

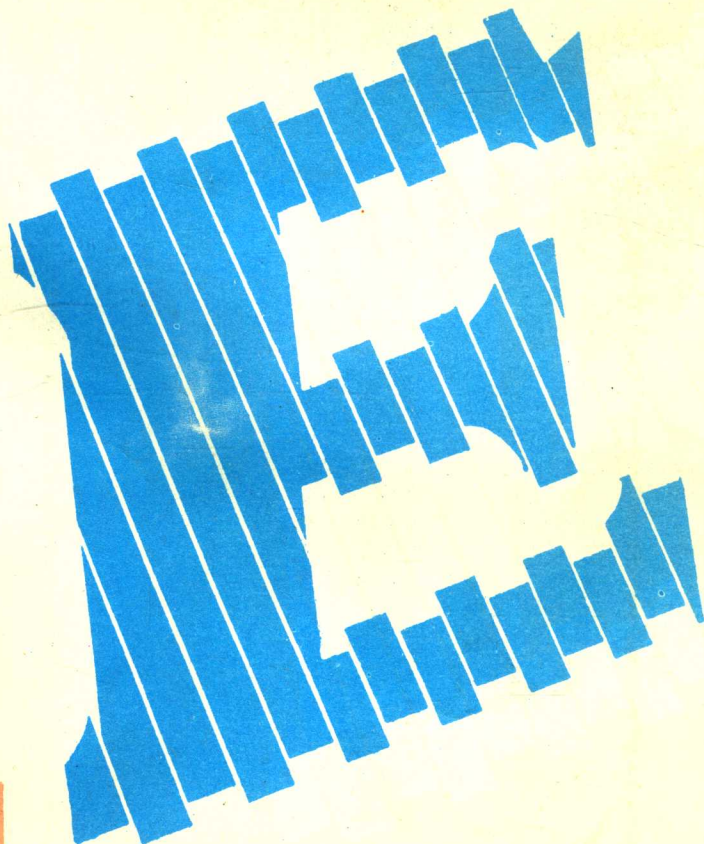
职业学校电子类教材(实用电子技术专业)

电工原理

●北京市职业教育教材编审委员会

●王德森 主编 ●刘志平 主审

●电子工业出版社



Electronic Technology

电 工 原 理

北京市职业教育教材编审委员会

王德森 主编

刘志平 主审

反社

(京) 新登字055号

内 容 提 要

本书系电子、电信、电工等电类职业高中基础课教材，根据最新修订的教学大纲全面系统地讲述了电、磁学的基本定律，交直流电路的基本规律及其技术应用，介绍了谐振电路和非正弦周期信号的基本知识，充实了三相电、变压器、电动机等应知应会内容，配有大量学生实验、各章要点、练习和作业以及答案。

图书在版编目(CIP)数据

电工原理/王德森主编；李彤等编。—北京：电子工业出版社，1994.10
职业高中电子类教材（实用电子技术专业）

ISBN 7-5053-2474-8

I. 电…

II. ①王…②李…

III. 电工学

IV. TM1

电子工业出版社出版(北京市万寿路)
电子工业出版社发行 各地新华书店经销
北京市燕山联营印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：25 字数：59.1千字

1994年10月第1版 1996年10月第4次印刷

印数：50300—60400册 定价：15.50元

出版说明

根据1986年全国职业技术教育工作会议关于“职业技术教育管理职责暂行规定”的分工精神和国家教委的要求,为了满足职业高中、职业中专等职业学校的迅速发展对教材的需要,我部组织了职业高中电子类教材的编审与出版。成立了有14个省、市、自治区的教师和职教主管部门领导参加的职业高中电子类教材工作领导小组和编审委员会,制订了“实用电子技术”及“计算机”两个专业的参考性教学计划和1988~1991年教材出版规划。根据规划出版了第一轮教材28种、教学录像带2种。

为贯彻《国务院关于大力发展职业技术教育的决定》的精神,为进一步完善职业高中电子类教材的需要,我们根据调整完善的原则,成立了有17个省、市、自治区的教师和职教主管部门领导参加的第二轮职业高中电子类教材工作领导小组和编审委员会。修改了“实用电子技术”、“计算机”两个专业的参考性教学计划,制订了“通信广播”专业的参考性教学计划和第二轮(1992~1995年)职业高中电子类教材编审、出版规划,列入规划的教材共37种选题。

