

电磁学发展史

宋德生 李国栋 著



广西人民出版社

电磁学发展史

A History of Electromagnetism

宋德生 李国栋 著

广西人民出版社

电磁学发展史

A History of Electromagnetism

宋德生 李国栋 著



广西人民出版社出版

(南宁市河堤路14号)

广西新华书店发行 桂林漓江印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/32 16.5印张 365千字

1987年4月第1版 1987年4月第1次印刷

印数1—1,500册

书号: 13113·44 定价: 2.90元

ISBN 7-219-00118-5

G·41

前 言

《电磁学发展史》是我们为国内读者编写的一部关于静电学、静磁学、电动力学和经典电磁场论发展的科学史著作，兼有学术性和教学性双重特点。据我们所知，类似的书籍在国际上只有一本。那就是英国皇家学会会员惠特克(E. T. Whittaker)在1910年编写的单卷本和在1950年再版的两卷本《电和以太的理论的历史》(A History of the Theories of Electricity and Aether)。它基本上是一部用数学语言来总结电磁学发展史的学术论著，是一部权威的著作，程度较深，难度较大，而且对以太的模型讨论得很多，能将它全部读下来是不容易的。鉴于这种情况。我们就把《电磁学发展史》编写成具有中等学术水平并适合于高等教育的著作，以期让更多的读者通过这本著作对电磁学的真实发展以及有关的物理学思想史有更多的了解。我们痛感到这样的情况，历史上的各电学家和电磁学家的原始论著已无人问津，他们的天才实验和理论研究的方法被深深埋藏在浩瀚的文献堆里；另外，近半个世纪以来许多关于电磁学发展史的优秀论文散乱地分布在各种学术刊物上，不便获得，难以查阅。我们的贡献，就在于根据这些第一手文献和第二手资料，运用自然力统一的思想，从那些看来是十分杂散的历史

史信息中总结出一条较为清晰的历史线索，并为读者提供了大量的可以借鉴的翔实史料。如果我们这本书能够起到抛砖引玉的效果，那么我们为之付出的劳动就算有所成效。

由于我们水平有限，难免不出错误。我们热忱期待读者给予斧正。

作 者

一九八六年四月

目 录

第一章	古代电和磁现象的观察和应用	(1)
第二章	西方磁学诞生的前前后后	(20)
第三章	摩擦电源产生的前后	(30)
第四章	富兰克林的电学实验研究	(44)
第五章	由米谢尔到开文迪许	(60)
第六章	库仑定律的诞生	(75)
第七章	十八世纪的电测技术	(90)
第八章	静电学、静磁学和地磁学在十九世纪初的 发展	(103)
第九章	伽伐尼电的发现和伽伐尼电之争	(118)
第十章	伏打电池的发明	(130)
第十一章	奥斯特和电流磁效应的发现	(140)
第十二章	安培及其电动力学	(157)
第十三章	关于欧姆定律的实验和理论基础	(179)
第十四章	电磁感应定律的发现	(197)
第十五章	电的同一性和电解定律	(212)
第十六章	法拉第的静电感应定律，对超距作用的 挑战	(230)
第十七章	拉法第效应的发现及对抗磁体的研究 ...	(244)
第十八章	开耳芬的电学研究	(261)
第十九章	德国电动力学的兴起	(278)

第二十章	麦克斯韦电磁场理论的创立	(294)
第二十一章	赫兹及电磁波和光波的同一性的实验 证明	(315)
第二十二章	亥维赛奠定电讯工程的理论基础	(335)
第二十三章	电学单位的沿革	(352)
第二十四章	气体放电及阴极射线的发现	(364)
第二十五章	电子的发现	(381)
第二十六章	洛伦兹电子论的创立	(397)
第二十七章	磁致旋光理论的产生和发展	(414)
第二十八章	两世纪之交的磁学发展	(428)
第二十九章	电的应用	(447)
第三十章	磁的应用	(463)
作者后记		(483)
参考文献		(486)

Contents

Chapter 1. Observations of electricity and magnetism in the ancient times...	(1)
Chapter 2. Before and after the birth of magnetism in the western	(20)
Chapter 3. Before and after the birth of the sources of friction electricity	(30)
Chapter 4. Franklin's experimental researches on electricity.....	(44)
Chapter 5. From Michell to Cavendish	(60)
Chapter 6. Discovery of Coulomb's Law	(75)
Chapter 7. Electric measurements in the Eighteenth Century	(90)
Chapter 8. Developments of electricity and magnetism in the early of Nineteenth Century.....	(103)
Chapter 9. Discovery of galvanism and the dispute on it	(118)
Chapter 10. Invention of Volta's Pile	(130)
Chapter 11. Oersted and the discovery of the magnetic effect of electric current	(140)

