

电 工 学



电信技术基础自学丛书

DIANXIN JISHU JICHU ZIXUE CONGSHU

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书叙述电和电路的基本概念、直流电路、磁和磁场、电磁感应、电场及电容、交流电路、振荡电路等的基本原理和计算方法，并辅以例题来说明，便于自学。篇末对一般常用电工测量及仪表作了简要叙述。

本书内容是结合电信技术编写的，主要供初中或相当初中文化程度电信工人同志作为电工基础理论方面的自学参考。

电 工 学

编著者：《电工学》编写组

出版者：人民邮电出版社

北京东长安街27号

印刷者：国营五二三厂

发行者：新华书店

开本850×1168 1/32 1974年8月陕西第一次印刷

印张15¹²/₃₂ 页数246 插页1 印数1—105,000册

印刷字数300,000字

统一书号：15045·总2011—有503

定价：1.10元

前 言

无产阶级文化大革命的胜利，促进了我国邮电事业的迅速发展。近几年来，全国各级邮电企业吸收了大量青年工人，从事通信维护和建设工作。他们战斗在邮电事业的生产第一线，富于创新精神，最少保守思想，最肯学习。

为了适应广大电信人员，特别是新工人的迫切要求，我们将组织编写有关电信专业的基础读物，陆续出版。

本书适用于具有初中或相当初中文化程度的电信工人自学参考。学习本书要掌握必要的数学知识，如补学一些关于指数、对数、三角函数及复数的知识。

本书系“电工学编写组”集体编写，由于水平有限，时间仓促，在思想性、内容、深度以及文字等方面，都会存在一些缺点和错误。希望广大读者在阅读本书时，结合生产实践，不断提高技术水平，为社会主义通信事业做出贡献，并对本书提出意见和建议，以便改进。

编 者

1974年4月

目 录

第一章 电和电路的基本概念

- 第一节 电的基本概念·····(1)
- 第二节 电路、电流和电流强度·····(7)
- 第三节 电压与电位·····(13)
- 第四节 电动势与干电池·····(18)
- 第五节 欧姆定律及其在有源闭合电路中的应用·····(26)
- 第六节 炭精式话筒·····(31)
- 第七节 电流的功、功率和热效应·····(32)
- 第八节 导体电阻和常用电阻器·····(38)

第二章 简单直流电路

- 第一节 电阻串联电路·····(47)
- 第二节 电阻并联电路·····(54)
- 第三节 电阻混联电路·····(59)
- 第四节 含有可变电阻的电路·····(64)
- 第五节 具有多个电势的无分支电路·····(70)

第三章 复杂直流电路

- 第一节 克希荷夫定律·····(76)
- 第二节 重迭原理·····(84)
- 第三节 代文宁定理·····(86)
- 第四节 电势源与电流源的互换·····(93)
- 第五节 电桥电路·····(97)
- 第六节 星形电路与三角形电路的互换·····(100)

第四章 磁的基本概念

- 第一节 电流的磁场·····(105)

第二节	磁感应强度和磁通	(110)
第三节	导磁系数和磁场强度	(113)
第四节	物质磁化和磁滞回线	(116)
第五节	磁路基本概念	(125)
第六节	电磁铁及继电器	(128)
第五章 磁场对通电导体的作用		
第一节	磁场对通电直导体的作用	(130)
第二节	磁场对通电线圈的作用	(132)
第三节	磁场对运动电荷的作用力	(134)
第四节	耳机和喇叭	(136)
第六章 电磁感应		
第一节	直导体中的感应电势	(140)
第二节	线圈中的感应电势	(148)
第三节	动圈式及动铁式话筒	(154)
第四节	自感应	(157)
第五节	互感应	(162)
第六节	涡流的产生及磁屏蔽	(165)
第七节	常用线圈及其联结	(170)
第八节	磁场能量	(177)
第七章 电场及电容器		
第一节	电场中的导体	(180)
第二节	电场中的介质	(182)
第三节	电容器的电容及常用电容器	(189)
第四节	电容器的充放电及时间常数	(200)
第五节	电容器的联结	(206)
第六节	电场能量	(211)
第八章 正弦交流电的基本概念		
第一节	正弦交流电的基本概念	(214)
第二节	正弦交流电的表示法	(223)

