

中国文化史丛书

东方之光

—中国古代四大发明

王明星 徐善伟



沈阳出版社

东方之光

——中国古代四大发明

王明星 徐善伟

沈阳出版社出版

一九九七年

中国文化史知识

编辑委员会

主 编

张岱年

执行主编

朱立元

委 员

王振复 李祥年 周振鹤 葛剑雄

朱立元 涌 豪

总策划

石铜钧

责任编辑

封兆才 祝乃杰 葛君 田雪峰

封面设计

曾一中 庆芳

东西方哲人对白录

“今日奄奄一息的西方重新面向涌现
神灵的太阳之处、人类及人所有的关于上
帝和神灵宏伟梦想的真正发生之地——东
方”。

——奈方

“假使这种火炬烧尽而归于消灭，只剩
下一堆供纪念的灰烬，可这永久的光辉会
再次照耀于东方，即人类历史起源的东
方。”

——泰戈尔

目 录

一、东方之光，文明之光	
——代序	(1)
二、从混沌走向地球村	
——指南针的发明及应用	(3)
三、包今裹昔写春秋	
——造纸术与古代文明	(14)
四、跨时越空播信息	
——印刷术与人类文化的保存及传播	(39)
五、情有独钟阿瑞斯	
——火药的发明及其在战争中的应用	(71)
六、再度辉煌靠科技	
——补白	(89)

一、东方之光，文明之光

——代序

我们应该注意各种发明的威力、效能与后果。最显著的例子便是印刷术、火药和指南针……这三种东西曾经改变了整个世界事物的面貌和状态。第一种在科学上，第二种在战争上，第三种在航海上，由此产生了无数的变化。这种变化是如此之大，以致没有一个帝国，没有一个教派，没有一个赫赫有名的人物，能比这三种机械的发明在人类事业中产生更大的力量与影响。

——弗朗西斯·培根

今天，我们正生活在一个日新月异、异彩纷呈的世界里。有人称之为“现代化社会”，也有人称之为“后现代化社会”，……总之，为赞美这个世界，学者们是毫不吝惜他们头脑中的词汇的。

尽管在现代化的定义上学者们仍仁者见仁、智者见智，但勿庸讳言，现代化导源于近代西方资本主义。

本世纪初，当这个美好的世界曙光暂露之际，马克斯·韦伯——这位大名鼎鼎的西方学者便断言：禁欲的新教伦理是西方社会发展出理性资本主义的主要动因，而中国等东方国家，正是由于缺乏这样一种价值体系，所以才难以产生出现代的资本主义。与此相反，另一位著名的德国哲人卡尔·马克思则认为：西方资本主义不是导源于新教伦理这样一种精神因素，而是导源于一种物质因素，“火药、罗盘、印刷术——这是预兆资产阶级社会到来的三项伟大发明。火药把骑士阶层炸得粉碎，罗盘打开了世界市场并建立了殖民地，而印刷术却变成了新教的工具。总的说来，变成科学复兴的手段，变成对精神发展创造必要前提的最强大的杠杆。”这正应验了黑格尔那个著名的比喻：正如太阳总是从东方转向西方一样，人类文明也是起源于东方，辉煌于西方。

东方之光——文明之光、希望之光。

二、从混沌走向地球村

——指南针的发明及应用

再没有比指南针的发明更值得人们赞叹的了，
它使我们能够进行环球航行，在新的世界通商拓殖，
整个世界由此变为一家。

——让·博丹

正如这位西方哲人所言，当西方人尚在混沌中摸索前行时，聪明的中国人已发明了指南针。指南针的出现大大地拓宽了人类活动的舞台，将我们从混沌世界带进了地球村。

走出混沌

——指南针的发明

“混沌如鸡子，盘古生其中，万八千岁。天地开辟，阳清为天，阴浊为地。盘古在其中，一日九变，神于天，圣于

地。天日高一丈，地日厚一丈，盘古日长一丈。如此万八千岁，天数极高，地数极深，盘古极长。后乃有三皇。数起于一，立于三，成于五，盛于七，处于九，故天去地九万里。”这段文字就是三国时东吴人徐整在《三王历纪》一书中为我们留下的著名神话传说——“盘古开天地”。由此可知，当人类始祖从树上来到地上之初，面对绵延无边的崇山峻岭、辽阔无际的草原、茫茫戈壁沙漠、浩瀚无垠的大海，不分南北，难辨东西，处于一片混沌之中。让人走出这混沌世界，开辟广阔的活动空间，天南海北任意驰骋的当然不是神话传说中的盘古，而是我们中华民族的祖先。因为他们用勤劳的双手，聪明的大脑发明了指南针。

