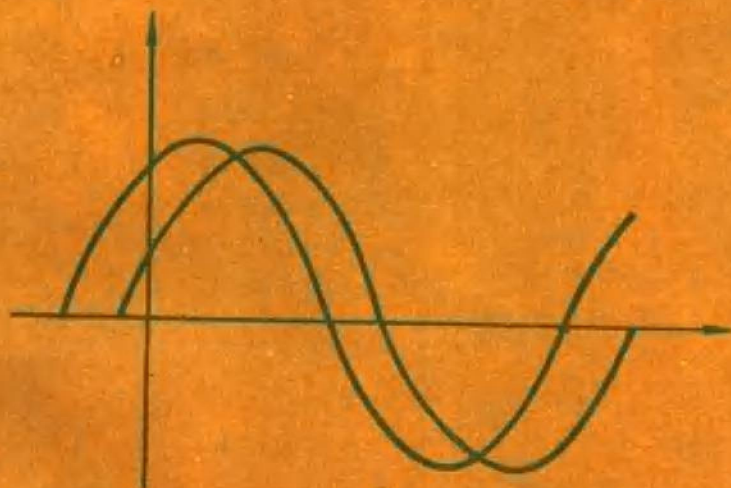


电工基础

电子技术教育丛书



江苏科学技术出版社

本书是江苏省电子工业局组织编写的一套《电子技术教育丛书》中的第一册。

书中对于电工学的主要内容，用物理概念有系统地进行阐述和分析，重点放在交、直流电路理论上。全书共分十章，包括静电场、直流电路、电容器、磁场与电磁感应、单相与三相交流电路、变压器、过渡过程、感应电机和直流电机。每章结束时附有适量复习题。

本书是供电子工人技术培训用的教材，也可供技工学校师生作教学参考及干部、无线电爱好者自学之用。

本书由李树燕、王谨之同志审阅。

电 工 基 础

吴秀芳 编

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：扬州印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张8.25 字数179,000

1981年8月第1版 1981年8月第1次印刷

印数1—33,500册

书号：15196·060 定价：0.58元

责任编辑 许顺生

出 版 说 明

为了加速电子工业的发展和提高工人的技术水平，第四机械工业部于1979年9月颁发了《电子工业工人技术等级标准》，作为工人技术教育和等级考核的依据。此标准公布后，工厂企业普遍反映需要有一套同它相适应的、系统的技术教育书籍。为此，我们根据标准中规定的应知应会的具体要求，结合当前生产实际，组编了这套《电子技术教育丛书》。

丛书是在江苏省电子工业局主持下，由施福同、吴为公、王谨之、许顺生、舒云台、吴山、张曙光和金仁和等同志组成编委会，进行规划和组稿，分别邀请有关大专院校、科研单位、工厂的教授、讲师、工程师负责编写和审核的。

丛书包括《电工基础》、《电子线路》、《晶体管收音机、录音机和电视机》、《电子测量技术》、《电子计算机原理和应用》、《无线电元件与器件》、《无线电整机装配工艺》、《电子元件和器件制造工艺》和《电子技术应用和发展》等册，将分别陆续出版。

由于电子工业的工种类别繁多，等级要求也不一，所以丛书安排内容的原则，是以共同技术基础为基石，适当照顾数量较多的专业工厂的需要。具体地说，是以工人技术等级标准为依据，将共同性基础理论为主体，兼顾整机厂和常用元器件厂工艺知识，分别归纳成册。各工厂在组织培训时，可从中选配组合，满足各自的需要。

在《电子工业工人技术等级标准》中规定，对低等级工人的考核重点是产品的质量 and 数量，而高等级工人则侧重技术、熟练程度和解决技术疑难问题。我们考虑到本丛书应着重帮助低等级工人奠定坚实的技术基础，又适当照顾高等级工人的进修需要，所以决定一般以五级工的相应标准作为编写的上限。为使整机调试工、成品检验工等比较深入地掌握线路原理，故将《电子计算机原理和应用》和《晶体管收音机、录音机和电视机》等册的内容适当引深；另外，又专为元器件厂编写了工艺书籍。因此，这套丛书也可供科技人员、中等专业学校和技工学校师生和业余爱好者作参考书。