第三节	正弦交流电的加减	(230)
第九章	正弦交流电路	
第一节	纯电阻电路	(237)
第二节	纯电容电路	(242)
第三节	纯电感电路	(250)
第四节	电阻、电感、电容串联电路	(260)
第五节	电阻、电感、电容并联电路	(269)
第六节	阻抗串、并联电路	(279)
第七节	交流电路的功率和功率因数	(283)
第八节	串、并联电路的互换	(288)
第十章	非正弦交流电	
第一节	非正弦交流电的产生	(293)
第二节	非正弦交流电的分解	(295)
第三节	非正弦交流电路	(300)
第十一章	铁心变压器	
第一节	铁心变压器的构造和工作原理	(307)
第二节	变压器的功率和效率	(318)
第三节	自耦变压器和多绕组变压器	(320)
第四节	变压器的检验和联结	(322)
第五节	小功率电源变压器的设计	(326)
第六节	小电源变压器的绕制工艺	(330)
第十二章	单振荡回路	
第一节	自由振荡	(336)
第二节	串联谐振	(343)
第三节	并联谐振	(349)
第十三章	耦合振荡电路	
第一节	互感电动势	(362)
第二节	等效电路	(365)
第三节	耦合电路的谐振和调谐	(372)

第四节	谐振曲线和通频带·····	(377)
第五节	耦合电路的传输功率和效率·····	(387)
第六节	互感耦合电路与信号源并联·····	(389)
第七节	其它形式的耦合电路·····	(390)
第十四章 电工测量		
第一节	概 述·····	(394)
第二节	磁电式仪表·····	(397)
第三节	整流式仪表·····	(401)
第四节	热电式仪表·····	(406)
第五节	电磁式仪表·····	(407)
第六节	电动式仪表·····	(409)
第七节	复用表·····	(413)
第八节	兆欧表·····	(434)
第九节	直流电桥·····	(436)
第十节	交流电桥·····	(440)
附录一	电工学中常用字母的读音·····	(448)
附录二	常用电学物理量符号及其单位·····	(449)
附录三	下角字母用法及辅助单位换算·····	(451)
附录四	电路图符号表·····	(452)
附录五	电阻器、电容器型号命名法·····	(453)
附录六	电阻器、电容器标称值·····	(457)
附录七	电阻器色码表·····	(461)
附录八	电容器的色码表·····	(462)
附录九	硅钢片·····	(464)
附录十	铁氧体·····	(468)
附录十一	铜线表·····	(482)

第一章 电和电路的基本概念

第一节 电的基本概念

一、物质的结构

一切物质都是由分子组成，分子由更小的微粒——原子组成。原子分为原子核和电子，原子核内有质子和中子，质子带正电，电子带负电，中子不带电。原子核是在原子的中央，电子就在原子核外围依着轨道不停的旋转。最简单的氢原子含有原子核和围绕原子核运动的一个电子，如图 1-1 所示。

在原子未受外来影响时，原子中的质子数和电子数相等，对外不显示电性。金属等物质原子的最外层电子，由于与原子核结合较松，容易脱离原子核的引力范围，脱离后，就在原子间运动。这样原子失去了一部分电子，质子数多于电子数，带有正电，这种带正电的原子称为正离子。那些脱离了原子而在原子间运动的电子称为自由电子。另外氧、氯等原子的原子核对最外层电子结合程度很紧，不仅不会失去电子，还能获得外来的自由电子。这时，原子中的电子数多于质子数，带有负电，这种带负电的原子称为负离子。

