

# 电 工 基 础

(第三版)

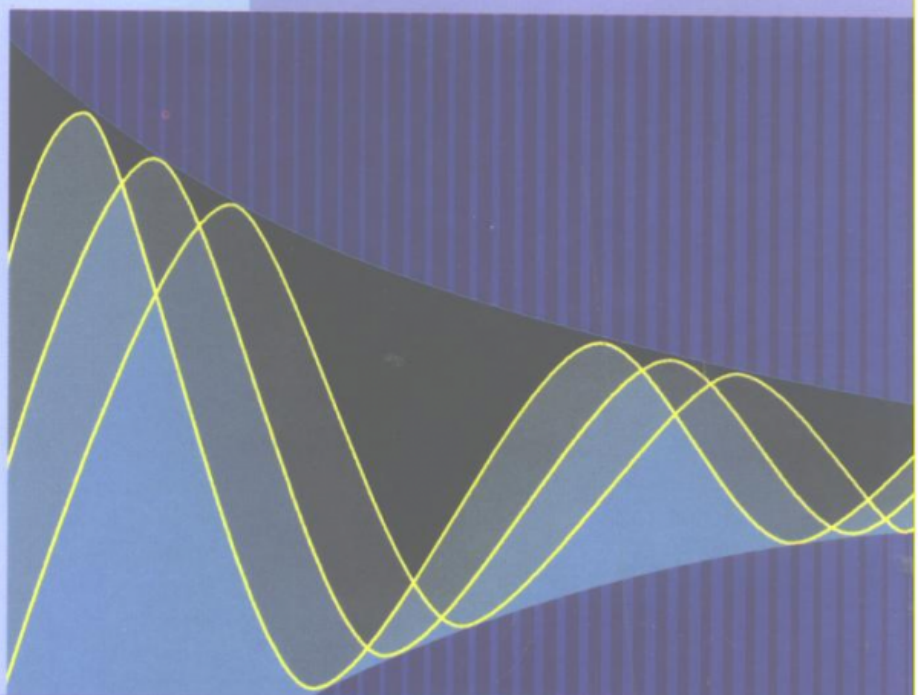
国家教委规划教材

中等职业学校电子电器、电工专业

(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

全国中等职业学校电子电器、电工专业教材编写组编

周绍敏 主编



高等教育出版社

国家教委规划教材  
中等职业学校电子电器、电工专业  
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

# 电 工 基 础

(第三版)

全国中等职业学校电子电器、电工专业教材编写组 编  
周绍敏 主编

高等教育出版社

(京)112 号

**图书在版编目(CIP)数据**

电工基础/周绍敏主编. - 3 版. - 北京:高等教育出版社, 2000 重印

ISBN 7-04-006540-1

I. 电… II. 周… III. 电工-理论-专业学校-教材 IV. TM1  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 25161 号

---

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 高等教育出版社印刷厂

版 次 1987 年 2 月第 1 版

1998 年 4 月第 3 版

开 本 850×1168 1/32

印 次 2000 年 2 月第 6 次印刷

印 张 10

定 价 10.40 元

字 数 250 000

---

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,请与图书供应部门联系调换。

**版权所有 侵权必究**

## 内 容 提 要

本书系中等职业学校电子电器、电工类专业课程教材。全书是在 1992 年第二版的基础上,根据国家教委颁发的教学大纲,并参照了最新行业部颁(有关工种)中级技术工人等级考核标准,修订而成。本书主要内容有:电路的基本概念和基本定律、直流电路的分析、磁路和电磁感应现象、正弦交流电路的基本概念、相量法、变压器和电动机、三相正弦交流电路以及非正弦周期电路。每章末均有适量的复习思考题和习题、书后还附有学生实验,以供选用。同时还有《电工基础学习指导与练习》一书与本书配套使用。

本书从中等职业学校的实际出发,内容安排由浅入深,通俗易懂,突出应用。本书可作为职业高中、技工、中专学校电子电器及电工类专业课程教材,也可作为成人中等职业教育的培训教材。

3168/25

## 第三版前言

本书是国家教委关于中等职业学校电子电器、电工专业的规划教材,是在 1992 年第二版的基础上修订而成的。

本书修订过程中,依据了国家教委颁发的教学大纲,同时参照了最新行业部颁有关工种中级技术工人等级考核标准,还注意了以下原则:

- (1) 适当降低理论难度,加强应用;
- (2) 稳定原有体系,适当调整;
- (3) 根据专业共性,精选内容;
- (4) 保证必要基础,按需选学。全书在内容上作了增删,系统上作了局部调整,文字叙述上作了必要修改,并更换了一些习题。

