

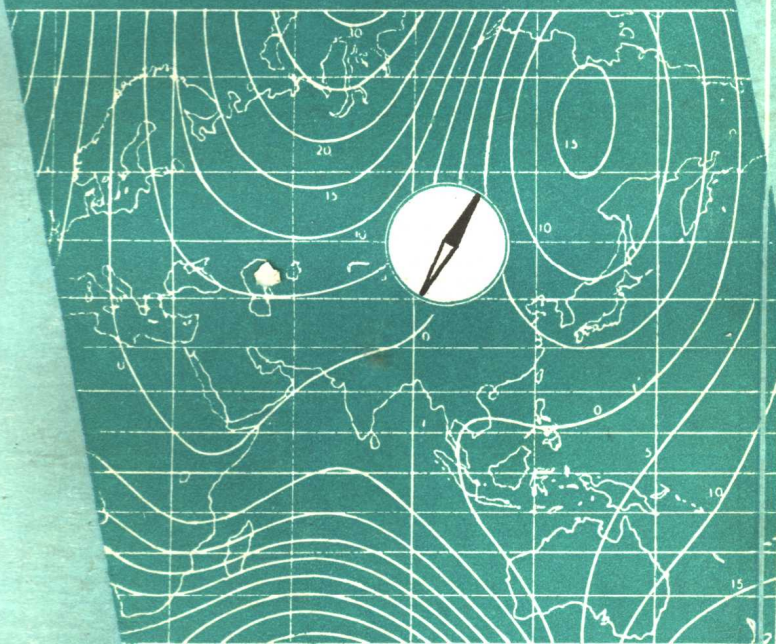
中学生课外读物

现代科学技术丛书



指南针和 现代地磁学

朱岗崑 孙枋友 著



人民教育出版社

中学生课外读物
现代科学技术丛书

指南针和现代地磁学

朱岗崑 孙枋友 著

人民教育出版社

内 容 提 要

本书从我国古代发明的指南针讲起,用生动的比喻,系统地介绍了现代地磁学的主要内容、探测手段和分析研究的方法,以及地磁学在地球物理、空间物理、太阳物理、地质、生物、探矿等领域的应用,并介绍了地球和其他行星磁场的有关知识。全书内容充实,配有较多图表,并有必要的理论分析,可供高中学生及具有高中文化程度的广大青少年阅读。

中学生课外读物

现代科学技术丛书

指南针和现代地磁学

朱岗崑 孙枋友 著

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京市房山县印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/32 印张 6 字数 120,000

1985年5月第1版 1986年11月第1次印刷

印数 1—5,000

书号 7012·0956 定价 0.77 元

《现代科学技术丛书》

天文学、地学编委会

主编：张兰生

编委：（按姓氏笔划为序）

艾万铸 刘培桐 李 元

张兰生 宋春青 何香涛

郭瑞涛

目 录

一、从指南针说起·····	1
二、地磁场孪生七姐妹·····	9
三、装点江山如画·····	29
四、宽广的时间变化谱·····	43
五、地磁场的几把尺子·····	57
六、红日兴风波 彩练当空舞·····	68
七、天然的岩石记录器·····	87
八、生物磁学的故事·····	110
九、開箱取宝的金钥匙——磁法勘探·····	121
十、看穿地球的慧眼——电磁测深·····	139
十一、太阳家族的长相和脾气·····	156
十二、孪生七姐妹的来历·····	172

一、从指南针说起

我们祖先的发明

我们的祖先有四大发明，就是指南针、造纸、印刷术和火药。这里只谈谈指南针，本书将着重介绍由此派生出来的一门自然科学——现代地磁学和应用。

早在公元前 770—221 年春秋战国时期，由于采矿和冶铁的发展，在《管子·地数篇》里就有了“上有慈石者，下有铜金”如同“母子相恋”的记载。古代的慈石后来被改称为磁石。约在公元前三世纪，又发现了磁石的指极性质，并把天然磁石制成杓形，杓柄指向南方，称为“司南”。至公元 27—97 年，在汉王充所著《论衡·是应篇》中就有了关于“司南”的文字记载。

北宋著名学者沈括(见图 1. 1)，毕生潜心研究科学，博学善文，于天文、方志、律历、音乐、医药、卜算等无所不通，他所著《梦溪笔谈》中已指出“方家以磁石磨针锋，则能指南，然常微偏东，不全南也”。这里不仅说明了磁针的指南特性，而且肯定了磁偏角的存在。沈括还广为收藏指南针，并介绍四种装置指南针的方法。一是把磁针横穿灯芯使之漂浮于水面的水浮法，二是把磁针置于指甲盖上的指甲旋定法，三是置磁针于碗沿上的碗沿旋定法，四是丝悬法，即用单丝把磁针水平悬挂起来。他认为前三法“不若丝悬为最善”。这是世界上最早



