

写在前面的话

随着科学技术的迅速发展，我国的通信事业也呈现出崭新的面貌。为了适应通信事业日益发展的需要，广大青年同志、无线电爱好初学者都希望尽快地掌握电工基础知识，能应用电工知识解决一些在实际工作中常遇到的问题。目前，电工基础的书不少，但是，本人深感在学习电工基础时，与实际应用联系起来还是一个困难。因此，根据我在实际工作中学习的体会和遇到的各种困难，编写了《电工基础知识和应用问答》这本书，目的是把学习电工基础和通信电工、无线电爱好者常见常用的问题融合起来，使读者更快地学会应用。本书将电工基础知识分为电路的基本知识、直流电路、磁与电磁感应和交流电路四个部分。每一部分都结合电工基础基本知识的介绍，选择了在日常工作中经常遇到的问题加以解答。当然，实际工作中的问题是各种各样的，本书不可能也不必要全部列出，这里选择的是电信工人、无线电爱好者所常见的一些有代表性的问题，起“举一反三”的作用。为了使初学者对所学知识加深印象，灵活运用，在每部分后面还提出一些思考题与计算题。并把计算题的解答印在附录内，便于自学。书后附录还印有常用单位换算及电路与磁路比较表，便于参考。

本书在编写过程承蒙伊春林业电话局潘俊德工程师修改和技术员雷廷友同志帮助，最后又请北京邮电学院陈叔远老师审阅，在此表示衷心感谢。但是由于本人学识水平和实践经验浅薄，书中还会存有缺点和错误，希望读者给予批评指正。

韩 邦 杰

一九八〇年九月

内 容 提 要

本书把电工基础知识和实际应用知识介绍结合起来，将电工基础知识分为电路的基本知识、直流电路、磁与电磁感应和交流电路等四个部分。结合电工基础知识的介绍，选择通信电工和无线电爱好者经常遇到的问题，采用问答形式介绍电工方面的实用知识和方法。目的是使初学者在学习中联系统应用，得到启发。为了使初学者对所学知识加深印象，学会灵活运用，在每部分后面还附有一些思考题与计算题。并把计算题解答印在附录内，便于初学者自学参考。

电工基础知识和应用问答

韩 邦 杰 编著

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

山西新华印刷厂印刷

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 1981年5月第一版

印张：9 24/32页数：156 1981年5月山西第一次印刷

字数：217千字 印数：1—260,000册

统一书号：15045·总2516—有5219

定价：0.71元

目 录

第一部分 电路的基本知识

一、电的基本概念 (1)

物 质 的 结 构

1.1.1.为什么说一切物质都含有电? (1)

1.1.2.手里拿着一根金属棒,摩擦后为什么不能

使金属棒带电? (2)

电 场 和 电 场 强 度

1.1.3.两电荷之间没有互相接触,为什么会产生力的作用? (3)

1.1.4.电场力和电场强度有什么区别? (4)

电 力 线

1.1.5.电力线为什么不能互相交叉? (6)

导体、自由电子、离子

1.1.6.酸、碱、盐电解质中没有自由电子,为什么能导电? (7)

介 质 (绝 缘 体)

1.1.7.通信线路上的隔电子为什么必须经常保持清洁? (8)

电 磁 屏 蔽

1.1.8.话筒连线为什么要用金属隔离线? (9)

尖 端 放 电

1.1.9.避雷针为什么要做成尖形的? (11)

1.1.10.真空管避雷器中的真空管在放电时为什么会出现辉

光? (14)

二、电路的基本知识 (16)

电 路、电 流

1.2.1.电流的方向与电子流动的方向有什么不同?为什么? (16)

1.2.2.电流的大小用什么来衡量?怎样测量电流?

