

中华科技传奇丛书

# 从 CONG 到 DAO 南 北斗导航

ZHONGHUA KEJI CHUANQI CONGSHU 张慧娟◎编著

文明推动社会进步，科技成就人类梦想。这是回首中华民族五千年科技探索成就的巡礼之作；这是瞭望中华民族新时代科技梦想追求的起点之作。本套丛书与读者一同缅怀中华科技智慧的历史丰碑；在阅读中吹响谱写新世纪中华科技传奇的嘹亮号角。

上海科学普及出版社

中华科技传奇丛书

# 从司南到北斗导航

张慧娟 编著

上海科学普及出版社

图书在版编目(CIP)数据

从司南到北斗导航/张慧娟编著. —上海:上海科学普及出版社, 2014. 3

(中华科技传奇丛书)

ISBN 978-7-5427-6042-5

I. ①从… II. ①张… III. ①导航—技术史—中国—普及读物 IV. ①TN96-092

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 306654 号

责任编辑:胡 伟

中华科技传奇丛书

从司南到北斗导航

张慧娟 编著

上海科学普及出版社出版发行

(上海中山北路 832 号 邮政编码 200070)

<http://www.pspsh.com>

---

各地新华书店经销 三河市华业印装厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.5 字数 181 400

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月第一次印刷

---

ISBN 978-7-5427-6042-5 定价:22.00 元

# 前言



导航究竟是什么？在生活中，我们可以把它看作是一个无所不知，不会迷路的“导游”，它可以指引我们到想到的地方。实际上，人们早已把导航的概念融入日常的生活里，用星星和地形地物来判断行进方向与所在位置。

相传远古时代，黄帝战蚩尤时，就发明了第一种定向工具“指南车”，大大推进了导航技术的发展。后来人类相继发明了磁罗盘、六分仪、牵星板、地基无线导航系统和惯性导航系统等。这些导航设备或者系统已不能完全满足现代人们的需要，但我们仍能从中感受到古人的智慧。

最早的导航仪是中国人发明的指南针。今天，社会上涌现出了各式各样的导航仪，它们被广泛应用在飞机、汽车、船舶以及人们日常生活中，而且随着科技的不断进步，人们对定位技术的认识也越来越深，导航的方法也越来越多，比如，全球导航系统（GPS）、北斗导航系统等。从司南到北斗导航系统，见证了我国导航的发展历程，不过，对于导航技术的探索，人类将永不停止。

导航不仅是指引我们不会迷路的“导游”，它更是一盏明灯，照亮我们的前程，让我们为之努力奋斗。本书内容丰富、新颖，语言简洁，向读者详细介绍了我国的导航发展史以及国外的导航技术，开拓我们的视野。你们想了解更多关于导航的更多内容吗？我们一起走进导航时代，去探索从古至今导航的更多奥秘吧！

# 目录

## 一、中国古代辨别方位的工具

古代四大发明之一——司南 .....	2
运用机械原理制造的指南工具——指南车 .....	6
中国古代机器人——记里鼓车 .....	8
“偏振光天文罗盘”的发明 .....	11
天文定位工具——牵星板 .....	14
中国古代航海史的坐标——针碗 .....	16
简单实用的指南工具——指南鱼和指南龟 .....	19
早期的航海导航工具——水罗盘与旱罗盘 .....	22
海上“导游”——航海罗盘 .....	25
太空时代到来之前的六分仪 .....	28

## 二、磁现象与磁学研究

磁石吸铁现象 .....	32
地磁倾角和地磁偏角的发现 .....	35
我国古代的指南针理论 .....	38
信鸽为什么能准确送信 .....	41

### 三、定位导航先驱者

中国科学制图学之父——裴秀	46
发现磁偏角的第一人——沈括	49
“天下之名巧”——马钧	52
郑和时代的GPS	55
中国无线电导航事业的创始人 之一——温启祥	58
西安618所冯培德	61
中国导航先驱林立仁	64

