

第一章

“电”“磁”话古

第一节 中国古代的电学

一、“雷”“电”训诂

中国是世界文明古国之一，也是世界上首先对“电”现象进行观察、认识和描述的国家之一。

和世界上许多国家一样，我们的祖先首先是从雷鸣电闪中注意到电现象的存在，并以原始的文字把观察现象描述、记录下来。

“雷”字在古汉语中有两种含义：一是指空中雷电所发出的声音，即雷鸣；另一种是指空中带电的云所引起的放电现象，包括雷鸣和电闪。《说文解字集注》·電下段注“古义霆雷不别，许（指《说文解字》的著者许慎，公元30—124）意则统言之谓之雷。自其振物言之谓之震，自其余声言之谓之霆，自其光耀言之谓之電。”

“雷”字最早出现在公元前14世纪至公元前11世纪的殷墟甲骨文中。甲骨文“雷”（见图1-1）的中间符号表示闪电，四周符号代表小鼓发出的声音。在金文及一些甲骨文中，“雷”字则由4个或2个“田”字和代表闪电的符号组成，字形中的“田”不是“田野”的意思，它和《诗经·周颂·有瞽》篇中的“应田縣鼓”中的“田”的意义相同，“田”是“棘”（小鼓）的借用字，即“田”代表小鼓，也就是说“雷声如打鼓”的意思。后来又加上“雨”头，即“雷”代表“雨中的鼓音”。以后在篆文中，四面小鼓（田）减少为三面，并省去了代表闪电的字符。到了楷书时代，三面小鼓（田）变为一面（田），成为现今通用的字形。

“雷”字的主要演变过程见图1-1。

至于“電”字，其产生和演变的过程就稍为复杂一些。

“電”字的本义，在古代实指空中雷电所产生的耀光，即“闪电”。《礼记·月令》：“雷乃发声，始電”；辽·希麟《续一切经音义》卷7·雷電，《玉篇》云：“闪电也释名曰電”；《吕氏春秋·贵生》：“故雷则揜耳，電则揜目”（“揜”即掩，遮盖意）；《汉书·礼乐志》：“雷震震，電耀耀”（雷声隆隆，電光闪闪）；《论衡·雷虚》：“盛夏之时，雷電迅疾”。从以上各句看出，“電”字都是指闪电。

迄今为止，在甲骨文中尚未发现“電”字，只有“電”的本字“申”和“神”。

甲骨文中多处出现“申”字。在徐中舒著《甲骨文字典》中就收有13个“申”字，这13个字尽管字形不尽相同，但许多都呈“电耀曲折”形。汉·许慎（公元30—124）著《说文解字·虫部》：“籀文虹，从申。申，電也。”一语道破，“申”字是古“電”字之一。

“申”的古字有两种基本字形。其中一种在甲骨文、金文中呈“电耀曲折”形（图1-2），它是“電”的古字之一。

“神”是“電”字的另一个古字。方述鑫著《甲骨金文字典》在解释“神”字时说“甲骨文中的申字或从申的電字都是电耀曲折形状，先民以申（電）的威力而为神奇，所以用‘申’（電）表示神。”清·汪仁寿（1875—1936）著

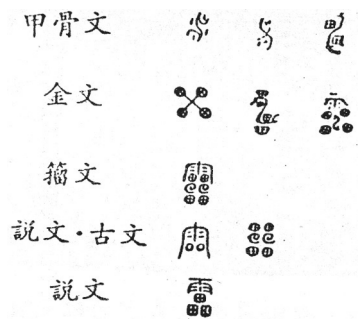
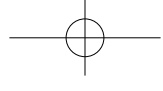


图 1-1 “雷”字的演变



2 电机史话

《金石大字典》称“甲骨文的‘神’字为古‘電’字。”《汉语大字典》卷4·神，“甲骨文、金文‘神’字或作‘申’，不从‘示’。”

从上面记述可知，甲骨文中的“申”“神”字可以是古“電”字，也就是说，中国大约在3000多年前的甲骨文中就有了“電”字。

商周时期(公元前16世纪—公元前7世纪)我国进入青铜时代，铭刻或铸在青铜器上的金文不仅有“電”字的古字“申”和“神”，而且在公元前9世纪周孝王时青铜器番生簋上出现了“電”字(图1-3)。从图1-3可以看出，“電”，从雨，从申”(《说文解字》)，是由“雨”字和“申”字复合而成。在稍后的楚国帛书中也有了“電”字，仍“从雨，从申”。以后在篆文、楷书中，“申”变形为“电”，成为“電”字。近人在“電”的简化字中去掉“雨”，成为“电”，实恢复“電”的古字“申”也。“電”字的基本演变见图1-4。

应该说明的是，古代的“電”字是指闪电。到了近代，随着近代自然科学传入中国，近代电学引入中国。1851年前后，中国首先将英文“electricity”译为“電”，简称为“电”，赋予“电”字以新的内涵，“电”的研究和利用也逐渐在中国大地上展开。

