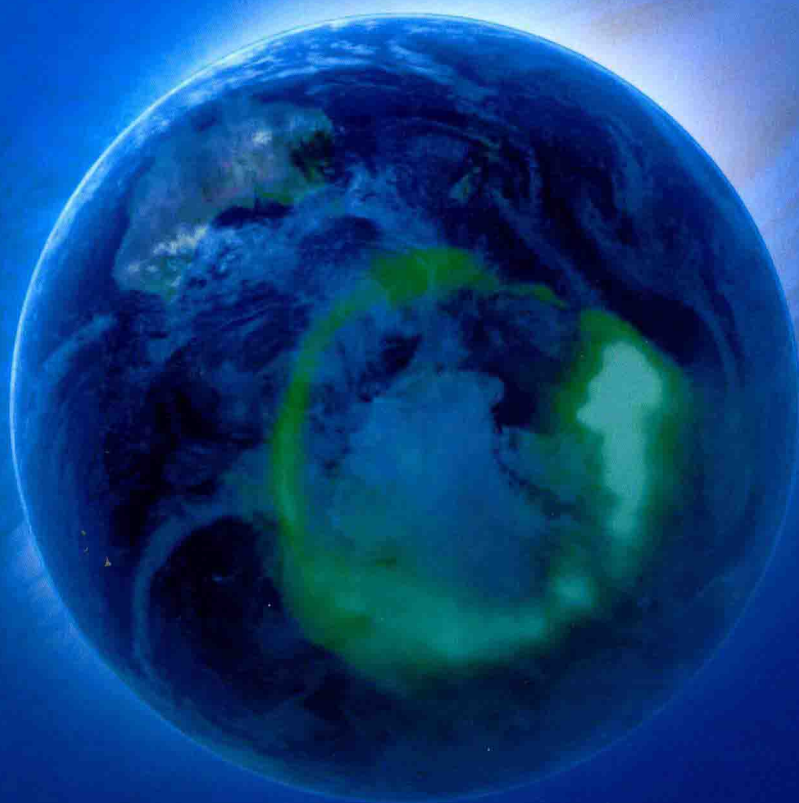


地球磁场起源理论

刘全稳 著



地质出版社

地球磁场起源理论

刘全稳 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

地球磁场起源的理论体系包括三部分,即地球内部粒子的运动理论、粒子起电理论、电生磁理论。由这三部分理论构成的地球磁场起源理论是一套有机的理论体系,缺乏任一理论都无法完整地论述磁场的形成。粒子的运动理论包括动力驱动和守恒定律约束运动两部分,这部分理论基于严密的数理逻辑;粒子的起电理论来源于电化学基本原理,这部分理论基于试验分析;电生磁理论是成熟理论。粒子的运动是粒子起电的基础,粒子起电和粒子运动是形成电流的前提,电流是磁场产生的源泉。

本书提出了地球磁场由动力磁场和定律磁场构成的概念,简要论述了地球磁场起源的各部分理论以及磁场倒转的机理。对地球动力学研究人员具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

地球磁场起源理论 / 刘全稳著. —北京:地质出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-116-06942-8

I. ①地… II. ①刘… III. ①地磁成因 IV.
①P318.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 200465 号

责任编辑:孙亚芸

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324569 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$

印 张: 10

字 数: 230 千字

印 数: 1—800 册

版 次: 2010 年 10 月第 1 版

印 次: 2010 年 10 月第 1 次印刷

审图号: GS (2010) 860 号

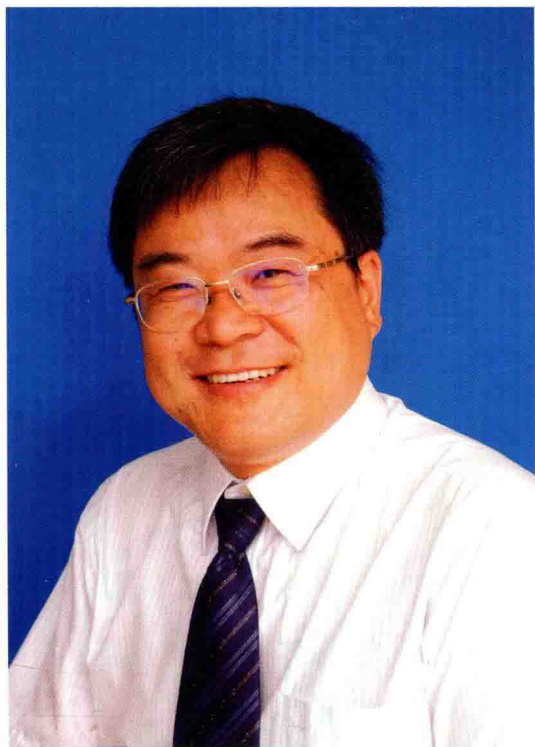
定 价: 35.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-06942-8

