

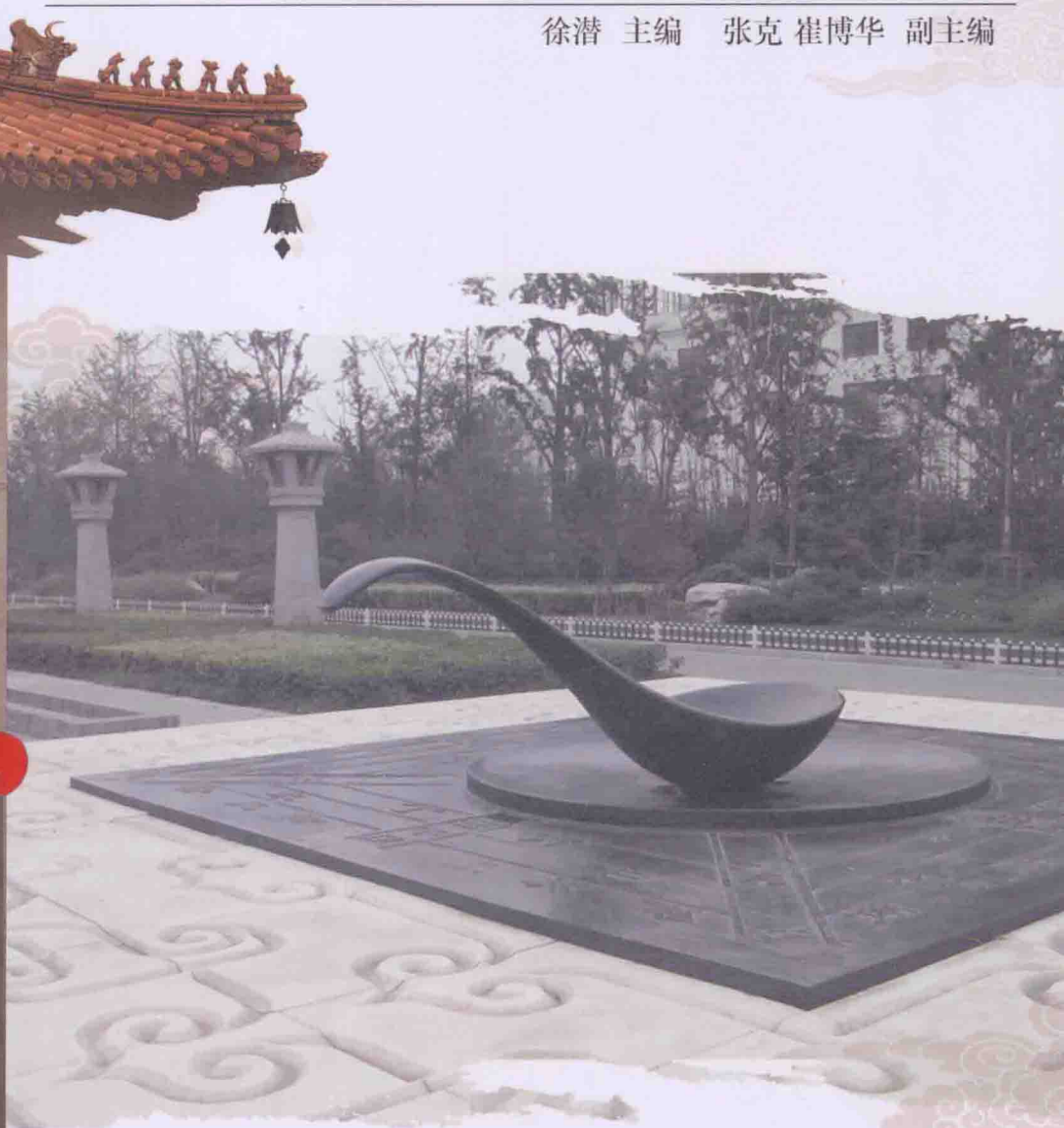
中国古代科技与发明

Zhong Guo Gu Dai Ke Ji Yu Fa Ming

徐潜 主编 张克 崔博华 副主编

辉煌的文科

Hui Huang De Wen Jiao Ke



吉林出版集团 吉林文史出版社

中国古代科技与发明



徐潜／主编

张克 崔博华／副主编

李娇 王泽妍／编著



吉林出版集团—吉林文史出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国古代科技与发明 / 徐潜主编. — 长春: 吉林文史出版社, 2013.3