这一轮教材选题的确定和教材书稿的编写要求,除以教学计划、大纲为依据外,还以劳动部、机械电子工业部颁发的《电子工业工人技术等级标准》中级工知识、技能要求为准则,较好地突出了职业高中着重职业技能训练的特点,侧重于教材的实用性、科学性以及增强学生实验和操作技能训练的内容。为适应各地电子工业发展的需要,教材除注意基础知识外,也适当反映了电子行业的现代技术。另一方面,由于电子类专业分支多,教材编写还立足于宽口径,以方便不同专业选用。

编写职业高中教材始终是一个新课题,经验不足,希望全国电子类职业高中广大师生积极提出批评建议,共同为进一步提高教材质量而努力。

机械电子工业部电子类专业教材办公室

一九九三年一月

全国职业高中电子类教材工作领导小组

组长：

姚志清（中国电子工业总公司教育局副局长）

副组长：（以下按姓氏笔划为序）

孙金兰（北京市教育局职教办副主任）

李群（黑龙江省教委职教处处长）

李步斗（江苏省教委职教处处长）

赵家鹏（机电部电子类专业教材办主任）

褚家蒙（四川省教委职教处副处长）

成员：

王仲伦（甘肃省教委职教处副处长）

刘志平（北京市职教中心教研员）

苏丹（新疆维吾尔自治区教委副主任）

张兆松（山东省教委职教处副处长）

李宏栋（天津市教育教研室职教室主任）

李启源（广西壮族自治区教委职教处副处长）

何肃波（吉林省教委中职处副处长）

张荫生（上海市中等职业教育中心副校长）

何雪涛（浙江省教委职教处主任科员）

杨玉民（北京市教育局副局长）

林春赞（湖北省教委职教处处长）

费爱伦（上海市教育局中职处副处长）

梁义（辽宁省教委中职处副处长）

葛玉刚（河北省教委职教处处长）

韩学理（陕西省教育科学研究所副所长）

翟汝直（河南省教委职教研究室主任）

秘书长：

邓又强（电子工业出版社副总编）

副秘书长：

王玉国（电子工业出版社编辑）

全国职业高中电子类教材编审委员会

主任委员:

杨玉民 (北京市教育局副局长)

副主任委员: (以下按姓氏笔划为序)

刘志平 (北京市职教中心教研员)

张荫生 (上海市中等职业教育中心副校长)

[实用电子技术编审组]

组长:

刘志平 (北京市职教中心教研员)

副组长:

李蕴强 (天津市教育教研室教研员)

陈其纯 (江苏省苏州市电子职业中学教研组长)

张晓明 (黑龙江省教育学院职教部教研员)

组员:

白春章 (辽宁省教育学院职教部教研员)

朱大海 (河北省教科所研究室主任)

孙介福 (四川省教科所职教室主任)

刘洪志 (河南省新乡市机电部22所职高教师)

沈大林 (北京市宣武职教中心副校长)

陈先铭 (广西壮族自治区柳州市一职高教研组长)

吴恒丰 (湖北省武汉市第一职教中心教务主任)

杜德昌 (山东省教学研究室教研员)

张志强 (甘肃省武威职业学校校长)

周金波 (河南省郑州市教委职业教研室副主任)

金国砥 (浙江省杭州市红星职业中学教研组长)

杨荫彪 (河北省河北机电学院电子系主任)

俞兰浦 (上海市静安职业学校校长)

徐洪吉 (吉林省吉林大学机关学校教师)

[计算机编审组]

组长:

张荫生 (上海市中等职业教育中心副校长)

副组长:

王 森 (河北省军械工程学院计算所副教授)

王道生 (辽宁省沈阳工学院计算机系副教授)

史建军 (山东省青岛市教育局教研员)

组员:

王世学 (黑龙江省哈尔滨市职业学校教师)

刘永振 (吉林省吉林大学计算中心副教授)

刘逢勤 (河南省郑州市第三职业中专教研组长)

肖金立 (天津市电子计算机职业中专教师)

陈文华 (浙江省温州市职业技术学校教研组长)

严振国 (江苏省无锡电子职业中学教务副主任)

吴清萍 (北京市财经学校副校长)

钟葆 (上海市中等职业教育中心OA教研组长)

戚文正 (湖北省武汉市第一职教中心教师)

第二轮(1992~1995年)职业高中电子类教材目录

实用电子技术专业

1. 电子类专业物理
2. 实用电子技术专业英语
3. 电子技术工艺基础
4. 电工原理
5. 模拟电路
6. 脉冲数字电路
7. 制图与钳工工艺基础
8. 微型计算机应用基础
9. 收录机原理与维修
10. 家用电器原理与维修
11. 彩色电视机原理与维修
12. 黑白电视机原理与检修
13. 录像机原理与维修
14. 单片微型计算机原理与应用
15. 制冷与空调技术
16. 电梯原理与维修
17. 电机的结构与维修
18. 电力拖动技术
19. 电子测量仪器
20. 维修电工技术

