

电 工 学

(增订本)

电 工 学

(增订本)

《电工学》编写组 编

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，可以供初中或相当初中文化程度的电信工人作为电工基础理论自学读物和技工学校教学使用。

电 工 学

(增 订 本)

《电工学》编写组 编

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

天津新华印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/32 1979年9月 第二版

印张：15²⁸/₃₂ 页数：254 1980年10月天津第4次印刷

字数：365千字 插页：1 印数 377,501—419,500册

统一书号：15045·总2011-有503

定 价：1.25 元

编 印 说 明

为了适应全国各地邮电技工学校教学的急需，以及邮电企业在职职工学习的需要，我局在人民邮电出版社已经出版的电信技术自学读物中选择了一部分作为邮电技工学校和在职教育的教学用书。为了便于教学，我局组织原编写单位和有关单位增编了各章的思考题或习题，有的还增编了各章的小结。

由于编印时间急促，可能还有缺点和不足之处，希望在使用过程中提出意见，以便今后进一步修订。

邮电部人事教育局

前 言

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

一九七四年四月

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	电流、电路和电流强度	(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	(24)
第六节	炭精式话筒	(29)
第七节	电流的功、功率和热效应	(31)
第八节	导体电阻和常用电阻器	(37)

第二章 简单直流电路

第一节	电阻串联电路	(45)
第二节	电阻并联电路	(52)
第三节	电阻混联电路	(57)
第四节	含有可变电阻的电路	(62)
第五节	具有多个电势的无分支电路	(68)

第三章 复杂直流电路

第一节	克希荷夫定律	(74)
第二节	重迭原理	(81)
第三节	代文宁定理	(83)
第四节	电势源与电流源的互换	(90)
第五节	电桥电路	(92)

第六节	星形电路与三角形电路的互换	(96)
第四章	磁的基本概念	(101)
第一节	电流的磁场	(101)
第二节	磁感应强度和磁通	(105)
第三节	导磁率和磁场强度	(108)
第四节	物质磁化和磁滞回线	(111)
第五节	磁路基本概念	(120)
第六节	电磁铁及继电器	(122)
第五章	磁场对通电导体的作用	(124)
第一节	磁场对通电直导体的作用	(124)
第二节	磁场对通电线圈的作用	(126)
第三节	磁场对运动电荷的作用力	(127)
第四节	耳机和喇叭	(130)
第六章	电磁感应	(133)
第一节	直导体中的感应电势	(133)
第二节	线圈中的感应电势	(140)
第三节	动圈式及动铁式话筒	(147)
第四节	自感应	(149)
第五节	互感应	(155)
第六节	涡流的产生及磁屏蔽	(159)
第七节	常用线圈及其联结	(164)
第八节	磁场能量	(170)
第七章	电场及电容器	(173)
第一节	电场中的导体	(173)
第二节	电场中的介质	(175)
第三节	电容器的电容及常用电容器	(183)
第四节	电容器的充放电及时间常数	(194)

第五节	电容器的联结	(199)
第六节	电场能量	(204)
第八章	正弦交流电的基本概念	(206)
第一节	正弦交流电的基本概念	(207)
第二节	正弦交流电的表示法	(216)
第三节	正弦交流电的加减	(222)
第九章	正弦交流电路	(230)
第一节	纯电阻电路	(231)
第二节	纯电容电路	(235)
第三节	纯电感电路	(243)
第四节	电阻、电感、电容串联电路	(253)
第五节	电阻、电感、电容并联电路	(260)
第六节	阻抗串、并联电路	(270)
第七节	交流电路的功率和功率因数	(274)
第八节	串、并联电路的互换	(280)
第十章	非正弦交流电	(285)
第一节	非正弦交流电的产生	(285)
第二节	非正弦交流电的分解	(287)
第三节	非正弦交流电路	(292)
第十一章	铁心变压器	(299)
第一节	铁心变压器的构造和工作原理	(299)
第二节	变压器的功率和效率	(310)
第三节	自耦变压器和多绕组变压器	(312)
第四节	变压器的检验和联结	(314)
第五节	小功率电源变压器的设计	(319)
第六节	小电源变压器的绕制工艺	(323)