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

让思想冲破藩篱

以理论束缚假说



作者近照

道于心，自攀登

前言

在撰写《理论地质学导论》时，就曾经向读者作了本书的预告，当初定名为《地球磁场动力成因》，是打算从动力学角度探讨地球磁场的成因问题。因为当时还无法解决粒子的起电问题，在论述磁场起源时还存在漏洞。

时值西南石油大学机构改革，考虑到待在“油气藏地质及开发工程国家重点实验室”每年的考核指标繁重，发表文章的数量要求令人无法聚精会神写作，于是就向学校递交了竞聘报告，学校领导经慎重考虑后决定让我负责《西南石油大学学报》的编辑出版工作，这样我就离开了打算为之工作到退休的国家重点实验室，但写书的承诺始终未忘。

失之东隅，得之桑榆。《西南石油大学学报》自然科学版副主编与学报中心主任的岗位使我得读了大量的不同学科的作者来稿，其中就有专门讨论粒子起电问题的文章，这使我如获至宝，尽管隔行如隔山，但科学的精髓是一贯的。联想到霍金的宇宙大爆炸理论的产生，触类旁通使我认为地球磁场起源的理论体系已经完整形成，它包括三部分理论，即：地球内部粒子的运动理论、粒子起电理论、电生磁理论。由这三部分理论构成的地球磁场起源理论是一套有机的理论体系。于是，我告诉了好友们，我将取消所有周末、假期的家庭式聚会，全身心致力于本书的创作。

一场震中近在咫尺的汶川大地震，几乎夺去我的生命，当时我正在学校新建图书馆5楼准备给80多位研究生上课，其连续长时间大幅度的振动改变了我对以往所学关于地震知识的认识。几万同胞的生命瞬间消失，余震的不断发生和关于“5·19地震预报”的错误，让我无心于地球磁场起源的研究，转而对地震产生了兴趣。地震后的半年时间里，我利用周末先后6次深入到彭州市的银厂沟、小鱼洞镇和白鹿镇，考察地震的形变与位移情况，形成了一些个人关于地震的简单初步认识，打算先由研究生们完成学位论文。直到年底，心情才逐步回归到快荒废的地球磁场起源问题的研究上。

地球磁场起源问题是一个古老而又年轻的科学问题，说它古老，是因为在人类认识到地球磁场存在时就开始了对其成因的追究；说它年轻，是因为直到现在仍然缺乏得到大家公认的圆满的理论解释。

在本书之前，已经取得一定公认度的关于地球磁场的认识主要有：①地球磁场是一个动态磁场，不是一个恒定磁场；②地球主磁场起源于地球内部（岩石圈以内），而不是地球外部（地壳以上）；③地球是一个具有层圈结构的球体；④地球是一个具有规律性轨道运动和自转运动的球体；⑤电、磁可以相互转换。

没有取得公认但具有一定引用量的认识有：地球内部的发电机说，等等；可能存在错误的认识有：地球磁极具有相对固定性。

反演地球磁场起源我们应该依次落实的问题是：地球主磁场一定起源于地球内部物质存在的电流；地球内部物质流动时流体粒子是否可以起电以及是如何起电的；引起地球带电粒子流动因而形成电流的驱动原理是什么。

所以按照地球磁场形成的正演程序，本书命题所涉及的系列理论知识包括：地球的分层结构及流体层的划分；地球物质遭受的作用（不仅包含动力作用，还有守恒定律作用）与运动；物质的二相流动及粒子的起电；电磁感应与磁场的叠加；磁极倒转的理论解释；等。

类似霍金的宇宙大爆炸理论主要由狭义相对论、红移理论、时间光锥理论构成，地球磁场起源理论将由地球的动力运动与守恒定律运动、粒子的流动起电、电磁感应等三套理论系统集成。

如何写好本书着实费了不少劲。由于二相流动起电问题涉及跨学科，所针对的是现实中的真实存在，所讨论的都是些实验学内容，结论性认识又存在一些可变性，如明明是“动电”问题，工程上却称之为“静电”问题，所以，将其学懂和引入费了近一年的时间；电磁感应与磁场的叠加内容在汗牛充栋的物理学书籍中都有涉及，只好作为附录内容，但其中还是有些许个人认识的添加；地球的圈层问题也应该按附录章节给出，但那样就破坏了本书的结构美学，思索万千之后决定将该部分内容进行改写，尽量采用自己的语言描绘这部分基本认识；动力问题属于本人的研究成果，在此应用，相对比较容易；磁场倒转问题是任何讨论磁场起源的人不可能逃脱的，为了写这部分内容，我也是思考良久。

