

高等成人教育教材
(兼作高等教育自学用书)

建 筑 电 气

刘式雍 陈金铁 闵有毅 编

上海科学技术文献出版社

高等成人教育教材
(兼作高等教育自学用书)

建 筑 电 气

刘式雍 陈金铁 闵有毅 编

上海科学技术文献出版社

高等成人教育教材

目 录

本课程函授、自学方法的说明	1
一、建筑电气课程的性质、任务、内容、基本要求及其与先修课的关系	1
二、建筑电气的自学方法和有关注意事项	2
三、学时分配及作业安排的建议	4
第一章 电路的基本概念和分析方法	5
学习指导	5
第一节 电路中的物理量及其参考方向	6
一、电路的组成及作用	6
二、电路的基本物理量及其参考方向	7
第二节 电路的运行状态	11
一、电路的运行状态	11
二、电气设备的额定值和额定工作状态	17
第三节 电路分析的理论基础——克希荷夫定律	17
一、复杂电路的特点	17
二、克希荷夫定律	18
三、支路电流法	22
第四节 叠加原理和等效电源定理	24
一、叠加原理	24
二、等效电源定理(戴维南定理)	26
第五节 电阻、电容串联电路的充电、放电过程	28
一、电容的物理性质	28
二、电阻、电容串联电路的充电过程	29
三、电阻、电容电路的放电过程	31
四、时间常数	32
本章小结	33
复习思考题	35
习题	37
第一次测验作业	40
第二章 正弦交流电路	42
学习指导	42
第一节 正弦交流电的基本概念	43
一、什么是正弦交流电	43
二、交流电的特征	43
三、交流电的有效值	47

第二节 正弦量的相量表示法	48
第三节 单一参数的交流电路	50
一、交流电阻电路	51
二、交流电感电路	52
三、交流电容电路	55
第四节 电阻、电感和电容串联的交流电路	58
一、电路中的电压、电流和功率	58
二、串联谐振	60
第五节 电感性负载与电容并联的交流电路	63
一、电压、电流和功率的计算	63
二、并联谐振	64
三、功率因数的提高	66
第六节 三相交流电路	68
一、三相四线制电源	68
二、三相负载星形接法的电路	69
三、三相负载三角形接法的电路	73
四、三相电路的功率	74
本章小结	76
复习思考题	77
习题	81
第二次测验作业	82
第三章 建筑施工机械常用电动机	85
学习指导	85
第一节 交流三相异步电动机的结构和工作原理	86
一、三相异步电动机的结构	86
二、工作原理	87
第二节 三相异步电动机的机械特性	90
一 电磁转矩	90
二、转矩特性和机械特性	90
第三节 三相异步电动机的起动	93
一、起动电流	93
二、异步电动机的起动方法	94
第四节 三相异步电动机的调速与制动	98
一、绕线式异步电动机的调速	98
二、涡流制动器调速	99
三、制动	100
第五节 异步电动机的铭牌数据	101
小结(一)	103
第六节 直流电机的工作原理和结构	104

一、直流电机的工作原理	101
二、直流电机的结构	105
第七节 并激电动机的机械特性和调速	106
一、直流电动机的分类	106
二、并激电动机的机械特性	107
三、调速	107
第八节 并激电动机的起动与反转	108
一、起动	108
二、反转	108
第九节 并激电动机的制动	109
第十节 串激电动机	111
一、串激电动机的机械特性	111
二、串激电动机的调速	112
小结 (二)	113
复习思考题	114
习题	114
第三次测验作业	115
第四章 电动机的控制及建筑施工机械的电气线路	117
学习指导	117
第一节 常用低压控制电器	118
一、闸刀开关	118
二、自动空气开关	118
三、按钮	119
四、交流接触器	119
五、交流中间继电器	120
六、热继电器	120
七、过电流继电器	121
第二节 异步电动机直接起动的控制电路	122
一、点动电路	122
二、接入自锁触头和停止按钮的控制电路	124
三、有过载保护的异步电动机控制电路	124
四、异步电动机的正反转控制电路	125
五、异步电动机的行程开关控制电路	127
第三节 异步电动机 Y- Δ 降压起动控制电路	131
一、时间继电器	131
二、鼠笼式电动机 Y- Δ 降压起动电路	131
第四节 绕线式异步电动机的控制电路	132
一、凸轮控制器	132
二、用凸轮控制器控制绕线式异步电动机的电路	133