图 1.1 我国北宋学者沈括(公元 1030—1095)象

关于人工磁化针指南方法的记载。沈括的第二、三两法,其装置与后来的磁罗盘原理相同;而他的丝悬法现已被广泛用于多种地磁绝对值观测和相对值记录仪器之中。

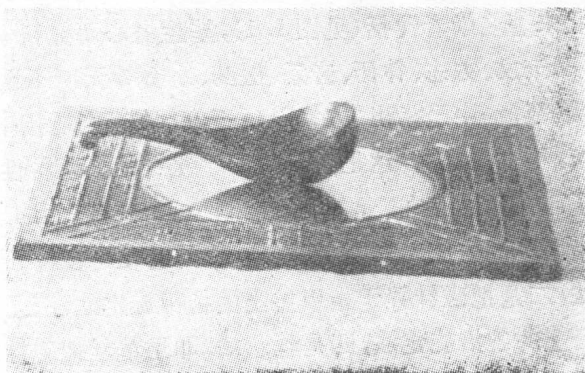


图 1.2 根据先秦、两汉时代典籍记载而复原的“司南”模型

根据先秦、两汉时期的典籍记载而复原的“司南”模型如图 1.2 所示。

北宋和南宋先后出现的缕悬法指南针和木刻指南龟的复原模型如图 1.3 和 1.4 所示。

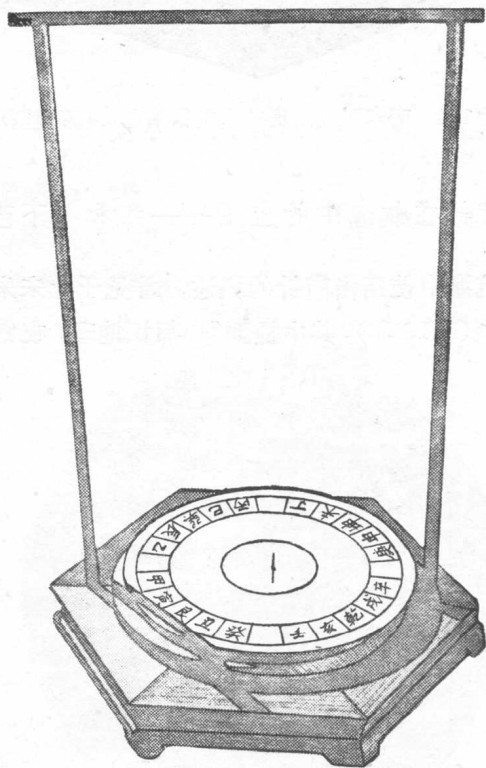


图 1.3 北宋时期的缕悬法指南针(复原模型)
磁针用丝线悬挂在盘面上方

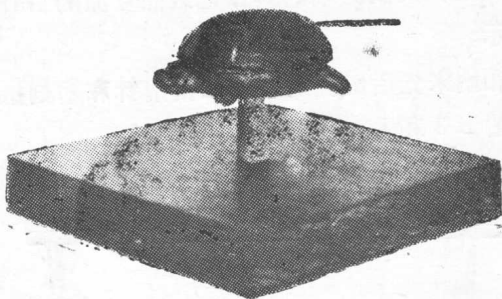


图 1.4 南宋时期出现的木刻指南龟(复原模型)

指南针在航海中的应用——郑和七下西洋

关于航海中使用指南针的记述，首见于北宋朱彧所著的《萍州可谈》(1119 年)，其中提到“舟师识地理，夜则观星，昼



图 1.5 a 古代罗盘定位图

则观日，阴晦观指南针”。公元 1124 年出使朝鲜的徐兢，也留有“若晦冥，则用指南浮针，以揆南北”的记载。我国元代的航海针经，已按沈括的论述用二十四个方位以区别方向，被称之为二十四至，其中包括十二地支（子丑寅卯辰巳午未申酉戌亥），八天干（甲乙丙丁庚辛壬癸）和四卦（乾坤艮巽），如图 1.5 a、b。