当人的身心长期被某种东西占据，以至成了生命的一部分，这时，生活中的其他事，再怎么看都是次要的。

实际上，分析地球磁场起源的关键问题只有两个：一个是地球内部物质的起电问题，另一个是带电粒子的流动方向问题。而这两个问题又都是已经解决了的问题，其中之一还是本人解决的。我的工作实质只是将这些现成的东西如何合理地写出来。对于地球磁场起源理论体系中，为什么地球的自转轴倾斜成 $23^{\circ}27'$ 并且恒久不变，这是我一直没有搞清也不知道怎么研究的问题，而这一问题只是限制了我对其他行星磁场的探讨，并不影响对地球磁场起源的讨论。

两年来，我总是等待着周末和其他假期的来临，这样我可以陶醉在键盘、鼠标、网络与磁场问题上演绎而一点也不觉得累。

本书面向的对象是所有希望了解和掌握地球磁场规律的读者，所以，有些章节对专业人士来讲是不必要阅读的，专业人士可以从本书的第四章起看；对于已经具有电化学知识的读者，可以略去第五章。

第一章着重于引子，希望通过本章的铺垫，使读者对地球“谜”一样或“玄”得很的磁现象有一个初浅了解。

第二章重在让读者知道已经有过多少曾经被认为是有一定影响力的关于磁场起源的认识，包括目前仍然较活跃的所谓的“发电机理论”。

第三章在于向目前对地球内部分层结构不是很了解的读者介绍地球内部的结构，毕竟地球的主磁场起源于固体地球内部，大气圈的物质也会产生磁场。另外，在本章个人想兜

售一个认识——地球外核属于非固态物质组成的——这个认识很重要，虽然只有几句话，但论点、论据、论证与结论已完整，并且逻辑清晰严密，它所否定的是“地球的外核（仅仅）是由液态物质形成的，地幔圈除上地幔中部分物质为熔融态的软流圈，其余为固态”，它所提倡的是“地球外核可以是液态的，也可以气态的，甚至还可以是等离子态的，软流圈下的地幔物质可能存在液晶态”。

第四章阐述的是物质的定向流动。要想说明地球磁场的起源，首先必须说明地球物质可以定向流动，否则，带电粒子怎么移动？电流如何形成？要说明物质可以从一个状态定向运动到另一个状态，就要阐述物质的动力驱动问题和守恒定律约束运动问题。本章主要介绍了笔者在《地球原动力》与《地球动力与运动》中研究的地球原动力方程，《理论地质学导论》中研究的地球自转与公转中存在的角动量守恒定律，因为离开了这些动力与守恒定律，地球磁场起源将缺少地球物质规律性运动的理论依据。而缺少了由严密的数理逻辑构建的所谓的“理论体系”，只能是“假说”或“猜想”，没有多少理论价值。

第五章是关于二相流起电，本章所有的理论体系几乎全由化学实验获取，属于归纳分析逻辑推理，其理论的逻辑性缺少数理逻辑的严密性，因而随着时间的流逝，其中的一些认识是要发生改变的，可能被发展，可能被否定。只有由数理逻辑产生的认识可以直接被拿来作为理论而不会出现纰漏。之所以敢将本章内容作为笔者的“著述”部分，是因为本章完全采用的是自己的思路和语言进行述评。如果缺少本章，磁场起源的探讨就缺失了一个强有力的连接环。读了本章，可以明白一个道理：物质流动可以生电。

第六章是关于地球磁场问题，读者可以参照附录阅读，或者先读附录章。既然物质可以流动，流动可以生电，电又可以生磁，地球外核或幔核物质生磁是水到渠成、顺理成章的事。至于磁场倒转这一类地球响应问题，根本就不必单独成章，因为运动电荷的电性改变，就改变了电流方向，因而就改变了磁场方向。专业人士不必阅读本章中关于地球磁场倒转的内容，这些内容是提供给有兴趣了解这部分知识的读者的。最近在网上看到有人提出地球磁场倒转是地球像煮汤圆锅中的汤圆一样发生了形体倒转，地球黄道面上、下部分发生了形态上的对调的认识，有那么大动静吗？有些研究者在解释所遇到的问题时明显采用条件限制或刻意回避一些困难，有些甚至连地球自转的条件都要忽略，显然这样的论述或讨论是不可以的。