早在史前的神话传说时代，中华民族便在探索研制测向仪器，历史上最先出现的测向仪是指南车。

据《太平御览》记载：“黄帝与蚩尤战于涿鹿之野。蚩尤作大雾弥三日，军人皆惑，黄帝乃令风后法斗机作指南车，以别四方，遂擒蚩尤。”另据传说，西周初年，四方诸侯国皆派使前往朝拜周天子。周天子将一辆指南车赐与来自南方的越裳国朝拜使，以防其回国途中迷失方向。据北宋学者燕肃考证，指南车为一依齿轮转动原理制成的机械测向器。车有两轮，用四马拉动，车上装有一长方形箱子，箱里装置的齿轮与车轮相联动，在一个平放着的大齿轮中心插有一根杆子，杆子上装有一手臂笔直指向前方的木人。指南车开动前，人们先将木人手臂所指方向调准南方。指南车走起来后，如果车子向左转弯，箱里的齿轮便会带动木人向右转；反之，当车向右转弯时，齿轮就会带动木人向左转。因此，无论车轮转向何方，车上所载木人的手臂始终指向南方。

有了指南车人们就不必担心旅行时会迷失方向了。不过，在实际使用中指南车有诸多不便。首先，车体笨重，不便携带；其次，受环境限制太大，当在水路上行船和爬山时都无法使用；再其次，制作技术复杂、成本高。因此，战国时人们又发明了一种更简便实用的测向仪器——“司南”。

“司南”是一种依据磁石的指极特性而制成的一种测向仪器，是世界上最早的指南针。人类居住的地球是一个巨大的磁性天体。与一般磁体相同，它有性质相反的两个磁极，其中一极接近于地球的南极，另一极则接近于地球的北极，它们在地球周围空间形成了一个磁场。根据磁体“同性相斥，异性相吸”的原理，在地球上任意一点转动一磁体，它都必然会停止在南北方向上。根据这个原理，人们便制成了一种磁体测向仪——“司南”。

中华民族的祖先，很早便对磁性有了一定认识，并将之广泛用于生活和生产活动中。如《管子》中有“上有慈（磁）石，下有铜金。”这是人们用磁性知识探矿的最早记录，另据传说，秦代，根据磁石可以吸铁的原理，用磁石制做了阿房宫大殿的北门，以防行刺。因为，如果有人穿着铁甲，或携带兵器进殿的话，磁门便可以强大的吸力，将刺客吸在磁门上无法逃脱。

对磁性的最杰出的运用还是用以测向。战国时期著名思想家韩非曾有“立司南从端朝夕”的记载。另据《鬼谷子》一书记载：战国时郑国曾有人在车子上装了“司南”，以防进深山采金时迷失方向。公元一世纪初，东汉王充在其所著《论衡》一书中对司南的形状作了大致的描述：“司南之杓，投之于地，其柢指南。”据考证，司南的样子象一把汤匙，有一根

长柄和光滑的园底，把它放在一个光滑的地盘上。地盘四周刻着八卦和天干、地支，以示方位。这个用以指示方向的“汤匙”是用磁石制成的，其园底即其重心点，磨的特别光滑，放在地盘上，只要轻轻一扳，即可转动起来，待其停止转动后所指方向即南方。由于“司南”在使用时必须配以地盘，故又称“罗盘针”。

