

建筑电工学

徐树德 主编



广西科学技术出版社

建筑电工学

徐树德 主编

内 容 摘 要

《建筑电工学》除了阐述电工学的基本原理外，还扩展了与建筑行业有关的电工应用技术。全书共八章，第一章：单相交流电路；第二章：三相交流电路；第三章：变压器；第四章：异步电动机；第五章：异步电动机的控制与保护；第六章：建筑供电；第七章：建筑照明；第八章：建筑防雷和安全用电。书中尽可能采纳了近年出现的新分析法、新计算法和新工艺，介绍了一些新产品，内容新颖、实用。

本书为全国建筑中专中南协作区试用教材，除了适合“工业与民用建筑”专业使用外，暖通、给排水及村镇建设等专业亦可采用。对于建筑系统设计、施工及管理部門的有关工程技术人员亦有参考价值。

建 筑 电 工 学

徐树德 主编

•

广西科学技术出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行

大新县印刷厂印刷

•

开本787×1092 1/32 印张13.125 字数281,000

1989年9月第1版 1990年5月第2次印刷

印 数：5001~6000册

ISBN 7-80565-156-6 定价：4.40元
TU·3

前 言

为了适应当前的教学改革,加强教材的建设,1987年8月“全国建筑系统中等专业学校电工学教学研究会”在郑州建校召开了第三次年会,制定和通过了建筑中专“工业与民用建筑”专业的《电工学》送审教学大纲,湖南省建筑学校和广西建筑工程学校电工老师合编的《建筑电工学》就是根据这一教学大纲的要求,并在1985年全国建筑系统中等专业学校电工学教学研究会编印的“工业与民用建筑”专业电工学补充教材《建筑供电、照明与防雷》的基础上进行编写的。

《建筑电工学》除了阐述电工学的基本原理外,按大纲的要求还扩展了与建筑行业有关的电工应用技术等内容,诸如负荷计算、变压器容量的选择、配电线路及导线截面选择、建筑照明、建筑防雷及安全用电等,以适应培养应用型中等专业人材的需要。

全书由广西建筑工程学校徐树德主编,其中绪论、第一、二章由徐树德编写,第三章由湖南省建筑学校李英如编写,第四、五章由广西建筑工程学校高作均编写,第六章由湖南省建筑学校李英如、广西建筑工程学校徐树德合编,第七、八章由湖南省建筑学校李志辉编写,实验项目与要求由广西建筑工程学校张乃鹏编写。全书于1989年3月在南宁由广州市建筑工程学校、郑州建筑工程学校、广西建筑工程学校和湖南省

建筑学校集体审稿。

本书按68学时（包括实验，但不包括参观）编写的，为了提供应用上的方便，在内容上有所扩展，如照明的简单设计计算、共用天线等，这部分内容作为选修不占学时，在目录上加注※符号以区别。

由于编者水平有限，错误在所不免，希望读者给以指正。

编 者

一九八九年四月

目 录

绪 论	(1)
第一章 单相交流电路	(3)
1.1 电路的基本概念和基本公式	(3)
1.1.1 电路的组成	1.1.2 电路参数
1.1.3 电路的基本公式	1.1.4 电路的状态
1.2 正弦交流电的概念和产生	(9)
1.2.1 交流电的性质	1.2.2 正弦交流电的优点
1.2.3 正弦交流电的产生	1.2.4 正弦电量的瞬时值、最大值、周期和频率
1.2.5 正弦电量的相位、初相位和相位差	1.2.6 正弦电量的有效值与平均值
1.3 正弦电量的几种表达法	(22)
1.3.1 三角函数表达式	1.3.2 正弦波形图
1.3.3 旋转矢量法	1.3.4 用复数表示正弦电量
1.4 相量及相量分析法	(26)
1.4.1 相量	1.4.2 相量分析法(符号法)
1.5 单一参数的交流电路	(29)
1.5.1 纯电阻电路	1.5.2 纯电感电路
1.5.3 纯电容电路	
1.6 多参数交流电路	(38)
1.6.1 R 、 L 、 C 串联电路	1.6.2 R 、 L 、 C 并联电路
1.6.3 R 、 L 串联与 C 并联电路	

