

司南

漫谈

陈思璠 编著

司南·指南针·方位盘·罗盘
人类对方向的认识与测定

游历、
居宅风水、墓穴方位、战事行军必备之物



图书在版编目(CIP)数据

司南漫谈 / 陈思璠编著. — 重庆: 重庆出版社, 2008.4
ISBN 978-7-5366-9517-7

I. 司... II. 陈... III. ①指南针—普及读物 ②罗盘—普及读物
IV. P212-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 030848 号

司南漫谈

SINAN MANTAN

陈思璠 编著

出版人: 罗小卫
策划: 刘太亨 陈慧 李彤
责任编辑: 朱子文 陈红兵
责任校对: 杨婧
技术设计: 日日新·雅正图书



重庆出版集团 出版
重庆出版社

重庆长江二路 205 号 邮编: 400016 <http://www.cqph.com>

重庆裕城电脑制版输出中心制版

重庆联谊印务有限公司印刷

(重庆市江北区五里店林家桥 邮编: 400025)

重庆出版集团图书发行有限公司发行

E-MAIL: fxchu@cqph.com 邮购电话: 023-68809452

全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 23 字数: 400 千

2008 年 4 月第 1 版 2008 年 4 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 10 000

ISBN 978-7-5366-9517-7

定价: 48.00 元

如有印装质量问题, 请向本集团图书发行有限公司调换: 023-68809955 转 8005

版权所有, 侵权必究

司南是指南针的母亲，在古代，“司”是“指”的意思，“司南”就是“指南”，因此，可以说一部司南的历史就是一部指南针的历史。

指南针连同火药、造纸、活字印刷是中国享誉世界的四大发明。指南针的发明不是一件侥幸的事，它首先需要对磁力、指极性的认识，其次需要对极光、太阳黑子、磁偏角、力学的认知，它的应用还需要人工磁化理论和切割琢磨技术作为基础。现在，考古学已经证明，我们祖先对磁石的认识可以上溯到距今7300年到7500年。就以文字记载来比较，也比欧洲早出1000多年。对太阳黑子的认识，殷商甲骨文中的记载，是世界公认最早的太阳黑子记录。1492年，意大利人哥伦布在航海时发现磁偏角震惊了世界，但比中国的沈括发现磁偏角的时间晚400多年。有了磁偏角的知识，指南针的应用才真正跨进了科学的大门。值得注意的是，司南必须把硬度为5.5度至6.5度的整块花岗石和式盘打磨得非常光滑，否则会影响指南针自由旋转。我国商周时期琢玉工人的技术已很精湛，到春秋时期就能把硬度5-7度的软玉和硬玉琢制成各种形状的玉器，这就为指南针的磨制奠定了技术基础，也铸造出我们祖先细致、坚韧的优秀性格。

司南文化是中华文化的一个重要组成部分。中国人认识了磁石的特性，随之应用到各个领域。除用于航海外，有意义的是中医学。医师们经历代临床研究，认为磁石性味辛、寒、无毒，归肾肝二经。其药用在诸家本草多有记述。《史记》中记有中药散剂“五石散”的配方，其中的灵磁石就是磁石的一种；汉初成书的《神农本草经》最早记述了磁石的药性，主治周痹风湿，肢节中痛，养肾脏；明代李时珍的《本草纲目》记载宋人用磁石吸铁作用来进行外科手术，吸走掉入眼里或口里的细小铁质异物；唐朝孙思邈记下了制造磁化酒和磁化水的方法；高濂《遵生八笺》记载把磁石安在木枕上，可以“明日益睛，至夜可读细书”。这与当代许多科学家致力于人与磁的关系的研究暗合。其次是在军事上的应用，史书记载，晋朝大将马隆在泰始年间（265~274年）与羌戎战於西北地方，马隆曾以磁石叠夹道，阻滞羌人进军，从而获得了战争的胜利。此外，陶瓷工人使用磁铁在釉缸中来回旋转，除去釉中含有的铁杂质，以提高瓷器的洁白度与透明度。隋唐年间，古代炼丹家也将磁石纳入炼丹的化学药物之一，西汉的刘安在炼丹中发明了豆腐。有趣的是，秦始皇建造阿房宫，曾用磁石砌门墙，羌胡人带铁制兵器入门，磁石吸去他们的兵器，故阿房宫门又被称为“却胡门”。