ISBN 978-7-5472-1502-9

I. ①中… II. ①徐… III. ①科学技术—技术史—中国—古代—通俗读物 ②创造发明—技术史—中国—古代—通俗读物 IV. ①N092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 063483 号

书 名 中国古代科技与发明

主 编 徐 潜

副 主 编 张 克 崔博华

责任编辑 崔博华

装帧设计 DAS 工作室

出版发行 吉林出版集团 吉林文史出版社

地 址 长春市人民大街 4646 号 邮编: 130021

网 址 www.jlws.com.cn

印 刷 三河市同力印刷装订厂

开 本 720mm×1000mm 1/16

印 张 13

字 数 250 千

版 次 2014 年 2 月第 1 版 2014 年 2 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5472-1502-9

定 价 26.00 元

序 言

民族的复兴离不开文化的繁荣，文化的繁荣离不开对既有文化传统的继承和普及。该书就是基于对中国文化传统的继承和普及而策划的。我们想通过这套图书把具有悠久历史和灿烂辉煌的中国文化展示出来，让具有初中以上文化水平的读者能够全面深入地了解中国的历史和文化，为我们今天振兴民族文化，创新当代文明树立自信心和责任感。

其实，中国文化与世界其他各民族的文化一样，都是一个庞大而复杂的“综合体”，是一种长期积淀的文明结晶。就像手心 and 手背一样，我们今天想要的和不想要的都交融在一起。我们想通过这套书，把那些文化中的闪光点凸现出来，为今天的社会主义精神文明建设提供有价值的营养。做好对传统文化的扬弃是每一个发展中的民族首先要正视的一个课题，我们希望这套文库能在这方面有所作为。

在这套以知识点为话题的图书中，我们力争做到图文并茂，介绍全面，语言通俗，雅俗共赏。让它可读、可赏、可藏、可赠。吉林文史出版社做书的准则是“使人崇高，使人聪明”，这也是我们做这套书所遵循的。做得不足之处，也请读者批评指正。

编 者

2014年2月

目 录



一、中国古代四大发明	/ 1
二、古代火箭	/ 40
三、古代火器	/ 77
四、古代水利工程	/ 113
五、古代数学与算学	/ 159



中国古代四大发明

在我国古代灿若星辰的科技成就中，有四项发明的光芒最为璀璨夺目——指南针、造纸术、印刷术和火药，这四项发明并称为我国古代的四大发明，享誉世界。四大发明不仅对我国的经济、军事、文化等方面发挥了很大作用，对当时正从封建社会向资本主义社会过渡的西方国家也产生了巨大影响。



一、指南针——地理大发现的前导

当人们在碧波荡漾的大海中航行，在硝烟弥漫的战场上作战，在异国他乡游历的时候，身在一个陌生的环境里，经常会迷失方向，辨不清南北，找不到归途。所以很早，人们就开始研究、掌握各种辨别方向的方法。

古时候，人们是通过观察天象来辨别方位的，晚上通过看北极星的方向来确定方位，白天通过看日影的方向来确定方位。可是，一遇到阴天下雨的恶劣天气，这种方法就不灵了，看不见太阳也看不见星星，无法确定方向，尤其是到了晚上，周围一片黑暗，极易酿成惨剧。

实践的需要就是生产的动力，经过劳动人民不断的摸索实验，终于发明了一个能够指示南北、判别方位的小工具——指南针。

指南针由一根装在轴上可以自由转动的磁针和标有刻度的底盘组成，磁针在地磁场的作用下可以指示南北方向。有了它，我们就能在世界的各个角落找到方向，辨清位置，就好像黑暗中的一缕阳光照亮人间，给人们的生产生活带来极大的方便。

