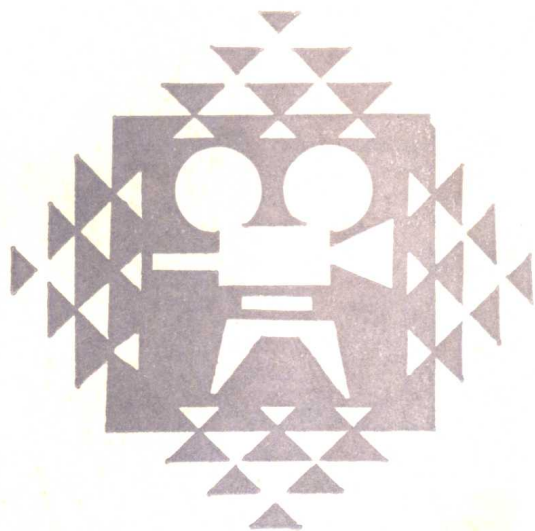


放映电工学



徐 键 编著

中级电影放映技术丛书

中国电影出版社

中级电影放映技术丛书

放映电工学

徐 健 编著

中国电影出版社

1986 北京

责任编辑：叶宏材

放映电工学

——中级电影放映技术丛书

*

中国电影出版社出版

北京建外印刷厂印刷 新华书店发行

*

开本：850×1168毫米 1/32 印张：14³/₄。插页：2 字数：320,000

1984年6月第1版北京第1次印刷 印数：1—30,000册

(内有纸精本1000册)

统一书号：15061·201 定价：(平) 2.30元

编者的话

建国初期，文化部电影局为提高电影放映员的技术水平，曾编辑出版了一套初级“电影放映技术教材”，其中包括《电影放映机》、《电工基础》、《电影扩音机》和《发动发电机》。嗣后，电影发行网迅速向全国广阔城乡扩展，电影放映队伍逐年扩大，各省市陆续兴办了一些电影放映技术学校和训练班。中国电影发行放映公司为满足在职放映员和技校学员继续学习和深造的需要，于1964年邀请部分省市教学人员来京，编写了“中级电影放映技术教材”。这套教材也是四本，书名沿用前例，以示与初级教材衔接。我社于1965年遵照文化部指示精神承担这套教材的编辑出版工作。全书付梓，即将问世，不幸遭到十年动乱，原稿及校样全部被毁。

1978年前后，各省市电影学校相继恢复放映技术课程。我社为适应学员专业学习和在职放映员的工作需要，经与各电影学校教材编写者联系，重新组织了八本一套的“中级电影放映技术丛书”，计有：《影片与放映设备》、《电影放映场所及放映用附属设备》、《晶体管扩音机》、《电子管扩音机》、《电影还音设备的测量和仪器》、《放映电工学》、《汽油发电机》和《电影机械基础》。由原定的四本一套改为八本，是因为根据实际情况，四本已不敷应用，有些内容已能独立成册而不宜一仍其旧地作为某一书的专章。这套丛书初稿完成后，中国电影发行放映公司分两次召集各省市二百余名电影放映专业人员举办电影放映技术讲习班，把这

套丛书作为基本教材内容，博采各方面的正确意见，由大家慎重修改后，交我社出版发行。

放映设备不断更新，放映技术不断进步，而编写者水平有限，遗漏谬误在所难免，因此，希望广大教学人员和放映人员提出宝贵意见，以便在适当时候进行修订，使其更加完善。

编 者

1982 年12月于北京

目 录

第一章 电和电路的基本概念	1
§ 1-1 电的基本概念	1
§ 1-2 电场和电场强度.....	4
§ 1-3 电路、电流强度及其测量	9
§ 1-4 电压与电位及其测量	16
§ 1-5 电源、电动势与电池	20
§ 1-6 欧姆定律及其应用.....	25
§ 1-7 电流的功、电功率及电流的热效应.....	32
§ 1-8 电阻器	38
§ 1-9 非线性电阻	42
 第二章 直流电路	45
§ 2-1 电阻的串联电路.....	45
§ 2-2 电阻的并联电路.....	50
§ 2-3 电阻的混联电路.....	54
§ 2-4 具有可变电阻的电路	57
§ 2-5 具有多个电势的无分支电路	61
§ 2-6 克希荷夫定律	65
§ 2-7 迭加原理	70
§ 2-8 代文宁定理 (等效发电机定理)	72

