



中等职业学校电类专业基础课系列教材
根据教育部最新教学指导方案编写

电工基础

DIANGONG JICHU

主 编 刘先慧



电子科技大学出版社

中等职业学校电类专业基础课系列教材

电 工 基 础

主 编 刘先慧

电子科技大学出版社

内 容 提 要

本书根据《中等职业学校电工基础教学大纲（试行）》（电类专业通用）编写而成，内容包括：电路的基本概念、直流电阻电路及其基本分析方法、电容和电感、瞬态过程、正弦交流电路、非正弦周期交流电路、三相正弦交流电路、磁路与变压器、交流电动机、信号与系统概述。

本书可作为中等职业学校相关专业的电工基础课程教材，也可供社会读者参考、阅读。

图书在版编目（CIP）数据

电工基础/刘先慧主编. —成都：电子科技大学出版社，
2007.7

ISBN 978-7-81114-544-1

I. 电… II. 刘… III. 电工学—专业学校—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 093249 号

电 工 基 础

主 编 刘先慧

出 版：电子科技大学出版社（成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编：610051）

策划编辑：罗雅

责任编辑：周元勋

发 行：新华书店经销

印 刷：四川墨池印务有限公司

成品尺寸：185mm×260mm 印张 11.25 字数 288 千字

版 次：2007 年 7 月第一版

印 次：2007 年 7 月第一次印刷

书 号：ISBN 978-7-81114-544-1

定 价：16.00 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话：（028）83202323，83256027

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误，请寄回印刷厂调换。

◆ 课件下载在我社主页 www.uestcp.com.cn “下载专区” 电子邮箱：uestcp@uestcp.com.cn

前 言

为了贯彻《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》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设计划，我们组织本专业领域的骨干教师精心编写了本教材。

本课程的任务是：使学生具备高素质劳动者和初、中级专门人才所必需的电工技术基础知识和基本技能；为学生学习专业知识和职业技能，提高全面素质，增强适应职业变化的能力和继续学习的能力打下一定的基础。

电工基础是中等职业学校电类有关专业的一门技术基础课。在教材编写时，我们力求以实验事实为基础，着重于基本规律和基本概念的阐述，对某些理论问题，未给出严格的证明，而着重于它们的应用，力求做到深入浅出，便于学生自学。希望能使学生学完本课程后，既能较好地掌握电路理论基础，为学习后继课程打好基础，又能掌握一定的实验技能和具备一定的解决实际问题的能力。

本书共 10 章，包括电路的基本概念、直流电阻电路及其基本分析方法、电容和电感、瞬态过程、正弦交流电路、非正弦周期交流电路、三相正弦交流电路、磁路与变压器、交流电动机、信号与系统概述，内容比较精简但原理概念清晰。为了教学方便，书中各章附有学习目标、本章小结和习题等。

本书第 1、2、4、7、9 章由刘先慧同志负责执笔，胡金频同志参与了第 1、2 章的编写，第 3 章由周继芳同志负责执笔，第 6 章由方志聪同志负责执笔，第 5、8、10 章由黄敏同志负责执笔，方志聪同志负责全书的审阅。

为了方便教师教学，我们免费为使用本套教材的师生提供电子教学参考资料包：

- ◆ PowerPoint 多媒体课件
- ◆ 习题参考答案
- ◆ 教材中的程序源代码
- ◆ 教材中涉及的实例制作的各类素材

有需要的教师可以登录教学支持网站免费下载。在教材使用中有什么意见或建议也可以直接和我们联系，电子邮箱地址：scqcowh@163.com。

由于编者水平有限，见解不深，加之脱稿仓促，书中有些内容难免不够妥善，缺点和错误在所难免，恳切希望广大读者，特别是使用本书的教师和同学给予批评指正。

编 者

目 录

第1章 电路的基本概念	1
1.1 电路和电路模型	1
1.1.1 电路的组成	1
1.1.2 电路的作用	1
1.1.3 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量	2
1.2.1 电流	2
1.2.2 电压、电位和电动势	3
1.2.3 电阻	4
1.3 欧姆定律	5
1.3.1 部分电路的欧姆定律	5
1.3.2 全电路欧姆定律	5
1.4 电功和电功率	6
1.4.1 电功	6
1.4.2 电功率	6
1.4.3 电气设备的额定值	7
1.5 电路的工作状态	8
1.5.1 电源有载工作	8
1.5.2 电源开路	9
1.5.3 电源短路	10
【本章小结】	11
【习题】	12
第2章 直流电阻电路及其基本分析方法	13
2.1 电阻的连接	13
2.1.1 电阻的串联	13
2.1.2 电阻的并联	14
2.1.3 电阻的混联	15
2.2 电源的两种模型及其等效变换	15
2.2.1 理想电压源	15

