

自然常识教学参考丛书

电和磁

上海教育出版社



0441
7.12

电和磁

陈 湘编著



北林图 A00070468

247346

自然常识教学参考丛书

电 和 磁

陈 湘编著

上海教育出版社出版

(上海·水福路123号)

新华书店上海发行所发行 上海崇德印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 3.375 字数 71,000

1979年12月第1版 1979年12月第1次印刷

印数 1—30,000本

统一书号: 7150·2148 . 定价: 0.28元

目 录

一 静电及其应用.....	1
(一) 电磁学发展简史	1
(二) 摩擦起电	3
(三) 感应起电	9
(四) 电力与电场	13
(五) 雷电现象	14
(六) 静电的应用	19
(七) 静电学实验介绍	23
二 电流	29
(一) 电流和电压	29
(二) 部分电路欧姆定律	32
(三) 导体的电阻	32
(四) 电流的功	35
(五) 电流的一些效应	37
(六) 电池	47
三 电磁现象	52
(一) 磁现象	52
(二) 地球的磁场	58
(三) 电与磁的联系	59
(四) 磁场对电流的作用	63
(五) 发电机和变压器	65

四	电光源	71
	(一) 白炽灯	71
	(二) 气体放电灯	74
	(三) 安全用电	80
五	电子技术初步知识	84
	(一) 电子管和晶体管	85
	(二) 有线广播	89
	(三) 无线广播	93
	(四) 电子技术的应用	95

一 静电及其应用

(一) 电磁学发展简史

电磁学是一门内容非常丰富的学科。从人们生活中的衣、食、住、行，到工农业生产中的装备、动力，从小到原子的物质结构，大到宇宙空间的星际航行，无一不和电磁学有关。例如：作为光源的电灯，作为热源的电炉，作为动力源的电动机，作为通讯设备的电话、电报、雷达、电视，以及作为能源的电池、发电机和原子能发电站等等，都和电磁学知识有关。下面简单的介绍一下这门学科是怎样发展起来的。

我国四大发明之一——指南针就是用天然磁铁制成的，这说明我国是世界上最早发现磁现象的国家。

早在几千年前，我国对电和磁的现象已有不少记载，《吕氏春秋》里就明确指出：“慈石召铁，或引之也”，这里的慈石就是磁石。东汉时的王充在《论衡》一书中也有“司南之杓，投之于地，其抵南指”的记载。所谓司南就是我国古代的一种指示南方的仪器，它的形状似水勺（见图1·1），放在平滑的盘上，勺柄就能自动转向南方。那

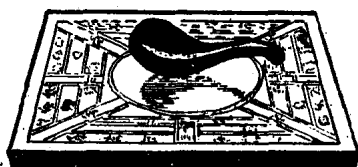


图1·1 司南模型

时，人们利用司南确定南方，再依日晷确定早晚时间。在《论衡》这本书里还提到“顿牟掇芥”。顿牟就是琥珀，掇芥就是吸引轻小物体的意思。晋代郭璞著的《山海经图赞》上，也有“耿瑁取芥”的记载。可惜的是在漫长的封建社会里，却很少有人再作进一步的研究。

大约在公元前六百年，古希腊哲学家塞利斯曾经观察到，一块琥珀经过摩擦以后就会吸引草屑之类的轻微物体。所以，在外国语中“电”这个词，就是从希腊文的“琥珀”这个词演变而来的。

1600年英国医生吉柏，仔细研究了天然磁铁的性质，并且进一步发现钢铁能用天然的磁石来磁化。他指出：因为地球是一个巨大的磁体，所以，才使指南针这个小磁体指向一定的方向。吉柏还发现用摩擦的方法不但可使琥珀具有吸引轻小物体的性质，而且还可以使不少别的物体如玻璃棒、硫黄、瓷、松香等具有吸引轻小物体的性质，他把这种力称为“电力”。

后来，莱弗根据自己的研究，认为由于摩擦所得到的电只有两种不同种类的电，他把这两种电称为玻璃电和松香电。这两种电的特点是：同种电相互排斥，而异种电相互吸引。

1819年，奥斯特把本来一直分开研究的电现象与磁现象联系起来了。他通过实验发现导线中的电流可以影响放在周围的小磁针。这说明电也可以产生磁。接着安培又从实验中发现，通电导线不但会对磁针有作用力，而且对另一根通电导线也有作用力，他甚至还用数学的方法算出了两根通电导线之间作用力的大小。

