

● 全国电力出版指导委员会出版规划重点项目
全国电力工人公用类培训教材

应用电工基础(第二版)

王大为 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

◎ 全国电力出版指导委员会出版规划重点项目
全国电力工人公用类培训教材

应用电工基础(第二版)

王大为 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

(封面为空白页时，封面重量按封面重量计算)

内 容 提 要

本书以《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》为依据进行编写。本次修订，删减了过时的内容，突出了理论联系实际，增加了现场实用知识，特别是增加了集控运行中的计算机应用。

全书分三篇。第一篇为公用部分，共三章，主要内容为电路的基本概念、交直流电的基本知识等，并介绍了电动机的基本控制电路和火力发电厂分散控制系统的应用。第二篇为专业基础部分，共四章，主要内容为正弦交流电路的基本分析方法、几个常用的重要电路定律、线性电路的过渡过程和常用电工仪表基本知识等。第三篇为各章复习题参考答案及解答。

为便于自学、培训和考核，各章后均有复习题，书末附有复习题的参考答案及解答。

本书适用于火力发电、水力发电、供用电、城镇（农村）工矿企业、火电建设、水电建设和电力机械修造等7个部门26个专业159个工种的初、中、高级工培训考核使用，也适用于其他有关人员学习。

图书在版编目（CIP）数据

应用电工基础/王大为主编. - 2版. - 北京：中国电力出版社，2004

全国电力工人公用类培训教材

ISBN 7-5083-2370-X

I. 应… II. 王… III. 电工学—技术培训—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 051895 号

中国电力出版社出版、发行

（北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>）

利森达印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1994年12月第一版

2004年7月第二版 2004年7月北京第17次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 13.5印张 355千字

印数 128221—133220册 定价 25.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

（本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换）

努力搞好教材建设
为提高业务素质

史大楨
丁亥年春



出版说明

《全国电力工人公用类培训教材》自 1994 年出版以来,已用于电力行业工人培训 10 余年,得到了广大电力工人和培训教师的一致好评。为提高电力职工素质、使电力职工达到相应岗位的技术要求奠定了基础。

近年来,随着国家职业技能标准体系的完善,《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》已在电力行业正式实施。随着电力工业的高速发展,电力行业的职业技能标准水平已有明显提高,为满足职业技能鉴定规范对电力行业各有关工种鉴定内容中共性和通用部分的要求,我们对《全国电力工人公用类培训教材》重新组织了编写出版。本次编写出版的原则是:以《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》为依据,以满足电力行业对从业技术人员基本知识结构的要求为目标,兼顾提高电力从业人员的综合素质。本次编写出版的教材共 14 种,即:

电力工人职业道德与法律常识	应用机械基础(第二版)
电力生产知识(第二版)	应用力学基础(第二版)
电力安全知识(第二版)	应用水力学基础(第二版)
应用电工基础(第二版)	实用热工基础
应用电子技术基础(第二版)	应用计算机基础
电力工程识绘图	电力工程常用材料(第二版)
应用钳工基础(第二版)	电力市场营销基础

本教材此次编写出版得到了以上各册新老作者的大力支持,在此表示由衷的感谢!同时,欢迎使用本教材的广大师生和读者对其不足之处批评指正。

中国电力出版社

2004.6



前 言

《应用电工基础》以它特有的知识构建网络出版发行十年了。由于本书第一版紧扣原能源部颁布的《电力工人技术等级标准》，按照工人培训的要求和规律建立教材体系，以方便工人自学、有益现场培训、服务考核工作为重点，具有理论联系实际、深入浅出、层次分明、重点突出、涵盖面广、图文并茂、易教易学、题型多样等特点，使培训学习目标明确、考核规范、实用性强。出版后，受到了广大电力工人、培训教师和其他行业工人的青睐。

本次修订以《中华人民共和国职业技能鉴定规范·电力行业》为依据，认真听取了广大电力工人和培训教师的建议，在人员组成上请有丰富实践经验的现场工程技术人员参加本书的修订。

