

电工技术基础 实践与应用

- ◎ 丛书策划 郭连考
- ◎ 主 编 赵卫国
- ◎ 副 主 编 李文军 徐明娜 寇志伟
- ◎ 主 审 郭连考

普通高等教育“十三五”规划教材
普通高等学校工程教育实践与创新系列教材

电工技术基础实践与应用

丛书策划	郭连考		
主 编	赵卫国		
副 主 编	李文军	徐明娜	寇志伟
主 审	郭连考		
参 编	孙万利	春 兰	马德智
	韩文颖	巴特尔	陈 杰

内 容 简 介

本书是针对当前工程教育的发展趋势与高等学校学分制改革的需要,根据教育部高教司组织编制的高等学校理工科本科指导性专业规范中的专业教学实践体系、大学生创新训练的相关要求及多所工科院校的电工技术、电子工艺与测控技术实践课程的教学要求编写的。旨在适应科学技术的发展及创新型人才培养的要求,增强当代工科大学生的工程素养、实践能力及创新精神。

本书以电工、电子与测控技术等学科理论为基础,以工程应用为导向,编写了集基础技能训练、工程应用训练、综合设计与创新研究于一体的理论与实践项目,主要包含了电工基础、室内供电、照明技术、锡焊技术、电子元器件、电子电路、EDA 技术、传感器与检测技术、电子产品组装技术、电气控制与 PLC 等内容。

本书可以作为高等学校理工类专业学生的电工电子、工业过程测量与控制设计及实训等课程的教材,亦可作为理工类专业学生科技创新实践、课程设计、毕业实践等环节的指导书,或供相关行业的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电工技术基础实践与应用 / 赵卫国主编. —北京:北京理工大学出版社, 2017. 1
(2017. 4 重印)

ISBN 978 - 7 - 5682 - 3608 - 9

I. ①电… II. ①赵… III. ①电工技术 - 高等学校 - 教材 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 016065 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 / 26. 25

字 数 / 613 千字

版 次 / 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 4 月第 2 次印刷

定 价 / 54.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 王美丽

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

前言

科学技术的迅速发展,对工程技术人员提出了越来越高的综合技能要求,这就使得培养具有扎实的理论基础、科学的创新精神、基本的工程素养的复合型人才成为理工院校人才培养的关键。在工程实践课程体系中,电工电子类工程实践课程是最基本、最有效、最能激发学生兴趣的工程教育资源,其作用日趋凸显,为人才培养方案中不可或缺的实践环节。

电工技术基础实践与应用是理工院校培养各类型工程技术人才的核心课程,它将科学研究、实验教学、工程训练融为一体,是理论联系实际的有效途径。通过电工技术基础实践与应用课程的学习,可以弥补从基础理论到工程实践之间的薄弱环节,能够拓展科技知识、激发学习兴趣,培养劳动安全意识、质量意识和工程规范意识,培养初步的工程设计能力和求实创新精神,提高学生的工程素养与实践创新能力,为以后学习和从事工程技术工作奠定坚实的基础。

本书是根据高等工程教育改革的深化、国家对创新型人才的需求、学校人才培养方案的改革,结合多年的教学实践与当前电工技术发展的趋势,针对学生实践能力和创新能力培养而编写的,凝结了编者十多年的教学心得与工程实践经验,是我校工程实践教学的经典教学资料。

本书由赵卫国主编并负责全书统稿,李文军、徐明娜、寇志伟担任副主编。其中第1、2、12章由徐明娜编写,第3章由韩文颖编写,第4章4.1节由李文军、陈杰编写,第4章4.2~4.3节由马德智编写,第5章由孙万利编写,第6、11章由赵卫国编写,第7章由春兰编写,第8章由巴特尔编写,第9、10、13章由寇志伟编写。郭连考策划了本套工程教育实践与创新系列教材,并认真审阅了全书,提出了许多宝贵的建议。在本书编写过程中,参考和引用了许多文献,在此对文献作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有诸多的不足与不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

