

我爱科学知识



智能机器的革命

自动化与机器人

主编 陈芳烈

编著 陈福民



晨光出版社

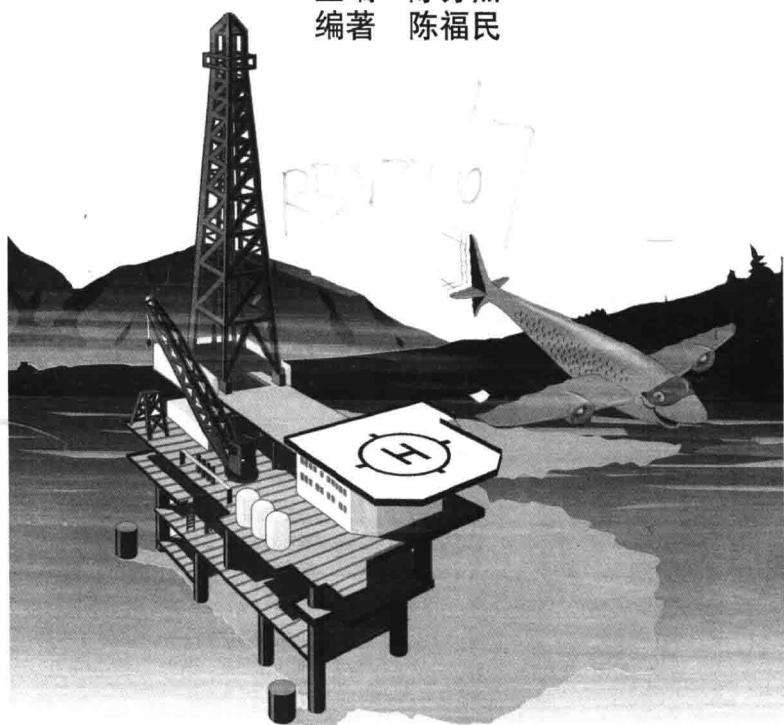
我



智能机器的革命

——自动化与机器人

主编 陈芳烈
编著 陈福民



晨光出版社

策 划 刘卫华
监 制 崔寒韦
责任编辑 黎 明
责任校对 刘 洁
封面设计 王凌波
插 图 丁士瑾

我爱科学知识
智能机器的革命
——自动化与机器人
陈芳烈 主编
陈福民 编著

晨 光 出 版 社 出 版 发 行 (昆明市书林街100号)
云 南 新 华 印 刷 三 厂 印 装

开本:850×1168 1/32 印张:6.125 字数:130 000
1999年5月第1版 1999年5月第1次印刷
印数:1—5000

ISBN 7-5414-1629-0/G·1346 定价:5.80元

凡出现印装质量问题请与承印厂联系调换

目 录

一 自动化技术早已开始.....	(1)
(一) 中国古代的自动装置.....	(1)
1 自动控制机——指南车	(1)
2 滴水计时的水时钟	(3)
3 候风地动仪	(5)
4 水运仪象台——天文钟	(7)
5 记里鼓车	(8)
(二) 自古就有的自动机	(11)
1 埃及庙宇里的一对铜人	(11)
2 “特洛伊木马”和“木牛流马”	(13)
3 欧洲的玩偶表演	(14)
4 皇宫里能歌善舞的木偶	(16)
5 电影中的特技飞行	(19)
二 控制论是怎么回事	(21)
1 从“歧路亡羊”说起	(21)
2 对诗和鹰抓鼠	(23)
3 开锁和随机控制	(24)
4 曹冲称象和共轭控制	(26)

5	庄子观鱼和信息量	(28)
6	纪昌学箭和血压控制	(30)
7	讨论小花猫是动物	(32)
8	从运动会团体操到系统研究	(34)
9	用数字传送声音和图像	(36)
10	模糊家电的奇特本领	(38)