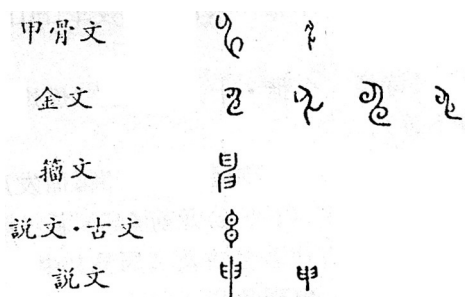


图1-2 “申”字的演变



图1-3 青铜器番生簋上的铭文及“電”字

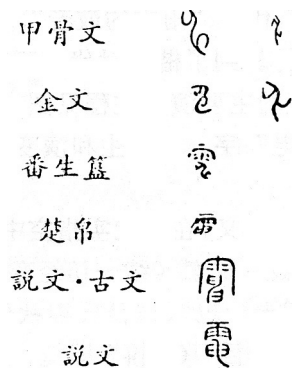


图1-4 “電”字的基本演变

二、中国古代对“雷”“电”的观察和描述

中国古代文字中有关“雷”和“电”的观察、描述、探索的记载非常丰富，甲骨文、金文中就有许多有关“雷”“电”的记录，以后各种古代文献中有关“雷”“电”的资料也很丰富。

《诗经·小雅·采芣》：“戎车啾啾，啾啾焯焯，如霆如雷”(排山倒海军容振，势如雷震动乾坤)。

《诗经·小雅·十月之交》：“烨烨震电，不宁不全”(电光闪闪，雷声隆隆；国家不安，国事不善)。

《礼记·月令》：“雷而发声，始电”“是月也，日夜分，雷而发声。”

春秋管仲(?—公元前645)著《管子·七臣七注》：“天冬雷，地冬霆，草木落而秋荣。”

中国古代著名古籍《周易》中，有“震”(☳)卦，其卦象均与“雷”“电”有关，说明先民已将“雷”“电”现象用于卦卜和预测中；在《易象·噬嗑》中有“刚柔分动而明，雷电合而章。”

在中国古代四大奇书之一的《山海经》中，不但有“雷神”插图，在《山海经·海内东经》中还记述有“雷泽中有雷神，龙身而人头，鼓其腹。”

梁·任昉著《述异记》引古代儒生说法：“盘古氏泣为江河，气为风，声为雷，目瞳为电。”

《焦氏易林·豫》：“雷行相逐，无有休息”；《焦氏易林·解》·丰：“雷鼓东行。”

西汉刘安(公元前179—公元前122)《淮南子·原道训》：“电以为鞭策，雷以为车轮。”

西汉著名文学家杨雄(公元前53—公元18)著《河东赋》：“奋电鞭，骏雷辎。”

东汉著名唯物主义哲学家王充(公元27—约公元97)《论衡》中有许多关于“雷”“电”的记载，如“盛夏之时，雷电迅疾”“当雷之时，电光时现”“惧雷电妄击”“千里不同风，百里不同雷”“云雨至则雷电击”“图画之工图雷之状，累累如连鼓之行”“雷电发时，龙随而起……雷龙同类，感气相致”等，提出了雷电与云、雷与电有依存关系。

这些记载都是有关“雷”“电”现象的生动描述。汉代以降，中国古代文献中有关“雷”“电”的描述更为丰富，不胜枚举。例如，明代宰相张居正(1525—1582)对球形闪电进行了仔细观察，在其著作中，对球形闪电火球的大小、形状、颜色、出现时间等都作了详细描述。

此外，在中国古代，以雷电为题的诗、词也非常丰富。如唐昭宗《咏雷》云：“祇解劈牛兼劈树，不能诛恶复诛凶”；晚唐五代诗人韩偓《雷公》云：“闻人倚柱笑雷公，又向深山劈怪松。必若有苏天下意，何如惊起武侯龙”；杜甫“昏昏闾阖闭氛祲，十月荆南雷怒号”；陆游“电掣光如画，雷轰意未平”等。

除了大量的文字记载外，中国古代先民还有许多与“雷”“电”有关的器物 and 神灵。早在殷商时代的文物中已有云雷纹饰，在汉代画像砖中也有雷神出现，敦煌出土唐代文物中更有《其解梦及电经一卷》，其旁还绘有一身执弓射箭的电神。在民间，更有雷公、电母、雷祖、雷兽、雷公庙、雷公石、雷器等。图1-5为民间雷公、电母像。

在中国古代大量有关“雷”“电”记载的文献中，还有一些涉及雷电性能、电学知识的珍贵记录。

南朝·梁·萧子显(489—537)著《南齐书·五行志》：“永明十年二月庚戌，夜，南方有电光，因闻雷声隆隆相续”，这是电光快于雷声(光速大于声速)的记述；又，“雷震会稽阴恒山保林寺，刹上四破，电光烧塔下佛面，而窗户不异也”，这是雷电只通过导电物(敷有金属粉的佛面)，而不通过绝缘物(木窗)的记述。

