



教育部中等专业学校规划教材

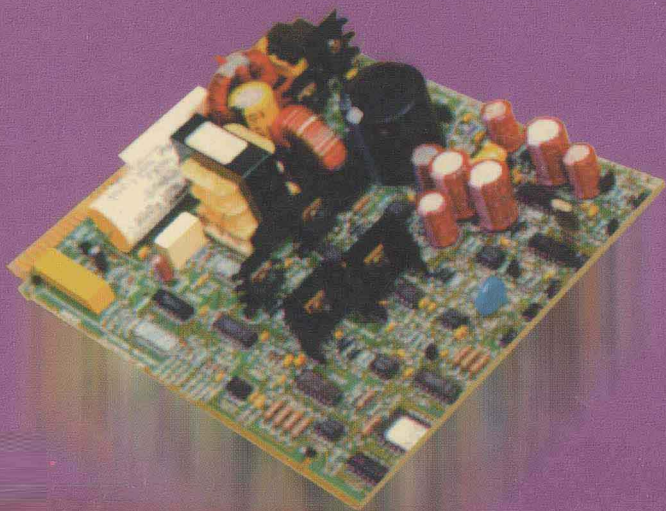
非电专业通用

电 工 学

(第二版)

全国中等专业学校电工学与工业电子学课程组组编

赵承荻 主编



高等教育出版社

教育部中等专业学校规划教材

非电专业通用

电 工 学

(第二版)

全国中等专业学校电工学与工业电子学课程组组编

赵承荻 主编

高等教育出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工学/赵承荻主编. -2版. -北京: 高等教育出版社, 1999.9
(2006 年重印)

ISBN 7-04-007237-8

I. 电… II. 赵… III. 电工学 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 04950 号

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000
传 真 021-56965341

购书热线 010-58581118
021-56964871
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 上海市印刷三厂

网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 850×1168 1/32
印 张 9.625
字 数 230 000

版 次 1994 年 5 月第 1 版
1999 年 7 月第 2 版
印 次 2006 年 2 月第 8 次印刷
定 价 14.70 元

凡购买高等教育出版社图书, 如有缺页、倒页、脱页等
质量问题, 请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究
物料号 7237-00

第二版前言

全国中专电工学与工业电子学课程组为了克服以往教材滞后于课程教学大纲的被动局面,在1997年原国家教委安排制订新一轮全国中专非电专业电工学与工业电子学教学大纲的同时,即着手组织与之相配套的教材编写工作。本书(第二版)就是在这个特定的情况下编写的。

本书与第一版相比作了较大修改:

1. 将磁学与磁路部分的内容放入中专物理课中叙述,该内容本书不再重复。

2. 拓宽知识面,新增了电工仪表与测量,电光转换技术、电热转换技术、电声转换技术、电化转换技术的简介。

3. 适当淡化电机与电器的内部机理,如对电力变压器的结构、某些电器的结构等均只作简单介绍,重在其外部特性及应用。

4. 全书教学内容、插图及例题等力争紧密联系生产及生活实践,使学生能够学以致用。

5. 为贯彻国标,本书中凡矢量均采用黑斜体表示。

本书由全国中专电工学与工业电子学课程组组织编写,由株洲铁路电机学校赵承荻主编,并聘请河北化工学校罗挺前(第二届全国中专电工学与工业电子学课程组组长)任主审,上海机电工业学校孙正铨任副主审。

本书编写的具体分工为:直流电路、变压器、电工仪表及测量、电机部分由株洲铁路电机学校赵承荻编写,交流电路部分由株洲铁路电机学校黎晓明编写,电动机控制部分由吉林化工学校姜敏

夫编写,供电与用电、电能转换技术部分由株洲铁路电机学校肖跃南编写。

全国中专电工学与工业电子学课程组于98年3月在广州对本书编写提纲及大部分初稿进行了初审。在对本书初稿给予充分肯定的基础上,参照新大纲对本书的编写提出了许多宝贵的建设性的意见,包括教材体系的调整、教学内容的取舍、深广度的掌握及文字、插图等等。各编者根据大家的意见进行了修改,经主编整理、主审审阅后最后脱稿。特别要感谢的是主审对本书的完善所付出的辛勤劳动。

本书的编写是中专教学改革中的一次尝试,本书比以往传统的电工学教材无论在体系上还是内容上都有较大的突破。编者的本意是力争突出职业教育特色、培养应用型人才,但由于编者业务水平及调查研究、理解教改精神等方面的局限,肯定还存在许多不足之处,望同行们能给予批评指正,以便今后提高。