全书教学时间约 160~180 课时,标题前标有 \* 号的为选学内容。

本书由楼史进编审主审,参加审稿工作的还有宋健雄、李耀荣副教授。本书在修订过程中得到全国各地广大教师的大力支持和帮助,他们对教材的修订提出了许多宝贵意见和建议,在此一并致谢。

本书修订后难免仍有不当之处,恳切希望使用教材的学校和老师指正。

编者

1997 年 5 月

## 第二版前言

本书第一版是1986年9月出版的,从五年来的使用情况看,受到了广大读者的欢迎。为了使教材更加适合中等职业技术学校教学的需要,编者收集了各方面的意见,并根据本人的教学体会,对第一版中的某些内容进行了调整和修改。调整与修改的内容主要有以下几个方面:

(1) 在章节体系上,将第一版的上、下两册合为一册,并取消了第一版的第十章“振荡电路和谐振”和第十四章“过渡过程”,有关内容分别并入第八章“正弦交流电路”、第四章“电容”和第五章“磁场和磁路”中。此外,考虑到中等职业技术学校培养目标,将变压器和电动机合成为一章,并增加了三相异步电动机的控制和单相异步电动机的内容。

(2) 对部分章节的内容进行了压缩和改写。首先是删除了一些陈旧的内容,另外,考虑到中等职业技术学校学生的特点,在数学推导和分析方面有较大的压缩,如将第九章“符号法”列为选学内容,在其余各章节中均不出现复数运算。因此,即使第九章内容不讲,也不影响其他各章的教学。

(3) 加强了基本概念和基本技能的训练,增加了课堂演示实验和学生实验。如增加了“RC电路的过渡过程”、“单相交流电路”和“串联谐振电路”三个学生实验。此外,每章末都增加了复习思考题,提出的问题都是基本的和概念性的,有助于学生课后复习巩固。

本书在编写时,以国家教委颁发的教职(1990)017号《关于制订职业高级中学教学计划的意见》及有关部颁标准为依据。内容力求简明扼要,阐述遵循由浅入深,从感性到理性的原则。重点放

在电路的基本概念、基本原理和基本分析方法的阐述上,注意培养学生运用有关原理对实际问题进行定性分析的能力,同时也注意培养学生有相应的实验技能和计算能力。书中打“\*”号处,可作为选学内容。

本书注意到与物理课的分工,避免了不必要的重复。部分内容,例如电路的基本物理量、欧姆定律、电阻的联接、磁场的基本物理量等,虽然都已在物理课程中讲过,但是为了加强理论的系统性和满足电工技术的需要,仍列入本书中,使学生对这些内容的理解能进一步巩固和加深,并能充分地应用和扩展。

全书教学时间约 180 课时。各章课时安排的参考意见如下:绪论和第一章 5 课时,第二章 22 课时,第三章 22 课时,第四章 10 课时,第五章 14 课时,第六章 12 课时,第七章 10 课时,第八章 32 课时,第九章 10 课时,第十章 12 课时,第十一章 17 课时,第十二章 4 课时,复习考核 10 课时。学生实验包括在各章课时之内。

本书由上海同济大学刘式雍副教授和陈小龙老师审阅,并先后于 1990 年 6 月和 1991 年 4 月在苏州召开了修订大纲讨论会和修订稿审定会。在会上,常州市第三职业中学朱才良、无锡市电子职业中学徐江、苏州市机械职业中学尹丹明、南京市经营管理职业教育中心荆昌、南通市职业中学钱选体等同志提出了宝贵意见和修改建议,在此深表谢忱。编者还十分感谢对本书第一版提出意见的读者和老师。

由于编者能力有限,见解不多,本书有些内容难免不够妥善,甚至会有错误之处。希望读者,特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见,以便今后改正提高。

编者

1991 年 7 月

# 第一版前言

职业技术教育是开发智力、培养人材的重要途径,是国民经济持续发展的可靠保证,它同现代化建设有极密切的关系。要进一步提高职业技术教育的质量,必须加强教材的建设。本书是由江苏省教育厅组织编写的,具体编写工作是在苏州市教育局领导下进行的,并得到有关单位的大力支持和协助。

本书分上、下两册,共十四章。上册有六章,第一至三章为直流电路,第四章电容,第五、六章磁场、磁路和电磁感应。下册计八章,除第十一章变压器外,其余均为电路内容,即第七至十章正弦交流电路,第十二章三相正弦交流电路,第十三章非正弦周期电路,第十四章过渡过程。每章末均有适量的习题,书后附有学生实验,供教学中选用。标题前标有\*号的为选学内容。

