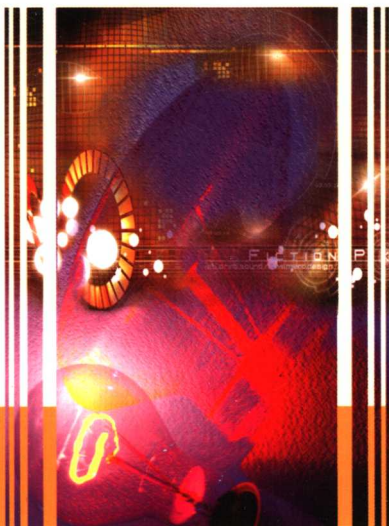




辽宁职工职业技能培训系列教材

电工技术



主 编 张君薇
副主编 孙 彤 刘雅琴

DIANGONGJISHU

D

G

J

S

辽宁大学出版社

辽宁职工职业技能培训系列教材

电工技术

主 编 张君薇
副主编 孙 彤 刘雅琴
审 稿 苗玉玲

辽宁大学出版社

©张君薇 2006

图书在版编目 (CIP) 数据

电工技术/张君薇主编. —沈阳: 辽宁大学出版社, 2006. 12
(辽宁职工职业技能培训系列教材)

ISBN 7-5610-4998-6

I. 电... II. 张... III. 电工技术—技术培训—教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 143737 号

责任编辑: 刘东杰

版式设计: 冬 仁

封面设计: 薄庆民

责任校对: 齐 悦

辽 宁 大 学 出 版 社

地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036

联系电话: 024-86864613 网址: <http://press.lnu.edu.cn>

电子邮件: LnuPress@vip.163.com

沈阳市政二公司印刷厂印刷

辽宁大学出版社发行

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印张: 6.75

字数: 150 千字

2006 年 12 月第 1 版

2006 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1~5500 册

定价: 14.00 元

本书编委会

主 任：于克谦

副主任：张 征 徐大庆

成 员：郑德春 杜沈生 宫模强

姜 旭 陈欲晓 顾振华

李世维 赵建国

支撑“辽宁制造” 承载振兴大业（代序）

中共辽宁省委常委、省总工会主席 王俊莲

全面推动辽宁经济振兴和社会进步，从根本上说取决于劳动者素质的提高和大批高素质人才的培养。建设创新型辽宁关键是组织起创新型人才队伍。

随着我国改革开放的发展和社会主义市场经济体制的不断完善，社会经济成分、劳动关系、就业方式、分配形式日益多样化，市场竞争日趋激烈，高素质劳动力的争夺已经成为企业竞争的焦点，发展中的各种所有制企业，迫切需要建设高素质的技能型人才队伍。同时，广大职工群众渴求知识、渴望提高自身素质，以真才实学投身社会，参与竞争、谋求发展，学习科学文化知识，实现自己人生价值，创造美好生活的愿望日益强烈，学文化、学技术的热情越来越高涨。在这样的形势下，组织广大职工开展职业技能培训已经为企业所需、职工所求，成为企业发展、职工增收的共同点。因此，动员社会方方面面的力量，积极为职工群众学习新知识、掌握新技能创造条件、搭建平台，既是使企业在市场竞争中赢得主动权的需要，也是适应广大职工日益增长的精神文化需求，维护职工学习权、发展权的具体体现，必将极大地推进工人阶级知识化进程。

2006年是“十一五”规划的开局之年，也是振兴辽宁老工业基地的关键一年。辽宁省委提出，今后5年，要确保我省经济增长速度和效益增幅持续达到或超过东部地区平均水平；确保县域经济增长速度和效益增幅持续超过全省平均水平；确保城镇居

民人均可支配收入达到全国平均水平，农民人均纯收入达到沿海省份平均水平。经过5年乃至更长时间的不懈努力，相信能够基本实现振兴辽宁老工业基地的目标。实现这一目标，在很大程度上要依靠我省工业化程度的进一步提高和新型工业化的进一步发展，依靠全省广大职工的奋发努力。因此，把全省广大职工，特别是把广大农民工培养成为高技能人才和新型的产业大军已成为实现辽宁老工业基地振兴的紧迫任务。近年来，我省职工队伍建设取得了很大的成效，整体素质有了很大的提高。但从总体上看，职工的文化素质和技术技能的现状与老工业基地振兴发展的要求还很不适应，职工技术更新的速度不快，高级技术工人严重短缺，职工技术技能结构不尽合理，科技和管理创新能力软弱的问题还十分突出。随着产业结构的调整，新型工业化进度加快，大批进城务工人员成为我国工人阶级队伍中的新成员，技能人才队伍建设面临着严峻挑战。因此，通过在全省开展职业技能培训活动，尽快提高广大职工的技术技能，加快培养一大批企业急需的数量充足、结构合理、素质优良的现代技术技能型、知识技能型、复合技能型人才队伍，已成为振兴辽宁老工业基地的当务之急。