1.7 功率因数的提高.....	(50)
1.7.1提高功率因数的意义 1.7.2提高功率因数的方法	
※小结.....	(54)
思考与练习.....	(56)
第二章 三相交流电路	(58)
2.1 三相对称电动势.....	(58)
2.1.1三相发电机主要结构 2.1.2三相对称电动势的产生和表示方法 2.1.3三相发电机绕组的连接	
2.2 对称三相负载的星形连接.....	(64)
2.2.1对称三相负载电路的基本参数 2.2.2无中性线时电流的回路 2.2.3功率分析	
2.3 不对称三相负载的星形连接.....	(71)
2.3.1电路的基本参数 2.3.2中点位移和负载相电压 2.3.3中性线电流的计算 2.3.4中性线折断时中点的严重位移及危害	
2.4 三相负载的三角形连接.....	(75)
※小结.....	(78)
思考与练习.....	(80)
第三章 变压器	(82)
3.1 单相变压器.....	(83)
3.1.1基本结构 3.1.2变压器的空载运行 3.1.3变压器的有载运行	
3.2 三相变压器.....	(89)
3.2.1三相变压器的构造 3.2.2三相变压器绕组的连接 3.2.3三相变压器的冷却方式 3.2.4三相变	

压器的调压 3·2·5三相变压器的铭牌 3·2·6变压器
器并联运行的条件

※3·3 其他变压器…………… (99)

3·3·1自耦变压器 3·3·2仪用互感器 3·3·3焊接
变压器 3·3·4安全变压器

思考与练习……………(107)

第四章 异步电动机……………(108)

4·1 三相异步电动机的结构…………… (108)

4·1·1定子 4·1·2转子

4·2 三相异步电动机的工作原理…………… (112)

4·2·1旋转磁场 4·2·2异步电动机的工作原理

4·2·3转差率

4·3 三相异步电机的电磁转矩与机械特性…………… (117)

4·3·1转差率与转子电路各量的关系 4·3·2电磁转
矩 4·3·3机械特性

4·4 三相异步电动机的铭牌与选择…………… (124)

4·4·1异步电动机的铭牌 ※4·4·2异步电动机的选
择

4·5 三相异步电动机的起动…………… (131)

4·5·1起动过程与特征 4·5·2鼠笼电动机的全压起
动4·5·3鼠笼电动机的降压起动 4·5·4绕线式电动
机的起动

4·6 三相异步电动机的调速、反转和制动…………… (139)

4·6·1三相异步电动机调速的基本原理 4·6·2改变
电源频率调速 4·6·3改变定子绕组磁极对数调
速 4·6·4改变转差率调速 ※4·6·5其他调速方法

4.6.6三相异步电动机的反转 4.6.7三相异步电动机的制动

※4.7 三相异步电动机的维护……………(146)

4.7.1一般维护 4.7.2异步电动机一般故障及处理

4.7.3电动机的干燥

※4.8 单相异步电动机……………(149)

思考与练习……………(151)

第五章 异步电动机的控制与保护……………(153)

5.1 常用低压控制与保护电器Ⅰ……………(153)

5.1.1低压刀开关 5.1.2主令电器 5.1.3低压熔断器

5.2 常用低压控制与保护电器Ⅱ……………(163)

5.2.1自动空气开关 5.2.2交流接触器 5.2.3继电器 5.2.4起动器

5.3 异步电动机的基本控制电路……………(172)

5.3.1用手动开关控制电动机 5.3.2电动机基本继电器接触控制 5.3.3电动机联锁控制

5.4 常用控制电路举例……………(184)

5.4.1电动葫芦控制原理 5.4.2QX₃系列自动星形—三角形起动器控制电路 5.4.3XJ01型自耦降压起动器控制电路 5.4.4混凝土搅拌机电路原理

5.5 异步电动机的保护……………(190)

5.5.1电动机的短路保护 5.5.2电动机的过载保护 5.5.3电动机的失压与欠压保护

思考与练习……………(193)

第六章 建筑供电	(196)
※6.1 电力系统概述.....	(196)
6.1.1电能的产生 6.1.2电力网和电力系统的概念	
6.1.3电力网的电压等级	
6.2 电力负荷的分类和计算.....	(200)
6.2.1电力负荷的分类 6.2.2单项用电设备功率的确定	
6.2.3负荷计算的需要系数法	
6.3 配电变压器容量的选择.....	(207)
6.3.1按最大负荷选择 6.3.2按经济容量选择	
6.3.3负载的等效负荷计算 6.3.4按发热条件校验变压器	
6.4 10kV小容量变电所.....	(213)
※6.4.1变电所所址的选择 ※6.4.2负荷中心计算	
6.4.3变电所结构 6.4.4变电所的主结线 6.4.5变电所的高低电压设备	
6.5 低压配电线路.....	(235)
6.5.1低压架空配电线路 ※6.5.2低压电缆线路	
※6.5.3低压电力网的结线 6.5.4导线截面选择	
6.6 施工现场供电.....	(253)
6.6.1施工现场供电特点及注意事项 6.6.2施工现场供电平面例图	
思考与练习.....	(254)
第七章 建筑照明	(257)
※7.1 民用建筑负荷.....	(257)
7.1.1民用建筑负荷的构成 7.1.2民用建筑负荷的特点	
7.1.3建筑工地负荷	