《电子技术教育丛书》编委会

1981年5月

目 录

第一章 静电场的基本知识	1
第 一 节 物体的带电现象	1
第 二 节 导体、绝缘体和半导体	3
第 三 节 库仑定律	4
第 四 节 电场和电场强度	6
第 五 节 电位和电压	10
第 六 节 电压与电场强度的关系	12
第 七 节 静电感应和静电场中的导体	13
第 八 节 电介质的击穿	16
复 习 题 一	17
第二章 直流电路	19
第 一 节 电流	19
第 二 节 电路	21
第 三 节 电阻和电导	23
第 四 节 欧姆定律	26
第 五 节 电阻的串联、并联和混联	28
第 六 节 电源的电动势	31
第 七 节 全电路欧姆定律	36
第 八 节 电池的串联和并联	39
第 九 节 电位分析	42
第 十 节 基尔霍夫定律	45
第十一节 电压源与电流源的等效变换	49

第十二节	戴维南定理	54
第十三节	电功与电功率 焦耳定律	58
第十四节	直流电流的测量	61
第十五节	直流电压的测量	64
第十六节	万用电表	65
复习题二		70

第三章 电容器

第一节	电容器和电容	73
第二节	电容器的串并联	78
第三节	电场的能量	82
复习题三		83

第四章 磁场和电磁感应

第一节	磁场的基本知识	85
第二节	电流的磁场	87
第三节	磁感应强度	90
第四节	磁场对电流的作用力	91
第五节	铁磁性材料	94
第六节	磁路	99
第七节	电磁感应	102
第八节	自感和互感	108
第九节	电磁铁	114
复习题四		115

第五章 交流电路

第一节	交流电的产生	117
第二节	交流电的周期、频率和角频率	121
第三节	交流电的相位和相位差	122

第 四 节	交流电的有效值和旋转矢量表示法	127
第 五 节	纯电阻电路	131
第 六 节	纯电感电路	133
第 七 节	纯电容电路	137
第 八 节	电阻和电感的串联电路	141
第 九 节	电阻和电容的串联电路	143
第 十 节	电阻、电感和电容的串联电路	145
第十一节	并联电路	148
第十二节	电路的谐振	150
第十三节	交流电路的功率	153
第十四节	功率因数的提高	162
复习题五		165
第六章	三相交流电路	168
第 一 节	概述	168
第 二 节	三相电源的联接	170
第 三 节	三相负载的联接	175
第 四 节	三相电路的功率	181
第 五 节	保护接地和保护接零	183
复习题六		188
第七章	变压器	190
第 一 节	概述	190
第 二 节	变压器的构造与工作原理	191
第 三 节	几种特殊变压器	199
第 四 节	小型电源变压器的设计	203
复习题七		212
第八章	过渡过程	213

第一节	电容和电感在换路时的情况	213
第二节	RC 电路中的过渡过程	215
第三节	RL 电路中的过渡过程	221
复习题八		224
第九章	感应电动机	225
第一节	感应电动机的构造	225
第二节	感应电动机的运转原理	228
第三节	感应电动机的起动	233
第四节	单相感应电动机	237
复习题九		241
第十章	直流电机	242
第一节	直流电机的运转原理和构造	242
第二节	直流发电机	247
第三节	直流电动机	250
复习题十		255

第一章 静电场的基本知识

第一节 物体的带电现象

人们对电的认识，最初来自摩擦起电。在很早以前，人们就发现一些经过摩擦的物体能够吸引轻小物体。例如，用毛皮摩擦过的硬橡胶棒能够把羽毛、纸屑等轻小物体吸引起来（图1-1）。物体之所以能够吸引轻小物体，原因是带了电，也就是带了**电荷**。这种带电的物体叫**带电体**。