CONTENTS

第1章 电工基础	001
1.1 电能	001
1.1.1 电能的产生	001
1.1.2 电能的特点	001
1.2 电源	002
1.2.1 直流电源	002
1.2.2 交流电源	003
1.3 电路的基本概念和基本定律	006
1.3.1 电路的作用与组成部分	006
1.3.2 电路的基本物理量	008
1.3.3 电路元件	011
1.3.4 三相电路	013
1.4 供配电基础	016
1.4.1 电力系统	016
1.4.2 配电系统	020
1.5 实训项目	023
1.5.1 工作台认识和检查实训	023
1.5.2 导线的连接实训	024
课后习题	024
第2章 安全用电	026
2.1 电气事故概述	026
2.1.1 电气事故的危害	026
2.1.2 电气事故的特点	026
2.1.3 电气事故的类型	026
2.2 触电事故	027
2.2.1 电流对人体伤害的种类	027

2.2.2	电流对人体伤害程度的主要影响因素	028
2.2.3	人体触电方式	030
2.3	触电急救	032
2.3.1	触电急救措施	032
2.3.2	触电急救方法	033
2.4	用电安全技术	036
2.4.1	预防直接接触电的措施	036
2.4.2	预防间接接触电的措施	037
	课后习题	041
第3章	电工工具、仪表与材料	042
3.1	电工工具及其使用	042
3.1.1	通用工具	042
3.1.2	绝缘用具	045
3.1.3	专用工具	046
3.2	电工常用仪表	048
3.2.1	电工仪表的分类	048
3.2.2	万用表	049
3.2.3	钳形电流表	053
3.2.4	兆欧表	054
3.2.5	数字电桥	056
3.2.6	晶体管特性测试仪	057
3.2.7	信号发生器	059
3.3	导线连接基本技能	060
3.3.1	导线连接的基本要求	060
3.3.2	导线绝缘层的剖削	061
3.3.3	导线连接方法	063
3.3.4	导线绝缘层的恢复	068
3.3.5	导线截面积的选择	069
3.4	实训项目	070
3.4.1	电工通用工具的使用实训	070
3.4.2	导线绝缘层的剖削实训	070
3.4.3	导线绝缘层的恢复实训	071
	课后习题	071
第4章	室内供配电技术	072
4.1	室内供配电	072
4.1.1	室内供配电方式	072
4.1.2	室内供配电常用低压电器	073
4.1.3	室内配线方法	084
4.1.4	室内配电箱	087

4.2 室内照明	090
4.2.1 照明技术的基本概念	090
4.2.2 照明技术基础	093
4.2.3 常见电光源	097
4.2.4 照明系统中的主要电器	108
4.2.5 照明系统的设计	113
4.3 实训项目	118
4.3.1 基础配电线路实训	118
4.3.2 家庭照明线路实训	119
4.3.3 日光灯安装实训	120
课后习题	121
第5章 电机控制	122
5.1 电机概述	122
5.1.1 电机的发展历程	122
5.1.2 电机的分类	122
5.2 交流电机	123
5.2.1 三相异步电动机的结构	123
5.2.2 三相异步电动机的绕组	125
5.2.3 三相异步电动机的工作原理	126
5.2.4 三相异步电动机的运行状态	127
5.2.5 三相异步电动机的铭牌数据	128
5.3 低压电器	130
5.3.1 低压开关	130
5.3.2 接触器	134
5.3.3 继电器	138
5.3.4 熔断器	142
5.4 常用电气控制电路	144
5.4.1 点动控制	144
5.4.2 自锁控制	145
5.4.3 接触器联锁的电动机正反转控制	145
5.4.4 双重联锁电动机正反转控制线路	146
5.4.5 两台电动机的顺序启动、逆序停止控制	147
5.5 实训项目	148
5.5.1 三相异步电动机的拆装	148
5.5.2 三相异步电动机接触器点动控制线路	150
5.5.3 三相异步电动机接触器自锁控制线路	150
5.5.4 接触器联锁的三相异步电动机正反转控制线路	151
5.5.5 双重联锁的三相异步电动机正反转控制线路	152
5.5.6 三相异步电动机的顺序启动、逆序停止控制线路	152

