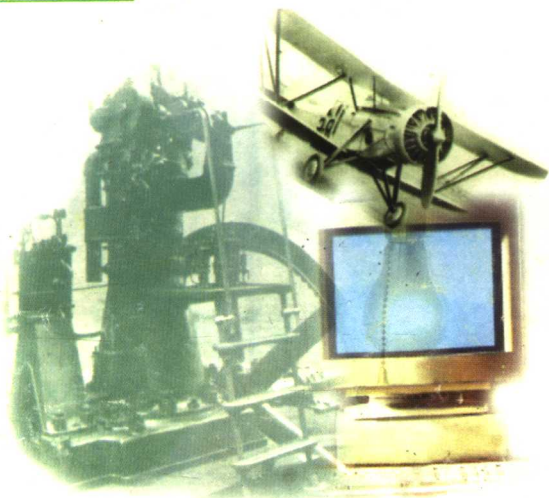




工业**创造与发明**系列 27



仪器设备

章志彪 张金方 主编

中国建材工业出版社

世界科技全景百卷书 ②⑦

· 工业创造与发明系列 ·

仪器设备

编写 赵 铁

中国建材工业出版社

目 录

天文地理仪器设备

地震仪的鼻祖	(1)
著名的浑仪	(2)
张衡创造浑象	(4)
世界第一座天文钟	(6)
最早的指南针	(8)
指南车的传说	(10)
望远镜的发明者	(12)
温度计的种类	(19)
气象仪器的发明	(28)
给大气测测压力	(35)
指针式标度盘装置	(41)

物理学仪器设备

威尔逊云室	(43)
回旋加速器	(45)
陀螺仪的性能	(46)
奇妙的万向支架	(48)
第一个避雷针	(49)
显微镜的出现	(51)

工程仪器设备

齿轮的起源	(61)
弹簧的历史	(62)

控制流动方向的阀门	(63)
蒸汽机上的曲轴	(65)
螺钉和改锥的来历	(66)
空气泵	(67)
胡克发明了万向节	(68)
瓦特发明了调速器	(69)
滚珠轴承	(71)
传动链条	(71)
抓斗大王	(73)
传送带	(77)

电学仪器设备

电流计的发明	(79)
蛙腿的启示	(81)
从电变磁到电磁铁	(84)
法拉第发明了变压器	(86)
看不见的热	(88)
燃料电池	(92)

光学仪器设备

激光器	(94)
纤维镜	(96)
光电池	(97)

天文地理仪器设备

地震仪的鼻祖

公元 132 年东汉都城洛阳发生了一件事，太史令张衡发明了一种仪器，它能知道什么时候、哪里发生了地震。只要那个方向发生了地震，仪器上那个方向的龙口就张开，龙口中的小铜珠就落入下方的蟾蜍口中而发出响声。这件事引起朝中大臣们的纷纷议论，有不相信的，也有表示怀疑的。但时间一久，人们对这件事也就谈忘了。过了几年，公元 138 年的一天，张衡发明的那架仪器朝西方向的龙口突然张开，小铜珠落入蟾蜍口中。这说明小铜珠落入蟾蜍口中的时候西方发生了地震，但当时洛阳并没有人感觉到有什么震动。于是满朝文武又是议论纷纷，说张衡的那架仪器不可靠。但过不了多久，现在甘肃境内的地方官府奏报来到，奏报称那里发生了一次强烈地震。这件事使当时的人们对张衡的那架仪器十分信服，史籍中也称其“验之以事，合契若神”。

张衡发明的那架仪器就是世界上第一架地震仪——候风地动仪。《后汉书·张衡传》记载说“地动仪以精铜制成，圆径八尺，合盖隆起，形似酒尊。”其里部主要构件是中间一根高而细的铜柱，张衡称之为“都柱”。都柱在接受到地震产生的地震波后，就向波源方向倾倒。在都柱周围架设有 8 条通