三	自动化装置的“五官”	(40)
1	小狗花猫欢欢叫	(40)
2	使盲人重见光明的电子眼	(42)
3	嗅觉灵敏的电子鼻	(44)
4	以假乱真的电子喉	(46)
5	得心应手的肌电手	(48)
6	自动开关大门的电眼	(51)
7	奇妙的人体“钥匙”	(53)
8	模拟自然风的电扇	(54)
9	自动烧饭的电饭煲	(56)
10	投币电话和自动售货机	(58)
11	商厦的自动“消防队”	(60)
12	控制灵活的自感应灯	(62)
13	高速公路的电子收费	(64)
14	“察颜观色”的传感器	(66)
15	让生物细胞充当耳目	(68)
16	奇妙的声音宝盒	(69)
17	真伪难辨的仿真女“模特”	(71)

18	有生命的建筑	(73)
19	给机器配个听话的“耳朵”	(75)
20	用眼睛控制机器	(77)

四 机器人朋友 (80)

(一) 生产线旁的机器人 (80)

1	走上生产线的工业机器人	(80)
2	优秀“电焊工”	(82)
3	装配机器人	(84)
4	机器人质量标兵	(85)
5	运输和装卸“大力士”	(87)
6	勇闯核阵的机器人	(89)
7	仿人型机器人	(91)
8	无人工厂	(93)

(二) 机器人来到我们中间 (95)

1	服务机器人	(95)
2	指挥交通的机器人	(97)
3	为你指路解难的机器人警察	(98)
4	得力的“秘书”	(100)
5	机器人外科医师和护士	(102)
6	闯入家庭的“方便您”	(104)
7	进入家庭的机器厨师	(106)
8	按摩机器人	(107)
9	机器人子女	(109)
10	教育机器人	(111)

(三) 多才多艺的机器人	(113)
1 机器人棋手	(113)
2 机器家庭教师	(116)
3 机器医生	(117)
4 机器人当翻译	(120)
5 机器农艺师	(121)
6 机器教练	(124)
7 乒乓球机器人	(125)
8 娱乐机器人	(127)
9 机器人艺术家	(130)

五 军用机器人..... (132)

(一) 钢铁战士..... (132)

1 机器人侦察兵	(132)
2 机器人巡逻兵	(134)
3 机器人炮兵	(136)
4 扫雷机器人	(138)
5 反坦克机器人	(140)
6 排除爆炸物的机器人	(142)
7 驮载货物的机器人	(144)
8 机器人坦克	(146)
9 机器人地雷	(148)
10 机器人警察	(150)

(二) 入海擒龙的机器人..... (152)

1 打捞氢弹的“勇士”	(152)
-------------------	-------

2	潜水机器人	(154)
3	远涉重洋的自主式机器人	(156)
4	机器人水雷	(158)
5	机器人扫雷艇	(160)
6	机器人舰艇	(162)
7	机器人潜水艇	(164)
8	航空母舰上的放飞机器人	(166)
(三)	会飞的机器人	(168)
1	从天而降的“杀手”	(168)
2	神秘莫测的无人机	(170)
3	空中斗法的“变形金刚”	(172)
4	“飞毛腿”的空中克星	(174)
5	机器人炸弹	(176)
6	“飞行花生”机器人	(178)
7	飞碟式机器人	(180)
8	空间机器人	(182)
9	派往火星的机器人	(185)

— 自动化技术早已开始

(一) 中国古代的自动装置

1 自动控制机——指南车

关于指南车，曾有过动人的传说。相传在四千多年以前，我国南方有个九黎部族。有一年，他们的首领蚩尤带领部族进入中部地区，与炎帝族发生了冲突。于是，炎帝族和黄帝族联合起来，在涿鹿同九黎族进行了一次激烈的战斗。蚩尤使用魔法，造出漫天的大雾，把黄帝和他的军队团团围在里面。正当黄帝愁眉不展、万分焦急的时候，一个叫风后的臣子做了一辆指南车。有了指南车的引导，黄帝统帅的军队冲破重重迷雾，终于战胜了蚩尤。