§ 2-9	电桥电路	80
§ 2-10	电路的“星形”与“三角形”的互换	82
§ 2-11	多端元件与受控电源	86
第三章 电磁		90
§ 3-1	电流的磁场	90
§ 3-2	磁感应强度、磁通、导磁系数及磁场强度	94
§ 3-3	物质的磁化及磁滞回线	99
§ 3-4	磁路及简单磁路的计算	106
§ 3-5	电磁铁	111
§ 3-6	磁场对通电直导体及线圈的作用	118
§ 3-7	电磁感应	121
§ 3-8	自感与互感	129
§ 3-9	涡流的产生与磁屏蔽	134
§ 3-10	磁场能量	137
第四章 电场及电容器		139
§ 4-1	电场中的导体与介质	139
§ 4-2	电容器的电容及常用电容器	143
§ 4-3	电容器的充放电	150
§ 4-4	电容器的并联与串联	156
§ 4-5	电场能量	162
第五章 正弦交流电的基本概念		164
§ 5-1	正弦交流电基本原理	164
§ 5-2	正弦交流电的表示法	176
§ 5-3	正弦交流电的加減	184

第六章 交流电路	190
§ 6-1 纯电阻电路	190
§ 6-2 纯电感电路	193
§ 6-3 纯电容电路	200
§ 6-4 电阻、电感、电容串联电路	207
§ 6-5 电压谐振	212
§ 6-6 电阻、电感、电容并联电路	217
§ 6-7 电流谐振 (并联谐振)	223
§ 6-8 复杂交流电路	227
§ 6-9 交流电路的功率与功率因数	231
第七章 三相交流电	236
§ 7-1 三相交流电的基本概念	236
§ 7-2 三相电源的连接	238
§ 7-3 三相负载的连接	242
§ 7-4 三相交流电路的功率	249
§ 7-5 用电器的安全接地	250
第八章 非正弦交流电	256
§ 8-1 非正弦交流电的概念	256
§ 8-2 几种常见的非正弦交流电的分解	257
§ 8-3 简单非正弦交流电路的计算	263
§ 8-4 滤波器概念	269
第九章 具有铁芯线圈的交流电路	276
§ 9-1 基本概念	276
§ 9-2 具有铁芯线圈交流电路中的电压、电流及磁通	277
§ 9-3 铁磁谐振与铁磁饱和稳压器	283
§ 9-4 饱和电抗器	288

§ 9-5 铁磁功率控制器	292
第十章 放映电功测量仪表	298
§ 10-1 概述	298
§ 10-2 放映电功测量仪表的种类、一般构造及使用	300
§ 10-3 复用电表	309
§ 10-4 兆欧姆表(摇表)	323
§ 10-5 平衡电桥	325
第十一章 变压器	330
§ 11-1 概述	330
§ 11-2 变压器的一般构造与工作原理	331
§ 11-3 单相多绕组变压器	340
§ 11-4 自耦变压器及放映机的电源变压器	347
§ 11-5 三相变压器	354
第十二章 放映工作中使用的直流电机	358
§ 12-1 概述	358
§ 12-2 直流电机的一般构造和分类	364
§ 12-3 直流电机的电势、转矩与功率	378
§ 12-4 直流发电机的特性	380
§ 12-5 直流电机的电枢反应	386
§ 12-6 直流电动机	388
第十三章 放映工作中使用的交流电机	395
§ 13-1 概述	395
§ 13-2 交流电动机的一般构造	396
§ 13-3 旋转磁场	401
§ 13-4 三相异步电动机	408

§ 13-5 单相感应电动机的构造与工作原理	415
§ 13-6 单相同步发电机	427
附录	437

第一章 电和电路的基本概念

§ 1-1 电的基本概念

一、物质的结构

自然界一切物质都是由分子组成的，分子是由组成物质的基本单位原子所组成。简单地说，原子由带负电荷的电子、带正电荷的质子和不带电荷的中子三种微粒所组成。质子和中子构成原子核。原子核在原子的中央，电子依一定的轨道围绕原子核旋转。结构最简单的氢原子中，在原子核的外围轨道上旋转的只有一个电子，如图 1-1 所示。