测量时应注意什么？	(17)
-----------------	------

电 位、电 压

1.2.3.电压和电位有什么不同？	(18)
-------------------------	------

电 动 势

1.2.4.电压和电动势有什么不同？	(21)
--------------------------	------

1.2.5.怎样测量电压？测量时应注意什么？	(22)
------------------------------	------

电 阻

1.2.6.导体中为什么会存在电阻？	(23)
--------------------------	------

1.2.7.怎样计算通信线路的直流电阻？	(24)
----------------------------	------

1.2.8.怎样自制小阻值电阻？	(29)
------------------------	------

1.2.9.怎样测量电阻？测量时应注意什么？	(31)
------------------------------	------

欧 姆 定 律

1.2.10.在应用欧姆定律计算电路时应注意什么？	(33)
---------------------------------	------

电 功 和 电 功 率

1.2.11.电功和电功率有什么不同？	(35)
---------------------------	------

1.2.12.瓦和度有什么区别？	(36)
------------------------	------

1.2.13.磁石电话机中所使用的手摇发电机要求其输出功率 不小于3瓦,现在没有功率表(瓦特表),如何知道手摇 发电机所输出功率的大小？	(37)
--	------

1.2.14.一把110伏100瓦的电烙铁,如果把它接到220伏的 电源上,它所消耗的功率还是100瓦吗?为什么?	(38)
--	------

1.2.15.用万用表测量额定电压和额定功率都相同的一只电 烙铁和一只白炽灯泡,发现它们的内电阻相差很多, 这是为什么?	(39)
--	------

1.2.16.熔丝的熔断与哪些因素有关?	(40)
----------------------------	------

1.2.17.在日常工作中使用的电烙铁的金属外壳为什么要接 地线?	(41)
--	------

1.2.18.在通信线路上进行维修作业时,有时手摸到线条会 感到麻手,这对作业人员的安全是否有危险?	(42)
---	------

习 题 一	(45)
-------------	------

第二部分 直流电路

一、简单电路的计算..... (48)

电阻的串联和并联

- 2.1.1. 扩音机或收音机中的电位器为什么能控制音量的大小? (50)
- 2.1.2. 测量电压时, 电压表的量程不够用, 应怎么办? (52)
- 2.1.3. 要测量高压脉冲的直流电压成分, 其值在1千伏左右, 手中万用表的直流电压档最大量程只有500伏, 又不知万用表内各元件的数值, 应怎么办? (54)
- 2.1.4. 在维修电子设备时, 缺少30瓦的电烙铁, 现在只有一只220伏100瓦的电烙铁, 应怎么办? (55)
- 2.1.5. 修复某一仪器, 急需一个2.7千欧的电阻, 现在只有10千欧的电阻, 试问应该并联一个多大数值的电阻? ... (57)
- 2.1.6. 测量电流时, 电流表的量程不够用, 应怎么办? (58)
- 2.1.7. 万用表欧姆档的刻度和电流及电压档的刻度为什么相反, 而且还不均匀? (59)
- 2.1.8. 在使用万用表欧姆档测量电阻时, 为什么首先要将两表笔短接, 调整“零欧姆”后再进行测量? 两表笔短接后, 万用表中的电流有多大? (61)
- 2.1.9. 一块微安表的表头, 不知它的灵敏度和内阻, 应怎么办? (64)
- 2.1.10. 不同内阻的仪表在测量同一电路时, 测量结果为什么不同? (66)
- 2.1.11. 在计算某些电路的等效电阻时, 看不明白各元件之间的联接关系, 应怎么办? (68)
- 2.1.12. 有四只电阻, 把它们接成图2.1—2.3 (a) (b)所示的电路, 它们的等效电阻是否能一样? 为什么? (69)
- 2.1.13. 把一个手电筒用的小灯泡接到磁石电话机的手摇发电机两端, 摇转手摇发电机感觉很沉重, 但小灯泡不亮, 还不能损坏, 这是为什么? (72)

二、干电池与蓄电池 (73)

电池的串联和并联

2.2.1.为什么干电池和蓄电池的电动势不一样呢? (74)

2.2.2.干电池在用完后,用电压表测量其端电压,为什么还

差不多是1.5伏? (76)

2.2.3.电池在联接时应注意什么? (77)

2.2.4.新旧电池为什么不能在一起使用? (79)

2.2.5.怎样测量蓄电池的内阻? (80)

2.2.6.怎样计算蓄电池充电电路中的电流? (81)

三、复杂电路的计算 (83)

关于解复杂电路的定律和定理

2.3.1.怎样计算几组蓄电池并联充电电路中的电流? (87)

2.3.2.怎样计算蓄电池浮充电路中各支路的电流? (90)

2.3.3.怎样计算电路中某一支路的电流? (93)

2.3.4.怎样计算电路中任意两点间的电压? (95)

2.3.5.怎样计算电路中任意一点的电位? (100)

2.3.6.怎样计算电桥电路的等效电阻? (102)

