

DIANGONGJICHU

电工基础

廖运策 主编



陕西科学技术出版社

主 编 廖运策
副主编 王保安 李 捷 莫义成 彭克发
编 委 (按姓氏笔划):
 王爱国 龙开平 冉井华 代胜福
 刘 双 吴继明 李宝安 李成璋
 孟关荣 罗作奎 周清贵 胡正明
 侯艳丽 秦承祝 徐祖荣 崔世端
 崔兴东 游述威
主 审 范兴光 廖动诚
顾 问 黄庆元 徐厚模 马乡人

电 工 基 础

廖 运 策 主 编

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街131号)

西安雁塔印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 10.25印张 22万字

1990年11月第一版 1990年11月第一次印刷

印数: 1—3000

ISBN 7—5369—0834—2/TM·17

定价: 4.40元

前 言

《职业技术电子类专业教材》是由《全国职业技术教育电子技术教学研究会》组织部分师范院校、职业中学、技工学校的教师，根据部分省、市职业中学、技工学校电子类专业的教学大纲精神，为适应科学技术的新发展和教学改革的需要，集体编写而成。

这套教材共包括《电工基础》、《电子线路基础》、《晶体管收音机原理与维修》、《录音机原理与维修》、《黑白电视机原理与维修》、《彩色电视机原理与维修》、《家用电器原理与维修》、《电工、电子电路技能培训》共八本。它是一套适用于职业中学、技工学校的新教材，也可作家用电器维修培训班、军地两用人才培训班的教材，还可供从事家用电器生产和维修的技术人员，技术工人和广大电子技术爱好者参考。

本书在编写过程中，主要着眼于职业技术学校的培养目标 and 特点，注意精选内容，力求将重点放在基本概念、基本理论的阐述与分析上，注意理论联系实际和加强基本技能的培训，同时，还增加了应用于生产实际中的科学技术新内容。在编写过程中还考虑了教材的深度和广度，力求深入浅出，通俗易懂，有利于自学。

参加本书审稿工作的有韩留根、张金海、范汉湘、崔正富、左平、林乐生、钟灿昭、谢文、刘旭、裴国林、张世林、温德渊、徐定成、钟贻胜、孙蔚萍、胡义林、褚建和、文力平、扬德欢、聂广林、肖志捷、杨光辉、杨故琦、

黄超、冉隆轩、程学平、陈德学、姚晓红、周仁书、苏继琳、周元宏、黄辉林、凌在东、凌远明、熊凌、张宗荣、母裕辉、万嗣荣、陈大华、王安甫、贾雨顺、陈泽云、谭礼万、杨泽、马兴胜、周嘉桢、杨祖良、王晓斌、吴万章、李新俊、邓正友、周志中、余建华、王崇远、黎国胜、魏志中、韩正吉、宋富贵、陈仕礼、唐剑、苟成鹏、陶洪兴、杨辉、杨忠烈、彭云升、董必林、高富然、罗学书、王劲游、廖喜斌等老师，对本书的初稿提了不少宝贵意见，在此一并致谢。

由于编者水平所限，错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

一九九〇年十月于西安

目 录

第一章 直流电路的基本概念	1
第一节 库仑定律 电场.....	1
第二节 电流与电流强度.....	10
第三节 电压与电位.....	11
第四节 电源与电源电动势.....	15
第五节 欧姆定律与电阻.....	17
第六节 电功与电功率.....	26
习 题	30
第二章 简单直流电路	32
第一节 电阻的串联.....	32
第二节 电阻的并联.....	35
第三节 电阻的混联.....	39
第四节 电池的连接.....	42
第五节 万用表的基本原理与使用	44
习 题	49
第三章 复杂的直流电路	57
第一节 基尔霍夫定律.....	58
第二节 支路电流法.....	60
第三节 回路电流法.....	62
第四节 节点电位法.....	63
第五节 叠加原理.....	67
第六节 戴维南定理.....	69
第七节 电压源和电流源及其等效变换.....	73

第八节	最大功率输出定理	78
第九节	电桥电路	79
习 题		82
第四章	电 容 器	93
第一节	电容器、电容量及电容器的种类	93
第二节	平板电容器与电容器的指标	98
第三节	电容器的串联、并联与混联	100
第四节	电容器的充、放电	104
习 题		109
第五章	磁的基本概念	111
第一节	磁场的概念	111
第二节	磁感应强度与磁通	113
第三节	导磁率和磁场强度	116
第四节	全电流定律与磁路欧姆定律	118
第五节	铁磁材料的磁化	121
习 题		126
第六章	磁场对通电导体的作用	128
第一节	磁场对通电直导体的作用	128
第二节	磁场对通电线圈的作用	129
第三节	磁场对运动电荷的作用	130
第四节	直流电机的构造与原理	132
第五节	耳机与喇叭	137
习 题		139
第七章	电 磁 感 应	143
第一节	电磁感应与电磁感应定律	143
第二节	自感与互感	147