2.2.2 理想电流源	16
2.2.3 电压源	17
2.2.4 电流源	17
2.2.5 电源两种模型之间的等效变换	18
2.3 电路中电位的计算	18
2.4 基尔霍夫定律	20
2.4.1 基尔霍夫电流定律	20
2.4.2 基尔霍夫电压定律	21
2.5 支路电流法	22
2.6 叠加原理	23
2.7 戴维宁定理	24
【本章小结】	26
【习题】	27
第3章 电容和电感	29
3.1 电场与电容元件	29
3.1.1 电场和电场强度	29
3.1.2 电容器和电容	30
3.1.3 电容器的基本特性	33
3.1.4 电容元件的串联、并联	35
3.2 磁场与电感元件	38
3.2.1 磁场及基本物理量	38
3.2.2 电磁感应现象	41
3.2.3 感应电流的方向及楞次定律	42
3.2.4 法拉第电磁感应定律	42
3.2.5 电感及其基本特性	43
3.3 自感和互感	46
3.3.1 自感现象	46
3.3.2 互感现象及耦合电感	47
【本章小结】	51
【习题】	53
第4章 瞬态过程	56
4.1 瞬态过程的产生和换路定则	56
4.1.1 瞬态过程的产生	56
4.1.2 换路定则	57

4.2 RC 电路的瞬态过程及三要素法	57
4.2.1 一阶线性电路瞬态分析的三要素法	57
4.2.2 RC 电路的充电过程	59
4.2.3 RC 电路的放电过程	60
4.3 RL 电路的瞬态过程	61
4.3.1 RL 电路与恒定电压接通	61
4.3.2 RL 电路短接	63
【本章小结】	64
【习题】	65
第 5 章 正弦交流电路	67
5.1 正弦交流电的基本概念	67
5.1.1 正弦电压和电流	68
5.1.2 周期、频率和角频率	68
5.1.3 瞬时值、最大值和有效值	69
5.1.4 相位、初相位和相位差	71
5.2 正弦交流电的相量表示法	72
5.2.1 复数及其运算	73
5.2.2 正弦交流电的相量表示法	74
5.3 单一参数交流电路	76
5.3.1 纯电阻电路	76
5.3.2 纯电感电路	77
5.3.3 纯电容电路	78
5.4 串联交流电路	80
5.4.1 RL 串联电路	80
5.4.2 RC 串联电路	81
5.4.3 RLC 串联电路	82
5.5 复阻抗	84
5.5.1 复阻抗的概念	84
5.5.2 复阻抗的串联	85
5.5.3 复阻抗的并联	86
5.6 分析正弦交流电路的基本方法	87
5.7 正弦交流电路的功率和功率因数	88
5.7.1 瞬时功率	88
5.7.2 有功功率	88

5.7.3 无功功率	89
5.7.4 视在功率	90
5.7.5 功率因数	91
5.7.6 提高负载功率因数的意义和方法	91
5.8 谐振电路	93
5.8.1 串联谐振电路	94
5.8.2 并联谐振电路	95
【本章小结】	97
【习题】	99
第6章 非正弦周期交流电路	101
6.1 非正弦周期量的分解	101
6.2 非正弦周期量的有效值	103
6.3 非正弦周期电动势作用下线性电路的分析	104
【本章小结】	105
【习题】	106
第7章 三相正弦交流电路	107
7.1 三相正弦交流电动势的产生	107
7.2 三相电源的联接法	109
7.2.1 三相电源的星形联接	109
7.2.2 三相电源的三角形联接	110
7.3 三相负载的联接	111
7.3.1 三相负载的星形联接	111
7.3.2 三相负载的三角形联接	115
7.4 三相负载的功率	116
7.4.1 对称三相负载的功率	116
7.4.2 不对称三相负载的功率	117
【本章小结】	118
【习题】	119
第8章 磁路与变压器	120
8.1 磁路	120
8.1.1 磁场的基本物理量	120
8.1.2 磁性材料的磁性能	121
8.1.3 磁路欧姆定律	124
8.2 交流铁芯线圈	125

