

全国电子类技工学校试用教材

电工基础

全书共分十四章，介绍了直流电路的基本概念和基本定律、直流电路的分析方法、正弦交流电路的基本概念、矢量法和复数符号法、谐振电路、三相交流电路和过渡过程等，并介绍了电容器的基本特性、自感、互感与变压器、磁的基本知识、磁场对通电导体的作用、电磁感应现象以及非正弦交流电的基本分析方法。每章末均附有小结和适量的习题。

本书由广州市无线电技工学校负责编写。一至六章由黄国梁执笔，七至九章由林凤冰执笔，十至十四章由梁寿永执笔，梁寿永担任主编。广东省江门技工学校杨镜波担任本书主审。

全国电子类技工学校试用教材

电 工 基 础

广 州 市 梁 寿 永 主 编
无 线 电 技 工 学 校

*

天津科学技术出版社出版

天津市赤峰道144号

天津新华印刷一厂印刷

天津市新华书店发行

*

开本 787×1092毫米 1/16 印张 20.75 字数 506,000

一九八三年三月第一版

一九八三年三月第一次印刷

印数：1—27,000

书号：15212·79 定价：1.70元

前 言

为了适应技工学校电子类专业的教学需要，不断提高技工学校的培训质量，加速实现我国的四个现代化，国家劳动总局、第四机械工业部委托北京、天津、上海三市和四川、广东两省的劳动局、电子工业主管部门，组织编写了技工学校电子类三个专业（无线电技术、半导体器件、电子计算机）的部分技术基础课和专业课十二种教材。计有：电工基础、电子电路基础、电子测量与仪器、无线电接收设备、电视机原理调试与维修、无线电整机装配工艺基础、半导体器件制造工艺、半导体工艺化学、晶体管原理、制图与钳工知识、半导体集成电路（上、下册）、电子计算机原理。

这套教材对于二年制（招收高中毕业生）和三年制（招收初中毕业生）的技工学校均适用。这些专业的普通课教材没有另行编写，建议采用国家劳动总局和第一机械工业部委托上海市劳动局、上海市第一机电工业局一九七九年组织编写的全国技工学校机械类通用教材中的普通课教材。我们在组织这套教材的编写时，注意到了这两套教材在内容上的衔接。

根据技工学校的培养目标和教学计划的要求，这套教材在强调加强生产实习教学的同时，注意了加强基本理论知识和对新技术、新工艺的吸收。由于技工学校在教学范围内还有许多问题需要探讨，加之这套教材还没有通过教学实践的检验，故先作为试用教材出版发行。

因为时间仓促，编写经验不足，这套教材难免存在一些问题，恳切希望广大读者批评指正，以便作进一步修改。

技工学校电子类教材编写领导小组

一九八一年十二月

目 录

第一章 直流电路的基本概念	1
§ 1-1 电荷、库仑定律、电场	1
§ 1-2 静电平衡和静电屏蔽	4
§ 1-3 电路	6
§ 1-4 电流与电流强度	7
§ 1-5 电压与电位	9
§ 1-6 电源与电源电动势	12
§ 1-7 电阻与电导	14
§ 1-8 欧姆定律	17
§ 1-9 电功与电功率	20
小结	23
复习题	25
第二章 简单的直流电路	29
§ 2-1 电阻串联电路	29
§ 2-2 电阻并联电路	32
§ 2-3 电阻的混联电路	35
§ 2-4 电池的连接	36
§ 2-5 万用表的基本原理	39
§ 2-6 电路中各点电位的计算	43
小结	47
复习题	48
第三章 复杂的直流电路	54
§ 3-1 基尔霍夫定律	54
§ 3-2 支路电流法	57
§ 3-3 回路电流法	60
§ 3-4 节点电位法	62
§ 3-5 迭加原理	64
§ 3-6 戴维南定理	66
§ 3-7 电压源、电流源及其等效变换	71
§ 3-8 最大功率输出定理	74
§ 3-9 电桥电路	76
§ 3-10 电阻的三角形与星形连接的等效变换	79
小结	82
复习题	84