第三节	涡流的产生与屏蔽	151
第四节	磁场能量与常用电感线圈	153
习 题		157
第八章	正弦交流电的基本概念	162
第一节	正弦交流电	162
第二节	纯电阻交流电路	169
第三节	纯电感交流电路	173
第四节	纯电容交流电路	180
习 题		188
第九章	正弦交流电的表示方法、 计算及三相交流电	189
第一节	正弦交流电的表示方法	189
第二节	复数的表示方法	194
第三节	串联交流电路	199
第四节	并联交流电路	205
第五节	交流电路的功率与功率因数	212
第六节	三相交流电的产生	216
第七节	三相电源的接法	218
第八节	三相负载的接法	221
第九节	三相电路的功率	227
第十节	保护接零与保护接地	229
习 题		231
第十章	变压器和互感器	235
第一节	变压器的构造和原理	235
第二节	自耦变压器	240
第三节	互感器	241

习 题	243
第十一章 谐振电路	245
第一节 串联谐振电路	245
第二节 谐振电路的选择性	249
第三节 并联谐振电路	251
第四节 压电谐振体	254
第五节 耦合谐振电路	257
习 题	260
第十二章 交流异步电动机	261
第一节 三相异步电动机	261
第二节 异步电动机的特性	268
第三节 异步电动机的起动与控制	271
第四节 异步电动机的调速、 调向与制动	276
第五节 电动机的铭牌	280
第六节 异步电动机的使用与维护	283
第七节 单相异步电动机	285
第八节 单相异步电动机的维修	290
习 题	293
第十三章 非正弦交流电	294
第一节 非正弦交流电的产生	294
第二节 非正弦交流电的合成与分解	296
第三节 非正弦波交流电路	300
习 题	306
实 验	
实验一 基尔霍夫定律的验证	308

实验二	单相交流电路.....	309
实验三	串联谐振电路.....	313
实验四	并联谐振电路.....	315
实验五	过渡过程波形观察.....	316

第一章 直流电路的基本概念

第一节 库仑定律 电场

一、库仑定律

自然界中只存在两种电荷，即正电荷和负电荷。用丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电荷是正电荷；用毛皮摩擦过的硬橡胶棒上所带的电荷是负电荷。电荷之间具有相互作用力：同种电荷间具有斥力，异种电荷间具有吸引力。

法国物理学家库仑研究了静止的点电荷之间的相互作用力。结果是：在真空中，两个点电荷间的作用力跟它们电量的乘积成正比，跟它们之间距离的平方成反比，作用力的方向在它们的连线上。这就是著名的库仑定律，库仑定律是电磁学的基本定律之一。

这里提到的点电荷，是一种理想化的模型。当带电体间距离比带电体本身尺寸大得多，致使带电体的形状和大小对相互作用力的影响可忽略不计时，这样的带电体就可以看成点电荷。

若用 Q 与 q 分别表示两个点电荷的电量。用 r 表示它们之间的距离，用 F 表示它们之间的作用力，在真空中，库仑定律可用下式表示：

$$F = k \frac{Qq}{r^2} \quad (1-1)$$

式中， k 是比例恒量，叫静电力恒量。

在国际单位制中，力的单位为牛顿，用字母 N 表示；电量的单位为库仑，用字母 C 表示；距离的单位为米，用字母 m 表示。由实验得出 $k = 9 \times 10^9 N \cdot m^2 / C$

二、电 场

1. 电场强度

电荷之间的相互作用力，不是直接接触作用。经过长期的研究才认识到：在电荷的周围存在一种特殊的物质，叫电场，两电荷之间的作用力，是一个电荷的电场对另一个电荷的作用力。

电场是传递电荷与电荷间相互作用的特殊物质，它可以存在于有实物存在的空间和没有实物存在的真空中。电场和电荷是一个不可分割的整体，只要有电荷存在，电荷周围就存在电场。电场的基本性质是：它对放入其中的电荷有力的作用，这种作用力叫做电场力。

对电场基本性质的研究，常用检验电荷来测试。检验电荷是一个带正电且电量很小的点电荷。将电量小的点电荷放入被研究测试的电场中，不致影响被测电场；带电体的线度小，可看成点电荷，是便于用它来研究电场中各点的性质；带正电是为了统一规定电场的方向，现在，用检验电荷 $+q$ 来分析研究正电荷 $+Q$ 周围电场的基本性质。