8.2.1 电磁关系	125
8.2.2 电压电流关系	125
8.2.3 功率损耗	126
8.3 变压器	127
8.3.1 变压器的基本结构	128
8.3.2 变压器的工作原理	129
8.3.3 变压器的外特性、损耗和效率	134
8.3.4 三相变压器	134
8.3.5 特殊变压器	135
【本章小结】	137
【习题】	138
第9章 交流电动机	139
9.1 三相异步电动机的构造	139
9.2 三相异步电动机的转动原理	141
9.2.1 旋转磁场	141
9.2.2 电动机的转动原理	143
9.2.3 转差率	144
9.2.4 定子电路和转子电路	144
9.3 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	146
9.3.1 电磁转矩	146
9.3.2 机械特性	147
9.4 三相异步电动机的启动和制动	149
9.4.1 三相异步电动机的启动方法	150
9.4.2 三相异步电动机的制动	152
9.5 三相异步电动机的铭牌数据	153
9.5.1 参数的意义	154
9.5.2 型号	155
9.5.3 接法	155
9.6 单相异步电动机	155
【本章小结】	156
【习题】	158
第10章 信号与系统概述	159
10.1 信号的基本知识	159
10.1.1 信号	159

10.1.2	信号的分类	160
10.1.3	信号的描述	161
10.2	系统概述	162
10.2.1	系统 (system)	162
10.2.2	信号与系统	163
10.2.3	系统的互联	163
10.3	信息传输概述	164
10.3.1	信息传输系统概述	164
10.3.2	模拟通信	166
10.3.3	数字通信	167
10.3.4	数据通信	167
【本章小结】		168
【习题】		169

第 1 章 电路的基本概念

【学习目标】

1. 掌握电路的基本概念。
2. 掌握欧姆定律。
3. 掌握电路的基本分析方法。

本章主要介绍电路的基本概念，包括电路的组成和作用、电路的基本物理量、电路模型、电路的工作状态和设备额定值；主要讨论了电压和电流的参考方向、欧姆定律和电路的基本分析方法。

1.1 电路和电路模型

1.1.1 电路的组成

电路是电流的通路。一个完整的电路是由电源、负载、中间环节（包括开关和导线等）三部分按一定方式组成的。如图 1-1 所示为手电筒的实际电路，它由电池、电珠、开关和筒体组成。当我们将手电筒的开关接通时，筒体把电池和电珠连接成通路，就有电流通过电珠，使电珠发光。这时电能转化为热能和光能。其中，电池是提供电能的器件，称为电源；电珠是用电器件，称为负载；筒体相当于导线，它和开关是连接电源和负载、起传输和控制电能作用的，称为中间环节。电源、中间环节和负载是电路的基本组成部分。

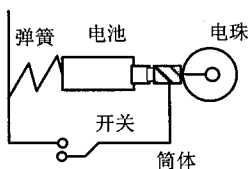


图 1-1 手电筒实际电路示意图

1.1.2 电路的作用

实际电路种类繁多，按其功能的不同，可以分为电力电路和信号电路两大类。

电力电路主要用来实现电能的传输和转换，如发电、供电系统、电力拖动、电气照明等。电路中发电机和电池是电源，是供应电能的设备，它将非电形式的能量，如机械能、化学能

转换为电能；负载是电动机、电灯、电热设备等各种用电设备，是消耗电能的设备，它能将电能转换成其他形式的能量如机械能、光能、热能，以满足人们生产和生活的需要。变压器、开关、导线等是中间环节，用来连接电源和负载，起传输、控制和分配电能的作用。如图 1-1 所示手电筒的电路示意图就是一个最简单的电力电路。