原想辟出一章专门做地球磁场响应分析，限于专业和精力，最终作罢，但我充分相信地磁专业的专家们在具体应用方面会做得更好。

关于地球磁场起源这一古老问题，历史上各种假说不能成立的致命点在于无法论述促使流体粒子产生运动的原因，无法阐明运动粒子的带电问题，因而无法合理解释磁场的倒转问题，致使假说在论点、论据、论证过程上混淆不清，缺失坚实的方法和严谨的推理过程。至于各个假说在对磁场倒转解释上存在的问题，则是即使人们接受假说后也仍然不能排除的问题。有些假说仅以地球自转向心力作为粒子运动动力，因存在着无法解释地球磁轴与自转轴间所存在的夹角问题而不被人们接受，甚至或多或少对人们应用粒子起电作为对地球磁场成因解释的途径起到了阻碍作用。

粒子起电理论最早可以追溯到 1807 年的列斯（Reuss）实验，显然，这一时间比

1820 年奥斯特发现电磁感应现象、1821 年毕奥 – 萨伐尔定律和安培环路定律的提出时间还早，但为什么欧洲人没有在 19 世纪发现地球磁场起源理论？我想关键在于当时人们无法获得粒子的规律性运动理论。

粒子的规律性运动理论主要由作者的《地球原动力》与《理论地质学导论》中部分理论凝练形成，即具有严密数理逻辑演算保障的“强中纬力”和地球转动的角动量守恒定律。强中纬力的重要价值在于向人们揭示了地球在围绕太阳公转时，产生了使地球球面质点发生偏转运动的在中纬度带最大的力。转动角动量守恒定律引用于分析地球磁场是守恒定律科学价值的重要体现。

在认识地球磁场起源的理论体系中，有关电生磁部分的理论，得益于欧洲人的思考。或许可以说，早在 200 多年前，欧洲的贤哲们差点就发现了地球磁场起源的完整理论。

如果本书的探讨能够取得读者的较好的认可，对笔者而言将不仅仅是骄傲。

感谢陈平教授、陈景山教授、郭建春教授对本书出版的大力支持。

书中如有疏漏和谬误之处，敬请读者批评指正。

刘全稳

2010. 10. 10 于成都

liu005777@ yahoo. com. cn

目 录

前 言

第一章 地球的磁现象	(1)
第一节 指南针	(2)
第二节 电磁感应	(5)
第三节 极光	(5)
第四节 古地磁	(8)
第五节 磁极倒转与漂移	(9)
第二章 磁场起源的前期探索	(11)
第一节 地球永磁体学说	(13)
第二节 地球内部的电磁感应学说	(14)
一、电荷转动学说	(15)
二、磁效应学说	(15)
三、发电机学说	(16)
第三节 假说中有意义的部分	(18)
第三章 地球的分层结构	(19)
第一节 固体地球内部分层	(20)
一、岩石圈	(24)
二、软流圈	(25)
三、地幔圈	(27)
四、地核圈	(28)
第二节 地壳外部分层	(29)
一、大气圈	(30)
二、水圈	(35)
三、生物圈	(36)
第四章 地球物质的定向流动	(39)
第一节 力作用下的定向运动	(40)
一、引力作用下地球绕太阳的定向运动	(40)
二、胀缩力作用下的地球定向运动	(41)
三、强中纬力作用下的定向运动	(44)
四、潮汐力作用下的定向运动	(48)
五、自转向心力作用下的定向运动	(52)
六、惯性力问题	(52)
第二节 运动定律约束下的定向流动	(53)
一、地球自转角动量守恒运动规律	(53)

二、地球公转角动量守恒运动规律	(55)
第三节 物质的定向流动	(59)
一、低纬度带物质的定向流动	(59)
二、中纬度带物质的定向流动	(61)
三、高纬度带物质的定向流动	(65)
第五章 二相流起电	(69)
第一节 界面双电层结构	(70)
一、列斯实验	(70)
二、双电层电容器模型	(71)
三、古依双电层模型	(71)
四、斯特恩双电层模型	(72)
五、VN 双电层模型	(72)
六、MVN 双电层模型	(72)
七、GS 双电层模型	(73)
八、小结	(73)
九、静电的动本质	(73)
第二节 气体流动起电	(74)
一、对流层大气流动起电现象	(75)
二、平流层大气放电	(84)
三、中高层大气带电	(86)
第三节 液体流动起电	(87)
一、液-固二相流动起电	(88)
二、液-液二相流动起电	(90)
三、液-气二相流动起电	(91)
第四节 固体流动起电	(92)
一、碎屑/水流动起电	(92)
二、沙尘暴流动起电	(93)
三、火山喷发起电	(95)
四、粉体的起电	(96)
第五节 流动起电电流	(97)
一、冲流电流一般算法	(98)
二、冲流电流的影响因素	(99)
第六章 地球磁场	(102)
第一节 地球磁场的动力成因	(102)
一、强中纬力形成的叠套纺锤圆	(102)
二、自转向心力形成的叠套蛹状圆	(105)
三、合力运动分析	(106)
第二节 地球磁场的运动定律成因	(107)
一、公转守恒定律约束下的地球磁场	(107)

