



普通高等教育“十二五”规划教材

建筑电气

主 编 陈松柏 褚晓锐

副主编 吴光平 郝小江 唐 韬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

建筑电气

主 编 陈松柏 褚晓锐

副主编 吴光平 郝小江 唐 韬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共 11 章, 分为上下两篇, 上篇电工技术基础涵盖了直流电路、正弦交流电路、变压器和异步电动机等, 下篇建筑电气基础包含了建筑工程供配电、常用低压电气设备 & 低压配电线路、室内供配电、建筑电气照明、建筑防雷与安全用电、建筑智能化系统和建筑电气施工图等。

本书既可作为为高等院校的土建类工程专业的本科学的教材, 也可兼作高等职业技术类院校的相关专业的师生的参考用书。

图书在版编目 (C I P) 数据

建筑电气 / 陈松柏, 褚晓锐主编. — 北京 : 中国
水利水电出版社, 2012. 10
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-0312-0

I. ①建… II. ①陈… ②褚… III. ①房屋建筑设备
— 电气设备—高等学校—教材 IV. ①TU85

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第253511号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 建筑电气
作 者	主编 陈松柏 褚晓锐 副主编 吴光平 郝小江 唐韬
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	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 20 印张 474 千字
版 次	2012 年 10 月第 1 版 2012 年 10 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	39.00 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

前言

本书是普通高等教育“十二五”规划教材，多所高等院校共同起草了本书的编写大纲。本书是为高等院校的土建类工程专业的本科学生编写的，也可兼作高等教育工科院校土建类工程专业专科学生的自学参考用书。

《建筑电气》是属于技术基础课与专业课之间的交叉课程。内容涵盖了建筑电工基础以及建筑电气方面的知识，既有强电，又涵盖弱电，知识面广，理论与实践有机统一，实践性较强。通过本书学习，将使土建类专业的学生不仅具有一定的电工技术基础知识，而且能了解建筑电气的设计、能识别建筑电气施工图并掌握一定的施工管理等方面的知识，为今后从事相关的工作打下一个良好的基础。

为适应当今时代发展不断提出节能环保等新的需求，本书力争做到深入浅出，突出工程应用，在介绍了传统的电工技术基础知识后，根据土建类工程等专业要求，结合工程实例比较系统地介绍了建筑电气方面的知识，例如：供配电、照明、防雷和接地、建筑弱电系统等方面的知识，并适当地增加了对新型照明光源 LED 技术的介绍。

全书共分为上、下两篇，上篇电工技术基础（第 1～第 4 章）、下篇建筑电气基础（第 5～第 11 章），全书共 11 章，每一章后面都附有习题。各学校可根据本校各专业对课程设置的具体需要对教学内容进行选择。建议单独开设了电工学课程的专业选择从下篇开始教学，适用学时 48 学时；没有开设过电工学课程的专业要上完全部内容需要 72 学时。

本书由四川农业大学陈松柏任本书第一主编，西昌学院褚晓锐任本书第二主编，陈松柏负责全书的统稿和定稿工作。副主编有云南农业大学吴光平、攀枝花学院郝小江、西昌学院唐韬，参加编写工作的还有四川农业大学庞涛和李逊。各章节具体编写分工：四川农业大学陈松柏编写第 1、第 2 章和统稿定稿等、西昌学院褚晓锐（第 6、第 9 章和附录等）、云南农业大学吴光平（第 5、第 7、第 11 章和附录等）、四川农业大学庞涛（第 3 章）、四川农业大学李逊（第 4 章）、西昌学院唐韬（第 8 章）、攀枝花学院郝小江（第 10 章）。