今天，现代的指南针已经发展得非常成熟和完善，甚至在 GPS 中也会用到，精致的外观，先进的功能，使它被广泛应用于军事、航海、探险等各个领域，成为名副其实的重要导航工具。

（一）磁现象的发现

1. 磁石引铁

说起指南针的诞生，我们首先要从磁现象的发现说起。早在两千多年前，





也就是春秋战国时期，我国的劳动人民就已经掌握了用铁制造农具的方法，人们在寻找铁矿的过程中，发现山上有一种“石头”具有非常神奇的特性，这种石头可以魔术般地吸起小块的铁片，而且在随意摆动后总是指向同一方向。正因为它一碰到铁就吸住，好像一位慈祥的母亲吸引自己的孩子一样，所以古人称其为“慈石”，后来才逐渐演变为“磁石”。

这种“磁石”其实是一种磁铁矿的矿石，主要成分是四氧化三铁，而它具备的这种吸引铁一类物质的性质就是磁性，所有具备磁性的物体我们都称之为磁体。

我国关于磁石的最早记载见于《管子·地数篇》：“一曰上有铅者，其下有钅银，上有丹砂者，其下有钅金，上有慈石者，其下有铜金，此山之见荣者也。”这里的“铜金”就是一种铁矿。人们不仅发现了磁石，还在生产实践中将磁石付诸了应用。秦朝时候就有这样的故事：传说秦始皇修建阿房宫时，有一个宫门就是用磁铁制造的。如果刺客带剑而过，立刻被吸住，会被卫兵当场捕获。

这样的故事还有很多，《晋书·马隆传》记载了马隆率兵西进甘肃、陕西一带，在敌人必经的一条狭窄道路两旁堆放磁石，这样穿着铁甲的敌兵路过时，就被牢牢吸住，不能动弹。而马隆的士兵穿的是犀甲，磁石对他们没有任何作用。敌人却以为是神兵来了，纷纷落荒而逃，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“以铁叶锢之”，把船吸住，使其难以脱身。

这些故事都说明人们在生产劳动中，发现了磁铁，了解了磁石引铁的性质，后来又逐渐发现了磁石的指向性，并且利用这一性质发明了指南针。

2. 磁针指南

人们发现了磁铁之后，做了很多有意思的实验和尝试，发现磁铁除了铁之外果然不能吸引其他的物质，而且磁铁的





两端是它吸力最强的部分。当两块磁铁相互靠近时，意想不到的事情发生了，两块磁铁有时候会互相吸引，有时候又相互排斥。这又是怎么回事呢？

通过不断的研究，人们发现，两块磁铁相互吸引或是相互排斥，是因为每块磁铁的两端都有不同的磁极，也就是磁铁两端吸力最强的部分，一端是正极，也称为S极，另一端是负极，称为N极。当两块磁铁的同性磁极相靠近时，它们会相互排斥，而异性磁极相靠近则会相互吸引。这就是磁铁同极相斥、异极相吸的原理。人们在发现了磁铁的这个特性之后，制作出了很多生产和生活用品。

在汉武帝的时候就有这样一个故事，说胶东有个叫栾大的人，献给汉武帝一种斗棋。这种棋子一放到棋盘上，就会互相碰击，自动斗起来。汉武帝看了非常惊奇，还给栾大封了官。这种棋子就是用磁石做成的，磁石有磁性，能够互相吸引碰击，形成了“斗棋”。

世界上的物质普遍都具有磁性，因为强弱和种类的不同而呈现出不同状态。世界上最大的磁体莫过于我们居住的地球了，地球是一块天然的大磁铁，磁极分别靠近地球的两端，靠近地球北极的是负磁极，靠近地球南极的是正磁极。所以，不管在地球表面的什么地方，拿一根可以自由转动的磁针，在地球磁场的作用下，它的正极总是指向南方，而负极则总是指向北方。根据这一原理，人们发明创造出了指南针。