编 者

一九九八年六月

第一版前言

为了进一步落实国家教育委员会有关中专教材改革的精神,全国中专电工学与工业电子学课程组决定编写一套《电工学》与《工业电子学》教材。

该套教材基本上符合国家教育委员会 1987 年颁布的“中等专业学校电工学教学大纲”与“中等专业学校工业电子学教学大纲”,并在调查研究的基础上,为今后教学大纲的修订作准备。

根据中专属于职业技术教育这个特定的层次及培养应用型人才这一具体目标,本书编者详细研究了编写提纲,并做了以下一些尝试:

1. 适当调整教材内容体系;
2. 注意降低理论深度及高度;
3. 注意与中专物理的衔接;
4. 更新教材内容,适当拓宽学生知识面;
5. 注意学生实际应用能力的培养;
6. 注意插图的更新及文字的精炼。

具体反映在对电工基础理论部分,学生过去已掌握的内容采用复习的形式,提纲挈领的叙述方式,但紧紧扣住“电工”这个特点予以必要的延伸、拓宽;对复杂电路的分析计算扣住克希荷夫定律这条主线,磁路部分不再单独列章;对变压器及三相异步电动机运行理论的分析作了较大幅度精减,而把重点放在其外部特性及应用上;增加了电动机的应用知识及其控制内容,以适应发展需要;将三相异步电动机起动、调速及制动一起列入电动机的拖动这一章中讲述,以避免前后重复。全书文字内容及插图基本上都是反映我国目前电机、变压器及电器产品的生产现状。

本书聘请兰州化工学校徐国和教授(全国中专电工学与工业电子学课程组第一届组长)担任主审。1991 年 10 月及 1992 年 4 月分别对该书的第一稿及第二稿进行了初审,在此基础上于 1992

年9月在河北化工学校对该书的第三稿召开了审稿会,参加审稿会的除课程组成员罗挺前(第二届课程组组长)、赵承荻、张友汉、阎英维、徐蕊梅、李勋(秘书)、胡淑华(联络员)和主审徐国和外,还有北京化工学校张汉英、长春地质学校张乐忱、成都纺织工业学校卫文仲、新疆化工学校王绪祥、安徽轻工业学校程周、石家庄铁路运输学校杜义兰。会议对本书给予了充分肯定,并对本书提出了许多宝贵的建设性意见,包括教材体系的调整、教学内容的取舍、深广度的掌握、文字及插图的加工等等。会后各编者根据审稿会意见重新进行了编写和修改,并经主编整理及主审最后审阅后脱稿。

本书编写的具体分工为:第一、二章由罗挺前、李勋编写,第三、七章由徐蕊梅编写,第四、五章由赵承荻编写,第六章由胡淑华编写,全书由赵承荻任主编。

本书的编写仅是中专教材改革长河中的一次尝试,由于编者业务水平以及调查研究、理解教改精神等方面的局限,在本书中肯定存在许多不足之处,我们的目的只是抛砖引玉,期望通过电工学教师及读者们的共同努力把本课程的教改不断推向深化,以使我们培养的人才能更好地为祖国的建设服务。

真挚地欢迎广大电工学教师及读者对本书提出宝贵意见及建议。来信请寄北京高等教育出版社电工编辑室(邮政编码是100009)。

编 者

1992.12

目 录

绪论	(1)
第一章 电工技术基础	(4)
1-1 直流电路	(4)
一、电路的组成	(4)
二、电路的主要物理量及相互关系	(5)
三、电路的状态及电气设备的额定值	(15)
四、电阻的联接	(17)
五、电压源与电流源	(23)
六、基尔霍夫定律	(25)
七、支路电流法	(27)
八、叠加原理	(29)
九、等效电源定理(戴维宁定理)	(31)
1-2 单相交流电路	(33)
一、概述	(33)
二、正弦交流电的基本概念	(34)
三、正弦交流电的表示法及简单运算	(37)
四、单一参数正弦交流电路	(40)
五、电阻、电感、电容串联电路	(50)
六、电阻、电感与电容并联电路	(63)
1-3 三相交流电路	(68)
一、三相交流电的基本概念	(68)
二、三相电源及三相负载的联接	(70)
思考题与习题	(83)
第二章 变压器	(92)
2-1 变压器的基本概念	(92)
一、变压器的用途	(92)

