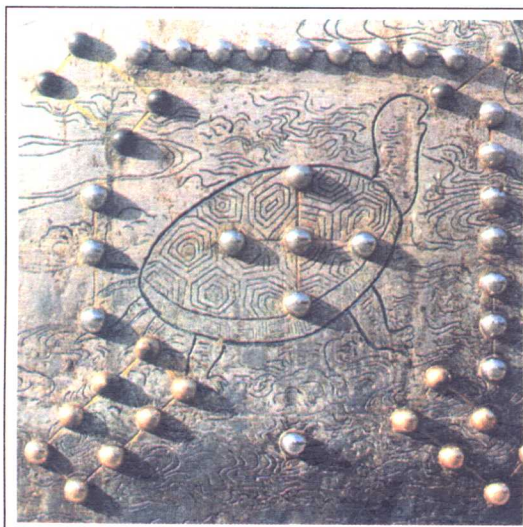


中国故事城

中国科技的故事



翟国璋 著
江苏人民出版社

巧思遗闻



中国科技的故事

巧思遗闻

翟国璋 著

江苏人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

巧思遗闻：中国科技的故事/翟国璋著.-南京：江苏人民出版社，1999.10

ISBN 7-214-02499-3

I.巧… II.翟… III.①科学故事-作品集-中国-当代
②自然科学史-中国-通俗读物 IV.I247.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 27299 号

- | | |
|-------|--------------------------|
| 书 名 | 巧思遗闻——中国科技的故事 |
| 编 著 者 | 翟国璋 |
| 责任编辑 | 李 湛 |
| 出版发行 | 江苏人民出版社 |
| 地 址 | 南京中央路 165 号 |
| 邮政编码 | 210009 |
| 经 销 | 江苏省新华书店 |
| 印 刷 者 | 丹阳教育印刷厂 |
| 开 本 | 850×1168 毫米 1/32 |
| 印 张 | 10.875 |
| 插 页 | 2 |
| 印 数 | 1—4120 册 |
| 字 数 | 270 千字 |
| 版 次 | 2000 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 |
| 标准书号 | ISBN 7—214—02499—3/G·761 |
| 定 价 | 15.00 元 |
- (江苏人民版图书凡印装错误可向承印厂调换)

目 录

指南针	1
造纸术	9
印刷术	16
火药	27
长城	38
大运河	48
治黄工程	55
青铜器	65
瓷器	75
唐三彩	88
古代造船	92
古代桥梁	102
古都建筑的典范——长安城	113
建筑瑰宝——园林	124
巧匠鲁班	136
李冰修都江堰	143
科学巨人张衡	151
内科医圣张仲景	160
马钧与中国古代机械发明	165



神医华佗	172
南北朝时期的大数学家祖冲之	180
古代地理学名著《水经注》	188
我国第一部农业全书《齐民要术》	195
古代桥梁建筑的典范——赵州桥	203
药王孙思邈	210
天文学家一行	217
“中国科技史上的坐标”——沈括	226
南宋卓越的数学家秦九韶	234
李冶与《测圆海镜》	241
元代杰出的科学家郭守敬	249
棉纺织技术革新家黄道婆	257
元代农业科学家王祯	262
李时珍与《本草纲目》	269
引进西方科学技术的先驱徐光启	279
地理学家徐霞客	287
“十七世纪的工艺百科全书” ——《天工开物》	295
清代著名天文学家王锡阐	303
清代算学第一人梅文鼎	308
晚清算学大师李善兰与华蘅芳	315
中国近代科学的先驱徐寿	323
杰出的铁路工程师詹天佑	329
中国第一位飞机制造家冯如	337

指南针

发现磁的秘密

秦王嬴政以风卷残云之势,在短短的十年间就并灭六国,完成了统一大业。在灭六国的过程中,秦始皇命人把各国宫殿的图样摹绘下来,在都城咸阳的上林苑,照样修建起来。于是,一座东西宽五百步、南北长五十丈,可容纳万人的阿房宫突兀而起,它辉煌壮丽,气宇非凡。唐代大诗人杜牧在《阿房宫赋》中描绘道:

