

高等职业教育土建专业系列教材

丛书主编 徐占发
本册主编 张玉萍

建筑电气 与电子工程

JIANZHU DIANQI YU
DIANZI GONGCHENG

中国建材工业出版社

高等职业教育土建专业系列教材

建筑电气与电子工程

主 编 张玉萍
副主编 张文会 李丽霞

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑电气与电子工程/张玉萍主编. —北京: 中国建材工业出版社, 2004.6

(高等职业教育土建专业系列教材)

ISBN 7-80159-595-5

I. 建... II. 张... III. 房屋建筑设备: 电气设备
—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 018783 号

建筑电气与电子工程

张玉萍 主编

出版发行: 中国建材工业出版社

地址: 北京市西城区车公庄大街 6 号

邮编: 100044

经销: 全国各地新华书店

印刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开本: 787mm × 960mm 1/16

印张: 22.5

字数: 300 千字

版次: 2004 年 7 月第 1 版

印次: 2004 年 7 月第 1 次

印数: 1 ~ 3000 册

书号: ISBN 7-80159-595-5/TU·312

定价: 34.00 元

网上书店: www.ecool100.com

本书如出现印装质量问题, 由我社发行部负责调换。联系电话: (010) 68345931

《高等职业教育土建专业系列教材》编委会

- 主 任:** 成运花 北京城市学院教务长、研究员
- 副主任:** 徐占发 北京城市学院教授、土建专业主任
杨文锋 长安大学应用技术学院副教授、副院长
- 秘书长:** 李文利 北京城市学院副教授
- 委 员:** (按汉语拼音先后顺序)
- 包世华 清华大学教授
- 陈乃佑 北京城市学院副教授
- 陈学平 北京林业大学教授
- 成荣妹 长安大学副教授
- 崔玉玺 清华大学教授
- 董和平 北京城市学院讲师
- 董晓丽 北京城市学院讲师
- 龚 伟 长安大学副教授
- 龚小兰 深圳职业技术学院副教授
- 姜海燕 北京城市学院讲师
- 靳玉芳 北京城市学院教授 (兼职)
- 刘宝生 北方交通大学副教授
- 刘晓勇 河北建材学院副教授
- 李国华 长安大学副教授
- 李文利 北京城市学院副教授
- 栗守余 长安大学副教授
- 马怀忠 长安大学副教授
- 田培源 北京城市学院副教授
- 王 茹 北京城市学院副教授
- 王旭鹏 北京城市学院副教授
- 杨秀芸 北京城市学院副教授
- 张保兴 长安大学副教授
- 张玉萍 河北建材学院副教授
- 顾 问:** (按汉语拼音先后顺序)
- 江见鲸 清华大学教授
- 罗福午 清华大学教授

序

大力发展高等职业教育,培养一大批具有必备的专业理论知识和较强的实践能力,适应生产、建设、管理、服务岗位等第一线急需的高等职业应用型专门人才,是实施科教兴国战略的重大决策。高等职业教育院校的专业设置、教学内容体系、课程设置和教学计划安排均应突出社会职业岗位的需要、实践能力的培养和应用型的教学特色。其中,教材建设是基础和关键。

高等职业教育土木建筑专业系列教材是根据最新颁布的国家和行业标准、规范,按照高等职业教育人才培养目标及教材建设的总体要求、课程的教学要求和大纲,由北京城市学院(原海淀走读大学)和中国建材工业出版社组织全国部分有多年高等职业教育教学体会与工程实践经验的教师编写而成。

本套教材是按照3年制(总学时1600~1800)、兼顾2年制(总学时1100~1200)的高职高专教学计划和经反复修订的各门课程大纲编写的。基础理论课程以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为重点;专业课以最新颁布的国家和行业标准、规范为依据,反映国内外先进的工程技术和教学经验,加强实用性、针对性和可操作性,注意形象教学、实验教学和现代教学手段的应用,并加强典型工程实例分析。