教学录像带

1. 收录机原理与维修
2. 电子测量仪器

计算机专业

1. 微型计算机电路基础
2. BASIC 语言程序设计
3. 微型计算机原理与应用
4. 8088/8086微型计算机原理与应用
5. 微型计算机磁盘操作系统的使用
6. 汉字dBASE III 与FOXBASE
7. 汉字录入与编辑技术
8. Pascal语言程序设计
9. 微型计算机硬件结构与维修

10. 针式打印机原理与维修

11. 磁盘机原理与维修

12. 微型计算机接口技术

13. C语言程序设计

14. 电子排版系统

15. 计算机绘图

16. 计算机网络基础

17. 计算机专业英语

前 言

本书系电子、电信、电工等电类职业高中电工基础课教材。本书根据最新修订的教学大纲全面、系统地讲述了电、磁学的基本定律，直流电路的基本原理，正弦交流电路的基本规律及其在技术中的应用。介绍了谐振电路和非正弦周期信号的基本知识。加强了电工原理学生实验，充实了三相电、变压器、电动机等应知应会的内容并附有实习方案。

本书从职业高中的教学实际出发，力求将电工学的学术内容教材化。在章、节设置上符合教学规律和节奏。每节内容简明扼要，有必要的例题、配套的课堂练习和作业题，每章有本章要点和复习题，便于教师备课和课上使用。

本书注重学生对基本概念的理解和解决问题能力的训练，配备了足够的习题供提问、课堂练习、作业、复习、测验等需用。书后给出了全部计算题的答案500余道。

本书编写作者是北京34中电信职业高中教师王德森、北京宣武区职业教育中心教师李彤、北京93中电子职业高中教师毕彦明、北京西城电子电器职业高中教师杨志远，主编王德森。本书由北京市职业教育中心刘志平审定。

由于编者水平有限，缺点错误在所难免，望广大读者和师生提出指正。

编者

1993年10月

目 录

第一章 电学基本定律	1
第一节 库仑定律.....	1
第二节 电场、电场强度.....	3
第三节 静电屏蔽.....	6
第四节 电流、电路.....	8
第五节 电阻、电导.....	10
第六节 电压与电位.....	13
第七节 电源电动势.....	15
第八节 欧姆定律.....	17
第九节 电源的外特性.....	20
第十节 电功、电功率.....	22
第十一节 电流的热效应.....	24
本章要点.....	26
第二章 简单直流电路	30
第一节 电阻串联电路.....	30
第二节 电阻并联电路.....	34
第三节 电阻混联电路.....	38
第四节 电阻混联电路的应用.....	42
第五节 电池的联接.....	44
第六节 万用表的基本原理.....	46
第七节 电路中各点电位的计算.....	49
第八节 电路中电位计算的应用.....	53
本章要点.....	55
第三章 复杂直流电路	59
第一节 基尔霍夫第一定律.....	59
第二节 基尔霍夫第二定律.....	62
第三节 支路电流法.....	64
第四节 叠加原理.....	66
第五节 戴维南定理.....	69
第六节 戴维南定理的应用.....	71
第七节 电压源与电流源.....	74
第八节 电压源与电流源等效变换的应用.....	77
第九节 最大输出功率定理.....	82
第十节 电桥电路.....	83

第十一节	星形电路与三角形电路的等效变换	85
本章要点		89
第四章	电容器	95
第一节	电容器和电容	95
第二节	平行板电容器	97
第三节	电容器的充电和放电	99
第四节	电场能	103
第五节	RC电路的过渡过程	104
第六节	电容器的放电过程	109
第七节	电容器的串联	111
第八节	电容器的并联	114
第九节	电容器的混联	115
本章要点		118
第五章	磁场、磁路、电磁力	121
第一节	磁场	121
第二节	电流的磁场	123
第三节	磁导率、磁场强度	126
第四节	铁磁物质的磁化	128
第五节	磁滞回线	131
第六节	磁路的欧姆定律	134
第七节	直流电磁铁	136
第八节	磁场对载流导体的力	139
第九节	磁场对载流线圈的作用	141
第十节	载流导体间的作用力与电磁力做功	144
第十一节	磁场对运动电荷的作用力	146
本章要点		149
第六章	电磁感应	152
第一节	直导体中的感应电动势	152
第二节	机械能与电能的相互转化	154
第三节	楞次定律	157
第四节	法拉第电磁感应定律	159
第五节	电磁感应应用举例	162
第六节	自感应	164
第七节	电感线圈	167
第八节	磁场能	170
第九节	RL电路的过渡过程	172
本章要点		176
第七章	正弦交流电的基本概念	179
第一节	正弦交流电	179