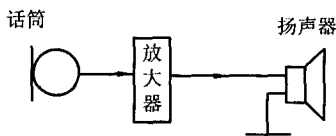


图 1-2 扩音机电路示意图

信号电路的作用是传递和处理信号，常见的例子如扩音机，其电路示意图如图 1-2 所示，它由话筒、放大器和扬声器三部分组成。话筒是信号源（相当于另一类电源），它将语言或音乐（通常称为信息）转换成电信号；放大器是中间环节，用来放大电信号；扬声器是负载，它将放大后的电信号还原成声音。信号的这种转换和放大，称为信号的处理。

不论电能的传输和转换，或者信号的传递和处理，其中电源或信号源的电压或电流称为激励，它推动电路工作；由激励在电路各部分产生的电压和电流称为响应。所谓电路分析，就是在已知电路的结构和元件参数的条件下，讨论电路的激励与响应之间的关系。

1.1.3 电路模型

实际电路中电气元件的种类繁多，在电路分析中为了简化分析和计算，通常在一定条件下，突出实际电路元件的主要电磁性质，忽略其次要因素，把它近似地看为理想电路元件。例如用“电阻”这个理想的电路元件来代替电阻器、电阻炉、灯泡等消耗电能的实际元件，用内电阻和理想电压源相串联的理想元件的组合来代替实际的电池等等。用一个理想电路元件或几个理想电路元件的组合来代替实际电路中的具体元件，称为实际电路的模型化。

在电路分析中，常用的理想电路元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件和电源元件等。这些元件分别由相应的参数来表征。例如手电筒的实际电路元件有电池、电珠、开关和筒体，电路模型如图 1-3 所示。电珠是电阻元件，其参数为电阻 R ；电池是电源元件，其参数为电动势 E 和内阻 R_0 ；筒体是连接电池与电珠的中间环节（还包括开关），其电阻忽略不计，认为是一无电阻的理想导体。今后所分析的都是指电路模型，简称电路。在电路图中，各种电路元件用规定的图形符号表示。

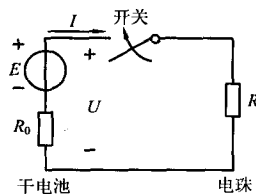


图 1-3 手电筒的电路模型

1.2 电路的基本物理量

1.2.1 电流

电路中，带电粒子在外力作用下有规则的定向运动就形成了电流。在金属导体中电流是

自由电子在电场作用下定向运动而形成。电流的强弱用电流的大小来度量，其数值等于单位时间内通过导体横截面的电荷量，设在 dt 时间内通过导体横截面的电荷为 dq ，则通过该截面的电流为：

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

在一般情况下电流是随时间而变的，如果电流不随时间而变，即 $dq/dt = \text{常量}$ ，则这种电流就称为恒定电流，简称直流，用大写字母 I 表示，它所通过的路径就是直流电路。在直流电路中，式 (1-1) 可写成：

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

式中， Q 是在时间 t 内通过导体截面的电荷。

我国法定计量单位是以国际单位制 (SI) 为基础的。它规定电流的单位是 A (安培)。1 A = 1 C/s。实际中，除安培外，常用的电流单位还有 kA (千安)、mA (毫安) 和 μA (微安)。1 kA 为 10^3 A，1 mA 为 10^{-3} A，1 μA 为 10^{-6} A。

电流不仅有大小，而且有方向。关于电流的方向，有实际方向和参考方向（在分析计算时人为规定的方向）之分，要加以区别。

习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向（实际方向）。电流的方向是客观存在的，但在分析较为复杂的直流电路时，往往难于事先判断某支路中电流的实际方向；对交流讲，其方向随时间而变，在电路图上也无法用一个箭头来表示它的实际方向。为此，在分析与计算电路时，常可任意选定某一方向作为电流的参考方向，或称为正方向。所选的电流的参考方向并不一定与电流的实际方向一致。当电流的实际方向与其参考方向一致时，则电流为正值（如图 1-4 (a) 所示）；反之，当电流的实际方向与其参考方向相反时，则电流为负值（如图 1-4 (b) 所示）。因此，在参考方向选定之后，电流之值才有正负之分。电路图中所标的电流方向，一般都是参考方向。