### 四、国外导航设备

亚历山大灯塔是怎样导航的?	68
托勒密的欧洲古地图拉开世界帷幕	71
欧洲的导航技术	74
原始“导航系统”	77
纬度的测量	80
恒星导航技术	83
机械计程仪	86
“子午仪”卫星导航系统——世界上 第一个卫星导航系统	89
英国开发新型导航系统	92

### 五、现代导航科技

我国的惯性导航	96
---------	----

天文导航.....	99
陆标定位技术 .....	102
多普勒导航雷达 .....	104
雷达信标.....	107
罗兰C导航 .....	110
台卡系统.....	113
塔康导航系统 .....	115
奥米加导航系统 .....	118
仪表着陆系统 .....	121
组合导航系统 .....	124
现代仪器——陀螺仪 .....	127
汽车导航.....	129
地图导航技术 .....	132
无线电罗盘.....	135
先进的飞机导航系统 .....	137
全球定位导航 .....	140
俄罗斯的格洛纳斯的曲折历史 .....	143
伽利略定位系统 .....	146
北斗导航系统 .....	149



# 一、中国古代辨别方位的工具





## 古代四大发明之一——司南

### 拾遗钩沉

在生产力和科技水平都非常落后的远古时代，我们的祖先并没有辨别方位的工具。他们凭借长年累月对地理和天文知识的积累，逐渐摸索出一些简单实用的辨位方法。

古人最常用的辨位方法便是对太阳和北极星的观察。太阳东升西落，北极星所在的方向就是正北方，这些都是古人总结的常识。虽然这些方法操作简单，但是受自然环境影响非常大，不能随时随地对方位进行判断，从而制约了人们的行动。

早在2000多年前，我们的祖先在山中开采铁矿时发现了一种奇特的石头，这种石头具有吸铁的特性，《吕氏春秋》九卷精通篇有这样的记载：“慈招铁，或引之也。”古时人称磁为“慈”，即把磁石吸引铁比作慈母对子女的吸引。据说秦始皇造阿房宫的时候，有一扇门就用磁石做成，当敌人进攻时，铁质的兵器就会被磁石门所吸引，从而失去攻击力。西汉时候，有个方士叫作栾大，这个人用磁石做了两个棋子，当调整棋子到合适的位置时，两个棋子便开始吸引或者排斥，当栾大将这两个棋子敬献给汉武帝时，汉武帝龙颜大悦，十分欢喜，竟将栾大封为“五利将军”。



我国史学家——王振铎

后来，人们还发现了长条状磁石具有

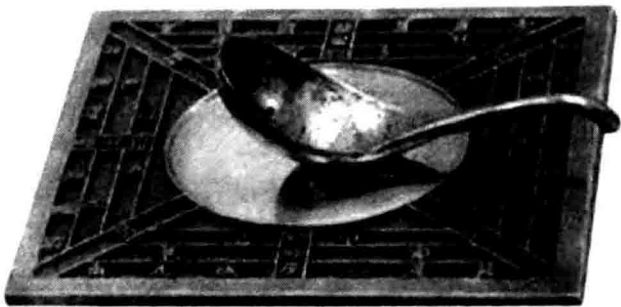
指南北的特性。在此基础上，春秋战国时期人们便制作出了世界上最早的指南装置——司南。

司南，顾名思义，就是指南的意思。东汉时期思想家王充写的《论衡》书中对司南有这样的记载：“司南之杓，投之于地，其柢指南。”司南的实物并没有流传下来，它的真实模样、使用方法，我们只能从史书中窥见一斑。我国著名科技史学家王振铎根据《韩非子》和《论衡》的记载，考证并复原了司南。