Chapter 12. Ampère and his electrodynamics..... (157)
Chapter 13. Experimental and theoretical bases
of Ohm's Law..... (179)
Chapter 14. Discovery of the law of electro-
magnetic induction (197)
Chapter 15. Identity of electricity and the law
of electrolysis (212)
Chapter 16. Faraday's Law of electrostatic
induction, challenging to the
distance-action (230)
Chapter 17. Discovery of Faraday's Effect and
researches on the diamagnetism ... (244)
Chapter 18. Kelvin's researches on electri-
city..... (261)
Chapter 19. Arising of the electrodynamics in
Germany..... (278)
Chapter 20. Establishing of Maxwell's field
theory of electromagnetism (294)
Chapter 21. Hertz and he experimentally
certifying the identity of the waves
of electromagnetism and optics (315)
Chapter 22. Heaviside erecting the theoretical
bases of telecommunication engi-
neering..... (335)
Chapter 23. A history of the units of electricity
..... (352)

Chapter 24. From the vacuum electricity to the discovery of cathodic ray	(364)
Chapter 25. Discovery of electron	(381)
Chapter 26. Lorentz establishing the theory of electron.....	(397)
Chapter 27. Arising and developments of the magneto-optic theories	(414)
Chapter 28. Magnetism between the two centuries	(428)
Chapter 29. A History of the applications of electricity	(447)
Chapter 30. A History of the applications of magnetism	(463)
Epilogue	(483)
Reference.....	(486)

第一章 古代电和磁现象 的观察和应用

古代电现象的观察和发现

电和磁的深入研究和广泛应用，虽是在近代科学技术的发展中兴起的，但电和磁现象的观察发现以及磁的应用却有着极为悠久的历史^{[1]、[2]、[3]、[4]}。

(1) 雷电现象

自然界的雷电现象是人类最早观察到的电现象。我国远在三、四千年前的殷商时代（约公元前16—11世纪），甲骨文中就出现了“雷”字；在西周时代（约公元前11世纪—前771年），青铜器的铭文（金文）中就出现了“电”字^[2]。随后关于雷电现象的记载和产生雷电的原因的推测也不断增多起来。例如，在保存有我国上古历史文献和追述古代事迹著作的汇编《尚书》中就有“天大雷电以风”的记述。在《南齐书·五行志》（梁，萧子显，510*）中记述齐武帝永明8年时会稽山阴保林寺遭雷击“电火烧塔下佛面，而窗户不异也”。在北宋沈括著《梦溪笔谈》（1086）卷20中记述内侍李舜举家遭暴雷时“雷火自窗间出，……其漆器银扣（镶嵌）者，银悉熔流在地，漆器曾不焦灼。有一宝刀，极

* 510为公元510年的简写，下同。

坚钢，就刀室（鞘）中熔为汁，而室（鞘）亦俨然。”值得注意的是后面两条记载真实地记述了在落雷的对地面放电过程中，导体（涂金粉的佛面、银扣、宝刀）中因有强大电流通过而发热，使金属（银扣、宝刀）熔化，但绝缘体（窗户、漆器和刀鞘）却因不导电而未受影响。

关于产生雷电的原因，西汉刘安等编纂的《淮南子》（约公元前120年）中说是“阴阳相薄为雷，激扬为电”。东汉王充著《论衡》（82或83），他在卷6《雷虚》篇中批判了当时认为雷电是天怒罚人的迷信观念，提出“雷者太阳之激气也。……夫雷，火也。……当雷之时，电光时见，大若火之耀，……”指明雷电为自然现象，在当时是颇有独到见解的，虽然这些说法因受历史条件限制未能说明雷电的真正成因，但所提“阴阳”“激气”表现了朴素的辩证自然观。

17世纪法国旅行家卡·戴马甘兰在游历中国后写的《中国新事》（1688）中叙述中国屋宇顶上龙头中有伸出的金属龙舌，舌根有细铁丝直通地下，使房屋不受到雷电的破坏作用。这可能是关于避雷针装置的一项最早记载。

（2）摩擦起电

相传古希腊时代的“七贤”之一的泰勒斯（Thales，公元前640—前546年）曾发现珀琥（一种矿物化的黄色树胶）经摩擦后可以吸引轻微的物体（如纸屑、芥子等）的摩擦起电现象。希腊文“琥珀”就成为“电”的字源。后来特奥夫拉斯都（Theophrastus，公元前372年—前287年）在其《论宝石（on Gems）》著作中叙述了另一种可以摩擦起电的矿物^[4]。