课后习题	153
第6章 电子基本技能	154
6.1 锡焊技术	154
6.1.1 焊接技术概述	154
6.1.2 锡焊工具	156
6.1.3 焊接材料	159
6.1.4 锡焊机理	163
6.1.5 手工焊接技术	165
6.1.6 焊点的质量分析	168
6.1.7 自动焊接技术	172
6.1.8 拆焊	175
6.2 导线加工技术	177
6.2.1 绝缘导线的加工工艺	177
6.2.2 屏蔽导线端头的加工	180
6.2.3 线把的扎制	181
6.3 元器件引线加工	184
6.4 实训项目	185
6.4.1 导线焊接实训	185
6.4.2 电路板焊接实训	187
6.4.3 电子工程图识读实训	187
课后习题	188
第7章 电子元器件	189
7.1 电阻器	189
7.1.1 固定电阻器	189
7.1.2 敏感电阻器	192
7.1.3 电位器	195
7.2 电容器	197
7.2.1 电容器的种类及符号	197
7.2.2 电容器的型号命名方法	198
7.2.3 电容器的主要参数	199
7.2.4 电容器的标注方法	200
7.2.5 电容器的测量	201
7.3 电感器和变压器	201
7.3.1 电感器	201
7.3.2 变压器	204
7.4 二极管	205
7.4.1 二极管的分类和型号命名	206
7.4.2 常用二极管	207
7.4.3 二极管的主要参数	209

7.5 三极管	209
7.5.1 三极管的分类及型号命名	210
7.5.2 三极管的主要参数	211
7.6 集成电路	212
7.6.1 集成电路的分类与型号命名	212
7.6.2 集成电路的主要参数	213
7.7 实训项目	214
7.7.1 电阻器的识读与检测实训	214
7.7.2 电容器的识读与检测实训	214
7.7.3 电感器和变压器的识读与检测实训	215
7.7.4 二极管、三极管的识读与检测实训	216
课后习题	217
第8章 电子电路基础	218
8.1 电子电路概述	218
8.1.1 模拟电路	218
8.1.2 数字电路	218
8.2 常用模拟电路	219
8.2.1 基本放大电路	219
8.2.2 直流稳压电路	222
8.3 实训项目	227
8.3.1 简易自动充电器制作实训	227
8.3.2 分立元件稳压电源制作实训	227
课后习题	228
第9章 EDA 技术	229
9.1 EDA 技术概述	229
9.1.1 EDA 技术	229
9.1.2 Multisim 简介	230
9.1.3 Altium Designer 简介	231
9.2 Multisim 电路设计	232
9.2.1 Multisim 11.0 用户界面	232
9.2.2 元器件操作	244
9.2.3 线路的连接	247
9.2.4 添加文本	249
9.3 Multisim 电路仿真	250
9.3.1 Multisim 电路仿真分析步骤	250
9.3.2 Multisim 的虚拟仪器	250
9.4 Altium Designer 原理图设计	258
9.4.1 原理图设计的步骤	258
9.4.2 原理图编辑器	259

9.4.3	原理图元件库的加载	262
9.4.4	元件的放置与编辑	264
9.4.5	原理图的绘制	271
9.5	Altium Designer 印制板设计	273
9.5.1	印制电路板概述	273
9.5.2	PCB 设计流程	276
9.5.3	PCB 编辑界面	277
9.5.4	PCB 布线工具	279
9.5.5	导入网络表信息	283
9.5.6	PCB 的布局	285
9.5.7	PCB 的布线	286
9.6	Altium Designer 设计实例	288
9.6.1	电路原理图的绘制	288
9.6.2	PCB 的设计	290
9.7	实训项目	294
9.7.1	三相交流电路仿真实训	294
9.7.2	多路稳压直流电源电路 PCB 设计实训	296
	课后习题	297
第 10 章	传感器技术	298
10.1	传感器概述	298
10.1.1	检测技术概述	298
10.1.2	传感器的基本概念	299
10.1.3	传感器的基本特性	301
10.1.4	传感器的发展	302
10.2	电阻式传感器	303
10.2.1	应变式传感器	303
10.2.2	压阻式传感器	304
10.3	电感式传感器	305
10.4	电容式传感器	306
10.5	压电式传感器	307
10.6	热电式传感器	309
10.6.1	热电偶	309
10.6.2	热电阻	310
10.6.3	热敏电阻	310
10.6.4	集成温度传感器	311
10.7	光电式传感器	311
10.7.1	光电效应	311
10.7.2	光电器件	312
10.7.3	固态图像传感器	315