第十二章 单振荡回路	(329)
第一节 自由振荡.....	(329)
第二节 串联谐振.....	(336)
第三节 并联谐振.....	(342)
第十三章 耦合振荡电路	(356)
第一节 互感电动势.....	(356)
第二节 等效电路.....	(359)
第三节 耦合电路的谐振和调谐.....	(365)
第四节 谐振曲线和通频带.....	(371)
第五节 耦合电路的传输功率和效率.....	(381)
第六节 互感耦合电路与信号源并联.....	(383)
第七节 其它型式的耦合电路.....	(385)
第十四章 电工测量	(389)
第一节 概 述.....	(389)
第二节 磁电式仪表.....	(392)
第三节 整流式仪表.....	(396)
第四节 热电式仪表.....	(400)
第五节 电磁式仪表.....	(401)
第六节 电动式仪表.....	(403)
第七节 复用表.....	(407)
第八节 兆欧表.....	(426)
第九节 直流电桥.....	(429)
第十节 交流电桥.....	(432)
附录一 电工学中常用字母的读音.....	(441)
附录二 常用电学物理量符号及其单位.....	(442)
附录三 下角字母用法.....	(444)
附录四 倍数和分数计量单位词冠及代号.....	(445)

附录五	电路图符号表.....	(445)
附录六	铜线表.....	(446)
附录七	电阻器、电容器型号命名法.....	(450)
附录八	电阻器、电容器标称值.....	(454)
附录九	电阻器的色码表.....	(458)
附录十	电容器的色码表.....	(459)
附录十一	硅钢片.....	(461)
附录十二	思考题及习题.....	(465)

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。

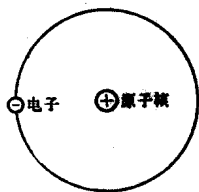


图 1-1

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，以代号 C 表示。1库仑 $=6.24 \times 10^{18} e_0$ ，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的作用，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
大小与方向是不同的，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。

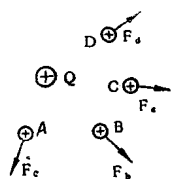


图 1-3

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，我们就用这个数值
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：

$$e = \frac{F}{Q}$$

式中： F 为试验电荷所受的电场力；

Q 为试验电荷的电量；

e 为电场强度。

若设 $Q = 1$ 个单位时，则有 $e = F$ 。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。设 F 的单位是牛顿， Q 的单位是库

仑，则电场强度的单位是 $\frac{\text{伏特}}{\text{米}}$ 。

(例题) 如 $Q = 5 \times 10^{-8}$ 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 $Q_1 = 4 \times 10^{-8}$ 库仑的试验电荷时，它应受的力是多少？

解：

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

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

$$F_{c1} = e_c Q_1 = 40 \times 4 \times 10^{-8} = 16 \times 10^{-8} \text{ 牛顿}$$

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。

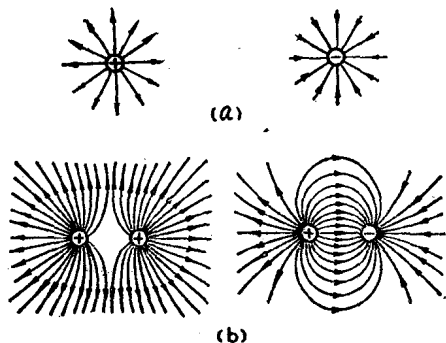


图 1-4

3. 均匀电场
若在电场中某一区域内各点电场强度



图 1-5

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。

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。

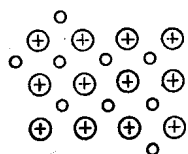


图 1-6

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^{22} 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。

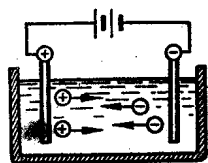


图 1-7

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