“覆压三百余里,隔离天日。骊山北构而西折,直走咸阳。二川溶溶,流入宫墙。五步一楼,十步一阁;廊腰缦回,檐牙高啄;各抱地势,钩心斗角。”

更为奇特的是阿房宫巨大的北阙门。如果有刺客胆敢身藏利刃,进入此门,就会被大门牢牢吸住,俯首就擒。这是怎么回事呢?原来,北阙门是用磁石建造的,它天然的强大吸力,使任何用铁锻造的兵器都难以逾越。可见,磁石吸铁的原理,早在二千多年前就被人们开发、利用了。

实际上,我国古籍中关于磁石的记载还要早得多。成书于



公元前6世纪的《管子》，就有山上有“慈石”，山下有“铜金”的记载，这是世界上关于磁石的最早记录之一。春秋末年的一部书《山海经》里说，有一条河，“西流注于渤海，其中多磁石”。可见，古人知道磁石不仅在山上有，水里也有。

磁石的最主要的特点是吸铁。我国最早记载磁石吸铁性能的是《吕氏春秋》一书：“慈石召铁，或引之也。”《吕氏春秋》成书于战国末年，距今已有二千二百多年了。秦始皇正是利用这一特性，建造了阿房宫的北阙门。

除了吸铁，磁石能不能吸铜等其他金属呢？不能。这在西汉时期的《淮南子》一书里有明确记载：“其与铜则不通”，“求其引瓦，则难矣”。

至于磁石吸铁的原因，古人对这一秘密也曾进行过不少研究。从东汉的王充到明代的刘献廷都有这方面的论述传世，但由于受到历史条件和认识水平的局限，他们只能作出朴素的解释，归结为一种“气”的作用。

磁石的另一个重要特性是同性相斥、异性相吸。西汉时期的《淮南万毕术》与《史记·封禅书》上，有这样的记载，下棋用的棋子，使用磁石及不同的物质制造，可以取得使棋子相吸或相斥的效果。具体做法是：“取鸡血与针磨捣之，以和磁石，用涂棋头，曝干之，置局上，即相拒不休。”这是世界上关于人造磁体的最早记载。

磁石还有一个非常重要的特性，是它的指极性。极，指地球的南北极。每块磁石的磁性都聚集在两头，中间部分几乎没有磁性；有磁性的两头叫磁极，一头是磁南极，一头是磁北极。把一根棒状的磁石用绳系在中间，悬空，不管怎样摆动，在停下来之后，总是一头指向南方，一头指向北方。其原因在于，地球本身就是块大磁石，也有磁性和磁极，磁极差不多就在地球南北的

两个顶端——南极和北极。由于磁石有同性相斥、异性相吸的特点，所以磁石的磁南极就与地球的磁北极（南极）相互吸引，总是指向南方。至迟在战国时期，我们的祖先就发现了磁石指极性这一奥秘，并应用到实际生活中，从而对世界文明作出了重大贡献。

司南与指南鱼

有这样一个古老的传说：在四千多年前，中原地区的黄帝与东方九黎族首领蚩尤发生战争。蚩尤以金作兵器，且能唤云呼雨，作战时他作起大雾，使黄帝的军队不辨方向，吃了败仗。黄帝就命人研究对策，制造了能够辨别方向的工具——指南车，于是双方在涿鹿（今河北涿鹿东南）展开决战，黄帝终于取得了胜利，击杀蚩尤。

当然这只是个传说。但是根据史籍的确实记载，我国在战国时期就把磁石用于指示方向上了，这就是最早的指南针，称做“司南”。在战国、秦汉、六朝以至隋唐的古籍中，都有不少关于司南的记载。