习 题 二 (104)

第三部分 磁 与 电 磁 感 应

一、磁的基本知识 (109)

磁 性、磁 极

3.1.1.一根条形永久磁铁和一根条形铁棒,在外形和重量上都一样,如果不使用别的东西,怎样才能辨别哪一根是永久磁铁? (110)

3.1.2.怎样鉴别各种形状不同的永久磁铁的极性? (110)

磁 场、磁 感 应 线

3.1.3.磁极之间没有互相接触为什么会产生力的作用呢? (112)

3.1.4.磁感应线为什么不能互相交叉? (113)

电 流 的 磁 场

3.1.5.磁极为什么不能单独存在? (114)

- 3.1.6.判断导体中的电流或磁场方向时应注意什么?(116)

磁感应强度、磁通、导磁率和磁场强度

- 3.1.7.磁感应强度和磁通密度有何异同?(118)

- 3.1.8.磁感应强度和磁场强度有何异同?(120)

磁化、磁畴和磁滞回线

- 3.1.9.为什么铁磁性物质会被磁化,而其它物质不能被磁化?...(121)

- 3.1.10.永久磁铁为什么要避免高热和剧烈的震动?(123)

- 3.1.11.你知道硅钢、钨钢、钴钢、纯铁和坡莫合金这几种材料的特点吗?(123)

- 3.1.12.为什么电话机电铃以及电磁继电器的衔铁上一般都铆有一个小铜钉?(125)

- 3.1.13.永久磁铁在失磁后,应怎样才能充磁?(126)

二、磁路的计算(129)

磁路、磁路定律、磁化曲线及电磁铁吸引力的计算

- 3.2.1.怎样计算磁路中的磁通势?(133)

- 3.2.2.怎样计算磁路中的磁通?(137)

- 3.2.3.怎样计算电磁铁吸引力的大小?(138)

- 3.2.4.为什么继电器的吸动电压值与释放电压值相差很大呢?(139)

三、电磁力(140)

电磁力

- 3.3.1.通有电流的导体放在磁场中为什么会受到作用力?

其方向怎样确定?(140)

- 3.3.2.电磁受话器中没有永久磁铁行不行?为什么?(142)

- 3.3.3.电话机中的电铃没有永久磁铁会不会响?为什么?(144)

- 3.3.4.直流电铃中没有永久磁铁为什么会响?如果接在交流电源上会不会响?(147)

- 3.3.5.一般电气测量仪表中为什么要加装游丝?(147)

四、电 磁 感 应.....(152)

电磁感应和电磁感应定律

3.4.1.导线切割磁感应线为什么会产生感应电动势?(153)

3.4.2.左手定则和右手定则在何种情况下使用才正确?(154)

3.4.3.动圈式话筒不用电源为什么能把声音变成音频电流
呢?(157)

自感电动势、磁链和电感

3.4.4.通信线路为什么会存在着电感?(160)

3.4.5.日光灯电路中为什么要用镇流器?(162)

3.4.6.电话机中感应线圈的无感电阻是怎样绕制的? 那样
绕制为什么没有电感?(163)

互 感 电 动 势

3.4.7.磁石交换机的话终号牌为什么要加装铁罩? 而用户
号牌又为什么不需要加装铁罩?(164)

磁 场 能 量

3.4.8.电源开关或继电器的接点在断开时为什么会产生火
花? 如何防止继电器接点被火花损坏?(166)

3.4.9.如何把一个普通继电器变成缓动或缓释的继电器?(168)

3.4.10.架空电话线路为什么要做交叉?(171)

3.4.11.利用转电线圈为什么能开通幻线电话?(175)

习 题 三(179)

第四部分 交 流 电 路

一、交流电的基本概念(184)

交 流 电

4.1.1.交流发电机为什么能发出正弦交变电流?(184)

最大值、角频率、初相位和相位差

4.1.2.交流电的角频率和频率有什么异同?(187)

4.1.3.交流电的相位和初相位有什么异同?(188)

4.1.4.交流电的方向是不断变化的,但是电磁系仪表在测
量交流电时,指针为什么只向一个方向偏转呢?(189)

二、电 容 元 件.....(192)

电 容 器 和 电 容

- 4.2.1.电容器在充放电时,两端的电压为什么不能突变?.....(193)

介 电 系 数 (电 容 率)

- 4.2.2.怎样自制小容量的电容器?.....(195)