在内容方面，因为部颁标准未变，所以继续保留了原有的教材体系和基本内容，并根据收集的意见和建议以及电力生产的发展，做出以下修订：

- (1) 删除了原书中已经过时陈旧的内容。
- (2) 对原书中个别不够准确、清晰、贴切的内容和词语作了认真的改动。
- (3) 突出理论联系实际，更加贴近现场生产，大量增加了有关电工理论在现场中的应用内容。
- (4) 积极收集电力生产的新技术信息，增加了计算机应用的知识。
- (5) 为了便于工人自学和培训学习中的自我检查，每一章后都附有层次不同的复习题供选用。在附录中对各章复习题给出了答案；对计算题重点通过详细的解题步骤和计算过程努力体现解题思路和方法，答疑解惑，提升工人的学习能力和应对考核能力。

本书由大同电力高级技工学校王大为主编，参编有：大同电力高级技工学校董小川（第一章及第一章习题解答），国电电力大同二电厂焦海杰、齐德泉、于学江（第三、四章及第三、四章习题解答）。

由于编者水平所限，不妥之处，祈望读者批评指正，以求不断提高本书的质量和使用效果。

编者

二〇〇四年六月



目 录

出版说明

前言

第一篇 电工初步知识

第一章 电阻电路..... 3

第一节 电路的组成和电路图..... 3

第二节 电流、电压及测量..... 6

第三节 电功、电功率..... 18

第四节 消耗电能的器件——电阻器..... 20

第五节 产生电能的器件——电源..... 28

第六节 电阻的串联与分压..... 33

第七节 电阻的并联与分流..... 39

第八节 电阻的混联..... 44

复习题..... 46

第二章 电与磁的知识..... 64

第一节 储存电荷的器件——电容器..... 64

第二节 磁场..... 72

第三节 产生磁场的器件——电感器..... 75

第四节 电磁感应..... 83

第五节 三相正弦交流电路简介..... 87

第六节 线圈的自感应现象和自感电动势..... 92

第七节 线圈的互感应现象和互感电动势..... 96

第八节 变压器简介..... 101

第九节 磁场对载流导体的作用力..... 105

第十节 电动机的工作原理..... 109

第十一节 涡流	115
复习题	116
第三章 基本控制电路	132
第一节 二次回路简介	132
第二节 常用低压控制设备	134
第三节 低压异步鼠笼式电动机的控制	140
第四节 高压电动机的控制	144
第五节 电动机的连锁回路	150
第六节 计算机的应用	154
复习题	179

第二篇 专业电工基础

第四章 正弦交流电路	185
第一节 正弦交流电路的分析方法	185
第二节 线圈的交流电阻	191
第三节 电阻、电感、电容组成的串联电路	199
第四节 功率因数的提高	208
第五节 对称三相电路的电压、电流和功率	212
第六节 对称三相电路的计算	219
第七节 不对称三相电路简介	222
第八节 导线的连接	227
第九节 熔断器	234
第十节 万用表的使用	237
复习题	243
第五章 复杂电路的几个定律	259
第一节 基尔霍夫定律	259
第二节 基尔霍夫定律在直流电路中的应用	268
第三节 叠加原理	272
第四节 用叠加原理分析非正弦电路	275

第五节 戴维南定理	280
复习题	285
第六章 电路的过渡过程	298
第一节 过渡过程产生的原因及换路定律	298
第二节 求解一阶电路过渡过程的三要素法	302
第三节 电阻与电容串联电路的过渡过程	303
第四节 电阻与电感串联电路的过渡过程	308
复习题	311
第七章 电工仪表	316
第一节 仪表的种类和测量方法	316
第二节 电桥的工作原理及使用	326
第三节 兆欧表的工作原理及使用	332
复习题	339
附录 复习题解答	342