司南就是指南。它是什么样子呢？它像一只勺，人们把磁石细心琢磨，把磁石的磁南极一头磨成一根长柄，另一头磨成圆形的底部，很光滑，可以在平滑的“地盘”上自由旋转，等它静止的时候，勺柄就指向南方。这在《韩非子》一书中有记载。《鬼谷子》书中曾说过这样的事：郑国人外出采玉，进入深山密林之中，为防止迷路，就带了“司南”，辨别方向。汉代著名大思想家王充在《论衡》中简洁地叙述了司南的性能：“司南之杓，投之于地，其柢（柄）南。”汉代时，人们制成了带有方位的地盘。就是在地盘四周刻上“八干”（甲、乙、丙、丁、庚、辛、壬、癸）和“十二支”（子、



丑、寅、卯、辰、巳、午、未、申、酉、戌、亥），配以“四维”（乾、坤、巽、艮），共组成了二十四向，用来帮助司南定向，更为准确了。把司南配以带有方位的地盘，这是指南针发展史上的一大飞跃。

然而，制成一只司南并非易事，其原因有三：一是磁石磨成勺状，相当困难，成品率很低；二是磁石在琢磨的过程中，磁性减弱，指南的效果差；三是它的底部和地盘的接触面较大，摩擦阻力也相应加大，转动不灵活，影响了指南效果。这就阻碍了司南的广泛应用。

经过长期实践，人们发明了人工磁化法，并制造出性能更好的指南仪器，这就是指南鱼。北宋时，曾公亮主编的《武经总要》中记载了这种指南鱼的制造方法。把薄铁片剪成长二寸阔五分的鱼形，放在炭火中烧得通红，用铁钳取出，沿南北方向放置，把鱼尾对着正北方向，浸入水中淬火，鱼尾没入水中数分即可。至于说加热至通红，并沿南北方向放置铁片，是利用“淬火相变”和地球磁场的磁化作用，来提高矫顽力和磁性；淬火时鱼尾没入水中数分，即把铁片朝北下倾数分，为的是使铁片与磁倾角（磁偏角）的方向相一致，使地磁场对铁片的磁化效果更好。指南鱼使用的方法也很简便：将一碗水放在无风处，将铁片放在水里，指南鱼浮在水上，鱼头会自动地指向南方。这比司南使用起来方便多了，盛水的碗即使放在不平的地方，也不会影响其指南的作用，因为碗里的水总是保持水平的。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。

指南针与罗盘

指南鱼作为指南仪，也有一定的局限性。首先，是所用的磁

化法获得的磁性还是比较小；其次，其支撑方法是依靠水的浮力，使用时必须等水面平静才行，稍有振荡，即无法使用。所以指南鱼的使用价值不是最高。寻求更好的磁化方法以及支撑方法，是创制更好的指南仪器的关键。

经过努力研制，指南针诞生了。首先是获得了新的人工磁化方法，即用天然磁石摩擦钢针，钢针磁化成为指南针。这种钢针磁性要大得多，使用更加简便，因此得到广泛应用。直到 19 世纪现代电磁铁出现以前，多种多样的磁性指南仪器，皆是以这种磁针为主体，只是在磁针的形状和装置的方法上有些变化。

至于磁针的装置(支撑)方法，北宋大科学家沈括曾经试验过四种，他在《梦溪笔谈》中作了详细的记录。一是线悬法，把磁针用缕丝粘住，悬在木架下，针下放一个标有方位的圆盘，静止时钢针就指向南北。二是水浮法，把磁针横穿灯草心，放在盛水的碗内，利用灯草的浮力和水的滑动，磁针指示南北。三是指甲法。四是碗唇法，即把磁针放在比较光滑的指甲或碗边上，使磁针转动，指示南北。沈括比较了四种方法的利弊，认为线悬法是较有实用价值的装置法。这表明，我国至迟在 11 世纪时，就已发明和使用指南针了。

在南宋的时候，陈元靓写的《事林广记》书中，介绍了当时民间流传很广的另外两种指南针的装置：木刻的指南鱼和指南龟。木刻指南鱼，是把一块天然磁石放进木鱼肚子里，让木鱼浮在水上指南。木刻指南龟，是在木龟腹部下方挖一小穴，腹内有磁石，然后安装在竹钉上，使之能自由旋转，静止时指示南北。