第四章 电容器	91
§ 4-1 电容器与电容	91
§ 4-2 电容器的额定值与种类	93
§ 4-3 电容器的充电与放电	96
§ 4-4 电容器的串联与并联	99
§ 4-5 电容器中的电场能量	102
小结	103
复习题	104
第五章 磁的基本概念	107
§ 5-1 电流的磁场	107
§ 5-2 磁感应强度与磁通	110
§ 5-3 磁导率与磁场强度	112
§ 5-4 铁磁物质的磁化与磁滞回线	114
§ 5-5 磁路的基本概念	117
小结	119
复习题	121
第六章 磁场对通电导体的作用	123
§ 6-1 磁场对载流直导体的作用	123
§ 6-2 磁场对通电矩形线圈的作用	125
§ 6-3 磁场对运动电荷的作用力	127
§ 6-4 耳机和喇叭	129
小结	130
复习题	131
第七章 电磁感应	134
§ 7-1 电磁感应的条件	134
§ 7-2 电磁感应定律	135
§ 7-3 自感应	139
§ 7-4 互感应	142
§ 7-5 涡流的产生及磁屏蔽	144
§ 7-6 磁场能量	146
§ 7-7 常用电感线圈	147
小结	149
复习题	150
第八章 正弦交流电路的基本概念	153
§ 8-1 正弦交流电及其产生	153
§ 8-2 周期、频率与角频率	155
§ 8-3 初相角与相位差	156
§ 8-4 交流电的有效值	158

§ 8-5 纯电阻交流电路	159
§ 8-6 纯电感交流电路	161
§ 8-7 纯电容交流电路	165
小结	168
复习题	168
第九章 正弦交流电路的分析与计算	172
§ 9-1 正弦交流电的旋转矢量表示法	172
§ 9-2 用矢量法解正弦交流电路	175
§ 9-3 复数的概述	180
§ 9-4 正弦交流电的复数表示法	183
§ 9-5 RLC 串联电路与复数阻抗	185
§ 9-6 阻抗并联电路和复导纳	189
§ 9-7 交流电路的等效变换	192
§ 9-8 复杂电路的分析方法	194
§ 9-9 正弦交流电的功率与功率因数	197
§ 9-10 有关功率因数的提高	200
§ 9-11 负载获得最大功率的条件	202
§ 9-12 交流电路中的实际元件	203
小结	206
复习题	208
第十章 互感与变压器	215
§ 10-1 互感线圈的串联与并联	215
§ 10-2 变压器的构造与原理	219
§ 10-3 理想变压器	223
§ 10-4 变压器的功率和效率	226
§ 10-5 自耦变压器	228
§ 10-6 小型变压器设计	227
小结	230
复习题	231
第十一章 谐振电路	235
§ 11-1 串联谐振电路	235
§ 11-2 谐振电路的选择性	239
§ 11-3 并联谐振电路	242
§ 11-4 串并联谐振电路	245
§ 11-5 耦合谐振电路	253
小结	262
复习题	264
第十二章 三相交流电路	270
§ 12-1 三相交流电的一般概念	270

§ 12-2 三相电源的连接·····	272
§ 12-3 三相负载连接·····	274
§ 12-4 三相交流电的功率·····	280
§ 12-5 接地与接零·····	283
小结·····	285
复习题·····	286
第十三章 非正弦交流电·····	288
§ 13-1 非正弦交流电的产生·····	288
§ 13-2 非正弦交流电的分解·····	289
§ 13-3 非正弦交流电路·····	291
§ 13-4 平均值、有效值及功率·····	294
小结·····	297
复习题·····	297
第十四章 过渡过程·····	300
§ 14-1 过渡过程的基本概念·····	300
§ 14-2 RC 电路的过渡过程·····	304
§ 14-3 RL 电路的过渡过程·····	312
§ 14-4 LC 振荡电路·····	317
小结·····	321
复习题·····	322

第一章 直流电路的基本概念

本章着重讨论有关电的基本概念，如电流、电压、电位、电阻、电导、电动势和电功率等；研究电的基本规律，如库仑定律、欧姆定律和焦耳-楞次定律等内容；介绍简单的电路形式和电路的基本状态。

§1-1 电荷、库仑定律、电场

一、电荷

自然界中任何物质都由极微小的分子所组成，分子又由原子所组成，原子由一个带正电荷的原子核和一定数量带负电荷的电子所组成。电子分层围绕原子核作高速运转。不同的原子所带的原子数目不一样。如氢原子只有一个电子，而铝原子则有13个电子。图1-1画出了氢和铝的原子结构。

当原子不受外来影响时，原子核所带的正电荷数等于核外电子所带的负电荷数，所以对外界不显示电性。由于电子围绕原子核在不同轨道上运动，处在外层轨道上的电子受原子核的束缚就不那么紧。在某种外因的作用下，它可以离开自己的轨道而在各原子间作无规则的运动，这些可以在原子间自由运动的电子称为自由电子。金属之所以是良导体，是由于一切金属的原子都有不稳定的外层电子，它内部存在大量的自由电子。至于有一些物质的原子，其原子核对电子的吸引力非常大，外层电子不易脱离轨道，所以自由电子极少，导电性能就差。

由于摩擦，或者其它种种原因，可使某一物体上的电子转移到另一物体上，于是失去电子的物体带了正电荷，而获得电子的物体带上了负电荷。物体失去或获得电子越多，那么物体所带的正电荷或者负电荷就越多。