我国东汉时哲学家王充在其著作《论衡》卷16《乱龙》篇中曾讲到“顿牟掇芥，磁石引针，皆以其真似，不假他

类。他类肖似，不能掇取者，何也？气性殊异，不能相感动也”。经考证^[8]：顿牟是指琥珀或瑇瑁，都是电的绝缘体，可以摩擦起电。这里将顿牟掇芥的静电现象和磁石引针的静磁现象并列，是很有见地的。还讲到“性质(气性)不同的物体，是不能产生这些现象的”。到三国(公元220年—265年)时，已有“琥珀不取腐芥”的记载，这是因为腐芥潮湿含水，绝缘性差，不再能受静电吸引了。说明观察已深入进步了。南北朝医药学家陶弘景(452—536)在《名医别录》中记述“琥珀，唯以手心摩热拾芥为真”。已经把摩擦起电现象作为判别琥珀真伪的凭据，表明这种现象已相当普遍为人所知了。

另一类摩擦起电和静电放电现象是由于放电发光发声而被观察记载的，其原理同自然界的雷电现象相类似。这方面的最早记载是西晋时代博物学家文学家张华(232—300)著的《博物志》(290)，他记述“今人梳头、脱着衣时，有随梳、解结有光者，也有咤声”。用骨、角或漆木制成的梳、用丝绸或皮毛作成的衣服和头发都是绝缘体，梳发时，梳与发摩擦，脱衣或穿衣时，质料不同的外衣与内衣摩擦，在干燥空气中都会因摩擦起电，再放电而发出火星和声音。到了唐代(618—907)，段成式撰著的《酉阳杂俎》(863)中曾讲到，把黑色的猫“暗中逆循其毛，即著火星”。这是摩擦猫毛起电产生火花放电(火星)现象，选择黑猫和黑暗仅是便于观察而已。此外，《汉书》(约100)中有“矛端生火”，晋《搜神记》中有“戟锋皆有火光，遥望如悬烛”的记载，记述的可能是在特定条件下的一种尖端放电现象，叙述中带有文学笔调的夸大。

(3) 地光现象

古代的记载和现代的观察都表明，在地震发生前，有时

在地面或空中会产生发光的现象，称为地光。产生地光的原因，目前尚不清楚。曾提出过岩石压电效应使附近气体电离或岩层中放射性使气体电离，电离气体发光的假说。地光现象是一种研究地震的征兆和预报地震的前兆。我国古代史籍，尤其是各地的地方志中有大量关于地光的记载。例如：《成都志》记述西晋惠帝永熙三年（293）成都地震前“有火光入地”。《万历实录》记述明武宗正德四年（1509）“武昌府见碧光闪烁如电者六、七次，隐隐有声如雷鼓，已而地震”。《正德实录》记述明武宗正德八年（1513）四川雋县“有火轮见空中，声如雷，次日戊戌地震”。《江陵县志》记述明毅宗崇祯四年（1631）湖北江陵发生地震前“天忽通红”。《沅江县志》记述明毅宗崇祯十年（1637）湖南沅江发生地震前“子时天响有光，移时地震一刻”。《溧阳县志》记述清宣宗道光二十六年（1846）江苏溧阳地震前“有赤道自北而南”。这些与地震有关的地光史料对于地震的研究是很有意义的。

古代磁石的发现和磁现象的观察

（1）磁石的发现^[1]

磁石在我国古代称慈石，它是自然界存在的具有永磁性的强磁性氧化物的统称。磁石主要是磁铁矿（ Fe_3O_4 ），此外还有磁赤铁矿（ $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ），钛磁铁矿（ $\text{FeO-TiO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ）等，有时还包括磁黄铁矿（ FeS_{1+x} ）。慈石的得名是因其能吸引铁质物体，形象地比喻为母亲对子女的慈爱。东汉高诱的慈石注称“（慈）石铁之母也，以有慈石，故能引其子”。

我国关于磁石的最早记载见于春秋（公元前770—前476

年)时期管仲(公元前?—前645年)及其学派的著作《管子》(春秋—西汉)的“地数篇”：“山上有赭者，其下有铁，山上有铅者，其下有银，一曰山上有铅者，其下有钅银，山上有丹沙(砂)者，其下有钅金，山上有慈石者，其下有铜金，此山之见荣者也”。成书时代与《管子》相近的《山海经》中“北山经”亦有类似的记载：

“西流注于渤泽，其中多慈石”。

管仲是春秋时期法家的先驱，重视农业生产和发展军事力量，曾设立盐官和铁官，可见当时冶铁技术和铁器使用已较普遍。作为炼铁的重要矿石之一的磁石在这时见于记载不是偶然的。几种矿石金属并列，表明当时对多种矿石金属已有一定的认识。《山海经》相传是夏初(约公元前21世纪)禹和益所作，经考证为战国时期的作品，是我国也是世界现存的最古的地理书之一。