道，使倾倒的都柱只能往一道中滑倒，其所倒方向即是地震发生的方向。尊外相应地设置 8 条口含小铜珠的龙，分别朝着 8 个方向。每个龙头下面都有一只蟾蜍张口向上，准备接住落下的小铜珠。都柱受地震波的震动而倾倒时，敲动一个像弩机装置似的牙机，利用杠杆原理传动，使龙首张开口，小铜珠便落入蟾蜍口中发出声响，人们就知道什么时候什么方向发生了地震。

张衡发明的候风地动仪虽然只能测知地震震中发生的大概方位，但在文明发展史上却是一项了不起的发明。一直到 19 世纪，世界才出现真正用来观测地震的仪器。候风地动仪领先世界地震科技达 1800 年，因此被公认为地震仪的鼻祖。

著名的浑仪

浑仪是中国古代用于测量天体球面坐标的观测仪器。它是由一重重的同心圆环构成，整体看起来就像一个圆球。有资料表明，在公元前 4 世纪中叶，中国就已经使用浑仪观测天象了，比古希腊约早 60 年。

浑仪的最基本构件是四游仪和赤道环。四游仪由窥管和一个双重的圆环组成。窥管是一根中空的管子，类似于近代的天文望远镜，只是没有镜头。双重圆环叫四游环，也叫赤经环，环面上刻有周天度数，可以绕着极轴旋转，窥管夹在四游环上，可以在双环里滑动。转动四游环，并移动窥管的位置，就可以观测任何的天区。赤道环在四游环外，上亦刻有周天度数，固定在与天球赤道平行的平面上。这样，就可以通过窥管观测到待测量的天区或星座，并得出该天体与北

极间的距离，称“去极度”，以及该天体与二十八宿距星的距离，称“入宿度”。去极度和入宿度是表示天体位置的最主要数据。

浑仪的改进和完善，经历了一个由简而繁，而又由繁而简的历程。从汉代到北宋，浑仪的环数不断增加。首先增加的是黄道环，用以观测太阳的位置。接着又增加了地平环和子午环，地平环固定在地平方向，子午环固定在天体的极轴方向。这样，浑仪便形成了二重结构。唐代起，浑仪又发展成三重结构。最外面的一层叫六合一，由固定在一起的地平环、子午环和外赤道环组成，因东西、南北、上下6个方向叫六合，故名。第二重叫三辰仪，由黄道环、白道环和内赤道环组成，可以绕极轴旋转。其中白道环用以观测月亮的位置。最里层是四游仪。北宋时，又增加有二分环和二至环，即过二分（春分、秋分）点和二至（夏至、冬至）点的赤经环。

多重环结构的浑仪虽是一杰出的创造，在天文学史上也起过重要的作用，但其自身也存在着两大缺陷。一是要把这这么多的圆环组装得中心都相重合，十分困难，因而易产生中心差，造成观测的偏差。一是每个环都会遮蔽一定的天区，环数越多，遮蔽的天区也越大，这就妨碍观测，降低使用效率。为解决这两个缺陷，从北宋起即开始探索浑仪的简化途径。这个浑仪改革的途径由北宋的沈括开辟，元代的郭守敬完成。沈括由两个方面进行改革，一是取消白道环，借助数学方法来推算月亮的位置；一是改变一些环的位置，使遮蔽的天区尽量减少。而郭守敬又取消了黄道环，并把原有的浑仪分为两个独立的仪器，即简仪和立运仪。

简仪由四游仪、赤道环和百刻环组成。赤道环的位置移

至旋转轴的南端，这一方式，至今在各国的天文台上安装望远镜时，还广泛地被采用。百刻环的安装是一创新，环上等分成 100 刻，分为 12 个时辰，每刻又分作 36 分。它固定在赤道环内，既可承托赤道环，又可得到真太阳时的读数。四游仪窥管两端各设有十字线，这是后世望远镜中十字丝的肇始。