电可以产生磁，但是反过来磁是否能够产生电呢？英国物理学家法拉第通过电磁感应的实验，发现磁也能产生电。这是科学发展史上的一个重大发现。在这些辉煌成就的基础上，后来建立了电工学。这在科学技术的发展中起了相当重要的作用。

不久，麦克斯韦从理论上将前人的研究成果总结成一组麦克斯韦方程，从而使经典电磁学的知识有了完整的体系。同时，他还指出光的本性就是电磁场，这样就将光学和电磁学联系起来了。但是，麦克斯韦方程还是一个宏观的理论，它不适用于原子内部，也没有涉及到物质的构造。

在麦克斯韦理论建立了二十几年后，赫兹又从实验中发现了电磁波，为后来无线电技术的发展开辟了道路。

电磁学的发展有两个重要的方面：在工程应用方面，经典电磁学的知识，经常而普遍的用来解决各式各样的实际问题；在基础理论方面，正在努力将电磁学理论作为更一般的理论的一个特殊情况进行推广。目前，有的科学家正在提出一种理论——统一场论，这个理论将包括电磁学理论，引力理论和基本粒子的相互作用理论，这个理论如果成功，就可以使人类对自然界的本质有更深入一步的认识，这个有很重要意义的工作还正在进行过程中。

(二) 摩擦起电

用丝绸摩擦过的玻璃棒靠近纸屑、木屑之类这些轻小物体时，会看到玻璃棒能吸起这些轻小物体。象这种经过摩擦的玻璃棒能吸引轻小物体的现象，就叫做带电现象。带电的物体称为带电体，用摩擦的方法使物体带电称为摩擦起电。

将一根与丝绸摩擦过的玻璃棒用丝线悬挂起来，再将另一根与丝绸摩擦过的玻璃棒靠近它，这时，就会看到这两根棒相互排斥，如图1·2所示。但是当我们 will 将一根与毛皮摩擦

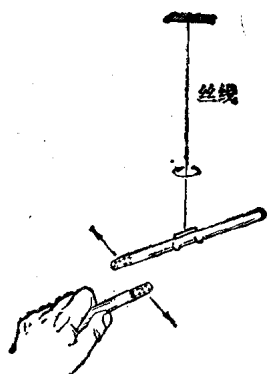


图1·2 两根带正电的玻璃棒彼此排斥

过的硬橡胶棒与悬挂着的那根玻璃棒靠近时，可以看到硬橡胶棒将吸引玻璃棒。如果换用毛皮摩擦过的两根硬橡胶棒来做这个实验时，可以看到它们也是相互排斥的。在上面的这些实验里，我们发现同种电荷相互排斥，异种电荷相互吸引。后来经过许多科学家用各种材料进行摩擦起电，发现：将各种物体进行相互摩擦，最后物体上所带的电荷只有

两种可能，要么与上述实验中玻璃棒上所带的电荷性质相同，要么与上述实验中硬橡胶棒上所带电荷的性质相同。美国科学家富兰克林把和丝绸摩擦过的玻璃棒上所带的电荷叫做正电荷，把和毛皮摩擦过的硬橡胶棒上所带的电荷叫做负电荷，这两个名称一直沿用到今天。

在我们讨论的这些现象中，一般都不考虑带电物体的运动，而且带电体上的电荷也不作定向运动。这一类电现象叫做静电现象。

不同的物体相互摩擦，为什么会起电呢？要弄清它的道理，必须先了解一点关于物质结构的基本知识。

我们知道，一切物体都是由分子构成的，而分子是由更小的微粒即原子构成的。在本世纪初，人们已经发现原子并

不是组成物质的最小微粒，原子是由带正电的原子核和绕核旋转着的带负电的电子组成的。电子是带有一个单位负电荷的微粒，它的质量是 9.1095×10^{-31} 公斤。而原子核又是由质子和中子紧密地束缚在一起组成的。质子带有一个单位正电荷，质子的质量是 1.6726×10^{-27} 公斤。中子是中性粒子，对外不显电性，它的质量与质子的质量差不多是 1.6749×10^{-27} 公斤。质子和中子的质量都比电子的质量大1837倍左右，因此原子的质量几乎全部集中在原子核里。由于一个原子的直径约为原子核的直径的20000倍，所以一个原子的内部，绝大部分是空虚无物的空间。

质子和中子在原子核里的核力作用下，被牢固地束缚在原子核内，由于核力是很强的一种力，相比之下，质子之间由于同种电荷所引起的排斥力，就显得很小了。尽管质子之间有排斥力，还是被紧紧地束缚在原子核中，如果这种力不存在，则原子核就会由于质子间的排斥力作用而立即飞散。直到今天，人们对核力的本性才了解到一部分，核力是近代原子核物理学研究的中心问题。