指南针在使用过程中不断改造，不断完善。开始，都没有地盘——方位盘，以后人们把二者配合起来，联为一体，于是出现了一种更科学、更有价值的罗经盘(罗盘)，指南针发展史上的又一次飞跃完成了。最先出现的是水罗盘，把穿在灯草上的磁针



浮于水面,下面是刻有二十四个方位的地盘,这是在北宋的时候。南宋曾三异写的《因话录》一书,最早记录了罗经盘的情况。这种罗盘,已懂得应用磁偏角的知识,在方向盘的二十四向中,不仅有子午正针(以磁针确定地磁南北极方向),还有子午丙壬间的缝针(以日影确定地理南北极方向),二者的夹角,就是磁偏角。

磁偏角是沈括首先发现的。现代科学试验证明,地球的磁极不是正好就在地理的南北两极,两者之间有一个偏差,磁针的偏向,就是磁偏角。发现磁偏角,并在罗盘上实际应用,这是科学史上特别是地理学史上的一项伟大成果。在欧洲,直到1492年意大利人哥伦布横渡大西洋时才发现磁偏角,这比我国晚了四百多年。

我国明代嘉靖年间(1522—1566年)出现了旱罗盘,其磁针是用钉子支撑的。

划时代的成就

指南针的发明和使用,为人类文明的发展前进,指明了方向,这是一项划时代的伟大成就。

早在两千多年前,我们的祖先就开始了航海事业。在征服海洋的长期实践中,他们不断总结经验,想出各种办法来克服航行中的困难,同大自然进行英勇的斗争。在风急浪高、茫茫无际的大海上辨别方向,是航海中遇到的关键性问题。白天,他们可以看太阳,夜晚可以看星星和月亮,来辨别方向。可是遇到阴雨天,人们就束手无策了。当指南针发明使用之后,海上的水手们再也不怕迷失方向了,他们可以大胆地在海上自由航行,到达许多国家和地区,进行经济文化交流,建立友好关系。中国同世界

的联系大大加强了。

北宋时期,我国的对外交往达到了高潮,对外贸易十分繁荣。北宋政府在广州、泉州、明州(今宁波)、杭州、扬州和密州(今山东诸城)设立了“市舶司”,专门管理对外贸易,检查进出口船舶,并征收商税。从北宋各港口到南海诸国和阿拉伯各国的航线上,中国船舶往来如梭,络绎不绝。由海路来中国通商的船只,除来自阿拉伯诸国外,还有来自日本、朝鲜、印度支那半岛、南洋群岛和印度等国的。

许多阿拉伯人和波斯人到东方来,都愿乘坐中国的商船。因为,北宋造船业发达,仅温州和明州的官营造船场,每年就能造各种漕运船六百艘。广东、福建所造的尖底海船,载重量大,吃水深,抗风力强。泉州湾出土的宋代海船,排水量已达 374.4 吨。而且北宋海船上普遍装备了指南针。当时的文献记载说:“舟师(水手)识地理,夜则观星,昼则观日,阴晦观指南针。”宋徽宗宣和五年(1123 年),北宋政府组织了一支庞大的船队出使朝鲜,每只船的船头船尾各放一枚指南针,比天文星象导航准确得多。当时的徐兢写了《宣和奉使高丽图经》一书,记述了此事。他说,船队在海上遇到阴天,“则用指南浮针以揆南北”。各种记载都证明,当时广泛使用的是水罗盘。

到了元代,在海上航行的中国船舶,不论阴晴,都用指南针来导航,并且发明了“罗盘针路”。这种罗盘针路,是根据航行的记录,把每到一地的针路固定下来,一一标出,这就使所经航线一目了然,提高了航海的准确性和可靠性。

15 世纪初期,明朝的郑和率领一支庞大的船队,前后七次出海远航,历时三十年,访问了亚、非三十多个国家和地区,这是航海史上的伟大创举。郑和的船上,全都装备了指南针罗盘,航线清晰准确,否则是很难完成这一创举的。