当然应用得最多的还是娱乐领域，从皇帝到民间，各个阶层的人们利用

磁石的磁性，创造出形式各殊的游戏。士大夫发明了“斗棋”、“唤狗子走”、“葫芦相打”等游戏；民间还有“磁瓢”、“磁木偶”、“磁幻术”等游戏并配以杂耍。西汉一个名叫栾大的方士，将他发明的“斗棋”献给汉武帝，当场演示，汉武帝惊奇不已，竟封栾大为“五利将军”。这一游戏一直流传到明清。

然而，指南针和罗盘应用得最广泛、历史最久远的还是风水。指南针与罗盘是一对孪生姐妹，而罗盘具有记载高容量信息的功能，我们的祖先几乎将中国文化中的阴阳学说、五行相生相克原理、八卦理论、二十四干支、十二生肖、天文二十八宿统统纳入这个小小的罗盘中，创造出了独特的中国风水理论。明代以后，罗盘记载的内容越来越多，层数也越来越多，最多的竟有五十多层。这样，风水罗盘就从记载中国古代天文学、古代地理学的单纯科学文化演变为占卜一类的风俗文化，它包含着科学和迷信两个部分。而其中的迷信部分吞噬了多少中国人的聪明和才智。

指南针真正发挥出巨大威力从而奠定它划时代历史意义的事件，还是它远渡重洋传入地中海和波罗的海之后，它使地中海诸国濒临绝境的海外贸易起死回生，并给西方的深海航运带来突破性的发展，创造出陆上运输无与伦比的奇迹。繁荣的海外贸易催生出船舶经营人联合会和商人公会，以及集市贸易等新的商业和运输的组织和制度，随着卡孟达委托制的普及，一个新兴的阶级——海上贸易商阶级诞生了。这个阶级的发展，顺理成章地萌芽出公司法人和法人资本、经理制和委托制、信贷和簿记等资本主义因素。之后，哥伦布带着中国的航海罗盘发现了新大陆，这个新兴的阶级随之开始了血与火的原始资本积累。他们靠抢劫和屠杀创造出一个个殖民地。一旦财富和力量成熟，一场资本主义革命席卷欧洲，欧洲诸国在同封建统治的几次复辟与反复辟的较量中，最终赢得了胜利。又经过几百年的积累，资本主义发展到今天，似乎永远无法弥平的东西方的巨大贫富差距和强弱对比使西方七强能够称霸世界。可以毫不夸张地说，是中国人的指南针给欧洲的资产阶级指出了资本主义的方向。这不是故作惊人之语，英国哲学家、物理学家弗·培根说：“印刷术、火药和指南针这三种发明把世界上各种事物的全部面貌和情况都改变了，并因此而引起无数的变化，任何帝国、教派对人类的影响仿佛都不及这些机械性的发现。”卡尔·马克思、马克斯·韦伯、李约瑟博士都认定中国的三大发明是“资本主义的前提”。这就是说，没有中国人的发明，西方的资本主义根本就无从谈起。