第一篇 电工初步知识



电阻电路

第一节 电路的组成和电路图

一、电路的组成和作用

简单地说,电路就是电流流通的路径。例如手电筒电路、日常生活中的照明电路、电动机电路等,都是电路的具体例子。

任何一个电路,总是由四个基本部分组成。

1. 电源

将其他形式的能量转换为电能的装置。在电路中电源产生电能,并维持电路中的电流。

2. 负载

将电能转换为其他形式的能量。

3. 导线

连接电源和负载的导体,为电流提供通路并传输电能。

4. 控制器件

在电路中起接通、断开、保护、测量等作用。

构成电路的目的是产生、传输、分配和使用电能。

电压和电流的大小及方向不随时间变化的电路叫直流电路,如手电筒电路。规定用大写的字母 U 、 I 分别表示直流电路的电压和电流。

电压和电流的大小和方向随时间变化的电路叫交流电路(电压、电流是时间 t 的函数)。规定用小写字母 u 、 i 分别表示交流电路的电压和电流。有时为了强调电压、电流随时间而变化的属性,又写成 $u(t)$ 和 $i(t)$ 。

在交流电路中,如果电压和电流与电源频率相同,并且都按正弦规律变化,则这样的电路叫正弦交流电路,简称正弦电路。

二、电路的模型

电工基础研究的主要内容是各种电气装置的电压与电流关系、各种电气装置间的能量转换关系、电与磁的关系,以及电路应遵守的电压关系、电流关系、功率和能量关系等等。所得出的结论应普遍适用于各种电气装置。考虑到电气装置的复杂性和分散性,电工基础并不研究实际的电气装置,而是研究从大量实际装置中抽象出来并能反映它们电与磁主要特征的模型,即理想元件。举例说,开关主要是接通和断开电路的,就其主要特征而言,负荷开关、断路器、隔离开关以及继电器的触点等都起这个作用,可以用开关这个电路模型来表示。再如,导线良好的导电性被用来传输电流,但导线总有一定的电阻,因此可以用电阻元件来“集中”表示导线的电阻。

经过科学的抽象,在电路中只研究四种理想元件——电源元件、电阻元件、电感元件和电容元件。这些理想元件的电气特性,将在后面分析。这样,尽管实际的电气装置千差万别,都可以像“搭积木”一样,利用理想元件的适当组合来分析、计算和预知实际装置的电气特性。为了简单,今后将省略理想二字,元件都指理想元件。

电工基础理论是建立在理想元件上的模型理论。为了技术交流和分析计算的方便,将电路元件用国家统一规定的图形符号来表示,叫电路符号。常用的电路符号,列于表1-1中。

表 1-1

电 路 元 件 符 号

元件名称	图形符号	文字符号	元件名称	图形符号	文字符号
电 池		GB	电 容		C
固定电阻		R	理想导线		W
可变电阻			交叉不相连接的导线		
			交叉相连接的导线		
电 感		L	开 关		S

三、电路图

用电路符号表示实际电路器件连接关系的图形，称为电路原理图，简称电路图。

电源与负载构成闭合回路，称作电路的负载状态。各种电气装置在其铭牌上都规定了长期安全使用的电压（或电流）、功率等数值，即额定值。处于负载状态下运行的电气装置，若按额定值使用，称为额定工作状态，又称满载。否则，长期超过额定值工作将会造成装置的损坏，称为超载。而长期低于额定值工作，将使装置的效率低下或不能正常工作，称为轻载。

电源与负载没有构成闭合回路，这时回路的电流为零，称为断路状态。以日常照明电路为例，照明电路的控制开关断开时，电路处于正常的断路状态；而正常运行的电路或电气设备由于导线连接处接触不良而造成的断路，则会造成故障或事故。

把电路中某一部分的两端用导体直接连接，使这两端的电压为零，电路的这部分叫短路，如图 1-1 所示。短路时短路处的电阻为零，短路处的电压为零，电路中出现比负载状态大得多的电流。在实际电路中，短路会造成电源和有关电气装置被烧毁，以及停电等严重事故。

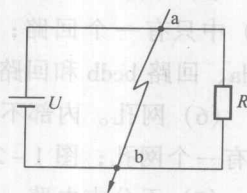


图 1-1 短路

图 1-2 (a) 是最简单的电路，由一个电源和一个负载构成。图 1-2 (b) 是一个比较复杂的电路，它由两个电源和三个负载构成。以图 1-2 为例，介绍几个有关的电路术语。