10.7.4 光电编码器	316
10.8 磁敏传感器	316
10.8.1 霍尔传感器	316
10.8.2 磁敏电阻传感器	318
10.9 实训项目	318
10.9.1 集成温度传感器测试实训	318
10.9.2 光敏二极管应用实训	319
课后习题	320
第 11 章 电子产品的组装	321
11.1 电子产品组装	321
11.1.1 组装工艺概述	321
11.1.2 电子产品的结构形式	322
11.1.3 装配级别与要求	324
11.1.4 装配工艺流程	326
11.2 印制电路板的组装	328
11.2.1 元器件准备	329
11.2.2 元器件的安装方法	329
11.2.3 印制电路板组装工艺流程	331
11.2.4 生产流水线	332
11.3 电子产品调试	333
11.3.1 调试工艺概述	333
11.3.2 静态调试	338
11.3.3 动态调试	339
11.3.4 整机性能测试与调整	340
课后习题	341
第 12 章 PLC 应用基础	342
12.1 可编程控制器的概述	342
12.1.1 可编程控制器的产生与发展	342
12.1.2 可编程控制器的分类	343
12.1.3 可编程控制器的特点及应用领域	345
12.2 可编程控制器的组成及原理	346
12.2.1 可编程控制器的硬件组成	346
12.2.2 可编程控制器的工作原理	347
12.2.3 可编程控制器的编程语言	348
12.3 西门子 S7-200 PLC	351
12.3.1 西门子 S7-200 系列 CPU 224 型 PLC	351
12.3.2 西门子 S7-200 PLC 常用模块	352
12.4 S7-200 PLC 指令系统	358
12.4.1 S7-200 PLC 数据类型	358

12.4.2	S7-200 PLC 编程元件	359
12.4.3	寻址方式	362
12.5	S7-200 PLC 基本编程指令	363
12.5.1	位逻辑指令	364
12.5.2	定时器指令	368
12.5.3	计数器指令	370
12.6	S7-200 PLC 编程软件概述	372
12.6.1	STEP7-Micro/WIN 编程软件的安装	372
12.6.2	STEP7-Micro/WIN 窗口组件	374
12.6.3	STEP7-Micro/WIN 编程软件的应用	378
12.6.4	S7-200 PLC 的通信设置	379
12.7	实训项目	383
12.7.1	PLC 认识实训	383
12.7.2	PLC 编程软件使用实训	383
12.7.3	电动机点动控制线路编程实训	385
12.7.4	电动机连续控制线路编程实训	386
12.7.5	电动机正反转控制线路编程实训	387
	课后习题	388
第 13 章	综合实训	389
13.1	收音机的组装与调试	389
13.1.1	DS-11 (1691 型) 收音机的组装	389
13.1.2	DS-11 (1691 型) 收音机的调试	395
13.2	直流稳压电源的组装与调试	399
13.2.1	直流稳压电源的工作原理	399
13.2.2	直流稳压电源的总装	400
13.2.3	直流稳压电源的调试	404
	参考文献	405

第1章 电工基础

1.1 电 能

1.1.1 电能的生产

电能是大自然能量循环中的一种转换形式。

能源是自然界赋予人类生存和社会发展的重要物质资源，自然界固有的原始能源称为一次能源，分为可再生能源和不可再生能源。一次能源包括煤炭、石油、天然气以及太阳能、风能、水能、地热能、海洋能、生物能等。其中太阳能、风能、水能、地热能、海洋能、生物能等在自然界中能不断得到补充，或者可以在较短周期内再产生，属于可再生能源；煤炭、石油、天然气、核能等能源的形成经过亿万年，在短期内无法恢复再生，属于不可再生能源。