二、单相变压器的基本结构	(94)
三、变压器的工作原理	(95)
四、变压器的极性	(100)
五、变压器的工作特性	(102)
2-2 三相变压器	(104)
2-3 自耦变压器	(107)
思考题与习题	(109)
第三章 电工仪表及测量	(111)
3-1 电工仪表的基本知识	(111)
一、电工仪表的分类	(111)
二、电工仪表常用符号	(112)
三、常用电工仪表的组成及工作原理	(112)
3-2 电流的测量	(118)
一、直流电流测量及电流表量程的扩大	(119)
二、交流电流测量及电流表量程的扩大	(120)
三、电流互感器	(120)
3-3 电压的测量	(122)
一、直流电压测量及电压表量程的扩大	(123)
二、交流电压测量及电压表量程的扩大	(124)
三、电压互感器	(124)
3-4 电阻的测量	(125)
一、伏安法	(126)
二、欧姆表法(万用表欧姆挡)	(127)
三、电桥法	(128)
四、兆欧表法	(128)
3-5 单相交流电路功率及电能的测量	(130)
一、单相交流电路功率的测量	(130)
二、单相交流电路电能的测量	(130)
3-6 万用电表	(131)
一、指针式万用表	(132)
二、数字式万用表	(135)
思考题与习题	(137)

第四章 电机	(139)
4-1 概述	(139)
4-2 三相异步电动机	(141)
一、三相异步电动机的旋转原理	(141)
二、三相异步电动机的结构	(146)
三、三相异步电动机的运行特性	(153)
四、三相异步电动机的使用与维护	(162)
4-3 单相异步电动机	(164)
一、单相异步电动机的结构和工作特点	(165)
二、电容分相单相异步电动机	(166)
三、电阻分相单相异步电动机	(169)
四、单相罩极电动机	(171)
五、单相异步电动机的使用	(173)
4-4 直流电动机	(173)
一、直流电动机的旋转原理	(174)
二、直流电机工作的可逆性	(175)
三、直流电动机的结构	(177)
四、并励电动机	(182)
五、串励电动机	(185)
六、直流电动机的调速及反转	(186)
4-5 特殊电机	(188)
一、直线电动机	(189)
二、伺服电动机	(193)
三、步进电动机	(195)
四、测速发电机	(198)
五、小型同步电动机	(201)
思考题与习题	(202)
第五章 电动机的控制	(206)
5-1 概述	(206)
5-2 三相异步电动机的直接起动控制	(207)
一、三相异步电动机的直接起动	(207)
二、刀开关控制三相异步电动机单向起动电路	(208)

三、接触器控制三相异步电动机单向起动电路	(212)
四、断路器控制三相异步电动机单向起动电路	(218)
五、三相异步电动机的正、反向起动电路	(221)
5-3 三相异步电动机的降压起动控制	(226)
一、三相异步电动机的降压起动	(226)
二、鼠笼式异步电动机串电阻降压起动	(227)
三、鼠笼式异步电动机用自耦变压器降压起动	(227)
四、鼠笼式异步电动机的 $\text{Y}-\Delta$ 降压起动	(228)
五、绕线式三相异步电动机的起动	(231)
5-4 三相异步电动机的调速	(233)
一、变极调速	(233)
二、改变电动机转差率 s 调速	(235)
三、变频调速	(236)
5-5 三相异步电动机的制动控制	(238)
一、三相异步电动机制动简介	(238)
二、三相异步电动机的机械制动	(238)
三、三相异步电动机的反接制动控制	(239)
四、三相异步电动机的能耗制动控制	(240)
五、三相异步电动机的再生制动	(242)
5-6 单相异步电动机控制实例	(243)
一、台风扇和吊风扇的调速电路	(243)
二、电冰箱电路	(244)
三、家用洗衣机电路	(247)
四、空调器电路	(248)
5-7 常用生产机械控制电路实例	(249)
一、C 620-1 车床控制电路	(249)
二、Y 3150 滚齿机控制电路	(250)
三、用凸轮控制器控制绕线式三相异步电动机电路	(251)
思考题与习题	(253)

第六章 供用电常识

6-1 电能的产生、输送与分配	(256)
一、电能的产生	(256)