其实，这只是一个神话故事。指南车虽然也是一种指示方向的工具，可是它的制造方法和原理，跟指南针是风马牛不相及的。

根据历史记载，东汉时期杰出的科学家张衡发明过指南车，可是他的制造方法不久就失传了。到了三国时，有个叫马钧的发明家，重新造出了指南车。这种车的体积相当大，长和高分别为 2.54 米、宽 2.19 米，要用马拉着

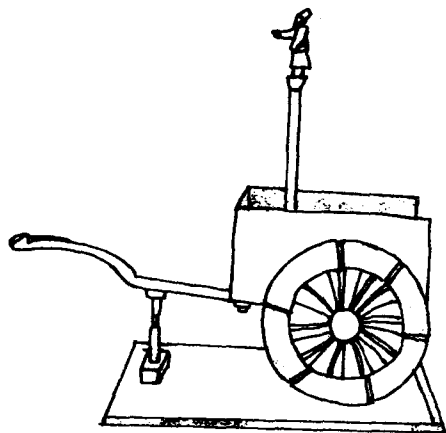
走。车上装有一个木头做的“仙人”，无论车子怎样改变方向，“仙人”总是面向南方，右手臂也指向南方。即使道路是圆形的，“仙人”也会随着自动调整，指向南方。

这是怎么回事呢？难道那个木头人的手臂里装有磁铁吗？不是的，指南车和磁铁没有一点关系。原来，指南车的车箱里装着非常巧妙而复杂的机械。它的中央有一个大平轮，木头人就竖立在上面。在大平轮两旁，装着很多小齿轮。如果车子向左转，右边的车轮就会带动小齿轮，小齿轮再带动大平轮，使大平轮相反地向右转。如果车子向右转，同样地，大平轮则向左转。因此，只要指南车开动以前，先让木头人的右手指向南方，以后车子不论是向左转还是向右转，木头人的右手就总是指向南方。

指南车是利用齿轮的原理造成的。这种齿轮传动类似现代汽车用的差动齿轮，相当于汽车中差动齿轮的逆向使用原理。今天，差动齿轮用作传输动力，带动车轮而使车辆运动。而用马拉的指南车，则是由车轮传输动力，通过差动齿轮带动大平轮，不断调整木头人所指的方向，使它的手总是指向南方。我国在东汉时期，就能在机械工程上利用当今差动齿轮的功能，创造出这样奇妙的指南车，真是一件了不起的事。这种指南车，可以说是世界上最早的自动化设备。

张衡、马钧以后，我国又有一些科学家造出指南车，史书上都有记载。比如宋仁宗天圣五年（公元1027年），有个燕肃，就造出过指南车。过了80年，又有个吴德仁，也同样造出过指南车。现在，北京中国历史博物馆里陈列

着一辆指南车，就是根据史书上记载的方法仿制的。



指南车

2 滴水计时的水时钟

中国古代有许多种计时仪器，有测日影计时的圭表、日晷，有用滴水计时的漏刻，用燃香计时的香漏，用漏沙计时的沙漏等。其中漏刻的计时装置，可称得上是自动控制的先驱。

漏刻计时是由漏壶水面的高低，通过箭刻的刻度来标示时间。也有叫做“铜壶滴漏”或“漏刻”的。它大约起源于新石器时代晚期。最简单的漏刻是两只盛水的壶，一只在上，一只在下。上面的水壶底部边缘开有一个小孔，下面一只壶内装一直立浮标，标有时间刻度。当上面壶中的水流入下面水壶时，水逐步升高，浮标也随之上升，这样便显示出时间。这种漏刻就是水时钟。

然而，这种漏刻有两个缺点。一是水壶容积有限，用不了多长时间就得加水，而一加水就得重新校准箭刻的刻度。二是水的压力作用，水多压力大，漏水快；水少压力小，漏水慢。因此，计时刻度很难准确采用不等距的刻法。后来，人们对漏壶作了改进，制造了“复壶”计时。