王振铎复原的司南是一个勺子和一个底盘组合的装置，勺子用磁石雕刻而成，勺子的长柄为南（S）极，放置在一个磨得非常光滑的青铜质地的底盘上。底盘上刻有“四维”（即乾、坤、巽、艮）“八干”（即今之天干）“十二支”（即今之地支），组成二十四向。使用时，先把底盘放置平整，然后将勺子放在底盘中央，拨动其旋转，当勺子停止转动时，勺柄所指的方向即是南方。

司南的出现，是古人对磁体认识的一个具体应用，并为后来指南针的发展奠定了基础。在春秋战国时期，人们对玉的雕刻技术已经娴熟，能够将不同硬度的硬玉软玉雕刻成形状各异的器物。而天然磁石的硬度要小于玉，所以司南的生产应用成为可能。《鬼谷子·谋篇第十》中有“故郑人取玉也，载司南之车，为其不惑也。夫度材量能揣情者，亦事之司南也”的记载，郑国人采玉时就随身携带了司南，以确保不迷失方向。

司南虽然可以为古人指示方向，但它自身也存在着很多缺点。例如，在古代，天然磁石非常难以寻觅，而且天然磁石的磁性较弱，在加工过程中，随着敲击雕刻等工序的运用，加大了对磁石磁性的损坏，使得司南的磁性大大降低，影响了指南效果。此外，底盘与勺子之间的摩擦力要求非常小，否则将对方位指示的准确性造成很大的影响，这就对底盘的制作工艺提出了很高的要求。最后，司南是一个组合装置，底盘和勺子的体积很大，携带不方便，造成司南不



司南

能广泛地应用。

## ◎ 史实链接

现今关于司南的知识，都是从古人有限的记载中获得的。真正的司南是什么模样，我们已无从考证。后人如钱临照院士等根据记载做了不少司南模型，王振铎复制的司南是其中的典型代表。然而，司南复制品一经问世便面对着诸多质疑。

针对王振铎复制的司南，国家博物馆研究员孙机发表论文指出，我国古代司南其实是一种司南车或者指南车，而并非是一种勺状指南器。事实上，在《论衡》中，也并未指出司南是一种磁勺子。另外，古文献中也没有关于磁石极性的记载，勺子的制作不可能有目的地将勺柄一段选择为南S极。而且，王振铎选择的磁石并非天然磁石，而是经过人工磁化的钨钢，其磁性要比天然磁石强得多，并且要在通电的情况下才能正常工作。因此，王振铎制作的司南并不能反映古代司南真正的原貌。

在孙机之前，也有许多学者提出自己的见解，如东北师范大学教授刘秉正，通过对天然磁石指极性的实验，并结合考据指出，《论衡》中的司南其实是天上的北斗。中国科技大学教授李志超则认为司南是一种将磁石放在瓢中的装置，杭州大学教授王锦光认为司南是一种将磁勺子放入水银池中的装置。另外，司南是北斗的别称也成为目前较多人认可的观点，《自然辩证法通讯》中的《司南指南文献新考》进行了详细的考证，并且指出司南的很多用法都与北斗有关。

鉴于史料有限，目前还没有一个学说能够真正对司南作出合理的解释，所以目前我们还是参照主流的看法来看待司南。可能随着未来的考古发现和科技的发展，我们最终能解开关于司南的谜团。



我国国家博物馆研究员孙机

## ◎ 古今评说

在科技不发达的古代，工具的应用成为制约社会生产力发展的障碍。古代劳动人民从自己生活实践中总结出一些自然规律，并据此制造出实用性的生产工具，是社会的巨大进步。

自司南发明以来，人们将司南运用到农业、军事、航海等领域，极大地方便了人们对自然的探索，提高了生产效率，推动了社会的进步。尽管司南在精确度等方面有所欠缺，但它是古代人们对自然科学的一次里程碑式的尝试，具有重要的科学意义。