第五节 皮带运输机和混凝土搅拌机的电路	134
一、皮带运输机的电路	134
二、混凝土搅拌机的电路	136
第六节 塔式起重机电路	137
第七节 电动轮胎式起重机电路	141
本章小结	145
复习思考题	145
习题	145
第五章 常用电工仪表及测量	149
学习指导	149
第一节 直读式指示仪表的分类	150
一、直读式指示仪表的分类	150
二、直读式指示仪表的表面标记	150
第二节 测量误差	150
一、误差的分类	150
二、误差的表示方法	151
三、准确度	151
第三节 磁电系电压表和电流表	152
一、磁电系仪表的结构和工作原理	153
二、电流的测量	153
三、电压的测量	153
四、磁电系仪表的特点	153
第四节 磁电系万用表	155
一、磁电系万用表的结构	155
二、万用表的正确使用	156
第五节 电磁系电压表和电流表	157
一、电磁系仪表的结构和工作原理	157
二、电磁系仪表的特点	157
第六节 电动系仪表及功率测量	158
一、电动系仪表的结构原理	158
二、电动系仪表的特点	158
三、电动系功率表	159
四、三相有功功率的测量	159
五、三相无功功率的测量	160
第七节 感应系电度表及电能的测量	161
一、感应系电度表的结构原理	161
二、三相电能的测量	161
第八节 电阻的测量	162
一、绝缘电阻的测量和兆欧表	162

二、接地电阻的测量和接地摇表	163
第九节 非电量电测的基本概念	164
本章小结	165
复习思考题	166
习题	166
第四次测验作业	167
第六章 建筑供电	169
学习指导	169
第一节 概述	171
一、电力系统简介	171
二、电力负荷的分类和对供电的基本要求	172
三、建筑工地供电系统的组成	173
第二节 电力变压器	175
一、变压器的用途	175
二、变压器的构造	176
三、变压器的工作原理	177
四、变压器的外特性和电压调整率	179
五、三相电力变压器	180
六、变压器的效率与技术数据	181
第三节 中、小型降压变配电所	183
一、变配电所的分类及位置的选择	184
二、变配电所的电气主接线图及主要电气设备	186
三、变配电所的布置、结构和对土建设计的要求	194
第四节 电力负荷的计算	200
一、用需要系数法确定计算负荷	201
二、供电系统总计算负荷的确定	205
第五节 输配电线路	209
一、架空线路	210
二、电缆线路	215
三、车间和建筑物内的低压线路	217
四、导线与电缆截面的选择	221
五、熔断器的选择	226
第六节 建筑施工组织的供电设计举例	228
一、供电设计的步骤	228
二、建筑施工组织供电设计简单举例	229
第七节 建筑电气工程的施工	235
一、电气安装工程与土建施工的配合关系	235
二、建筑电气安装工程的质量检验标准	236
第八节 建筑防雷与安全用电	238

一、建筑防雷	238
二、安全用电	249
本章小结	255
复习思考题	257
习题	259
第七章 建筑照明	261
学习指导	261
第一节 照明技术的基本概念	262
一、光谱	262
二、光通量	262
三、发光强度	262
四、照度	263
五、亮度	263
六、眩光	264
七、光源的颜色	264
八、频闪效应	264
第二节 电光源及其选择	264
一、常用照明电光源	265
二、电光源的选择	267
第三节 灯具及其选择和布置	268
一、灯具的性能	268
二、灯具的分类	269
三、灯具的选用	270
四、灯具的布置	271
第四节 照明设计	272
一、照明种类与方式	272
二、照明质量	273
三、照明设计的一般步骤	274
四、照度计算	274
第五节 照明线路的配置	280
一、照明线路的一般要求	280
二、照明线路的布置	280
三、照明工程识图	283
本章小结	288
复习思考题	289
习题	289
第五次测验作业	289
附录一 常用电动机的技术数据(摘录)	291
附录二 常用闸刀开关、空气开关、交流接触器、热继电器、过电流继电器的技术数据	297