不同元素的原子核中，质子数也不相同，例如最简单的氢原子核里，只有一个质子，而在铀原子核里，就有92个质子。

一般地说，原子核里的质子数等于核外的电子数，原子核所带的正电荷跟电子所带的负电荷总是等量的，而整个原子是中性的，不显带电现象。因此，整个物体也不显带电现象。

由于原子核正电荷的电吸引力作用，电子被束缚在原子结构内，通常电子在不同的轨道上绕着原子核旋转，但是不

少原子中最外层轨道上的电子往往结合得不牢固，特别是各种金属原子最外层的电子，很容易受到外力影响而脱离原子，变成自由电子，在原子间作不规则的运动。失去电子的原子，对外显正电性，或者说它带有正电，在这种状态中的原子叫做正离子。同样地，原子获得了过剩的电子，就变成带着负电的原子或负离子。当金属体的某一部分得到多余的电子时，这些电子由于同性相斥就传到其它部分去；当它失去电子时，其它部分的自由电子就移来补充，这就是金属的导电现象。物体中的自由电子越多，导电的能力越强。金属中有许多自由电子，所以各种金属都是导体。

另外，碱、酸、盐的溶液也是导体，在这些溶液里进行导电的，不是自由电子，而是各种离子，上面已经提到带电的原子叫做离子，但是带电的分子也叫做离子，因此，碱、酸、盐的溶液是靠离子来导电的。

有些物体如有机玻璃、塑料等材料，即使是最外层电子也是相当紧密地被束缚在原子内，在这些物体中自由电子很少，导电能力就很差，这类导电能力差的物体就叫做绝缘体。

还有些物体，其中的自由电子比导体中的少得多，但比绝缘体略多些，或在正常情况下自由电子虽不多，但在光照射或温度升高时，导电能力可增加，这就叫做半导体，如锗、硅等。

知道了物质的结构，我们就可以用来解释摩擦起电了。

当玻璃棒和丝绸摩擦时，就有一些电子从玻璃棒上移到丝绸上去了，这样，玻璃棒失去了电子而显出带正电，这时，丝绸得到电子而带负电荷。

同样，硬橡胶棒和毛皮摩擦时，硬橡胶棒得到电子而带负电荷，毛皮则由于失去电子而带正电荷，所以，摩擦起电就是由于电子在两种相互摩擦的物体上发生转移产生的。

摩擦为什么能使电子转移呢？主要有两方面的原因。一方面是由于两种不同的物体紧密接触时，不同物质得失电子的本领不同，所以会发生电子转移的现象。另一方面由于摩擦使物体表面的温度升高，电子的运动速度变大，从而增加了接触面间电子转移的现象。这时，一个物体得到电子，另一个物体失去电子的现象就显著起来，也就产生了摩擦起电的现象。

摩擦起电现象不仅在固体间会发生，在气体、液体间也会产生。例如1960年，我国登山队在攀登珠穆朗玛峰时，有一天夜里刮起了狂风，队员们怕帐篷给吹走，用头顶着帐篷睡。忽然，队员们的头象针扎一样疼痛起来，大家起来检查，发现帐篷上划着一道道绿色的火花。原来是风与帐篷摩擦而产生的静电在作怪。又如，我们经常看到在运输石油的汽车上，往往有一根铁链条拖到地上，如图1·3所示。

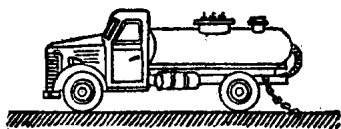


图1·3 运油汽车

这是因为当汽车在开动时石油与汽车有摩擦起电现象发生，万一产生电火花，那就危险了。有了铁链条，可使由摩擦产生的电马上通地，从而防止电火花的发生。

关于摩擦起电，最后还要指出的一点是：如果两个物体摩擦，究竟哪一个带正电，哪一个带负电，除了与组成物体的材料有关外，还和物体的表面光洁度、表面杂质层等因素

有关。例如，一般的书中都谈到玻璃棒和丝绸摩擦时，玻璃棒带正电，但是有人经过实验发现，在高温时摩擦，玻璃就带负电。另外还发现玻璃所带的电还和玻璃表面的光滑程度有关。如果玻璃表面很粗糙，那么摩擦后，也可能带负电。因此关于玻璃和丝绸摩擦的实验，比较严格的讲法是：以丝绸和光滑的玻璃摩擦，在室温之下玻璃棒上所带的电称为正电。