司南的纪念邮票

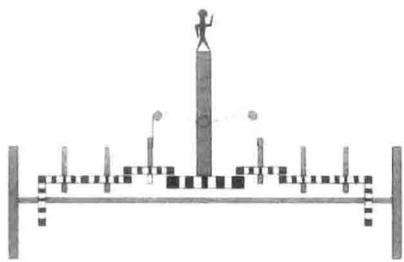
## 运用机械原理制造的指南工具 ——指南车

### ◎ 拾遗钩沉

指南车又被称为司南车，是中国古代用来指示方向的一种机械装置。相传，早在黄帝时代，就已经发明了指南车，当时黄帝就是依靠它在大雾弥漫的战场上指示方向，战胜了蚩尤。

西周初期，南方的越裳氏人，有一次在回国的路上竟然迷路了，后来就是凭借指南车，把他护送回国。指南车利用的是差速齿轮原理，它与指南针利用地磁效应完全不同，它是利用齿轮传动系统，根据车轮的转动，由车上的木人来指示方向。无论车子转向何方，木人的手始终指向南方。

三国马钧所造的指南车除了应用到齿轮传动外，还有自动离合装置，是利用齿轮传动系统和离合装置来指示方向。



指南车齿轮传动示意图

### ◎ 史实链接

关于指南车的发明，我们还得从5000年前的黄帝大战蚩尤说起。当时，黄帝和蚩尤作战了三年，进行了72次交锋，可是都没有取得胜利。后来在一次大战中，蚩尤看着这场战斗又要失败，就请来了风伯雨师，让他们呼风唤雨，给黄帝军队的进攻造成困难。黄帝看着这种情形，也急忙请来天上的女神，名叫旱的，让她施展法术，制止风雨的干扰，这样才使得军队能够继续前进。

蚩尤诡计多端，他又放出了大雾，霎时四野弥漫，黄帝的军队被大雾迷失了前进的方向。黄帝万分着急，不得不停止军队前进，立即召集大臣们商讨对策。应龙、常先、大鸿、力牧等大臣都到齐了，可是就是不见风后。有人担心



黄帝蚩尤之战

风后是不是被蚩尤给杀害了。黄帝立即命令下属到处寻找，找了很长时间，可还是不见风后的踪影，这时，黄帝只好亲自去找。

黄帝来到战场上，突然发现风后独自一人在战车上睡觉。当时黄帝很生气，并训斥道“什么时候

了，你怎么还在这里睡觉？”风后从战车上慢腾腾地坐起来说：“我不是在睡觉，我是正在想办法。”接着，他把手指向天上，对黄帝说：“你知道为什么天上的北斗星，斗转而柄不转呢？而且伯高在采石炼铜的过程中，也发现了一种磁石，能将铁吸住。我们是否可以根据北斗星的原理，制造一种会指方向的工具，我们有了这种工具就不怕迷失方向了。”

黄帝听了风后的想法觉得很好，并召集众臣商讨，都认为这是一个很好的办法。后来，他们就开始行动，风后负责设计，其他大臣负责制作。经过几天几夜，他们终于造出了一个能指引方向的仪器。风后就把这种仪器安装在战车上，在车上还安装了一个假人，伸手指着南方。打仗时一旦被大雾迷住，他们只要一看指南车上的假人指着什么方向，马上就可辨认出东南西北方向了。

## ◎古今评说

指南车是我国古代伟大的发明之一，也是世界上最早的控制论机械之一。指南车是古代一种指示方向的车辆，也是帝王的仪仗车辆。中国古代的指南车“可以说是人类历史上迈向控制论机器的第一步”，是人类“第一架体内稳定机”。中国人能够掌握如此巧妙的机构设计，实在令我们感到惊叹。指南车的发明，充分体现了中国古代机械制造的高超水平，是中国古代力学在实际应用中的卓越成就。



