中华文化撷英

电磁学小知识
(四)

黄兵明　主编

北京银冠电子出版有限公司

需要全本请访问 www.ertongbook.com

图书在版编目(CIP)数据

中华文化撷英/黄兵明主编.—北京：北京银冠
电子出版有限公司，2003

ISBN 7-900060-29-4
Ⅰ.中…　Ⅱ.黄…　Ⅲ.文化知识－普及读物－中国
Ⅳ.Z228.527
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 007295 号

北京银冠电子出版有限公司发行
(北京海淀区增光路 45 号　100037)
全国各地新华书店经销　北京双青印刷厂印刷
开本：787×1092　1/32　印张：512　字数：4 900 千字
2003 年 12 月第 1 版　　2003 年 12 月第 1 次印刷
印数：1～5 00 册
版号：ISBN 7-900060-29-4/Z·03
定价：9998.00 元(1CD,含配套书)

目 录

◎古代人类对静电的认识 1
◎经典静电学基础理论的建立 2
◎电磁学的建立 11
◎现代静电技术的建立 13
◎我国静电科研概况 15
◎基本单位历史沿革 15
◎静电的产生 23
光学和电磁学 27
◎电磁学理论创立人 36
◎马克士威 43
◎电磁感应现象 45
◎汤姆生和测 E/M 实验 58
◎卢瑟福和 A 粒子散射实验 59
◎玻尔和他的定态跃迁原子模型 63
◎电磁感应 65
◎电磁生物工程研究 66
◎电磁学 67
◎磁流体力学 69
◎磁学 74
◎核物理学 83
◎生物磁学与生物磁效应 91
◎生物磁场与电磁感应现象 92

◎电生磁场效应与磁共振效应 93

◎古代人类对静电的认识

2500 年前左右，古希腊哲学家塔勒斯(Thales,640-546 B.C.)在研究天然磁石的磁性时发现用丝绸、法兰绒摩擦琥珀(Amber)之后也有类似于磁石能吸引轻小物体的性质。所以，塔勒斯成为有历史记载的第一个静电实验者。电这个词起源于希腊语ε λ ε κ τ ρ ο ν(琥珀)。

公元三世纪,晋朝张华的《博物志》中也有记载：“今人梳头，解着衣，有随梳解结，有光者，亦有咤声”这里记载头发因摩擦起电发出的闪光和噼啪之声。

但直到 16 世纪，除了偶尔发现埃尔摩(Elmo)火外，对静电别无其它记载。埃尔摩火是发生在船桅杆上或其附近的发光现象。在航行于地中海上的水手中间长久流传着一个“神火”的故事，他们在暴雨将来临的危急时刻，多次地发现在桅杆尖上有一种不祥的火光，开始时水手们把它看做末日的来临。但当他们多次平安脱险后，这火光反而变成了安慰的源泉。水手们把它命名为圣.埃尔摩火，用来象征他们所信仰的圣徒埃尔摩的保护。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

◎经典静电学基础理论的建立

电学之父 Willian Glbert(英国人,1540-1603)重复了塔勒斯的实验。他想为什么琥珀这个用于装饰用的东西摩擦之后会有吸引轻小物体的性质，是否其它的珠宝也有类似的性质呢？他用其它的珠宝作实验，结果发现钻石、蛋白石和蓝宝石摩擦之后也有象琥珀样吸引其它轻小物体的性质。他后来还发现其它物体也有类似的性质，如紫晶、玻璃、黑色大理石、硫磺、腊等。他注意到这些物质经摩擦之后虽然能吸引东面，但不像磁石样具有指南北方向的性质，他把这些用摩擦能带电的物质叫为“摩擦起电物体（Electrics）”。而把摩擦不能带电的物体叫“非摩擦起电物体（no-electrics）”。