3. 磁偏角

我国北宋著名的科学家沈括在进行指南针试验的时候，有了一个重大的发现，他发现磁针所指示的方向并不是地理上的正南和正北，而是微微偏西北和东南，这一现象在科学上叫做“磁偏角”。这说明地球这个磁体的两个正负磁极和地理上的南北极并不重合而只是接近，因此，指南针所指示的方向与地理上



的正南和正北方向有一定的偏差。

中国人正是因为最早发现了磁偏角的存在，从而在确定方向时予以校正，使指南针在指向的时候变得更加准确，保证了航向的正确。在西方，直到 1492 年哥伦布横渡大西洋的时候，才发现了磁偏角的存在，比我国晚了四百多年。

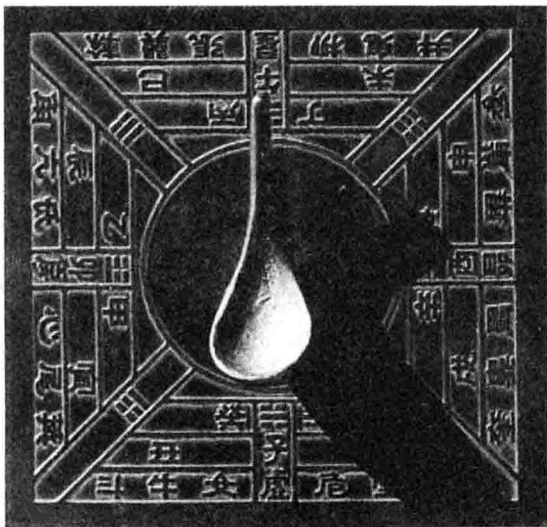
（二）指南针的产生及发展

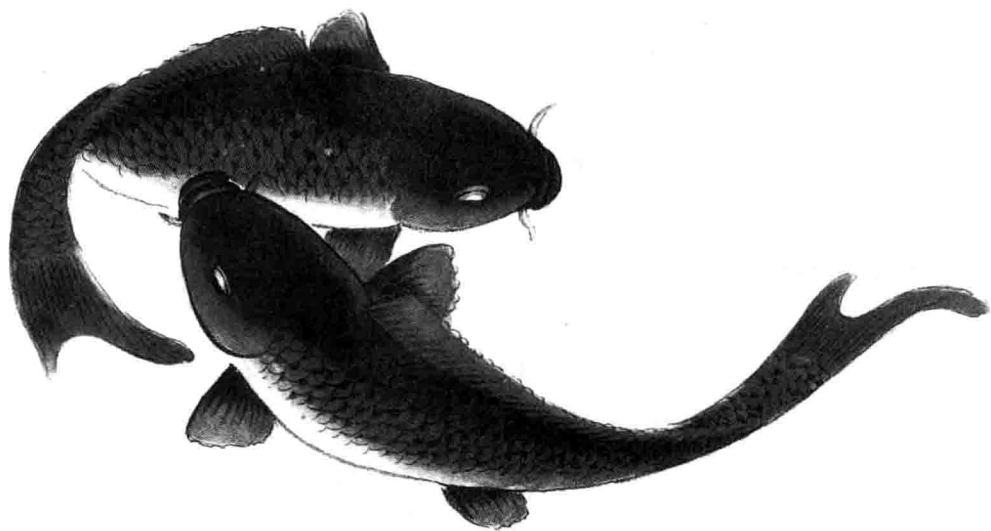
指南针大约出现于我国的战国时期，最初的指南针被称为“司南”。最早记载于公元前 3 世纪战国末年的《韩非子·有度》中：“故先王立司南，以端朝夕。”其中“端朝夕”为正四方之意。《鬼谷子·谋篇》中也有“郑子取玉，必载司南，为其不惑也”的记载，其中“为其不惑”是“为了不迷失方向”的意思。后来经过不断的发展和改进，在不同的历史时代，指南针也出现了不同的形态。