电量是表示带电体所带电荷多少的一个物理量，通常用符号“ Q ”或“ q ”表示，它的单位是库仑，或用符号C表示。据实验测得，一库仑相当于 6.25×10^{18} 个电子的电量，而一个电子所具有的负电量约为 1.6×10^{-19} 库仑。

二、库仑定律

人们在长期的实践中发现，带电体互相靠近时，它们之间就会有力的作用。即同性电荷互相排斥，异性电荷互相吸引。

1785年库仑首先对点电荷的引力和斥力进行了定量的测定，并推导出点电荷的引力和斥力所遵守的定律——库仑定律。所谓点电荷就是带电体的大小尺寸远小于带电体之间的距离时，可以认为这种带电体为点电荷。

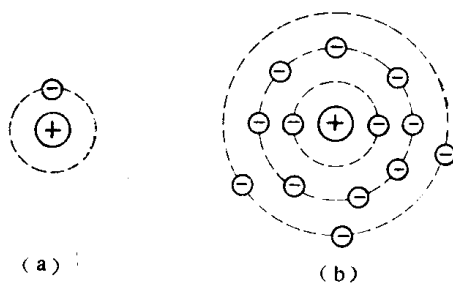
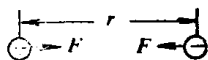


图 1-1 原子结构
(a) 氢原子结构 (b) 铝原子结构

库仑定律的内容是：两个点电荷之间的作用力和这两个点电荷所带电量的乘积成正比，和它们之间距离的平方成反比。如图1-2。

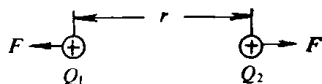
两点电荷之间的作用力可以写成：

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



式中 K 为比例常数，在国际单位制中：

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$



将 K 代入式中，可得：

图 1-2 两个点电荷之间的作用力

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1-2)$$

式中 q_1 和 q_2 —— 二点电荷的带电量；

r —— 两点电荷之间的距离；

ϵ_0 —— 电场所在空间的真空介电系数；

$\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12}$ 库²/（牛·米）²；

4π —— 考虑单位制合理化的一个常数。

相应的 K 值是：

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.0 \times 10^9 \text{ 牛} \cdot \text{米}^2/\text{库}^2$$

必须注意的是，上述库仑定律表达式，只适用于计算在真空中两点电荷之间的作用力，任意形状的两个带电体之间的作用力不能直接应用这个公式。

例 真空中两个点电荷 $q_1 = -1.0 \times 10^{-6}$ 库仑， $q_2 = +3.0 \times 10^{-6}$ 库仑，相距15厘米，求它们之间的相互作用力。

解 由于只考虑库仑力的大小，故不必考虑电荷的符号。

$$\begin{aligned} \text{所以} \quad F &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \\ &= \frac{(9.0 \times 10^9)(1.0 \times 10^{-6})(3.0 \times 10^{-6})}{(1.5 \times 10^{-1})^2} \\ &= 1.2 \text{ (牛顿)} \end{aligned}$$

三、电场

人们推车时，手和车子直接接触，把力作用在车上。工人打铁时，通过锤子和铁直接接触，把力作用在铁上。两个带电体虽然没有直接接触，但相互间仍存在着力的作用，这力究竟是怎样传递的呢？

近代物理学的发展回答了这个问题：凡是有电荷的地方，周围就存在一种特殊物质，带电体相互间的作用力就是通过这种特殊物质来传递的。这种存在于电荷周围空间对电荷有作用力的特殊物质叫电场。电荷与它周围的电场是一个统一整体，有电荷存在必然在它周围存在电场。

静止电荷所产生的电场，叫做静电场。

电场具有两个重要特性：第一，位于电场中的任何带电体都会受到电场的作用力，称为

电场力；第二，带电体在电场中受电场力作用而移动时，电场要作功，说明电场具有能量。

1. 电场强度

为了能定量地定义电场，更好地认识电场中某点的性质，常用检验电荷来进行试验。检验电荷是带正电且电量极小的点电荷，只有电量足够小，才不至于影响原电场的分布，保证对原电场研究的真实性。

把检验电荷放在电场中待检验的那一位置上，再测量这个检验电荷所受到的电场力，则有如下一些现象：

(1) 对于同一检验电荷，放在电场内不同的位置，它受力的大小和方向不同。

(2) 对于电场中某一确定点而言，检验电荷所受的力与它本身所带的电量成正比。由此可知，检验电荷所受的力与它本身所带的电量的比值，对于确定点来说是常数，但对电场中不同点，这一比值就不是一个常数了。也就是说，对应电场中的任一确定点，都有一个确定的比值与之对应。这个比值称为该点的电场强度。用公式表示为：

$$E = \frac{F}{q} \quad (1-3)$$

式中 F ——检验电荷所受的电场力；

q ——检验电荷的电量；

E ——电场强度。

电场强度是一个矢量，它的大小就是 $\frac{F}{q}$ ，它的方向就是正电荷在该点的受力方向。设 F 的单位为牛顿， q 的单位是库仑，则电场强度的单位是牛顿/库仑，常用单位还有 伏特/米。