在本书的编写过程中，得到了四川农业大学工程技术学院各位同仁的大力支持和帮助。在此，表示衷心的感谢！

由于笔者水平有限，难免在本书中出现缺点和错误，恳请读者和朋友们批评指正，以便今后修改提高。

编 者

2012年3月

目 录

前言

绪论	1
----	---

上篇 电工技术基础

第 1 章 直流电路基础	7
1.1 电路的作用与组成	7
1.2 电路元件与电路模型	8
1.3 电路中的基本物理量	9
1.4 电气设备额定值与实际值	14
1.5 欧姆定理	15
1.6 基尔霍夫定理	16
1.7 电阻的串并联	19
1.8 支路电流法	20
1.9 叠加定理	23
1.10 戴维南定理	24
习题	26
第 2 章 交流电路基础	30
2.1 正弦交流电的基本概念	30
2.2 正弦量的相量表示法	34
2.3 单一参数的正弦交流电路	35
2.4 电阻、电感与电容串联的交流电路	42
2.5 阻抗的串联与并联	46
2.6 功率因数的提高	49
2.7 谐振电路	51
2.8 三相交流电路基础	56
习题	64
第 3 章 变压器	68
3.1 变压器的结构	68

3.2 变压器的工作原理	70
3.3 特殊变压器	72
习题	75
第4章 异步电动机	77
4.1 三相异步电动机的构造	77
4.2 三相异步电动机的工作原理	78
4.3 三相异步电动机的机械特性	82
4.4 异步电动机的起动	84
4.5 异步电动机的调速	87
4.6 三相异步电动机的铭牌数据	88
4.7 三相异步电动机的选择	91
习题	94

下篇 建筑电气基础

第5章 建筑工程供配电	97
5.1 电力系统概述	97
5.2 负荷分级、供电要求及电能质量	102
5.3 负荷计算	104
5.4 变配电所	111
5.5 成套装置	115
5.6 预装式变电站	120
5.7 低压配电线路	123
5.8 建筑施工现场的电力供应及临时用电管理	130
习题	132
第6章 常用低压电气设备及低压配电线路	133
6.1 刀开关	133
6.2 低压断路器	136
6.3 低压熔断器	138
6.4 交流接触器	138
6.5 其他低压电气设备	139
6.6 低压配电线路	140
6.7 低压配电线路导线及电缆的选择	142
习题	157
第7章 室内供配电	159
7.1 室内供配电要求及配电方式	159
7.2 保护装置及选择	162
7.3 电能表	166

7.4 低压配电箱	168
习题	171
第8章 建筑电气照明	172
8.1 常用的光学物理量	172
8.2 照明质量指标	173
8.3 常用电光源	175
8.4 灯具	183
8.5 照明光源和灯具的选用	187
8.6 照度计算	188
8.7 照明设计	193
8.8 照明设计程序及规范	196
习题	198
第9章 建筑防雷与安全用电	200
9.1 建筑物防雷	200
9.2 安全用电	215
9.3 供电系统保护接地形式及电击防护措施	221
习题	225
第10章 建筑智能化系统	226
10.1 建筑智能化系统概念	226
10.2 建筑智能化系统工程	226
10.3 建筑智能化系统——子分部工程	227
10.4 火灾自动报警系统	228
10.5 电视系统	231
10.6 电话系统	235
10.7 有线广播系统	236
10.8 楼宇对讲系统中防盗报警系统	238
10.9 安全防范系统	240
10.10 建筑智能化系统总体方案设计简述	241
习题	244
第11章 建筑电气施工图	245
11.1 建筑电气工程施工图设计	245
11.2 建筑电气工程施工图的识读	249
11.3 建筑电气工程施工图实例	251
习题	259

附 录

附录1 常用电气图例符号	261
--------------------	-----

附录 2 建筑电气部分常用技术数据 268

附录 3 常用导线、电缆型号与用途 284

附录 4 常用导线和电缆安全载流量 288

附录 5 全国主要城市年平均雷暴日数统计表 308

附录 6 接地相关数据 310

参考文献 312

绪 论

0.1 建筑电气的任务与组成

0.1.1 建筑电气的任务

建筑电气是属于技术基础课与专业课之间的交叉课程。它是以电能、电气设备、计算机技术和通信技术为手段,创造、维持和改善室内空间的电、光、热、声以及通信和管理环境的一门科学,使建筑物更充分地发挥其特点,实现其功能。