附录三 电力变压器的技术数据 300

附录四 HH3、HH4 负荷开关的接通与分断能力.....308

附录五 低压熔断器的技术数据 309

附录六 常用低压配电屏的主要技术数据 311

附录七 常用绝缘导线的技术数据 312

附录八 阀型避雷器的技术数据 315

附录九 部分常用照明灯的最大允许距高比和效率 316

附录十 部分灯具均匀照明单位容量值 317

附录十一 部分灯具的最小照度系数Z值表 319

参考文献 320

本课程函授、自学方法的说明

一、建筑电气课程的性质、任务、内容、基本要求及其与先修课的关系

1. 课程的性质和任务

在高等工业院校土建类专业的函授教学计划中,建筑电气是一门实践性较强的、重要的应用技术基础课程。它的任务是:使函授生通过全部教学内容的学习,获得建筑工程用电技术的基本理论和基本方法,为今后从事建筑工程技术工作和科学研究工作打下基础。

2. 课程内容

本课程由电路、电动机及建筑施工机械的电气线路、建筑供电及照明三大部分组成。

电路部分是全课程的理论基础,主要介绍电阻性直流电路的基本概念和分析方法及交流电路中最基本的概念、原理及分析方法。

电机及建筑施工机械的电气线路部分主要介绍建筑施工机械常用的三相异步电动机、直流电动机、继电器接触控制的基本电路,以及典型建筑施工机械的电气线路,内容着重于工作原理、物理概念和实际应用,使读者在弄清原理的基础上学会正确使用有关电机和电器,最后还介绍了常用电工仪表及测量。

建筑供电及照明部分着重介绍建筑工程用电技术的基本概念和基本方法。其主要内容有电力变压器、变配电所、电力负荷的计算、输配电线路、建筑电气工程的施工、建筑防雷和安全用电、建筑照明的方式、电光源和照明配电系统等。该部分内容偏重概念分析,少用数学计算,注意联系工程实际和讲明电气对土建设计的基本要求。

根据近年来,从事土建施工、基建管理以及建筑设计部门反馈回来的信息,上述部门都希望高等工业院校土建类专业毕业的工程技术人员,不仅要有一定的电工理论基础,还应具有足够的实际用电知识,对建筑电气工程有一定的了解,这样才能适应建筑设计和施工技术发展的需要。

基于上述要求,本书将电工学基本理论及其在建筑工程领域内的应用两者结合起来,组成《建筑电气》课程,以满足建筑部门的要求。

3. 基本要求

学完本课程后应达到的基本要求是:

- (1) 能够掌握基本理论,初步掌握一般电路的分析方法。
- (2) 了解本书中各种电机、电器的工作原理和性能,并能正确使用。
- (3) 了解几种常用建筑施工机械电气设备的作用和原理。初步掌握建筑供电和照明的基本概念和电气对土建设计的基本要求。
- (4) 受到必要的实验技能训练,能独立完成不太复杂的电工实验,养成严谨的科学作风。
- (5) 具有进一步自学有关电工技术的初步能力,并能配合电气技术人员共同探讨建筑工程中的技术革新问题。

4. 本课程与先修课的关系

• 1 •

原
书
缺
页

系统地掌握所学内容。

2. 习题

为了巩固和加深所学得的知识,培养读者分析问题的能力,训练必要的计算技能,并做到理论联系实际,多做习题是很重要的。本书每章后面的习题,带有综合性,要求读者进行解答。读者在解题前,先考虑一下解题的思路,如用什么方法做较容易,以锻炼自己的分析能力。另外,解题时要注意单位。归纳起来,解题时应遵守下面几条规则:

(1) 搞清题意,分清题目中的已知条件及待求量,必要时应画出电路图来说明题目的意义。

(2) 根据题目的要求,考虑解题的思路,提出所依据的定律及公式。

(3) 运算时应采用文字代替各物理量,算出最后关系式,再将数字代入求出结果,并注明单位。

(4) 解题必须简明整洁,数字准确,符号、单位正确。数字的计算可使用计算器(或计算尺),每题的答案下应指明“[答案]”,以资醒目。

3. 复习思考题

在每章后的复习思考题中,包含了复习本章内容的自我检查性题目及深化内容的问题。通过复习思考题的解答,可以衡量读者对本章内容的掌握程度。复习思考题本身相当于一个复习提纲,按照复习思考题进行总结易于抓住重点。