二、自转守恒定律约束下的地球磁场	(109)
第三节 地球磁场的形成	(111)
一、地球磁场形成的概念	(111)
二、磁场叠加	(112)
三、几种不同的场源模型	(117)
四、地球的主磁场——慢核流磁场	(118)
五、地球的辅磁场——气流、海流磁场	(120)
六、地球磁场的特性	(120)
第四节 地球磁场的倒转	(121)
一、地球磁场倒转的特性	(123)
二、以往地球磁场倒转模型	(125)
三、地球磁场倒转的理论	(126)
附录 电生磁	(131)
第一节 毕奥 - 萨伐尔定律	(131)
第二节 运动电荷产生的磁场	(132)
第三节 电流的磁感应	(133)
一、直线电流的磁感应	(133)
二、圆电流的磁感应	(135)
三、螺旋线载流的磁感应	(136)
参考文献	(138)
后 记	(143)

最简单的最经典，最清淡者最永远

第一章 地球的磁现象

对人类来说，地球上的很多现象总是充满着神秘。以一个新生儿的角
度，最先感到新奇的无疑是声音，其次是光线，再次是雨水、火苗、静物、动物等。随着人类开始注意到物质世界的交替、更迭（叠）、区别、上下、倒转、变化等现象，并愿意为探索其成因而付出努力时，人们才意识到自然界的丰富、人类生命的短暂。

物质的磁性是物质属性的一种，有许多人着迷于物质的磁现象。物质的磁性看不到、摸不着，早先人们无法通过五官感知磁性；后来人们认识到，磁铁总有两个磁极，并定义为 N 极和 S 极。磁极之间同性相斥、异性相吸，即 N 极和 S 极靠近时会相互吸引，而 N 极和 N 极（或 S 极和 S 极）靠近时会互相排斥。一块磁铁，如果从中间分开，就会变成两块磁铁，并且会各有一对磁极。不论把磁铁分割得多么小，它总是有 N 极和 S 极，也就是说 N 极和 S 极总是成对出现的，无法让一块磁铁只有 N 极或只有 S 极。迄今为止，从自然界中人们还没有找到一块具有单磁极特性的磁体。

地磁现象最先可能被一些善于心计的人注意到并为个人谋利益而加以利用。如中国西汉时期，有一个名叫栾大的方士，利用磁石做了两个棋子般的东西献给汉武帝（公元前 140 ~ 公元前 88）并当场演示，使汉武帝惊奇不已，竟封栾大为“五利将军”；再如东晋（公元 317 ~ 420）郭璞，唐代（公元 618 ~ 907）李淳风、袁天纲、杨救贫，五代（公元 907 ~ 960）末陈抟（字希夷）等风水师，利用自己所掌握的有关地磁知识，在“遇大工营建，钦天监委官”时，进行“相阴阳、定方向、諏吉兴工”活动，这时的人们可能认为地磁的作用就是这些了，至于原因则无法追究。

然后地磁现象才被人们科学地利用起来，并开始探索其起源。如早在战国时期（公元前 475 或 403 年至公元前 221 年），我国就出现了利用地磁的指南针的文字说明。《管子》的数篇中最早记载了这些发现：“山上有磁石者，其下有金铜”，《山海经》中也有类似的记载；沈括（公元 1031 ~ 1095）晚年在总结自己一生的经历和科学活动时，在《梦溪笔谈》中描述了地球磁场的存在现象；再如人类发明了罗盘、电话、收音机、发电机、电动机等。如今，磁技术已经渗透到了我们日常生活和工农业技术的各个方面，人们已经越来越离不开磁性材料了。

在对磁现象的观察和研究过程中，古代先民进一步了解了磁的性质，并在诸多方面应用了这些性质。磁石的吸铁特性很早就被古希腊人发现，他们早就知道了在马格尼西亚城（Magnesia，今土耳其）盛产这种珍稀磁石。《吕氏春秋》九卷精通篇就有：“慈招铁，或引之也。”那时的人称“磁”为“慈”，他们把磁石吸引铁看作慈母对子女的吸引，并认为：“石是铁的母亲，石有慈和不慈两种，慈爱的石头能吸引他的子女，不慈的石头不能吸引”。传说秦始皇修建阿房宫时，为防刺客带剑进入，有一个宫门是用磁铁制造的。《晋书·马隆传》记载：马隆率兵西进甘、陕一带，在敌人必经的狭窄道路两旁，堆放磁