本套教材适用范围广泛,努力做到一书多用,在内容的取舍上既可作为高职高专教材,又可作为电大、职大、业大和函大的教学用书,同时,也便于自学。本套教材在内容安排和体系上,各教材相互之间既是有机联系和相互关联的,又具有其独立性和完整性。因此,各地区、各院校可根据自身的教学特点选用。

北京城市学院是办学较早、发展很快、高职高专办学经验丰富并受到社会好评的一所民办公助高等院校。其中,土建专业是最早设置且有较大社会影响的专业之一,有10多名教学和工程实践经验丰富的双师型教师,出版了一批受欢迎的专业教材。

可以相信,由北京城市学院组编、中国建材工业出版社出版发行的这套高等职业教育土建专业系列教材一定能成为受欢迎的、有特色的、高质量的系列教材。

本教材编委会

2003年2月

前 言

随着科学技术的发展,社会不断进步,对各类人才的综合能力要求也越来越高。对于土木建筑工程专业的技术人员来说,不仅要掌握土建设计和施工等方面的理论和技能,还要了解和掌握建筑设备的理论知识和安装技能。

电和人们的日常工作与生活密切相关,它是一切用电设备的基础。因此,土建工程技术人员应该有一定的电工理论基础。本书的第1章至第5章全面、系统地介绍了电工学的基础理论。

建筑电气是建筑物的重要组成部分,为适应我国目前迅速发展的职业技术教育,本书不仅介绍了建筑电气照明和防雷接地的知识,还介绍了建筑电气读图、识图及建筑电气安装等基本技能的内容。由于建筑弱电技术的不断发展和智能建筑的出现,电子产品越来越多地用于建筑物中,仅有电工学和建筑电气的基本知识已不能适应时代的要求,因此,本书增加了电子技术基础——二极管和三极管的基本知识。

本书是按照高等职业技术教育的要求编写的,内容浅显易懂,图文并茂,同时附加了相关技术数据,并附有一定量的习题,以便学生更好地理解、消化及应用书中所讲内容。

本书的编写参照了最新的国家有关电气施工的规范和标准,书中的图形、符号均按国家最新标准编写,考虑到新旧标准的交替,还附有新旧符号对照表。

全书共十二章,其中第1章至第3章、第6章至第9章由河北建材职业技术学院张玉萍老师编写;第4章、第5章由该校张文会老师编写;第10章、第11章由该校李丽霞老师编写,第12章由中国人民大学施美菲老师编写。

本书编写过程中参考和引用了有关的教材和论著,在此谨对作者表示衷心的感谢!

由于时间仓促,水平有限,书中难免存在不妥和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004年2月

目 录

第1章 直流电路	1
1.1 直流电路	1
1.1.1 电路的组成和作用	1
1.1.2 欧姆定律	2
1.1.3 电路的工作状态	3
1.1.4 电阻的串联与并联	5
1.2 等效电源	7
1.2.1 电压源和电流源	7
1.2.2 电压源与电流源的等效代换	7
1.3 克希荷夫定律	8
1.3.1 几个与定律有关的名词	8
1.3.2 克希荷夫电流定律 (又称为节点电流定律或 KCL 定律)	9
1.3.3 克希荷夫电压定律 (又称为回路电压定律或 KVL 定律)	9
1.3.4 支路电流法	10
1.4 等效电压源定理 (戴维南定理)	11
习题	13
第2章 正弦交流电路	17
2.1 正弦交流电的基本物理量	17
2.1.1 周期与频率	17
2.1.2 相位	18
2.1.3 交流电的大小	20
2.2 正弦量的相量表示	21
2.3 单一参数的交流电路	25
2.4 串联交流电路	36
2.5 串联谐振	43
2.6 并联交流电路	45
2.7 线圈和电容并联的交流电路	47
习题	50
第3章 三相电路	54

