

JINPINGGUO WENKU

主编/卞毓麟



金苹果文库

吕学诗

进化中的机器人



江苏教育出版社
JIANGSU EDUCATION PUBLISHING HOUSE



金苹果文库

主编 卞毓麟

进化中的机器人

吕学诗 著



图书在版编目(CIP)数据

进化中的机器人/吕学诗著. —南京: 江苏教育出版社, 2003. 12

(金苹果文库)

ISBN 7 - 5343 - 5298 - 3

I. 进... II. 吕... III. 机器人-基本知识
IV. TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 121505 号

作者题词

衷心期望阅读本书的青少年朋友中
能涌现出未来的开发机器人和机器人脑
的精英！



吕学诗

吕学诗,1936年6月生,祖籍浙江吴兴。1957年毕业于中国矿业学院,历任上海工业大学精密机械研究室主任和华东化工学院、上海海运学院研究生导师,国际工业机器人讨论会协调委员会委员、自动控制组执行主席,联合国教科文组织“国际信息联盟”(IFIP)主席团成员,英国剑桥大学《机器人》杂志编委等职。现任红壹佰电脑制造有限公司董事长、总裁,上海市人工智能促进会副理事长,上海浦东新区“博士后工作站红壹佰分站”博士后导师,中国矿业大学教授。

曾完成显像管锥屏烧结机器人、液氮驱动多晶态金属轧制机器人、高真空镀膜机以及智能化煤气计量表等研究项目,并在国内外先后发表了《机器人上肢运动的“人工脑”模拟控制》、《轻质隧道式炉窑自动控制的数学模型》、《中医智能辨证诊断系统》等论文,计80余篇,并出版了《工业机器人》等书籍、讲义计7部。

主编的话

世纪之交,果园飘香,灿烂的阳光下,百万只“金苹果”挂满枝头。面对此情此景,你将有何感受?

这片果园,展现在中国的科普田野上;这每一只“金苹果”,就是我们这套《金苹果文库》的一册书。

《金苹果文库》列入国家重点图书出版规划后,编写出版工作进展顺利。全部5辑共50种图书,按每辑10种依次出版。前4辑40种出版后,至今已累计印行90万册,让全国数以百万计的读者品尝到了它们的芳香与甜美。现在,随着第5辑10种正式付印,“金苹果”的产量也真的上了百万。

我们在第1、2辑《主编的话》中说过,科学的发展是一代又一代富有献身精神的人不断努力、不断拼搏的结果。对此,科学巨匠牛顿有一句广泛流传的名言:“如果我比别人看得远些,那是因为我站在巨人们的肩上。”

从牛顿的时代至今的三个多世纪中,科学发展越来越迅速,也越来越复杂,所以科学家、科学教育家们就有义务向社会公众,特别是向青少年们尽可能通俗地宣传普及科学精神、科学思想、科学方法和科学知识,这就是我们主编这套《金苹果文库》的宗旨。

“金苹果”首先是为青少年朋友编写的,具有初中文化程度的读者基本上就可以看懂。当然,它们一定同样会受到渴

求加深了解科学技术的成年读者的青睐。“金苹果”的作者们有一个共同的心愿,那就是使读者充分体验到,阅读科学书籍实在是一种妙不可言的美的享受。

几年来的事实已表明,“金苹果”很受读者欢迎,先期出版的第1、2、3辑已经多次获奖。例如,第3辑获第12届中国图书奖、江苏省第4届“五个一工程”图书奖,第1、2辑均被评为全国优秀畅销书、获华东地区优秀教育图书奖,第1辑获江苏省优秀图书一等奖。在许多地方,“金苹果”还被教育、科技部门推荐给广大中小學生,成为他们喜爱的课外读物。

“金苹果”为什么会取得成功?原因很多,其中有一条很值得一提,那就是我们组建了一支很优秀的作者队伍。这些作者大多获得过中国科普作家协会的表彰,而且有丰富的科研经验,这就为科普作品的科学性、新颖性和深刻性提供了有力的保证。同时,他们也了解中国读者对科普的需求,熟悉中国读者的阅读习惯和思维方式,他们乐意尽力用自己的智慧和笔墨,和读者一同赏析蕴藏在真实的科学精神、科学思想、科学方法和科学知识中的永恒魅力和无穷乐趣。

“金苹果”在选择作者和确定选题时,突破了严格按学科分类和强调覆盖主要学科门类的思维模式,而是先确保作者队伍的“整齐”,再由作者提出最“拿手”的选题,从而确保整套丛书的质量,突显丛书的特色。我想,这样培育出来的“金苹果”,大概是很难“克隆”的吧。