1. 司南

司南是我国春秋战国时代发明的一种最早的指示南北方向的指南工具，是指南针的始祖。它由一把“勺子”和一个“地盘”组成。司南勺由整块天然磁石制成。它的磁南极那一头被琢成长柄，圆圆的底部是它的重心，琢得非常光滑。地盘是个铜质的方盘，中央有个光滑的圆槽，四周刻着格线和表示二十四个方位的文字。由于司南的底部和地盘的圆槽都很光滑，司南放进了地盘就能灵活地转动，在它静止下来的时候，磁石的指极性使长柄总是指向南方。这就是我们的祖先发明的世界上最早的指示方向的仪器，古人称它为“司南”。其中，“司”就是“指”的意思。

在使用司南的时候首先要把地盘放平，再把司南放在地盘的中间，用手轻轻拨动勺柄，使它轻轻转动，等到司南慢慢停下来，勺柄所指方向就是南方，人们以此来辨





别方向。直到 8 世纪的时候人们仍然在使用这种勺形的司南。

司南的出现是人们对磁体指极性认识的实际应用。但司南也有许多缺陷，天然磁体不易找到，在加工时容易因打击、受热而失磁，所以司南的磁性比较弱，而且它与地盘接触处要非常光滑，否则会因转动摩擦阻力过大，而难于旋转，无法达到预期的指南效果。司南在磨制工艺和指向精度上都受到较多的限制，而且由于司南有一定的体积和重量，所以携带很不方便，这使司南不能广泛流传。

2. 指南鱼

到了北宋，由于军事和航海的需要以及材料与工艺技术的发展，人们在实践中逐渐掌握了人工制造磁体的方法。一块普通的铁在磁石上反复朝一个方向摩擦，便会带有磁性，这就是人工磁化的方法。

原来，每一块钢铁里面，一个分子就是一根“小磁铁”。没有磁化的钢铁，它的分子毫无次序地排列着，“小磁铁”的磁性都互相抵消了，对外显示不出磁性。而当把它靠近磁铁时，这些“小磁铁”在磁铁磁力的作用下，都整整齐齐地排列起来，同性的磁极朝着一个方向，这块钢铁就具有磁性了。如果拿一块磁铁，紧紧摩擦着一根没有磁化的钢针，并且方向总是从这一头向另一头移动，那么，由于磁铁的吸力，普通钢针中的分子也都顺着一个方向排列起来，这样，一块人工磁铁就制成了。

而铜、铝等金属由于不具备这样的结构，所以不能被磁铁所吸引，更不能被磁化，后来人们在长期的实践中用人工磁化的方法制造了指南鱼。

指南鱼是把一片薄薄的铁片剪成鱼形，长二寸，宽五分，鱼的肚皮部分凹下去，使鱼能像船一样浮在水面上，然后再把鱼制作成磁体。这种人工传磁的方法制成的指南鱼在使用上比司南方便得多，只要有一碗水，把指南鱼放在水面上就能指示方向了。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。

从司南到指南鱼，从在盘面上转动指南的形式到鱼形铁片在水面上浮动指南的形式，减少了转动时产生的摩擦，提高了指南的灵敏度。虽然通过这种磁化方法得到的磁性还比较弱，限制了指南鱼在实际中的应用，但毕竟是向指南针的发明迈进了一大步。

3. 指南针

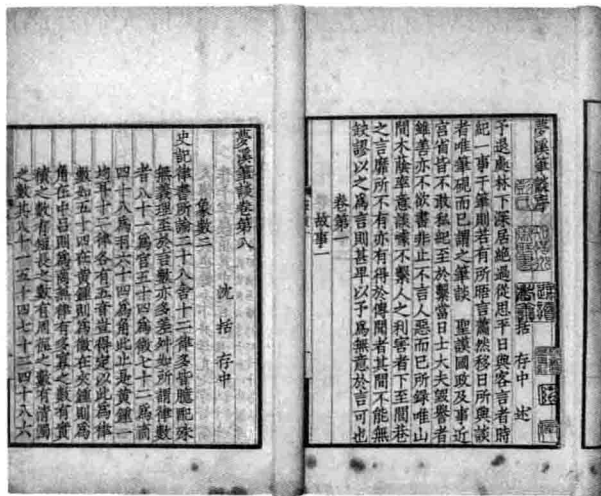
在指南鱼之后，人们在实践中不断改进，鱼逐渐被一支缝纫用的小钢针所代替，人造磁体的指南针就这样产生了。经过不断的试验和总结，指南针也不再仅仅漂浮于水上，而是有了更多的存在形式，这些变化都使指南针的测量精度发生了变化。