前言 / 1

第 1 章 历史与方位

指南针发展简史 / 2

指南针传入西方与发展 / 9

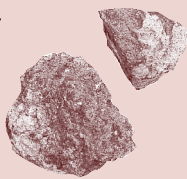
第 2 章 发现磁的秘密

磁石的发现 / 14

斗棋与磁幻术 / 24

磁现象作用 / 26

磁石应用 / 39



第 3 章 指南车与司南

指南车 / 47

指南针始祖——司南 / 54

第 4 章

司南演变：指南针

指南针的起源 / 62

指南针的放置方法 / 66

指南鱼与指南龟 / 70

堪舆家与指南针 / 77



第 5 章

方位盘

早期方位占卜图 / 85

式占盘 / 93

第 6 章

罗盘简介

罗盘种类 / 99

罗盘的尺寸与构造 / 103

罗盘的选购 / 106

罗盘和指南
针的使用方法 / 108



第 7 章 罗盘与堪舆

风水罗盘发展简史 / 116

经天纬地话罗盘 / 127

三合罗盘 / 133

第 8 章 罗盘应用



地理测绘 / 220

军事罗盘 / 227

旅行 / 229

电子罗盘 / 234

航海罗盘 / 237

第 9 章 罗盘导航与古代航海

指南针与航海简史 / 252



古代远航历史
与航线 / 255

造船技术与船
舶 / 275

航海针路 / 283

其他航海导航知识 / 287

中外古代海道图 / 292

历代航海技术与指南针 / 300

第 10 章 指南针在国外的传播

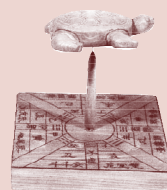
指南针的外传 / 309

指南针在阿拉伯世界的传播 / 316

指南针在欧洲的传播 / 327

指南针在东亚的传播 / 339

第 11 章 司南遗产



司南现象 / 344

中外学者的探究 / 346

留给炎黄子孙的思考 / 351



古人对司南的研究 白描

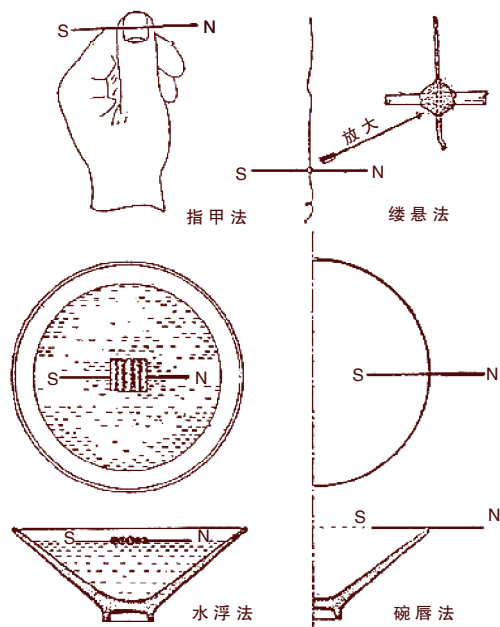
早在战国时期,我国古人便已发现磁石及其吸铁性,并用磁石琢磨成具有指向功能的器具,称“司南”。东汉王充在《论衡》中说:“司南之杓,投之于地,其柢指南。”不过,中国最早的指南针理论是建立在阴阳五行学说基础上的“感应说”,认为指南针所指即阳气之所在。到宋代,人们逐渐建立了早期的地磁学知识。直到明清以后,来华的西方传教士才逐渐将西方近代系统的磁学理论传入中国。



指南针的放置方法

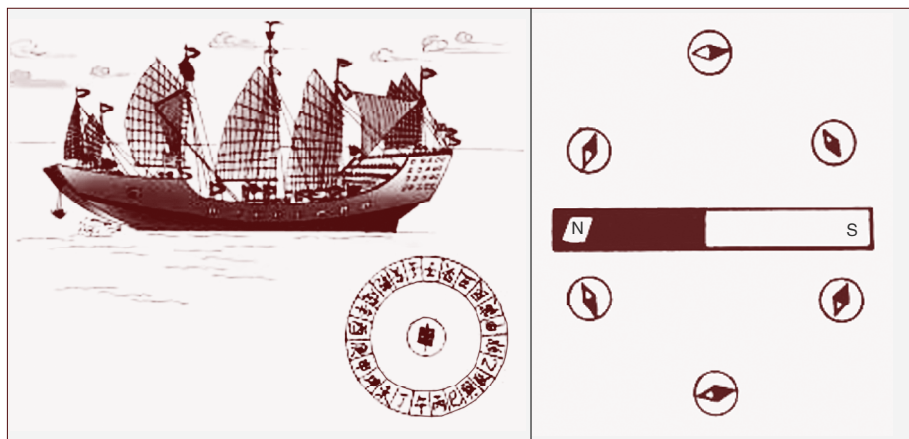
指南针安装方法

指甲旋定法是把一磁针放在手指甲面上,使它轻轻转动,指示方向;碗唇法是把磁针放在光滑的碗口的边上指示方向;水浮法是在指南针上穿几根灯芯草,放在有水的碗里,使它浮在水面上指示方向;缕悬法是在磁针中部涂一些蜡,黏上一根细丝线,把丝线挂在没有风的地方,指针则指示方向。前两种方法因不稳定,所以应用较少,后两种在后来的航海事业上起了重要作用。这四种方法的记载可以说是世界上指南针使用方法的最早记录。