石，使穿着铁甲的敌兵路过时，被牢牢吸住，不能动弹，而马隆的士兵穿着犀甲，磁石对他们没有什么作用，可自由行动。敌人以为是遇到神兵，不战而退。东汉的《异物志》记载了在南海诸岛周围有一些暗礁浅滩含有磁石，磁石经常把“以铁叶锢之”的船吸住，使其难以脱身。当指南针传入欧洲后，人们开始利用它远航，极大地拓展了人类的活动空间和视野。地球极光、太阳系其他行星的极光以及地球磁层的发现使人类的认知视野进一步扩大。

地球是一个大磁体，磁轴与自转轴交角约 11.5° 。因此处在地球磁场中的地球表面的磁体，当可以自由转动时，就会表现出同性相斥、异性相吸的性质，而呈现出“指示南北”的特征。

地球的磁现象是一种客观存在，它不会依人的意志而转移。迄今为止，尽管人们付出了大量的时间和精力，但对地磁的研究仍处于观察认识阶段。因为在此以前，人们无法解释地磁极与地理极为什么不同，为什么极光椭圆不随地球旋转，为什么会有地球磁场等等。

第一节 指南针

中国悠久的历史很大一部分是通过青铜器和玉石传承的，而通过这两种物质共同传承一个内容的古老仪器恐怕就只有司南（图 1-1）了。

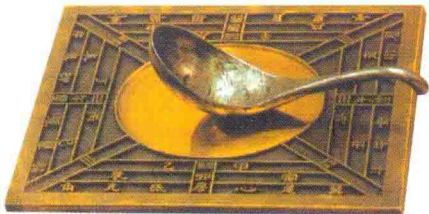


图 1-1 司南

作为指南针的始祖——司南，由青铜盘和天然磁体制成的磁勺组成，在青铜盘上刻有二十四向，将磁勺放置在光滑的青铜盘中心圆面上，当其静止时，勺柄会指向南方。

春秋时代（公元前 770 年至公元前 476 年），人们已经能够将硬度为 $5 \sim 7$ 的软玉和硬玉琢磨成各种形状的器具，因此也能将硬度只有 $5.5 \sim 6.5$ 度的天然磁石制成司南。东汉时的王充在他的著作《论衡》中对司南的形状和用法做了明确的记录。这样的设计是古人认真观察了许多自然界有关磁的现象，积累了大量的知识和经验，经过长期的研究才完成的。司南的出现是人们对磁体指极性认识的实际应用。

《韩非子》与《鬼谷子》中记载了司南的应用，描述了郑国人采玉时携带司南以确保不迷失方向。《古今注》还描写了安装有司南的辎车（有帷幕的指南车）的应用，记载了传说中的周公用五乘辎车送回归迷途的南国使者回国的故事。但司南未得到广泛应用和长久流传，主要有以下一些原因：①制作司南勺柄的天然玉磁体不易找到；②司南勺柄在加工时容易因打磨、受热而失磁，一般磁性都比较弱；③司南勺柄与青铜盘接触处需要保持非常光滑，否则司南勺柄会因摩擦阻力过大而难以旋转，无法达到预期的指南效果；④司南有一定的体积和重量，携带很不方便等。

指南鱼（图 1-2）是指南针的另一种早期表现形式。古代民间常以此作为一种游戏的工具，用薄铁叶剪裁成鱼形，使鱼的腹部略下凹，像一只小船，磁化后能浮在水面，可指出南北。

北宋时曾公亮与丁度（990～1053）在所编撰的《武经总要》（1044年）前集卷十五中记载了指南鱼的使用及其制作方法：“若遇天景噎（阴暗）霾，夜色暝黑，又不能辨方向……出指南车或指南鱼，以辨所向……鱼法，用薄铁叶剪裁，长二寸阔五分，首尾锐如鱼形，置炭中烧之，候通赤，以铁铃铃鱼首出火，以尾正对子位（北），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。”

虽然当时的人们并不知道居里点，也不知道中国北方所处地磁场的磁偏角与磁倾角大小，烧热铁片的最初目的可能只是为了加工方便，“以尾对北”、“没尾数分”也可能纯属经验证明这样做可提高指南鱼的实用效果，但也可以说先人们早就发现了热退磁与磁倾现象。现在看来指南鱼的制作完全符合现代科学观念。当铁片烧至通红时，温度超过居里点，原磁畴瓦解，铁片成为顺磁体，再用水冷却，磁畴又按当时当地的地磁场方向重新排列，这样制作的指南鱼现场应用效果会更好。《武经总要》这样详细的描述表明当时制作指南鱼已相当普及。

