符号如图 1-13 所示。如果实际电源内阻 R_0 极小，可近似认为是理想电压源，如稳压电路提供的电源。

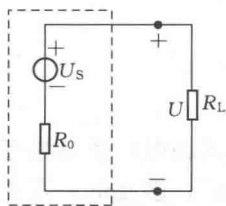


图 1-11 电压源供电电路

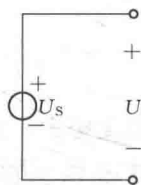


图 1-12 理想电压源

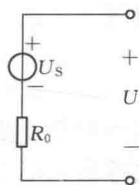


图 1-13 电压源

2. 电流源

电流源是以输出电流的形式向负载供电。光电池、太阳能发电厂、电子电路中的恒流源电路、各种恒流源设备等可以近似认为是电流源，如图 1-14 所示。

将式 (1-10) 变换，电源的输出电流 I 为

$$I = \frac{U_s - U}{R_0} = \frac{U_s}{R_0} - \frac{U}{R_0} = I_s - I_0 \quad (1-11)$$

式中 I_s ——电源的短路电流；

I_0 ——电源内阻的电流；

I ——电源的输出电流。

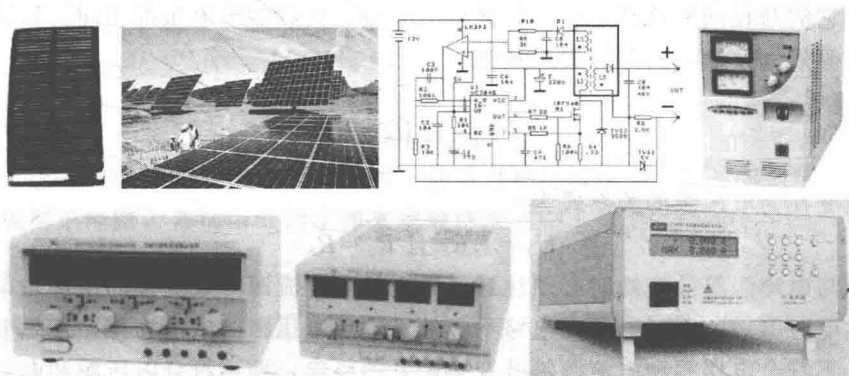


图 1-14 电流源

由式 (1-11) 可知, 根据基尔霍夫电流定律, 画出电源向负载 R_L 输出电流的电路如图 1-15 所示, 图中所示的电流方向均指电流参考方向。对于一个实际电流源, 其电源内阻越大, 电源内阻上的电流分流越小, 电源输出的电流越大。如果电源内阻 R_0 为无穷, 电源输出电流 I 恒等于 I_S , 与输出电压的大小无关。称这种电源内阻为无穷, 输出恒定电流 I_S 的电源叫做理想电流源或恒流源, 其符号如图 1-16 (a) 所示。实际电流源, 一般其内阻不为无穷, 可以用理想电流源 I_S 与电流源内阻 R_S 并联的模型来表示实际的电流源模型, 简称电流源, 其符号如图 1-16 (b) 所示。

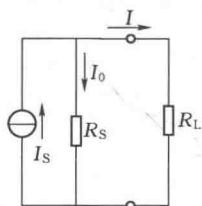


图 1-15 电流源供电电路

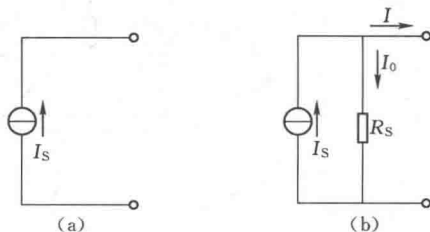


图 1-16 电流源

(a) 理想电流源; (b) 实际电流源模型

3. 电压源与电流源的等效变换

电压源、电流源都可以向负载供电, 当需要负载 R_L 输出稳定电压时, 选用电压源供电, 虽然负载 R_L 变化, 负载上的电流也变化, 但电压源输出给负载两端的电压却稳定不变。当需要负载 R_L 输出稳定电流时, 选用电流源供电, 虽然负载 R_L 变化, 负载两端的电压也变化, 但电流源输出给负载上的电流却稳定不变。分别用电压源和电流源向同一负载供电, 负载上有相同电流和端电压, 也就是说, 对同一负载, 电压源和电流源供电的效果是一样的, 因此电压源和电流源在一定的条件下是可以等效变换。电压源和电流源等效变换的条件是指对外电路

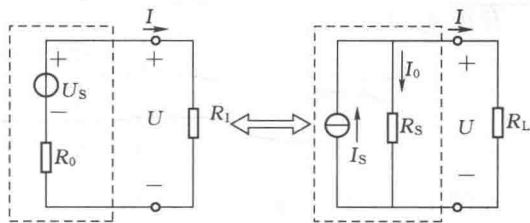


图 1-17 电压源与电流源的等效变换电路