分 布 电 容

- 4.2.3.怎样延长话筒线?.....(198)

- 4.2.4.使用电解电容器时应注意什么?为什么?.....(200)

- 4.2.5.怎样检查电容器的好坏?在检查时应注意什么?.....(202)

压 电 效 应

- 4.2.6.怎样检查压电陶瓷受话器的好坏?.....(204)

- 4.2.7.在维修电子设备时,经常看到有三端头和四端头的
电解电容器,它们与普通二端头的电解电容器有何
区别?.....(206)

电 容 器 的 串 联 和 并 联

- 4.2.8.电容器在串联和并联时应注意什么?.....(208)

有 效 值 和 平 均 值

- 4.2.9.自装的简易整流器,加装滤波电容后,不接负载时,
用电压表测量发现输出电压增高很多,这是为什
么?.....(213)

三、交流电路中的电容和电感.....(216)

交 流 电 的 表 示 方 法

- 4.3.1.在交流电路中,何种情况下电动势、电压和电 流 用
大写字母来表示,何种情况下用小写字母来表示?.....(220)

容 抗 和 阻 抗

- 4.3.2.电容器有隔断直流通过交流的作用,为什么把一个
4 微法的电容器串联接到220伏 100 瓦的白炽灯泡上
后,灯泡很暗呢?.....(221)

- 4.3.3.为了改善扩音机的音质,怎样在原电路的基础上再
增加几只扬声器?.....(222)

感 抗

- 4.3.4. 怎样自制扼流圈? (225)

集 肤 效 应

- 4.3.5. 交流电通过导线时为什么会产生集肤效应? (227)

- 4.3.6. 装一台电气分隔的携带式电话机, 分隔电容器的电容量应怎样选取? (230)

- 4.3.7. 怎样利用电容器降压? (232)

- 4.3.8. 用电压表分别测量日光灯镇流器和日光灯管的各段电压, 相加后为什么比电源电压高? (233)

有功功率、无功功率、视在功率、功率因数

- 4.3.9. 为什么纯电容和纯电感不消耗电能? 如何提高功率因数? (237)

串 联 谐 振 和 并 联 谐 振

- 4.3.10. 在并联谐振电路中, 谐振时感抗和容抗相互抵消, 电路中没有电抗, 为什么总电流不是最大而是最小呢? (244)

- 4.3.11. 滤波器为什么能滤波? (246)

- 4.3.12. 怎样测量线圈的电感量和电容器的电容量? (249)

- 4.3.13. 怎样测量谐振电路中的谐振频率? (253)

四、变 压 器 (255)

变 压 器

- 4.4.1. 为什么变压器只能变换交流而不能变换直流? (255)

- 4.4.2. 如果把初级220伏的电压变为次级为110伏的电压, 这个变压器的匝数比为2:1, 能否初级用2匝, 次级用1匝? 为什么? (258)

- 4.4.3. 一般变压器只标明电压, 不标明匝数, 怎样才能知道变压器线圈的匝数? (259)

- 4.4.4. 为什么变压器的高压线圈的导线比低压线圈的导线细? (260)

同 名 端

- 4.4.5. 一般变压器没有标定同名端, 怎样才能知道次级两组线圈的同名端?(262)

涡 流

- 4.4.6. 一般变压器的铁心为什么不用整块的?(264)
- 4.4.7. 如何选定电话机中感应线圈的变压比?(265)
- 4.4.8. 在绕制电源变压器时, 缺少直径为0.6毫米的漆包线, 能否用5根直径为0.12毫米的漆包线来代替? 为什么?(267)
- 习 题 四(268)
- 附录一 几种常用单位的换算(273)
- 附录二 电路和磁路的比较(273)
- 附录三 习题(计算题)解答(274)

第一部分 电路的基本知识

电，在我们的日常生活和工作中，在工农业生产上，在祖国四个现代化的建设事业中，越来越得到广泛的应用。电工基础更是通信工人必须首先掌握的一门基本知识，只有掌握了这门知识，才能懂得发电机为什么会发电？电话机为什么能通话？电灯为什么会发光？……才能掌握运用它们的知识。