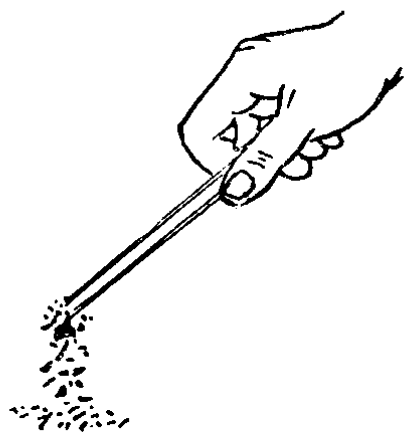


图 1 - 1 摩擦起电

如果把毛皮摩擦过的一根硬橡胶棒悬挂起来，再将另一根同样被毛皮摩擦过的硬橡胶棒去靠近它的一端，将会发现两根橡胶棒相互排斥；若用一根丝绸摩擦过的玻璃棒去接近该悬挂着的硬橡胶棒，那末两者将互相吸引。但如果使两根被丝绸摩擦过的玻璃棒互相靠近，它们之间又会相互排斥。这说明，用毛皮摩擦过的硬橡胶棒上所带的电荷与用丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电荷是两种不同性质的电荷。为了区别这两种性质不同的电荷，历史上曾规定被丝绸摩擦的玻璃棒上所带的电荷为**正电荷**，用“+”号来表示；而硬橡胶棒被毛皮摩擦后所带的电荷为**负电荷**，用“-”号表示。这些规定一直沿用至今。实验证明，所有其

他物体，无论用什么方法使它带电，所带的电荷或者与玻璃棒上的电荷相同（即带正电荷），或者与硬橡胶棒上电荷相同（即带负电荷）。所以，自然界中只存在两种电荷；而且，同种电荷互相排斥，异种电荷互相吸引。

将带有等量异号电荷的物体相接触时，由于正、负电荷的数量相等，相互抵消，它们对外既显不出带正电，也显不出带负电，或者说呈电中性。这种现象称为电中和。

带电物体所带电荷的数量，叫做电量。在国际单位制中，电量的单位是库仑。目前已知自然界中最小的电量是电子的电量。电子的电量为

$$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{库仑}$$

为什么物体摩擦后会带有电荷？这些电荷是从哪里来的呢？要回答这些问题得从物质的内部结构谈起。

自然界的一切物质，无论是气体、液体或是固体，都是由很小的质点——分子、原子组成的，而原子又是由带正电的原子核和带负电的电子组成的。原子核中有质子和中子。中子不带电，质子带正电。一个质子所带的电量和一个电子所带的电量相等。电子有规则地分层分布在原子核周围，并且围绕着原子核在轨道上作等速运动。图 1-2 中 (a) 和 (b)

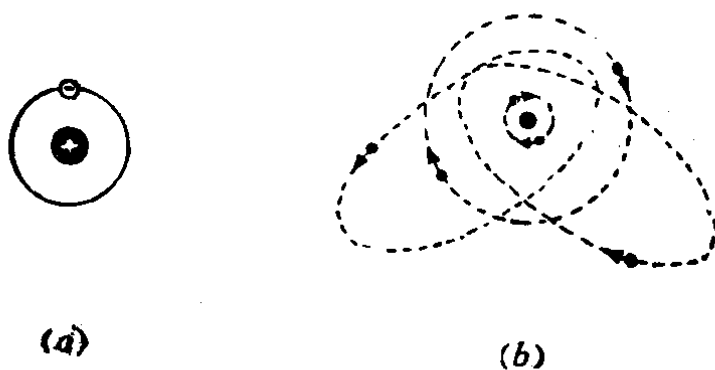


图 1-2 原子结构示意图
(a) 氢原子； (b) 碳原子。

分别是最简单的氢原子和碳原子的内部情况。

在正常情况下，无论什么物质，原子核所带正电荷（质子）的总数与原子核周围负电荷（电子）的总数是相等的。因此，原子作为一个整体呈电中性。那末，由原子组成的物体也就不显示出带电的性质。当原子失去一个或几个电子时，就显示出带正电。反之，当原子获得额外电子时，就显示出带负电。由此可见，**正负电荷是物体固有的，它既不能被创造，也不能被消灭，它只能从一个物体转移到另一个物体，或者从物体的一部分转移到另一部分。这个规律叫做电荷守恒定律。**两个物体相互摩擦时，其中一个物体失去了一部分电子，另一个物体则获得了额外的电子，结果这两个物体都带了电。失去电子的物体，因为正电荷比负电荷多故带正电；得到额外的电子的物体，因负电荷比正电荷多故带负电。