据古籍记载：北宋后期（公元 11 世纪）人们又进一步发现，将一块钢铁与一块磁石相互磨擦至一定程度后，铁块上也会带有磁性，而且比较稳固。于是，人们便根据这个原理磨制出了人造磁铁，并用这种人造磁铁造出了“指南鱼”。北宋的曾公亮和丁度在《武经总要》一书中指出：“行军时让老马在前面带路，或者用指南车、指南鱼辨明方向。”据考证：所谓“指南鱼”即用人造磁铁片做成鱼的形状，让鱼浮在水面上自动转动，待其自然停止转动后，鱼头和鱼尾便停止在南北向上。

利用磁石的指极性研制测向仪器事业的重大突破是指南针的发明。据史籍记载，北宋时期，人们用磁铁片磨制成细小的磁针，用以测向，此即指南针。

指南针不仅制作简单、便于携带，而且对使用方法和条件没有限制，可根据不同条件灵活使用。北宋科学家沈括曾在《梦溪笔谈》一书中将指南针的使用方法大致归纳为如下四种：第一种、“水浮法”，即用几根灯草横穿磁针，使其在水面上转动。这种方法的缺点是，当水面震荡时则不便于使用。第二种、“指甲旋定法”，即将磁针放在指甲上旋转，这种方法使用简便，但容易滑落。第三种、“碗唇旋定法”，即将磁针放在碗边旋转。这种方法的缺点也是稳定性差，容易

滑落。第四种、“缕旋法”或称“悬挂法”，即用一小滴黄腊将磁针中部粘在很细的蚕丝上，然后将其悬挂于无风处。沈括认为这种方法既不怕震动，也不怕滑落，最为完善。另外，据陈元靓说，他曾将磁针装入一用木头刻制的鱼肚内，然后用腊封好，将之浮于水面或置于一根尖竹针上转动，待其停止时，鱼头和鱼尾便会停在南北向上。这或许可以称做当时的第五种装置方法——“支撑法”。

指南针的广泛研制和使用，进一步加深了人们对磁性的认识，人们不仅发现了两极磁性的不同，而且还提出了“磁偏角”理论。宋代著名科学家沈括在《梦溪笔谈》中指出：“方家以磁石磨针锋，则能指南。然常微偏东，不全南也。水浮多荡摇。指爪及碗唇上皆可为之，运转尤速，但坚滑易坠，不若缕悬为最善。其法取新行中独猨缕，以芥子许蜡，缀于针腰，无风处悬之，则针常指南。其中有磨而指北者。予家指南、北者皆有之。”为什么有的指南，有的指北呢？在《补笔谈·药议》中，沈括对此作出了解释：“以磁石磨针锋，则锐处常指南，亦有指北者，恐石性亦不同，如夏至鹿角解，冬至麋角解，南北相反，理应有异，未深考耳。”对于沈括所提到的指南针“常微偏东，不全南也”的现象，宋代药物学家寇宗奭在其作于1116年的《本草衍义·磁石条》中进一步进行了量化说明：“磨针锋则能指南，然常偏东，不全南也。其法取新猨中独缕，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，浮水中，亦指南，然常偏丙位。”即指南针指的非正南，而是为正南偏东15度。

指南针的广泛使用和地磁偏角理论的提出，标志着人类对其生存空间已不再“晕头转向”了，而是真正做到了“心

明眼亮”。人们将困扰他们若干世纪的“混沌世界”送进了博物馆。然后，昂首挺胸地向全球一体化的新世界迈进。

为地球村奠基 ——指南针与航海

说不清从什么时候开始，人们乐于将随着交通运输的发达，而相对“缩小”了的世界，形象化地称作“地球村”。而为此“地球村”奠基的正是指南针用于航海后，引起的人类航海技术的进步。

人类在远古开始旅行时，最初是靠看天象定方位的，白天即看太阳，对于处于北半球的中国人来说，一天中所见到的太阳多在南方故人在测向时一般测定南，因而中国人发明的测向仪也是先测定“南”的方位，并称这种测向仪为“指南针”。夜里，太阳落了以后，主要看北斗星测向。如阴雨天则用马等动物导向，前引北宋曾公亮、下度著《武经总要》一书就有“行军时让老马在前面带路”的记载，可见“老马识途”的典故是可信的。