电能是一种二次能源，主要是由不可再生的一次能源转化或加工而产生的。其主要的转化途径是化石能源的燃烧，将化学能转化为热能；加热水使其气化成蒸汽推动汽轮机，从而将热能转化为机械能；最后由汽轮机带动发电机利用电磁感应原理将机械能转化为电能。

电能因清洁安全、输送快速高效、分配便捷、控制精确等一系列优点，成为迄今为止人类文明史上最优质的能源，它不仅易于实现与其他能量（如机械能、热能、光能等）的相互转换，而且容易控制与变换，便于大规模生产、远距离输送和分配，同时还是信息的载体，在现代人类生产、生活和科研活动中发挥着不可替代的作用。

1.1.2 电能的特点

与其他能源相比，电能具有以下特点：

（1）电能的产生和利用比较方便。电能可以采用大规模的工业生产方法集中地获得，把其他能源转换为电能的技术相对成熟。

（2）电能可以远距离传输，且损耗较低，输送具有实时、方便、高效等特点。

（3）电能能够很方便地转化为其他能量，能够用于各种信号发生、传递和信息处理，实现自动控制。

（4）电能本身的产生、传输和利用的过程已能实现精确可靠的自动化信息控制。电力系统各环节的自动化程度也相对较高。

1.2 电 源

电源是电路的源泉，它为电路提供电能。现在应用的电源有各种干电池电源、太阳能电源、风力发电电源、火力发电电源、水力发电电源、核能发电电源等，如图 1-1 所示。图 1-1 (c) 是风力发电机外形，风叶在风力的推动下转动，通过传动机构带动发电机转动发出电能；图 1-1 (d) 是太阳能电池板，在阳光的照射下电池板的“+”“-”电极上输出电流。

