

人类是如何 认识电的？

电磁学历史上的一些重要发现



科学技术文献出版社

人类是如何认识电的？

——电磁学历史上的一些重要发现

张之翔 王书仁 著

651481-5



科学技术文献出版社

(京) 新登字130号

内 容 简 介

本书简单扼要地讲述了电磁学历史上的一些重要发现。从最早发现磁石吸铁和摩擦起电,到一百年前发现电磁波,历经两千多年的电磁学历史都有所叙述。内容包括基本现象(如磁极、两种电荷、电的传导、电流磁效应、电磁感应、电磁波等)、基本规律(如库仑定律、欧姆定律、毕奥-萨伐尔定律、电磁感应定律、麦克斯韦方程组等)和一些在电磁学发展史上起过重要作用的仪器(如验电器、摩擦起电机、莱顿瓶、电池等)等三个方面的发现或发明,以及在人类思想上起过重大作用的成就(如证明雷电与摩擦电相同、场的概念的提出等)。对于做出重要贡献的一些科学家和当时的历史背景,也作了简单介绍。本书为读者提供了大量、翔实的史料。书后附有参考文献、内容索引和人名索引。

可供中学教师、学生、大专院校师生、广大科技人员和历史学家参考使用。

人类是如何认识电的:

——电磁学历史上的一些重要发现

张之翔 王书仁 著

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路15号 邮政编码 100038)

北京印刷三厂印刷

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

•

787×1092毫米 32开本 5.375印张 114千字

1991年11月第1版 1991年11月第1次印刷

印数: 1—2100册

科技新书目: 253—156

ISBN7-5023-1516-0/O·89

定 价: 3.50元

序

现代生活离不开电，电灯、电话、电视、电梯、电冰箱……，都要用电。现代工农业生产也离不开电，现代科学技术更离不开电。电的应用越来越广泛，电子计算机的应用正渗透到各个领域，便是一个很好的例子。就目前情况来看，电还有很多潜力待我们去开发和利用。另一方面，由物理学的研究得知，我们这个世界基本上是一个电磁结构的世界。这是因为，世上一切物体都是由原子和分子组成的，而原子、分子的结构，便是由原子核的正电荷和核外的负电荷（电子）之间的相互作用形成的。因此，关于物质的结构和性质的问题，包括化学问题和生命问题，究其本质，都是与原子核外电子的结构和运动有关的问题。

对我们人类来说，电是如此地重要和神奇，可它却又是无形的，除了被电击以外，我们既看不见它，也摸不着它。那么，人类是怎样认识电和知道使用电的呢？这确是一个很吸引人的问题。

这里我讲一个故事。我的父亲生于清末光绪年间，小时候上过两年私塾，读的是《百家姓》、《三字经》和《论语》等，以后便一直在家种田。1969年，他70多岁了，我回家看他。闲谈时，他说：“管他什么我都能解窍得通，只有电解窍不通。它能点灯、能唱戏；打开来看，是一包土巴粉。真是莫名其妙！”他说的是他曾打破干电池，想从中找到电能

点灯、能唱戏的原因。我虽然在北大教过多年电磁学和电动力学，但我无法用简单的语言直观地向他老人家说明电为什么能点灯、能唱戏。当时我深深地感到，人类从对电完全无知到能制造干电池和晶体管收音机，这期间有多么大的距离啊！这件事给我一个启发，就是人类是怎样一步一步地了解电和应用电的？所以我后来也就注意研究起电磁学的历史了。

知道了一点电磁学的历史后，便懂得人类关于电的知识，是从发现摩擦过的琥珀（或玳瑁）吸引草屑和磁石吸引铁开始，经过两千多年的广泛探索和逐步积累，才达到今天的水平的。历史清楚地告诉我们，由于电是看不见、摸不着的，人类对它的认识，是靠实验一点一点地前进和逐渐深入的，在早期更是如此。对于认识电有贡献的人，在历史文献上可以查到姓名的，从古代到1821年，约有三千人注）；至于直接或间接有贡献的无名英雄，也许还有很多。因此，我们可以说，关于电的知识是人类集体智慧的结晶。

本书系张锡鑫教授主编的《物理学发展事件系列丛书》之一。我们写这本小书的目的，是想向读者简单扼要地介绍电磁学历史上的一些重要发现，勾画一下人类逐步认识电的一个轮廓。我们这样做是因为我们觉得，这些重要发现是人类认识电的一个个里程碑，是我们今天关于电的知识的主要内容。关于这些重要发现的背景和过程，发现者是怎样想的、怎样解决问题、怎样得出新发现的，以及他们的认识和结论如何等等，都是人们很想知道的。而且，其中有些东西，