其他原子的原子核，周围轨道上的电子有二个、三个、直至几十个，随各种不

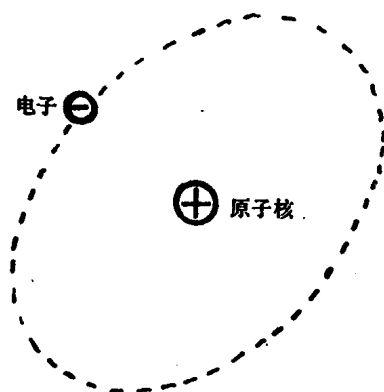


图 1-1

同原子而不同。原子核是原子的核心，它由质子和中子构成，质子的质量为 $m_0 = 1.67 \times 10^{-24}$ 克，中子的质量约与质子的质量相等。但电子的质量却是 9.1×10^{-28} 克，可见质子或中子的质量约为电子质量的 1840 倍，整个原子的质量几乎完全集中在原子核。在氢原子中，电子的质量很小，为了使自己围绕原子核旋转

时的离心力与原子核的吸引力相平衡，电子的转速必然很快。经测定，达到每秒 6×10^{16} 转。也就是说，电子沿自己的轨道运动的速度为每秒几百公里。

原子的直径约为 3×10^{-8} 厘米左右，原子核的直径约在 10^{-12} 厘米左右，电子的直径大约是 4×10^{-13} 厘米。可见电子要比原子小五万多倍。原子中实际上空处很大，电子具有体积小、质量小以及它的单位质量具有的电荷量很大等性质。了解电子的性能和它与原子的关系，对今后的讨论很有好处。

正常的原子中，它的质子数和电子数相等。原子核带的正电荷与所有电子带的负电荷相等。这种原子呈中性，对外不显示电性。

各种不同物质的原子核，周围运动的各个电子的距离各不相同。例如金属等物质的原子的最外层电子，由于与原子核联系较松弛，受外界的影响，容易脱离原子核的引力范围，脱离本原子后，在原子之间运动。这种电子称作自由电子。失去了一部分电子的原子，质子数多于电子数，正电荷比负电荷多了，带有正电。这种带正电的原子称为正离子。另外一些物质，例如氯、氧等的原子核对最外层电子联系的程度很紧，不仅不易脱离本原子，还能获得外来的自由电子，因而原子中的质子数少于电子数，负电荷多于正电荷而带负电。这种原子称为负离子。

二、电量及其单位

物质内部总是存在着自由电子和离子，各种物质由于结构不同，它们内部的自由电子和离子数也不同。因此，各种物质带电的多少是不同的。物质带电的多少，用“电量”这个名词来说明，一般用符号 Q 表示，它的量度单位为库仑。1 库仑 $\approx 6.25 \times 10^{18}$ 个电子所带的总电量。

三、导体与介质

一切物质按其传导电荷的性能来说，可以相对地分为导体与介质（绝缘体）。

1. 导体

传导电荷性能良好的物体叫做导体。导体的特性是电子或离子可以在它的内部自由移动，导体又可以分为第一类导体与第二类导体。

(1) 第一类导体

金属、碳及石墨等属于第一类导体。这类导体有电子在它的内部自由移动，例如金属导体内，原子的最外层电子与原子核的联系较松弛，这些电子有一部分离开原来的原子核而在原子之间自由移动，从这一个原子核所作用的球面轨道内跑到另一个原子核所作用的轨道上去，它们充满在原子间的空间。这种电子称为自由电子。金属导体中存在大量的自由电子，例如每一立方厘米的铜中大约有 8×10^{32} 个自由电子。如果以电力作用于金属的自由电子上，那末金属中自由电子要产生有秩序和有方向的运动，形成传导电流，这就是金属导体能够导电的原因。