指南针作为中国古代科学技术的卓越成就,后来传到了国外。根据南宋时期周去非《岭外代答》一书的记载,来自波斯和阿拉伯的商人,先是乘中国的小船南行,到了印度半岛之后,就要换乘中国的大船东行。在大船上,他们有机会见到罗盘这种先进的航海仪器。因此,在阿拉伯和欧洲各地,一般要到 12 世纪末或 13 世纪初才懂得关于罗盘针的知识,在此基础上,西方在 16 世纪发明了旱罗盘,比我国稍早。

指南针在各国航海事业上逐渐被越来越多地采用,把世界航海技术推进到一个新的阶段,为远航创造了有利条件。从 15 世纪末到 16 世纪初,世界上出现了一个远航的高潮。新航路的开辟、美洲新大陆的“发现”、环行地球一周,等等,无不都是在指南针应用于航海事业后才出现的。由此可见,我国指南针的发明和外传,大大促进了世界航海事业的发展,加速了世界经济的发展的进程,为欧洲资本主义的发展开辟了新的商品市场。这是中国人民对人类文明进步做出的重大贡献。

造 纸 术

从甲骨到简牍

迄今为止,作为人类社会文化载体的材料,恐怕纸张是最为重要了。但是,在纸张发明以前,我们的祖先用什么作为书写记事的材料呢?通过考古发掘得知,至迟在三千五百年前的商朝,我国已有了甲骨文,就是把文字符号刻在龟甲或兽骨上,用来记事。现在发现的最早最多的甲骨文,是商朝的。但是,在甲骨上刻字,非常麻烦,而且甲骨的形状大小又不一致,所以很不方便。大约与甲骨文出现的同时,人们还在青铜器物上铸字或刻画字,用以记事。这当然更加麻烦,更难普及了。后来,人们用竹片、木片记载文字。竹、木是普通的材料,当然比甲骨、金石要好多了。

把竹子削成片,记上文字,称竹简、简。简的长度不一,从已发现的来看,2尺4寸、2尺、1尺4寸、1尺2寸、8寸的都有。所能容纳的字数当然也不同,40字、30字、25字,22字的都有,再少的只有8个字。一般是一片简写一行,一个文书、一篇文章、一部书,则要用许多简。把写好的简,按照内容的顺序排好,用帛或熟牛皮串联起来,就成了“策”或“册”。一册书经常翻阅,有时把串联用的牛皮都磨断了。孔子当年读《易》,“韦编三绝”,就



是断了三次,可见孔子把这部书读了很多遍。从史料记载看,可能商代就出现了竹简,因为甲骨文里出现了“册”这个字。从那以后,一直到纸的发明和普遍使用之前,竹简长期作为书写材料,使用非常普遍。

木片做成的叫版、木版。由于版字可以释为牍,所以也可称木牍、版牍。木牍的长度与竹简基本一样,但要宽出许多,所以一片木牍能并写数行。牍一般不用来写书,主要是画地图,写公文、信札。写信的牍往往长一尺,因此人们称信为尺牍。

简、牍虽然比甲骨、金石要优越得多,但它们仍然非常笨重,阅读、携带均不方便。据说秦始皇出巡,后面跟着很多辆大车,上面装着简牍——公文,以便随时阅读。

与简、牍同时使用的,还有丝织品“帛”,或称缣帛,当然细软轻便,可是价钱也颇为昂贵,一般人根本用不起。用帛写字,可以依照文章的长短剪裁下来,卷成一卷,因此一章书又叫做一“卷”。这时出现了帛的代用品“絮纸”。

灞桥纸

西汉成帝元延元年(前12年),发生了这样一件事:皇宫里的宫女曹伟能怀孕生子,这当然是“伤风败俗”的事,皇妃赵昭仪,就用“赫蹏”包裹了两粒毒药,派人送去,让她自杀。“赫蹏”是什么呢?是“薄小纸也”,就是丝做成的“纸”。“纸”字从“系”旁,说明最早的纸是与丝有关的。西汉时期蚕丝业已很发达,上等的蚕茧可缣丝织绸,次等的蚕茧可做成丝绵。做丝绵的方法是:先把蚕茧煮过,然后放在竹子做成的席子上浸在水里,经过捶打,将茧衣捣碎,做成丝绵,从席子上取下,剩下的一层薄薄的纤维粘在席子上,把它揭下来晒干,就成为丝绵片了。人们把这