(2) 磁现象的观察

在天然磁石发现后不久，便相继发现了磁石的一些重要性质，如对铁属物质的吸引作用，对非铁属物质无吸引作用，对其他磁石的吸引或排斥作用，以及指极性。这方面的主要记载有：

“若磁石之取钅(针)”。(《鬼谷子》，约公元前4世纪)

“慈石召铁，或引之也”。(《吕氏春秋》，公元前249年，“精通篇”)

“顿牟掇芥，磁石引针”。(王充《论衡》，82或83，“乱龙篇”)

“若以慈石之能连铁也，而求其引瓦，则难矣。……及其于铜则不通”(刘安等《淮南子》，约公元前120年)。

西汉时栾大曾制作“斗棋，棋自相触击。〔索隐〕顾氏案万毕术云，取鸡血杂磨针铁，梲和磁（磁）石，棋头置局上，自相抵击。”（司马迁《史记》卷28，约公元前90年）

鬼谷（约公元前4世纪）为战国时纵横家，是主张合纵说的苏秦和主张连横说的张仪的老师。《吕氏春秋》是战国后期吕不韦领导编写的综合性名著，他们的记述表明战国时已发现了磁石吸铁的现象。《淮南子》是西汉淮南王刘安领导编写的综合性著作。从《淮南子》和《史记》的记述，可以看到在公元前1—2世纪，我国已进一步发现磁石不能吸引瓦铜等物质、磁石与磁石（斗棋）间的吸引和排斥现象。

在西方，古希腊的泰勒斯最早记述了磁石吸铁的现象^[6]。苏格拉底（Socrates，公元前469—前399年）曾提到有人“把磁石称为Magnesian石，而一般人则把磁石称为Herculean石”^[6]。一种传说是克里特岛上牧人马格内斯（Magnes）的鞋底铁钉和手杖铁端被磁石吸住，因而发现磁石并以牧人姓名命名^[4]；另一种传说是马格内斯为小亚细亚出产磁石的地名。古希腊医学家希波克拉底（Hippocrates，公元前460—前357年）曾称磁石为“吸铁之石”。稍后的古希腊哲学家伊壁鸠鲁（Epicurus，公元前342—前270年）曾解释磁石吸铁的原因是“因为从磁石流出特殊的粒子，与从铁流出的一样，碰撞时，便易结合在一起……琥珀等的吸引也一样”^[6]。这就把磁石的静磁吸引和琥珀吸轻物的静电吸引并列，甚至看作是同样的现象。有意思的是磁石在西方的法文称l'aimant，西班牙文称iman，匈牙利文称magnetkő其意义均为“爱的石头”，与东方梵文称ayaskānta（爱铁），中文称慈石，都有相似的意义。

古罗马诗人卢克莱修（Lucretius，公元前99—前56年）

在其诗中曾讲到“磁的吸引是通过环和链而传递”。公元四世纪，罗马皇帝提奥多西（Theodosius）的大臣安比里库（M. Empiricus，约4世纪）曾描述过磁石吸引和排斥铁的现象。奥古斯丁（A. S. Augustine，354—430）神父也曾记述过一些磁现象，例如提到磁石能吸引许多的铁环成链；又提到在银盘上放置铁块，在盘下放置磁石，这样移动磁石时，铁将随之移动，银盘不能隔断磁石的吸铁作用^[6]。

（3）磁屏蔽现象的发现

北宋（960—1127）时陈微显曾讲述磁石吸铁能“隔碍相通”，即磁石和铁之间如隔有其他物体也不能阻断磁石吸铁的作用。奥古斯丁记述的银盘不能隔断磁石对铁的吸引就是一个具体的例证。我国古代利用磁石治疗耳病也是磁石吸铁能“隔碍相通”的应用。但磁石吸铁的作用能否阻隔呢？清代（1644—1910）刘献廷（1648—1695）著的《广阳杂记》中曾有这样的记载：

“磁石吸铁隔碍潜通，或问余曰：‘磁石吸铁，何物可以隔之？’犹子阿孺对曰：‘唯铁可以隔之耳！’其人去而复来曰：‘试之果然’”

这段记述表明，在对磁的本质尚未了解的时代，铁能被磁石吸引的现象广为传播的情况下，能提出并随即为试验证实，铁也能隔断磁石吸铁的作用，即发现铁对磁的屏蔽作用是十分难能可贵的。这也是古代关于磁屏蔽作用的唯一记载。

原始指南器、指南针的发明和应用

指南针和火药、印刷术是我国古代对世界文明作过重大