(2) 第二类导体

酸、碱、盐的水溶液，统称为电解液，属于第二类导体，它们的特点是由于离子的导电性。

电解液在溶剂的作用下，溶质的分子分离成带电的原子和原子群。带正电的称为正离子，带负电的称为负离子，它们象金属内自由电子一样，能够在整个电解液内移动。

在电工学中，我们将谈到硫酸 H_2SO_4 、硫酸铜 $CuSO_4$ 、氯化铵 NH_4Cl 、氢氧化钾 KOH 等溶液，以及一些其他的电解质。

如果以电力作用于电解质的离子，就产生正、负离子有秩序的定向运动，就是说，产生了电流，如图 1-2 所示。

2. 介质（绝缘体）

自然界有许多物质，在它们的原子中，所有电子与原子核牢固地被相互的作用力连系起来，需要消耗很大的能量才能从原子中把它分开。这类物质在正常状态下实际自由电子极少，甚至没有，因而不能传导电流，叫做介质。属于这类物体的如：橡皮、

电木、陶瓷、云母、玻璃、蜡纸、气体、石油、油漆、树脂等，以及除金属与碳以外的所有固体物质。

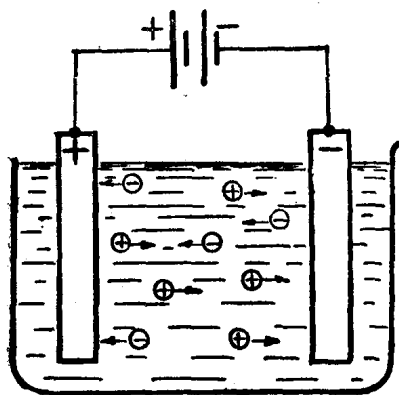


图 1-2

电介质在电工学中用途很大，要求它们具有高度的绝缘性，即具有不准电流通过的本领和很大的耐压性（即耐受高电压的本领）。

导体与介质的导电性能往往与使用的客观环境，例如温度、湿度、电压高低等有关。所以，导体与介质不能截然分开，可以说绝对不导电的介质

是不存在的。

在导体与介质之间，尚有一些物质叫做半导体。常见的半导体如：氧化铜、硒、硅、锗等。半导体内自由电子的数目介于导体与介质之间。

近几年来，在电工学中半导体的应用有很大的发展。因为半导体具有许多特殊性质，在某种影响下导电性能发生尖锐的变化，所以提供了广泛应用的可能性。例如，半导体具有单方向导电性能，有的半导体内的自由电子数还会因受到光和热的程度不同而变化，所以利用半导体可制成各种电子器件。这些器件在电影放映工作中应用很广。

§ 1-2 电场和电场强度

实验证明：当两个带电体互相靠近时，它们相互之间会产生作用力。具有同性电荷的带电体互相排斥；异性电荷带电体则互相吸引，如图 1-3 所示。

两个带电体（电荷）相距一定的距离，它们之间为什么会产

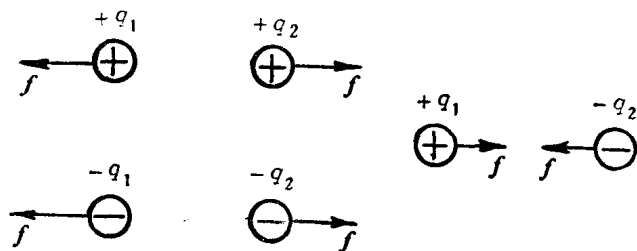


图 1-3

生相互作用呢？这是因为任何电荷均能改变其周围媒质的性质。当将任何其他电荷带到被原来电荷改变了的媒质中来时，会受到某种机械力的作用。这种存在于电荷周围空间的媒质中，对电荷有电力作用的部分，称为电场。电荷和它周围的电场是一个统一的整体，有电荷，它的周围就有电场。

任何电场都贮存一定的能量。贮存电能的大小，决定于形成此电场电荷的大小、相互的位置以及形成此电场的媒质的性质。当电荷有任何位置上的改变时，电场的能量也因之变大或变小。如电荷在电场中，在电场力的作用下运动，则电力要做功，将电场的能转变为其他形式的能（热能、化学能等）。随着电荷在电场中的运动，电场能被消耗，因而能量要减少。如果加以某种其他的外力，此力作用于电场中的电荷，并使电荷逆电场力的方向运动。在这种情况下，外力克服阻力（电场对电荷运动的阻力），将做一定的功，该功使电场能量增加。