3.1 三相电源	54
3.2 负载的星形连接	57
3.3 负载的三角形连接	62
3.4 三相电功率	64
习题	65
第4章 变压器	68
4.1 磁路的基本知识	68
4.1.1 磁导率	68
4.1.2 铁磁性物质的磁化	69
4.1.3 涡流	70
4.1.4 磁路的基本概念	71
4.2 变压器的基本构造	71
4.2.1 概述	71
4.2.2 变压器的基本结构	72
4.3 变压器的工作原理	75
4.3.1 变压器的空载运行	76
4.3.2 变压器的负载运行	78
4.4 变压器的铭牌	80
4.4.1 变压器型号的含义	80
4.4.2 变压器的额定数据	80
4.5 三相变压器	82
4.6 特殊变压器	82
习题	86
第5章 交流电动机	87
5.1 概述	87
5.2 三相异步电动机的基本构造	87
5.3 三相异步电动机的工作原理	90
5.3.1 旋转磁场	90
5.3.2 异步电动机的工作原理	93
5.4 异步电动机的机械特性	95
5.4.1 稳定区与不稳定区	95
5.4.2 硬特性与软特性	96
5.5 异步电动机的启动	97
5.5.1 鼠笼式异步电动机的启动	97
5.5.2 绕线式异步电动机的启动	98

5.6 异步电动机的调速、制动与反转	99
5.6.1 异步电动机的调速	99
5.6.2 异步电动机的反转	100
5.6.3 异步电动机的制动	100
5.7 异步电动机的铭牌	101
5.8 单相异步电动机	103
5.9 常用低压控制电器	106
5.9.1 电器的分类	106
5.9.2 保护措施	106
5.9.3 常用的控制和保护电器	106
5.10 异步电动机控制电路	112
习题	117
第6章 低压供配电系统	119
6.1 城市电网概述	119
6.1.1 电力系统的组成	119
6.1.2 额定电压分类	121
6.2 电力负荷的分类和计算	121
6.2.1 负荷等级	121
6.2.2 负荷曲线	121
6.2.3 用需要系数法确定计算负荷	122
6.3 低压配电系统的供电方案	128
6.4 低压配电系统的接线方式	129
6.5 导线和电缆截面的选择	130
6.6 高压配电设备	135
6.6.1 电弧	135
6.6.2 高压电气设备	135
6.7 室外配电线路	139
6.7.1 架空线路	139
6.7.2 电缆线路	142
习题	147
第7章 建筑电气	149
7.1 光学基本知识	149
7.2 照明方式、种类、标准、质量	153
7.2.1 照明方式	153
7.2.2 照明的种类	153

7.2.3 照明质量	154
7.2.4 照度标准	155
7.3 电光源	158
7.3.1 常用电光源	158
7.3.2 灯具	161
7.4 照度计算	166
7.4.1 利用系统法	166
7.4.2 单位容量法	169
7.4.3 单位面积估算法	170
7.5 照明器的布置	170
7.5.1 照明器的高度布置及要求	170
7.5.2 照明器的平面布置及要求	171
7.6 照明供配电系统	173
7.7 照明负荷计算	175
7.8 建筑施工现场的供电	179
7.8.1 施工工地照明	180
7.8.2 施工现场电力负荷计算	180
7.8.3 施工现场供电平面图	181
7.9 高层建筑供配电系统	182
7.10 电能表	183
7.10.1 电能表的结构	183
7.10.2 电能表的安装要求	185
7.11 照明设计要点	185
7.11.1 住宅照明设计要点	185
7.11.2 学校照明设计要点	186
7.11.3 办公楼照明设计要点	186
7.11.4 商场照明设计要点	186
7.11.5 建筑景观照明	187
7.11.6 室外照明	187
7.12 应急照明	187
7.12.1 应急照明的种类	187
7.12.2 应急照明设置部位	187
习题	189
第8章 建筑电气安装	191
8.1 线路敷设的基本方法	191