二、电能的输送与分配	(258)
6-2 安全用电	(258)
一、人体触电	(259)
二、防止触电的保护措施	(262)
6-3 节约用电	(263)
一、合理使用电气设备	(264)
二、提高用电功率因数	(264)
三、节约照明用电	(264)
四、推广节电新技术、对节电的新工艺、新设备和新材料应及时应用， 大力推广	(265)
思考题与习题	(265)
第七章 电能转换技术简介	(266)
7-1 电热转换技术	(266)
一、电阻加热	(266)
二、电弧加热	(267)
三、介质加热	(270)
四、感应加热	(271)
7-2 电光转换技术	(271)
一、电气照明设备与控制线路	(272)
二、光电池	(279)
7-3 电声转换技术	(282)
一、声振动到电振动的转换	(282)
二、电振动转换为声振动	(284)
7-4 电化学转换技术	(287)
一、电池	(287)
二、电镀	(290)
三、电解	(291)
思考题与习题	(292)

绪 论

电工学是研究电能与其它能量之间相互转换的规律及其在工程技术领域中应用的一门学科。它的内容非常广泛,主要包括:电工技术基础理论,电机、电器的构造及应用,电力拖动系统,电能的产生、输送及使用,电气仪表与测量,电能的转换技术等。随着科学技术的发展进步,电工学的内容还在不断扩展与延伸。

从物理学的学习中我们知道,自然界存在有热能、光能、电能、机械能、化学能、核能等各种不同形式的能量,而且它们是可以互相转换的。电能在现代工业、农业、交通、运输、国防以及国民经济的其它各个部门得到了越来越广泛的应用,目前它已成为各种能源之间相互转换的极为重要的中间环节,即先将其它能量转换成电能,然后再将电能转换成其它形式的能量供人们使用。电能之所以具有如此重要的地位,是因为它与其它能量相比有以下的优点:

1. 转换方便。电能可以通过水能(水力发电)、热能(火力发电)、核能(核能发电)、化学能(电池)、太阳能(太阳能电站)等转换而得,同时又可以很方便地转换成其它形式的能量。如利用电动机将电能转换成机械能;利用电热设备将电能转换成热能;利用电灯将电能转换成光能;利用扬声器将电能转换成声能等等,如图 0-1 所示。正因为电能转换容易,现代工业技术中常将温度、速度、压力等非电量通过各种传感器转换成电信号加以检测和控制。

2. 输送方便。发电站发出的电能可以通过高压输电线路方便地输送到远距离,而且输电线路较简单、输电效率高、输送成本低。因此目前世界各国基本上都已形成集中统一的强大电力网,各发电站发出的电能都并入电力网,集中调度,统一输送到各用电

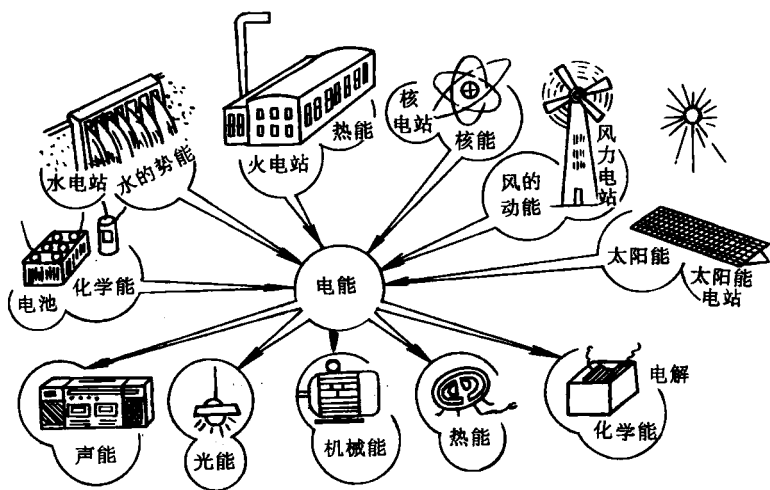


图 0-1 电能与其它能量之间的相互转换

部门。这样电站可以建立在能源产地或交通运输方便的地区。电能不仅输送方便,而且分配也很容易,不同种类、不同容量的用电设备只要接上电源,均能灵活地取得电能而正常工作。

3. 控制方便。最简单的办法就是利用一个开关控制用电设备的工作。对电能的控制基本上可以不受距离的限制,而且电气设备的操纵与动作非常迅速,所以利用电能可以实现生产的高度自动化。能自动控制生产设施及生产过程,实现程序控制及最佳状态控制,并实现自动调节和自动化管理等。电子计算机的广泛应用又为计算、控制、信息处理等开辟了一条崭新的渠道。

社会生产力的发展及社会进步与电气化程度有着密切的联系,从某种意义上讲,电气化程度的高低已成为衡量一个国家发达程度的主要标志之一。

人们很早就对电现象及磁现象进行了研究,我国是世界上最早发现磁现象的国家,并利用磁性原理制造了各种指南器具,如司南勺、指南鱼及航海用的指南针等,见图 0-2。18 世纪以后,欧洲

人对电现象及磁现象进行了大量的研究与实验,发现了发电机原理及电动机原理,从此电能才真正具有了实用价值并被人类广泛地应用。虽然只有 100 年左右的时间,但电能对人类社会所创造的物质财富及精神财富都大大超过了以往几千年的历史。



图 0-2 指南器具

解放前我国的电气工业基础非常薄弱,许多部门都处于空白状态,1949 年全国发电设备容量仅 185 万千瓦(还不到一个葛洲坝发电站的装机容量),年发电量仅 43 万千瓦时。经过近 50 年的努力,目前我国已经能够生产单机容量 60 万千瓦的发电机组,世界上第一台双水内冷发电机组就是在我国诞生的。1997 年全国发电设备总容量达 2.5 亿千瓦(为 1949 年的 135 倍)。目前我国的年发电量已居世界第 2 位。电力工业的发展促进了我国其它各经济领域的飞速发展,整个社会的物质文明和精神文明水平也得到空前提高,相信在全国人民的共同努力下,在不远的将来,一个社会主义现代化的强国将屹立在地球的东方。

第一章 电工技术基础

1-1 直流电路

一、电路的组成

把最常见的一些电气设备,如电灯、电视机、电动机等用导线接到电源上以后即构成了电路,就有电流流过这些电气设备,将电能转变成光能、热能、机械能等等。

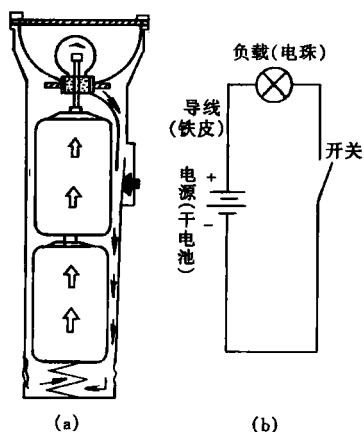
通常把电流通过的路径称为电路。图 1-1 所示为一个最简单的电路原理图。电路主要由以下部分组成:

1. 电源 它是电路中提供能源的设备,把化学能、光能、机械能等非电能转换为电能,如蓄电池、干电池、太阳能电池、发电机等。

2. 负载 负载是电路中的用电设备,它可将电能转变成其它形式的能量。如电灯、电炉、收音机、电视机、电动机等。

3. 中间环节 其作用是把电源和负载连接起来形成闭合电路,并对整个电路实行控制、保护及测量,主要包括有:

连接导线、控制电器(如开关、插头、插座等)、保护电器(如熔断器



(a) 实物图; (b) 原理图

图 1-1 手电筒的电路

等)、测量仪表(如电流表、电压表等)。

图 1-1(a)是手电筒的实物图,清楚明了,但画起来比较麻烦,工程上为了把电路各个组成部分的电关系简明地表达出来,常用国家规定的电气图用图形符号及文字符号表示各电气元器件,把实物图简化成电路原理图,如图 1-1(b)所示。表 1-1 列出了电路图中几种常用的图形及文字符号。

表 1-1 电路图中常用的图形及文字符号

直流电源 E		电容 C		开关 S	
固定电阻 R		电压源		熔断器 FU	
可变电阻 R		电流源		电压表	
电感 L		电灯 EL		电流表	

电路种类繁多,由直流电源供电的称为直流电路;由交流电源供电的称为交流电路;由半导体器件构成的将交流电转变为直流电的电路称整流电路等等。此外,在一个完整的电路(全电路)中,电源内部的电路称为内电路,电源外部的电路称为外电路。

二、电路的主要物理量及相互关系

(一) 电流

电荷的定向移动形成电流。要使电路中有电流产生,通常需要有二个条件:一个是有电源供电,另一个是电路必须是一个闭合的回路,如图 1-2 所示。电流的大小等于单位时间(t)内流过导体横截面积的电荷量(q),用字母 I 表示。

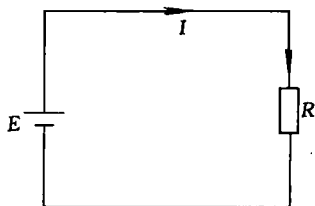


图 1-2 电路中电流的方向

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-1)$$

电流 I 的单位为安[培](A),电荷量 q 的单位为库[仑](C),