注） 参看本书末所列参考文献〔6〕的索引。

除了历史知识外，还可能给我们一些启发。

我们不是全面地写电磁学的历史，所以关于各种假说和理论的历史，关于各种仪器的发明和改进的历史，关于电在各方面的应用的历史等等，除了与重要发现有关的略作介绍外，一般便都不提了。还有，我们只写到赫兹发现电磁波为止，并不是意味着人类对于电的认识就到此为止。而是我们觉得，经典电磁学一般都在此结束，所以我们也在此结束比较合适。

由于现代的电磁学是在西方发展起来的，在我国很难甚至不可能找到西方的古代文献，因此，除了法拉第、麦克斯韦和赫兹三位的贡献是根据他们的原始著作写出的以外，其他的都是根据第二手甚至第三手资料编写的。由于不是第一手资料，我们便不得不参考很多文献，从中摘取我们所需要的材料。正由于不是第一手资料，对其内容，便不敢完全相信，至少不敢相信它们全面地反映了事情的真面目。在这种情况下，为了尽可能接近历史的真实，我们便采取了尽量引用本人的原话的办法。尽管有些话是经过翻译的，有些甚至是转译的，但我们觉得，它们总比第二、第三手资料中的叙述要可靠些。例如，关于伽伐尼的青蛙实验，关于奥斯特发现电流磁效应，在各种资料里有各种说法，我们觉得，还是引用他们自己的说法较好。

对电磁学的发展有过重要贡献的人，他们的贡献与他们的出身、所受的教育和工作、生活的环境等都有密切的关系。所以，对于他们的生平，我们写了较全面的简介，以便读者对他们有所了解。我们觉得，他们也都是活生生的人，他们为人类做出了贡献，应当受到各国人民的尊敬。

周岳明同志对书中有的地方提出过宝贵意见，谨此致谢。

由于我们的知识和水平所限，谬误和不妥之处，自知不免。如蒙读者指教，我们将不胜感谢。

张之翔

1990年春于北大畅春园

目 录

序	I
一、我国古代在电磁学方面的成就	1
二、电磁学在西方的萌芽	6
三、磁学的诞生	14
四、卡比奥的贡献	20
五、摩擦起电机的诞生和改进	24
六、格雷发现电的传导	29
七、迪费发现电有两种	33
八、莱顿瓶的出现及其影响	38
九、富兰克林的贡献	42
十、库仑发现平方反比定律	51
十一、从伽伐尼的发现到伏打电池	60
十二、电流磁效应的发现及其影响	74
十三、欧姆定律的发现	88
十四、法拉第对电磁学的伟大贡献	95
十五、麦克斯韦集电磁学之大成	116
十六、电磁波的发现	135
主要参考文献	149
内容索引	151
人名索引	158

一、我国古代在电磁学方面的成就

我国是世界上文明古国之一，几千年来，我们的祖先创造了光辉灿烂的古代文化，其中也包括电磁学上的一些发现和发明。值得注意的是，在世界文明古国中，只有我国古代和古希腊发现了磁石吸铁和摩擦起电的现象。我国古代在电磁学方面的成就，散见于古籍中，在这里我们摘录其中一些有关的重要内容，并略加说明。

春秋时代的《管子·地数》（公元前600多年）中有“上有慈石者，其下有铜金”，是我国古代最早关于磁石（我国先秦古籍中称磁石为慈石）的记载。

战国时代的《韩非子·有度》（约公元前250年）中有“先王立司南以端朝夕”，是现今知道的最早关于司南（指南方的器具）的记载。

战国末期的《吕氏春秋·精通》（公元前239年左右）有“慈石召铁，或引之也”的记载。后来东汉高诱在《吕氏春秋训解》中解释说：“石，铁之母也。以有慈石，故能引其子。石之不慈者，亦不能引也。”它的意思是，铁是从石头中提炼出来的，所以石头是铁的母亲；因为是亲生的慈母，所以能吸引儿子。不是亲生的慈母，也就不能吸引儿子。这是对磁石能吸铁而别的石头不能吸铁所作的解释，同时也说明了“慈石”一词中慈字的意义。

西汉刘安（公元前179—122年）的《淮南子》一书中，

在《览冥训》里讲到：“若以慈石之能连铁也，而求其引瓦则难矣。”在《说山训》里又讲到：“磁石能引铁，及其于铜则不行也。”这表明，当时知道磁石能吸引铁，但不能吸引瓦和铜等。