在这一部分里，我们首先结合电的基本知识，简要地解释一下电的基本概念，然后结合实际应用，解释话筒线为什么要用金属隔离线？避雷针为什么要做成尖形的？等一些常见的问题。然后介绍电压、电位和电动势的区别，以及电功和电功率的关系等这些电工中最基本的问题。我们着重介绍这些物理概念，由于在实际工作中有些名词很容易混淆，所以在学习时应特别注意。

一、电的基本概念

物质的结构——一切物质都是由分子组成，分子由更小的原子组成。原子分为原子核和带负电的电子。原子核内有带正电的质子和不带电的中子。

1.1.1.为什么说一切物质都含有电？

说一切物质都含有电，其实这也并不感到奇怪。仔细想一想，从物理学中我们知道，自然界中形形色色的各种物质，例如金、银、铜、铁、玻璃、塑料以及我们日常生活中所用的油、

盐、水、米和柴等各种物质，都是由该物质的分子所构成的。分子是由更小的物质微粒——原子所组成，而每一个原子都是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的。原子核是由于原子核内有质子和中子，质子带正电，中子不带电。而电子是带负电，所以说一切物质都含有电。

各种不同的物质有不同的原子，它们所具有的电子数目也是不一样的。例如：铝原子有13个电子，而氢原子只有一个电子，它们的结构如图1.1—1所示。这些电子环绕在原子核的周围按一定的轨道不停地运动着，正象行星绕着太阳运动一样。

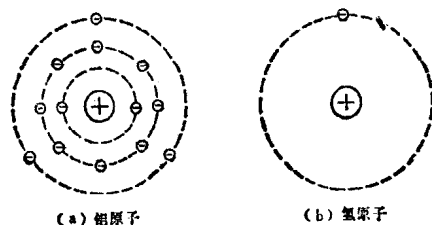


图 1.1—1

也许有人要问，既然一切物质都含有电，为什么平时物体不显示带电现象呢？这是因为在通常情况下，每一个原子中，原子核所带的正电荷和电子所带的负电荷在数量上相等，正、负电荷的作用相互抵消了，整个原子并不显示出带电特性，所以物体在平时是不会显示带电现象的。

1.1.2. 手里拿着一根金属棒，摩擦后为什么不能使金属棒带电？

大家知道，要使物体带电，就必须使物体失去一些电子或得到一些电子。当物体失去一部分电子或得到一些电子后，整个物体就显示出带电现象。摩擦生电就是大家所熟悉的一种生电方法。用丝绸摩擦玻璃棒后，玻璃棒就能吸引较小的纸屑。

这是因为用丝绸摩擦玻璃棒时，玻璃棒表面的一部分电子就转移到丝绸上去，所以丝绸有了过多的负电荷，就带负电。同时，玻璃棒失去了一部分电子后，就剩余了过多的正电荷，而带正电，这样，较小的物体（如纸屑等）就能被玻璃棒所吸引。

但是用丝绸摩擦金属棒时，金属棒就不会产生带电现象。这并不是金属棒不能摩擦生电，而是因为金属棒是良导体，摩擦后所产生的电荷，会很快地经过导电的人体流入大地，所以金属棒就不会显示带电现象。如果我们使身体与大地绝缘，用手拿一根带有良好绝缘手柄的干燥金属棒，然后用丝绸摩擦后，金属棒就与玻璃棒一样，也能显示带电，也能把一些较小的纸屑吸引起来，如图1.1—2所示。

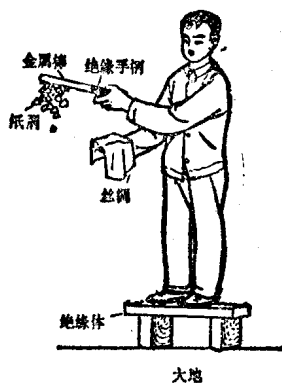


图 1.1—2

从上面所谈的这些现象中可以看出，电荷是不能凭空产生的，也不会消灭，它只能从一个物体转移到另一个物体上去。这个原理在物理学中称为电荷守恒定律。

电场和电场强度——存在于电荷周围空间对电荷有作用力的特殊物质，叫电场。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。

1.1.3. 两电荷之间没有互相接触，为什么会产生力的作

用？

实验证明电荷只有两种，而且同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。这是电荷的基本性质，也就是说电荷之间相互作用着排斥力或吸引力，如图1.1—3所示。我们知道，原子核带正电荷，电子带负电荷，正是因为原子核和电子之间存在着异种电荷的吸引力，所以才使围绕原子核高速旋转的电子不能脱离原子核。