立运仪与简仪装于同一底座上，由两个圆环组成。一个是平铺的“经纬环”，代表地平环，环面上刻有方位。一个是“立运双环”，中夹有窥管，可测量天体的地平经度和纬度。

简仪和立运仪的设计和制造，在世界上领先 300 多年。近代天文台的赤道装置，测量仪器经纬仪等，都可从中找到其原始形态。

还应该指出的是，中国古代浑仪采用的是赤道坐标系统，比西方采用的黄道坐标系统要先进得多，今天已为各国天文台所广泛采用。

现在，人们还可以在南京紫金山天文台，看到明代正统二年到七年（1437~1442）间制造的浑仪和简仪。

张衡制造浑象

浑象是一种表现天体运动的演示仪器。它最初是在公元前 2 世纪中叶的西汉时，由天文学家耿寿昌创制的，而东汉著名科学家张衡在浑象的发展史上做出了重要的贡献。

浑象的基本构成是一个可以旋转的中空圆球，上面按观测到的实际天象布列星辰。转动圆球，即可演示天体的运动，其作用相当于近代的天球仪，堪称天球仪的始祖。

张衡制造了第一台自动的天文仪器——水运浑象。它一直径5尺（约1.18米，东汉1尺约23.5厘米）的空心铜球表示天球，上面画有二十八宿，中外星官，互成24度交角的黄道和赤道等，黄道上又标明有二十四节气。紧附于天球外的有地平环和子午环等。天体半露于地平环之上，半隐于地平环之下。天轴则支架在子午环上，天球可绕天轴转动。同时，又以漏壶流出的水作动力，通过齿轮系的传动和控制，使浑象每日均匀地绕天轴旋转一周，从而达到自动地、近似正确地演示天象的目的。此外，水运浑象还带动有一个日历，能随着月亮的盈亏演示一个月中日期的推移，相当于一个机械日历。

张衡的水运浑象对后世浑象的制造影响很大，宋代的水运仪象台则达到历史上浑象发展的最高峰。历代制造的浑象大都已经毁亡，现存仅有两架，一架在南京紫金山天文台，一架在北京建国门古观象台，均是清代铸造的。

除了天球仪式的浑象外，中国古代还创制有假天仪式的浑象，开了近代天象仪之先河。

现在北京天文馆里，有一个大圆顶的天象厅。当你坐在里面仰观屋顶，便会感到宛如置身于无涯的苍穹之中，看到繁星点点，其布列与实际天象一致。假天仪的功能和作用即与此相似。假天仪何时发明，现尚有争议，有人认为三国时即已问世。但有明确记载的，则以北宋时苏颂主持制造的浑天象为最早。

浑天象是苏颂主持创制水运仪象台后的又一杰作。它的天球直径有一人多高，在球面上相应于星辰的位置处凿有一个个镂空的小孔，外面的光线漏进后，人坐在球内就好像看

到天上闪闪发光的星星。天球亦是由水力机械带动的，可控制其旋转与天体运行同步。与现代天象仪所不同的是，浑天象的光源在外，表演内容比较单一，而天象仪的光源在内，且能表演众多复杂的天象。

世界第一座天文钟

1092年，在北宋都城开封的西南部，出现了一座形状奇特的木构建筑物。它就是“元祐浑天仪象”，一般通称之为“水运仪象台”，由当时著名政治家、科学家苏颂所主持创制。这是中国古代最宏伟、最复杂的一座天文仪器，在古代世界上也是绝无仅有的。

水运仪象台的形状呈正方形，上狭下广，高三十五尺六寸五分（约近11.3米，宋代一尺约31.6厘米），底宽二丈一尺（约6.64米）。台分3重，第一、二重安装水力驱动系统和报时系统，第三重安装浑象。台顶平台上安装浑仪，浑仪由“板屋”覆盖，板屋上装有9块可以启闭的活动屋面板。由此可以看到，整座水运仪象台集观测、演示、计时等功能于一体，实际上成了一座小型的天文台。

水力驱动系统包括有提水机构、注水机构、回水机构和枢轮等部分，可以使水周而复始均匀流动，并驱动枢轮运转。枢轮直径十一尺（约3.48米），是全台机械装置的原动轮。其顶部附设有一组杠杆装置，起着控制枢轮定时转动，以及转动固定的距离的作用，相当于近现代机械钟表中的“擒纵器”。它和欧洲17世纪的锚状擒纵器非常相似，堪称擒纵器之始祖。