培育“金苹果”的历程,是一次“集结中国优秀科普作家队伍,展现中国优秀原创科普成果”的过程。如今,随着“金苹果”第5辑的问世,编辑出版这套文库的任务算是圆满完成了。然而,“金苹果”的生命力仍将与时俱增,为此,我们再次诚恳地请读者朋友将品尝“金苹果”的感受告诉我们,帮助我们不断地总结经验教训,不断地开拓进取,不断地为我国的科

普事业提供更加美好的新作品。

对我本人而言,和众多的作者、编者、读者一起,共同培育我们的“金苹果”,实在是一段非常值得回忆的美好经历。亲爱的朋友们,我衷心地期待着:有朝一日,在祖国的科普田野上,在一片新的果园中,我们大家再次来相聚。

卞毓麟

2003年8月31日

目 录

- 1 我与科学世界
- 3 引 子
- 5 人类长年来编织的梦想
 - 一百年前机械世界里的人、兽、禽(5) 机器人世界杯足球赛(10) 古人类幻想的激活(14)
- 17 工业机器人在全球崛起
 - “站立不动”的工业机器人(18) 组合式工业机器人(20) 移动式机器人与自动仓库的诞生(24) 机器人繁衍后代的地方(27)
- 33 机器人的驱动
 - 电力驱动——太平洋底奇景揭秘(34) 微机电系统驱动——直径1毫米的电动机(38) 液压驱动——开山凿岩“大力神”(40) 气压驱动——毒雾中的“人”(41) 仿生肌肉(43)
- 45 机器人的行为控制
 - 还魂之作——从机器人的“喉”及其“作曲”说起(45) 机器人的“五官”——外部信息传感器(49) 机器人如何有“自知”之明——内部信息传感器(56)

- 59 类人型机器人与仿真动物
惟妙惟肖的机器人(59) 两足步行机器人之父
(63) “皮诺”及其伙伴们(69) 仿真动物与动物
功能的模拟(73)
- 77 关于海洋深处机器人的三个故事
帕罗麦利斯氢弹失踪案(77) 法摩由斯计划
(86) 超级“蛙人”特里斯脱(92)
- 98 机器人大显身手
机器人钻进人体内开刀(98) 核反应堆里的机
器人(101) 太空使者(103) “陕—京”千里管线
排障——管道机器人(106) 移动式机器人独闯
火场(108) 出自中国的机器人计费系统(109)
超能“秘书”(111) 潜能无限的微机器人(115)
- 119 机器人“脑”的进化
机器人“脑”的烦恼与EDVAC的消亡(119) 人脑
的非“EDVAC”化(120) “软仿生人工脑”的提出
(122) 新一代“脑”——并行加工计算机(123)
纳米电脑(126) 超越硅芯片的物理极限(127)
- 133 风华正茂的中国机器人
汽车业机器人(134) 出口韩国的中国“喀美”
(137) 类人型机器人(138) 辉煌的一笔——水
下机器人(140) 万人丛中觅疑凶(150) 活体指
纹识别(152) 生物医学微操作机器人(153)
- 156 沟通人与机器人
人机对话及其由来(156) 真正的人机对话(163)
能“听”懂汉语的电脑(167) 危险信号的交流
(169) 沟通语言障碍的翻译机器人(171)

176 机器人能改变人类吗

越来越像人类的机器人(176) 人类能改造到何种程度(179) 人机共存时代的出现(183) 不允许制造人(191) 机器人不会有意识吗(194)

我与科学世界

念小学的吕濛霏是我的孙女，聪明伶俐，求知欲强，十分可爱。孙女见我总要叫我讲故事。不管是什么故事，她总是百听不厌。尤其对科学故事，濛霏更是瞪大了眼睛听得十分出神。可惜做爷爷的我，实在太忙、太忙，能满足她愿望的时候少之又少。久而久之，就觉得欠了她很多“情”。

2000年11月，承蒙江苏教育出版社的喻纬先生登门拜访，约我为《金苹果文库》第五辑写本有关机器人的书。当时确实犹豫了一阵，因为自己尽管年逾花甲，但尚未“解甲归田”：一方面尚在为我国和上海电脑制造业的民族振兴竭尽微绵之力；同时，还在带博士后研究生，确实忙得不可开交。当喻纬先生获知其中所带的一位博士后的课题，即是“宽网传输语音控制外科手术机器人”时，笑容更加灿烂，便极力敦促我为全国初中文化以上的读者写出一本集知识性、趣味性，能雅俗共赏的有关机器人的科普书。书稿就如此在2000年底约定了。书是否真能雅俗共赏，笔者实在不敢妄言，但是为了祖国未来的栋梁，为了自小培养他们热爱科学、热爱知识、热爱祖国、热爱劳动的优秀品德，我愿挑灯伏案，奋笔疾书，向他（她）们献上一份薄礼，之中也包含了对濛霏“补偿”。但终究下笔匆促，难免有许多力不从心之处，还望读者见谅。