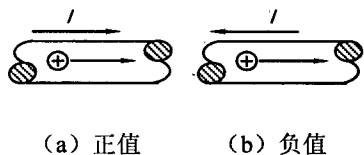


图 1-4 电流的参考方向

1.2.2 电压、电位和电动势

1. 电压

在如图 1-5 所示电源的两个极板 a 和 b 上分别带有正、负电荷，这两个极板间就存在一个电场，其方向是由 a 指向 b 。当用导线和负载将电源的正负极连接成为一个闭合电路时，正电荷在电场力的作用下由正极 a 经导线和负载流向负极 b （实际上是自由电子由负极经负载流向正极），从而形成电流。电压是衡量电场力做功能力的物理量。我们定义： a 点至 b 点间的电压 U_{ab} 在数值上等于电场力把单位正电荷由 a 点经外电路移到 b 点所做的功。

当电荷的单位为 C (库仑)，功的单位为 J (焦耳) 时，电压的单位为伏特，简称 V (伏)，即 $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ 。在工程中还可用 kV (千伏)、mV (毫伏) 和 μV (微伏) 为计量单位。

2. 电位

为了分析电路方便,常指定电路中任意一点为参考点。电路中某点的电位,即该点与参考点之间的电压。令参考点的电位为零,所以参考点又叫做零电位点。电位的单位也是 V(伏)。

根据上述电压、电位的定义,可以证明:电路中任意两点之间的电压就等于这两点间的电位差,即:

$$U_{ab} = V_a - V_b \quad (1-3)$$

这表明:电压的实际方向是从高电位点指向低电位点,是电位降的方向。

3. 电动势

在如图 1-5 所示电路中,正电荷在电场力作用下不断从 a 极板经外电路流向 b 极板,如果没有一种外力作用, a 极板因正电荷的减少会使电位逐渐降低,而 b 极板则因正电荷的增多会使电位逐渐升高,故 a 、 b 两点之间的电位差就会减小,最后减为零。导线上的电流也会减小,后为零。为了维持导线中的电流,必须有一种外力源源不断地把正电荷从低电位(b 极板)移到高电位处(a 极板)。在电源内部,就存在着这种外力,这种外力叫做电源力。

为了衡量电源力对电荷做功的能力引出电动势这个物理量,电动势在数值上等于电源力将单位正电荷从电源负极(b 点)移到电源正极(a 点)所做的功,用 E_{ba} 表示,即:

$$E_{ba} = V_a - V_b \quad (1-4)$$

对于如图 1-5 所示的电源部分可用如图 1-6 所示的电动势的图形符号来表示。

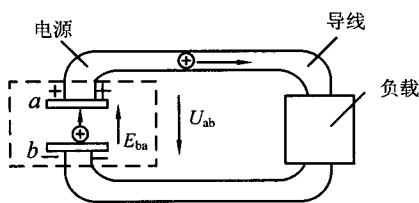


图 1-5 电压与电动势

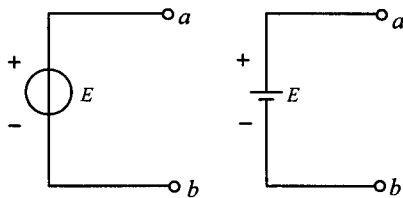


图 1-6 电动势的图形符号

电压和电动势都是标量,但在分析电路时,和电流一样,它们也有实际方向和参考方向之分。电压的方向(实际方向)规定为由高电位(“+”极性)端指向低电位(“-”极性)端,即为电位降低的方向。电源电动势的方向规定为在电源内部由低电位(“-”极性)端指向高电位(“+”极性)端,即为电位升高的方向。

当电压的参考方向与实际方向一致时,电压为正($U > 0$);相反时,电压为负($U < 0$),参考方向可用箭头表示,也可用双下标(如 U_{ab})表示,也可用极性“+”、“-”表示。

在分析和计算电路时,电压和电流参考方向的假定,原则上是任意的。但为了方便起见,元件上的电压和电流常取一致的参考方向,这称为关联参考方向(今后电压电流的参考方向均为关联参考方向)。