例 1 把检验电荷 q_0 放在与点电荷 q 相距 r 的地方，求检验电荷所在处的电场强度。

解：检验电荷 q_0 所受到的力的大小，由库仑定律求出。

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2}$$

检验电荷所在处的电场强度由(1-3)式得：

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \cdot \frac{1}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2}$$

由例 1 可知，电场强度是表示电场内各点受力性质的一种物理量，它与检验电荷本身所带电量 q_0 的大小无关。

例 2 如 $q = 5 \times 10^{-8}$ 库仑的检验电荷在 a 点所受的作用力为 5×10^{-4} 牛顿。在 c 点所受的作用力为 2×10^{-4} 牛顿，试求这两点的电场强度，若在 c 点另放一个 $q_1 = 4 \times 10^{-8}$ 库仑的检验电荷，它应受的力是多少？

$$\text{解} \quad E_a = \frac{F_a}{q} = \frac{5 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-8}} = 100 \text{ (伏特/米)}$$

$$E_c = \frac{F_c}{q} = \frac{2 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-8}} = 40 \text{ (伏特/米)}$$

$$F_c = E_c q_1 = 40 \times 4 \times 10^{-8} = 16 \times 10^{-7} \text{ (牛顿)}$$

2. 电力线

为了形象地描述电场的分布情况，可以用假想的电力线来表示它。电力线是这样的一些

曲线，曲线上每一点的切线方向都和该点电场强度方向一致。电力线具有如下性质：一是在静电场中电力线总是从正电荷出发终止于负电荷，不闭合，不中断；二是任何电力线均不会相交，因为电场中每一点电场强度方向只有一个。电力线越密的地方，表示电场强度越大，反之则越弱。如图1-3。

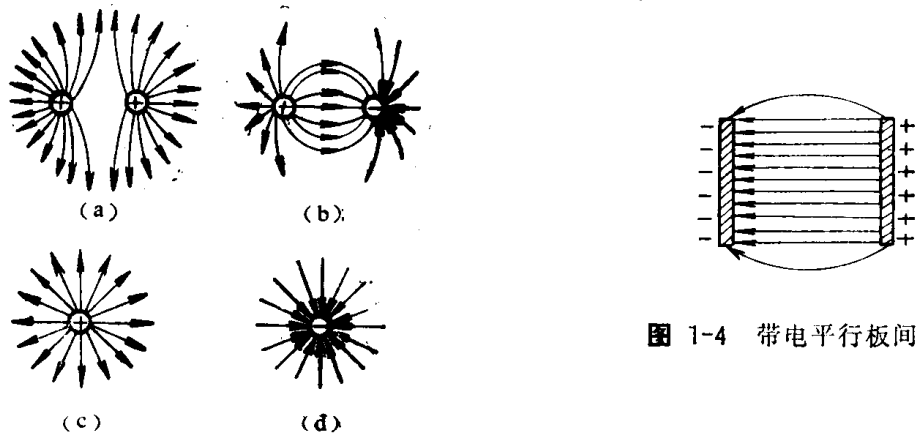


图 1-4 带电平行板间电场

图 1-3 电力线

如果电场中各点电场强度的大小相等，方向相同，这样的电场叫匀强电场。在匀强电场中电力线互相平行，而且电力线的密度也到处相等。如图1-4所示，两个带电平行板间的电场，当板间距离远小于板面的几何尺寸时，可以认为其电场是均匀的。它的电力线是等距的一束平行线，但应该注意到平板边缘上存在着不均匀现象。

§1-2 静电平衡和静电屏蔽

一、静电感应

金属是最常见的导体，金属原子中有比较多的自由电子。如果把金属放进电场中去，那么金属中的自由电子就在电场力的作用下作有规则的运动，从而引起电荷的重新分布。由于外电场的影响，使导体中的电荷重新分布的现象称为静电感应现象。

如图1-5(a)所示。取一对被玻璃柱支撑着的金属柱体A和B，它们起初彼此接触，且不带电。而将另一带电的金属球C移近时，则金属柱体A和B处在带正电的金属球C的电场中，