4. 测验作业

在完成每一阶段的学习任务后,教材中安排了测验作业题。这是教师检查函授学生在一个阶段中是否完成学习任务的主要依据。函授生按自学周历表的规定完成测验作业(个人自学者应按自学计划按时完成测验作业),测验作业必须独立完成,不可互相抄袭。

5. 实验

本课程是一门实践性很强的应用技术基础课。因此实验是不可缺少的重要教学环节。为了确保每个函授学生都有充分实践的机会,各函授院校都安排了实验,要求函授学生在实验前结合实验内容和实验指导书*(不包括在本书中)认真预习;实验中要胆大心细地进行实验操作,正确接线,读取数据,并注意安全用电;实验后应认真编写实验报告。

电工实验的目的是:

(1) 培养函授生的基本实践技能。

(2) 验证理论、巩固和加深对所学理论的理解。

(3) 培养函授生科学实验的能力和养成严谨的科学作风。

通过实验,函授生在实验技能方面应达到下列要求:

(1) 学会正确使用最常用的电工仪表、电机和电器等设备。

(2) 能按实验要求,安排并操作实验电路。

(3) 能正确读取实验数据,测绘波形曲线,分析实验结果,编写准确而整洁的实验报告。

(4) 能初步阅读简单的电气原理电路图。

(5) 具有一般的安全用电知识。

* 编者推荐使用陈金秩主编的《电工学实验》,同济大学出版社1989年版。

本课程实验的具体内容、实验方法详见有关的“电工实验指示书”。

三、学时分配及作业安排的建议

在整个函授教学过程中，读者应该合理安排上述各个教学环节。下表所列各教学环节的学时分配，均是建议性的，仅供制订函授自学周历表或个人自学者参考。在具体的教学及自学中，可根据不同专业和具体情况，对具体内容和学时分配作必要的调整。

学时分配及作业安排建议

课程部分	课 程 内 容	教 学 环 节									合 计
		自学 时数	习 题		测验作业		平时 面授	集 中 教 学		集中 复习	
			题数	时数	题数	时数		实 验 或 参 观 (包括实验报告)	考 试		
时 数 分 配											
电 路 基 础	函授自学方法说明	1									
	电路的基本概念和 分析方法	12	15	5	4	2	3	3			
	交流电路	20	14	4	5	2	6	9			
	小 计	33	29	9	9	4	9	12			
电 机 械 的 电 气 建 筑 施 工	建筑施工机械常用 电动机	12	7	3	4	1.5					
	电动机的控制及建 筑施工机械的电气 线路	10	4	2	4	1.5	3	3			
	常用电工仪表及测 量	4	5	2				3			
	小 计	26	16	7	8	3	3	6			
	建 筑 供 电 和 照 明	建 筑 供 电	24	9	3	5	4	4	4		
建 筑 照 明	8	5	2	2	2						
小 计		32	14	5	5		6	6			
合 计		91	59	21	22	11	18	24	3	2	130

第一章 电路的基本概念和分析方法

学 习 指 导

本章是“建筑电气”课程的重要理论基础,它所介绍的基本概念、基本定律和电路的基本分析方法,不仅适用于直流电路,而且也适用于一切交流电路、电机电路和其它电路。因此,要求读者必须重视本章的学习,做到概念清楚,熟悉内容,并能正确应用。

一、本章的基本要求

1. 了解电路的组成和作用,理解电路模型和额定值的意义。
2. 掌握电路中电流、电压的参考方向及其正负的确定方法。
3. 克希荷夫定律是分析电路的基本定律,要求能正确理解和熟练地写出电路方程式,并应用它分析基本电路。
4. 掌握支路电流法计算电路。必须了解叠加原理是处理线性电路的基本原理,而不应仅从计算方法来理解。掌握戴维南定理分析与计算电路的方法。
5. 理解电容的基本物理性质及其在电路中的能量转换规律。了解电阻、电容串联电路充、放电过程的特点,理解时间常数的含义。