古代海上航行最初也主要是靠观天象来测向的。《淮南子·齐俗训》云：“夫乘舟而惑者，不知东西，见斗、极则悟矣。”西晋葛洪著《抱朴子外编·嘉遁卷》则有：“夫群迷于云梦者，必须指南以知道，并于沧海者，必仰辰极以得返。”东晋高僧法显曾由海路乘船访问过今天的印度、斯里兰卡诸国，在其回国后所写的《历游天竺记传》（《佛国记》）一书中有“大

海弥漫无边，不识东西，唯望日月星辰而进”的记载。航海者在长期的观天象导航的实践中，创立了一种专门的航海天文学，称“过洋牵星术”。但是，若遇上阴雨天就只好将性命交给上帝，听天由命了。

如上所述，中华民族的祖先早在战国时期便发明了“司南”、“指南鱼”等测向仪。既然如此，为何还靠观天象来导航呢？司南和指南鱼都必须放在一个地盘上，而这个地盘又必须始终是平放的，这在波涛汹涌，颠簸异常的海洋上是无法应用的。指南针的发明解决了这一难题，从而使磁性测向仪用于航海成为可能。因此，随着指南针的问世，大约自北宋末年指南针开始被用于航海。朱彧在《萍洲可谈》一书中谈到1099——1102年间的航海活动时说：“舟师识地理，夜则观星，昼则观日，阴晦观指南针。”1124年，徐兢在《宣和奉使高丽图经》卷34的《半洋焦》条中也指出：“洋中不可住，维视星斗前迈。若晦冥，则用指南浮针，以揆南北。”显然，指南针最初用于航海时，只是当阴天无法观天象导向时才用，可见当时还没有完全取代牵星术，而不过是“过洋牵星术”的一种辅助导航工具而已。随着指南针的广泛使用和研制技术的改进，南宋以后指南针便逐渐成为主要的导向仪器，天文导航则降为辅助性导航手段。如：赵括在《诸蕃志》中说他从泉州到海南岛所乘的海船“往来唯以指南针为准”，吴自牧在《梦粱录》一书中指出：“海洋近山礁则水浅，撞舟必坏船，全凭指南针。”朱继芳则在题为《静佳乙稿》的航海诗中为人们留下了“浮针定四维”的吟颂。到了明代，中国航海导向技术更进入了一个新的发展阶段。巩珍在《西洋蕃国志·自序》中指出：“浮针于水，指向行舟。”张燮的

《东西洋考·舟师考》则云：“海门以出，洄沫粘天，奔涛接汉，无复崖埃可寻，村落可志，驿程可计也。长年三老，鼓柁扬帆，截流横波，独恃指南针为导引。或单用，或指两间，凭其所向，荡舟以行。”这里所谓的“指两间”是使用指南针的一种新技术，利用这种技术可以减少因船体摆动对指南针的影响，及时纠正指向的偏差，求出更准确的方位。

指南针的广泛应用所导致的航海技术巨大进步的突出标志，是航海技术从定性导航进入了定量导航的阶段，即从用指南针简单测向到用指南针具体地标出具体航线的阶段。据明代学者黄省《西洋朝贡录·占城国》记载：“海行之法，以六十里为更，以托避礁浅，以针位取海道。”《松江府志》则有如下记载：“进某澳，转某门，以至开洋，避礁避浅，皆以针定。”即由指南针标出具体航线，从而提供准确的导航指令，以防触礁或搁浅。其具体做法是，将罗盘 24 等分，每一等分 15 度称一向，叫正针，也叫单针、丹针；两正针之间也等分为两部分，为一向，称缝针。每一正针和每一缝针分别代表一个方位。于是，指南针罗盘上便有了 48 个方位。然后，人们根据以往航海实际记录的航向，航道的具体情况，如：海水的深浅，沙滩、暗礁、水草、沙洲、岩石等的位置，在罗盘上标出的航向，并划出了具体的航海图。由于这种航海图是用指南针在罗盘上的指向来表示的，故又称这种航海图为“针路”、“针经”、“针谱”或“针簿”。据徐兢著：《宣和奉使高丽图经》一书记载，北宋时中国已有了用指南针标示的航海图，可惜这些航海图早已佚亡。明代学者张燮在《东西洋考》一书中，详细地记载了当时的各种针路，为我们认识古代航海技术提供了难得的史料。如：“西洋针路”——船从漳