从司南到指南鱼，无论是在制作材料、制作工艺上，还是在产品使用效果、推广普及程度上，无疑都具有重大进步，但是在使用上仍然还有诸多不便，如：分体式指南鱼携带不便，作密器收藏时存放不便，使用时要求无风等。

我国古籍中，关于指南针的最早记载，始见于沈括的《梦溪笔谈》。沈括是这样描述磁针制作及应用效果的：“以磁石磨针锋，则锐处常指南，亦有指北者，恐石性亦不同……南北相反，理应有异，未深考耳”，表明在制作磁针时采用了人工磁化方法。

在《梦溪笔谈·卷二十四·杂志》中，沈括写道：“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也”，表明沈括早就发现了磁偏现象。

沈括在《梦溪笔谈》中还介绍了指南针的4种用法：水浮法——将磁针上穿几根灯芯草浮在水面，就可以指示方向；碗唇旋定法——将磁针搁在碗口边缘，磁针可以旋转，指示方向；指甲旋定法——把磁针搁在手指甲上面，由于指甲面光滑，磁针可以旋转自如，指示方向；缕悬法——在磁针中部涂一些蜡，粘一根蚕丝，挂在没有风的地方，就可以指示方向了。沈括还对这4种方法做了比较，他指出，水浮法的最大缺点在于水面容易晃动而影响测量结果；碗唇旋定法和指甲旋定法，由于摩擦力小转动很灵活，但容易掉落。沈括比较推崇缕悬法，他认为这是比较理想而又切实可行的方法。

指南龟的出现在指南针之后，是南宋时期的产物。由于指南针存在着时有指北的问题，人们便改用磨成针的磁石来直接指南。受江湖术士的影响，人们深信山中老龟的生存时间最长，见过的世面、懂得的事理比人类多，将磁石与龟相结合即可协助人们判断南北方向。陈元靓在《事林广记》中记述了指南龟的制作方法：将木块刻成龟形，把一块天然磁石放置在木刻龟的腹内，改以往水浮式使用为点支撑，也就是在木龟腹下方刻一光滑的小孔，小孔对准直立于木座上的顶端尖滑的竹钉放置木龟（图1-3），使木龟可以自由旋转。由于支点处摩擦力很小，当木龟静止时首、尾分指南、北。



图1-2 指南鱼

指南龟是当时流行的一种新装置，但当时它并没有被用于航海指向，而是多用于占卜术。指南龟在结构设计和思想认识上都是一次飞跃，为罗盘（图 1-4）的制造和用于航海及其他方面提供了认识基础和操作指南。



图 1-3 指南龟

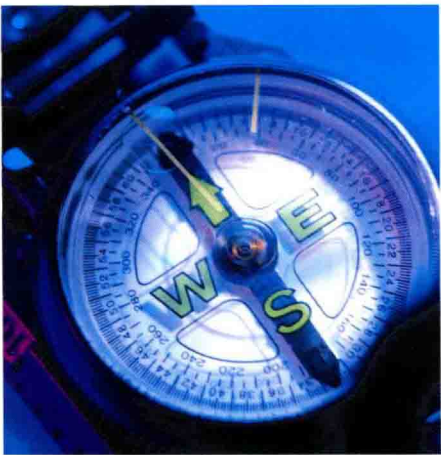


图 1-4 罗盘

指南针用于航海的记录，最早见于宋代朱彧的《萍洲可谈》：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针（水浮法，即水罗盘）”。明代郑和（1371 ~ 1433）下西洋，完成远洋航行到达非洲东海岸之壮举依靠的就是指南针。西方关于指南针航海的记载，最早出现在 1207 年英国人尼坎姆（Alexander Neckam，1157 ~ 1217）的《论器具》中。哥伦布（Colombo Cristoforo，1451 ~ 1506）使用罗盘西向远航发现了美洲新大陆，麦哲伦（Magellan Ferdinand，1480 ~ 1521）使用罗盘作环球航行则是指南针传入欧洲以后的事了。