本课程的任务,主要是讲述电工基本知识以及电气设备的结构、安装、运行、维护等知识,并讲述电气照明以及现代建筑内部的电能供应和分配问题。最后,介绍了建筑的智能化及建筑电气的设计与施工。通过本课程的学习,将使土建类专业的学生不仅具有电工技术基础知识,而且能了解建筑电气的设计、识图、施工管理等方面的知识,为今后的工作打下一个良好的基础。

0.1.2 研究建筑电气的意义

随着建筑技术的迅速发展和现代化建筑的出现,建筑电气所涉及的范围已由原来单一的供配电、照明、防雷和接地,发展成为近代物理学、电磁学、无线电电子学、机械电子学、光学、声学等理论为基础的应用于建筑工程领域内的一门新兴学科。而且还在逐步应用新的数学和物理知识结合电子计算机技术向综合应用的方向发展。这不仅使建筑物的供配电系统、保安监视系统实现自动化,而且对建筑物内的给水排水系统、空调制冷系统、自动消防系统、保安监视系统、通信及闭路电视系统、经营管理系统等实行最佳控制和最佳管理。因此,现代建筑电气已成为现代化建筑的一个重要标志;而作为一门综合性的技术科学,建筑电气则应建立相应的理论和技术体系,以适应现代建筑设计的需要。