特别值得一提的是，我们祖先通过对雷电现象的长期观察、思考和实践，在世界上首先发明和应用了用于建筑物的避雷装置。据唐代王叡著《灸毂子杂录》记载，汉武帝时，未央宫及柏梁台遭雷击失火，方士“勇之”向汉武帝建议，在宫殿屋脊两头安装铜“鸱鱼”来防止雷电引起的天火。以后2000多年，中国古建筑屋脊上多安装这一类金属瓦饰，指向天空。雷雨时，金属瓦饰连同淋湿的屋檐、墙壁(起导电接地作用)可以起避雷的作用。例如，三国时代(220—280)，中国一些古建筑物上装设有铜铁制的“葫芦串”。另外，如北京天坛祈年殿等的风宝铜圆顶；青海塔尔寺和西藏布达拉宫由金顶、金属屋面构成的消雷装置；某些古塔由塔顶金属刹和金属索(一头与金属刹相连，一头连到塔旁水井中或地中)组成的避雷装置；湖北武当山的金殿(铜殿)(图1-6)屹立山峰500年不遭雷击，其原因就在于金殿是一座全铜建筑，顶部设计十分精巧，屋面平缓，脊饰上翘，起到了避雷作用。尤其是“雷公柱”的应用，中国许多古建筑的屋脊两头都设有龙头，龙头上仰，龙口吐出一条曲折的金属舌头，伸向天空，舌棍连着一根铁丝，铁丝直通地下。这种“雷公柱”曾令17世纪来华的传教士惊讶不已。1688年，法国旅行家卡·戴马甘兰在所著*The New Things of China* (《中国新事》)一书中记载了中国古代建筑物上的避雷装置。它的避雷原理与美国著名科学家富兰克林(B. Franklin, 1706—1790)1752年发明的避雷针的原理完全一样，但时间要早得多，而且设计精妙，真可谓融科学和艺术于一炉的佳作。

关于雷电的成因，我们祖先也进行过探讨。曾子(公元

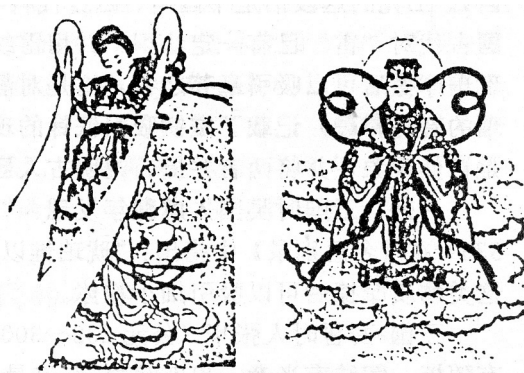
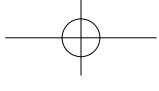


图 1-5 电母和雷公像



图 1-6 武当山金殿



前 505—公元前 436)认为:“阴阳两气俱则雷,交则电”;庄子(约公元前 369—公元前 256)在《庄子》一书中指出:“木与木相摩则然,金与火相守则流,阴阳错行……于是乎有霆”(霆即劈雷);《淮南子·坠形胜》认为:“阴阳相薄为雷,激扬为电”;《淮南子·原道训》·高诱注:“电,激气也;雷,转气也”;许慎《说文解字》:“电,阴阳激耀也”“雷,阴阳薄动,雷云生物者也”;宋朝陆佃(1042—1102)在其著《埤雅》中,对电的解释是:“雷与电同气”“盖阴阳暴格,分争激射,有火生焉,其光为电,其声为雷”;明代宰相刘基(刘伯温,1311—1375)说得更明确:“雷者,天气之郁而激而发也。阳气困于阴,必迫,迫极而进,进而声为雷,光为电。”

当然,上面这些对“雷”“电”成因的解释主要是从哲学上进行阐述,并未触及电的本质,解释也不尽科学。但是,古人试图用构成宇宙的基本要素“阴”“阳”来解释“雷”“电”成因,是否也表达了他们对“雷”及“电”本质进行探索、穷源的希望和努力呢?另外,我们的祖先已将雷鸣、闪电现象联系起来,把它们视为一种自然现象的两种表现形式,这不能不说是雷电认识上的一大进步。

三、中国古代对摩擦电的观察和描述

中国古代对摩擦电的观察记录首见于西汉末年《春秋纬·考异邮》中的记述:“瑇瑁吸褚”(瑇瑁即玳瑁,褚即细小物体)。东汉王充在《论衡·乱龙篇》中也记载“礼画雷樽,象雷之形。雷樽不闻能致雷,土龙安能而动雨?顿牟掇芥,慈石引针,皆以其真是,不假他类”(祭礼中使用画有雷形图纹的酒杯,并没有听说就能引起打雷,那么土龙怎么能引起下雨呢?玳瑁能吸引小物体,磁石能吸引铁针,这些都属于它们本身的性质,不用借助其他东西)。王充的这段话是中国古代电、磁科学史中的重要文献,它揭示了四个重要内容:①中国古代对“雷”已有一定认识,并用雷纹(西周青铜器上已有雷纹)进行装饰;②记载了玳瑁摩擦后可以吸引毫芥之物,这是对静电现象的明确描述(书中“顿牟”是外来语,是玳瑁的音译);③记载了磁铁吸引铁针的现象;④文中指出“顿牟掇芥”和“慈石引针”都是自然现象,并将两者并提,说明古人已注意到两者的相似性和可比性。

另外,三国时吴国人虞翻发现:“虎魄(即琥珀)不取腐芥”;南北朝时名医陶弘景(456—536)在《名医别录》中指出:“琥珀惟以手心摩热拾芥为真”。说明当时已有许多人知道琥珀这类物质摩擦后可以吸引细小物体。