为了进一步研究这些物体的吸引能力，Gilbert 还发明了第一个验电器(versorium)用来检验带电物体。这是一个中心可以转动的很轻的木材或金属做成的细针，当摩擦过的琥珀靠近时，细针可以转动。他还发现在天气干燥的时候这些物体容易产生吸引力。Gilbert 被称为是电学之父。不久,Otto Von Guericke (1602-1686，德国人)发现电的排斥现象。如果把带电棒接近金属屑时，它们开始吸引，然后排斥。

1678 年 Guericke 制造了第一个摩擦静电起电

机。他把硫磺粉碎熔化后灌入一个直径为六英寸的空玻璃球内，在其中间插入一条木棒作为轴，硫磺冷却后，把玻璃球破碎,做成一个硫磺球。 当球迅速转动并用布或直接用手摩擦硫磺球时能产生很大的火花。1709 年英国科学家 （Francis Hauksbee，1666-1712)做了一个类似于Guericke的静电发生器，用一个大轮带动一个小轮使得球转得更快，他计算球的线速度达到29英尺/秒，当用毛皮摩擦球时，强烈的放电会使球发出绿光。当他把脸贴近带电球时他觉得有一股微风吹来。这种摩擦静电起电机经过不断改进，后来在静电实验中起过重要的作用，直到十九世纪 W. Holtztr 和A.Topler 分别发明感应起电机后才被取代。 他还发明了第一个静电计(Electroscope)。把弯曲的稻草挂在绝缘的金属棒的一端，他发现当带电体接近时稻草会时排斥而张开。他的另一个重大发现是：当把两个相距 1 英寸的球放在一起，而摩擦其中之一时，两球都发光,这一现象在当时他不了解，实际上这就是静电感应现象。

Stephen Gray (1666-1736，英国人)，在 1720 年发现丝绸，干木材，毛发经摩擦也能起电。他在研究琥珀吸引特性的传递时发现了导体和非导体的区别。他摩擦一根约一米长的空玻璃管，为了保持玻璃

管内干净，他把一塞子塞入玻璃管的一端，当他摩擦玻璃管时，他发现塞子也能吸引轻小物体。他认为这种吸引力可以传递。从此，他继续以实验来试验电的这种传递能力。他把一个直经约一英寸的象牙球钻一小孔，然后插入一小木棒，小木棒的另一端插到玻璃管的塞子上，他发现摩擦玻璃管时，这球也具有同样的吸引力。他用了一根十八英尺长的钓鱼杆代替小木棒，而且实验成功了。后来他试验了线，他发现连到玻璃管塞子上的线也能传递这种性质，然后他把一条三英尺长的大麻绳连到塞子上，这象牙球仍然吸引。为了更进一步试验这种性质,他站到房项上去，发现即使站到 34 英尺高,象牙仍能吸引羽毛。他又发现湿线比干线传递得更远。由于在他的附近没有更高的悬崖或建筑物，他想从水平方向延长这线。他把线挂在一房屋的横梁，这时吸引力不再传递了,他认为电跑到横梁中去了。Gray 的好友 Granvile Whelter 建议用丝绸线作悬挂线，因为丝线会阻止电的损失，在采用了 Whelter 的建议之后，Gray 把线增长到 100 米,但丝线再也承受不了如此的负荷。这时他又把丝线换为金属线以增加其强度，可是他又发现实验不灵了，最后他又换用更粗的丝线,实验又行了，

从这些实验中，Gray 认为某些材料如铁、铜是导体，而另一些材料如丝绸是绝缘体。

Charles Du Fay (1698-1739，法国人)1733 年重复了 Gray 的许多实验之后发现绝缘起来的金属也可以摩擦起电。他认为任何物质只要绝缘起来之后都可带电，从而认为Gilbert把物体分为‘摩擦起电物体”和‘非摩擦起电物体’是不对的。他用金箔做实验，发现用摩擦带电的玻璃棒使金箔带电之后会排斥另一个带同种电的金箔,又会吸引用摩擦带电的硬树脂使之带电的金箔，他认为有两种电，一种是 Vireous Electricity“玻璃电”(现在我们叫正电)，另一种是 Resinous Electricity“树脂电”(现在称之为负电)。他想到:带相同电的物体互相排斥，带不同电的物体彼此吸引。但他没有给这两种电定义正负极性。