0.1.3 建筑电气系统的组成

利用电气技术、电子技术及近代先进技术与理论,在建筑物内外人为创造并合理保护理想的环境,充分发挥建筑物功能的一切电工、电子设备的系统,统称为建筑电气。

各类建筑电气系统虽然作用各不相同,但它们一般都是由用电设备、配电线路、控制和保护设备三大基本部分所组成。

(1) 用电设备:照明灯具、家用电器、电动机、电视机、电话、音响等,种类繁多,作用各异,分别体现出各类系统的功能特点。

(2) 配电线路:用于传输电能和信号。各类系统的线路均为各种型号的导线或电缆,

其安装和敷设方式也都大致相同。

(3) 控制、保护等设备：是对相应系统实现控制保护等作用的设备。这些设备常集中安装在一起，组成如配电盘、柜等。

将若干盘、柜常集中安装在同一房间中，即形成各种建筑电气专用房间，这些房间均需结合具体功能，在建筑平面设计中统一安排布置。

0.2 建筑电气设备的类型

建筑电气设备的类型繁多，根据其性质和功能来分也各不相同。以下仅从建筑电气设备在建筑中的作用和专业属性来分类。

0.2.1 按照在建筑中所起的作用不同来分类

(1) 创造环境的设备：为人们创造良好的光、温湿度、空气和声音环境的设备，如照明设备、空调设备、通风换气设备、广播设备等。

(2) 追求方便的设备：为人们提供生活工作的方便以及缩短信息传递时间的设备，如电梯、通信设备等。

(3) 增强安全性的设备：主要包括保护人身与财产安全和提高设备与系统本身可靠性的设备，如报警、防火、防盗和保安设备等。

(4) 提高控制性及经济性的设备：主要包括延长建筑物使用寿命、增强控制性能的设备，以及降低建筑物维修、管理等费用的管理性能的设备，如自动控制设备和电脑管理。

0.2.2 按照建筑电气设备的专业属性来分类

(1) 供配电设备：如变电系统的变压器、高压配电系统的开关柜、低压配电系统的配电屏与配电箱、二次回路设备、发电设备等。

(2) 照明设备：如各种电光源及灯具。

(3) 动力设备：各种靠电动机拖动的机械设备，如吊车、搅拌机、水泵、风机、电梯等。

(4) 弱电设备：如电话、通信设备、电视及 CATV、音响、计算机与网络、报警设备等。

(5) 空调与通风设备：如制冷机泵、防排烟设备、温湿度自动控制装置等。

(6) 洗衣设备：如湿洗及脱水机、干洗机等。

(7) 厨房设备：如冷冻冷藏柜、加热器、自动洗刷机、消毒机、排油烟机等。

(8) 运输设备：如电梯、运输机、文件及票单自动传输设备等。

0.3 建筑电气系统的分类

建筑电气系统一般由用电设备、供配电线路、控制和保护装置三大基本部分组成，根

据上述三大基本部分的性质不同,可以构成种类繁多的各种建筑电气系统。

从电能的供入、分配、输运和消耗使用来看,全部建筑电气系统可分为建筑供配电系统和建筑用电系统两大类。而根据用电设备的特点和系统中所传递能量的类型,又可将用电系统分为建筑照明系统、建筑动力系统和建筑弱电系统三种。

0.3.1 建筑供配电系统

接受发电厂电源输入的电能,并进行检测、计算、变压等,然后向用户和用电设备配电能的系统,称为供配电系统,一般供配电系统包括一次接线和二次接线。

(1) 一次接线。直接参与电能的输送与分配,由母线、开关、配电线路、变压器等组成的线路,这个线路就是供配电系统的一次接线,即主接线。它表示着电能的输送路径。一次接线上的设备称为一次设备。

(2) 二次接线。为了保证供配电系统的安全、经济运行以及操作管理上的方便,常在配电系统中,装设各种辅助电气设备(二次设备),例如控制、信号、测量仪表、继电保护装置、自动装置等,从而对一次设备进行监视、测量、保护和控制。通常把完成上述功能的二次设备之间互相连接的线路就称为二次接线(二次回路)。

0.3.2 建筑用电系统

根据用电设备的特点和系统中所传递能量的类型,又可将用电系统分为三种:建筑照明系统、建筑动力系统、建筑弱电系统。

(1) 建筑电气照明系统。将电能转换为光能的电光源进行采光,以保证人们在建筑物内外正常从事生产和生活活动,以及满足其他特殊需要的照明设施,称为建筑电气照明系统。它由电气系统和照明系统组成。

1) 电气系统:它是指电能的生产、输送、分配、控制和消耗使用的系统。它是由电源(市供交流电源、自备发电机或蓄电池组)、导线、控制和保护设备和用电设备(各种照明灯具等)组成。

2) 照明系统:它是指光能的产生、传播、分配(反射、折射和透射)和消耗吸收的系统。它是由光源、控照器、室内空间、建筑内表面,建筑形状和工作面等组成。

3) 电气和照明系统的关系:电气和照明两套系统,既相互独立,又紧密联系。因此,在实际的电气照明设计中,一般程序是根据建筑设计的要求进行照明设计,再根据照明设计的成果进行电气设计,最后完成统一的电气照明设计。

(2) 建筑动力系统。将电能转换为机械能的电动机,拖动水泵、风机等机械设备运转,为整个建筑提供舒适、方便的生产与生活条件而设置的各种系统,统称为建筑动力系统。

建筑动力系统实质就是向电动机配电,以及对电动机进行控制的系统。主要包括电动机的种类及在建筑中的应用、电动机的控制等。

(3) 建筑弱电系统。处理各种建筑弱电信号的电子设备,一般具有信号准确接收、传输和显示(功能),并以此满足人们获取各种信息的需要和保持相互联系的各种系统,统称为建筑弱电系统,如共用电视天线系统、广播系统、通信系统、火灾报警系统、智能保

安系统、综合布线系统、办公自动化等。

随着现代建筑与建筑弱电系统的进一步融合,智能建筑也随之出现。因此,建筑物的智能化的高低取决于它是否具有完备的建筑弱电系统。

0.4 建筑电气与其他专业之间的关系

0.4.1 建筑电气与建筑专业的关系

建筑电气与建筑专业的关系,视建筑物的功能不同而不同。在工业建筑设计过程中,生产工艺设计是起主导作用的,土建设计是以满足工艺设计要求为前提,处于配角的地位。

民用建筑设计过程中,建筑专业始终是主导专业,电气专业和其他专业则处于配角的地位,即围绕着建筑专业的构思而开展设计,力求表现和实现建筑设计的意图,并且在工程设计的全过程中服从建筑专业的调度。