三国—西晋时人张华(232—300)在所著《博物志》中记述:“今人梳头、脱着衣时,有随梳、解结有光者,也有咤声”,这是对静电放电产生的放光发声的直观描述。

明代都邛在《三馀赘笔》中记述:“吴绫为裳,暗室中力持,以手摩之良久,火星直出”,这是丝绸(吴绫)摩擦生电发光实验的记录。

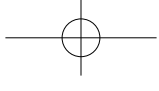
由于摩擦电一般不太明显,古人对它的记载还只是一些现象的点滴描述,没有进一步对摩擦电进行实验、探索,更谈不上利用了。

第二节 西方古代对“电”的观察

和中国一样,世界上各文明古国都是从观察雷电现象开始来认识电现象的。在古希腊著名诗人荷马(Homer,公元前 9 世纪—公元前 8 世纪)所著《荷马史诗》中,已有多处谈到了雷帝、雷神、雷电、雷鸣、闪电;在《圣经(旧约)》(成书于公元前 5 世纪—公元前 2 世纪)及古罗马诗人但丁(Dant Alighieri, 1265—1331)所著《神曲》中也有多处关于雷电、雷神、雷龙的描述。

除了对雷电的观察、描述外,古希腊人很早就观察到摩擦电的存在。在荷马著 *Odyssey* (《奥德赛》)史诗中记载:福尼亚(Phoenicia)商人献给西拉(Syra)女王琥珀项链,当时人们发现摩擦琥珀会发出电光,感到非常神奇,因此视琥珀为珍宝(希腊语 ηλεκτρον 意为琥珀,又作白金解释)。

公元前 6 世纪前后是古希腊文化昌盛时期,妇女出门喜欢穿柔软的华贵衣服,胸前佩戴琥珀首饰。人们为了使首饰鲜艳光亮,总想把琥珀首饰擦得干净漂亮。可是人们发现,不管首饰擦得多干净,它还是很快就



会吸上一层灰尘。这个现象引起当时希腊七贤之一的泰勒斯(图 1-7)的注意,他发现佩戴在胸前的琥珀首饰不断晃动,频繁地与衣服相擦,猜想这里面一定有什么奥秘。后来他发现用毛皮摩擦后的琥珀能够吸引绒毛、通草等小东西,并认为“琥珀吸引微小物体是它们内在的能力”,于是将这个不可理解的力称为“琥珀力”。在此以后近 1000 年中,西方对电的研究一直没有多大进展。直到公元 1600 年前后,英国女皇的御医、物理学家吉尔伯特(William Gilbert, 1544—1603),进行了摩擦起电试验,进一步阐明除琥珀外,硫磺、玻璃、云母、水晶等经摩擦后也能吸引轻的物体,他认为摩擦是使物体产生吸引力的原因。吉尔伯特还根据希腊文琥珀(ηλεκτρον)的译音,将某些物质呈现的这种力称为“electricam”(即“琥珀力”之意)。1646 年,英国人 T. 布朗(T. Blowne)在他的著作 *Pseudodoxia Epidemica* 中,按英语拼写法,将“electricam”改写为目前人们熟知的“electricity”(电),并一直沿用至今。以后,世界上许多国家也按此拼写,创造出许多种文字的“电”字。

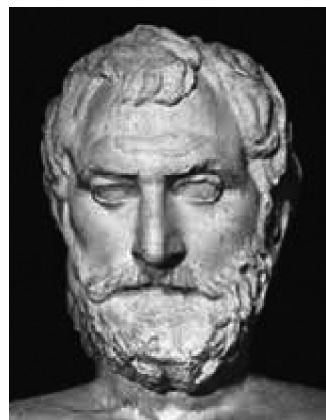


图 1-7 泰勒斯(Thales of Miletus, 公元前 624—公元前 546)

在日本,由于相当一段时间内受汉文化的影响,“雷”“电”这些字很早就进入日本古文献中,而且含义也和中国古代的一样。到了近代,西学东渐,日本大量译介西方科学著作,对“electricity”一词的翻译,早期极为混乱,先后采用过多种译名,如“ゑれきてりせいりて”“エレキテル”“野礼幾的尔”“越列吉低力的乙多”“ゑれきてる”“越機”“エレキ”“越列機力”“越历的里天帝多”“瓦尔华尼”“灵震机”等。1888 年,受中国将“electricity”译为“电”的影响,才将“electricity”译作“電氣”,并沿用至今。

第三节 中国古代的磁学

一、“磁”字溯源

中国是世界上首先发现磁石,并对磁现象进行观察、描述、探索的国家,也是世界上首先将磁石应用于航海、军事、医药等领域的国家。

中国古代文献中关于磁石的最早记载见于春秋时管子(?—公元前 645)著《管子·地数篇》,内有伯高答黄帝问:“上有慈石者,其下有铜金。”按,黄帝在世约公元前 26 世纪左右,据此推算,中国发现天然磁石的历史可以上溯到 4600 多年前。在战国时吕不韦(公元前 292—公元前 235)门人所撰《吕氏春秋·精通》中也有“慈石召铁,或引之也”的记述(图 1-8)。

值得一提的是,上述引文中的“慈石”即现在通称的“磁石”。原来,古人将“磁石”人格化,将“磁石”与“铁”以母子相喻,称为“慈石”。晋代郭璞(276—324)著《慈石赞》曰:“慈石吸铁,母子相恋也。”