第二节 导体、绝缘体和半导体

人们按照电荷在物体中是否容易转移或传导的原则，把自然界的物体大致分为导体和绝缘体两大类。

导体就是电荷很容易通过它转移或传导的物体。各种金属材料是人们最熟悉的导体。导电性最好的是银，其次是铜，再次是铝。

绝缘体（又叫电介质或介质）是电荷不容易通过它转移的物体。橡胶、塑料、云母、玻璃、石蜡、陶瓷、油类、丝绸、干燥的木材和空气等，都是很好的绝缘体。

为什么有些物体容易传导电荷，而有些物体不容易传导电荷呢？在金属中，原子中最外层轨道上的电子受到原子核

的束缚力最弱，它们很容易脱离所属的原子，成为可以在金属内自由移动的电子，这种电子称为**自由电子**。当金属体的某一部分得到额外的电子时，这些电子就以自由电子的状态传到其他部分去；当失去电子时，其他部分的自由电子就移来补充。这就是金属体的导电现象。因此，金属比较容易导电。对于绝缘体中的电子来说，它们受到原子核的束缚作用很强，很难脱离其所属的原子，故自由电子很少。因此，绝缘体不导电或不易导电。但是在一定条件下（例如升高温度），绝缘体中的部分电子也能摆脱原子核的束缚，成为自由电子，从而使绝缘体转化为导体。

由于近代物理学和电子技术的发展，人们把介于导体和绝缘体之间的物体，单独划出来，称为**半导体**。这类物质中的自由电子比导体少得多，但比起绝缘体来却要多一些，因此它们传导电荷的能力介于导体和绝缘体之间。半导体还有一个重要的特点是其中自由电子的数目对于外界条件（如温度、光照、杂质等）的变化很敏感。人们利用半导体的这些特性，制造出晶体管和集成电路等器件。最常用的半导体材料有硅、锗、砷化镓等。

第三节 库仑定律

两个带电体之间存在着作用力。当它们带有**同号电荷**时，相互间的作用力为斥力；带有**异号电荷**时，相互间的作用力为引力。1785年法国物理学家库仑首先对电的引力和斥力进行了定量的测定，并推导出这些力所遵循的规律——**库仑定律**。

库仑定律指出：在真空中两个点电荷 q_1 和 q_2 之间的相互

作用力的大小与它们的电量 q_1 和 q_2 的乘积成正比，与它们之间的距离 r 的平方成反比；作用力的方向沿着两电荷间的连线；同号电荷相斥，异号电荷相吸（图1-3）。

库仑定律的数学表示式为

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

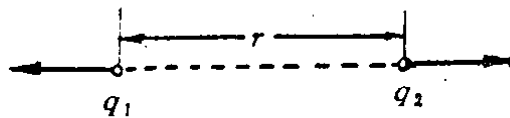


图 1-3 库仑定律

式中 k 是比例系数，它的数值取决于式中各物理量（ F 、 r 、 q_1 、和 q_2 ）的单位。在国际单位制中，电量的单位是库仑，距离的单位是米，力的单位是牛顿， k 值为

$$k = 9 \times 10^9 \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{库仑}^2$$

必须指出，真正的点电荷是不存在的，但是，如果带电体间的距离比它们的大小大得多，以致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，这样的带电体就可以看成是点电荷。

例 试求两个都是一库仑的点电荷在真空中相距一米时的相互作用力和相距一千米时的相互作用力。

解 由公式（1-1）可求得两点电荷的相互作用力

当 $r = 1$ 米时，

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1^2} = 9 \times 10^9 \text{ (牛顿)}$$

当 $r = 1000$ 米时，

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{1 \times 1}{1000^2} = 9 \times 10^3 \text{ (牛顿)}$$

第四节 电场和电场强度

在力学中，大家都知道力的传递必须让物体直接接触。在电学中，两个带电体之间并没有直接接触，但它们之间却总有相互作用力存在。这种相互作用着的力究竟依靠什么东西来传递的呢？这是因为在电荷的周围存在着一种特殊的物质，人们把这种物质称为**电场**。当物体带电时，在它的周围就有电场存在。也就是说，任何带电体都在自己周围的空间产生电场。电场有一个最基本的特性，就是对于放在其中的任何其他电荷都产生作用力，称为**电场力**。可见，电荷与电