本教材从职业中学的实际出发,力求结合生产实际。在内容处理方面,注意少而精,讲求实效;在编写上力求由浅入深,循序渐进,通俗易懂,使之具有针对性和系统性。本书既可作为职业中学的教材,也可作为成人职业教育的培训教材。目前,由于职业中学学制等情况不同,本课程各校的授课时数多少不等,因此,教学内容可依实际学时数多少而增减。

由于职业中学在教学方面还有许多问题需要探讨,加之编写经验不足,错误和缺点在所难免,恳切希望读者在使用中提出宝贵意见。

编者

1986年9月

|      |     |
|------|-----|
| 责任编辑 | 梁 玫 |
| 封面设计 | 李卫清 |
| 责任绘图 | 汪 婷 |
| 版式设计 | 周顺银 |
| 责任校对 | 王 巍 |
| 责任印制 | 韩 刚 |

# 目 录

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 绪论 .....                | ( 1 )  |
| 第一章 电路的基本概念 .....       | ( 3 )  |
| 第一节 电路 .....            | ( 3 )  |
| 第二节 电流 .....            | ( 5 )  |
| 第三节 电阻 .....            | ( 6 )  |
| 第四节 部分电路欧姆定律 .....      | ( 9 )  |
| 第五节 电能和电功率 .....        | ( 10 ) |
| 第二章 简单直流电路 .....        | ( 14 ) |
| 第一节 电动势 闭合电路的欧姆定律 ..... | ( 14 ) |
| 第二节 电池组 .....           | ( 21 ) |
| 第三节 电阻的串联 .....         | ( 23 ) |
| 第四节 电阻的并联 .....         | ( 26 ) |
| 第五节 电阻的混联 .....         | ( 30 ) |
| 第六节 万用电表的基本原理 .....     | ( 32 ) |
| 第七节 电阻的测量 .....         | ( 38 ) |
| 第八节 电路中各点电位的计算 .....    | ( 40 ) |
| 第三章 复杂直流电路 .....        | ( 47 ) |
| 第一节 基尔霍夫定律 .....        | ( 47 ) |
| 第二节 基尔霍夫定律的应用 .....     | ( 51 ) |
| 第三节 叠加原理 .....          | ( 55 ) |
| 第四节 戴维南定理 .....         | ( 57 ) |
| 第五节 电压源与电流源的等效变换 .....  | ( 60 ) |
| 第四章 电容 .....            | ( 69 ) |
| 第一节 电容器和电容 .....        | ( 69 ) |

|            |                         |                |
|------------|-------------------------|----------------|
| 第二节        | 常用电容器 .....             | ( 72 )         |
| 第三节        | 电容器的联接 .....            | ( 74 )         |
| 第四节        | 电容器的充电和放电 .....         | ( 78 )         |
| 第五节        | 电容器中的电场能量 .....         | ( 79 )         |
| * 第六节      | $RC$ 电路中的过渡过程 .....     | ( 81 )         |
| <b>第五章</b> | <b>磁场和磁路 .....</b>      | <b>( 88 )</b>  |
| 第一节        | 电流的磁效应 .....            | ( 88 )         |
| 第二节        | 磁场的主要物理量 .....          | ( 91 )         |
| 第三节        | 磁场对电流的作用力 .....         | ( 94 )         |
| 第四节        | 铁磁性物质的磁化 .....          | ( 98 )         |
| 第五节        | 铁磁性物质的分类 .....          | ( 102 )        |
| 第六节        | 磁路的基本概念 .....           | ( 103 )        |
| <b>第六章</b> | <b>电磁感应 .....</b>       | <b>( 110 )</b> |
| 第一节        | 电磁感应现象 .....            | ( 111 )        |
| 第二节        | 感应电流的方向 .....           | ( 113 )        |
| 第三节        | 电磁感应定律 .....            | ( 115 )        |
| 第四节        | 自感现象 .....              | ( 120 )        |
| 第五节        | 互感现象 .....              | ( 126 )        |
| 第六节        | 电磁感应的应用 .....           | ( 130 )        |
| * 第七节      | $RL$ 电路的过渡过程 .....      | ( 133 )        |
| <b>第七章</b> | <b>正弦交流电的基本概念 .....</b> | <b>( 141 )</b> |
| 第一节        | 交流电的产生 .....            | ( 141 )        |
| 第二节        | 表征交流电的物理量 .....         | ( 145 )        |
| 第三节        | 交流电的表示法 .....           | ( 148 )        |
| <b>第八章</b> | <b>正弦交流电路 .....</b>     | <b>( 154 )</b> |
| 第一节        | 纯电阻电路 .....             | ( 154 )        |
| 第二节        | 纯电感电路 .....             | ( 156 )        |
| 第三节        | 纯电容电路 .....             | ( 159 )        |
| 第四节        | 电阻、电感、电容的串联电路 .....     | ( 162 )        |