王充著《论衡》中有“顿牟掇芥,磁石引针”的著名论述(图 1-9),并将“慈石”写作“磁石”。以后,在南北朝时代,省去“磁”字右边的“心”,始有“磁”字。如晋代潘岳(247—300)著《西征歌》:“门磁石而梁木兰兮,构阿房之屈奇”;六朝梁陈时人作《三辅黄图》中有“以木兰为梁,以磁石为门”的记载(图 1-10)。

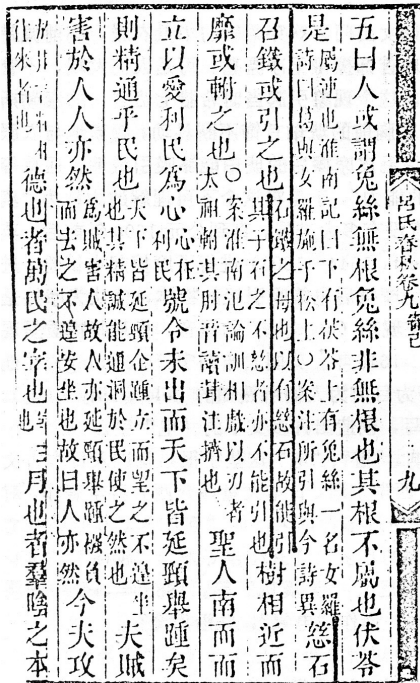


图 1-8 《吕氏春秋》中关于“慈石召铁”的记载

总之，在古汉字甲骨金文中本无“磁”字，“磁”字是伴随磁石的发现，由“慈”字通过“磁”字演变而成的(即慈→磁→磁)。

二、中国古代关于磁石性能的观察研究

从春秋战国以来，中国许多古籍中都有对磁石性能进行观察、研究的记载。

1. 磁石吸铁

中国春秋时代就有“磁石吸铁”的记载。《管子·地理指蒙》有“慈石为铁之母”的记载(两种含意，一指铁是由慈石炼出来的；二指慈石吸取铁，犹慈母之召子)。成书于春秋战国时代的《山海经·北山经》说，灌题山“匠韩之水出焉，而西流注于渤泽，其中多慈石”；成书于战国时代的《鬼谷子》中有“其察言也，若慈石之取鍼”(鍼即针)。在另外的古籍，如《吕氏春秋》《论衡》《淮南子》《山海经·图讚》《汉书·艺文志》等，都有磁石吸铁的记载。而且，古人还发现，磁石只能吸铁而不能吸引其他物体。《淮南子·览冥训》有“若以磁石之能连铁也，而取其引瓦，则难矣”；《淮南子·兵略训》有“磁石能吸铁，及其与铜则不引也”；东汉曹植(192—232)在他所著《矫志诗》中也有“磁石引铁，于金不连”(磁石只吸铁，对铜则不起作用)的句子。

2. 磁石极性

中国古代先民不但发现磁石能吸铁，而且还发现磁石有极性，能指南、指北。《管子·地理指蒙》中有：“磁石为铁之母，有阴阳之相背，以阴而置南，则北阳从之，以阳而置北，则南阴从之”，对磁石的南、北极性作了清楚的描述。

古人不仅发现磁石有极性，而且还发现磁石有同性相斥、异性相吸的特性。《易·各从其类疏》中有“非唯同类相感，亦有异性相感者，若磁石引鍼，琥珀吸芥”；《淮南子·万毕术》中也有磁石相斥的记载。

3. 关于磁力不受媒质影响和磁屏蔽作用

宋代张房著《云岷七竿》中有“磁石吸铁，间隔潜应”的记载；1644年，刘献廷(1648—1695)著《广阳杂记》中有“磁石吸铁，隔碍潜通，或问余，磁石吸铁，何物可以隔之……唯铁可以隔耳。……试之，果然。”这是世界上有关磁屏蔽的最早记录。

三、指南针的发明及应用

指南针是利用磁石指极性制成的指南仪器，它是中国古代的伟大发明之一。英国著名哲学家培根(F. Bacon, 1561—1626)首先在《新工具》一书中将印刷术、火药、指南针称为三大发明。后来马克思(K. Marx, 1818—1883)、英国著名汉学家麦都思(W. H. Medhurst, 1796—1875)等承袭了培根的说法。马克思在《机械、自然力和科学的应用》中称“火药、指南针、印刷术——这是预告资产阶级社会到来的三大发明”。麦都斯则指出：“中国人的三大发明(指南针、印刷术、火药)，对欧洲文明的发展，提供异乎寻常的推动力。”著名英国学者李约瑟(图 1-11)在上述三大发明中加入造纸术，称为中国古代的四大发明。