富兰克林（Benjamin Franklin ，1706-1790）做了许多实验后认为有两种电荷存在，即正电荷和负电荷。他的一个有名的实验是两个人站在用腊做成的平台上，第三个人站在地面上，用布摩擦玻璃棒后使站在绝缘台上的一个人带上玻璃棒的电,另一个站在绝缘台上的人带上布的电，若这两个人的手指接触时会感到电击。若他们两个人的任何一个与站在地面上的人接触后再用手指互相接触，电击就弱些。

1747 年,他认为摩擦后的玻璃棒带正电，而树脂带的电为负电。虽然这是很了不起的一步，以后科学有可能将富兰克林的这种选择颠倒过来。如果真是这样的话，电子就可能定义为带正电而不是负电的了,当然正电流的方向就是电子运动的方向而不是其运动的反方向了。富兰克林认为静电的产生不是由于摩擦了“摩擦起电物质”引起的，而是由于“电流体”(Electric fluid)的转移,虽然这概念不完全正确,但是实际过程却与后来的发现基本相符合。

Ewald (1700-1746，德国人) 于 1745 年把玻璃瓶灌入半瓶水,上面塞上塞子，然后从塞子中穿入一钉子直到钉子恰好触及水面，然后他把钉子的一头连到静电起电机上，使电能通过钉子传到水里。他发现这瓶能贮电，贮存到一定程度之后它能吸引小物体或产生火花，他后来把水换成其它的液体如水银、酒精后，能产生更大的火花。这种能贮电的瓶就是第一个电容器。莱顿大学教授 Pieter von Musschenbroek (1672-1761,荷兰人)重复了 Ewald 的实验后，他把瓶的内外用金属箔衬托，从瓶口的塞子中插入金属线直到它触及瓶内的金属箔而发明了莱顿瓶(Leyden Jar)。

莱顿瓶的发明为电的进一步研究提供了条件，

它对于电学知识的传播起了重要作用。Jeau Antoine Nollet(法国人)曾做了一个当时最为壮观的演示实验,他在巴黎大教堂，在路易十五皇室成员面前，令七百个修道士手拉手地排成一条九百英尺长的队伍，一端的人接触带电莱顿瓶的外部，当另一端的人接触莱顿瓶的另一端时，七百个修道士全部因电击而跳起来。莱顿瓶的发明为富兰克林的重要发现提供了新的工具。富兰克林在莱顿瓶的内外壁分别连一导线，把导线分开一定的距离后放在桌子上，用丝绸线悬挂一塞子，使它在这两导线之间来回摆动分别触及这两导线，直到莱顿瓶不带电为止，这证明了莱顿瓶内外壁有正负电荷存在。

富兰克林发现尖端是最易“吸引”电。他在房顶上竖立一根尖杆来试验空气和云的带电极性和特征。他能利用尖杆和莱顿瓶收集电荷。他的这个实验使他得到了一个偶然的收获，他发现了尖杆接地后能防止雷击。他还做了有名的风筝实验。有人会认为他在雷雨天气放风筝是很愚蠢的，而事实上是他在 1752 年的一天做实验时雷雨正要来临。他在风筝上固定一根金属线，以便从雷云中获取更多的电，雨淋湿了连结风筝的细线，而这细线的一端连在莱顿瓶的一端,当雷雨来临时，莱顿瓶上不断产生火花。他知道

需要全本请访问 www.ertongbook.com

这种实验的危险性，并采取了合适的安全措施。他用丝绸线连结到放风筝的细线上，用手拿着丝绸线而不是放风筝的线,并把莱顿瓶接在连接丝绸线的前端,人必须站在室内使得丝绸线不被淋湿。可是一德国科学家 Gerog Wilheh Richman(1711-1753)在做类似的实验时被电死，他的助手也被电晕。