宋代,人们在人工磁化和使用磁针两方面的探索,致使指南针得以广泛应用。《武经总要》中载有制造指南鱼的方法,是利用强大的地磁场作用使磁畴顺地磁场方向排列,从而使铁片磁化。这种人工磁化方法的发明,是磁学和地磁学发展史上的一件大事。但这种方法所得磁性仍较弱,实用价值不大。

《梦溪笔谈》中详细地记述了指南针的制造、安装方法和磁偏角。书中说:“方家以磁石磨针锋,则能指南,然常微偏东……莫可原其理。”按沈括的说法,当时的技术人员用磁石去摩擦缝衣针,就能使针带上磁性。从现在的观点来看,这是一种利用天然磁石的磁场作用,使钢针内部磁畴的排列趋于某



一方向,从而使钢针显示出磁性的方法。

(上左) 罗盘导航示意图

这段文字对磁针罗盘作了清晰的描述。它解说了水浮法、碗唇旋定法、指甲旋定法、缕悬法4种指南针装置方法,还清楚地说明了磁偏角。文中所述的指南、指北两种针,系用磁石两个不同极来摩擦所致。它表明,当时人们已经掌握了用天然磁石摩擦磁化铁针来制作指南针的方法。在现代电磁铁出现之前,这种方法是制作指南针最常见而有效的方法。

罗盘发明后被广泛用于军事、航海。在航海史上有中国关于罗盘导航的最早记录,罗盘的应用使得海上的路线一目了然,也提高了航海的准确性与安全性。到元代时,指南针已经成为海上导航的最重要仪器之一。

(上右) 磁体周围存在磁场

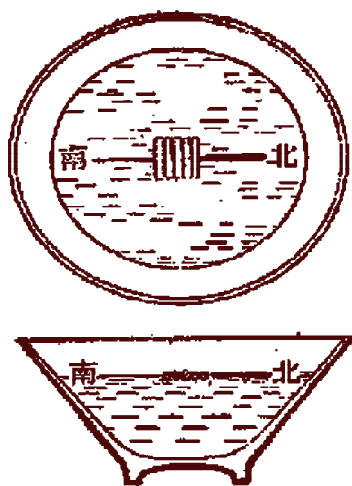
这种方法比地磁法简单,而且磁化效果比地磁法好,摩擦法的发明不但世界最早,而且为有实用价值的磁指向器的出现创造了条件。沈括还在《梦溪笔谈》的补笔谈中谈到了摩擦法磁化时产生的各种现象:“以磁石磨针锋,则锐处常指南,亦有指北者,恐石性亦不……南北相反,理应有异,未深考耳。”这是说,用磁石去摩擦缝衣针后,针锋有时指南,也有时指北。

在磁铁周围的不同位置放置一些小磁针,小磁针静止时,指向各不相同,这表明磁场中不同位置,力的作用方向不同,因此磁场具有方向性。在磁场中,利用小磁针来规定磁场的方向,规定在磁场中的任意一点,小磁针北极受力的方向即小磁针静止时北极所指的方向,就是那一点的磁场方向。