中国发明和应用指南针大致经历了司南→指南鱼、指南龟→指南针(水针、旱针)→罗盘(水罗盘、旱罗盘)几个阶段。

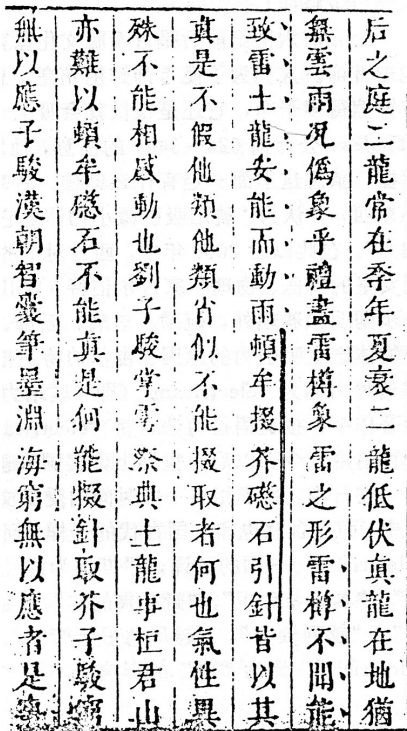


图 1-9 《论衡》中关于“顿牟掇芥，磁石引针”的记载

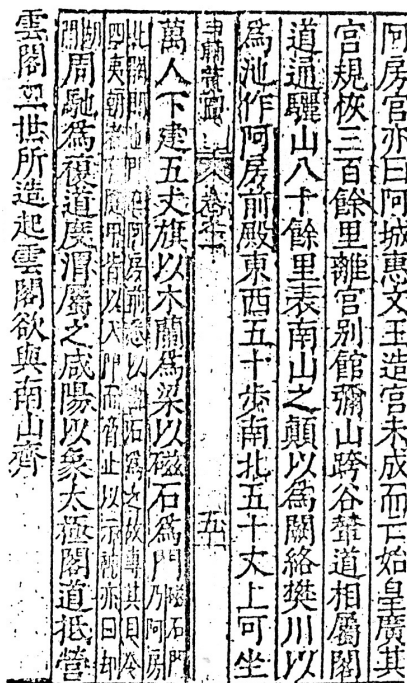


图 1-10 《三辅黄图》中关于“磁石”的记载

1. 司南

中国在春秋战国时代已发现磁石具有指极性。据《古矿录》记载，战国时期已出现利用磁石辨别方向的指南仪——司南。战国时期著名学者韩非子(公元前 280—公元前 233)著《韩非子·有度篇》中有“立司南以端朝夕”。公元前 4 世纪战国时人王诩(别名鬼谷子)著《鬼谷子·谋篇第十》中有“郑人取玉，必载司南，为其不惑也”。这说明当时已有人将司南用于野外采矿时辨别方向。

在王充著《论衡·是应篇》中，对司南作了比较明确的描述：“司南之杓，投之于地，其柢指南。”这说明指南呈汤匙(杓)形，静止时司南(杓)的柄“柢”指向南方。图 1-12 为出土汉代司南的复原模型。司南由天然磁石凿成的“杓”和四周有方向刻度的铜制方盘组成。



图 1-11 李约瑟(Needham Joseph, 1900—1995)和夫人鲁桂珍

2. 指南鱼和指北龟

由于汉代司南用天然磁石磨制而成，磁性较弱，效果不理想，因此在流传中被淘汰，未能推广应用。

北宋曾公亮在他成书于 1044 年的《武经总要》中首先载明了指南鱼的制法及应用(图 1-13):“鱼法以薄铁叶剪裁，长二寸，阔五分，首尾锐如鱼形，置炭火中烧之，候通赤，以铁钎钎鱼首出火，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，平放鱼在水而令浮，其首常南向午也。”这段话说明，指南鱼是用地磁场磁化铁片而制成的；指南鱼为水浮法。

南宋陈元靓在成书于 1260—1265 年间的《事林广记》一书中，不仅介绍了另一种指南鱼的制法，还介绍了不用水的指南龟的制法(图 1-14):“以木刻鱼子，如拇指大，陷好磁石一块子，却以蜡填满，用针一半钎从鱼子口中钩入，令设水中，自然指南，以手拨转，又复如此。以木刻龟子一个，一如前发制造，但于尾边敲针入去，用小板子，上安以竹钉子，如箸尾大，龟腹下微陷一穴，安钉子上，拨转常指北。”这段文字说明：采用天然磁石制造指南鱼和指南龟，不仅有采用水浮法的指南鱼，也有在地面上安放、应用的指南龟。



图 1-12 司南复原模型



图 1-13 水浮式指南鱼的制法

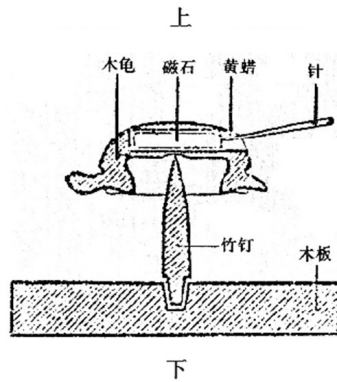
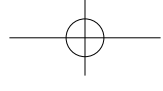


图 1-14 《事林广记》中的指南鱼(上)和指北龟(下)



3. 指南针及罗盘

迄今为止发现的有关指南针的最早文献是北宋天文学家杨惟德(1054年7月4日发现并记录超新星大爆炸)在1041年撰写成的《莹原总录》：“客主的取，宜匡四正以无差，当取丙午针，于其正处，中而格之，取方直之正也。……故取丙午壬子之间是天地中，得南北之正也。”这段文字说明，北宋时已有指南针和方向盘，或者二者结合而成的罗盘(罗经盘)，而且已经知道地磁偏角的存在(北宋时汴京的地磁偏角为 7.5°)。

与杨惟德同时或稍早的堪舆家王伋(1007—1076)在一首诗中也表明当时已应用指南针：“虚危之间指路明，南方张度上三乘，坎离正位人难识，差却毫厘断不灵。”诗中表明，指针所指的并不在南北极方向，而是虚、危之间(虚、危为星宿名，表示罗盘方位)，与杨惟德文中的丙子、壬午相对应，都是 7.5° 。