7.2	电光源及常用灯具	(260)
7.2.1	电光源的种类	7.2.2 常用灯具
※7.3	电气照明的简单计算	(271)
7.3.1	照度标准	7.3.2 灯具的悬挂高度和布灯计算
7.3.3	发光装置及其布灯	7.3.4 照度计算的单位容量法
7.4	建筑电气导线敷设	(287)
7.4.1	导线的种类及适用范围	7.4.2 导线的敷设方法
※7.4.3	导线的连接	
7.5	建筑照明平面图及系统图	(301)
7.5.1	照明平面图	7.5.2 照明系统图
※7.6	照明器件的固定	(310)
7.6.1	预埋法	7.6.2 胀管法
※7.7	共用天线装置	(315)
7.7.1	天线	7.7.2 前端设备
7.7.3	信号传输分配系统	
	思考与练习	(327)
第八章	建筑防雷与安全用电	(329)
8.1	雷电的形成与危害	(329)
8.1.1	雷电的形成	8.1.2 雷电的危害及雷直击的选择性
8.2	建筑防雷等级及防雷措施	(331)
8.2.1	建筑防雷等级	8.2.2 建筑防雷措施
※8.2.3	建筑防雷的具体要求	
8.3	建筑防雷装置	(342)
8.3.1	接闪器	8.3.2 引下线
8.3.3	接地装置	

8.3.4	接地电阻的测量	8.3.5	接地电阻的降低方法
8.3.6	建筑防雷平面图	8.3.7	建筑工地的防雷
8.4	触电的危害、类型和急救		(360)
8.4.1	触电的危害	8.4.2	触电的类型
	电的急救	※8.4.3	触电的急救
8.5	接地、接零与触电保安器		(367)
8.5.1	保护接地	8.5.2	保护接零
	器	8.5.3	触电保安器
	思考与练习		(375)
实验项目及要	求		(376)
实验一	单相负载及无功补偿		(376)
实验二	三相负载		(379)
实验三	单相变压器		(383)
实验四	三相异步电动机的检查与起动		(386)
实验五	三相异步电动机的正反转与行程控制		(389)
附 表			(392)
附表一	常用小功率异步电动机技术规范		(392)
附表二	三相配电变压器技术规范		(393)
附表三	户外小容量10kV变电所高压设备		(396)
附表四	常用低压电器技术规范		(397)
附表五	绝缘铝线、裸铝线及导线穿管管径		(402)
附表六	照明常用材料规范		(406)
附表七	接地电阻冲击系数		(407)
参考文献			(408)

绪 论

自然界中以其固有形态存在的能源叫一次能源，如原煤、原油、天然气、核原料、植物燃料、水能、海流动能和潮汐能等。由一次能源直接或间接转换为其他形式的能源叫二次能源，如电能、各种燃油、煤气、焦炭、蒸汽、沼气、氢能等，其中电能是人类最广泛使用的二次能源，电能的利用较为方便，电能的广泛应用，能有效地促进生产过程的机械化和自动化，提高劳动生产率，减轻劳动强度和改善劳动条件。

用于转换为电能的一次能源占一次能源总耗量的比重愈大，表明电气化程度愈高，说明对一次能源的使用效率愈高。截至80年代初期，全世界的这一比重是25%，而我国是22%左右，工业发达的国家则在30%以上。

电能的优越性在于：能转换方便，即由非电能转换为电能，又由电能转换为机械能、热能、声能、光能都很方便；输送方便，即用架空线路或电缆线路进行输送，或以电磁波的形式传播；控制方便，即电能的利用过程中通过程序控制，数字控制，实现高度自动化。

《电工学》是研究电和与其密切相关的磁的现象及其基本原理的科学，扩展的《电工学》还研究电工的基本应用技术，如变压器和异步电机的基本原理。《建筑电工学》还扩展了建筑行业的电工应用技术，如建筑施工和大中型建筑的