报时系统的前部建造成半座 5 层木楼阁式建筑的形状。第一层是昼夜钟鼓轮，轮上有 3 个不等高的小木柱，可按时拨动 3 个木人的拨子，拉动木人手臂，一刻钟木人击鼓一次，时初摇铃，时正敲钟。第二层是昼夜时初正轮，轮边有 24 个司辰木人，随着转子的转动，木人按时在木阁门前出现，表示 1 日 12 个时辰的时初、时正，相当于现今的 24 小时。第三层是报刻司辰轮，轮边有 96 个木人，每一刻出现一人。第四层是夜漏金钲轮，可以拉动木人击钲报更，并可以按季节调整，以适应昼夜长短的变化。第五层是夜漏司辰轮，轮边设有 38 个木人，木人位置可以按节气调整，从日落到日出按更筹排列，依次出现。

浑象为一球体，直径四尺五寸六分（约 1.44 米）。球面上绘有 283 个星座，1464 颗星辰，并绘有银河，黄赤道和二分、二至的位置。浑象下有木柜，使之一半露于柜外，一半隐于柜中。浑象经传动机构与驱动系统相连，可随机轴由东向西转动，和天体的视运动一致，使球面上星辰的位置和实际天象相合。

浑仪亦经由传动机构与驱动系统相连，可随天球转动，以观测天象。这是现代天文台跟踪仪器——转仪钟的先驱。其覆盖的活动屋板，则开了现代天文台自由启闭式屋顶的先河。

整个水运仪象台结构精密、巧妙，标志着中国当时的天文仪器和机械制造的高超水平。现国内外学者已公认它是世界第一座天文钟，并认为是现代天文钟的直接祖先。

最早的指南针

李约瑟论证了磁罗盘是从中国传到欧洲去的论点。在欧洲的文字记载中，首次提到磁罗盘是在公元 1190 年。当时亚历山大·尼卡姆在《来自大自然》一书中写道：“海上航行的水手们在晴天可以靠阳光导航，但是遇上阴天或在漆黑的夜晚，就无法辨别此时船正驶向罗盘的哪个方位。于是，他们就用一根针触一下磁铁，然后旋转此针，当针停止旋转后，针就指向北方。”

磁罗盘似乎不是经阿拉伯地区传入欧洲的。因为直到大约公元 1232 年，阿拉伯的文字中才出现关于磁罗盘的记载。记载描述了当时的水手用经磁石磨擦过的鱼形铁片来辨别方向的情景。而这鱼形铁片是非常典型的中国式样。由此看来，欧洲人和阿拉伯人通过在航海时与中国人的接触，大约是在相同的时间内获得了航海磁罗盘。只不过欧洲人也许要比阿拉伯人早几十年拥有磁罗盘。

我们可以从当时的书籍中发现能证实上述观点正确性的依据。中国中世纪的科学家沈括在其著名的著作《梦溪笔谈》（约刊印于公元 1086 年）中清楚地写道：“术士用磁石磨一根针的针尖，针尖就能指向南方……在指甲上或碗口上也同样可以指向，且其转动的速度很快。但这些支承物坚硬而平滑，针容易坠落。最好用一根新蚕丝以芥子大小的蜡拴在针的中心位置，吊在一个无风之处，它就会指向南方。其中有些针磨了以后可以指北。我家有指南的也有指北的针。”

这段文字记载的年代要先于欧洲首次提到磁罗盘的年代

整整一个世纪。李约瑟评论说：“沈括提到的指南、指北两种针当然是在天然磁石的两极进行了磁化的……沈括描述的实验条件说明了当时人们做了大量仔细的研究。悬挂时仅用一根丝线可以避免因丝线相互缠绕所产生的影响；采用丝线意味着线仅由一条纤维组成，而不像麻线（几乎可以肯定地说，在沈括所处的时代，棉还不为中国所知），麻线是由多根短纤维在拉力作用下纺成的；采用新的丝线则说明，线上的弹性应处处保持一致。”