北宋著名科学家沈括(图1-15)在成书于1086—1093年的《梦溪笔谈》卷24中对指南针作了明确记载：“方家以磁石磨针锋，能指南，然常微偏东，不全南也。水浮多荡摇，指爪及碗唇皆可为之，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，无风处悬之，则针常指南。”这段话明确说明磁石磨成磁针而制成指南针，首次记录发现了地球的磁倾角，并给出了4种指南方法(图1-16)。

北宋寇宗奭在1116年成书的《本草衍义·磁石条》中有“磨针锋则能指南，然常偏东不全南也。其法取新纆中独缕，以半芥子许蜡缀于针腰，无风处垂之，则针常指南。以针横贯灯心，浮水上，亦指南，然常偏丙位。”不仅指明磁石磨针制指南针，还介绍了悬针和浮针的具体制作方法。

4. 指南针、罗盘在航海上的应用

正如李约瑟在《中国科学技术史》中所指出，磁针和罗盘的发明及使用与方家(堪舆家)看风水有关，指南针、罗盘首先应用于占卜、堪舆。

目前发现最早将指南针应用于航海的文献是北宋朱彧1119年编成(记述1086年的事)的《萍洲可谈》：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”这说明至迟在北宋时期已将指南针用于航海。

1124年徐兢(1091—1153)在《宣和奉使高丽图经》中有“唯视星斗前迈，若晦冥，则用指南浮针，以揆南北。”

罗盘是磁针加上方位盘组合而成的指南仪器。最早记载罗盘用于航海的是宋朝曾三异(1146—1236)著《因话录》：“地螺或有子午正针，或用子午丙壬间缝针。”文中，地螺即地罗、罗盘。1275年南宋吴自牧著《梦粱录》中也有：“风雨晦冥时，惟凭针盘而行。”针盘即罗盘。

关于带有48个方位的罗盘的资料则首见于元代周达观(1266—1346)记录他1295年出使真腊(今柬埔寨)的《真腊风土记》一书中。

此外，古人还将磁针指南融入诗词中。例如，宋·曾丰(1142—1224)：“车中幸有司南柄，试与迷途指大方”；晋·杨方“磁石引长针，阳燧下炎烟”；唐·戴叔伦“针自指南天昏昏，星犹拱北夜漫漫”等。特别是南宋民族英雄文天祥(图1-17)在他的《指南录》中就以“臣本一片磁针石，不指南方不肯休”的名句，表达他身陷囹圄，仍心向宋朝，誓死南归的爱国之情。

纵观17世纪以前，中国人对磁现象的观察、研究及应用在世界上是领先的，特别是指南针的发明、应用和西传，对世界经济、文化产生的影响巨大。但宋代以后，中国对磁现象的研究发展缓慢，以后逐渐为西人所超越。



图 1-15 沈括(1031—1095)

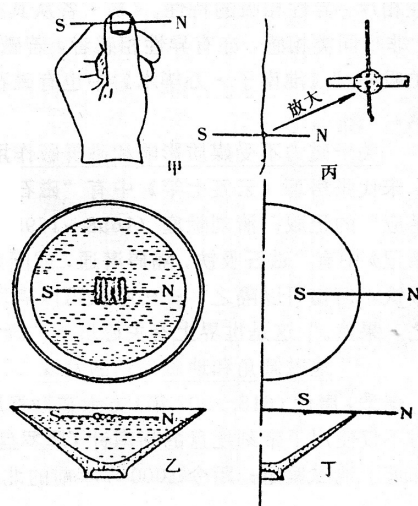


图 1-16 《梦溪笔谈》中的4种指南方法

- 甲——置于指甲上；
- 乙——插于软木中浮于水面；
- 丙——线索悬挂；
- 丁——置于碗沿



图 1-17 文天祥(1236—1283)

第四节 西方古代的磁学

相传，公元前6世纪的一天，古希腊玛格乃斯的牧羊人把一群羊赶到艾达山坡，突然发现牧羊用的铁棍被一块山石吸住，他带铁钉的靴子也被山石吸住。这件事不久就传到泰勒斯耳中，他派他的学生找来那块山石进行研究。泰勒斯是一个认为世界万物都有灵魂的科学家的科学家，认为那块山石能够吸铁是因为它有灵魂。泰勒斯被认为是西方最早对磁石进行观察、研究的人。一百年后，古希腊的另一哲人埃培多克勒斯(Empedocles of Acragas, 公元前493?—公元前433?)认为铁块被磁石吸引，是由于铁块中的某些流出物大量流向磁石中的细微孔道所造成的。稍后，古希腊另一哲人、原子论的创立者之一德漠克利特斯(Democritus of Abdera, 公元前460?—公元前370?)则认为，“磁石和铁是由类似的原子组成的，但磁石的原子则更精细。磁石比铁疏松并且有更多的空隙”“因为运动总是趋向相类似的东西的，铁原子向外扩散而流向磁石，铁也就被拖向磁石了”。他们的解释虽然都远离事实，但却反映了古希腊人对磁现象的关注和探索精神。