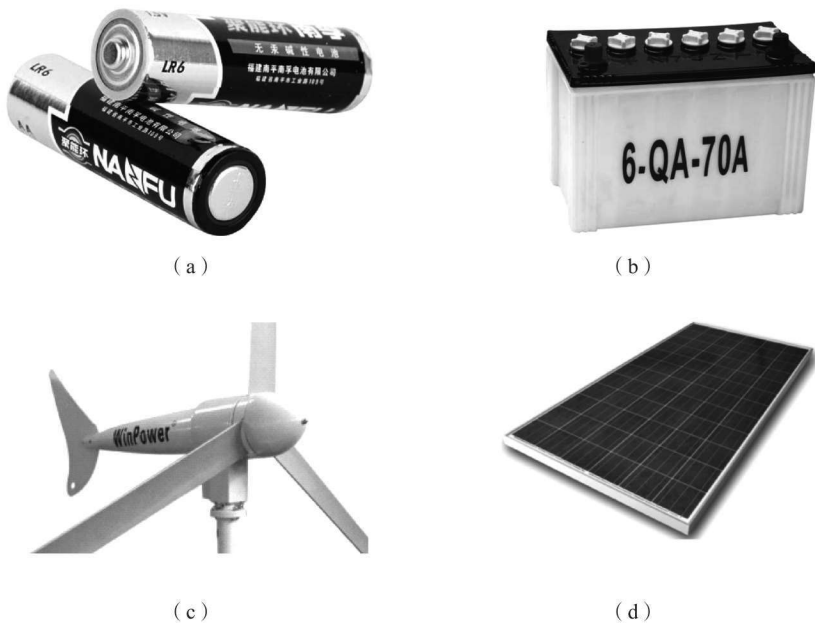


图 1-1 各种电源

(a) 干电池；(b) 蓄电池；(c) 风力发电；(d) 太阳能电池板

1.2.1 直流电源

直流电源是指电压和电流的大小、方向不随时间变化的电源，是维持电路中形成稳恒电流的装置。常见的直流电源有干电池、蓄电池、直流发电机等。

为了更直观地描述直流电源特性，可以用一种由理想电路元件组成的电路模型来表示实际电路，常用的有电压源和电流源两种。

1. 电压源

(1) 定义：电压源是一种理想的电路元件，其两端电压总能保持定值或一定的时间函数，且电压值与流过它的电流无关的元件叫理想电压源。

(2) 电路符号：电压源的图形符号如图 1-2 所示。

(3) 理想电压源的电压、电流关系：电源两端电压由电源本身决定，与外电路无关；与流经它的电流方向、大小无关。通过电压源的电流由电源及外电路共同决定。伏安关系曲

线如图 1-3 所示。

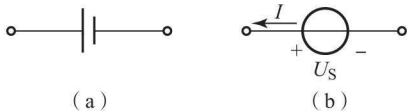


图 1-2 电压源的图形符号

(a) 直流电源；(b) 理想电压源

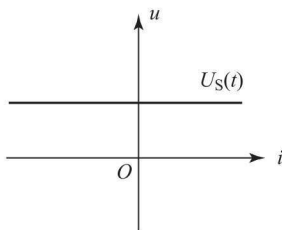


图 1-3 电压源的伏安特性曲线

2. 电流源

(1) 定义：电流源是另一种理想的电路元件，不管外部电路如何，其输出电流总能保持定值或一定的时间函数。其值与它的两端电压无关的元件定义为理想电流源。

(2) 电路符号：电流源的图形符号如图 1-4 所示。

(3) 理想电流源的电压、电流关系：电流源的输出电流由电源本身决定，与外电路无关；与它两端电压无关。

电流源两端的电压由其本身输出电流及外部电路共同决定。其伏安关系曲线如图 1-5 所示。

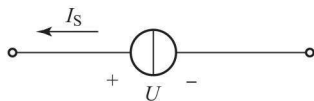


图 1-4 电流源的图形符号

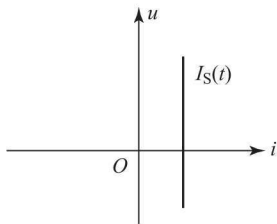


图 1-5 电流源的伏安特性曲线

1.2.2 交流电源

日常生产生活中用电，多为交流电，这种交流电一般指的是正弦交流电。

正弦信号是一种基本信号，任何复杂的周期信号可以分解为按正弦规律变化的分量。因此对正弦交流电的分析研究具有重要的理论价值和实际意义。

正弦交流电量是电流、电压随时间按正弦规律作周期变化的电量。它是由交流发电机或正弦信号发生器产生的。

以电流为例，其瞬时值表达式为：

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi) \quad (1-1)$$

其波形图如图 1-6 所示。

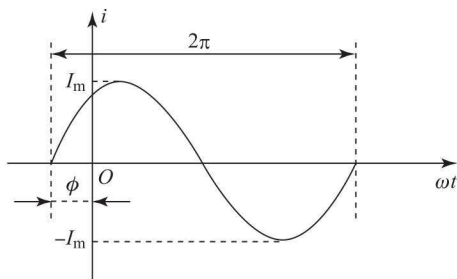


图 1-6 正弦电流波形

式 (1-1) 中, I_m 为正弦量的振幅, 是正弦量在整个振荡过程中达到的最大值; $(\omega t + \phi)$ 为随时间变化的角度, 称为正弦量的相位或相角。 ω 为正弦量的角频率, 表示正弦量的相位随时间变化的角速度。 ϕ 为正弦量在 $t=0$ 时刻的相位, 称为正弦量的初相位。

幅值 I_m 、角频率 ω 和初相位 ϕ 称为正弦量三要素。对于任意正弦交流电量, 当其幅值 I_m 、角频率 ω 和初相位 ϕ 确定后, 该正弦量就能完全确定。

1. 幅值

幅值 (振幅、最大值): 反映正弦量变化过程中所能达到的最大幅度。

正弦量在任一瞬间的值称为瞬时值, 用小写字母来表示, 如 i 、 u 、 e 分别表示电流、电压及电动势的瞬时值。瞬时值中最大的值称为幅值或最大值, 用 I_m 、 U_m 、 E_m 表示。