由于各专业都有各自的特点和要求,有各自的设计规范和标准,所以在设计中不能片面地强调某个专业的重要而置其他专业的规范于不顾,影响其他专业的技术合理性和使用的安全性。如电气专业在设计中应当在总体功能和效果方面努力实现建筑专业的设计意图,但建筑专业也要充分尊重和理解电气专业的特点,注意为电气专业设计创造条件,并认真解决电气专业所提出的技术要求。

0.4.2 建筑电气与建筑设备专业的协调

建筑电气与建筑设备(采暖、通风、上下水、煤气)争夺地盘的矛盾特别多。因此,在设计中应很好地协调,与设备专业合理划分地盘,建筑电气应主动与土建、暖通、上下水、煤气、热力等专业在设计中协调好,而且要认真进行专业间的校对,否则容易造成工程返工和建筑功能上的损失。

总之,只有各专业之间相互理解,相互配合才能设计出既符合建筑设计的意图,又在技术和安全上符合规范、功能满足使用要求的建筑物。

0.5 建筑电气课程性质、要求和学习方法

0.5.1 课程性质

建筑电气课程内容涵盖了建筑电工基础、建筑电工技术基础以及建筑电气方面的知识,既有强电,又有弱电,知识面广,理论与实践有机统一,实践性较强。建筑电气是现代建筑的重要组成部分,现在经常提到的智能建筑,从某种角度讲,它在很大程度上要依赖于建筑电气。建筑电气是现代电气技术与现代建筑的巧妙集成。它是一个国家建筑产业状况的具体表征。

0.5.2 课程要求

本课程的具体要求是：了解建筑电气的任务、组成以及建筑电气设备和系统的种类；熟悉建筑电气设计施工的原则与程序，能够看懂建筑电气施工图；掌握建筑电气的电工基本理论与知识；掌握建筑电气配电系统的布置，能进行简单的计算；熟悉建筑电气照明，能进行灯具的选择、布置和照度的计算；了解现代建筑的智能化技术。

0.5.3 学习方法

学习本课程中应注意的问题：正确处理理论学习与技能训练的关系，在认真学习理论知识的基础上，注意加强技能训练，密切联系生产实际，在教师指导下，深入实际，勤学苦练，注意积累经验，总结规律，逐步培养独立分析解决实际问题的能力。本课程宜安排一次电工工艺实训和建筑电气识图课程设计，时间各为一周。在技能训练过程中，要注意爱护工具和设备，节约材料，严格执行电工安全操作规程，做到安全、文明生产，在识图或设计中熟悉国家规范并按章执行。

上篇 电工技术基础

本篇主要介绍电路的基本概念和基本定律，然后着重介绍直流电路和交流电路的基本分析、计算方法，最后介绍常用电气设备变压器、电动机的结构、原理及选择。

第1章 直流电路基础

随着当今科学技术的发展，电工技术和电子技术在各个生产领域的应用越来越广泛，特别是在建筑领域中，各种电气设备的种类越来越多，虽然它们的功能各不相同，但大多数电气设备都是各种基本电路组成的，因此掌握电路的分析与计算方法就显得十分重要。

本章主要介绍电路的基础知识，讨论电路中电压和电流的参考方向、电路中电位的概念以及电路中的基本定理和直流电路的基本分析方法等，这些内容都是分析与计算电路的基础，也是为后面的深入学习打基础。

1.1 电路的作用与组成

电路就是电流流过的路径，它一般是为了某种需要把某些电工设备或元件按一定方式相互连接和组合起来，构成的电流通路。电路的主要作用是能实现电能的传输、分配和转换，以及信号的传递和处理等。

电路的结构形式和所能完成的任务是多种多样的，有很简单的手电筒电路，其电路示意图如图 1.1.1 所示，它的作用是利用电灯把电池中的电能转换为光能，起到照明的作用；也有比较复杂的电力系统电路，其电路示意图如图 1.1.2 所示，它包括发电厂、输电网、变电所及电力用户等组成部分，其作用是实现电能的传输和转换。尽管这些电路的作用各不相同，但它们都由三个主要的部分组成，即电源、负载和中间环节。