在古罗马时期，著名诗人、唯物主义哲学家卢克莱修(Lucretius, 公元前99?—公元前55?)记载，磁石不仅有互相吸引的现象，而且有互相排斥的情况。他还根据古代小亚细亚的莱底亚(Lydia)王国(在现在的土耳其)的Magnesia地方出产磁石，将磁石定名为“magnet”，这个名称一直沿用至今。

公元551年，意大利数学家J.卡丹(J. Cardan)发现琥珀摩擦后可以吸引一些小物体，而磁石只能吸引铁。

生活在中亚的阿拉伯人也很早发现了磁石。相传，先知穆罕默德(约570—632)死后，他的灵柩安放在麦地那的先知寺内，据说，墓室的拱顶是用磁石砌成的，先知的灵柩是没有任何支撑悬在墓室之中的。

古罗马帝国灭亡后，欧洲进入了长达一千年的中世纪黑暗时代，科学技术停滞不前，对磁学的研究也中断了。直到13世纪，欧洲出现了昙花一现的科学实验运动。著名实验物理学家、法国人佩雷格伦纳斯(Petrus Peregrinus, 又名Petus Peregrini)进行了许多磁学方面的实验，1269年写成一本有关磁学的著作*De Magnete, seu Rota Perpetui Motus, libellus*(《有关磁石的信札》)(图1-18)，书中有航海用指南针的图片(图1-19)，介绍了他的实验成果。他引入“magnetic pole”(磁极)的概念，发现磁极有两种；他记述了磁的同性相斥、异性相吸，以及磁石磨铁使之磁化等；他还研究了球形磁石的磁子午圈，发现磁的指向与地球磁极有关。1269年，佩雷格伦纳斯又设计了一种利用天然磁石的永磁电动机。

稍后，英国牛津大学的威廉(William of Ockham, 1280—1349?)对磁力作用进行了观察，他发现磁力作用是不需要物体直接接触的超距作用，并设想即使在真空中这种作用也能发生。

欧洲人将由中国传入的指南针用于航海的最早记录是1190年圣多美里教堂耐卡姆主教的记述。根据1282年阿拉伯《商人之宝》一书的记载，当夜晚航行，天上无星光不能辨别方向时，就将磁针固定在木条上，浮于水面，然后根据磁针指向而定南北。图1-20为古代阿拉伯人采用的水罗针盘。1300年前后，欧洲出现航海用旱罗盘。

1320年，意大利航海家盖欧亚(Flavio Gioia)发现地磁偏角。

1492年，哥伦布(Christopher Columbus, 1446—1506)在发现新大陆的环球航行中也发现了地磁偏角；数年后，卡伯特(S. Cabot)则进一步发现在同一地点地磁偏角是一定的。

1543年，商业中心纽伦堡的哈特曼(G. Hartmann)发现了地磁倾角和地磁偏角；1581年，罗盘制造工匠诺尔曼(R. Norman)发现地磁倾角，并制成了地磁倾角计。



图 1-18 1558 年出版的佩雷格伦纳斯的著作

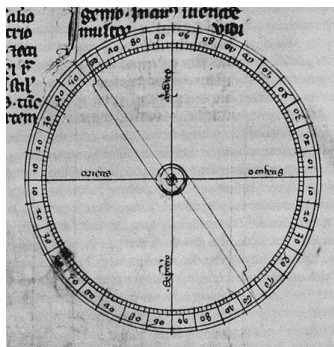
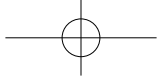


图 1-19 《有关磁石的信札》一书中关于航海用指南针的附图(1269年)

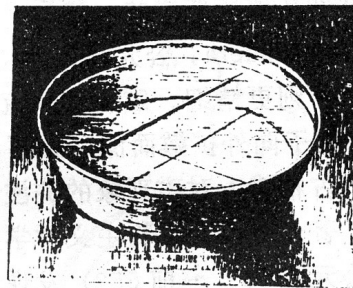
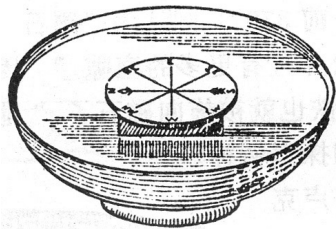


图 1-20 13 世纪阿拉伯水罗针盘示意图

第五节 小结

17 世纪以前，由于人类社会生产力的水平不高及长期奴隶制、封建制社会的阻碍，加之没有现代自然科学的指导，因此人类对电、磁的认识还是比较零散的、直观的和经验性的，对电、磁的认识也主要停留在观察、记录、臆测和哲学思考阶段，缺乏对电、磁本质的科学认识和电、磁现象的系统研究。一方面，人们还没有将电和磁联系起来思考，建立统一的电磁学；另一方面，人们对电的认识还局限于静电中的雷电和摩擦电，还没有“电流”这一概念，而且，人们尚不可能将雷霆万钧的“雷电”和纤毫之力的“摩擦电”联系起来。

总之，17 世纪以前，人类对电、磁的认识是孤立的、表象的，这在一定程度上限制了对电、磁现象的深入、系统研究，故电学、磁学的发展比较缓慢。但是，古代人类对电、磁现象的探求，其意义又是非常重大的。到了近代，科学家们在继承古代电学、磁学的基础上，在先进的社会生产力的推动下，前赴后继，不断探索，终于建立了近代电磁学，产生了现代电工科学，把人类引入了辉煌的电气时代。