朱或于公元 1117 年写的《萍洲可谈》一书中，也有关于中国人使用航海磁罗盘的明确记载。该书同样是在欧洲首先提到磁罗盘之前写就的。朱或的父亲曾是广州港口的高级官员，后又做了广州的知州。在这部名称有些古怪的书中，朱或写道：“根据官对海船的规定，大船可载数百人，小船可载百余人……舵手熟悉海岸构造；夜间根据星辰的位置掌舵行船，白天则根据太阳的位置辨向驾驶。在阴天及无星月的夜里则看指南针辨向。他们还可以用一根端部带钩的 30 米长的绳子放下去，取海底的泥嗅一嗅，就知道他们到达了什么地方。”

文学家孟元老在他的《东京梦华录》（约公元 1126 年）中写道：“在黑夜或雨天，或多云之夜，水手靠罗盘行船。由大副负责此事。”

在《宣和奉使高丽图经》（公元 1124 年）中，作者徐兢写道：“夜里常常不能停船，因为风和海能使其漂移，所以舵手只有靠星星和大熊星座来辨向驾驶。如果夜间多云则使用指南浮针来测定南北。”

以上两段文字记载也都早于欧洲关于罗盘的文字记载。

很明显，用一条天然磁石来指示方向是磁罗盘最初和最简单的形式，它比使用磁针这一先进方法要早很长的时间。究竟是在什么时期中国就开始使用天然磁石罗盘（注：即司南）？如果罗盘在开始之时不是用于导航，又是用于什么目的呢？

我们有把握将中国使用天然磁石罗盘的年代追溯到公元前 4 世纪。当时一部名为《鬼谷子》的书（书作者不详，但有人认为可能是思想家苏秦）对此有过记载。书中有一段文字写道：“故郑人之取玉也，必载司南，为其不惑也。”另一条记载出自思想家韩非子公元前 3 世纪写的《韩非子》一书，从中我们可以读到：

“臣民侵犯国君及其君权，就像漂移的沙丘和堆积起来的土坡逐渐形成一样。这就使君主忘却其位置，把东西方向搞反了而不自知。所以古代君王设立司南，以区分朝夕的方向。”

这是世界上各种文献中最早记载磁罗盘的两段文字（在一些埃及的古籍中或许也有记载，但对其文字的解释有分歧，在此不予讨论）。在上面两段文字中，没有一段提过“司南”是新发明的新奇之物。与此相反，文中却提到了“司南”应归功于“先王”，即早至公元前 3 世纪。

指南车的传说

指南车是中国古代用于指示方向的一种轮车式机械，又称“司南车”。一般在皇帝出行时使用，作为皇权象征的仪仗车辆之一。

关于指南车的发明，在历史上有这样的传说：

距今 4600 多年前，在北方有两个部族，一个姓姜，其首领是神农氏炎帝；一个姓姬，其首领是黄帝。在这两个部族的附近，又有一个九黎部族，酋长叫蚩尤。九黎部族非常强悍，经常侵袭姜姓和姬姓部族。有一次，蚩尤又率领部众攻打姜姓部族。姜姓部族在神农氏的带领下奋起抵抗，可是在战斗中却遇到大雾，迷失了方向，结果大败。为了保护自己的部族，神农氏向黄帝求救，两个部族于是联合起来，共同抵御蚩尤的侵略。不料作战时又遇到大雾，黄帝的部众虽然英勇善战，也无法取胜。为此黄帝特意制造了一辆指南车，利用它来识别南北，使不致于在战斗中因雾迷失方向，终于打败九黎族，生擒了蚩尤。

历史上还有另外一个传说：

在 3000 多年前，周公协助周武王推翻了商朝暴君纣王的统治，建立了周朝。周武王死后，周公又代周成王治理国家政事，一时天下太平，尤邦来朝。远在今越南境内的越裳氏也派遣使者，携带礼物来向周王朝致贺。为了答谢他们的盛意，周公造了一辆指南车，赠送他们，好让他们能够顺利回国，不致在路上迷失方向。