电源是产生和提供电能的设备。它可以将非电能转换为电能或者把一种形式的电能转换为另一种形式的电

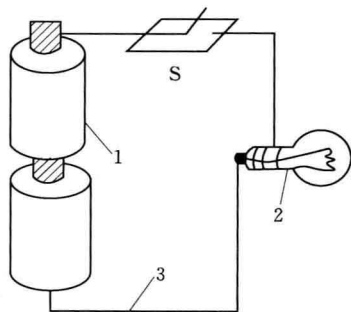


图 1.1.1 手电筒电路
1—电源；2—元件；3—线路

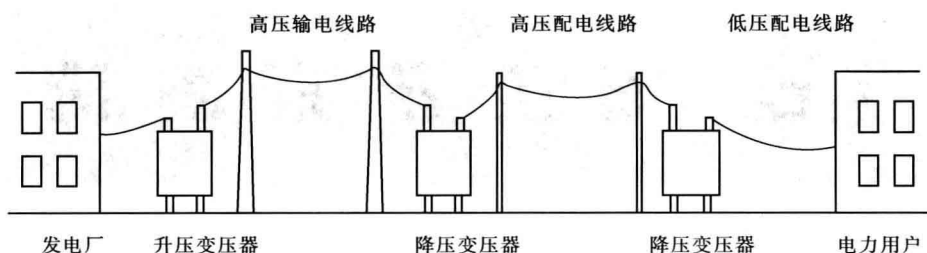


图 1.1.2 电力系统电路

能，例如：发电机是将机械能转换为电能；蓄电池是将化学能转换为电能；各种信号发生器就是将一种波形的信号变换成另一种波形信号，所以又称其为信号源。

负载是利用电能或接收电信号的设备。它将电能转换为其他形式的能量，例如：电动机将电能转换为机械能；电灯将电能转换为光能；电炉将电能转换为热能；扬声器是将电信号转换为声音等。

中间环节是连接电源和负载的部分。主要作用是传输电能和信号，以传输电能的传输线为主，也包括开关、熔断器和断路器等设备。

1.2 电路元件与电路模型

实际电路都是由一些具体的电气元件和电气设备组成，把这些具体的电气元件和电气设备统称为实际的电路元件。由于实际电路元件的种类繁多，而且它们的电磁性质也比较复杂，为了简化问题的分析，把实际电路元件分为无源元件和有源元件，并把它们的电磁性质进行科学的抽象和概括。

当电路在工作中，在电磁波的波长远大于实际电路尺寸的情况下，用表征主要物理性质而忽略其次要性质的理想电路元件来代替。例如，理想电阻元件可以看成只具有消耗电能的性能；理想电容元件只具有储存电场能量的性能；理想电感元件只具有储存磁场能量的性能。这些理想电路元件只集中体现一种物理性能，如图 1.2.1 所示。

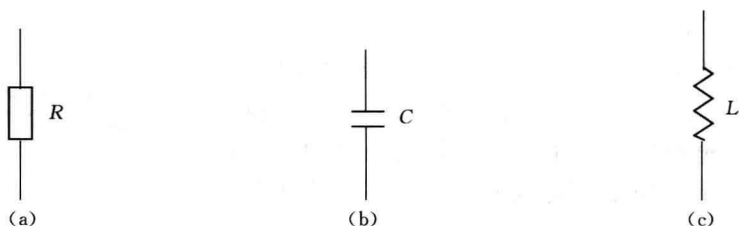


图 1.2.1 理想元件模型

(a) 电阻元件；(b) 电容元件；(c) 电感元件

为简便起见，常把理想电阻元件简称为电阻；理想电容元件简称为电容；理想电感元件简称为电感。电阻又称耗能元件，电容和电感又称储能元件。

实际电源的理想化模型有理想电压源元件和理想电流源元件，其图形符号如图 1.2.2