第二节	周期、频率和角频率	181
第三节	相位、初相位和相位差	183
第四节	正弦交流电的有效值	186
第五节	正弦量的矢量表示法	187
第六节	正弦交流电的加减	190
	本章要点	192
第八章	正弦交流电路	195
第一节	纯电阻电路	195
第二节	纯电容电路	198
第三节	纯电感电路	201
第四节	无功功率	203
第五节	电阻与电感串联的电路	206
第六节	电阻与电容串联的电路	210
第七节	电阻、电感、电容串联的电路	213
第八节	交流电路中的功率	217
第九节	电阻、电感、电容并联的交流电路	219
第十节	电感线圈与电容并联的电路	222
第十一节	提高功率因数	224
第十二节	交流电路中的实际元件	227
	本章要点	228
第九章	符号法	233
第一节	复数及复数的运算	233
第二节	用复数表示正弦交流电	236
第三节	基本正弦电路的符号法	238
第四节	复阻抗、欧姆定律的复数形式	240
第五节	阻抗的串联	243
第六节	阻抗的并联、复导纳	245
	本章要点	247
第十章	三相交流电路	250
第一节	三相交流电的产生	250
第二节	三相电源的联接	252
第三节	三相不对称负载的联接	254
第四节	三相对称负载的联接	257
第五节	三相交流电路的功率	260
第六节	保护接地与保护接零	262
	本章要点	265
第十一章	谐振电路	267
第一节	自由振荡	267
第二节	特性阻抗和品质因数	270

第三节	串联谐振	273
第四节	串联谐振电路的频率特性	276
第五节	并联谐振	278
本章要点		281
第十二章	互感线圈和铁芯变压器	284
第一节	互感现象和互感电动势	284
第二节	互感线圈的磁耦合	286
第三节	互感线圈的同名端及联接	288
第四节	铁芯变压器	293
第五节	变压器的电压变换和电流变换	295
第六节	变压器的阻抗变换	297
第七节	变压器的检验和使用	300
第八节	变压器的功率和效率	303
第九节	常用变压器	304
第十节	小功率电源变压器的设计	307
本章要点		311
第十三章	感应电动机	314
第一节	三相异步电动机的结构	314
第二节	旋转磁场	318
第三节	三相异步电动机的转动原理	321
第四节	三相异步电动机的运行	323
第五节	定子绕组的联接	326
第六节	三相异步电动机的控制	328
第七节	单相异步电动机	332
本章要点		335
第十四章	非正弦周期信号	336
第一节	非正弦周期信号的产生	336
第二节	非正弦周期信号的分解	338
第三节	非正弦周期电流电路	341
第四节	非正弦周期信号的有效值和功率	343
本章要点		345
实验与实习		346
实验一	非理想电源的外特性	346
实验二	电压与电位的测量	347
实验三	基尔霍夫定律和支路电流法	348
实验四	叠加原理	350
实验五	戴维南定理	351
实验六	直流电桥的平衡	353
实验七	电容器的充、放电过程	354

实验八 RL串联的交流电路 355
实验九 RC串联的交流电路 357
实验十 RLC串联谐振 358
实习一 日光灯的安装与功率因数的提高 360
实习二 小型变压器的绕制 361
实习三 三相异步电动机的使用 364
作业题、复习题答案 368

第一章 电学基本定律

本章阐述电学的基本概念，如电场、电压、电位、电流、电阻、电导、电动势、电功和电功率；研究电学的基本定律，如库仑定律、欧姆定律和焦耳定律等；介绍简单的电路形式和电路的基本状态等重要内容。这些是电工学的理论基础。

第一节 库仑定律

物体有了吸引轻小物质的性质，我们就说物体带了电荷。用摩擦的方法使物体带电叫摩擦起电。用丝绸摩擦过的玻璃棒所带的电荷叫正电荷；用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所带的电荷叫负电荷。自然界的电荷只有两种，即正电荷和负电荷。电荷之间有相互作用，同性电荷互相排斥，异性电荷互相吸引，如图1-1所示。