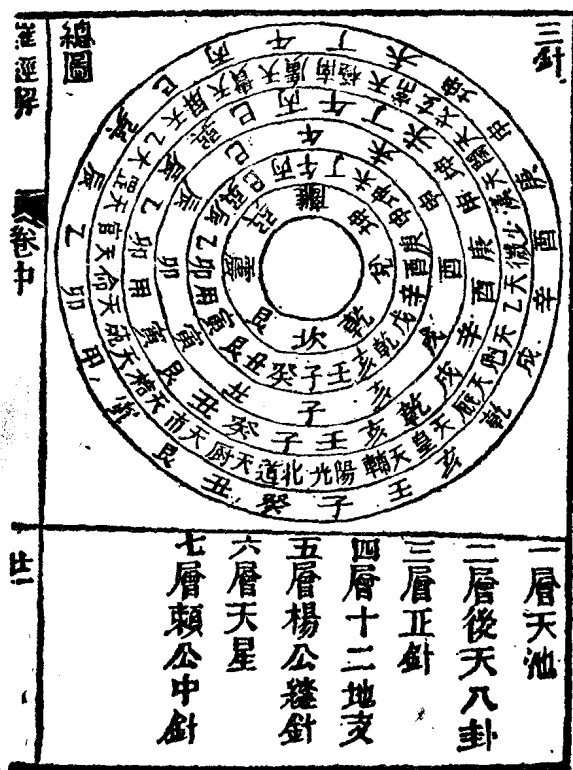


图 1.5 b 古代三针图

到了明朝，航海家郑和奉明成祖之命，先后七次下

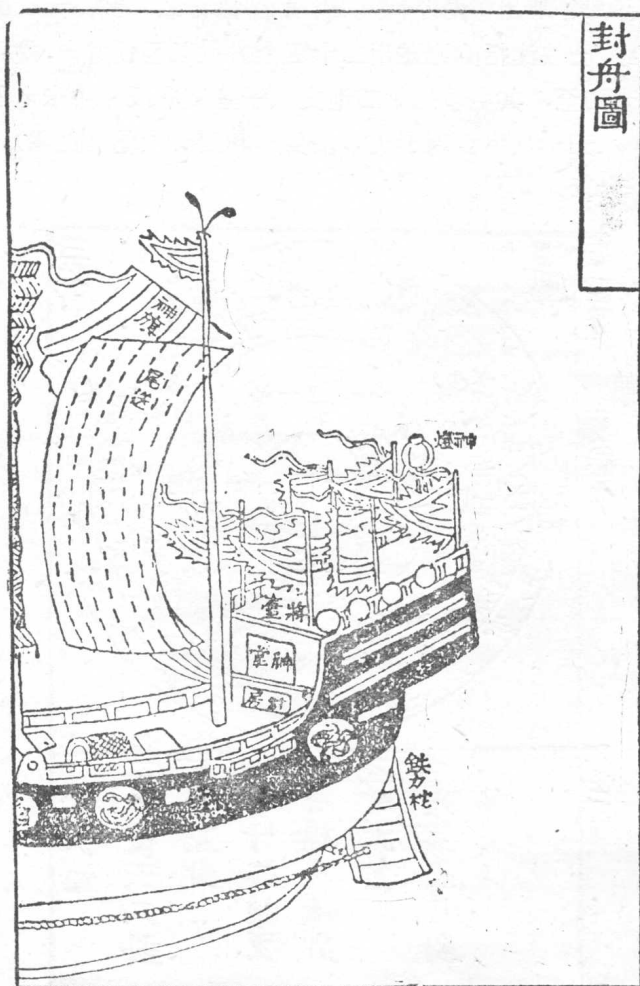


图 1.6 古代船舶磁针位置示意图(磁针放在图中标有“针房”的舱房里)

西洋，其船队规模最大时包括有 200 只船只和二万七千船员水手，每次都用指南针和二十四至以测量方位（参见图 1. 6）。从 1405 年至 1433 年，他率船队先后驶往我国东海、南海，直到印度洋、波斯湾、阿拉伯海和红海海域，七次共访问亚非国家达三十个以上，最远曾达非洲东海岸。郑和这些航行，比哥伦布发现美洲要早半个世纪，对于沟通亚非经济交流和文化往来，以及增进我国与其他国家人民的友谊，都建立了不朽的功勋。

据一位日本人桑原隲藏的考证，在欧洲和阿拉伯的文献中，至十二世纪末才有关于罗盘针使用的记载；所以他断定指南针是在十二世纪先传入阿拉伯又传到欧洲的。在此以前，欧洲的航海者还不敢远离地中海，他们所知道的世界是很小的。在指南针传入欧洲后，意大利人和西班牙人才敢远离地中海，进而才有哥伦布发现新大陆。不难想像，在茫茫大海中“一叶孤舟”上的哥伦布，如果没有指南针的指引，在经常发生的连阴天气里，他怎能掌握航向而抵达新大陆！可见有了指南针的发明，才有新大陆的发现，从而为中世纪的欧洲历史揭开了最重要的一页。

