

机械工业部统编

电工基础

机械类技工学校教改教材



机械类技工学校教改教材

电 工 基 础

机械工业部 统编



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据机械工业部教育司审定颁布的技工学校《电工基础教学大纲》(1997)编写的。

书中作者全面系统地介绍电工基础理论及其应用知识。全书共分六章,主要内容包括电的基本概念、直流电路、电容器、磁与电磁、单相交流电路、三相交流电路、学生实验等,书中附有大量例题,每章后面附有复习题。

本书是技工学校机械类通用教材,也可作为职工培训或自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/机械工业部统编. —北京:机械工业出版社, 1999.5 (2000.9重印)

机械类技工学校教改教材

ISBN 7-111-06508-5

I. 电… II. 机… III. 电工学-技术学校-教材
IV. TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第71021号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:王振国 版式设计:霍永明

责任校对:申春香 封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京交通印务实业公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005年5月第1版第6次印刷

787mm × 1092mm^{1/32} 8.625印张 187千字

定价:12.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68326294

封面无防伪标均为盗版

**机械工业部
技工学校教材编审领导小组**

(排名不分先后)

组长	郝广发			
组员	于新民	董无岸	梁志杰	常国忠
	李清国	沈天宝	王文堂	刘亚琴
	李超群			

机械行业技工学校专业教学指导委员会名单

(排名不分先后)

切削加工类专业

主任委员	梁志杰			
秘 书	李长江			
副主任委员	周裕成	李翠萍	张云福	
委 员	刘冠华	吴秀峰	杨克信	徐红增
	陈之乾	李东光	邹纪堂	王文久
	朱兴培	张世光	李正中	曹 雁
	王浩清			

钳 工 类 专 业

主任委员	常国忠				
秘 书	陈之乾				
副主任委员	孟宪水	钱建国			
委 员	程宗义	王渭武	孟宪纲	陈继琨	
	董国栋	肖海英	阎同谱	张立铨	
	徐佐翥	徐 时	杨建敏	茹常有	
	孙炎瞳				

热加工类专业

主任委员	沈天宝				
副主任委员	缪承伟	王志昌			
委 员	苗家鸿	葛永顺	刘万远	王克伟	
	杨世增	韩荣祥	朱嘉英	柳吉荣	
	李万义				

焊 工 类 专 业

主任委员	姜方辉				
秘 书	李清国				
副主任委员	朱康民	郁良芳			
委 员	张济朴	梅启钟	麻 潭	邹尚利	
	雒庆桐	王书梅			

电工与仪表类专业

主任委员	王文堂				
秘书	王雨榕				
副主任委员	薛慎伟	孙荣成			
委员	李丽	周惠临	梁保生	刘彬文	
	张裕坤	兰家富	董桂桥		

轴承类专业

(略)

前 言

机械工业技工学校学习借鉴德国职业教育“双元制”的经验，结合我国国情，在车、钳、铣、铸、焊、冷作6个专业范围内开展“2:1”教学改革，15年来成果显著。毕业生的综合职业素质，特别是职业技能和从业适应能力有了明显的提高，普遍受到企业和其他用人单位的欢迎。教改教材也得到了广泛的好评。

1997年，机械行业技工学校专业教学指导委员会认真总结“2:1”教改经验，吸收各方面的意见和建议，依据机械工业部、劳动部颁发的机械工业《工人技术等级标准》和《职业技能鉴定规范》，以及劳动部印发的《技工学校专业目录》，对《机械类技工学校教学计划、教学大纲》和教改教材中的文化、理论课教材进行了修订、修改。同时，为适应技工学校教学改革进一步发展的需要，由行业电工仪表类专业教学指导委员会组织有关学校，依据新修订的电气安装维修类专业（包括企业供电和电气维修两个专业，简称电专业）教学计划、教学大纲，编写了机械类技工学校电专业理论课教改教材《电工数学》、《电工基础》、《电子技术基础》、《机械常识与识图》、《微机与应用》、《电机与变压器》、《电力拖动与控制》、《电工仪表与测量》、《输配电与安全技术》等9种，与已经出版的电专业生产实习教材《电工技能培训理论》、《电工技能培训图册》相配套，形成了一套完整的、具有鲜明的教学改革特色的技工学校电专业教材。

新教材注意了贯彻最新国家标准,采用法定计量单位、最新电工名词术语和图形符号。根据教学大纲的要求,本套教材同时适用于初中生三年制和高中生两年制教学使用。

在编写过程中,尽管我们虚心学习各种不同版本同类教材的优点,力求编写出一套比较好的、更加实用的教材,但是由于种种条件的限制,教材中还是会存在这样或那样的问题,恳切希望专家和广大读者批评指正。

本教材由上海华通开关厂技工学校杨越美编写绪论、第一、二章,范曼丽编写第三、五章,刘彬文编写第四、六章,刘彬文为主编;全书由闵德荣主审,兰家富协审。

机械行业技工学校
电工仪表类专业教学指导委员会

目 录

前言	
绪论	1
第一章 电的基本概念	3
第一节 电路的概念	3
第二节 电路的基本物理量	6
复习题	21
第二章 直流电路	23
第一节 电路的基本定律	23
第二节 简单直流电路的计算	31
第三节 复杂直流电路的分析及计算	52
实 验 电位、电压的测定	73
复习题	75
第三章 电容器	83
第一节 电容器及电容量	83
第二节 电容器的额定值与种类	86
第三节 电容器的串并联及计算	95
第四节 电容器的充电和放电	100
复习题	103
第四章 磁与电磁	107
第一节 磁场的基本物理量	107
第二节 磁场对通电导体的作用	117
第三节 铁磁材料的磁性能	121
第四节 电磁感应与自感	125

第五节	互感现象与同名端·····	136
第六节	RL 电路的暂态过程 ·····	143
实 验	楞次定律的验证·····	147
复习题	·····	149
第五章	单相交流电路 ·····	157
第一节	正弦交流电的基本概念和特征参量·····	157
第二节	正弦交流电的表示法·····	173
第三节	单一参数的交流电路·····	182
第四节	电阻、电感及电容的串联电路·····	197
第五节	电阻、电感及电容的并联电路·····	215
实 验	电阻、电感、电容的串联电路·····	223
复习题	·····	224
第六章	三相交流电路 ·····	230
第一节	概述·····	230
第二节	三相交流电动势的产生·····	231
第三节	三相负载的联接·····	237
第四节	三相电路的计算·····	243
第五节	三相功率·····	251
第六节	交流电路的功率因数·····	254
实验一	三相电路·····	258
实验二	提高功率因数·····	260
复习题	·····	262

绪 论

一、电能的重要性

在现代工业、农业、交通运输及国民经济的各个部门中，电能得到了越来越广泛的应用。工业生产中需要各种各样的生产机械，而这些生产机械设备都是通过电力来驱动的。农业生产中的排灌设备、拖拉机和收割机、粮食和饲料的加工机械也是以电力作为动力的。交通运输中的电气机车、电车是靠电力来牵引的。日常生活中的电灯、电话、电视、电风扇、电冰箱以及洗衣机等都离不开电能。当前，高科技及其产业已成为当代经济发展的火车头，金融电子化、商业电子化、个人用电脑的普及、机电一体化及软件开发应用等都与电能的应用有着密切的联系。

二、电能的优越性

电能之所以能在各领域起着巨大的作用和得到如此广泛的应用，是因为它具有无可比拟的优越性。

1. 便于转换 电能可以通过各种发电设备很方便地从水能（水力发电）、热能（火力发电）、光能（光电池）、化学能（电池）、核能（核能发电）等转换而来，同时通过用电器又可以很方便地将电能转换成其他所需要的能量形态。例如，利用电灯可把电能转换成光能；利用电炉可把电能转换成热能；利用电动机可把电能转换成机械能等。不同制式的电能之间也可以转换，例如，利用整流器将交流电能转换为直流电能；利用振荡器将直流电能转换为交流电能。

2. 便于输送和分配 电能可以通过导线和电磁波的形式方便地输送到远方, 而且输电设备简单, 输电效率高。电能不仅输送方便, 分配也很容易, 从几十瓦的电灯到几十千瓦的电动机, 根据用电需要, 电能都可以灵活分配。

3. 便于控制 电流的传导速度等于光速, 电能用于控制时, 其动作迅速而准确, 便于实现远距离控制和生产过程自动化。

三、本课程的性质和任务

本书是电气安装维修类专业的技术基础课。通过对电路和电磁现象的基本规律及分析方法的研究学习, 使学生全面地、系统地掌握本专业所必需的基础理论知识, 为进一步学习专业课、生产实习及今后的生产实践奠定必要的理论基础。

四、学习本课程的方法和注意事项

学习本课程, 首先要深入理解物理概念, 掌握基本定律的内容和直流电路、交流电路以及电磁的基本分析方法, 并通过实验, 掌握一定的实验技能, 以巩固和加深对所学知识的理解。

在课程的学习过程中, 应注意以下几点:

(1) 在理解各物理量和基本公式含义的前提下, 搞懂并熟记其符号和单位, 掌握各有关量间的相互关系, 力求达到融会贯通。

(2) 要搞清各基本定律的内容, 能运用各定律逐步学会电路的基本分析方法。

(3) 要充分重视实验, 做到理论联系实际, 以巩固和加深对所学知识的理解, 培养分析问题和解决问题的能力。

第一章 电的基本概念

第一节 电路的概念

一、电路的定义和作用

简单地说，电路就是电流通过的路径。在日常生活、生产和科学研究中广泛地使用着种类繁多的电路，例如手电筒电路，日常生活中使用的照明电路，收音机和电视机中将微弱信号进行放大的放大电路，计算机中存储信息的记忆电路和交通运输中控制各种信号的电路。

图 1-1 是手电筒实物电路。图中的电源是干电池，电源的基本功能是将其他形式的能量转换成电能，除常用的电池、发电机、整流器等外，还有各种信号源。灯泡即为负载，它可以把电能转换为热能和光能；电动机可

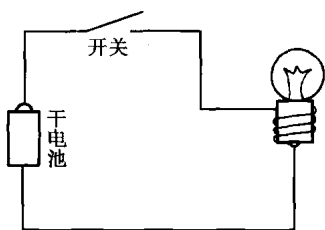


图 1-1 手电筒实物电路

以把电能转换为机械能；电阻炉可以把电能转换为热能等。联接导线和开关是传送、分配和控制电能的部分，它们联接于电源和负载之间，在电能的传送过程中起着调整、分配和保护作用。整个电路的作用是实现电能的传输和转换。

二、电路的组成和元件

任何一个实际电路，有的比较简单、有的比较复杂，但无论其程度如何，一个完整的电路，无一例外地由电源、负

载和中间环节（导线、开关等）三部分组成。

电路可以分为内电路和外电路。电源内部的通路为内电路，从电源一端经过负载再回到电源另一端的电路为外电路。

为了更好地研究电路的基本规律，掌握电路元件最本质的物理特性，我们把大量的实际负载抽象为理想元件，来代表实际电路元件的外部功能，并将这些理想元件按照一定的规则组合，使它在主要电磁性能上与实际元件或装置相同。如只表示消耗电能的理想元件 R （电灯、电阻炉、电烙铁等）；只表示存储磁场能量的理想电感元件 L （各种电感线圈）；只表示存储电场能量的理想电容元件 C （各种类型的电容器）。 R 、 L 、 C 这三种最基本的理想元件可以代表种类繁多的各种负载。

为了便于设计、安装和维修，通常用国家统一规定的符号代表各种电气元件。常用的电气元件符号见表 1-1。前面提及的手电筒实物电路可以画成图 1-2 所示电路图。

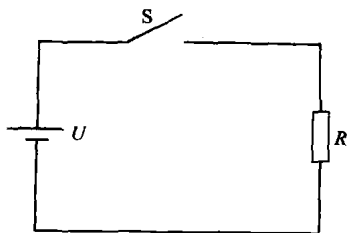
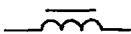
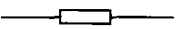
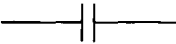


图 1-2 电路图

表 1-1 常用电气元件符号

元件名称	符 号	元件名称	符 号
电 池		可变电容	
电压源		无铁心的电感	

(续)

元件名称	符 号	元件名称	符 号
电 流 源		有铁心的电感	
电 阻		相连接的交叉导线	
可变电阻		不连接的交叉导线	
电 容		开 关	

三、电路的工作状态

电路的工作状态一般有三种：通路状态、短路状态和开路状态。

1. 通路状态 在图 1-3 中，当开关 S 合上后电路处于闭合状态，此时负载 R 中就有电流流过，称为通路状态。通路时，电路中的电流为

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-1)$$

电阻 R 两端的电压为

$$U = E - Ir \quad (1-2)$$

也就是说，负载的端电压总是小于电动势 E ($U < E$)。

由于实际的电源和负载中所允许通过的电流值都是有限的，若电流较长时间地超过这个限度，电气设备将因过热而烧毁。所以一般情况下不允许负载 R 在高于额定功率的

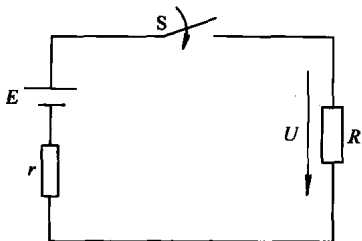


图 1-3 通路状态

工作状态下工作，也就是说不能过载。

2. 短路状态 在图 1-4 中，当电源两端被电阻为零的导线接通时，电源就处于短路状态。短路时，电路中的电流（短路电流） $I_s = \frac{E}{r}$ 。

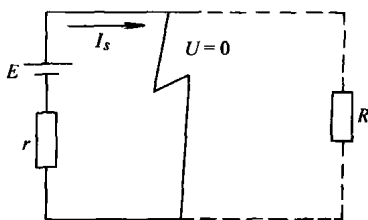


图 1-4 短路状态

一般说来，由于电源内阻 r 很小，所以 I_s 必然很大，使电源发热过甚而烧毁。

为了防止短路事故的发生，一般在实际电路中安装熔断器。熔断器中的熔丝由低熔点的铅锡合金制成。一旦电路中电流增大到一定数值时，熔丝会立即熔断，从而迅速切断电路。

3. 开路状态 在图 1-5 中，当开关 S 打开后，电路处于不闭合状态，此时电路中没有电流通过，称为开路状态（空载状态）。开路时，电路的电阻对电源而言相当于无穷大，故电路中的电流 I

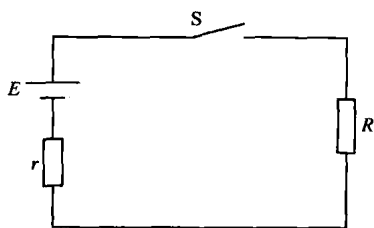


图 1-5 开路状态

$=0$ ，因此 $Ir=0$ 。根据式 (1-2) 可知，此时 $U=E$ ，即电源的开路电压等于电源的电动势。

第二节 电路的基本物理量

一、电流、电流密度

1. 电流 电动机接通电源后能够转动；电镀槽内的电

极接上电源后能进行电镀；在日常生活中，合上电源开关能够使电灯发光……。这些转动、化学反应和发光现象，都是由于电流的存在而产生的。所谓电流就是做有规则的定向运动的电荷。在金属导体中，电流是自由电子在电场力作用下做有规则的定向运动而形成的；而在电解液或气体中，电流则是带正电和带负电的离子在电场力的作用下做有规则的定向运动而形成的。此外，带电物体的机械运动同样也可以形成电流。电流的符号为 I (A)，它不仅表示一种物理现象，而且也代表一个物理量，在数值上等于单位时间 t (s) 内通过导体横截面的电荷量 Q (C)，即

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-3)$$

在国际单位制中，电流的单位是安培，简称安 (A)。根据式 (1-3) 可知，如果导体中的电流是 1 安 (A)，则 1 秒 (s) 内通过导体横截面的电荷量是 1 库仑 (C) 即，

$$1\text{A} = \frac{1\text{C}}{1\text{s}}$$

除安培外，常用的电流单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA)，它们之间的换算关系是：

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

一个实际电路中的电流大小，可以用电流表 (安培表) 来直接测量，也可以用电流天平、电桥、电位差计间接测量。

(1) 用电流表测量时的要求

1) 对交、直流电流应分别使用交流电流表和直流电流