罗盘是一种将磁针和方位盘构成一体的测量仪，方位盘盘式由方形演变成圆形，由 24 向改为 360°。通过磁针在方位盘上的位置，就能断定出方位。

为什么当时人们没有将司南、指南针、指南龟的指向定位取北方而是指向南方？这也许与我国先民的崇尚有关：《老子》第四十二章曰“道生一，一生二，二生三，三生万物。万物负阴而抱阳，冲气以为和。”由于我国中原大地地处北回归线以北，阳光总是从南向北照射，所以，老子的话等于说万物都负北而抱南；朱骏声在《说文通训定声》中指出，“人坐立皆面明背暗，故以背为南北之北”；司马迁（约公元前 145 至公元前 87）在《史记·项羽本纪》中有“连战皆北”；《韩非子·五蠹》（韩非子，约公元前 281 至公元前 233）中有“鲁人从君战，三战三北”；汉代贾谊（公元前 200 至公元前 168 年）在《过秦论》中有“追亡逐北，伏尸百万”等记录。可见先人们在“南”与“北”的方向上一直忌讳“北”而偏爱“南”，在给能够助人明辨方向的器物取名时自然会首选“南”了。

现代科学已经证明，地球磁极和地理极并不重合而只是接近。磁针指向的是地球磁极而不是地理的南北极，其间偏差的角度就叫磁偏角。由于地球为球形，磁针顺着地磁场磁力线指向磁极时必向磁极方向向下倾斜，其与水平方向的夹角即为磁倾角。地球上不同地点的磁偏角和磁倾角都不相同。成书于北宋的《武经总要》在谈到制作指南鱼时，已经注意到并利用了磁倾角。沈括在《梦溪笔谈》中提到指南针不全指南，常微偏东，即指

出了磁偏角的存在。磁偏角和磁倾角的发现和利用使制作的指南针指向更加准确。

第二节 电磁感应

如果说指南针、罗盘等是人类发现地磁场和利用磁性材料与地磁场为人类服务的创造性产品并因此改变了人们的意识的话,那么电磁感应现象的发现和电磁感应产品的制造与应用则改善了人类的生活。

从司南到罗盘,历经两千年来,人们仅仅是在简单地重复利用地磁场和磁石等材料。而从电流磁效应到电磁感应再到电磁产品和设备的普及却是非常复杂而时间短暂的。

在1820年汉斯·奥斯特发现电流磁效应后,许多物理学家便试图寻找它的逆效应,提出了磁能否产生电、磁能否对电作用的问题,1822年D. F. 阿喇戈和A. Von 发现转动的铜盘会带动上方自由悬挂的磁针旋转的电磁感应现象。1831年8月,M. 法拉第通过实验发现了产生感应电流的5类现象:变化的电流、变化的磁场、运动的恒定电流、运动的磁铁、在磁场中运动的导体,并把这些现象正式定名为电磁感应。法拉第进而发现:在相同条件下不同金属导体回路中产生的感应电流与导体的导电能力成正比,他由此认识到,感应电流是由与导体性质无关的感应电动势产生的,即使没有回路没有感应电流,感应电动势依然存在。后来,他给出了确定感应电流方向的楞次定律以及描述电磁感应定量规律的法拉第电磁感应定律,并按产生原因的不同,把感应电动势分为动生电动势和感生电动势两种,前者起源于洛伦兹力,后者起源于变化磁场产生的有旋电场。

电磁感应现象是电磁学中最重大的发现之一,它显示了电、磁现象之间的相互联系和转化,对其本质的深入研究所揭示的电、磁场之间的联系,对麦克斯韦电磁场理论的建立具有重大意义。电磁感应现象在电工技术、电子技术以及电磁测量等方面都有广泛的应用。

电动机和发电机都利用了电磁感应原理。对于一般的发电机和电动机,它们都有转子线圈和定子线圈。发电机利用了导体在切割磁力线时会产生电动势的原理,完成机械能向电能的转换。电动机是利用了通电导体在运动的磁场中会受到力的作用原理,实现了电能向机械能的转换。

麦克斯韦于1861~1865年之间完成的工作使他在递交给英国皇家学会的论文“电磁场的动力理论”中阐明了电磁波传播的理论基础。导体中电流强弱的改变会产生无线电波。利用这一现象,通过调制可将信息加载于无线电波之上。当电波通过空间传播到达受信端时,电波引起的电磁场变化又会在导体中产生电流。通过解调将信息从电流变化中提取出来,就达到了信息传递的目的。这就是无线电技术。

此外,电磁感应在电话、电视、数据传输、辨识、导航、雷达、加热、动力、天文学、回旋加速器等方面都得到了广泛应用。

第三节 极光

极光是地球磁场存在的光电反映,一般出现在地球高纬度地区的高空大气稀薄带,是北极光与南极光的总称。它通常呈环状、弧状、带状或幕状、放射状等。极光有五颜六