从现在的观点来看,磁石都有N和S两个极,磁化时缝衣针针锋的方位不同,则磁化后的指向也就不同。

沈括不知道这个道理,但他真实地记录了这个现象并坦白承认自己没有深入思考,以期望后人能进一步探讨。

沈括在《梦溪笔谈》里指出的4种安装方法,即:指甲旋定法、碗唇旋定法、水浮法、缕悬法。水浮法到后来发展成为水罗盘,在古代航海中

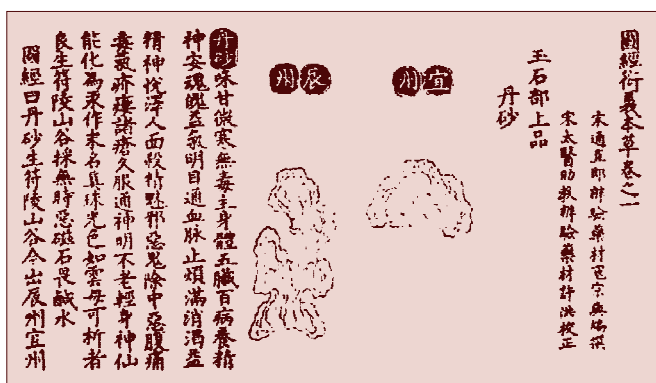


水浮法指南针示意图

沈括在《梦溪笔谈》中记载的四种指南针装置方法,有的仍被近代罗盘和地磁测量仪所应用。在航空和航海时,使用的罗盘就多以水浮磁针作为基本的装置。

《图经衍义本草》书影

古籍中有关磁石相关的记载,很多出现在本草类书籍中。宋代在本草学的纂修工作上成绩卓著。图中所示为《图经衍义本草》,是北宋时期著名的药学著作。它是由唐慎微的《证类本草》与寇宗奭的《本草衍义》加以合纂的改编本。在《证类本草》中曾记载慈州的磁石,《本草衍义》中曾有水浮法指南针的记载。现存元刻本、《道藏》本的《图经衍义本草》,此图为《道藏》本书影。



获得了广泛应用;缕悬法则至今仍在一些实验中使用。

沈括还对4种方法做了比较,他指出,水浮法的最大缺点是水面容易晃动影响测量结果。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。沈括比较推重的是缕悬法,他认为这是比较理想而又切实可行的方法。事实上沈括指出的4种方法已经归纳了迄今为止指南针装置的两大体系——水针和旱针。

沈括对于缕悬法评价很高,这是有道理的。

他选用独缕蚕丝悬针,因为独缕,本身没有扭转的弊病,不会似合股丝线呈螺状结构。另外,用芥菜子大小的蜡珠黏合独缕蚕丝,缀于针腰,这就避免了像结扭针腰那样使独缕产生弹性。这样,能够使磁针产生扭矩

的,只有地磁场的作用。因此,用缕悬法安置的指南针,灵敏度是相当高的。

就发展地位来讲,水浮法在我国指南针发展史上占有重要的地位。从已经发现的古代文献和地下出土文物可以看出,我国从两宋起,经元、明到清初,水浮法指南针在航海上和堪輿上都一直使用,有的还使用到清代

制瓷图 彩粉画

中国瓷器是对世界文明史的重要贡献。瓷器从陶器发展演变而成,原始瓷器起源于商代,真正创制于东汉。陶瓷与丝绸在一定程度上改变了所有民族的生活方式和价值观念,古罗马人将中国的丝绸奉为上流社会和贵妇的奢侈品。由此延伸而来的通商大道,彻底改变了中国与世界的关系。图为古代制陶工人生产陶瓷的过程。



的中后期。这种水浮法,据宋代寇宗奭(shì)的《本草衍义》、元代程的《三柳轩杂记》所说,是用灯芯草或其他比较轻的物体做浮标,让磁针贯穿而过,使它浮在水面而指南。解放后在河北磁县、江苏丹徒、辽宁大连等地,陆续发掘出一批元代的“王”字瓷碗,碗腹内底画有三大点,中间穿一细划,样子像个“王”字。据考证,这三点一划是表示“指南浮针”,中间的直线表示磁针,三大点表示和灯芯草有共同作用的浮标。这“王”字的绘画是有用意的。一个是为了表明这碗是专为浮针用的(在大连市出土的三个“王”字瓷碗底部圈足里都墨书一个正楷的“针”字,就是为了标明这碗是针碗)。另一个可能是为了标明磁子午方向,在一定程度上起了方位盘的作用。



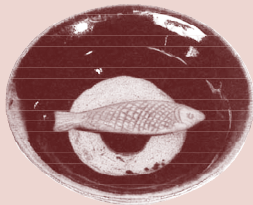
指南鱼与指南龟

陈元靓与指南鱼

沈括之后,人们仍然在不断探讨指南针的装置方法。南宋陈元靓在《事林广记》卷十中介绍了另一类指南鱼和指南龟的制作方法,这种指南鱼与《武经总要》一书记载的不一样。陈元靓发明的指南鱼属于木刻指南鱼,内装天然磁石。