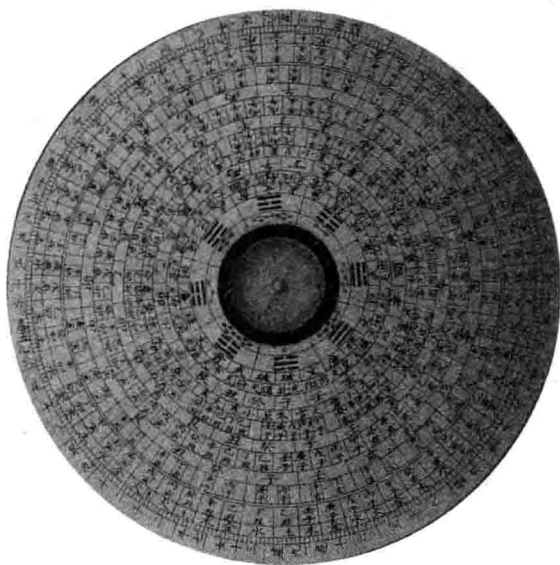
北宋时的著名大科学家沈括，对于指南针的制作和使用，作了许多科学的说明和分析。沈括在他的《梦溪笔谈》中提到他对指南针的用法做过的四种试验，即指甲法、碗唇法、缕悬法和水浮法。

(1) “指甲旋定法”——把钢针放在手指甲面上，轻轻转动，由于手指甲的表面光滑，磁针就能产生指南作用。

(2) “碗唇旋定法”——把磁针放在光滑的碗边上，转动磁针，指示南北。

(3) “缕悬法”——在磁针中部涂上一些蜡，上面粘一根丝线，挂在没有风的地方，磁针垂于方位盘中心上方，静止时，其两端分别指示





南北。

(4) “水浮法”——把指南针放在有水的碗里，使它浮在水面上，静止时，其首尾分别指示南北。

沈括对这四种方法还作了详细的比较，他指出，水浮法的最大缺点是水面容易晃动，进而影响测量结果；碗唇旋定法和指甲旋定法虽然因为摩擦力小，转动灵活，但却容易掉落。沈括比较推崇的是缕悬法，他认为这是

比较理想而又切实可行的方法。现在的磁变仪、磁力仪的基本结构原理就是缕悬法。

指南针和司南、指南鱼相比，既简便又实用，形式逐渐稳定下来，以后的各种磁性指向仪器，都是以这种磁针为主体，只是磁针的形状和装置方法不同罢了，古以南方为尊，所以称指南针。在19世纪现代电磁铁出现之前，几乎所有的指南针都是以这种人工磁化的方法制作而成的。

4. 罗盘

随着人们对指南针的不断改进，逐渐发现单单有指南针并不能准确定位方向，还需要有方位盘的配合，这样人们就制造出了更加科学方便的指南仪器——罗盘。

罗盘由磁针和方位盘两部分组成，方位盘盘面周围刻了二十四个方位，盘式也由方形演变成圆形，盘内盛水，磁针横穿灯草，浮于水面。这样一来，只要看一看磁针在方位盘上的位置，就能准确地断定出方位来。

罗盘中的磁针指南沿用的是沈括实验过的水浮法，所以被称为水罗盘。到了明嘉靖年间又出现了旱罗盘，它是用钉子支住磁针，使支点处的摩擦阻力尽量减少，从而使磁针能够自由地转动。这种有固定支点的指南仪器与司南相似，但在灵敏度上要比司南高得多，而且比水罗盘更适用于航海，因此得到广泛应用，罗盘的出现是指南针发展史上的一大进步。