复壶就是多级漏壶的意思。我国有一种用4只铜壶的漏刻，由上而下，逐级排列。上面3只壶底都有小孔，第一级漏壶中的水漏入下一级，下一级再顺序漏下。这样，只要让各级的水位固定，第三级的水位就可保持不变，使滴入受水壶的漏水速度均匀，达到准确计时的目的。

到了宋代，复壶漏刻又有了重要发展。在1030年，有个叫燕肃的人，制造出一种叫“莲花漏刻”的新水钟。这种新的水时钟，采用唐代吕才用虹吸管代替滴水的方法。它的各级漏壶直至受水壶都用虹吸管分段连通，通过虹吸作用，把水一级一级向下，引入受水壶，漏水的速度就很均匀了。另外，他还发明了分水壶。就是在最下一级注水壶的某一固定水位开一小孔，用竹筒引入分水壶。这样，只要最下一级注水壶的水位一超过固定水位，多余的水就会自动流入分水壶中，保证了最下一级注水壶的水位和水压的稳定。

上述情况说明，早在一千多年前的东汉时期，我国制的水时钟已经应用漏壶来控制滴水。这种控制水量的方法，实际上已经应用了现代自动控制技术最重要的“反馈控制”原理。到了九百多年前的宋代，自动控制的方法又有了重大改进，它的设计思想确实是高超的。

中国的水时钟——漏刻，一直应用到公元 1500 年前的明代。后来，由于钟表的发明和发展，其用途逐渐衰微。但在很长的历史时期内，漏刻一直是世界上最精确的自动计时器。有人研究指出，至迟在公元前的西汉中期，中国漏刻的计时精确度就高于 14 世纪欧洲的机械钟。东汉以后，中国漏刻的误差，大都在一天 1 分钟以内，很多只有二十秒左右。而欧洲直到 18 世纪把直进式擒纵机构应用到机械摆上，机械钟的精度才达到日误差几秒，开始超过漏刻。

3 候风地动仪

我国历史上曾多次遭受地震的灾难，最大的一次是 1556 年 2 月 2 日大地震，受灾面积达三个省，有 80 多万人丧生。许多世纪以来，历次大地震在史书上都有详细记载，这同我国古代对地震探测器的研究有关。

公元 132 年，汉朝有个科学家叫张衡，他发明了一种仪器，能知道什么时候、在哪里发生了地震。只要哪个方向发生了地震，仪器上那个方向的龙口就张开，龙口中的小铜球就落入下方蟾蜍口中而发出响声。最初，大臣们议论纷纷，不相信他发明的这台仪器会有作用。公元 138 年的一天，那架仪器朝西方向的龙口突然张开，一个小铜球落入蟾蜍口中，这说明在西边发生了地震。当时洛阳并没有人感到震动，于是满朝文武更是七嘴八舌，说张衡的那架仪器是骗人的。但过不多久，地处西边的陇西地方官府奏报来到，称那里发生了一次强烈地震。从此以后，人们

对张衡的那架仪器十分信服。洛阳距震中约 700 公里，仪器能够感应出这次地震，说明它的灵敏度很高。史籍中也称其“验之以事，合契若神”。

张衡发明的那架仪器是世界上第一架地震仪，叫候风地动仪。这架地动仪全部由青铜精心浇铸而成，外形像一只凸肚大酒樽。容器外表用山、龟、鸟、兽和古代文字装饰。中部上方四周铸有 8 条龙，龙头垂直向下翘着，对准东、南、西、北、东南、东北、西南、西北 8 个方向，嘴里含着一颗青铜球。在对着龙嘴的地上蹲着 8 个铜蟾蜍，仰着头，张着大嘴，准备接住落下的铜球。

那么，地震怎样控制铜球的掉落呢？它的“机关”就是容器正中立着的大铜柱，张衡称它为“都柱”。都柱上粗下细，在接受到地震产生的地震波后，就向波源方向倾倒。都柱周围架有 8 条通道，8 条通道的 8 个连杆，一端靠近都柱，另一端分别连着 8 个龙头中的机械装置。当地震波从哪个方向传来时，都柱就会倒向那个方向的通道，再通过连杆触发龙口中的“机关”，使龙嘴张开，铜球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。