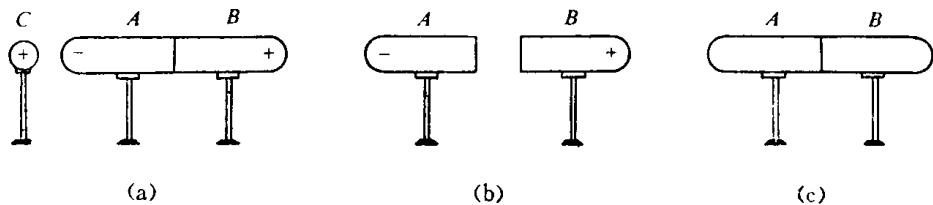


图 1-5 静电感应

(a) 将带电体C移近A、B (b) 将A、B分开后移去C (c) A、B重新接触

A、B体内的自由电子被吸引而运动，使电荷重新分布，靠近C的柱体A带上了负电荷，而远离C的柱体B则带上了正电荷。如果把A、B分开，然后移去C，则发现A、B上仍保持一定

的电荷，如图1-5(b)所示。如果再让A、B重新接触，它们所带的电荷就会完全消失，如图1-5(c)所示。这现象表明，发生静电感应时，导体内被分离的电荷是等量异号的。

二、静电屏蔽

如果把一块原来不带电的金属板ABCD放入一个均匀电场中，那么金属板中的自由电子在电场力的作用下将逆着电场方向移动，如图1-6(a)所示。随着这一过程的继续，在AD边上逐渐积累了越来越多的电子，即出现了越来越多的负电荷；而在BC边上则失去了越来越多的电子，即出现了越来越多的正电荷。结果在金属板内形成了一个逐渐增强的附加电场，附加电场的方向与外电场的方向相反，使金属内的合成电场逐渐减弱，如图1-6(b)所示。

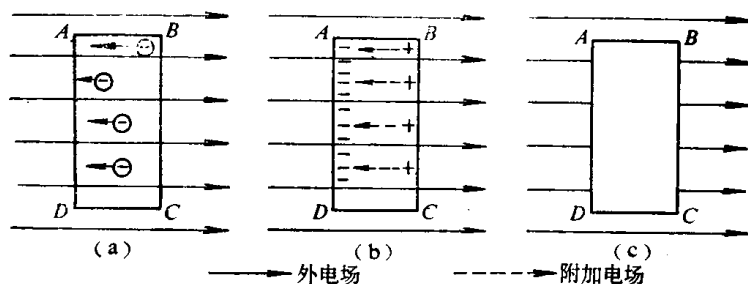


图 1-6 静电屏蔽

当附加电场增加到与外电场的大小相等时，金属导体内部的合成电场为零，这时导体内部及其表面没有电荷的定向运动，导体便处于静电平衡状态，如图1-6(c)所示。此时，导体内部的电场强度等于零，外电场的电力线在金属导体表面垂直终止而不能穿透到金属内部。

如果把一空腔导体放在静电场中，电力线将垂直终止于导体表面而不能穿过导体进入内腔，即空腔内部场强为零。如图1-7所示。这时放在空腔内部的物体，不会受到外电场的影响。

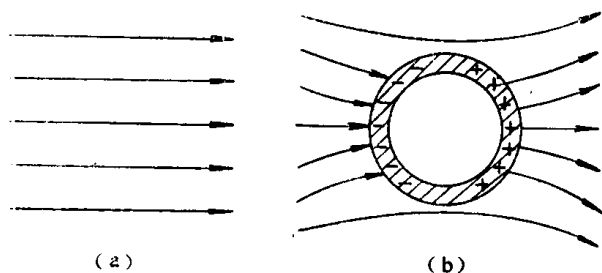


图 1-7 空腔导体在静电场中

(a) 放入空腔前匀强电场的电力线
(b) 置入空腔导体后电力线的分布

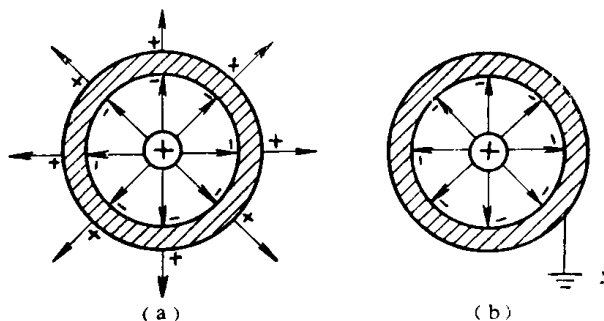


图 1-8 带电体在空腔导体内

在金属空腔内部放一带正电体，如图1-8(a)所示。根据静电感应原理，空腔内表面将感应出负电荷，而外表面则感应出正电荷。如果把金属外壳接地，则它表面的正电荷将和大地的负电荷中和，此时电力线也同时消失，如图1-8(b)所示。这样就隔绝了空腔内带电体的电场对外面空间的影响。