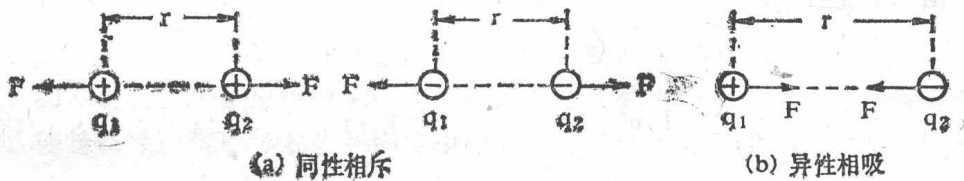


图 1-1 两点电荷之间的作用力

1785年法国物理学家库仑对静止的点电荷间的相互作用力所遵循的规律进行了精确的实验研究，发现了库仑定律：在真空中两个点电荷间的作用力的大小跟它们的电量的乘积成正比，跟它们的距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。电荷间的这种作用力叫静电力或库仑力。

若带电体的大小远小于带电体之间的距离，带电体的形状和大小对相互作用力的影响可以忽略不计时，这样的带电体可看成是点电荷。

图1-1中， q_1 、 q_2 表示两个点电荷的电量， r 表示它们间的距离， F 表示它们间的静电力，库仑定律可以用下面的公式表示：

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-1)$$

式中比例恒量 K 叫静电力恒量。在国际单位制中：

q_1 、 q_2 ——点电荷的电量，单位库仑 (C)；

r ——两点电荷间距离，单位米 (m)；

F ——静电力，单位牛顿 (N)；

$K = 9 \times 10^9$ 牛·米²/库²。

若点电荷放在均匀介质中，电荷间的相互作用力则为：

$$F = K \cdot \frac{q_1 q_2}{\epsilon_r r^2} \quad (1-2)$$

式中 ϵ_r 叫电介质的相对介电常数,在真空中 $\epsilon_r = 1$ 、在空气中 $\epsilon_r \approx 1$ 、在其它介质中 $\epsilon_r > 1$ 。

必须注意:

1. 库仑定律只适用于计算两个点电荷间的相互作用,而不能用于任意形状的带电体间的作用力的计算。

2. 用“+”或“-”号表示正电荷或负电荷。但用库仑定律求电荷间相互作用力时,可不把电荷的符号代入公式,只用它们的绝对值进行计算,计算出结果后再根据电荷的正、负确定相互作用力是引力或斥力及它们的方向。

〔例1〕两个点电荷 $q_1 = 0.25\text{C}$, $q_2 = -0.24\text{C}$, 相距 300cm , 求它们之间的相互作用力。

〔解〕由库仑定律可得:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 0.25 \times 0.24}{3^2} = 0.06 \times 10^9 \text{ (N)}$$

答:两个点电荷间相互作用力为 $0.06 \times 10^9\text{N}$ 引力。

〔例2〕两个均匀带电体 q_A 与 q_B 相距 $r_1 = 0.03\text{m}$ 时,相互斥力为 $F_1 = 4 \times 10^{-5}\text{N}$;若将带电体 q_A 移到 $r_2 = 0.06\text{m}$ 处,现在它们间的作用力是多大?

〔解〕由库仑定律可得:

$$F_1 = K \frac{q_A q_B}{r_1^2} \qquad F_2 = K \frac{q_A q_B}{r_2^2}$$

所以 $q_A q_B = \frac{F_1 r_1^2}{K} \qquad q_A q_B = \frac{F_2 r_2^2}{K}$

即 $F_1 r_1^2 = F_2 r_2^2$

$$F_2 = \frac{F_1 r_1^2}{r_2^2} = \frac{4 \times 10^{-5} \times 0.03^2}{0.06^2} = 10^{-5} \text{ (N)}$$

答:现在它们间的作用力是 10^{-5}N 斥力。

练 习

(1) 有两个各带 0.01C 正电的点电荷,它们在真空中相距 10cm ,求每个点电荷所受的作用力。

(2) 在真空中有两个点电荷,它们间的相互作用力在下面情况下将如何变化?(a) 一个电荷的电量减小到原来的 $1/2$; (b) 两个电荷的电量都增大 2 倍; (c) 电荷间距离减小到原来的 $1/3$; (d) 一个电荷的电量变为原来的 2 倍。

作 业 题

(1-1) 在真空中有两个点电荷相互吸引,引力是 $1.8 \times 10^{-4}\text{N}$,其中一个电荷的电量是 $+4 \times 10^{-9}\text{C}$,两个点电荷相距 10^{-3}m ,求另一个电荷的电量。

(1-2) 真空中有两个点电荷,带的电量分别是 $+4 \times 10^{-9}\text{C}$ 和 $-2 \times 10^{-9}\text{C}$,相距 10cm ,每个电荷受到的静电力有多大?是引力还是斥力?

(1-3) 真空中两个均匀带电体A、B可看成是两点电荷,它们相距 20cm ,A带电量