学习型企业是最具竞争力的企业，知识型职工是最具竞争力的职工。这次由省总工会、省劳动保障厅和省电大联合开展的职工职业技能培训活动，就是与我省“十一五”同步，计划用5年的时间完成10万名以上中高级技工的培训任务，旨在为广大职工立足本职岗位、建功立业、创新成才搭建广阔的平台，全力打造“辽宁技工”的品牌，推出一批知识型、技能型的示范领军人物，造就一支具有娴熟精湛的岗位技术能力、高超的技术创新能力、睿智的发明创造能力、过硬的自主创新能力的高技能人才大军，支撑“辽宁制造”，承载振兴大业。这是一项立足当前、着眼未来的战略性工作，是有利于企业自身发展和职工自身全面发

展的现实选择，是实现“十一五”规划、推进辽宁老工业基地振兴的重要举措。

开展技能培训，打造技工队伍，这是一项事关我省发展全局的系统工程，需要全社会的共同参与和长期努力。省“创争”活动指导协调小组要切实加强对这项工作的领导与指导，以高度的责任感，为提高职工队伍素质提供切实有力的保证。要认真贯彻“尊重劳动、尊重知识、尊重人才、尊重创造”的方针，把开展职工职业技能培训活动作为深入开展“创争”活动的重要载体，把提高职工技能与加快地方和企业发展有机结合起来，形成全方位、分层次、多渠道的培训工作新格局，提高活动的实际效果。各有关部门要加强协作，明确各自的职责，精心组织，周密部署，科学动作，扎实推进，不断形成推进工作的合力。要一级抓一级，一级促一级，形成上下联动、齐抓共管的工作机制。要建立推动和促进学习的保障体系，包括职工教育和培训经费的提取使用，各类人才培养、使用、选拔、待遇机制，以及促进职工学习的约束和激励机制等。各级工会要切实承担起参与、配合、督促、协调的职能，认真做好组织发动工作，让更多的职工投身到技能培训活动中来，推进培训目标的实现。劳动与社会保障部门要检查、督促企业行政按规定落实职工教育培训经费，规划和指导建立职工实习基地，认真做好职业技能的考核鉴定工作，不断扩大鉴定的覆盖面。电大系统要积极提供教育资源和高品质的教学服务，为职工接受继续教育创造条件。在课程设置上，要努力做到贴近辽宁实际，贴近企业实际，贴近职工需求。各企业单位要从以人为本、树立科学发展观的高度为职工接受教育创造条件，把加强技能人才队伍建设作为提升企业核心竞争力的基础性工作组织并鼓励职工积极参加职业技能培训活动，最大限度地创造条件满足职工的学习要求；要保证每年有计划、有步骤地组织职工参加培训，并建立职工培训、考核、使用和待遇相结合的有

效机制；要按照有关规定提取职工培训教育经费，并合理安排好职工的培训时间。广大职工要主动适应社会主义市场经济深入发展和科技进步日新月异的新形势，牢固树立终身学习的理念，自觉坚持学习、不断加强学习，坚持用丰富的文化科学知识充实自己，抓住这次培训的机会，努力掌握各种新知识、新技能，不断增强劳动本领和竞争能力，争当学习型、知识型、技能型、专家型职工，在平凡的岗位上做出不平凡的贡献。

全面提高职工队伍素质，特别是尽快提高广大职工的技术技能和科技创新能力，已成为当前一项十分紧迫的任务。让我们共同努力，发挥各自优势，最大限度地为职工搭建学习的平台，创建实习的基地，学用结合，扎实推进职工职业技能培训活动的广泛开展，为实现“十一五”规划和老工业基地振兴提供坚实的人才保证和智力支持，充分发挥工人阶级的主力军作用。