西汉末期的《春秋考异邮》（公元前20年左右）中有“瑋瑁吸褚”（见《太平御览》卷807）的记载。现在一般认为它的意思是：经过摩擦的瑋瑁（即玳瑁）能够吸引褚^注。这是现今发现的我国最早关于摩擦起电现象的记载。

东汉王充（公元27—约97年）所著的《论衡》一书（公元82年左右）中，载有一些物理知识的内容。其中《是应》篇里提到：“司南之杓，投之于地，其柢指南。”这是关于司南的比较具体的描述。《论衡》的《乱龙》篇里讲到：

“顿牟掇芥，磁石引针，皆以其真是，不假他类。他类肖似，不能掇取者，何也？气性异殊，不能相感动也。”顿牟就是玳瑁，“顿牟掇芥”指摩擦过的玳瑁能够吸引草屑。这一段的意思是：玳瑁吸引草屑，磁石吸引铁，因为它们都是真东西，而不能借用别的相类似的东西。别的相类似的东西尽管很象，为什么不能吸引呢？这是由于它们的气性不同，不能互相感动的缘故。

西晋张华（公元232—300年）的《博物志·杂说上》（公元290年）中记载：“今人梳头、脱著衣时，有随梳解结有光者，亦有咤声。”这是关于摩擦起电产生火花并发出声音的记载。

注）《太平御览》对褚字的注释为“褚，芥也；褚音若。”芥这里指草屑。《太平御览》卷808里有两条关于琥珀吸引草屑的记载：（1）三国时虞翻说过，“琥珀不取腐芥，慈石不受曲针。”（2）《华阳国志》上说，“珠穴出光珠，琥珀能吸芥。”

东晋郭璞（公元 276—324 年）的《山海经图赞》中的《北山经图赞》里讲到：“慈石吸铁，璚瑁取芥，气有潜感，数亦冥会。物之相投，出乎意外。（璚瑁亦作琥珀）”这是说，磁石吸引铁，玳瑁（经过摩擦后）吸取草屑，是因为它们的气有潜在的感应，它们的数也有深奥的会合。这与王充在《论衡·乱龙》中所讲的意思相近，可能是受到王充的影响而略加发挥的。

南朝齐梁间陶宏景（公元456—536年）的《名医别录》中有“琥珀，唯以手心摩热拾芥为真”的记载。这是鉴别琥珀真假的方法。用手掌心摩擦它到发热，看它能不能吸引草屑，能吸引草屑的就是真琥珀。这可以帮助我们理解王充在《论衡·乱龙》中所讲的话的意思。

唐代段成式（公元？—863 年）的《酉阳杂俎·支动》（公元863年）中记载：“猫，…黑者暗中逆循其毛，即若火星。”这是关于摩擦起电产生火花的记载。

北宋庆历四年（公元1044年）左右，曾公亮（公元999—1078年）主编《武经总要》，其中前集卷15里讲到指南鱼，有关文字如下：“若遇天景噎霾，夜色暝黑，又不能辨方向，则当纵老马前行，令识道路；或出指南车或指南鱼，以辨所向。指南车法世不传。鱼法以薄铁叶剪裁，长2寸，阔5分，首尾锐如鱼形，置炭火中烧之；候通赤，以铁钐钐鱼首出火，以尾正对子位，蘸水盆中，没尾数分则止。以密器收之。用时置水碗于无风处，平放鱼在水面令浮，其首常南向午也。”这段文字写得很清楚，很具体。它是现今发现的我国古代使用指南针的最早记载，也是世界上利用地磁制造指南针的最早记载。

北宋元佑三年（公元1088年）左右，沈括（公元1031—1095年）在《梦溪笔谈·杂志一》中写道：“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也。水浮多荡摇，指爪及碗唇上皆可为之，运转尤速，但坚滑易坠，不若缕悬为最善。其法取新纆中独茧缕，以芥子许蜡缀于针腰，于无风处悬之，则针常指南。其中有磨而指北者。予家指南、北者皆有之。磁石之指南，犹柏之指西，莫可原其理。”这段文字也明白易懂，但有几点值得说明。第一、它表明，当时我国已知道用磁石磨针锋制造指南针的方法，而且还有方家（即专家，可能是堪舆家，他们制造罗盘用以看风水）。第二、它表明，我国在沈括时，已发现了磁偏角。这比西方人（哥伦布1492年航行到美洲时）发现磁偏角早400多年。第三、当时我国使用指南针有多种方法，以用单根蚕丝悬挂的方法为最好。这比库仑在1777年因发明这种方法而获得法国科学院的奖赏要早600多年。第四、对于磁石为什么指南，沈括说不明白它的道理。西方人在吉伯（1600年）以前，也不明白它的道理。