词条·陈元靓式指南鱼

据《事林广记》记载:将一块与拇指一般大的木块刻成鱼形,大小如拇指(约长6厘米);鱼腹内开一长窍、掏空,装入一小条形磁铁;然后用蜡填平鱼腹



陈元靓式指南鱼

窍,以一铁针从鱼口插入鱼腹,并使它与磁铁相接触,铁针一半伸出鱼口外,即成可以指示方向的指南鱼。这种指南鱼经过长期的改进,人们又把铁针在天然磁体上摩擦,铁针也有了磁性。这就成为正式的指南针。

曾公亮式指南鱼

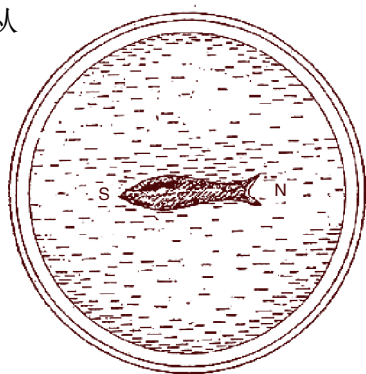
据《武经总要》记载,将薄铁片剪成鱼形,通过地磁场磁化而成的,称指南鱼。这种指南鱼因为是由铁片制成,故也俗称为铁片指南鱼。

陈元靓,南宋末年至元代初期人,祖籍福建崇安。除《事林广记》外,还编有《岁时广记》、《博闻录》等书。陈元靓设计的指南鱼,是将《武经总要》记载的指南鱼中带磁的薄片改成带磁的铁针。这根缝纫用的小铁针,是在天然磁石上磨过,使它带有磁性,人造磁体的指南针就这样产生了。

这种木刻指南鱼是用一块木头刻成鱼的样子,像手指那样大,在鱼嘴往里挖一个洞,拿一条磁铁放在里面,使它

的S极朝外,再用蜡封好口。另外用一根针从鱼口里插进去。指南鱼就做好了。把指南鱼放到水面上,鱼嘴里的针就指向南方。

由于铁针受磁铁感应而被磁化,若铁针恰与条形磁铁北极相接触,此鱼口及其上铁针则指南;若与条形磁铁南极相接触,则指北。指南鱼一般作为水罗盘来使用。



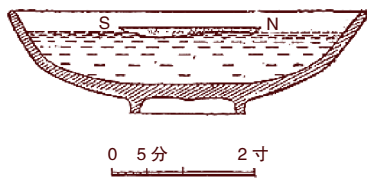
曾公亮与指南鱼

最早利用地磁场制造指南鱼的记载

中国人对指示方向的工具要求一直是强烈的。不论是传说中的黄帝大战蚩尤,还是到后来的军事航海,都说明指南针一直被军事所重视。北宋时期的磁化技术,使指南针成为军事航海必不可少的简便易用的工具。

最早利用地磁场制造指南鱼的记载,是北宋曾公亮(999~1078年)于1040至1044年间在主编的著名军事典籍《武经总要》中记载了兵家制造指南针的方法。这种指南针不是将缝纫铁针与磁石直接磁化做成的,而是将薄铁片剪成鱼形,通过地磁场磁化而成的,这种指南针又称指南鱼。因为是由铁片制成,故也俗称为铁片指南鱼。铁片做成的鱼没有磁性,所以没有指南的作用。如果要它指南,还必须再用人工传磁的办法,使它变成磁铁,具有磁性。

使用指南鱼,比使用司南要方便,它不需要再做一个光滑的铜盘,只要有一碗水就可以了。盛水的碗即使放得不平,也不会影响指南的作用,因为碗里的水面是平的。而且,由于液体的摩擦力比固体小,转动起来比较灵活,所以它比司南更灵敏,更准确。无论是行军作战还是野外旅行,无论是阴雨天或是夜晚,指南鱼都会告诉人们准确的方向。