8.2 线路暗敷设	199
8.2.1 线路暗敷设使用的管材	199
8.2.2 电气施工准备	200
8.2.3 基础阶段的电气施工	201
8.2.4 主体结构工程中的电气施工	202
8.2.5 装修工程中的电气施工	203
8.3 照明电器的安装	204
第9章 建筑电气识图	210
9.1 基本知识	210
9.1.1 电气施工图的种类	210
9.1.2 图例和符号	211
9.2 图纸内容	212
9.3 电气照明图实例	215
第10章 建筑防雷与安全用电	229
10.1 建筑防雷	229
10.1.1 雷电的基本知识	229
10.1.2 建筑物的防雷	231
10.2 防雷装置	234
10.3 安全用电	239
10.3.1 触电、急救与防护	239
10.3.2 保护接地与保护接零	240
10.4 建筑物的接地	242
10.5 建筑防雷及接地平面图	244
第11章 建筑弱电工程	247
11.1 共用天线电视系统	247
11.1.1 概述	247
11.1.2 共用天线电视系统的功能	248
11.1.3 共用天线电视系统的几个概念	249
11.1.4 共用天线电视系统的组成	249
11.1.5 闭路电视系统	254
11.2 电话通信系统	255
11.2.1 电话通信系统概述	255
11.2.2 电话通信系统的组成	256
11.2.3 电话传输线路	257
11.2.4 室内配线方式	257

11.2.5 管线敷设	258
11.3 建筑消防电气	259
11.3.1 火灾自动报警与灭火的基本原理	259
11.3.2 系统的组成	259
11.3.3 系统的布线	265
11.4 防盗与保安系统	267
11.5 广播音响系统	269
11.6 智能建筑与综合布线系统	270
11.6.1 智能建筑的概念	270
11.6.2 智能建筑的功能	270
习题	277
第 12 章 电子电路基础	278
12.1 半导体二极管	278
12.1.1 半导体二极管的基本知识	278
12.1.2 PN 结	280
12.1.3 半导体二极管	281
12.1.4 特殊二极管	284
12.2 半导体三极管	285
12.2.1 半导体三极管的结构	285
12.2.2 三极管的电流放大作用	286
12.2.3 三极管的电流放大原理	288
12.2.4 三极管的特性曲线	288
12.2.5 三极管的主要参数	291
附录	293
附录 1 导线载流量及截面选择	293
附录 2 常用重要建筑及设备的负荷级别	300
附录 3 常用灯具的安装功率	303
附录 4 一般家用电器的用电负荷	307
附录 5 线路敷设有关数据	308
附录 6 常用材料的反射、透射和吸收数据	311
附录 7 建筑弱电有关数据	313
附录 8 常用变压器有关数据	323
附录 9 Y 系列和 YZR 系列电动机技术数据	324
附录 10 按导线使用环境选择敷设方式	326
附录 11 电能表常用规格及技术参数	326

附录 12 火灾应急照明供电时间、照度及场所举例	327
附录 13 常见电光源的有关数据	327
附录 14 建筑电气平面图常用图形符号及文字符号 (新旧国标对照)	328
附录 15 电气常用图形符号——变压器、互感器	337
附录 16 常用电气设备文字符号	339
参考文献	341

第1章 直流电路

1.1 直流电路

随着时代的发展,科学技术的不断进步,电工技术已广泛应用于生产、生活中。目前广泛使用的电气设备种类繁多且不断更新,如家用电器中近年出现了电磁炉,照明灯具中出现了节能灯等。其中,绝大部分电气设备都是由各种各样的基本电路组成的。因此,学习和掌握电路分析的计算方法十分重要。

1.1.1 电路的组成和作用

1. 电路的组成

电路就是电流的通路,是为了完成某一任务、某种需要,由某些电气设备或元器件按一定方式组合起来的。电路的功能不同,其复杂程度也不同。但不论复杂程度如何,都由以下三个部分组成:

(1) 电源

提供电路所需的电能,是将其他形式的能量转化为电能的一种装置。如电池,将化学能转化成电能;发电机,将机械能转化成电能。

对于电源来说,由负载和中间环节组成的电流通路称为外电路,电流方向由电源正极指向负极;电源内部的电流通路又称为内电路,电流方向由电源负极指向正极。

电源端电压(外电路电压)的方向是从高电位指向低电位,即电位降方向。电动势的方向在电源内部是从低电位(负极)指向高电位(正极),即电位升的方向。

(2) 负载

电路中消耗电能的设备或器件,它将电能转化为其他形式的能量。如电灯是将电能转化为光能;电动机是将电能转化为机械能;电炉是将电能转化为热能等。

负载大小是以单位时间内耗电量的多少来衡量的。由于电路中的负载都表现出一定的电阻,当电源电压一定时,电阻大的负载所取用的电流较小,消耗的功率也小;反之,负载的电阻越小,消耗的电功率越大。

(3) 中间环节

传送、分配和控制电能的部分。包括:导线、开关、熔断器、测量仪

表等。

电路种类有很多，由直流电源供电的电路称为直流电路；由交流电源供电的电路称为交流电路；由晶体管等元器件组成的将信号进行放大的电路称为放大电路。

2. 电流和电压的参考方向

电流和电压的方向，有实际方向和参考方向之分，要加以区别。

习惯上规定电流的方向（实际方向）为正电荷运动的方向。对于简单电路，电流方向可以根据电源的极性很容易地判断出来，但在进行复杂电路的分析和计算时，某支路中电流的实际方向往往难于判断。为此，引入参考正方向的概念。任意选定某一方向作为电流的参考方向，称为参考正方向。所选的电流参考正方向与电流的实际方向并不一定一致，当参考正方向与电流的实际方向一致时，则计算出的电流值为正；反之，则为负。在参考正方向选定之后，电流值才有正负之分。

在电路图上所标出的电流、电压和电动势的方向，一般都是参考正方向。

3. 电路的作用

(1) 电能的传输和转换

电力工程，包括发电、输电、配电、电力拖动、电热、电气照明，以及交直流电之间的整流、变换等。对于这些电路，由于输送和变换能量的规模一般较大，输送距离较远，因此要求尽可能地减少损耗以提高效率。

(2) 信息的传递和处理

在现代化的生产、生活和科学技术领域中，还有另一类以传递和处理信号为主要目的的电路，例如语言、文字、音乐、图像的广播和接收，生产过程中的自动调节，各种输入数据的数据处理，信号的存贮等等。该类电路处理的信号量值很小，但要求能准确地传递和进行信号处理，保证不失真。如工业生产中广泛使用的测温仪器——热电偶，是将温度差转化成微小热电动势。压力变送器是将压差转化成微小电压。