|              |                         |              |
|--------------|-------------------------|--------------|
| 第五节          | 串联谐振电路 .....            | (168)        |
| 第六节          | 电阻、电感、电容的并联电路 .....     | (174)        |
| 第七节          | 电感线圈和电容器的并联电路 .....     | (179)        |
| 第八节          | 并联谐振电路 .....            | (182)        |
| 第九节          | 交流电路的功率 .....           | (186)        |
| 第十节          | 交流电路中的实际元件 .....        | (193)        |
| <b>*第九章</b>  | <b>相量法 .....</b>        | <b>(199)</b> |
| 第一节          | 复数的概念 .....             | (199)        |
| 第二节          | 复数的四则运算 .....           | (202)        |
| 第三节          | 正弦量的复数表示法 .....         | (205)        |
| 第四节          | 复数形式的欧姆定律 .....         | (206)        |
| 第五节          | 阻抗的联接 .....             | (208)        |
| 第六节          | 复杂正弦交流电路的一般解法 .....     | (211)        |
| <b>第十章</b>   | <b>三相正弦交流电路 .....</b>   | <b>(216)</b> |
| 第一节          | 三相交流电源 .....            | (216)        |
| 第二节          | 三相负载的联接 .....           | (220)        |
| 第三节          | 三相电路的功率 .....           | (227)        |
| 第四节          | 安全用电 .....              | (229)        |
| <b>第十一章</b>  | <b>变压器和交流电动机 .....</b>  | <b>(233)</b> |
| 第一节          | 变压器的构造 .....            | (233)        |
| 第二节          | 变压器的工作原理 .....          | (235)        |
| 第三节          | 变压器的功率和效率 .....         | (240)        |
| 第四节          | 常用变压器 .....             | (241)        |
| 第五节          | 变压器的额定值和检验 .....        | (246)        |
| 第六节          | 三相异步电动机 .....           | (247)        |
| <b>*第七节</b>  | <b>三相异步电动机的控制 .....</b> | <b>(255)</b> |
| 第八节          | 单相异步电动机 .....           | (261)        |
| <b>*第十二章</b> | <b>非正弦周期电路 .....</b>    | <b>(266)</b> |
| 第一节          | 非正弦周期量的产生 .....         | (266)        |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 第二节 非正弦周期量的谐波分析 .....     | (267) |
| 第三节 非正弦周期量的有效值和平均功率 ..... | (270) |
| <b>学生实验</b> .....         | (272) |
| 一 把电流表改装为伏特表 .....        | (272) |
| 二 练习使用万用表 .....           | (274) |
| 三 用惠斯通电路测电阻 .....         | (276) |
| 四 电压和电位的测定 .....          | (278) |
| 五 基尔霍夫定律 .....            | (279) |
| 六 叠加原理 .....              | (280) |
| 七 戴维南定理 .....             | (282) |
| 八 RC 电路的过渡过程 .....        | (283) |
| 九 示波器的使用 .....            | (286) |
| 十 用示波器观察交流电的波形 .....      | (290) |
| 十一 单相交流电路 .....           | (292) |
| 十二 串联谐振电路 .....           | (295) |
| 十三 日光灯电路 .....            | (297) |
| 十四 三相负载的星形联接法 .....       | (299) |
| 十五 三相负载的三角形联接法 .....      | (300) |
| 十六 单相变压器 .....            | (302) |
| <b>附录</b> .....           | (305) |
| 一 希腊字母表 .....             | (305) |
| 二 常用单位换算表及国际单位制词头表 .....  | (306) |

# 绪 论

电工基础是研究电能应用技术的基础课程。电能的应用范围是极其广泛的,它的应用,在生产技术上曾引起了划时代的革命。在现代工业、农业及国民经济的其他各个部门中,逐渐以电力作为主要的动力来源。工业上的各种生产机械,如机床、起重机、轧钢机、鼓风机、水泵等,主要是用电动机来拖动的;在机械制造工业中,电镀、电焊、高频淬火、电炉冶炼金属、电蚀加工和电子束加工等,都是电能的应用;对生产过程中所涉及的一些物理量,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;现代农业技术的主要动力是电力,如电力排灌、粮食和饲料的加工等;在现代物质、文化生活中电也是不可缺少的,如电灯、电话、电影、电视、无线电广播等都离不开电能的应用。