由此可见，一个接地的空腔导体可以隔离内外静电场的影响，这就是静电屏蔽的原理。利用静电屏蔽的原理，一些比较精密的电子仪器要放在金属罩内。晶体管通常用金属外壳罩起来，有的导线外皮还要包一层金属丝网（称为隔离线），都是为了不受外来电场的影响。

在超高压带电作业时，操作者所穿的“均压服”就是掺着铜丝编成的，这样可以把人体屏蔽起来，以免受到超高压电场的影响和伤害。

§1-3 电 路

电路就是电流流通的路径。它的一个作用就是使电能和其它形式的能相互转换并对电能实现传递和分配。如图1-9就是一个电池、一个开关和一个小灯泡所组成的一个很简单的电路。

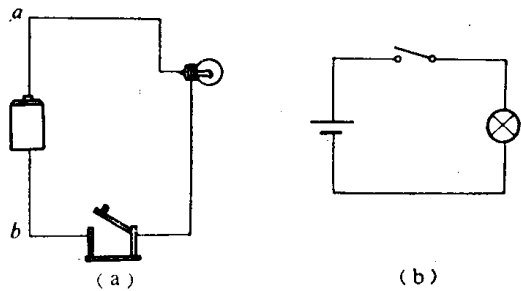


图 1-9 简单电路

合上开关之后，电路中就有电流流过，其中干电池使化学能转变为电能，而灯泡之所以能发光，就是由于它实现了电能与光能的转换。电路的另一个作用就是能够把输入信号进行“加工处理”，变成合乎需要的输出。如收音机和电视机在接收无线电信号时，就需要把微弱信号进行放大以满足工作的要求。由于“加工处理”目的不同，因而就有各式各样的

电路，如专用作放大的放大电路，用作把交流电变为直流电的整流电路，用作选择所需接收信号的调谐电路等。

电路通常由四部分组成：

- (1) 电源 它是供给电路电能的设备，实现将其它形式的能转变成电能的任务，如发电机、蓄电池等。
- (2) 负载 是各种用电设备的总称，其作用是把电能转换为其它形式的能。如电动机、电炉、电灯等。
- (3) 连接导线 用来传输与分配电能，把电源与负载联成一个闭合回路。最常用的导线有铜线和铝线。
- (4) 控制电器 用作控制电路的通断并保护电源与负载不受损坏。如开关、保险丝、继电器等。它们在电路中起辅助作用，所以称为辅助电器。

在分析计算与技术交流过程中为了清楚和简便起见，通常不画出电路和实物连接图，而是用符号表示，这样图1-9(a)变成图1-9(b)的形式。用电路图符号画成的图称为电路图。在电路图中并不反映实际电路的几何尺寸和元件的实际形状，只突出反映实物连接图中的电性能。实际装配时，工程上还有装配图。

常用符号如表1-1。

表1-1 电路图常用符号

名称	符号	名称	符号
原电池 或蓄电池		伏特表	
电灯		接机壳	
开关		保险丝	
电流表		电阻	

电路可分为两段：从电源的一端，经过和它连接的全部负载和导线再回到另一端的电流路径，叫做外电路；电源内部叫内电路。

电路通常有三种状态：

(1) 通路(闭合) 开关接通，构成闭合回路，电路中有电流。

(2) 断路(开路) 开关断开或电路某处断开，电路中无电流。

(3) 短路 电路中电位不同的两点直接碰接或被电阻非常小的导体接通的状态称为短路。如图1-10所示。若a、b两点用导线接通，称为灯泡被短路。若a、c两点用导线直接接通，则称为负载全部短路，短路时往往形成过大的电流，使电源、负载容易损坏，故应采取可靠措施，尽量避免。

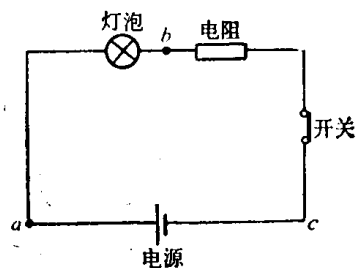


图 1-10 简单电路

§1-4 电流与电流强度

电荷有规则的运动，叫做电流。导体内的电流是由于导体内部自由电子在电场力作用下运动而形成的；电解液或被电离后的气体的导电，则是由于电解液或电离后的气体的正负离子在电场力作用下相向运动而形成的。无论是固体、液体还是气体中的电流都是带电质点的有规则的运动。

电荷的移动虽然不能够直接被观察到，但通过运动电荷所发生的各种现象可以间接观察到它的存在。例如，电灯亮了，就是电灯内有电流通过；电动机转动说明电动机内部有电流流动。