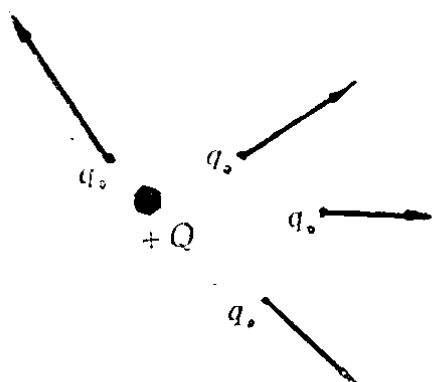


图 1-4 带电体的电场

荷之间是通过电场发生相互作用的。如图 1-4 所示，电荷 Q 在周围空间产生一个电场，电荷 q_0 位于 Q 的附近时，处在电荷 Q 的电场中，它所受到的作用力是 Q 的电场施加给它的。同样，电荷 Q 也处在电荷 q_0 的电场中，它所受到的作用力是 q_0 的电场施加给它的。

因此，可以把带电体之间的相互作用过程归结为：电荷产生电场，电场对于放在其中的电荷施以作用力。

不随时间变化的电场称为**静电场**。静止电荷周围的电场就是静电场。

利用电场对电荷有作用力的性质，可以定量的研究电场。如图 1-5 所示，在电荷 Q 所产生的电场中，引入另一个电荷 q_0 ，以测量电场对它的作用力。为了使测量精确， q_0 必须是一个电量很小的点电荷，否则就要影响原来的电场分

布情况。我们把这样的电荷称为**检验电荷**。

将检验电荷 q_0 引入电场中后，可以发现它在不同位置上所受到的作用力 F 的大小是不同的。通常用检验电荷所受的力 F ，除以该检验电荷的电量 q_0 所得的商 $\frac{F}{q_0}$ ，来表示电场在某点的强弱，称为**电场强度**，简称**场强**，用符号 E 表示，即

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (1-2)$$

上式表明，电场中某点处的电场强度，在数值上等于单位电荷在该点所受到的电场力。式中，电场强度的单位是牛顿/库仑。

检验电荷在电场中不同的位置，它所受电场力的作用方向是不同的。这表明电场是具有方向性的。在电学中规定，电场中某一点电场强度的方向，就是正电荷在该点所受电场力的方向。

将(1-2)式改写一下，得

$$F = q_0 E$$

上式说明，在电场强度为 E 的一点，电荷 q_0 所受的电场力等于电场强度与该电荷的乘积。

例 有一点电荷 Q ，试求与此点电荷相距为 r 的任一点 P 处的电场强度。

解 设想在 P 点放一检验电荷 q_0 ，由式(1-1)，可求得作用在 q_0 上的电场力为

$$F = k \frac{Qq_0}{r^2}$$

再由式(1-2)可求得 P 点的场强为

$$E = \frac{F}{q_0} = k \frac{Q}{r^2}$$

场强的方向与力 F 的方向一致。所以 E 的方向是沿着 Q 和 P 点的连线方向的。如果 Q 为正，则 E 的方向是由电荷 Q 向右；如果 Q 为负，则 E 的方向相反，如图1-5所示。

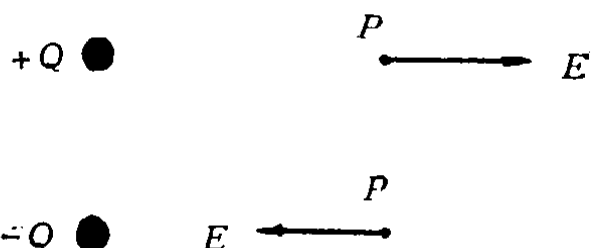


图 1-5 静电场强的方向

如果电场是由两个（或更多个）点电荷 Q_1 、 Q_2 所产生，则某点处的总电场强度等于每个电荷单独产生的电场强度的矢量和。

通常在实际问题中，遇到的电场都是比较复杂的。电场中各点场强的大小和方向无法象点电荷的电场那样，用简单的公式表示出来。为了对整个电场有一个直观的印象，往往人为地用一系列曲线来形象地描绘电场的分布情况。这些曲线叫做**电力线**。电力线和电场强度之间的关系是：电力线上每一点的切线方向表示该点的场强方向，电力线的疏密程度，表示电场的强弱。场强大的地方电力线稠密，场强小的地方电力线稀疏。这样，根据电力线的形状和分布就可以知道电场中各处场强的大小和方向。图1-6所示为几种常见的电场的电力线。