2. 周期与频率

(1) 周期: 正弦量变化一次所需的时间称为周期 T , 单位为 s (秒)。

(2) 频率: 每秒内变化的次数称为频率 f , 单位为 Hz (赫兹)。

频率是周期的倒数, 即

$$f = \frac{1}{T} \quad (1-2)$$

在我国和大多数国家电网频率都采用交流 50 Hz 作为供电频率, 有些国家如美国、日本等供电频率为 60 Hz。在其他不同领域, 使用的频率也不同, 如表 1-1 所示。

表 1-1 不同领域的频率表

领 域	使用频率
高频炉频率	200 ~ 300 kHz
中频炉频率	500 ~ 8 000 Hz
高速电动机电源频率	1 500 ~ 2 000 kHz
收音机中波段	530 ~ 1 600 kHz
收音机短波段	2.3 ~ 23 MHz
移动通信	900 MHz、1 800 MHz
无线通信	300 GHz

(3) 角频率：为相位变化的速度，反映正弦量变化的快慢。它与周期和频率的关系为：

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad (\text{rad/s}) \quad (1-3)$$

3. 初相位

(1) 相位：反映正弦量变化的进程。

(2) 初相位 ϕ ：表示正弦量在 $t=0$ 时的相角。

(3) 相位差：是用来描述电路中两个同频正弦量之间相位关系的量。

$$\text{设} \quad u(t) = U_m \cos(\omega t + \phi_u), i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi_i) \quad (1-4)$$

$$\text{则相位差为:} \quad \varphi = (\omega t + \phi_u) - (\omega t + \phi_i) = \phi_u - \phi_i \quad (1-5)$$

式 (1-5) 表明同频正弦量之间的相位差等于初相之差，如果 $\varphi > 0$ ，称 u 超前 i ，或 i 滞后 u ，表明 u 比 i 先达到最大值；如图 1-7 (a) 所示。如果 $\varphi < 0$ ，称 i 超前 u ，或 u 滞后 i ，表明 i 比 u 先达到最大值，如图 1-7 (b) 所示。如果 $\varphi = 0$ ，称 i 与 u 同相，如图 1-7 (c) 所示。

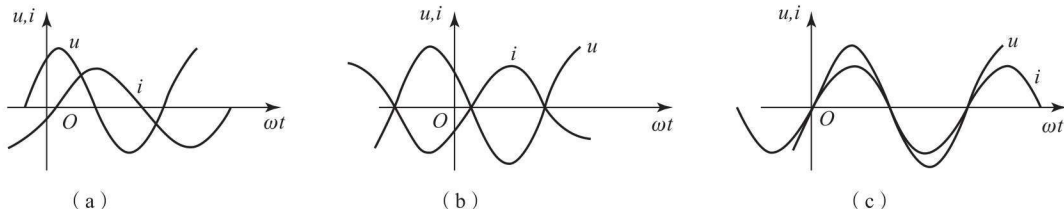


图 1-7 不同相位差的电压电流波形

(a) $\varphi > 0$; (b) $\varphi < 0$; (c) $\varphi = 0$

4. 有效值

正弦电流、电压和电动势的大小，往往不是用他们的幅值，而是用有效值来计算的。

有效值：与交流热效应相等的直流的值定义为交流电的有效值。有效值是从电流的热效应来规定的。周期性电流、电压的瞬时值随时间而变，为了衡量其平均效应，工程上采用有效值来表示。周期电流、电压有效值的物理意义如图 1-8 所示，通过比较直流电流 I 和交流电流 i 在相同时间 T 内流经同一电阻 R 产生的热效应，即令：

$$\int_0^T R i^2(t) dt = R I^2 T \quad (1-6)$$

从中获得周期电流和与之相等的直流电流 I 之间的关系：

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (1-7)$$

这个直流量 I 称为周期量的有效值。需要注意的是，式 (1-7) 只适用于周期变化的量，不适用于非周期变化的量。

当周期电流为正弦量时，即： $i(t) = I_m \cos(\omega t + \phi_i)$