种丝绵片压磨平整,可用来写字,这就是最早的纸,叫絮纸。絮纸的出现,是古代造纸术的开端。

絮纸是做丝绵的副产品,不可能大量生产,因此也无法满足人们用于书写的要求。经过长期探索、试验,最后终于出现了以植物为原料的植物纤维纸。

1933年,在我国新疆罗布淖尔汉代烽燧的遗址中,出土了公元前1世纪的西汉麻纸。

1957年,在西安市东郊的灞桥,出土了公元前2世纪的西汉古纸。出土时,这是一叠纸片,有大有小,最大的有 10×10 厘米,最小的有 3×4 厘米,米黄色。经过反复科学检验,发现它主要是由大麻和少量苧麻的纤维制成的,也就是说,这是“植物纤维纸”。这座古墓最迟不晚于汉武帝时,即前140年至前87年,因此可以断定,在二千多年前,即公元前2世纪,我国已经生产并使用植物纤维纸了。这种灞桥纸,是考古发掘出来的世界上最早的纸。

1987年,在甘肃天水的放马滩,又出土了一个小纸片,上面绘有地画,经过科学化验,也是麻为原料的植物纤维纸。但这个纸片是西汉文、景时期的物品,早于汉武帝时的灞桥纸。

这些主要以麻为原料的植物纤维纸是如何制造的呢?现代科学家进行了模拟实验,大体过程是:把麻头、破布等原料先用水浸,使它膨胀,用斧头切碎,用水洗涤,然后用草木灰水浸透并加以蒸煮,这就使原料中的木素、果胶、色素、油脂等杂质被除去,用清水漂洗后,捣碎,再用水配成均匀的浆液。这就成了纸浆,用漏水的纸模捞取纸浆,经过脱水、干燥就成了纸张。捞浆脱水用的是一种多孔的平面筛——抄纸器。

总的来看,西汉时期的麻纸还比较粗糙,制作技术也较原始。因此,这属于纸的最初阶段。人们期待着更好更便于书写



的纸的诞生。

蔡侯纸

东汉时,有一个人叫蔡伦,字敬仲,桂阳(今湖南郴县)人。他很有才学,明帝永平末年(75年)来到京城洛阳,当了太监,后来升为尚方令。“尚方”是掌管皇家供奉的机关。蔡伦管辖了不少皇家手工作坊,集中了来自全国的能工巧匠,所以蔡伦对于手工业品的制造技术很有研究,其中包括造纸技术。

蔡伦很注意当时使用的书写材料,他发现,使用竹简太笨重,丝帛的价钱太昂贵,而麻纸的质量又太粗糙,都不能使人满意。他决心从原料上下手,改进造纸术。经过反复试验,选择了树皮、麻头、破布、旧鱼网等作原料。在工艺流程上也作了改进,先把原料洗涤、浸泡、切碎,用草木灰水蒸煮,经过清水漂洗,去掉杂质,再由石臼捣碎,配成浆液,放在槽里,用抄纸器将纸浆抄起,漏去水分,凉干压平,纸就造成了。

蔡伦改进造纸术,是对古代造纸技术的重大贡献,开创了纸张的新纪元。他的贡献可以归纳为三个方面。

一是对造纸工艺作了创造性的改造。他用草木灰水或石灰水,作为原料脱胶的碱性溶液,使纤维松散的“打浆”技术更为先进,以加热高温制浆取代过去的常温制浆等等,都使纸浆的质量有了很大提高,使抄造的纸张纤维分布均匀,质地优良。

二是造纸的原料中增加了树皮(主要是楮皮),这是一项重大创新,不但为造纸开辟了一个更为广阔的原料来源,而且纸的产量和质量都得到了提高。

三是造纸选取的树皮、破布、麻头、旧鱼网等原料,成本低廉,产量也大,造出的纸可谓物美价廉,得以普遍应用,引起了书