(1) 节点。电路中有三个或三个以上元件的连接点称为节点。图 1-2 (b) 中，b 和 d 是两个节点；而图 1-2 (a) 中没有节点。

(2) 支路。两个相邻节点间的部分电路称为支路。图 1-2 (b) 中共有三条支路，即 bad、bd 和 bcd；而图 1-2 (a) 中没有支路。

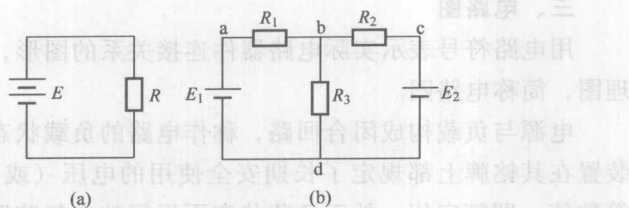


图 1-2 两个电路图

(a) 简单电路图; (b) 复杂电路图

(3) 有源支路。有电源的支路叫有源支路。图 1-2 (b) 中 E_1 和 R_1 、 E_2 和 R_2 组成的支路为有源支路。

(4) 无源支路。支路中没有电源叫无源支路。图 1-2 (b) 中 R_3 为无源支路。

(5) 回路。电路中的任意一个闭合路径称为回路。图 1-2 (a) 中只有一个回路; 图 1-2 (b) 中共有三个回路, 即回路 abda、回路 bcd b 和回路 abcda。

(6) 网孔。内部不含有支路的回路叫网孔。图 1-2 (a) 中只有一个网孔; 图 1-2 (b) 中有两个网孔, 即 abda 和 bcd b。

(7) 无分支电路。只有一个回路, 没有节点和支路的电路称为无分支电路。图 1-2 (a) 是无分支电路。而图 1-2 (b) 是有分支电路。

第二节 电流、电压及测量

一、电流

电荷有规则的定向移动形成电流。在电路中能量的传输靠的是电流。

当电压作用于导体两端时, 由于金属中存在着大量可以自由移动的自由电子, 这些自由电子是电的载体, 参与导电过程; 在电解液中, 可以自由移动的是正、负离子, 这些正、负离子是电

的载体，参与导电过程。由此可见，电荷是客观存在的一种物质。形成电流的内因是导体内存在大量的自由电荷，形成电流的外因是导体两端要有电压作用。

电荷数量的多少叫电量，电量用字母 Q 或 q 表示，单位是库仑，单位符号为 C（库仑，简称库）。电流的大小取决于一定时间内通过导体横截面电量的多少，如图 1-3 所示。



图 1-3 横截面示意图

在单位时间内通过导体横截面的电量多，电流就大；电量少，电流就小。这样，可以用单位时间内通过导体横截面的电量表示电流的强弱。

单位时间内，通过导体任一横截面的电量叫做电流强度，简称电流。电流强度用符号 i 或 I 表示，其数学表达式为如下。

$$\text{对交流电流} \quad i = \Delta q / \Delta t \quad (1-1)$$

$$\text{对直流电流} \quad I = Q / t \quad (1-2)$$

式中 Q 或 Δq ——电量，单位为 C；

t 或 Δt ——时间，单位为 s（秒）；

I 或 i ——电流强度，单位为 A（安培，简称安）

$$(附录) \quad 1A = 1C/s$$

电流的常用单位还有 kA（千安）、mA（毫安）

$$1kA = 10^3 A$$

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

在图 1-4 的电路中，串入两块直流电流表测量电路中的电流，两块表的读数是相同的，这说明在电路中从一个地方流入多少电流，必同时从这个地方流出多少电流，这一结论称为电流连续性原理。根据这个原理可知，同一支路电流处处相等，无分支电路的电流处处相等。

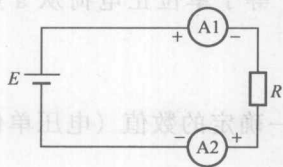


图 1-4 电流连续性原理演示

电流可能是负电荷的定向移动