江湖骗术中的道理——查风水，看阴阳

我国古代的“堪舆”术，俗称为“风水”术或“相地”术。干这行的人叫做风水先生和阴阳先生。相信“风水”的人每逢建房宅、筑寺院或办丧葬等事时，都要请这些人用罗盘来相地择址。早在春秋时代，就有“墓大夫”或“司墓”的官职，但尚无祸

福之说。秦汉以后，风水之说渐盛，晋代已开始民间流行，并将五行（金木水火土）、八卦（乾坤巽艮坎离震兑）或乾坤巽艮子午酉卯八方位与祸福相附会，影射而形成了明显的迷信色彩。

像这种迷信观念，按照历史唯物主义观点进行剖析，其来源无非是在客观的方位定向的基础上，附加有祈卜祸福的主观愿望。上面谈到的二十四至，是由分四至八逐渐扩展而来。无论四方定位、八方定位或二十四向定位，只不过将圆周 360 度分割成四、八或二十四等分而已。由于主观上祈卜吉凶祸福的迷信思想，有些古人便将五行与方位牵连起来，从而形成了西为金、东为木、南为火、北为水和中为土的说法。实际上古代也有不少有识之士并不迷信风水。例如三国时“竹林七贤”之一嵇康就写过《宅无吉凶论》，阐明人的吉凶与住宅无关。当过北宋宰相的司马光，幼年家境贫寒，祖父死时无钱买棺材，他哥哥就按自己的意见处理葬事，后来他哥儿俩都当了官而且长寿，他所写的《葬论》中，用自己的生动事例说明风水是与祸福无关的，断然指出有些人任意由风水先生摆布是毫无意义的，其后果未必比他家好些。

这里顺便指出，我国地处北半球中低纬度地带，因此我国各地，特别是北方，住宅和寺院等建筑物往往面南取向，这是很符合全年多取阳光和自然采光的科学道理的，这样有利于夏季通风，冬季节能，有益于人体健康，恐怕这些因素正是江湖骗术得以借查风水看阴阳之名而加以利用的客观条件。

二、地磁场孪生七姐妹

地磁场的方向和强度

一位青年旅行家志在徒步漫游万里长城，他从山海关出发，经过大半年愉快的旅途生活终于到达嘉峪关，有件事使他很迷惑：他在山海关出发时曾细心检查了随身携带的小罗盘（即指南针），发现磁针指的方向并不正对着北极星，而是向西偏了六、七度。走到银川，发现磁针向西偏的角度变为三、四度了，到达嘉峪关后，磁针竟然正好对着北极星！这是为什么呢？他回来后请教了天文学家，天文学家告诉他北极星的方向没有这么大的变化。他又请一位仪表工程师检查小罗盘，罗盘的偏差也不会如此之大。最后他去请教一位地磁学者，地磁学者首先向他介绍了磁针指示方向的道理以及地磁场的结构和成因，使他明白了地磁场不仅静态分布复杂，各地方向和强度都不同，而且还有各种不同周期不同幅度的时间变化。接着又告诉他怎样利用这些知识来测量地磁场的强度和方向。