电流的方向被规定为正电荷运动的方向。而实际上导线中的电流是由带负电的电子流动所形成的，但其效果与等量正电荷反方向流动完全相同，由此可知电流方向与电子流方向相反。图1-11表示有电流流过的一段导线，其中，自由电子从A端流向B端，而电流I的方向则是从B到A。

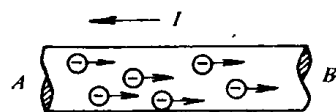


图 1-11 电流通过导线

衡量电流大小的量是电流强度。电流强度是单位时间内流过导体横截面的电量。通常把电流强度简称为电流。如果电流的大小和方向均不随时间而变化，这种电流叫做稳恒电流，一般所说的直流电，指的就是稳恒电流，直流用英文字母I表示。

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-4)$$

q是在t时间内通过某截面的电量。电量的单位为库仑，时间的单位为秒，则电流强度的单位为安培，简称安，用代号A表示。

若在1秒钟内通过导体截面的电量为1库仑，则电流强度为1安。

电流强度的辅助单位为毫安和微安：

$$1 \text{ 毫安 (mA)} = 10^{-3} \text{ 安 (A)}$$

$$1 \text{ 微安 (}\mu\text{A)} = 10^{-6} \text{ 安 (A)}$$

例 某导体在 5 分钟内均匀流过的电量为 4.5 库仑, 问电流强度为多少毫安?

解

$$I = \frac{4.5}{5 \times 60} = 0.015 \text{ (安)} = 15 \text{ 毫安}$$

直流电的电流强度与时间之间的函数关系如图 1-12(a) 所示。大小随时间变化, 但方向不随时间变化的电流, 叫脉动电流, 如图 1-12(b) 所示。大小及方向均随时间而变化的电流, 叫做交变电流, 简称交流电。如图 1-12(c) 所示。

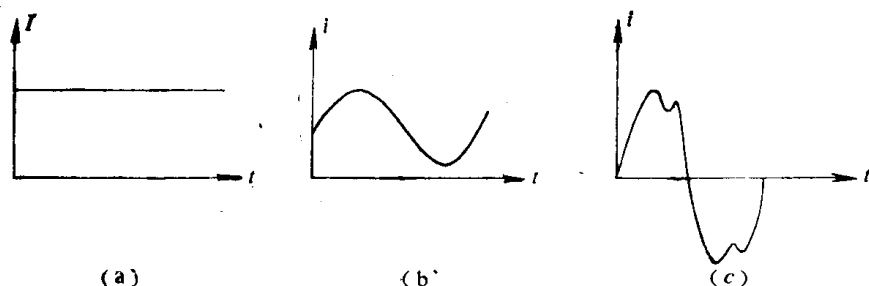


图 1-12 各种电流的电流强度与时间关系的波形图

脉动电流和交变电流的瞬时电流强度用字母 i 表示。如果在 Δt 时间内, 通过导体横截面的电量为 Δq , 则瞬间电流强度为:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \quad (1-5)$$

在一个复杂电路中要预先正确判断电流的方向, 往往并非容易。实际上在分析计算电路之前可先任意假定一个电流的方向, 这一方向称为电流的参考方向。经过分析计算, 如果电流强度的数值为正值, 则电流方向与参考方向一致; 如果电流强度的数值为负值, 则电流方向与参考方向相反。电流强度本身是一个代数量, 而不是一个矢量。

如果电路中没有假定电流的参考方向, 那么电流强度的正负是没有意义的。今后, 在电路图中仅标明电流的参考方向, 而不标实际方向, 以免混淆。

测量直流电流的仪表有安培表、毫安表和微安表等, 在表盘上分别用 A、mA、 μ A 标明。用电流表测量电流时, 具体方法如下:

(1) 使用前应粗略估计被测电流大小, 选择适当量程的电流表。若一时无法估计, 可先把万用表电流档放在最大量程进行测量, 然后逐步缩小测量范围。电流表的量程一定要超过被测电流的实际数值。

(2) 电流表应串接在电路中, 使被测电流由电表的“+”端流入电表, 从“-”端流出。如图 1-13 所示。

(3) 测量电流时, 不能把电流表并接在负载或电源上。如发现表针猛打到头, 要立即断开电源检查原因。

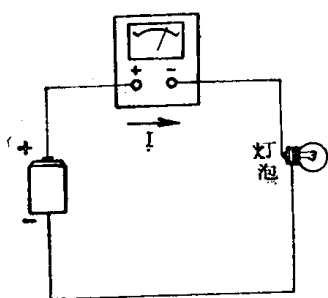


图 1-13 电流表串接在电路中

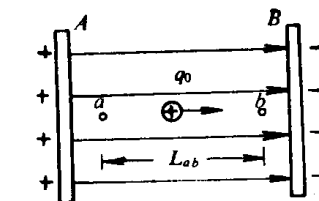
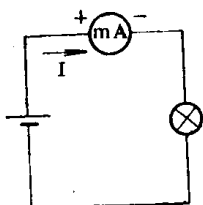