2006 年 10 月

前 言

实施振兴老工业基地的战略，大力发展装备制造业已成为我国老工业基地调整改造的战略重点。随着中国国际装备制造业博览会的举行，中国的制造业正受到国人和世界前所未有的关注。社会和市场对实用型、应用型专业技术人员有着更广泛的需求。

为此我们编写了这套职工职业技能培训教材。该教材主要介绍了电工在从事本专业的实际工作中必备的基本知识、基本理论和基本技能。教材内容包括“电路”、“电机与变压器”、“电工测量技术”与“工厂供电”等几门课程的主要内容。书中在传统的电工技术理论内容的基础上融入了新产品、新技术、新工艺、新材料等方面的内容。注意选用一些与生产实践相关的实际应用知识，既易于学生的理解，又充分体现了以实践指导为主线，能较好地体现本行业当前最新的实用知识，为提高从业人员的基本素质、强化操作技能、更好地掌握电工的核心内容及实用技术起到理论的支撑作用及指导作用。

本书由张君薇主编，孙彤、刘雅琴任副主编。

感谢苗玉玲老师审稿及提出的宝贵意见。

由于编者水平有限，书中难免有不足和错误之处，敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 9 月

目 录

第一章 直流电路	1
第一节 电路的基本概念	1
一、电路的组成和作用.....	1
二、电压和电流的方向.....	2
三、欧姆定律.....	8
第二节 基尔霍夫定律	12
一、基尔霍夫电流定律	13
二、基尔霍夫电压定律	15
第三节 电压源和电流源及其等效变换	17
一、电压源	17
二、电流源	18
三、电压源和电流源及其等效变换	19
四、电源等效化简中的几个重要的问题	20
第四节 复杂电路的基本分析方法	21
一、支路电流法	22
二、回路电流法	23
三、节点电压法	25
第五节 电路的基本定理	27
一、叠加定理	27
二、戴维南定理	29
复习与思考题	33

第二章 正弦交流电路	37
第一节 正弦量的相量表示法	37
一、正弦交流电的三要素	37
二、正弦量的相量表示法	41
第二节 单一参数元件的交流电路	44
一、电阻元件的交流电路	44
二、电感元件的交流电路	47
三、电容元件的交流电路	51
第三节 交流串联电路	55
一、阻抗的串联	55
二、串联谐振	61
第四节 交流并联电路	65
一、阻抗的并联	65
二、并联谐振	66
第五节 功率因数及其提高的方法	70
一、提高功率因数的意义	70
二、提高功率因数的方法	71
复习与思考题	73
第三章 三相电路	82
第一节 三相电压	82
一、三相电压的产生	82
二、三相电源的联结	83
第二节 负载星形联结的三相电路	85
第三节 负载三角形联结的三相电路	87
第四节 三相电路的功率及测量	89
一、三相负载的功率计算	89
二、三相负载的功率测量	90
复习与思考题	91

第四章 磁路与变压器	93
第一节 磁场及其基本物理量	93
一、磁感应强度 B	93
二、磁通 Φ	94
三、磁场强度 H	94
四、磁导率 μ	94
第二节 磁性材料的磁性能	94
一、高导磁性	94
二、磁饱和性	95
三、磁滞性	96
第三节 变压器的工作原理和特性	96
一、变压器的工作原理	97
二、变压器的运行	101
三、变压器的外特性、效率和绕组的极性	103
第四节 变压器的试验	108
一、变压器的空载试验	108
二、变压器的短路试验	108
第五节 三相电力变压器	109
一、三相电力变压器的结构	109
二、三相变压器绕组的联结	110
第六节 特殊变压器	111
一、自耦变压器	112
二、电压互感器	113
三、电流互感器	114
复习与思考题	116
第五章 交流电动机	118
第一节 异步电动机的分类、结构及铭牌	118
一、分类	118

二、结构	119
三、铭牌数据	119
第二节 异步电动机的工作原理及电路分析	121
一、工作原理	121
二、异步电动机的电路分析	125
第三节 异步电动机的转矩和机械特性	127
一、异步电动机的转矩和转矩特性	127
二、异步电动机的机械特性	127
第四节 异步电动机的起动、调速和制动	129
一、异步电动机的起动	129
二、异步电动机的调速	134
三、异步电动机的制动	136
第五节 单相异步电动机	138
一、工作原理	138
二、单相异步电动机的类型	139
第六节 同步电机	141
复习与思考题	142
第六章 直流电机	145
第一节 直流电机的分类、结构及工作原理	145
一、分类	145
二、直流电机基本结构	146
三、直流电动机的工作原理	148
第二节 直流电机的转矩和机械特性	150
一、电动机的平衡方程式	150
二、直流电动机的机械特性	151
第三节 直流电动机的起动、调速和制动	152
一、起动	152
二、调速	154