北宋重和二年（公元1119年），朱彧写成《萍洲可谈》，卷2中记述了当时（公元1099—1102年间）广州航海业发达的盛况和海船在海上航行的情形，其中提到：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”这是现今知道的世界上最早关于用指南针航海的记载。

北宋宣和五年（公元1123年），徐兢（公元1091—1153）随使赴高丽，回国后写出了《宣和奉使高丽图经》，其中关于航海的情况写道：“惟观星斗前进，若晦暝则用指南浮针，以揆南北。”

南宋咸淳十年（公元1274年），吴自牧写成《梦粱录》，卷12里提到用指南针航海的情况，讲得很具体、生动：“风雨晦冥时，惟凭针盘而行，乃火长掌之，毫厘不敢差误，盖一舟人命所系也。”

南宋德祐二年（公元1276年）春，文天祥（公元1236—1283年）在《扬子江》一诗中写道：“臣心一片磁针石，不指南方不肯休。”后来（也在1276年），他就把他的诗集命名为《指南录》。可见在南宋时，磁针指南在我国知识界已是普通常识了。

我国古代关于电和磁的知识，同西方古代（希腊、罗马直到文艺复兴之前）在这方面的情况很相似，都是由经验得出的一些知识，零散地记载在古代文献中，并且常常把摩擦过的玳瑁或琥珀吸引小物体与磁石吸引铁相提并论，而且都有人用一种看不见的气来解释这些现象。

我国古代在磁学方面的成就，曾超过同时期的西方，处在世界上领先的地位。例如，磁针指南是我国最早发现的，古希腊人和罗马人并没有发现这一点。又如曾公亮讲的利用地磁制造指南针的方法比英国吉伯讲的同样方法早500多年。沈括发现磁偏角比哥伦布早400多年，他发明丝悬指南针的方法比库仑早600多年。朱彧记载的指南针用于航海比西方最早的记载〔约公元1207年左右，英国人纳肯（Neckam, Alexander 1157—1217）在《论器具》（De Utensilibus）一书中的记载〕约早80多年。

西方在文艺复兴（始于我国元代末期）以后，知识逐渐社会化，各种学术团体纷纷出现，而且注重实验研究，从此科学技术便迅速发展起来。西方自1269年（我国南宋咸淳五

年)帕雷格里纳斯发现磁石有两极到1600年(我国明代万历二十八年)吉伯的《磁石》一书的出版,在电磁学方面便渐渐超过我们了。而这一时期,我国的社会环境却没有发展,同外界交流学术的机会很少,所以科学技术便停滞不前,甚至已取得的某些成就也失传了。

在这里,我们还应提一下有关指南针的问题。指南针的发明和用于航海,是我们祖先对于人类文化的重大贡献之一;已得到世界上许多学者的承认。但是,也还有学者不承认。例如英国的惠特克(Whittaker, E., 1873—1956)教授,在他的有影响的著作《以太和电的理论史》第一卷(A History of the Theories of Aether and Electricity, I)中,第二章开头的第二段里写道:“关于指南针是在什么地方,什么时间和由什么人发明的问題,都不能有完全确定的回答。直到最近,普遍的意见认为它来源于中国,经过阿拉伯人传到地中海,从而为十字军知道了。然而,事情并不是这样;中国人知道磁体的方向性是在11世纪末以前,但至少到13世纪末,没有用于航海。”他进而认为:“西北欧,可能是英国,比其他任何地方都更早地知道它,这似乎是没有疑问的。”由前面所述的我国古籍的记载可见,惠特克教授的这些话有错误,他的错误是由于他对我国古籍不了解所致。事实上,我国在12世纪初就已有用指南针航海的明确记载了。

二、电磁学在西方的萌芽

1. 古希腊人的发现

古希腊人基本上奠定了今天西方科学的基础。电磁学的

起源在西方也是出自古希腊。人工产生电（摩擦起电）的现象和磁石吸铁的现象，在西方最早都是由古希腊人发现的。在这里，我们引述流传下来的几则有关的重要文献记载：

1. 柏拉图（Πλάτων，英语为 Plato，公元前约428—约348年）在《蒂迈欧》（Τιμαίος）中讲到：“关于琥珀和磁石的吸引是观察到的奇事。”在《对话集》中讲到：“……欧里庇得斯称为磁石的石头，……这种石头不仅吸引铁环，而且也给予它们吸引其他铁环的相似本领。有时你可以看到，一般铁片和铁环一个吊着一个，形成一条长链，而所有这些都从原来那个石头取得它们的悬挂力量。”