供用电以及建筑照明与防雷等，电工技术对建筑行业日益加深的渗透以及建筑行业对电工技术日益加深的依赖，表明了《电工学》及电工技术在建筑行业中的重要性。

《建筑电工学》尽可能地纳入了新的论点和科学的分析方法，如对电路分析采用相量分析法，对三相四线低压电网用中点位移解析星接不对称三相负载可能出现的一切问题，用等效负荷选择变压器的经济容量等。

第一章 单相交流电路

1.1 电路的基本概念和基本公式

1.1.1 电路的组成

电路即电流流通的途径。由电源、导线、负载以及控制开关组成。见图1-1。

电源是把其他形式的能转换为电能的设备。负载是将电能转换为其他能的设备。如电动机是把电能转换为机械能的设备；电阻是把电能转换为热能的设备。

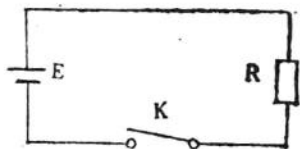


图1-1

导线是把电流和负载连接起来，给电荷移动提供通道的导体。开关则是控制负载需要工作与否的器件。

1.1.2 电路参数

非电能转换为电能过程，电源力将单位正电荷由负电极移到正电极做的功叫电动势。

导线和用电器组成外电路，并与将电源两极接通，便形成闭合回路。正电荷便从正极经外电路向负极移动做功，并与负电荷中和，正电荷的移动形成电荷流即电流，电流方向与正电荷移动方向一致，故正电极为高电位而负电极为低电位。电源正负极之间存在的这种驱动正电荷移动的能力叫电场力，而电位表征着正电荷在电路中某一点具有的向低电位移动的位能。电路里任意两点的电位差叫电压。电动势和电压的单位都是伏特。

单位时间内流经电路的电荷量用电流强度(I)表示,
 $I = \frac{Q}{t}$ 其单位是安培,简称安(A)。直流电路的负载是以电阻(R)的形态出现的,电阻是做功的元件,它将电能转换为其他形式的能。电阻的单位是欧姆,简称欧(Ω)。

1.1.3 电路的基本公式

一、电流的热效应及电功率

电流通过电阻,就会产生热,这就是电流的热效应。据焦耳楞次定律,电流通过电阻所产生的热量和电流强度的平方、电阻值及通电的时间成正比,即:

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad (1-1)$$

式中: 0.24—热功当量,即 1 焦耳 $\Rightarrow$ 0.24 卡

I —电流强度(安) R —电阻(欧)

t —通电的时间(秒) Q —热量(卡)

式(1-1)中 $I^2 R$ 为电功率,即单位时间内产生或接受的电能叫电功率。

在电路里,电源向负载提供的电功率是它的电动势和电流的乘积,用 $E I$ 表示,而负载接受的功率是负载承受的电压和电流的乘积,用 $U I$ 表示, $U I = I^2 R$ 。

二、欧姆定律

在闭合的电路中,通过电阻元件的电流和加于它两端的电压成正比,和电阻值成反比,这就是部分电路欧姆定律。用公式表为:

$$I = \frac{U}{R} \text{ (A)} \quad (1-2)$$

如考虑到电源的内阻 r_0 , 则全电路电流 I 与电源电动势

E 成正比, 与 $(R+r_0)$ 成反比:

$$I = \frac{E}{R+r_0} \quad (\text{A}) \quad (1-3)$$

式中: R —负载电阻 (Ω)

r_0 —电源内阻 (Ω)

E —电源电动势 (V)

式 (1-3) 称全电路欧姆定律。

三、克希荷夫回路电压定律及电阻串联、分压公式

如图1-2, 有两个电阻串联并接通电源 (忽略电源内阻), $OABO$ 叫电路的回路。电流 I 由高电位 A 点经外电路 B 点流向低电位 O 点, 对于电源, 从 O 点至 A 点是电位 (电压) 升, 对外电路, 从 A 点至 B 点、从 B 点至 O 点都是电压降, 不难看出, 在回路里, E 的势能全都消耗在外电路的电压降。克希荷夫研究了电阻串联的这种规律, 得出结论: 闭合回路内, 电压升的和等于电压降的和。这就是克希荷夫回路电压定律 (KVL), 也叫克希荷夫第二定律。

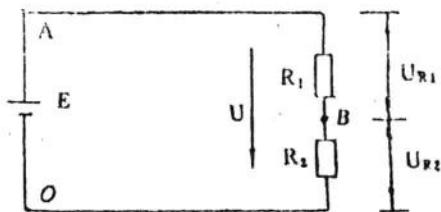


图1-2

现以一个等效电阻 R 代替图1-2中的 R_1 、 R_2 , 可得: