

中等职业技术教育规划教材

章振周 主编

电工基础

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

中等职业技术教育规划教材

电 工 基 础

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会 编
机电专业委员会
主编 章振周

机械工业出版社

本教材是为适应中等职业教育教学改革的需要,按照科学性、指导性、实用性、趣味性等原则相结合编写的。教材共分为电路的基本概念和基本定律、直流电路、电容器、磁与电磁、单相交流电路和三相正弦交流电路六章,每章分为学习指南、正文、阅读材料、本章小结、复习思考题、实验等;正文除安排理论知识外,还安排有与理论相对应的相关实验、小制作等实际操作的内容,以理论引导实践,实践来深化理论,形成一体化教学。同时插入辅助内容,如小知识、看一看、想一想、试一试等,以提高学生的学习兴趣,使学生形成自我学习、自我思考为中心的学习方式。

本书可供技工学校、中等职业技术学校电气维修专业使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/章振周主编. —北京:机械工业出版社, 2004.7
中等职业技术教育规划教材
ISBN 7-111-14707-3

I. 电… II. 章… III. 电工学-专业学校-教材
IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 057487 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
策划编辑:荆宏智
责任编辑:王振国 版式设计:张世琴 责任校对:程俊巧
封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2004 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷
850mm×1168mm^{1/32}·8.875 印张·237 千字
定价:16.00 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)68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

前 言

为贯彻落实“全国职业教育工作会议”精神，克服原有的教材专业设置落后，缺乏新的专业和复合专业，技术内容比较陈旧，理论课内容偏深、偏难的弊端，更好地满足中等职业技术教育教学改革的需要，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织编写了这套适合新形势的中等职业技术教育规划教材。首批所选五个专业为机床切削加工、机械设备维修、模具制造与维修、数控机床加工、电气维修。本套教材的编写指导思想是：贯彻党的教育方针，依据《劳动法》《职业教育法》的规定和《国家职业标准》的要求，更新教学内容，突出技能训练，强化创新能力的培养，以培养具备较宽理论基础和复合型技能的人才，使培养的人才适应科技进步、经济发展和市场的需要。其宗旨是：促职业教育改革，助技能人才培养。

为实现这一宗旨，中国机械工业教育协会和全国职业培训教学工作指导委员会机电专业委员会联合组织了 30 多所高、中级技工学校参加了首批五个专业教学计划、教学大纲的制定和教材的编审工作。各学校对新教材的专业选择、课程设置、学时安排、教学计划和教学大纲的制定、教材定位、编写方式等，参照《国家职业标准》相关工种中级工的要求和各校实际，经过三次会议进行了广泛的讨论和充分论证，首先完成了教学计划和教学大纲的制定和审定工作。在教材的编写过程中，贯彻了“简明、实用、够用”的原则，反映了新知识、新技术、新工艺和新方法，体现了科学性、实用性、代表性和先进性，正确处理了理论知识与技能的关系。同时通过对原有教材进行评价，针对其不足并在编写过程中进行了改进，以充分反映学校的实际需要。新教

材的价值在于兼顾了学生学习真本领与达到职业技能鉴定考试两种要求。综上所述,本套教材具有以下特色:

1) 职业性 专业设置参照有关专业目录,并根据职业发展和实际社会需求确定。

2) 科学性 教学内容与现代科学技术发展和先进技术装备、技术水平相适应,体现了科学性和先进性。

3) 实践性 重视实践性教学环节,加强了技能训练和生产实习教学,努力实现产教结合。

4) 衔接性 与企业培训和其他类型教育相沟通,与国家职业资格证书体系相衔接。

5) 实用性 教学内容符合职业标准及企业生产实际需要,有利于培养实用型人才。

与本教材配套的还有相应教材的习题集。

本套教材的编写工作得到了各学校领导的重视和支持,参加教材编审的人员均为各校的教学骨干,保证了本套教材能够按计划有序地进行,并为编好教材提供了良好的技术保证,在此对各学校的支持表示感谢。

本书的具体编写分工如下:绪论、第一、二章由章振周编写,第三、四章由王珂编写,第五章由陈一军编写,第六章由白植真编写。全书由章振周统稿并主编,郝晶卉主审。

由于时间和编者水平有限,书中难免存在某些缺点或错误,敬请读者批评指正。

中国机械工业教育协会
全国职业培训教学工作指导委员会
机电专业委员会

目 录

前言

绪论 1

第一章 电路的基本概念和基本定律 5

第一节 电路 5

第二节 电路的基本物理量 8

第三节 电路的基本定律 22

阅读材料 28

本章小结 33

复习思考题 34

实验一 电源电动势和内阻的测定 36

第二章 直流电路 39

第一节 简单直流电路 40

第二节 复杂直流电路 60

阅读材料 78

本章小结 88

复习思考题 89

实验二 验证基尔霍夫定律 95

实验三 验证戴维南定理 97

第三章 电容器 99

第一节 电容器的基本知识 99

第二节 电容器的连接 105

第三节 电容器的充电和放电	111
阅读材料	115
本章小结	119
复习思考题	120
第四章 磁与电磁	123
第一节 电流的磁效应	123
第二节 磁场的主要物理量	127
第三节 磁场对电流的作用	133
第四节 铁磁性物质的磁化	138
第五节 电磁感应	141
阅读材料	161
本章小结	168
复习思考题	170
实验四 电磁感应现象的研究	174
第五章 单相交流电路	176
第一节 概述	177
第二节 正弦交流电的表示法	184
第三节 单一参数的交流电路	190
第四节 电阻、电感及电容的串、并联电路	203
第五节 提高功率因数的意义和方法	228
阅读材料	232
本章小结	235
复习思考题	237
实验五 RLC 串联谐振电路	241
实验六 荧光灯电路	243
第六章 三相正弦交流电路	246
第一节 三相交流电源	246

第二节 三相负载的连接	252
第三节 中线的作用	258
第四节 三相功率	261
阅读材料	265
本章小结	269
复习思考题	270
实验七 三相负载的连接和检测	272

绪 论

一、电能的重要性

纵观原始社会的狩猎、牧畜经济，封建社会的务农经济，直到现代的工业经济，我们不难发现：只有工业经济的二次革命——蒸气机革命和电能革命才使生产力发生了翻天覆地的变化，真正起到了划时代的作用。目前，蒸汽机有点过时，而电能仍在现代工业、农业、国防、科技以及日常生活中得到广泛的应用。在工农业生产中，绝大多数机械设备都是由电力来驱动；在机械制造工业中，电镀、电焊、电炉冶炼金属和电子束加工等都是电能的应用；对生产过程中所涉及到的一些物理量，如长度、速度、压力、温度等，都可用电的方法进行测量和自动调节；现代国防设备中的雷达、导弹、军舰等，以及交通运输中的电气机车、电车、飞机等都离不开电能；日常生活中的电灯、电话、电视机、电风扇、电冰箱、空调等更是要依靠电能才能工作；同样，电子技术发展的结晶——计算机等也完全离不开电能……

电能之所以有如此巨大的作用和应用价值，主要是因为它具有以下优点：

1. 电能生产方便 大多数其他形式的能量，都可以比较轻松地利用转换设备变为电能，例如：水力发电（水能）、火力发电（热能）、原子能发电（原子能）、电池（化学能）及光电池（光能）等。

2. 电能使用方便 根据需要可较方便地将电能转换为其他形式的能，例如：电动机将电能转换为机械能，电炉将电能转换为热能，电灯将电能转换为光能，扬声器将电能转换为声能等。同时，电能之间也可以转换，例如：利用整流器可将交流电转换为直流电，利用振荡器可将直流电转换为交流电。

3. 电能输送方便 电能可以通过导线或电磁波很方便地传

输到所需的地方,而且输电设备简单,输电效率高。例如:工厂常建在原料产地或运输方便之地,而发电厂则大多建于有能源的地方,二者之间往往有很大的距离,而由于电能的远距离输送的优势使动力基地与工业基地的位置上的矛盾得到解决。电能不仅输送方便,而且分配也很容易,自几十瓦的电灯到几千瓦的电动机,根据用电需要,都可自如分配。

4. 电能控制方便 电流的传导速度等于光速,电气设备的动作也比较迅速,对生产过程中所涉及的一些物理量,如长度、速度、温度、压力等都可用电来迅速而准确地进行测量和自动调节,所以便于实现远距离控制和生产过程的自动化。

二、课程的性质和任务

本课程是研究电路和电磁现象的基本规律及分析方法的一门技术基础课,是学习电气维修专业知识的理论基础。

通过本课程的学习,使学生全面地、系统地、灵活地掌握直流电路、交流电路和电磁的基本概念、基本规律和基本分析方法,并在此基础上掌握一定的实验技能,为学习专业课、生产实习课及今后的生产实践奠定必要的理论和实操基础。

三、学习注意事项

1. 本课程以讲解基本概念和基本理论为主,学生应有理论联系实际的意识,以便使所学的理论知识在各专业课程、生产实践中得到应用。

2. 在学习时应理解主要物理量、基本公式及基本定律的含义,掌握公式和定律的使用条件以及各物理量的国际计量单位,并应注意教材中各部分内容间的联系。

3. 在学习过程中切忌死记硬背,重在理解和灵活运用。只有在理解并掌握方法的前提下,才能达到事半功倍的效果,使所学真正有益于自我思维的发展和今后的运用。

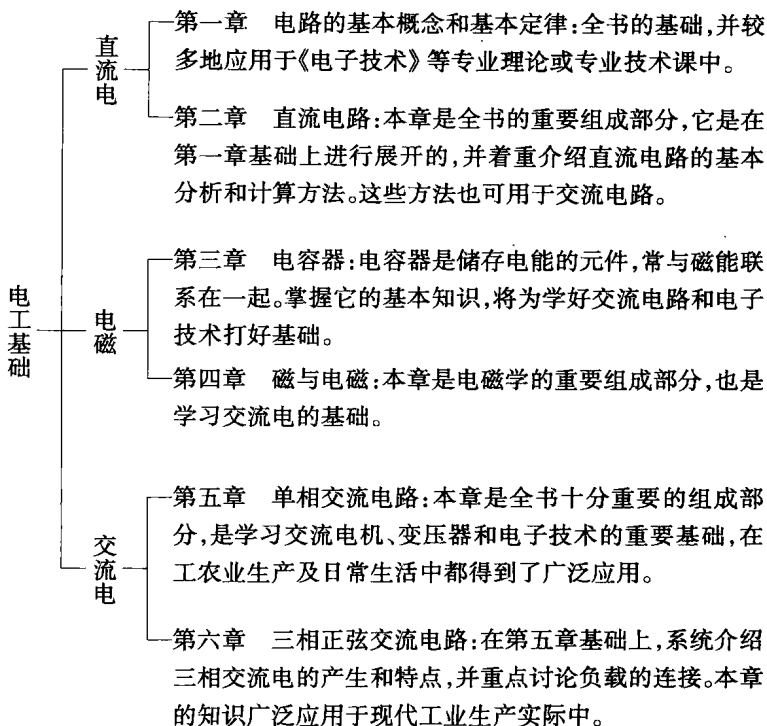
4. 实验是本课程的一个重要环节,通过实验可以巩固所学理论,训练操作技能,并培养实践能力和严谨的科学作风。实验前必须进行预习,认真准备;实验时应积极思考,多动手,学会

正确使用常用的电子仪器、电工仪表、电机和电器设备，要能正确连接电路，能准确读取数据，若发生问题，应尽量独立进行分析、解决问题；实验后要对实验现象和实验数据认真整理分析，编写出整洁的实验报告。

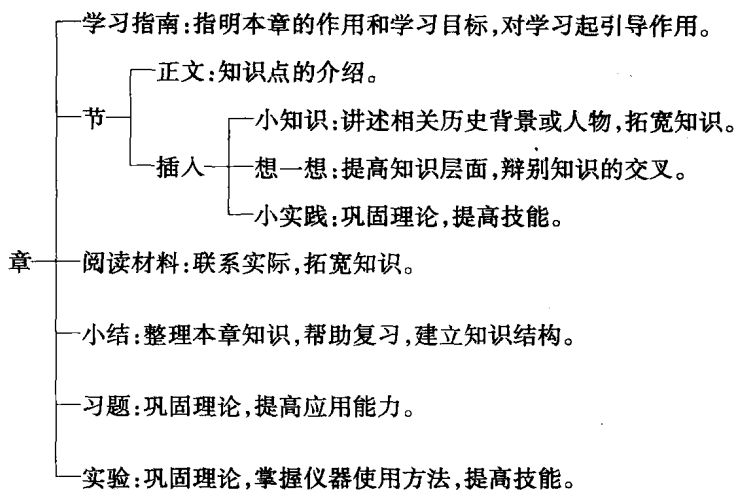
5. 本教材中插入的“小知识”、“想一想”、“小实践”及“阅读材料”，读者都应去思考或实践，这有利于拓宽知识，提高技能和综合能力。

四、教材的框架

1. 总体框架



2. 各章框架



第一章 电路的基本概念和基本定律

学习指南

本章从电路的基本组成和状态入手，引出电路的基本物理量和基本定律。通过对其分析和计算，以加深理解并掌握分析问题的方法。这些分析和计算不仅适用于直流电路，而且也适用于交流电路，甚至可应用于“电子技术”等课程中，因此，本章是全书的基础。

本章的学习目标：

- 了解电路的组成、电路的状态及电气设备额定值的意义。
- 了解电阻的含义和电阻与温度的关系，并掌握电阻定律。
- 理解电流产生的条件和电流、电压、电位及电动势的概念、单位及字母符号。
- 理解电动和电功率的概念，并掌握其计算方法。
- 掌握欧姆定律和焦耳定律。

第一节 电 路

在日常生活中，把一只灯泡通过开关、导线和干电池连接起来，就组成了一个照明（如：手电筒）电路，如图 1-1 所示。当合上开关，电路中就有电流通过，灯泡就亮起来。在工厂的动力用电中，电动机通过开关、导线和电源接通时，也就有电流通过，电动机也就能转动起来。这种把电源、用电器、开关等通过

导线的连接，而按照一定方式构成的闭合电流通路称为电路。简单地讲，电流通过的路径称为电路。

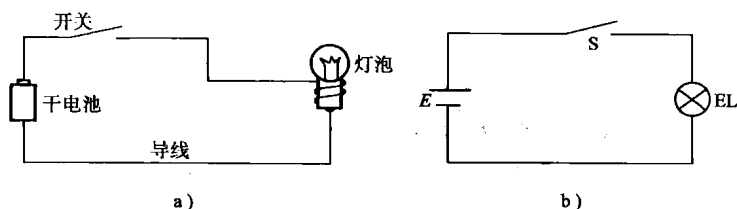


图 1-1 实物图和电路图

a) 实物图 b) 电路图

一、电路的组成及作用

任何一个完整的实际电路，不论其结构和功能如何，总是由电源、用电器（负载）和中间环节（导线和开关）等基本部分组成。它的基本作用是进行电能与其他形式能量之间的转换。

1. 电源 电源是将其他形式的能量转换为电能并为电路提供电能的设备，如发电机、蓄电池、光电池等。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，光电池是将光能转换为电能。

2. 用电器 用电器是将电能转换成其他形式能量的装置，也常被称为电源的负载，如电灯泡、电炉、电动机等。电灯泡是将电能转变为光能，电炉是将电能转变为热能，电动机是将电能转变为机械能。

3. 导线 导线是用来连接电源和用电器的金属线，它把电源产生的电能输送到用电器，常用铜、铝等金属材料造成。

4. 开关 开关是控制电源与用电器接通或断开的装置。

根据需要电路中还可装配其他辅助设备，如测量仪表、熔丝等，测量仪表是用来测量电路中的电量，熔丝是用来执行保护任务。



能量既不会消灭，也不会创新，它只会从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到另一个物体，而能的总量保持不变，这就是能的转化和守恒定律，也称能量守恒定律。

小知识

二、电路图

图 1-1a 所示是用电气设备的实物图形表示的实际电路，它的优点是直观，但画起来很复杂，不便于分析和研究，因此，在分析和研究电路时，总是把这些实际设备抽象成一些理想化的模型，用规定的图形符号表示，如图 1-1b 所示。这种用统一规定的图形符号画出的电路模型图称为电路图。几种常用的标准图形符号如表 1-1 所示。

表 1-1 部分电工图形符号

图形符号	名称	图形符号	名称	图形符号	名称
	开关		电阻器		接机壳
	电池		电位器		接地
	发电机		电容器		端子
	线圈		电流表		连接导线 不连接导线
	铁心线圈		电压表		熔断器
	抽头线圈		二极管		灯

三、电路的工作状态

电路的工作有三种状态，即通路、断路和短路。

1. 通路 通路又名闭路，就是电路各部分连接成闭合回路，也就是图 1-1 所示电路中开关闭合时的工作状态，这时电路中有电流通过。必须注意的是，处于工作状态的各种电气设备的电压、电流、功率等数值不能超过其额定值。

2. 断路 断路又名开路或空载状态，就是电源与用电器未接成闭合回路，处于断开状态，也就是图 1-1 中开关断开时的工作状态，这时电路中无电流通过。

3. 短路 短路就是电源输出的电流未经用电器而直接经导线流回电源，如图 1-2 所示。短路时，电路中流过的电流比正常工作时大得多，可能会烧坏电源和其他设备，一般应严防电路发生短路。但有时，在调试电子设备的过程

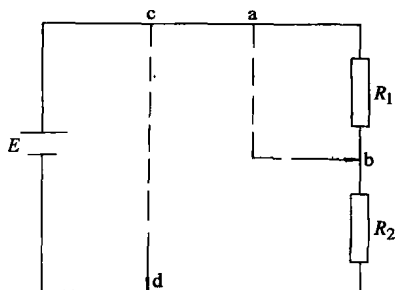


图 1-2 电路短路

程中，为了使与调试过程无关的部分设备没有电流通过，也可将电路某一部分短路（如图 1-2 中 a—b 间短路），但绝不允许将电源直接短路（如图 1-2 中 c—d 间短路）。

第二节 电路的基本物理量

一、电流

1. 电流的形成 电荷的定向移动形成电流。例如：金属导体中自由电子的定向移动，电解溶液中正、负离子沿着相反方向的移动，阴极射线管中的电子流等，都可形成电流。

要形成电流，首先要有能自由移动的电荷——自由电荷。但只有自由电荷还是不能形成电流，例如，导体中有大量的自由电荷，它们不断地做无规则的热运动，朝任何方向运动的几率都一

样。就象广场中的人群在玩耍，不会形成人流，而当某处发生吸引观众的事件时，人群就向该处移动，就形成了人流。因此，要形成电流，还需将导体放入电场内，使导体中的自由电荷在电场力的作用下做定向移动。

但由于电荷的积累会产生电场，且与外电场相反，很快达到静电平衡，电流又将消失，如图 1-3 所示。可见要得到持续的电流，就必须设法使导体内一直保持一定的电场，即在导体两端保持一定的电压，才能持续不断地推动自由电荷做定向移动。

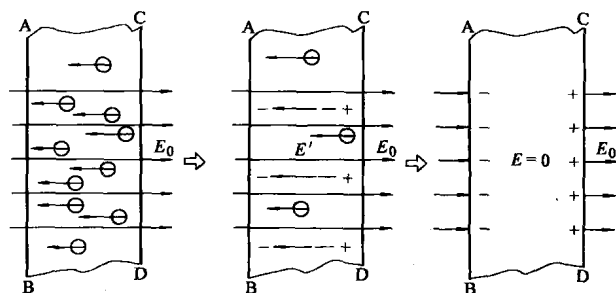


图 1-3 电荷移动后形成静电平衡过程图

2. 电流的大小 电流既是一种物理现象，又是一个表示带电粒子定向运动强弱的物理量。电流的大小等于单位时间内通过导体横截面的电荷量。如果在时间 t 内通过导体横截面的电荷量为 Q ，那么电流

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

式中 I ——通过导体的电流，单位为安 [培] (A)；

Q ——通过导体横截面的电荷量，单位为库 [仑] (C)；

t ——通电时间，单位为秒 (s)。

如果在 1s 内通过导体横截面的电荷量是 1C，则导体中的电流为 1A。常用的电流单位还有毫安 (mA)、微安 (μ A) 等。