传说终归是传说，不能代替史实。从科技史的角度看，在黄帝和周公所处的时代还不可能发明和制造指南车。指南车究竟于何时和由何人发明，现在已成历史悬案。《三国志·魏书·马钧传》记载，马钧在魏明帝时（227—239 年）任给事中，曾与人讨论指南车，他认为过去有过，但已失传。他奉魏明帝之令，重新制造出了指南车。

指南车的机械传动和自动控制原理十分巧妙，它是通过齿轮系的配合作用来完成的。简单来说，齿轮系由与指示方

向的木人相联接的大齿轮（或主齿轮）及与车子左右车轱相联接的左右小齿轮系统组合而成。当车子向正南方向行驶时，大齿轮与左右小齿轮系统脱离，木人不受车轮转动的影响；当车子偏离正南方向，向左转弯时，车轱的前端即向左转动，而其后端则向右转动，这时，右侧的小齿轮系统即与大齿轮啮合，进而产生传动作用，使木人向右旋转，车子转动（向左）的角度正好与木人向右转动的角度相等，二者作用相消，故木人仍指向正南方，反之，车子向右转弯，亦有相同效果。于是，当调定木人指向正南方向后，只要车子偏离正南，木人都能应时调整，从始至终直指正南方，为车队外出行进，指明正确的方向。

指南车是中国历史上一项杰出的机械发明。它的结构简单，构思灵巧。它的创制，表明至迟在三国时已对齿轮系统的传动原理有了较深刻的认识。

望远镜的发明者

望远镜，顾名思义就是一种能够望得见远处东西的仪器。如果你用来观赏足球赛或歌舞表演，你将会有身临其境之感；如果你用来看星星望月亮，天上的星星好像就你眼前内烁，皎洁的月亮也仿佛伸手可及。望远镜的功劳就在于把你和远处物体的距离拉“近”了。

最早的望远镜竟被人们看作是一种玩具，你也许没有想到吧！

事情还得从 1608 年说起。

当时，在荷兰的米德尔堡，有一个眼镜匠，名叫李普希，

他整天忙忙碌碌地为顾客磨镜片、配眼镜，在他的店铺里，各式各样的透镜琳琅满目，让人目不暇接。

由于眼镜生意本小利微，李普希勉强维持5口之家的生活，无钱给3个可爱的男孩买玩具，因此，父亲的废镜片就成了小兄弟们的玩具了。

一天，3个孩子在阳台上玩耍，最小的孩子两手各拿一个镜片，在阳台的栅杆上前后比划看着远处的景物，突然，他发现教堂尖顶上的风向标变得又大又清楚，两个小哥哥也好奇地拿着两个废镜片往远处看，果然，远处房上的瓦片、小鸟……都好像是近在眼前，看得那么清晰。孩子们高兴地将他们的发现告诉了父亲。

李普希将信将疑地按照孩子们说的那样试验着，他将一块凸透镜和一块凹透镜组合起来，把凹透镜放在眼前，将凸透镜放在前面一点，当他把两块透镜对准窗外远处教堂尖顶上的风标时，李普希惊奇地发现，这只风标被大大地放大了，似乎就近在眼前，伸手可及。

这一发现，立刻传遍了米德尔堡，人们纷纷来到他的工作室要求一饱眼福，有人甚至愿出高价买下这个“玩具”，拿回家一人独享。

李普希意识到这是一桩赚钱的买卖，于是就向荷兰国会提出了申请专利的要求。1608年10月2日，国会审议了这件事，认为这种“玩具”应该有个正规的名称，并且要求发明者对它进行改进，使它能够同时用两只眼睛进行观看。李普希经过考虑，给它取了个名字，叫“窥探镜”。这一年的12月15日，他又交给国会一架经过改进的双筒窥探镜，国会给了他一大笔奖金。