1.2.3 电阻

电阻表示导体对电流阻碍作用的大小的物理量。当导体中无电流通过时,导体对电阻的

阻碍作用仍然存在。不同的导体,电阻一般是不同的,电阻是导体本身的一种性质,与加在它两端的电压及流过它的电流大小无关。

金属导体的电阻值与其材料导电性及尺寸的关系为:

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-5)$$

式中, ρ 、 l 、 S 分别为导体的电阻率、长度和横截面积。

1.3 欧姆定律

1.3.1 部分电路的欧姆定律

在不含电源的电路中,流过电阻的电流与电阻两端的电压成正比,这就是欧姆定律。它是分析电路的基本定律之一。对如图 1-7 所示的电路(电压、电流的参考方向为关联参考方向),欧姆定律可用下式表示:

$$\frac{U}{I} = R \quad (1-6)$$

式中, R 即为该段电路的电阻。

由式(1-6)可见,当所加电压 U 一定时,电阻 R 愈大,则电流 I 愈小。显然,电阻具有对电流起阻碍作用的物理性质。

在国际单位制中,电阻的单位是 Ω (欧姆)。当电路两端的电压为 1 V,通过的电流为 1 A 时,则该段电阻为 1 Ω 。计量高电阻时,则以 $k\Omega$ (千欧)或 $M\Omega$ (兆欧)为单位。

式(1-6)所表示的电流与电压的正比关系,是通过实验得出的。可测量电阻两端的电压值和流过电阻的电流值,绘出的是一根通过坐标原点的直线,如图 1-8 所示。因此,遵循欧姆定律的电阻称为线性电阻,它是一个表示该段电路特性而与电压和电流无关的常数。如图 1-8 所示的直线称为线性电阻的伏安特性曲线。

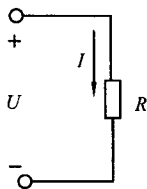


图 1-7 部分电路

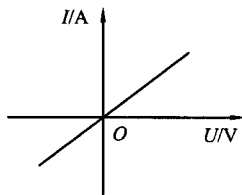


图 1-8 线性电阻的伏安特性曲线

1.3.2 全电路欧姆定律

全电路是指包含电源的电路,如图 1-9 所示。图中 E 为电源的电动势, R_0 为电源内阻, R 为(负载)电阻, U 为电源的端电压(或负载电阻两端的电压)。

全电路欧姆定律：在全电路中，电路中的电流与电源的电动势成正比，与电路的电阻之和成反比，即：

$$I = \frac{E}{R_0 + R} \quad (1-7)$$

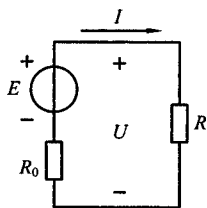


图 1-9 全电路

负载电阻两端的电压：

$$U = RI$$

由式 (1-6)、(1-7) 可得出：

$$U = E - R_0 I \quad (1-8)$$

例 1-1 已知电源电动势 $E=5\text{ V}$ ，内阻 $R_0=0.5\ \Omega$ ，负载电阻 $R=9.5\ \Omega$ 。求电源端电压。

解：根据全电路欧姆定律，有：

$$I = \frac{E}{R_0 + R} = \frac{5}{0.5 + 9.5} = 0.5(\text{A})$$

端电压

$$U = RI = 9.5 \times 0.5 = 4.75(\text{V})$$

或

$$U = E - R_0 I = 5 - 0.5 \times 0.5 = 4.75(\text{V})$$

1.4 电功和电功率

1.4.1 电功

电流流过负载时，负载将电能转换成其他形式的能量（如热能、机械能等），这一过程，称为电流做功，这种功简称电功，用字母 W 表示。电流所做的功与电压、电流和通电时间成正比。在直流电路中，如果电压 U 的单位用 V （伏特），电流的单位用 A （安培），时间 t 的单位用 s （秒），电功的单位则用 J （焦耳）表示，则计算电功的公式是：

$$W = UIt = I^2 R t = \frac{U^2 t}{R} \quad (1-9)$$

焦耳这个单位很小，用起来不方便，生活中常用“度”做电功的单位，就是平常说的用了几度电的“度”。“度”在工程技术中叫做千瓦时，符号是 $\text{kW} \cdot \text{h}$ ：