三、制动	154
复习与思考题	155
第七章 控制电机及特种电机	157
第一节 测速发电机	157
一、直流测速发电机	157
二、交流测速发电机	160
第二节 伺服电动机	162
一、直流伺服电动机	162
二、交流伺服电动机	163
第三节 步进电动机	165
一、反应式步进电动机的基本结构	165
二、工作原理	166
第四节 电磁调速电动机	167
一、电磁转差离合器的基本结构	168
二、电磁转差离合器的基本工作原理	169
复习与思考题	169
第八章 电工测量技术	171
第一节 电工仪表与测量的基本知识	171
一、常用电工仪表的分类、型号和标志	171
二、电工仪表的主要技术要求	171
三、常用的测量方法	172
四、测量误差及消除方法	172
第二节 常用的测量仪器、仪表	173
一、万用表	173
二、兆欧表	175
第三节 常用物理量的测量	177
一、电流的测量	177
二、电压的测量	177

三、功率的测量·····	178
复习与思考题·····	180
第九章 工业企业供电·····	182
第一节 概述·····	182
一、电力系统简介·····	182
二、工厂供电系统简介·····	183
三、工业企业配电·····	184
第二节 高低压供电系统·····	185
一、高低压供电系统·····	185
二、供电系统的质量指标·····	186
三、电力负荷的分级与供电要求·····	187
第三节 电力系统的中性点运行方式·····	188
复习与思考题·····	190
复习与思考题答案·····	192

第一章 直流电路

直流电路是电工学中最重要基础。电工学包括电工技术和电子技术两部分。主要研究电能和电信号在工程技术领域中的应用。本章主要涉及电工学的理论基础,包括电路的组成及作用,电路的基本物理量,电路元件的电流、电压关系和电路的基本定律和定理。

第一节 电路的基本概念

一、电路的组成和作用

1. 电路的组成

电路是电流的通路,是为了某种需要由若干个电气元件或设备按一定方式连接起来的整体。从日常生活中使用的用电设备到工、农业生产中用到的各种生产机械的电器控制部分及计算机、各种测试仪表等,从广义说,都是电路。最简单的电路如图 1.1.1 (a) 所示的手电筒电路。

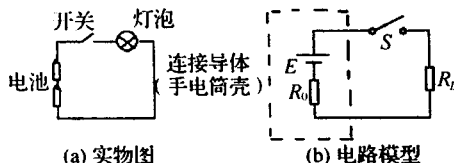


图 1.1.1 手电筒电路

从图 1.1.1 所示的手电筒电路可知,电路主要由电源(如干

电池)、负载(如白炽灯)、中间环节(导线、开关)三部分组成。

(1) 电源:是供电设备,将化学能、光能等非电能转换为电能,如干电池、蓄电池、发电机等。

(2) 负载:是用电设备,将电能转换为其他形式的能量,如电灯、电炉等。

(3) 中间环节:连接电源和负载,起传输和分配电能或对电信号进行传递和处理的作用,如导线、开关等。

2. 电路的作用

实际电路的种类繁多,就其功能来说,可概括为两个方面:

(1) 实现电能的传输、分配和转换

典型电路是电力系统。如图 1.1.2 (a) 所示。

(2) 实现信号的传递和处理。

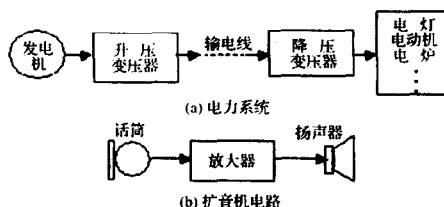


图 1.1.2 电路的功能

典型电路是扩音机。如图 1.1.2 (b) 所示。

二、电压和电流的方向

1. 电流

电荷的定向运动形成电流。在导体中,带负电的自由电子在电场力的作用下,逆电场方向运动而形成电流。电流不仅有大小,而且有方向。习惯上规定以正电荷的运动方向为电流的方向。