1.1.2 欧姆定律

流过电阻的电流与其两端电压成正比，与电阻值成反比，这一规律是德国物理学家欧姆在实验中发现的，我们称之为欧姆定律，它是分析电路的基本定律之一。

1. 一段无源电路的欧姆定律

闭合回路中的一段不包含电动势，仅含有电阻的电路称为无源电路，如图1-1所示。

图中正负号的意义有两种：一种是由电流、电压的正方向确定的即方程所带的正负号；另一种是物理量本身所带的正负号，在进行电路计算时要加以注

意。首先按电流、电压的参考正方向列出方程，确定方程的正负号后，再把电流、电压本身的正负号代进去。

2. 一段有源电路的欧姆定律

含有电源的电路称为有源电路，如图 1-2 所示。

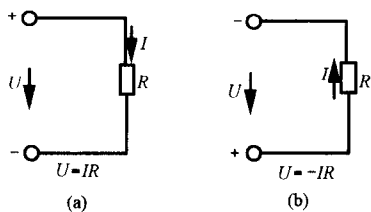


图 1-1 无源电路

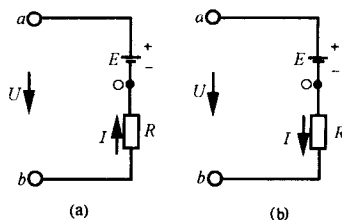


图 1-2 有源电路

由图 1-2a 可得：

$$U = E - IR$$

$$I = \frac{E - U}{R}$$

由图 1-2b 可得：

$$U = E + IR$$

$$I = \frac{-E + U}{R}$$

因此，有源电路的欧姆定律可用下式表示：

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

式中，电压和电动势的正方向与电流正方向一致时取正号，反之则取负号。

3. 全电路欧姆定律

含有电源和负载的闭合电路称为全电路。

如图 1-3 所示，有：

$$U = IR = E - IR_0$$

$$\text{即} \quad I = \frac{E}{R + R_0} \quad (1-2)$$

式中 R_0 ——电源内阻。

1.1.3 电路的工作状态

1. 负载状态

如图 1-4 所示，开关 K 闭合，电源与负载接通成闭合回路时的工作状态称为负载状态。此时，电路中的电流称为负载电流。当电源电动势 E 和内阻 R_0

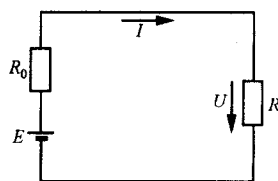


图 1-3 全电路

一定时, 电流的大小取决于负载电阻 R_L 。 R_L 减小, 电流增大; R_L 增加, 电流减小。

负载状态的电路特征是:

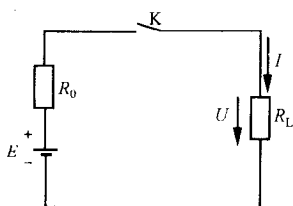


图 1-4 负载状态

$$I = \frac{E}{R_L + R_0}$$

$$U = IR_L = E - IR_0$$

$$P = UI = EI - I^2 R_0$$

应注意, 对于一定的电源来说, 负载电流不能无限制地增加, 否则会由于电流过大而把电源烧毁; 对于用电设备来说, 也有类似的情况。因此, 各种电气设备或电路元件的电压、电流、功率等都有规定的值, 即额定值。

电气设备在额定值下的工作状态称为额定工作状态, 也称满载状态。

当电流流过电路时, 由于导线及电气元件都有一定的电阻, 会有一部分电能转变为热能而使设备的温度升高, 因此, 电气设备工作时都规定了最高容许温度。如常用的橡胶绝缘导线的最高容许温度为 65°C ; 电缆的最高容许温度为 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 。如果电气设备工作时温度上升过高, 超过了容许值, 绝缘材料很快会变脆损坏, 温度再升高, 绝缘材料就会炭化燃烧, 毁坏电气设备, 造成严重事故。

电气设备开始工作后, 温度逐渐升高, 在一定时间内, 设备产生的热量与散发出的热量相等, 温度不再升高, 此时电气设备的温度称为稳定温度。电气设备长时间连续工作, 稳定温度达到最高容许温度时的电流称为额定电流。为了限制电气设备中的电流不致过大并保证绝缘材料的安全使用而规定的加在电气设备上的最高电压值称为该设备的额定电压。

额定值是设计和生产部门对电气产品所作的规定, 常用下标 “N” 表示。如额定电流 I_N 、额定电压 U_N 、额定功率 P_N 等。按照额定值使用电气设备才能保证安全可靠、经济合理、延长设备的使用寿命。

2. 空载 (开路、断路) 状态

如图 1-4 所示, 开关 K 断开, 电路不通, 此时电路中负载电阻为无穷大, 电流为零。电路的这种状态称为空载 (开路) 状态。空载时, 电路的端电压在数值上等于电源电动势, 叫做开路电压, 用 U_{oc} 表示。电路不输出功率。

空载状态电路的特征是:

$$I = 0$$

$$U_{oc} = E$$

3. 短路状态