2. 亚里士多德（Αριστοτέλης，英语为 Aristotle，公元前384—322年）在《灵魂论》第1卷第2章中讲到：“根据关于泰勒斯的记载来判断，他似乎是把灵魂看成某种具有引起运动的能力的东西，如果他确实说过‘磁石有灵魂，因为它吸引铁’这句话的话。”注①

3. 西奥弗拉斯托斯（Θεόφραστος，英语为 Theophrastus，公元372—约287年）写道：“琥珀是一种石头。它是从利古里亚的土地中挖出来的，具有吸引的本领。据说如果把它们打成碎块，不仅能吸引草屑和柴枝的碎片，甚至还能吸引铜和铁。”“但最大和最明显的吸引特性是磁石吸铁。”

4. 第欧根尼·拉尔修（Διογένης Λαέρτιος，英语为 Diogenes，约公元3世纪初）在《著名哲学家》第1卷中讲到：“亚里士多德和希比亚（Hippias）也说，他承认那些

注) 泰勒斯(Θαλῆς)，英文称为 Thales of Miletus，公元前约640—约547年，古希腊七哲之一。

被认为无生命的东西也有灵魂，他拿琥珀和磁石来证明这一点。”注①)

这些文献记载表明，至晚在公元前 300 多年，古希腊人就发现了琥珀吸引小物体的现象和磁石吸引铁的现象，而且还发现了铁经过磁化后也能吸引其他铁的现象。可以说，古希腊人的这些发现就是西方电磁学知识的开始。

2. 西方文字中‘电’和‘磁’两词的来源

现在西方拼音文字中，电和磁这两个词的来源，都与古希腊人的上述发现有关。

前面讲过，古希腊人发现了琥珀能吸引小物体。琥珀是松柏类植物的树脂入地后，经过数千万年以至数亿年而成的化石，多为具有黄色光泽的透明固体，在一些文明古国里，都把它当作宝石，用作装饰品。由于琥珀有光泽，古希腊人认为它同金属一样，都是太阳的孩子，古希腊人称太阳为 *ἡλεκτωρ*，所以就把琥珀叫做 *ἡλεκτρον*，意思是太阳的孩子。古希腊人大都习惯把琥珀当做高贵的装饰品，经常带在身上，这样就容易发现它吸引小物体的现象。后来英国科学家吉伯 (Gilbert, W. 1544—1603) 经过大量的试验，发现除了琥珀外，还有很多物体经过摩擦后，也能吸引小物体，他在用拉丁文写的书里，把这类物体统称为 *electrica*. 注②)。 *electrica* 是由拉丁文 *electrum* (琥珀) 一词派生出来的，而拉丁文的 *electrum* 则是由希腊文 *ἡλεκτρον* 一词音译而

注①) 他是指泰勒斯。

注②) *electrica* 的原意是“琥珀体”。本书在后面为便于理解起见，译作“电体”。

成。所以，现在西方拼音文字（包括俄文）中电的词根，便都是由希腊文 *ἤλεκτρον* 一词派生出来的。注）

现在西方拼音文字中，磁的词根都相同，但对于它的来源却有不同的说法。罗马学者普令尼（Pliny）根据在他之前200多年尼坎达（Nicander）写的诗（诗现已失传），说牧羊人麦格尼斯 *Magnes* 在伊达（Ida）山坡上牧羊时，发现鞭子的铁包头和鞋钉被石头吸引，后来便把这种石头称为 *Magnet*。也有人说是希腊的麦格尼西亚（*Μαγνησία*）地方出产一种能吸铁的石，所以便把这种石头叫做麦格尼特（*Μαγνητης*）。在古希腊有两个地方都叫做麦格尼西亚，一个在希腊本土的色萨利地方，另一个在今土耳其的小亚细亚。希腊本土的麦格尼西亚是一条狭长的山地，在那里并没有（即使有也很少）磁铁矿，所以麦格尼特一词的来源，不大可能出自这个地方。这个地方的古希腊人自称为麦格尼特人（*Magnetes*），约在公元前1000年至公元前700年期间，他们中有一部分越过爱琴海到小亚细亚殖民，在那里建立了一个城市，也叫做麦格尼西亚（在公元前毁于地震）。这个麦格尼西亚地方储有大量的磁铁矿。因此，如果麦格尼特一词来源于地名，可能是来自这个地方的地名。

3. 一千多年的停滞

古希腊人在公元前数百年就发现了琥珀吸引草屑的现象以及磁石吸铁和铁磁化后也能吸铁的现象。可是，在此后一千多年的时间里，西方关于电和磁的知识，一直停滞不前，

注）我国维吾尔文属阿尔泰语系，维吾尔文中电的词根也是这样来的。