二、本章的重点和难点

本章的重点内容是:

1. 克希荷夫定律及其应用;
2. 叠加原理和戴维南定理。

本章的难点是戴维南定理。

三、说明

1. 电路的基本概念

(1) 电源、负载和导线是构成电路的三个主要部分,应明确它们在电路中的作用。要注意搞清电流、电压的参考方向的含义,以及它们与实际方向的关系。分清电位、电压与电动势的概念与关系。

(2) 电源的电动势一定时,输出功率并不恒定。输出功率的大小决定于负载的大小。我们说某负载大,并非指这个用电设备的体积大,而是指它消耗的功率大。在负载并联的电路里,负载增加不能误认为是负载电阻的增加,而恰恰相反,是负载电阻的减小,即负载电流增加。

在一个电路中,电源产生的功率与负载、电源内阻和线路上消耗的功率的总和是平衡的。必须明确电路中能量守恒和转换规律、供能与耗能的关系。

(3) 电源的断路和短路是电路的两种状态。电源短路是一种事故,应了解它的危害及短路保护的常识。

额定值是电气设备的使用规定值。电气设备使用时的实际值不一定等于额定值,其原因是电源电压经常波动,不一定等于额定电压;另外,在电源端电压不变的条件下,因为输出

的功率和电流决定于负载的大小,所以电源不一定处于额定工作状态。

2. 克希荷夫定律

克希荷夫定律是用来解复杂电路的基本方法,学习时要注意:

(1) 节点、支路和回路的定义。

(2) 克希荷夫电流定律是说明在电路中任一点(包括节点),电荷既不会聚积也不会减少。在列方程时,电流方向可任意假定(即参考方向)。该定律对包围着几个节点的封闭面也是适用的。

(3) 克希荷夫电压定律的本质是能量守恒原理。在列写回路电压方程时,应根据假定的回路绕行方向来决定电动势和电压降的正负。该定律对一个虚拟的回路也可列电压平衡方程。

应用克希荷夫定律时,首先要在电路图上标出电动势、电流和电压的参考方向。因为方程式中各项前的正负号是由它们的参考方向确定的。

3. 电路的分析方法

(1) 支路电流法是以电路的支路电流为未知量,用克希荷夫定律和欧姆定律列联立方程,通过解方程组得到各支路电流,进而求得各元件上的电压及消耗或供给的功率。支路电流法是克希荷夫定律的直接应用,是电路分析中最基本也是最重要的方法。

(2) 叠加原理是线性电路的重要原理,线性电路中的支路电流和电压都可以用叠加原理来求解。但功率的计算不能用叠加原理,该原理的重要性不在于应用它来计算复杂电路,而在于它是分析电路的一种方法。

(3) 戴维南定理是分析电路的重要定理,它把一个有源二端网络用一个电压源(包含电动势 E_0 和内阻 R_0)来等效代替,从而使电路的分析与计算得到了简化。

4. 电阻、电容串联电路的充、放电过程

电容是贮能元件。在含有电容的电路中,当电路的工作状态变化时,都会产生一个过渡过程。

在电阻、电容串联的电路中,电容两端电压 u_c 是不能跃变的,电容的充、放电过程都按指数规律变化。

5. 必须弄清的一些关系

(1) 参考方向与电压平衡方程、电流方程的关系。

(2) 设备的额定值与实际值的关系。

(3) 电位、电压、电动势之间的关系。

(4) 电阻消耗的功率大小与电阻值的关系。

(5) 二端网络与戴维南定理的关系。

(6) 电容充、放电与电容贮能的关系。

(7) 时间常数与电容充、放电过程快慢的关系。

第一节 电路中的物理量及其参考方向

一、电路的组成及作用

电路就是电流流通的路径。它由供给电能的电源、取用电能的负载和中间环节三部分

组成。

在图 1-1(a) 所示的电路中, 电池是电源, 它是把化学能转换为电能的器件; 其电位较高的电极标以“+”号, 电位较低的电极标以“-”号。负载是小灯泡, 它是一种电阻器, 把电能转换为热能和光能。中间环节是把电源与负载连接成闭合回路的金属导线、开关等。由此可见, 电路的作用是传输和转换电能。