(三) 指南针的应用及传播

1. 指南针的应用

到了元代，人们还编制出了一种航海用的“针路”图，这种“针路”图是在不同的航行地点指南针针位的连线图。船航行到什么地方，采用何种针位方向，一路航线都标识得清楚明白，给船只准确的指引，成为航行的重要依据。

1405年，明代航海家郑和率领庞大的二百四十多艘海船、二万七千四百名船员组成的船队远航。这些大船被称为“宝船”，最大的“宝船”长四十丈，阔十八丈，是当时海上最大的船只。这些船上就有罗盘针和航海图，还有专门测定方位的技术人员。一直到1433年，郑和一共远航七次，访问了三十多个在西太平洋和印度洋的国家和地区。他的这一壮举正是得益于构造先进、读数可靠的指南针来指引航路，才有了顺利完成的保障。

2. 指南针的传播

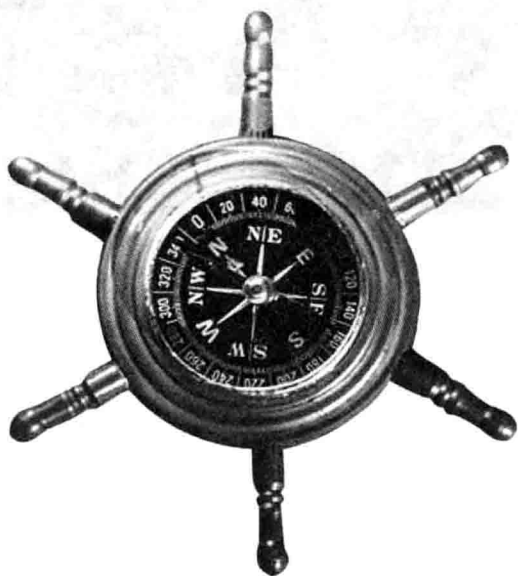
南宋时，阿拉伯、波斯商人经常搭乘我国的海船往来贸易，逐渐学会了使用指南针。大约在12世纪末的时候，指南针由海上通路传到阿拉伯，并最终由阿拉伯人把这一伟大的发明传到了欧洲。

恩格斯在《自然辩证法》中就曾指出，“磁针从阿拉伯人传至欧洲人手中在1180年左右”。而1180年正是我国南宋时期，中国人首先将指南针应用于航海，比欧洲人至少早了80年。

(四) 指南针与地理大发现

指南针传到阿拉伯和欧洲之后，逐渐普及开来，广泛应用于航海、探险等领域，对欧洲的航海业产生了巨大的推动力。

从15—17世纪，在指南针的指引下，欧洲的船队出现在世界各地的





海洋上，寻找着新的贸易路线和贸易伙伴，以发展欧洲新生的资本主义。在这些远洋探索中，欧洲人发现了许多当时不为人知的国家与地区。与此同时，也涌现出了许多著名的航海家。

1492—1504年，哥伦布在指南针的引导下，四次出海远航，终于发现了美洲大陆，使其成为名垂青史的航海家。1519—1522年，葡萄牙航海家麦哲伦进行了环球航行，实现了历史性的突破。东西方之间的文化、贸易交流开始大量增加，殖民主义与自由贸易主义也开始出现。从此以后，世界格局被打破，美洲的开发和欧洲各国的资本积累在飞速发展，指南针的西传就像打开新世界的钥匙，使世界版图发生了翻天覆地的变化。

指南针的诞生不仅对航海事业的发展有着巨大意义，而且对人类社会的进步也做出了重要贡献。人们从此获得了全天候航行的能力，人类终于可以在茫茫大海中自由的远航，从而迎来了地理大发现的崭新时代。