John Clanton (1718-1772)受富兰克林研究工作的启发，在 1753 年发现了带电体会使接近它的金属体的电荷迁移。即未带电的导体接近带电体时,靠近带电体这端带的电荷与带电体的电荷的极性相反，而另一端带的电荷与带电体的电荷的极性相同。

1775 年伏特（Alessandro Volta，1745-1827，意大利物理学家）发明了静电感应起电盘,他利用静电感应起电盘能使导体产生很高电压的静电。

法拉第（Michael Faraday ，1791-1867，英国人）是位伟大的实验科学家之一。他的研究覆盖了许多领域如化学、物理和电学。他引入了带电体周围电力线的概念。他的一个很有趣的实验是法拉第笼实验。 他坐在金属笼内，当笼外发生强大的静电放电时,他并未感到任何电击并且验电器也无任何显示。他的另一个重要实验是法拉第桶(Faraday ice-pail)实验，当一带电体接触金属桶的内壁时，电荷会转移

到桶的外表面,这种现象的发生与桶外是否存在电荷无关。

最早提出电力平方反比定律的是普利斯特利（Priestley ,1737-1804，英国人)。普利斯特利的友好富兰克林曾观察到放在金属杯中的软木小球完全不受金属杯上电荷的影响，他把这现象告诉了普利斯特利，希望他重做此实验。1766 年,普利斯特利做了富兰克林提出的实验，他使空腔金属容器带电，发现其内表面没有电荷，而且金属容器对放于其内部的电荷明显地没有作用力。他立刻想到这一现象与万有引力的情况非常相似。因此他猜想电力与万有引力有相同的规律，即两个电荷间的作用力应与他们之间距离的平方成反比。在 1767 年普利斯特利写了一本《电的历史和现状》。

1769 年，爱丁堡的 John Robison 首先用直接测量方法确定电力的定律，他得到两个同号电荷的排斥力与其距离的 2.06 次方成反比。他推断正确的电力定律是平方反比律，他的研究结果是多年之后(1801 年)发表才为人所知。

1772 年英国物理学家 Cavendish 遵循普利斯特利的思想以实验验证了电力平方反比定律。他将一个金属球形容器固定在一绝缘支柱上。用玻璃棒将两个

金属半球固定在铰链于同一轴的两个木制框架，使这两个半球构成与球形容器同心的绝缘导体球壳。用一根短导线连接球形容器和两个半球，利用一根系于短导线上的丝线来移动导线。Cavendish 先用短导线使球形容器与两半球相连。用莱顿瓶使两半球带电，莱顿瓶的电位可事先测定，随后通过丝线将短导线抽去。再将两半球移开，并使之放电。然后用当时最准确的木髓球静电计检测球形容器上的带电状态。静电计并未检测到球形容器上有任何带电的迹象。他用实验和计算的方法得出电力与距离成反比的方次与 2 的差值不大于 0.02。Cavendish 的实验得出的定量结果与十三年后(1785 年) 库仑（Charle Augustine de Coulomb，1736-1806）用扭秤直接测量所得的结果的准确度相当，但他的研究成果都没有发表。是一百年后 Maxwell 整理 Cavendish 的大量手稿时才将上述结果公诸于世的。

最为著名的是法国物理学家库仑的研究工作。库仑曾从事毛发和金属丝扭转弹性的研究，这导致他在 1777 年发明了后来被称为库仑秤的扭转天平或扭秤。 1784 年库仑发表论文，介绍他发现的扭转力与线材直径、长度、扭转角度以及与线材物理特性有关的常数之间的关系，还介绍了用扭秤测量各种弱力的