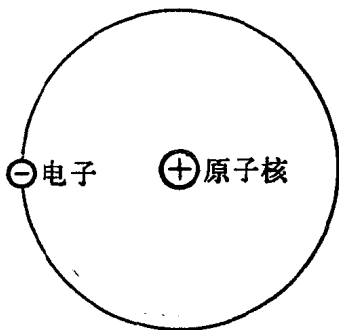


图 1-1

从物质结构来看，物质内部总是存在着自由电子和离子。但由于结构不同，各种物质内的自由电子和离子数量是不同的。

因此，各种物质所带电荷的多少也不相同，物质所带电荷的

多少，用电量来表示，符号 Q ，单位库仑。1 库仑 $= 6.25 \times 10^{18} e_0$ ，式中 e_0 表示一个电子所带的总电量。

二、电场和电场强度

经过人们的实践发现，当带有不同性质电荷的带电体互相靠近时，它们互相之间就会有作用力。即同性带电体互相排斥；异性带电体互相吸引。如图 1-2 所示。其作用力大小与带电量及相互距离有关系，带电量越多，距离越近，作用力越大。

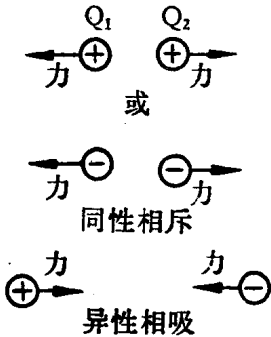


图 1-2

两个带电体虽然没有直接接触，但相互间仍存在着力作用，这种力是通过存在于电荷周围的一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做电场。电荷和它周围的电场是一个统一的整体，有电荷存在，它的周围就一定有电场存在。

静止电荷所产生的电场，叫做静电场。电场具有两种重要表现：第一、位于电场中的任何带电体都会受到电场的作用力；第二、带电体在电场中受电场力移动时，电场要作功，

这表明电场具有能量。

下面我们根据这两种表现来研究电场的性质。

1. 电场强度

为了研究电场中某点的性质，我们常用试验电荷来探测。试验电荷是带正电且电量极小的点电荷，因为电量极小时，才能不影响原电场的分布，这样就可以真实地研究原电场；采用正电荷是为了电场强度的方向能得到统一的规定。

用试验电荷去探测某带电体周围的电场时，将会发生以下一些现象：

(1) 将同一试验电荷，放在电场内不同的点，它所受力的方向与大小是不同的，如图(1-3)所示。

(2) 对电场中某一确定的点来说，试验电荷所受的力仅与它所带的电量成正比。

因此，试验电荷所受的力和该电荷所带电量的比值，对某一确定的点来说是常数，对电场中不同的点它的数值也不相同，我们就用这个比值来作为标志各点电场强弱的物理量，即试验电荷在电场中某一点所受的力与它所带电量的比值叫做该点的电场强度，简称场强，用公式表示：

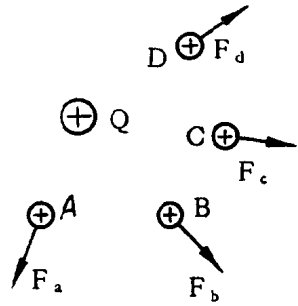


图 1-3

$$\mathcal{E} = \frac{F}{Q}$$

式中：F 为试验电荷所受的电场力；

Q 为试验电荷的电量；

\mathcal{E} 为电场强度。

若设 $Q=1$ 个单位时，则有 $\mathcal{E}=F$ 。可见，电场中某点的电场强度在数值上等于单位正电荷在该点所受的力。

电场强度是矢量，电场中某点电场强度的方向就是放在该点的正电荷受力的方向。电场强度的单位是

$$\frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}} \text{ 或 } \frac{\text{伏特}}{\text{米}}$$

〔例题〕如 $Q=5 \times 10^{-6}$ 库仑的试验电荷在 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 $Q_1=4 \times 10^{-6}$ 库仑的试验电荷时，它应受的力是多少？

解：

$$\mathcal{E}_a = \frac{F_a}{Q} = \frac{5 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-6}} = 100 \text{ 伏特/米}$$

$$E_c = \frac{F_c}{Q} = \frac{2 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-6}} = 40 \text{ 伏特/米}$$