二、造纸术——书写载体的伟大变革

纸是我们日常生活当中最常用的一种物品，无处不在。无论是书写、阅读，还是生产生活，都离不开纸。即使是现在的网络时代、电子媒介、无纸化办公，纸张仍然占据着不可替代的重要位置。从我们学会写的第一个字、读到的第一本书，到考试答题、证件证书，全都是以纸为载体的。

学习中，书本要用纸，考试要用纸，复印打印还要用纸。生活上，报纸、面巾纸、卫生纸，样样都是纸。生产上，纸包装、纸口袋，纸的副产品，就连我们使用的“钱”都是纸币。真是无法想象，没有纸的世界会变成什么样子。

经过上千年的发展，现如今纸张及纸制品的发展已经非常完善。印刷用纸、书写用纸、生活用纸；有颜色的、带香味的、高科技含量的，可以说是五花八门，精雕细刻。但最初诞生的纸却是简陋和粗糙的，即使这样，纸的发明仍然成为历史上最伟大的发明之一，为世界文明和历史的发展带来了巨大动力。

（一）纸前书写载体的演变

我们都知道，纸最主要的用途是作为书写和记事的材料，但是在纸产生之前，人们是怎样进行书写和记事的呢？

在没有文字以前，远古的人们进行交流主要是通过语言和手势，记事也只是凭借口耳相传，记忆传承。而后在上古时代，祖先学会了结绳记事。等到文字出现以后，人们就开始用文字来记事了。

1. 甲骨

我国发现的最早留有文字记录的材料是甲骨，多为龟甲和兽骨。其中龟甲多为龟的腹甲；兽骨多为牛的肩胛骨，也有羊、猪、





虎骨及人骨。我国在新石器时代晚期就已经出现了占卜用的甲或者骨了，到了商代甲骨开始盛行，直到周初或者更晚仍有甲骨。商周时期的甲骨上契刻有占卜的文字——甲骨文。殷墟出土的甲骨已有十五万片左右，距今已有三千多年的历史。殷人惯用甲骨来进行占卜和刻写卜辞。占卜时先在龟甲上或钻或凿出一些孔，再用火来烤这些孔，通过看它的裂纹来定吉凶。最后就在这些孔的附近来记载卜辞，文字简单，字体很小。每片甲骨一般能容五十余字，字数最多有达一百八十字的，其中包含一些关于社会政治经济和科学技术等方面的史料。但是由于甲骨的来源有限，刻字、保管、携带都不方便，所以使用范围非常有限。

2. 金石

随着生产技术的不断提高，青铜器出现了，人们便开始把字铸在青铜器上，以此作为对记事材料的补充。青铜器的种类有很多，钟、鼎、盘、盂、尊、爵等，小的一二斤，大的几百斤或上千斤。在这些器物的内壁上或底部会铸有文字，这就是刻铸在青铜器上的文字——铭文。文字的内容多是对获得的荣誉、地位以及赏赐、赠送、交换土地的记录。除了青铜之外，有时还将法律条文的文字刻铸在铁器上，称之为刑鼎。这些刻有铭文的大型重鼎很多都成为传国之宝和权力的象征，具有很高的史料价值。

除甲骨、青铜器、铁器外，中国古代有时还会将文字刻写在玉、石之上，作为文献记录保存下来。1956年冬，山西侯马的东周遗址出土了数百件用红颜料朱砂写在玉版上的文书，古时叫做丹书。除朱书外还有写在极薄玉版上的墨书。石刻传世最古而且可信的，有秦国的十个石鼓上所刻的石鼓文，刻的是狩猎的诗歌。石鼓文是将文字以刀刻在石上，石质坚硬，不易腐蚀，故原则上可永久保留。秦始皇统一天下后，每到一处，都喜欢把他的功德刻在石上，以示纪念。石刻从汉代以后直到近代，一直流传，具有极高的文史价值和艺术价值。

3. 简牍

由于甲骨和金石的质地都非常坚硬，而且过于笨重，非常不便于书写和保管，所以应用的范围有限。在我国古代使用最多的材料便是简牍。简牍是我国