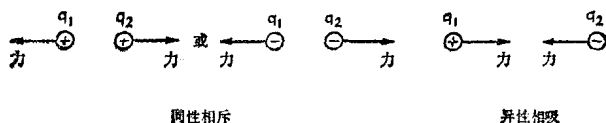


图 1.1—3

没有物质，电荷之间的相互作用就不可能发生。电荷之间的相互作用是通过什么物质来传递的呢？人们在长期的科学实践中发现，在电荷的周围空间里总是存在着一种特殊的物质，这种物质人们叫它**电场**。两个电荷间的相互作用，实际上就是一个电荷所产生的电场对另一个电荷的作用。**电场对电荷的作用力叫做电场力**，用符号“ F ”来表示，**电场力的单位是牛顿**。电荷之间相互作用的力实际上是通过电场传递的，所以两电荷之间虽然没有互相接触，也会产生力的作用。

1.1.4. 电场力和电场强度有什么区别？

要知道电场力和电场强度的区别，就应该首先弄清楚它们的意义。上面谈到了电场对电荷的作用力就叫做**电场力**。为了研究电场的性质，人们把体积很小的带电体，也就是**点电荷**，放在带电体周围的电场里。发现距带电体较远的地方，点电荷受电场的作用力小，而距带电体较近的地方，点电荷受电场的

作用力较大。同一个点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1.1—4所示。

点电荷在电场中受电场力的作用大小，不但和点电荷所在电场里的位置有关，而且和点电荷所带电量的多少有关。所谓电量，就是指物体所带电荷的多少，用符号“ q ”或“ Q ”来表示，单位是库仑。

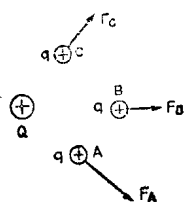


图 1.1—4

实验证明，电场中某一点，点电荷所受的电场力 F 和点电荷所带的电量 q 成正比，其比值用来作为表示各点电场强弱的一个物理量称为电场强度，用符号“ E ”表示，单位是 $\frac{\text{伏特}}{\text{米}}$ 或 $\frac{\text{牛顿}}{\text{库仑}}$ 。 用公式表示为：

$$E = \frac{F}{q}$$

综上所述可以看出，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，因此它与点电荷的电量大小无关；而电场力的大小则与点电荷的电量成正比。这就是它们的不同点。

应注意的是，电场强度不仅有大小，而且有方向，是一个向量。它的方向就是正电荷在那点所受电场力的方向。如果知道电场中各点的电场强度后，就可以确定电荷在该点受到的电场力的大小和方向。

例：一个点电荷所带的电量为 1.6×10^{-19} 库仑，如果把它放在电场强度为 10 伏特/米的电场中，试问要受到多大的电场力？

解：根据公式 $E = \frac{F}{q}$ ，可求得电场力 F 为：

$$F = E \cdot q = 10 \times 1.6 \times 10^{-19} = 16 \times 10^{-19} \text{ (牛顿)}$$

电力线——为了形象地说明电场的分布情况，人为地引入一个辅助概念。

1.1.5. 电力线为什么不能互相交叉？

应该指出的是，所说的电力线并不是电场固有的，而是人们为了形象地描述电场，人为地在电场中画出一些曲线，使曲线上各点的切线方向与该点的电场强度方向相同，这些曲线就叫做电力线。虽然电力线是人为地画出来的，但是它能把电场强度的大小和方向清楚地表示出来。图1.1—5中分别画出了单个正、负点电荷的电力线和两个电荷的电力线。

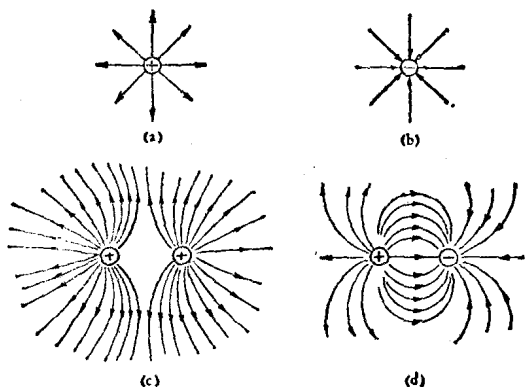


图 1.1—5

从图中可以看出，在离电荷越近的地方，电力线越密。我