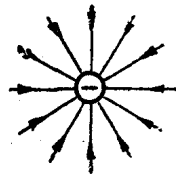
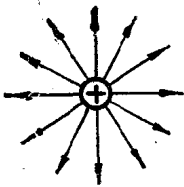
$$F_{c1} = E_c \cdot Q_1 = 40 \times 4 \times 10^{-6} = 16 \times 10^{-5} \text{ 牛顿}$$

计算电场强度时，除了计算它的数值外，还要把它的方向用箭头标示出来。

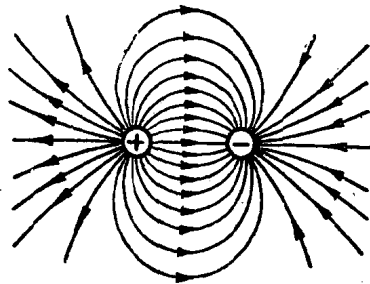
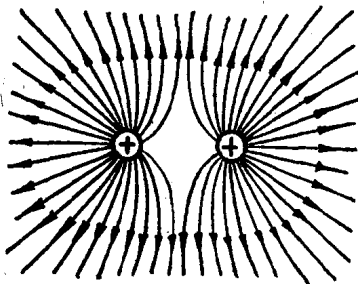
必须指出，电场强度和电场力是互相有联系而又不同的两个概念，电场强度是单位电荷所受的电场力，因此它与试验电荷的电量大小无关；而电场力的大小则与试验电荷的电量成正比。

2. 电力线

为了形象地说明电场的分布情况，我们引入一个辅助概念——电力线。因为在任何电场中，各点电场强度都有一定的方向，我们可以在电场中画出许多曲线，使这些曲线上每一点的切线方向都和该点的电场强度方向相一致，这些曲线就是电力线。电力线在电场内分布的稀密程度，表示电场强弱的分布情况，电



(a)



(b)

图 1-4

场强度大的地方电力线密，电场强度小的地方电力线稀。

在图 1-4 中分别画出了单个正、负点电荷的电力线与两个电荷的电力线。

分析这些电力线的图形可知，电力线有下列两个特征：

(1) 在静电场中，电力线总是从正电荷出发，终止于负电荷。

(2) 任何两电力线都不会相交，因为电场中每一点电场强度的方向只有一个。

必须指出，电力线只是为了研究电场而假想的，实际上电场中并没有电力线存在。

3. 均匀电场

若在电场中某一区域内各点电场强度的大小和方向均相同，则这一区域内的电场就叫做均匀电场。

均匀电场里的电力线是一组等距离互相平行的直线，当两带电平行板间的距离远小于板面的几何尺寸时，即可认为平行板的中间部分的电场是均匀的，只在平板的边缘上存在着不均匀现象。如图 1-5 所示。

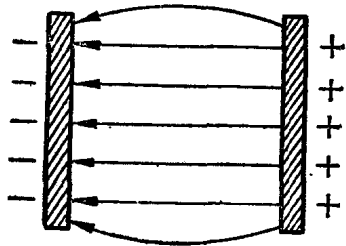


图 1-5

三、导体、介质、半导体

一切物质按其传导电荷的性能，可分为导体、介质与半导体三类。

1. 导体

导电性能良好的物体叫做导体。它又可以分为第一类导体与第二类导体。

(1) 第一类导体：

金属导体和炭都属于第一类导体，如银、铜、铝、锡、铁、炭、石墨等。

在第一类导体中，原子很紧密地有秩序地排列成晶体的格子，简称晶格(或称点阵)。在晶格的结点上，排列着金属正离子，

它是由原子核和与原子核结合较紧密的内层电子所组成的，形成晶格的骨架，如图 1-6 所示。原子最外层的电子，由于与原子核结合较松，容易脱离原子核的引力范围，在金属原子之间（晶格间）自由移动，这些电子叫做自由电子。

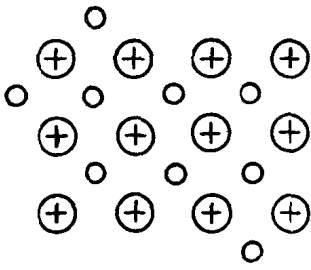


图 1-6

金属导体中存在大量的自由电子，例如铜每一立方厘米约包含 8×10^{32} 个自由电子。因此，当金属导体受到电场力的作用时，自由电子就会逆着电场力的方向作有规则的移动，形成电流，这就是金属导体能够导电的原因。