曾公亮制造的指南鱼

指南鱼是人们在实践中发明的一种性能较好的指南仪器。曾公亮等人在当时虽然没有地磁场、地磁倾角的理性概念,但是在实践中,他们却充分利用了地磁场和地磁倾角来磁化铁片,曾公亮在《武经总要》记载的指南鱼制造方法,正是这一项实践。图中所示的是制作好的指南鱼在水中应用的示意图。

指南鱼的发明是一种人工磁化的方法。人工磁化方法的发明,对指南针的应用和发展起了巨大的作用。在磁学和地磁学的发展史上也是一件大事。

指南鱼的制造方法

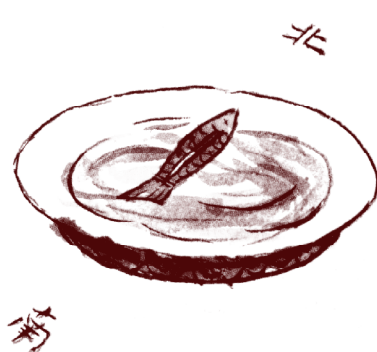
古代民间常用薄铁叶剪裁成鱼形,鱼的腹部略下凹,像一只小船,磁化后浮在水面,就能指南北。当时以此作为一种游戏。东晋的崔豹在《古今注》中曾提到这种“指南鱼”。

北宋仁宗庆历4年(1044年),我国创制了一种指南工具——《武经总要》正是记载的这种可以指南的指南鱼。

“若遇天景暝霾,夜色暝黑,又不能辨方向,则当纵老马前行,令识

指南鱼的制作方法

古代民间就有指南鱼的说法,北宋曾公亮在《武经总要》记载了详细的制作和使用指南鱼的方法。图中所示指南鱼的制作方法有四个步骤:一是将薄铁叶片剪裁成鱼形;二是在火中烧制;三是将烧制好的鱼蘸水;四是将其放入水盆中置于无风处平放,则鱼头指向北。



道路。或出指南车或指南鱼，以辨所向。指南车法世不传，用薄铁叶剪裁，长二寸，阔五分，首尾锐如鱼形，置炭火中烧之，候通赤，以铁钤钤鱼首出火，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，其首常向午也。”

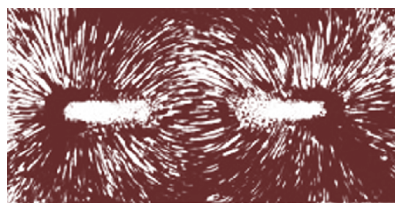
这段话是利用地磁场的磁化法制造人工磁体的可贵记录。这种利用人造的磁铁片和磁铁针以及人工磁化方法制成的指南鱼，因磁性效果，指南指向更准确，更灵敏。指南技术的进步让古人辨别方位的使用范围更加广泛。

指南鱼的制作就是将薄铁片剪成长二寸、宽五分，首尾尖锐的鱼形。然后放在炭火中烧，等烧至通红后夹出，放入水中，入水时使鱼尾指向正北方向，并且稍为向下倾斜，取出后鱼形薄铁片即被磁化，有了指向性，使得整个鱼体与地磁场方向更为接近，从而增强了磁化效果。使用时让它浮在水面，就可以指引方向。无风时，平放铁鱼使其浮于水面，其鱼首则指南。

这种磁化方法包含有丰富的科学道理，是科学史上非常了不起的发明和发现。为什么这样就能制造指南针呢？现在我们知道指南针的发明离不开人工传磁。那么古时候的人又是怎样进行人工传磁的呢？

指南鱼的人工传磁

关于怎样进行人工传磁，《武经总要》没有明确的记载，但是该书指出，指南鱼要用“密器收之”，也就是说，要拿一个密封的盒子藏起来。根据这一点来看，当时的人工传磁法大约是这样的：把铁片做的鱼和天然磁铁放在同一个密封的盒子里，使它们接触，时间久了，铁片做的鱼也会具有磁性，变成磁铁。