图 1-14 均匀电场中的电荷

§1-5 电压与电位

电压和电位是两个重要的概念，它们都是表示电场或电路能量特性的物理量，下面就均匀电场中电荷在电场力作用下运动而做功的情况对这两个概念加以阐述。

一、电压

电荷在电场力作用下移动时，电场力对电荷做功。如图1-14所示的均匀电场中，各点场强是相同的，把电量为 q_0 的正电荷放在匀强电场中，那么这个正电荷在各点所受的电场力相同，即：

$$F = q_0 E$$

当正电荷 q_0 受电场力作用从 a 点移动到 b 点时，电场力所作的功为：

$$A_{ab} = F L_{ab} = q_0 E L_{ab}$$

如果被移动电荷的电量增加一倍，那么作用在电荷上的电场力也增加一倍，于是电场力所做的功也就相应地增加一倍。也就是说，电场力 F 所做的功 A_{ab} 与被移动电荷的电量成正比，故此比值 $\frac{A_{ab}}{q_0}$ 是一个恒定不变的量，它不随电荷所带电量的变化而变化，只和电场本身的性质有关，因此可以用这一比值来反映电场本身的能量特性。比值 $\frac{A_{ab}}{q_0}$ 称为 a 、 b 两点之间的电压。电场中 a 、 b 两点间电压的大小等于电场力把单位正电荷从 a 点移动到 b 点时所做的功。电压是表示电场力做功本领大小的一个物理量，用字母 U_{ab} 表示，即：

$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q_0} \quad (1-6)$$

式中， A_{ab} 的单位是焦耳、 q_0 的单位是库仑，则 U_{ab} 的单位是伏特，简称伏，用字母 V 表示，即

$$1 \text{ 伏} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 库仑}}$$

除伏特外常用的单位还有千伏(kV)，毫伏(mV)和微伏(μV)，它们之间的换算关系如下：

$$\begin{aligned} 1 \text{ kV} &= 10^3 \text{ V} \\ 1 \text{ mV} &= 10^{-3} \text{ V} \end{aligned}$$

$$1\mu\text{V} = 10^{-3}\text{mV} = 10^{-6}\text{V}$$

二、电位

在图1-15的均匀电场中，电场力 F 把正电荷 q 从 a 点移动到 p 点和 b 点移动到 p 点所作的功分别为：

$$A_{ap} = FL_{ap}$$

$$A_{bp} = FL_{bp}$$

那么，电场力把单位正电荷从 a 点移动到 p 点所作的功分别为：

$$\frac{A_{ap}}{q} \text{ 和 } \frac{A_{bp}}{q}$$

为了比较单位正电荷由 a 至 p 和由 b 至 p 时电场力做功的大小，可选定 p 点作为参考点：

由于

$$L_{ap} > L_{bp}$$

则有

$$A_{ap} > A_{bp}$$

所以

$$\frac{A_{ap}}{q} > \frac{A_{bp}}{q}$$

比值 $\frac{A_{ap}}{q}$ 叫做 a 点的电位，用字母 V 表示，即：

$$V_a = \frac{A_{ap}}{q} \quad (1-7)$$

同理， b 点的电位为：

$$V_b = \frac{A_{bp}}{q}$$

由式(1-7)可知，电场中某点 a 的电位，等于电场力把单位正电荷从 a 点移动到参考点 p 时所作的功。

电位和电压单位相同，都是伏、毫伏与微伏。

图1-15中的 p 点是选定的参考点， p 点的电位应为零。按照定义， p 点的电位可以设想为电场力把单位正电荷从 p 经任何路径回到 p 点作的功，由于起点和终点位置重合，电场力做功为零，则参考点亦称为零电位点。虽然零电位点的选择是任意的，但在对电场作理论分析时常选无穷远点作为零电位点，而在工程技术中，对电场分析时通常选大地或机壳为零电位点。

电场中 a 、 b 两点电位之差称为这两点之间的电位差，即：

$$\begin{aligned} V_a - V_b &= \frac{A_{ap}}{q} - \frac{A_{bp}}{q} = \frac{FL_{ap}}{q} - \frac{FL_{bp}}{q} \\ &= \frac{F}{q}(L_{ap} - L_{bp}) \end{aligned}$$

因为

$$L_{ap} - L_{bp} = L_{ab}$$

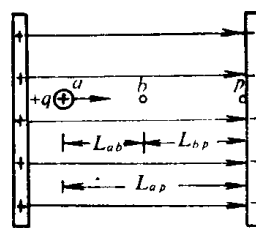


图 1-15 电场力做功