判断一个物体是否带电，可以用验电器。平时使用得比较多的验电器是金箔验电器。这是根据带同种电荷的物体相互排斥的现象而制成的，它由悬挂在金属杆下端的很薄很轻的两片金属箔组成，如图1·4所示。金属杆穿过一个用绝缘

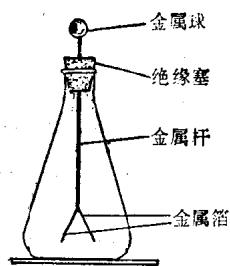


图1·4 验电器

体做的塞子，通到玻璃瓶内，以免箔片受到空气流动的影响，金属杆上端往往做成圆形球。取一个带电体，例如与丝绸摩擦过的玻璃棒，跟验电器的上端接触一下，由于金属的导电性，这时验电器的箔片上就得到与玻璃棒上同种的电荷。因为同种电荷相互排斥，验电器的箔片就会张开某一个角度，移开玻璃棒后，箔片仍然张开，这表示带电体跟验电器接触时有电荷转移到箔片上去了。这时注意一下箔片张开的角度，然后将玻璃棒上的另一点再与验电器接触一下，我们发现，箔片张开的角度变大了。利用箔片张角的大小，可以定性地说明验电器上所带电荷的多少。

验电器还能检查物体带的是哪种电荷。用带电的物体靠近一个带着电的验电器上端的金属球，如果物体上的电荷跟

验电器上的电荷是同种的，金属箔张开的角度就增大，如果是异种的，金属箔张开的角度就减小。根据这种现象，我们先给验电器带上一种已知电荷，然后将一个带未知电荷的物体接近验电器，根据箔片的变化就可以用验电器检查物体带的是哪种电了。

(三) 感 应 起 电

如果将玻璃棒与丝绸摩擦，使棒带正电，然后将玻璃棒靠近一个验电器的上端，则验电器里的金属箔就会张开，移去玻璃棒，金箔就闭合。带电体和验电器之间并没有接触，这种现象我们叫做静电感。应这种现象是怎样产生的呢？当带正电的玻璃棒靠近验电器的上端时，棒上的正电会吸引金属杆上的自由电子，使许多自由电子被吸引到杆的上端，这时在金属杆下端金属箔部分，由于缺少电子而带有正电，从而产生斥力使箔片张开。当玻璃棒移开时，在验电器上端的自由电子又立即跑下去和金属箔片上的正电中和，整个验电器又恢复到不带电的状态。

利用静电感应的办法可使物体起电。将一根与毛皮摩擦过的硬橡胶棒，靠近金属箔验电器的上端时，用手指接触一下验电器的金属小球（因为人体也是能导电的，这就等于将验电器和地接通了）。由于橡胶棒上带的是负电，所以它要将验电器上的自由电子推得尽量远。现在就将这些电子通过人体推到地里去了，如果在橡胶棒移走前，先移开手指，验电器就变为缺少电子而带正电荷，如图1·5所示。当然，我们也能用带正电的玻璃棒在验电器上感应出负电荷。这样起电的方法叫做感应起电。

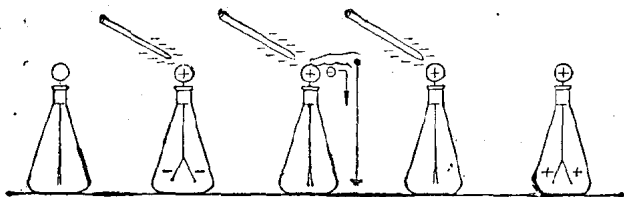


图1·5 用感应的办法，在一个验电器上产生电荷的步骤

用另一种装置也可做感应起电。例如将两个金属导体装在绝缘支架上，并使两导体相互接触，将一根带正电的玻璃棒靠近一个金属导体，由于静电感应，这时自由电子就跑到靠近玻璃棒的一端，而另一端就带有正电，先将两个导体分开，再移开带电的玻璃棒，这时两个金属导体就分别带上了正电和负电，见图1·6。

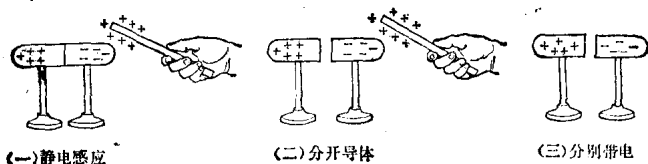


图1·6 用感应的办法，在两个金属体上产生电荷的步骤

感应起电机就是利用感应起电的原理，使物体带电的装置，利用它能得到较多的电荷。

感应起电机是做静电实验时常用到的仪器。它的主要部分是两片共轴装置的、平行的绝缘板（一般由玻璃或有机玻璃制成），两板外侧表面靠近边缘处，沿着半径的方向等距离的贴着许多铝箔条，或者将铝箔和纸片间隔的贴着。在两板的外侧，各装一根金属棒，棒端装有细软金属做成的电刷。转动摇柄，通过皮带传动能使两板向着相反方向转动。在