电场是客观存在，它的物理内容是很丰富的，下面我们进一步来说明它的性质。

研究电场中某点的性质时，我们常引入一试验电荷。试验电荷是带电量极小的正电荷，并认为该电荷引入后不引起媒质电状态的变化，这样才可以真实地研究电场。采用正的试验电荷是为了电场强度的方向能有统一的规定。引入试验电荷于电场中时，

将会发现以下现象。

(1) 将同一性质的试验电荷（如正电荷），引入电场内不同点时，它所受力的大小和方向是不同的，如图 1-4 所示。

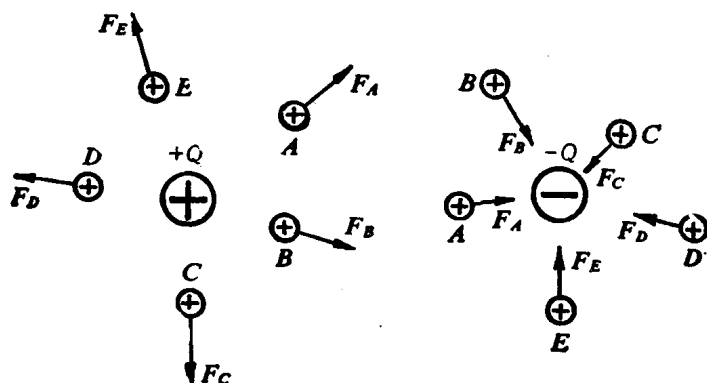


图 1-4

(2) 对电场中某一确定的点来说，试验电荷所受电力的大小仅与它所带的电量成正比。就是说，试验电荷在电场中某一确定点所受的力与该电荷电量的比值是一个常数，在电场中不同的点其比值也不同。我们就用这个比值作为表示电场中某一点电场强弱的物理量，叫做电场强度，用公式表示如下：

$$e = \frac{F}{Q} \quad (1-1)$$

式中： F ——试验电荷所受的电场力；

Q ——试验电荷所带的电量。

在实用单位制中，力的单位是牛顿，简称牛；电荷的单位是库仑，简称库。

1 牛等于 1 焦耳的功与 1 米的距离的比值，由此而得出电场强度的单位是：

$$[e] = \left[\frac{F}{Q} \right] = \frac{\text{牛}}{\text{库}} = \frac{\text{焦}}{\text{库} \cdot \text{米}}$$

焦耳叫做伏特，它是电压的单位，于是：

$$[e] = \frac{\text{伏}}{\text{米}}$$

由此可知，电场强度的单位是伏/米。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。这力的方向表示电场在该点的方向。

电场强度和力都是矢量。电场强度矢量的方向与电场的方向一致。

电场强度的方向，可以更形象地用电力线把它表示出来。因为在任何电场中，各点电场强度都有一定的方向，电场内电力线的构成，须是线上每点的切线方向与电场方向相符合。同时电力

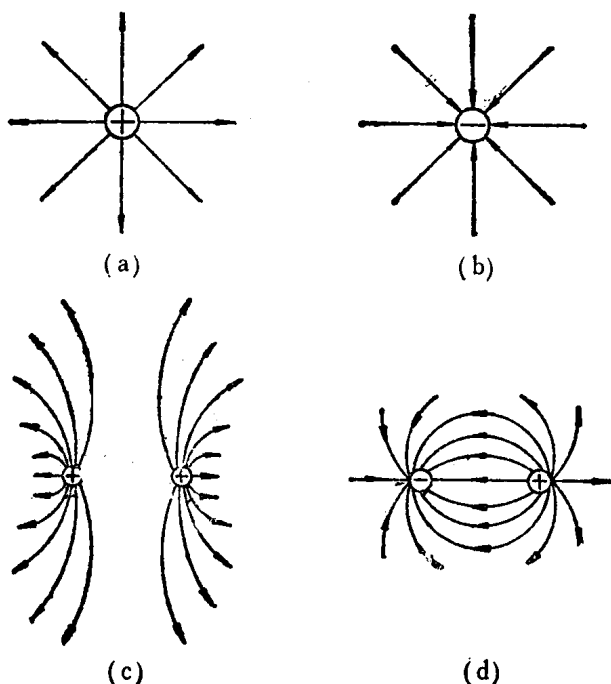


图 1-5