州月港出发，出大担门，半更，船过镇海卫太武山，四更取大小柑。船从外过，内打水十五托，外二十五托，用坤未针，三更，取南澳坪。用坤申针，十五更取大星尖。再用坤申针，七更，过东姜山，对开，打水四十五托，其前为弓鞋山。对开，打水四十九托，内外俱可过船，其前为南亭门。用单坤，五更，取乌猪山，用单申针，十三更，取七州山。海船在此分路，若往交趾东京，用单申针，取黎母山。用庚酉针，十五更，取海宝山。用单亥针及乾亥，由涂山海口，五更取鸡唱门，直抵交趾东京（今越南河内市）。如果要去广南（今越南岘港），从七州洋用坤未针，三更，取铜鼓山。坤未针，四更，取独珠山。打水六十五托，用坤未针，十更，取交趾洋。打水七十托，用坤未针，取占笔罗山，到广南港。交趾洋是又一个船舶分路点。一路用未申针，三更，取望瀛海口，入清华港；一路用坤未针，十一更，取外罗山，再过马陵桥、交杯山、羊屿、烟筒山、灵山、加脩貌山、到占城国（今越南中南部）。从占城国继续往西航行，经过赤坎山、鹤顶山、柯任山、毛蠟山，可到达柬埔寨、暹罗（今泰国）、大泥（今北大年）等地。如往东洋日本，船从东南沿海出发，“用辰巽针，十更，船取小琉球”，再由小琉球“套北过船见鸡笼屿及梅花瓶彭嘉山”，由彭嘉山“十更船取钓鱼屿”，从钓鱼屿，经过黄麻屿、赤坎屿、古米山、马岳山而至大琉球，再从大琉球，取壁山以行到黄山、大罗山，然后经过七岛山、亚甫山、麻山、大门山，“取兵库山港”，最后由“兵库港循本港直入日本国都”。

针路的出现，显著地提高了导航技术的准确度。如：张燮所著《东西洋考》一书所载针路，在提到南澳平时写道：

“近有三门，西南边一派暗礁，与澳相连，内打水六十八托（一托约五尺，打水六十八托，即水深三十四丈左右），外打水二十五托”，船必须绕过暗礁，“从外过”。在提到鹤顶山时则写道：“打水二十五托，洋中有玳瑁州，宜阻。若往柬埔寨，由此分路，用单庚、四更取柯任山。”如此详细而精确的航路图的出现，大大减少了海难事故的发生率，为航海安全提供了基本保证。

随着指南针使用技术的改进和提高，导航技术日趋复杂化和专业化。为了提高导航的准确度，人们在航海船舶上设置了专门放置指南针的场所——“针房”（或“针舱”），派有专门技术和丰富经验的专门人员——“夥长”——掌管。每船“用夥长八人，舵工二十六人”，“夥长二人一班，舵工四人一班，昼夜番休，无少间，上班者管事，下班者歇息”。一般人员未得允许，不得随意进入“针房”，“唯开小牖与舵门相对，欲其专也，针舱内燃长明灯，不分昼夜，夜五更，昼五更，故船行十二时辰为十更。”“夥长”要有高度的责任心，必须专心致志地履行其职，不能有丝毫的疏忽大意。诚如南宋学者吴自牧所著《梦梁录·江海船舰》所载：“风雨晦冥时，惟凭针盘而行。乃夥长掌之，毫厘不敢差误。盖一舟人命所系也”。明代学者巩珍在《西洋番国志·自序》中也指出：“选取驾船民梢中有经惯下海者称为夥长，用作船师。乃以针经图式付与领执，专一料理，事大责重，岂容怠忽。”

指南针的广泛应用引起了航海技术的重大改革，开创了人类航海事业的新纪元。正是由于指南针所带来的精确的导航技术，才有了宋元时期中国高度发达的航海事业，以及令世人震惊的明初郑和下西洋的空前壮举。英国著名的中国科