把检验电荷 $+q$ ，放在电荷 $+Q$ 周围电场中不同位置的点上，测量它在这些点上受到的电场力。结果，检验电荷在各点所受的电场力大小和方向都不相同，如图1—1所示。这表明，电场中不同位置点的电场性质不同。如果把检验电荷电量增大一倍，测量结果是它在各点所受的电场力也增大一

倍。这表明，检验电荷在电场中某一确定点所受的电场力与它的电量成正比，其比值是恒量，它表示该确定点的电场性质。因此，对电场中任一点电场的性质用检验电荷在该点所受的电场力 F 与检验电荷的电量 q 的比值用 E 来表示。 E 称为电场强度，定义式为：

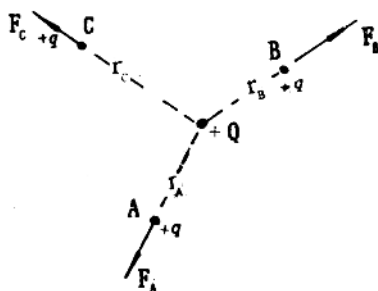


图1-1 电场对电荷的作用力

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-2)$$

其单位为 N/C 表示。

电场强度是一个矢量，既有大小又有方向，其方向就是检验电荷受电场力的方向。

真空中，点电荷 Q ，在距离它 r 的 P 点的电场强度 E 大小的计算公式，可由式 (1-1)、(1-2) 导出

$$E = \frac{kQ}{r^2} \quad (1-3)$$

若 Q 是正电荷， E 的方向就如图1-2所示，它沿着 QP 连线

背离 Q 而去。若 Q 是负电荷， E 的方向就如图1—2所示，它沿着 QP 连线指向 Q 而来。

如果有 n 个点电荷同时存在，它们的电场就按矢量运算法则互相迭加，形成合电场。

2. 电力线

电力线是用来形象地表示电场分布情况的一系列曲线。

在电场中，画出一系列的曲线，使曲线每一点的切线方向都跟该点的场强方向一致，这些曲线就叫做电力线，如图1—3所示。电力线上， A 、 B 两点的场强 E_A 与 E_B 在各点的切线上，方向如箭头所示。

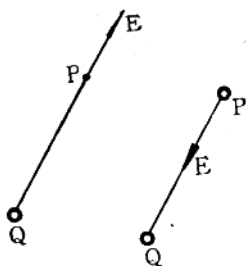


图1—2 正负电荷周围的电场方向

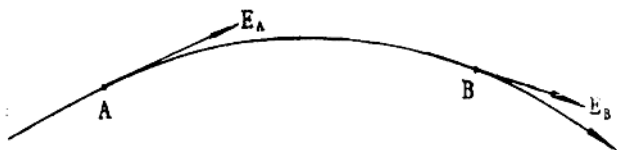


图1—3 用电力线表示电场方向

图1—4中，画出几种常见的电场的电力线图。图1—4(a)表示正点电荷的电力线分布情况，图1—4(b)表示负点电荷的电力线分布情况，图1—4(c)表示两个等量同号点电荷的电力线分布情况，图1—4(d)表示两个等量异号点电荷的电力线分布情况。

用电力线描述电场时，须注意：

- (1) 电力线从正电荷出发终止于负电荷。

(2) 电力线必须垂直于带电体的表面，并且任何两条电力线都不会相交。

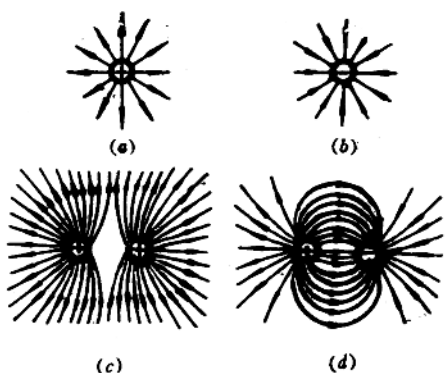


图 1—4 几种常见电场的电力线

(a) 正电荷；(b) 负电荷；

(c) 两个等量同号点电荷；(d) 两个等量异号点电荷

从电力线的分布，既可以看到电场的方向，又可以看到电场强度的大小。在距离电荷越近的地方，电力线越密集，即电场强度越大；反之电力线越稀疏，即电场强度越小。

若在电场的某一区域，各点场强的大小和方向都相同，这个区域就叫匀强电场，如图1—5所示。两平行金属板大小相等，彼此正对，分别带等量的正电荷和负电荷，它们之间的电场是匀强电场（除边缘附近外）。匀强电场的电力线是距离相等、相互平