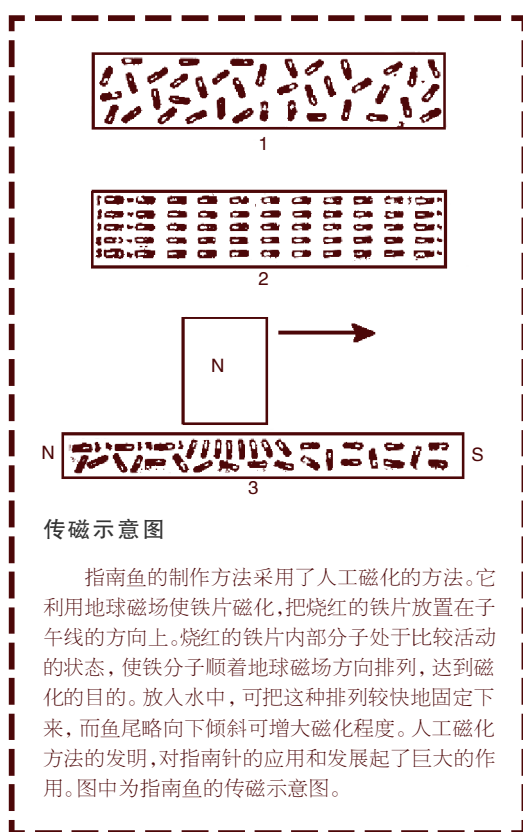
甲



乙

条形磁铁和蹄形磁铁

关于地磁场知识的应用在古时已经证实，但并未有确切的名字加以记载。图中所示是在磁场中无数被磁化了的铁屑排成的曲线，形象地显示出各点的磁场方向。条形磁体（甲）和蹄形磁体（乙）的磁场铁屑在磁场中被磁化，每粒铁屑都成了“小磁针”，轻敲玻璃，“小磁针”能在磁场作用下转动，停下来时，每个“小磁针”北极所指的方向显示出所在点的磁场方向。



传磁示意图

指南鱼的制作方法采用了人工磁化的方法。它利用地球磁场使铁片磁化,把烧红的铁片放置在子午线的方向上。烧红的铁片内部分子处于比较活动的状态,使铁分子顺着地球磁场方向排列,达到磁化的目的。放入水中,可把这种排列较快地固定下来,而鱼尾略向下倾斜可增大磁化程度。人工磁化方法的发明,对指南针的应用和发展起了巨大的作用。图中为指南鱼的传磁示意图。

原来,不管磁化或者没有磁化的铁里面,每一个分子都是一根“小磁铁”。没有磁化的铁条,它的分子毫无次序地排列着,“小磁铁”的磁性都互相抵消了。磁化了的铁条,所有的“小磁铁”都整整齐齐地排列着,同性的磁极朝着一个方向,不用说,整个铁条就具有磁性了。如果拿一块磁铁,紧紧擦着一根没有磁化的铁条,老是从这一头向另一头移动,那么,由于磁铁的吸力,普通铁条中的分子也都顺着一个方向排列起来,这样就完成“传磁”的工作了。《武经总要》上讲到的“密器收之”,可能就是指这种人工传磁方法。

我国人民发明用人造磁铁做指南鱼,这是一个很大的进步。这说明我国在900多年前就已具有相当丰富的磁铁知识了。

不过跟现代比较起来,那时候的“发现”和“掌握”还是很有限,很多现象他们看得明白,具体的理论研究很有限。直到近现代科学家的研究,才充分说明了指南鱼是如何进行人工传磁的:

磁铁的磁性是由其内部磁畴的规则排列而产生的,非磁铁的磁畴却由于排列杂乱无章而不具磁性。鱼尾朝地理北极磁化,则鱼尾具有南极磁性,鱼首具有北极磁性。鱼形薄铁片烧红之后,内部磁畴活动加剧,沿南北向放置可以在强大的地磁场作用下,使磁畴顺着地磁场的作用规则排列,放入水中可以使磁畴的规则排列比较迅速地固定下来,从而使其磁化。由于同性相斥、异性相吸的结果,鱼首就指南了。至于鱼尾稍为向下倾斜,则是由于地磁场存在着磁倾角,沿着磁倾角进行磁化,可以加强磁化的程度。

无论如何,《武经总要》的记载是世界上最早关于利用地磁场进行人