电能所以会得到这样广泛的应用,是因为它具有无可比拟的优越性。电能的优越性主要表现在下列三个方面:

(1)便于转换 电能可以从水能(水力发电)、热能(火力发电)、原子能(原子能发电)、化学能(电池)及光能(光电池)等转换而来;同样也可以将电能转换为其他所需要的能量形态,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。电能之间也可以转换,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 电能可以方便地被输送到远方,而且输电设备简单,输电效率高。我们知道,工厂通常建于原料产地或运

输方便之处,而发电站则大多建于有能源的地方,二者之间有一定的距离。动力基地与工业基地在位置上存在的这个矛盾,由于电能的远距离输送而得到了解决。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千千瓦的电动机,根据用电需要,都可以分配自如。

此外,电能还可以不通过导线而以电磁波的形式进行传播。

(3)便于控制 电流的传导速度等于光速,电气设备的动作又比较迅速,所以便于实现远距离控制和实现生产过程的自动化。

电工基础是一门实践性较强的专业技术基础课程。它的目的和任务是使学生获得电工技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,为学习后续课程以及今后工作打下必要的基础。

学好本课程,除了要求具有正确的学习目的和态度外,还要注意以下几点。

(1)学习时要抓住物理概念、基本理论、工作原理和分析方法;要理解问题是如何提出的,又是怎样解决和应用的;要注意各部分内容之间的联系,前后是如何呼应的;要重在理解,能提出问题,积极思考,不要死记。每章都有复习思考题,提出的问题都是基本的和概念性的,有助于课后复习巩固。

(2)通过习题可以巩固和加深对所学理论的理解,并培养分析能力和运算能力。为此,各章都安排了适当数量的习题。解题前,要对所学内容基本掌握;解题时,要看懂题意,注意分析,要搞清用哪个理论和公式以及解题步骤。习题格式要规范,书写要整洁,作图要整齐,答数要标明单位。

(3)通过实验可以巩固所学理论,训练实验操作技能,并培养严谨的科学作风。实验是本课程的一个重要环节,不能轻视。实验前必须进行预习,认真准备;实验时积极思考,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;实验后要对实验现象和实验数据认真地整理分析,编写出整洁的实验报告。

# 第一章 电路的基本概念

## 学习指导

本章是电工基础的第一章,起承前启后的作用,把物理学和本课程联系起来,并为本课程打好基础。

本章有些内容虽已在物理课中学过,但本课程在处理这些内容上与物理课不同,是从工程观点来阐述的,不是简单的重复,应该达到温故知新的目的。

本章的基本要求是:

1. 了解电路的组成、电路的三种基本状态和电气设备额定值的意义。
2. 理解电流产生的条件和电流的概念,掌握电流的计算公式。
3. 理解电阻的概念和电阻与温度的关系。熟练掌握电阻定律。
4. 熟练掌握欧姆定律。
5. 理解电能和电功率的概念,掌握焦耳定律以及电能、电功率的计算。

## 第一节 电 路

### 一、电路的组成

由电源、用电器、导线和开关等组成的闭合回路,叫做电路。

### 1. 电源

把其他形式的能量转变成为电能的装置叫做电源。常见的直流电源有干电池、蓄电池和直流发电机等。

### 2. 用电器

把电能转变成其他形式能量的装置称为用电器，也常把它们称为电源的负载，如电灯、电铃、电动机、电炉等利用电能工作的设备。

### 3. 导线

连接电源与用电器的金属线称为导线，它把电源产生的电能输送到用电器，常用铜、铝等材料制成。

### 4. 开关

它起到把用电器与电源接通或断开的作用。

## 二、电路的状态

电路的状态有如下几种。

### 1. 通路(闭路)

电路各部分联接成闭合回路，有电流通过。

### 2. 开路(断路)

电路断开，电路中没有电流通过。

### 3. 短路(捷路)

当电源两端的导线直接相连，这时电源输出的电流不经过负载，只经过连接导线直接流回电源。这种状态称为短路状态，简称短路。

一般情况下，短路时的大电流会损坏电源和导线，应该尽量避免。有时，在调试电子设备的过程中，将电路某一部分短路，这是为了使与调试过程无关的部分没有电流通过而采取的一种方法。

## 三、电路图

在设计、安装或修理各种设备和用电器等的实际电路时，常要使用表示电路连接情况的图。这种用规定的符号表示电路连接情况的图，称为电路图，其图形符号见国家标准。几种常用的标准图形符号，如图 1-1 所示。