两板面转动的时候，电刷依次扫过铝箔。前后两板的电刷棒互相成 90° 角，并且都和水平方向成 45° 角，在两板水平直径的两端，各装一对金属电梳，梳齿的尖端对着圆板，每对金属电梳各和一个金属球电极相连。另外，还有两个莱顿瓶分别与两个电极连接着，起着两个大电容的作用，它可以增加蓄电能力，它的构造如图1·7所示。

感应起电机是怎样起电的呢？图1·8是贴有锡箔的圆板示意图。圆环表示两个圆板，矩形表示铝箔。带有铝箔的圆板 A_1A_2 顺时针方向转动，另一个圆板 B_1B_2 逆时针方向转动。 E_1E_2 和 F_1F_2 是两对金属刷，它们分别由安装在轴上的金属棒连接着。 S_1 、 S_2 是两个分别跟放电球 K_1 、 K_2 连接的金属梳。

如果在开动以前，在 B_2 上带有少量负电（其它任一铝箔上带有正电和负电都行）。当它转动到 B_3 位置时，因感应而使 A_1 带正电， A_7 带负电。 A_1 转到 A_3 位置时，因感应而使 B_1 带负电， B_7 带正电。 A_7 转到 A_5 位置时，因感应而使 B_7 带正电， B_1 带负电。 B_1 和 B_7 转到 B_3 和 B_5 位置时，又因感应而使 A_1 带正电， A_7 带负电。这样连续感应， B 板在上半部总得负电而下半部总得正电， A 板则相反，在上半部总得正电而下半部总得负电。

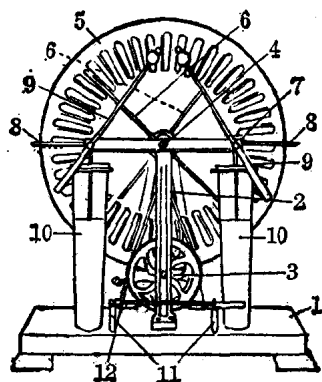


图1·7 感应起电机的构造

- 1.底座 2.金属支架 3.皮带轮
- 4.转动盘轴 5.玻璃盘 6.中和电刷
- 7.绝缘横梁 8.集电杆 9.放电叉
- 10.莱顿瓶 11.金属柱 12.传动装置

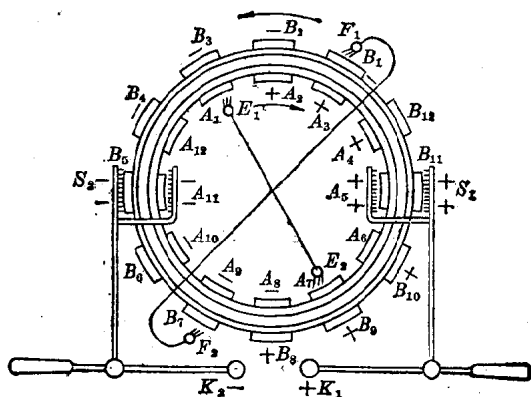


图1·8 说明起电机原理的简图

带正电的 A 板上半部和 B 板下半部转到金属梳 S_1 附近时,因感应而使 S_1 带负电和跟它相连的 K_1 带正电。同时由于 S_1 的尖端放电作用,使 S_1 的负电跟两板上铝箔的正电中和,实际上等于两板的铝箔上的正电通过金属梳 S_1 传到放电球 K_1 上去。在通过金属球附近后的铝箔已不带电,可以在继续转到 A_7 和 B_1 位置时,又将因感应而带负电。

带负电的 A 板下半部和 B 板上半部在金属梳 S_2 附近和通过 S_2 以后的情况,跟上述的情形相似。它通过 S_2 附近时失去负电而放电球 K_2 带负电,可是它们在继续转到 A_1 和 B_7 位置时,又将因感应而带正电。

K_1 收集正电, K_2 收集负电,到一定程度,它们之间就会发生带有火花的放电现象。

铝箔上最初所带的电荷是由以前实验后所残留的或由空气中得来的。这个最初的电荷常常是存在的,不过是很微小的,机器转动以后就不断增加,以致能得到很多的电荷。