指南车

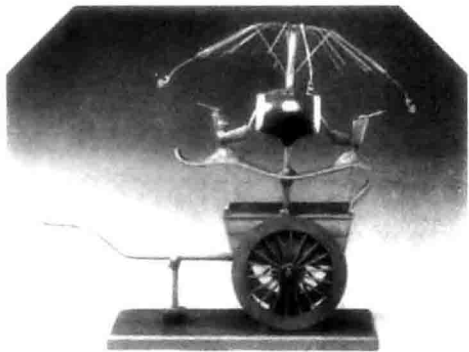
## 中国古代机器人——记里鼓车

### ◎拾遗钩沉

记里鼓车是中国古代用于计算道路里程的车，由“记道车”发展而来，是能够自动记载行程的车辆。后来，又增加了行一里路要打一下鼓的装置，所以取名“记里鼓车”。

西汉初年，我国的古人发明了记里鼓车，外形是一辆车子，车上装设有两个木人以及一鼓一钟，其中一个木人管击鼓，

另一个是管敲钟。车上还装有一组减速齿轮，与轮轴相连。车每行驶一里时，控制击鼓木人的中平轮正好转动一周，木人就会击一次鼓；当车行驶10里时，控制敲钟木人的上平轮正好转动一周，这时木人便会敲钟一次。坐在车上的人只要听这钟鼓声，就可知道自己行驶了多少路程。



记里鼓车

### ◎史实链接

记里鼓车有“记里车”、“司里车”、“大章车”等别名，是指南车的姐妹车，他们都是天子大驾出行时的仪仗车。记里鼓车装饰非常华美富丽，不次于指南车，有关它的文字记载最早见于《晋书·舆服志》：“记里鼓车，驾四。形制如司南。其中有木人执槌向鼓，行一里则打一槌。”在晋人崔豹所著的《古今注》中，也曾这样记述。

记里鼓车的基本原理同指南车基本相同，也是利用齿轮机构的差动关系。当年，由张衡制造的记里鼓车，没有留下较多详细的记载，在东汉时期，有关记里鼓车的记载也是很简略，只有零星的字句。直到北宋时期，记里鼓车的制

造方法有了更大的改进。我们在史书《宋史·輿服志》中了解到，记里鼓车的外形是独辕双轮，车箱内有立轮、大小平轮、铜旋风轮等装置，记里车行一里路，车上木人击鼓，行十里路，车上木人击钟。记里鼓车的记程是由齿轮系统完成的。



山画像石中的鼓车图

记里鼓车有一套减速齿轮系，始终与车轮同时转动，车行一里时，其中最末一只齿轮轴正好回转一周，车子上的木人受凸轮牵动，由绳索拉起木人右臂击鼓一次，这样来计里程。关于“十里击镯”的记程原理，是这一减速齿轮系的末端齿轮是在车行十里时正好回转一周，因此“十里一击镯”。

我国历史上，第一个在史书中留下姓名的记里鼓车的机械专家是三国时代的马钧。马钧是当时闻名的机械大师，他不仅制造记里鼓车，还改进了织丝绸的绌机，提高了织造速度，并研制了翻车（即龙骨水车）。他还设计并制造了以水力驱动大型歌舞木偶乐队的机械等。

公元417年，刘裕率军打败了晋军，并将缴获的记里鼓车、指南车等运回了建康（今天南京）。到了宋朝，1027年，卢道隆也制成记里鼓车。1107年，吴德仁制成了指南车和记里鼓车。后来，吴德仁又重新设计并制造了一种新的记里鼓车。吴德仁所设计的这种新车是在前人的基础上更加简化，减少了一对用于击镯的齿轮，使记里鼓车向前走一里时，木人同时击鼓击钲。

## ◎古今评说

记里鼓车是一种会自动记载行程的车



古代记里鼓车纪念邮票



辆，记里鼓车的原理与现代汽车上的里程表的原理相同。它的外形十分精美，充分展现了当时机械工人技艺的高超水平。记里鼓车的创造是近代里程表、减速器发明的先驱，是科学技术史上的一项重要贡献。记里鼓车是中国古代社会的科学家、发明家研制出的自动机械设备，被机器人专家称为是一种中国古代机器人。