由于所有物质的电子都相同，而且电子的质量比原子核小得多，所以电子移动时，并不引起任何化学变化，也没有显著的质量迁移。

(2) 第二类导体：

酸、碱、盐溶液(统称电解液)属于第二类导体。

在电解液中存在着正、负离子及中性分子，在电场作用下，负离子向电池正极移动，而正离子则向电池负极移动，如图 1-7 所示，这就是第二类导体所以能导电的原因。

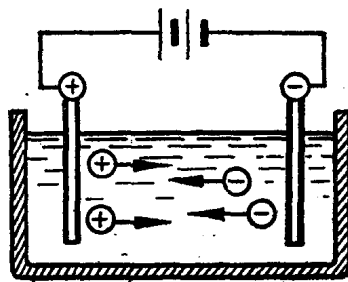


图 1-7

因为各离子的化学成分和质量都不相同，所以移动时就伴随有化学变化，并有显著的质量迁移。

2. 介质(绝缘体)

不能传导电荷的物体叫做电介质(简称介质)，也叫做绝缘体。常用的介质有云母、陶瓷、胶木、橡皮、蜡纸等。介质的原子结

构的特点，就是所有外层电子与原子核结合得较紧密，在一般情况下，这些电子不能脱离原子的范围，因此这种物质中自由电子的数量极少，例如在绝缘性较好的介质中，每立方厘米只有1—100个自由电子，所以介质不能导电或很难导电。如果介质的某一部分由于外界作用获得了电子，因为这些电子不能传到其他部分，故介质只能局部带电。

从上面导体和介质的结构可以知道，它们的导电性能不同，在于自由电子的多少不同，而自由电子的多少往往与温度、湿度、电压等客观环境有关。所以导体和介质不能截然分开，同时绝对不导电的介质是没有的。

3. 半导体

导电性能介于导体与介质之间的物体叫做半导体。常见的半导体如氧化铜、锗、硅及硒等。半导体内自由电子的数目介于导体与介质之间，例如锗每立方厘米约有 10^{13} 个自由电子。

半导体具有许多特殊的性质，例如氧化铜具有单方向导电的性能，有的半导体内的自由电子数值随着受到的光和热的程度而变化。半导体的理论和应用现在正在迅速发展。

第二节 电流、电路和电流强度

一、电 流

电荷有规则地移动就形成了电流。

在没有电场作用时，金属导体中的自由电子，只存在着无规则的运动，任一瞬间通过导体任一截面的电量，平均起来总是等于零，故不形成电流。如果将导体接在具有异性电荷的两带电体之间，如图1-8所示，在导体内部就有了电场。在电场力的作用下，导体内部的自由电子就会逆着电场方向作有规则移动，因而形成了电流。电荷移动的结果，使正、负电荷中和，因此，欲使导体中经常有电流，就必须使导体内部经常维持有电场。要使导体内部经常维持有电场，就需要有电源。如图1-9所示。