对任何实际的电路进行分析计算时, 通常不画出各种器件的实物图, 而常常把它们抽象

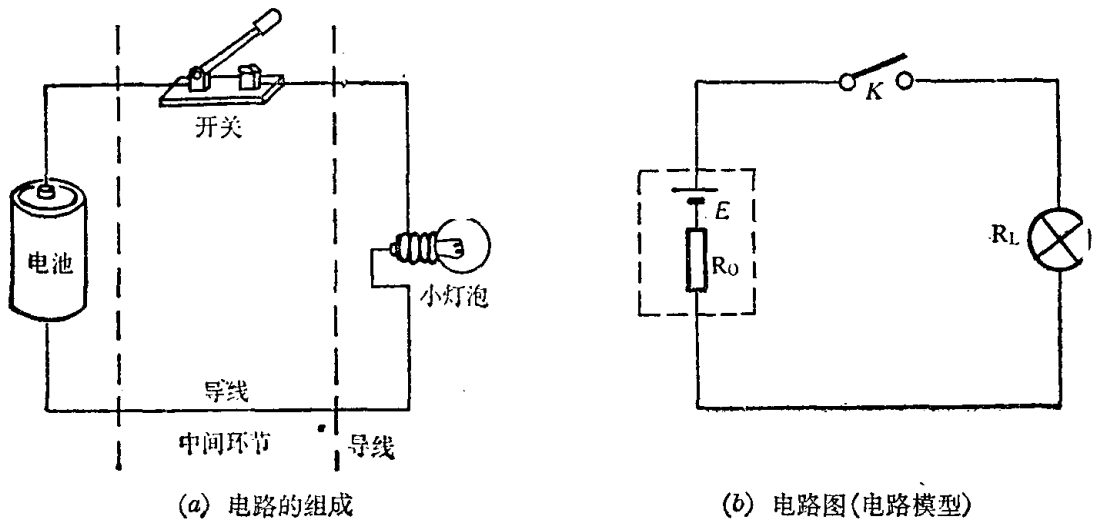


图 1-1 电路的组成和电路模型

成由一些电路元件所组合的电路模型来表示。图 1-1(b) 就是图 1-1(a) 电路的模型图。图 1-1 中的 E 为电池模型的电动势, R_0 为其内电阻; R_L 是白炽灯模型的负载电阻; 金属导线与开关的电阻与负载电阻相比很小, 一般可以忽略不计, 作为没有电阻的理想导体来处理。

一般把电源内部的电流通路叫做内电路, 由负载、联接导线、开关(或熔断器)所组成的电流通路叫做外电路。

电路的种类很多。电源电动势为直流电动势的电路称为直流电路; 电源电动势为交流电动势的电路称为交流电路。电路中的电动势、电压和电流之间具有线性关系的电路称为线性电路, 在线性电路中, 电阻不随电压、电流的变化而变化, 是一个常数。没有线性关系的电路为非线性电路, 它的电阻不是一个常数。

严格地说, 电阻都是非线性的, 因为它随温度而变化。但是某些电阻随电压、电流的变化较小可似近地看作是线性电阻(例如金属电阻丝之类的电热元件)。在以后的电路计算都是对线性电路进行的计算。

电路的作用除了传输和转换电能外, 还会遇到另一些以传递和处理信息(例如语言、文字、图像、温度和压力)为主要目的的电路。例如用热电偶量测温度的电路中, 热电偶感受到温度的变化(信息), 产生相应的电动势(转换成电信号), 通过导线传递到标尺刻有温度的毫伏表, 指示出被测物体的温度值。这里热电偶将热能转换成电能, 起电源(这里称信号源)作用; 毫伏表将电能转换成机械能, 使仪表指针偏转以作出指示, 起负载作用。这类电路也有传输和转换电能的作用, 但数量很小, 一般所关心的是如何准确而迅速地传递和处理信息的作用。

二、电路的基本物理量及其参考方向

1. 电流