地磁场七要素——为孪生姐妹命名

为了研究空间任一点 O 处的地磁场的方向和强度，应以 O 为原点选取直角坐标 $O-XYZ$ 如图 2.1。其中 OX 轴指正

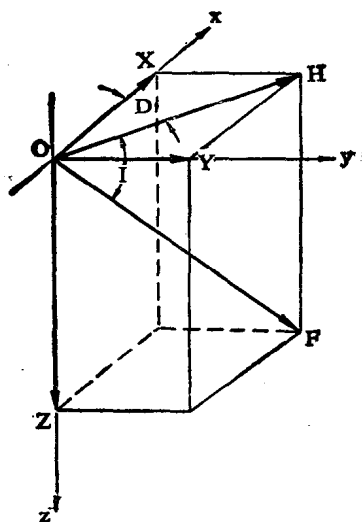


图 2.1 地磁场七要素

O—XYZ 为直角坐标系, XOY 为地理子午面,
HOZ 为磁子午面, OF 表示地磁场矢量。

北, OY 轴指正东, OZ 为垂直轴, XOY 为水平面, XOZ 为地理子午面, 因为这两个平面都是用较为简单的仪器装置就能够确定的。O 处的磁场方向与正北方向的夹角叫做磁偏角 D , HOZ 称为磁子午面, 地磁场总强度矢量 $\vec{F}$ 在此平面上与水平面的夹角叫作磁倾角 I , $\vec{F}$ 在水平面 XOY 和垂直轴 OZ 上的投影分别称为水平分量 $\vec{H}$ 和垂直分量 $\vec{Z}$, 而 $\vec{H}$ 在 OX 和 OY 轴上的投影为北向分量 $\vec{X}$ 和东向分量 $\vec{Y}$ 。这样就把 O 点的地磁场分解为七个要素, 通称为地磁场七要素。为了表示他们之间的亲密关系, 这里把她们比为地磁场孪生七姐妹。在专门讨论地磁场问题时, 往往直接用她们的符号——X、Y、Z、H、D、I 和 F 来表示。

七要素的互换,七姐妹的骨肉情

图 2.1 已严格建立了地磁场七要素的几何关系, 根据这种几何关系, 在 $\triangle XOH$ 中, $XH=OY$, 所以有:

$$X = H \cos D = Y \cot D \quad (2.1)$$

$$Y = H \sin D = X \tan D \quad (2.2)$$

以及 $H = (X^2 + Y^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.3)$

在 $\triangle HOF$ 中, $HF=OZ$, 故有

$$H = F \cos I = Z \cot I \quad (2.4)$$

$$Z = F \sin I = H \tan I \quad (2.5)$$

以及 $F = (H^2 + Z^2)^{\frac{1}{2}} = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.6)$

这一组等式充分体现了七姐妹的骨肉深情, 例如知道了 H 、 Z , 就能求出 F 、 I ; 知道了 H 、 D 、 Z , 就能求出 F 、 X 、 Y 、 I 。总之, 只要知道了三个独立要素(有水平面和磁子午面两个平面, 只要三个分量不处于同一个平面, 就构成独立三分量), 便可求出其余四个要素。七姐妹不但你中有我, 我中有你, 而且是同时同地同源所生。

七要素的度量单位

在七要素中, D 、 I 是确立地磁场方向的两个角度, 可采用通用的度、分、秒单位来度量, 并用符号“°”、“′”、“″”来表示。 F 、 H 、 X 、 Y 、 Z 都是确定地磁场矢量强度的要素, 所以要采用度量强度的单位。

在中学物理教科书中已经提到,磁场的来源有二,一是磁性物体在其周围产生磁场,二是通有电流的导线周围产生磁场。这里我们从磁性物体的磁性谈起。

一根由同一材料均匀磁化的棒状或针状磁性体,通称为磁棒或磁针,其磁性表现为集中在靠近两端的两点上,这两点称为磁棒的两极。两极的磁性强度相同而符号相反。把它用细线悬挂起来时,向北指的一极称为指北极或正极,以 N 表之,另一极为指南极或负极,以 S 表之。若一磁棒的 N 极的强度为 $+m$,则其 S 极的强度就是 $-m$ 。用两根磁棒不难试出磁极之间具有同性相斥异性相吸的性质。进一步的实验可知,极强为 m_1 和 m_2 的两磁极之间的作用力 f 与两极强度的乘积 $m_1 \times m_2$ 成正比,而与它们之间的距离 r 的平方成反比,即
$$f = \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

地磁测量中长期沿用厘米、克、秒单位制。若在 $m_1 = m_2$ 条件之下, $r = 1$ 厘米, $f = 1$ 达因,则有 $m_1 = m_2 = 1[\text{达因} \cdot (\text{厘米})^2]^{\frac{1}{2}} = 1 \text{克}^{\frac{1}{2}} \cdot (\text{厘米})^{\frac{3}{2}} \cdot \text{秒}^{-1}$,定义为一个单位极强。

任一磁极 m 必在其周围产生磁场。若一个单位磁极在距 m 为 r 处,受 m 的作用力为 $f = \frac{m}{r^2}$, f 就是 m 在 r 的磁场强度。若 $r = 1$ 厘米, m 也是一个单位极强,则那里的磁场强度也是一个单位,这个单位命名为高斯(Gauss),以符号 Γ 表示。我们知道一克质量的物质在重力场中受到的作用力为980达因。可见磁场强度单位一高斯是很小的,仅等于一克质量物质所受重力场作用的 $\frac{1}{980}$ 。但地球本身的地磁场在地