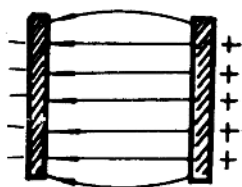


图1—5 匀强电场的电力线

行的直线。

应该指出：电力线并不是电场里实际存在的线，它只是人们为了形象地表示电场而假想的线。

3. 带电粒子在匀强电场中的运动

在电场中，带电粒子因受电场力的作用而产生加速度，其速度的大小和方向都可以改变。

(1) 电场对带电粒子的加速如图1—6所示。在真空中，有一对平行金属板，并加电压 U ，则建立匀强电场。设有一个电量为 $+q$ 的静止的带电粒子，由于电场力的作用，从左板极移动到右板极，电场力作了功，大小为 $W = Uq$ ，电场力所作的功 W 应等于带电粒子获得的动能，若带电粒子的质量为 m ，移动到右板极时的速度为 V ，则有

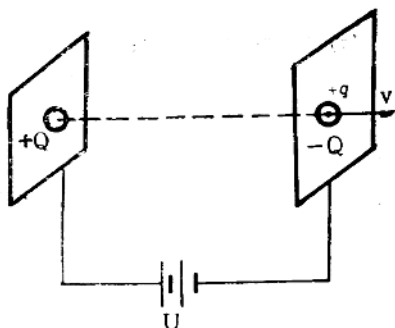


图1—6 电场对带电粒子的加速

$$Uq = \frac{1}{2}mv^2$$

可知，带电粒子到达另一板极时的速度为

$$V = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$$

于是，带电粒子 $+q$ 以 $V = \sqrt{\frac{2Uq}{m}}$ 的速度，从右孔穿出，设平行板之外没有电场，从右孔穿出的带电粒子将做匀速直线运动。

(2) 带电粒子的偏转如图1—7所示。在真空中，放置一对金属板，两板间的电压 U ，建立匀强电场。当带电粒子

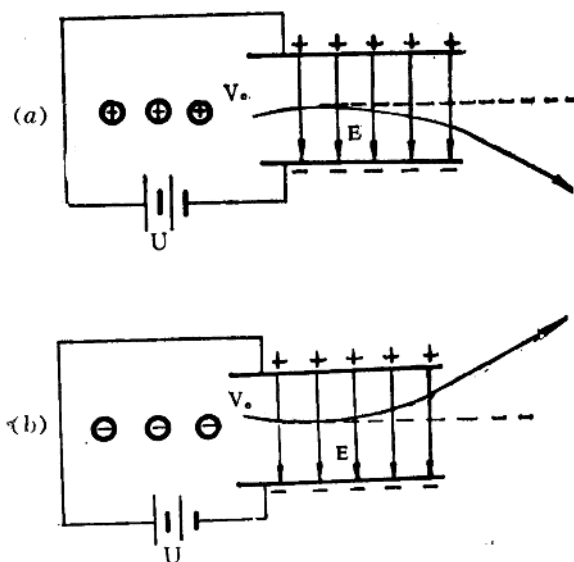


图1—7 带电粒子在电场中

(a) 正粒子在电场中受力；(b) 负粒子在电场中受力

以一定的初速度沿水平方向进入这个电场时，将受到垂直方向电场力的作用，而水平方向上没有电场力，所以带电粒子在水平方向上以初速度作匀速运动，而在垂直方向上作初速度为零的匀加速运动。因此，运动方向发生偏转。当带电粒子离开电场时，将在偏离原来的速度方向上做匀速直线运动。

示波器就是利用这个基本原理使电子束发生偏转的。

4. 静电平衡与静电屏蔽

通常，精密的电子仪器都放在金属壳内，晶体管通常也有金属外壳，有的导线也往往在外面包络金属丝网，为什么要这样呢？

原来，在金属原子中，有较多的自由电子，当导线或导体放进电场时，这些自由电子在电场力的作用下，向电场强度的反方向移动，如图1—8所示，即向AC平面方向移动。结果，在AC平面上积累了电子，即负电荷，在BD平面上则失去了电子，出现同样数量的正电荷。这种因受电场力作用，导体内电荷重新分布的现象叫静电感应，这些电荷则叫感应电荷。

BD与AC两侧的正、负电荷、在金属导体内形成了一个附加电场。显然、附加电场与外部电场方向相反，两相反电场合成的结果，使导体内部的电场减弱。当合成电场不等于零时，自由电子就继续移动，自由电子移动又使附加电场增强，由于附加电场增强，又使得导体内部的合成电场削弱。这样，直到导体内部的合成电场等于零为止。

这个过程实际上是非常短暂的。这种现象好象是外电场的电力线“终止”于金属表面，不能穿透到金属导体内部一