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

1.4.2 电功率

在相同的时间内，电流通过不同用电器所做的功，一般并不相同。例如，在相同的时间内，电流通过电力机车的电动机所做的功，要显著大于通过电扇的电动机所做的功。我们用功率描述电流做功的快慢，定义为：电流在单位时间内所做的功叫做电功率。电功率用 P

表示, 在直流电路中, $P=W/t$, 而 $W=UIt$, 则:

$$P=UI \quad (1-10)$$

式 (1-10) 表明, 电功率等于电压与电流的乘积。

在式 1-10) 中, 如果电压 U 的单位用 V (伏特), 电流 I 的单位用 A (安培), 电功率的单位则用 W (瓦特) 表示。电功率的单位还有 kW (千瓦) ($1\text{ kW}=1000\text{ W}$)。

例 1-2 一盏电灯连在电压是 220 V 的电路中, 灯泡中通过的电流是 68 mA, 这个灯泡的电功率是多少瓦? 一个月总共通电 100 h, 电流所做的功是多少焦耳和多少千瓦时?

解: 灯泡的电功率为:

$$P=UI=220\text{ V}\times 0.068\text{ A}=15\text{ W}$$

电流所做的功为:

$$\begin{aligned} W &= Pt = 15\text{ W} \times 3.6 \times 10^5\text{ s} = 5.4 \times 10^6\text{ J} \\ &= \frac{5.4 \times 10^6}{3.6 \times 10^6}\text{ kW}\cdot\text{h} = 1.5\text{ kW}\cdot\text{h} \end{aligned}$$

或者

$$W = Pt = 0.015\text{ kW} \times 100\text{ h} = 1.5\text{ kW}\cdot\text{h}$$

1.4.3 电气设备的额定值

在实际电路中, 所有电气设备和元器件在工作时都有一定的使用限额, 这种限定称为额定值。额定值是制造厂综合考虑产品的可靠性、经济性和使用寿命等因素而制定的, 它是使用者使用该电气设备和元器件的依据。例如灯泡的电压 220 V、功率 100 W 都是它的额定值。它告诉使用者, 该灯泡在 220 V 电压下才能正常工作, 这时消耗的功率为 100 W。通过计算还可求得该灯泡在 220 V 电压下流过的电流为 $I=P/U=(100/220)\text{ A}=0.455\text{ A}$, 这便是额定电流。如果使用值超过额定值较多, 会使电气设备和元器件损伤, 甚至烧毁; 如果使用值低于额定值较多, 则不能正常工作, 有时也会造成设备的损坏, 例如电压过低时, 灯泡发光不足, 电动机因拖不动生产机械而发热。因此, 电气设备和元器件在使用值等于额定值时工作是最合理的, 既保证能可靠工作, 又保证有足够的使用寿命。额定值用带下标 “N” 的字母来表示, 如额定电压、额定电流和额定功率分别用 U_N 、 I_N 和 P_N 表示。

通常, 当实际使用值等于额定值时, 电气设备的工作状态称为额定状态 (或满载); 当电压值为额定值时, 实际功率或实际电流大于额定值时, 我们就说电气设备工作在过载 (或超载) 状态; 在电压值为额定值的条件下, 当实际功率和电流比额定值小很多时, 我们就说电气设备工作在轻载 (或欠载) 状态。

例 1-3 某灯泡标有 “220 V 60 W” 字样, 问: (1) 这表示什么? (2) 这个灯泡工作的功率一定是 60W 吗? (3) 如果加在灯泡上的电压是 110V, 灯泡能正常发光吗? 此时灯泡的实际功率多大? (设灯丝电阻不变)

解: (1) 它所表示的意思是: 灯泡在 220V 的电压下能正常工作 (即灯泡的额定电压 $U_N=220\text{ V}$), 正常工作时的电功率为额定功率, 即 $P_N=60\text{ W}$ 。

(2) 这盏灯在额定电压 220 V 工作时, 电功率是 60 W, 当灯泡两端的实际电压高于或