候风地动仪虽然只能测知地震震中发生的大概方位，但作为测量地震的自动化装置却是一项了不起的发明。后世有不少记载和论述地动仪的著作；一些外国科学家也高度评价这项创造及其广泛影响，对地动仪进行研究和复原。有人认为，地动仪里“都柱”的构造设计原理，可能在隋、唐时期传到过波斯和日本，成为我国早期输出的自

自动化技术。

4 水运仪象台——天文钟

大约在公元 725 年，我国就创造出一种能连续不断地与地球同步运转的装置。它靠水力驱动而不断旋转，人坐在屋里，便能从这个装置上看到天体运行的情况。在这个装置的地平线上装有两个木头人，一个每到一刻就自动击一下鼓；另一个则每隔一个时辰敲一下钟。这就是世界上最早的天文钟。因为以水为动力，所以又称“水运浑天仪”。

1088 年，宋代著名的政治家、科学家苏颂主持创制了一架“水运仪象台”，把天文钟又向前大大推进了一步。这是一座形状奇特的木构建筑物，上狭下宽，国外称它为“苏钟”。“苏钟”总高约十二米，底宽约七米，共分 3 层：上层为台顶平台，装有一架浑天仪；中层为密室，放置浑象；下层为 5 层结构的楼阁式报时系统。所有机构靠一个水力驱动系统驱动。包括提水机构、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，来驱动枢轮运转。枢轮直径约 3.5 米，由重力和顶部附设的一组杠杆装置来控制枢轮定时转动，及转动一个固定的距离，相当于近代机械表中的“擒纵器”。

5 层木楼阁式报时系统是多功能全自动的报时装置。它的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，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，随着轮子的转动，木人按时在木阁门前出现，表示一天 12 个时辰的时初、时正，相当于现在的 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，直径约 1.5 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符。

浑天仪亦经过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。

整座水运仪象台集观测、演示、计时等功能于一体，结构精密、巧妙，标志着中国古代自动化技术的高超水平。

5 记里鼓车

出租车上有个计价器，它根据安装在轮轴上的传感器感知车轮的转速，通过电子装置自动计算车行驶的里程，再换算成车费。所以，计价器也叫计程器。然而，还在公

元前的西汉时期，我国就已制造出一种自动计算道路里程的车。汉代刘歆的《西京杂记》中记载：“汉朝輿驾祠甘泉汾阳……记道车，驾四，中道。”可见这种计算道路里程的车的发明，不会迟于西汉时期。到后来，因为加了行一里路打一下鼓的装置，就把这种“记道车”改名为“记里鼓车”。

记里鼓车是作为古代皇帝出行时仪仗队的专用车辆而设计的，大约在晋代或晋代以前就已发明。皇帝出行时，仪仗队里有一辆红色记里鼓车开路。记里鼓车车身分两层，四面画有花鸟，用镂拱做成围栏。车轴正中竖一杆大秀伞，伞下装有一红色腰形圆鼓。车行一里路，上层的木人便击一下鼓；车行十里，第二层的木人则击一下铜环。车头做成凤头，远看过去，整辆记里鼓车犹如一只开屏的凤凰。

记里鼓车实际上是我国古代发明的自动化机械之一。它的记程功能由一套齿轮装置来完成。车中这套减速齿轮装置，始终与车轮同时转动，其中最末一只齿轮轴在车行一里时正好回转一周。通过机械传动的原理，自动控制车子上层的木人击鼓一次，报示里程。至于“十里击镯”的计程，同击鼓计里的机械原理大同小异，只是这一套减速齿轮装置的传动速度不一样，它的最末一只齿轮轴在车行10里时正好回转一周，因此“十里一击镯”。

公元417年，刘裕率军队打败晋军，将缴获的记里鼓车运回建康（南京）。后宋太祖平定三秦时将其缴获。宋仁宗天圣五年（1027年），内侍卢道隆又造记里鼓车。后