电学中规定电力线起始于正电荷，终止于负电荷，如图1-6所示。

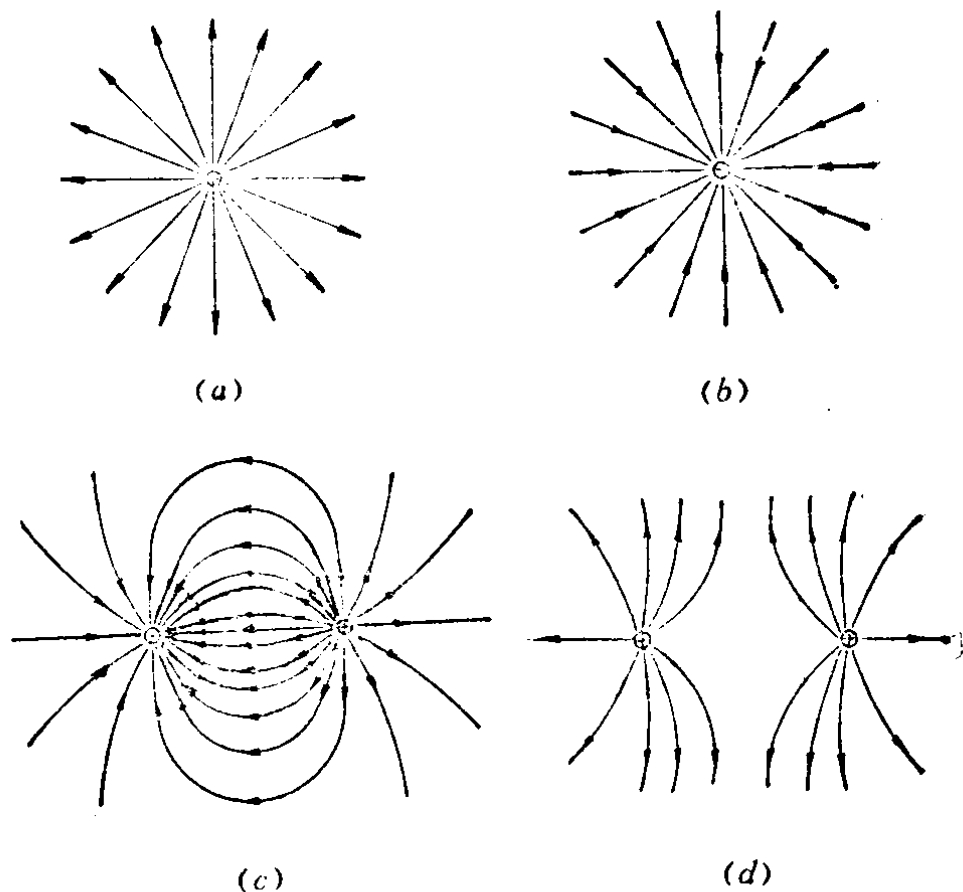


图 1-6 几种电场的电力线

(a)正电荷； (b)负电荷； (c)异号电荷； (d)同号电荷。

图 1—7 是一对带等量异号电荷的均匀带电平板电场的电力线。除两端外，平行板中间的电力线是互相平行的，而且电力线的分布是均匀的。也就是说在平行板中间的电场内所有各点的电场强度的大小和方向都相同，我们称这样的电场为**均匀电场**。

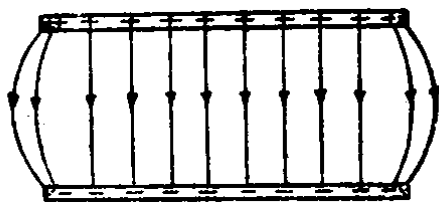


图 1-7 均匀电场电力线