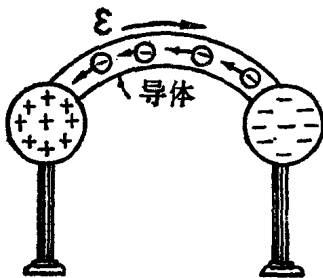


图 1-8

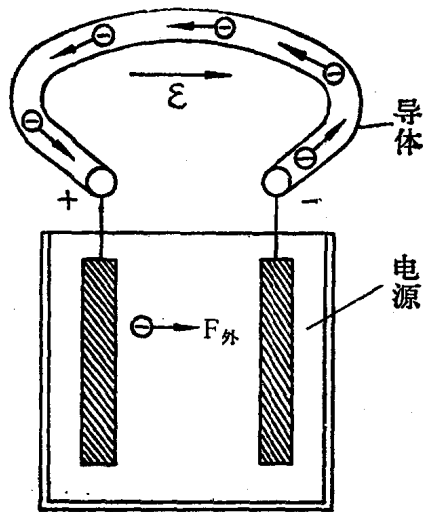


图 1-9

二、电 路

电流经过的路径叫电路。电路通常由电源、负载和它们之间的联接导线所组成。

电源——是将其它形式的能量转换为电能的设备。例如发电机、电池等。

电源常用的符号如图 1-10 所示。

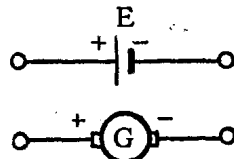


图 1-10

负载——是把电能转换为其他能量的设备。电流通过负载时，电场就要做功，把电能变为我们所需要的各种形式的能量。例如电动机就是把电能转变为机械能的器件。电灯是把电能转变为热能和光能的器件。

联接导线——是用来输送及分配电能的。最常用的导线有铜线和铝线。有时为了控制电路，还可以在联接导线的某一处装上开关，以控制电路的通、断。

最简单的电路如图 1-11 所示。

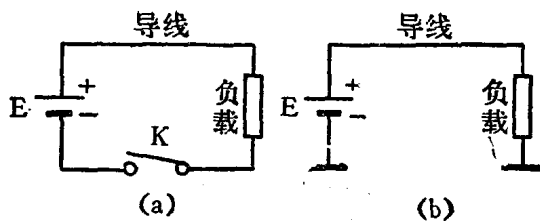


图 1-11

其中 (b) 图表示是用大地或机壳来代替电路中的一部分联接导线。图中符号(⊥)表示接地处。

电路图中常用的符号如表 1-1

表 1-1

名称	符 号	名称	符 号
发电机		开关	
原电池或 蓄电池		接地点	
电灯		保险丝	
电流表		电压表	

电路可分为两段：从电源的一端起，经过和它联结的全部负载和导线再回到电源的另一端为止的电流路径，叫做外电路；电源内部的电路叫做内电路。

电路通常有三种情况：如图 1-12 所示。

1. 通路(闭路)——开关接通, 构成闭合电路, 电路中有电流。

2. 断路(开路)——开关断开或电路某一处断开, 电路中无电流。

3. 短路(捷路)——如图中若 a、b 两点用导线直接联通就叫做灯泡 1 被短路。若 a、c 两点直接联通就叫做电源被短路。

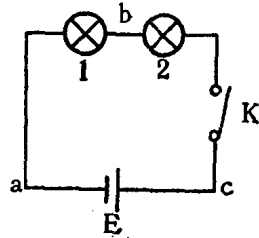


图 1-12

三、电流的方向

正电荷运动的方向称为电流方向。电流方向可用箭头标在路径上或路径的一侧, 如图 1-13 所示。

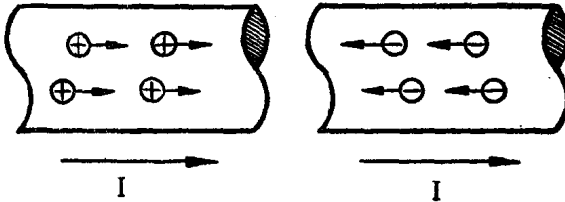


图 1-13

这样规定电流的方向, 虽然和金属导体中自由电子移动的方向不一致, 但是由于一定数量的正电荷向一定方向运动与相等数量的负电荷向相反的方向运动, 其效果是完全一样的, 同时考虑到电荷运动的形式各有不同, 除了金属中是负电荷运动外, 其它也有正电荷运动(如液体中就是正、负电荷同时相对运动)。因此, 这样规定电流的方向是完全可以的。有时为了研究某些问题的方便, 我们也采用电子运动的方向, 称为电子流方向, 它恰好与电流方向相反。

四、电流强度

我们用电流强度来衡量电流的大小。电流强度的定义是: 通过导体横截面的电量与时间的比值。电流强度简称电流。

若电荷在任一瞬间通过导体横截面的电量都是相等的, 而且