方法。同年，库仑响应法国科学院有赏征集研究船用罗盘，他的科学生涯开始从工程、建筑转向电、磁的研究。1785 年库仑设计制作了一台精确的扭秤，用扭秤实验证明了同号电荷的斥力遵从平方反比律,用振荡法证明异号电荷的吸引力也遵从平方反比定律。他的实验误差偏离平方为 4×10^{-2} 。库仑的研究工作得到了普遍的承认，而平方反比定律也就以库仑的名字来命名了。

◎电磁学的建立

Luigi Galvani (1737-1798，Bologna 大学教授)发现了一种不用摩擦就能产生的电。他观察到摩擦起电会使青蛙腿抽搐，在青蛙身上试验时抽搐得更利害。在 1786 年的一个刮风的一天，当他用铜钩悬挂青蛙置于窗外时，他偶然发现只要风吹得青蛙触及铁柱时，青蛙也抽搐，他认为这种现象与把青蛙连到静电起电机上的情形相似,但这时没有静电源存在。

Galvani 把青蛙腿放在铁锅中，然后用铜线触及青蛙腿的神经，发现青蛙腿抽搐，当用铁丝触及青蛙的神经时不会发生抽搐。当他试验了多种金属材料之后，他发现两种不同的金属接触青蛙时会发生抽搐。Galvanic 把它称为“生物电”，现在人们都知

道当两种不同的金属接触后会产生电位差。这种现象叫 Galvanic 现象或接触电势。

伏特在 1799 年仔细研究了 Galvanic 现象之后，认为青蛙腿的抽搐不过是对于电流的灵敏反应，而肌肉提供了一定的溶液,因此电流产生的先决条件是两种不同金属插在某种溶液中并构成回路。他在 1800 年用锌板和铜板插入一瓶稀酸中做成了第一个电池，这种电池叫伏打电池。他把电池串联起来做成了一个电流更强的伏打电堆(Voltaic pile)。电压的单位伏特就是以他的名字命名的。

在电池发明之后，人们可以获得连续的电流，这导致许多的新发现。在这以前在科学界仍然普遍认为电与磁相互毫无关系。1820 年 7 月 Oersted 向科学界宣布了他发现电流的磁效应，打开了电应用的新领域。1820 年 9 月安培发现了圆电流对磁针的作用。1820 年 10 月 Biot 和 Savart 发现了长直电流导线对磁极的作用正比于 1/r 。1821 年安培提出分子电流假说。1822 年 Thomas Johann Seebeck 发现只要牢固地连接铜线和一根别的金属(铋)线的两端，并维持两个接头于不同的温度，也可获得微弱的电流，这就是温差电效应。1831 年 Faraday 发现电磁感应现象。1833 年 Faraday 证明摩擦起电和 Volta 电池产生

的电相同。1874 剑桥的物理教授年 Maxwell(James Clerk Maxwell，1831-1879，苏格兰人）建立了电磁场方程组。Maxwell 推论电磁的相互作用以波的形式传播并预言光是电磁波。1888 年 Heinrich Hertz 证实了 Maxwell 的推论和预言,从而开辟了电磁学应用的领域——无线电技术。

到十九世纪末，电磁学已发展成为经典物理学中相当完善的一个分支。电磁学渗透到物理学的各个领域，电工技术、电子技术等得到迅速发展和应用。从此，改变了人类社会的生产和生活方式。

◎现代静电技术的建立

在二十世纪初，静电学也从从实验和科学阶段走向实际应用的阶段。但是应用面较窄，仅在静电除尘方面有些应用。虽然 1824 年 Hohlfeld 第一次演示了静电收尘实验。但 1907 年 Frederik G. Cottrell 才制造了世界上第一台实际应用的静电除尘器用于捕集硫酸酸雾。静电除尘器在控制酸雾排放的成功，迅速导致其在其它工业烟尘污染源中的应用。1922 年 Van de Graff 发明了实用的静电起电机。1923 年 Detroit Edison 公司安装了第一台静电除尘器。从此，静电除尘、静电喷涂、静电分离、静电复印等取得了一定的地位。为现代静电技术的建立奠定了基

需要全本请访问 www.ertongbook.com