顺便讲个小故事：20世纪70年代末，我还在上海工业大

学任教。因从事上海市科委下达的“机器人上肢运动的仿生人工脑模拟控制”课题的计算,十分庞杂,必须使用计算机。当时能提供给使用的计算机体积很大,安装在一间 30 平方米的屋子里,输入需靠带子穿孔,因此工作量大,效率也低,又时值春节……好在其时“四人帮”垮台不久,知识分子深感春天的降临,因此工作热情很高,计算机房破例开放,我们终于及时地完成了上机工作,得以将论文按时寄往“国际工业机器人讨论会”,在 1981 年 10 月世界“机器人”最高学术研讨会上发表,我还被选为该国际组织的主席团成员和控制分会执行主席。当时我曾萌生过一个梦想:何时也能生产出与外国一样精巧的计算机该有多好?谁知事过 20 余年,竟梦想成真。在上海市委、市政府的支持下,上海的第一品牌电脑——“红壹佰”C166 微型计算机于 1997 年五一节前面市,现任国务委员的陈至立同志发来了亲笔签名贺信;《解放日报》购置了“红壹佰”第一台产品;现政治局委员、上海市委书记陈良宇同志 1998 年亲自接见了作者,并视察了“红壹佰”生产的计算机系列产品。此后“红壹佰”多 CPU 电脑、新型手写中文输入键盘、IPV“三网融合”电脑、红樱桃系列超小型笔记本电脑、社区的家庭智能化设施、DAR 数据自动保存系统计算机、随身电脑(HPC)以及无线局域网、红壹佰多网段远程引导的 H-PXE 无盘网络系统等十余项达到国际先进水平的新技术、新产品亮相于各届“国际工业博览会”上。

因此我也想借此机会,谨祝阅读本书的青少年朋友们,在建设祖国、发展经济的未来岁月里,发奋学习,努力向上,若其中涌现出一些享誉海内外的研究、开发机器人和机器人脑(计算机)的精英,岂止作者喜悦,实乃国家和人类之大幸!

引子

自 20 世纪 60 年代初,现代工业机器人“尤尼曼特”和“沃沙特兰”在美国诞生以来,至 20 世纪 70 年代,工业机器人在世界各地得到了广泛的应用。应用范围也已由机械、电子、轻工、纺织、石油、汽车、食品、化工、医药、建筑、电力等生产领域,拓展至海洋勘察、航天航空、军事国防、灭火救灾、安全保卫、家政劳务、医疗卫生、体育娱乐等方面。

我国的机器人技术的研究始于 20 世纪 70 年代,但争议颇多,如有人认为“中国人多,不需要发展机器人”,“我国发展经济的当务之急,是解决劳动就业、吃饭,而不是要机器人来代替人”等等。在经历了十多年的徘徊后,进入 20 世纪 90 年代,邓小平的南巡讲话吹绿了大江南北,出现了改革开放的大好形势,从而对我国机器人的研究和开发有了重新的认识,坚信机器人技术和装备是提高我国各行各业的生产水平和效益,加快国民经济建设的发展所必需的。因此在十多年前,许多中国人也许还想像不出机器人究竟为何物,而今各种各样的机器人在众多领域大显身手:在一汽、松辽、上海汇众等汽车制造厂的前梁焊接、底盘装配、喷涂、底板点焊等生产战线上活跃着众多的工业机器人;太平洋 5 300 米深的洋底出现了配备有“机器视觉”和“机械手”的我国水下机器人;列入“863”计划并通过国家鉴定的我国制成的机器人视觉,可以在

一秒钟内,在数万人中准确地辨认出其中的某一人;湖南长沙在 2000 年 10 月 29 日向全球公布了国防科大研制的二足步行机器人“先行者”的诞生;我国东北大学研制的“小胖墩”机器人“牛牛”参加了国际机器人足球锦标赛,并获得了第五名和标准动作测试第一名,获冠军杯……

国外机器人发展同样引人瞩目。2001 年 4 月 7 日美国向火星发射了“奥德赛”火星勘察机器人;一个由机器人生产机器人的工厂在日本诞生;人造“脑”的提出;2000 年德国工程师雷诺·戈兹恩在汉诺威世博会上展出了一个长不足 4 毫米、宽不足 0.5 毫米的微机器人,这种“微机器人”可直接进入人体,其不断完善和它的前瞻潜力,将具备识别和修缮人体基因的本领,或可被用于进入血管内清除血栓;甚至可将药物直接作用于体内病灶,最终达到治疗、改善体质、强身祛病的目的。

更因智能机器人技术的发展,医学和分子生物学、“组织工程”的各种人造器官的发明和应用,就有了被人称作“机脏人”和“人机共存”时代的出现,也使学术界对机器人和人类、生命、“死亡”概念以及今后的社会预测引起热烈的争论。

机器人技术在不断发展,随着人类关于机器人的知识和技术的日益丰富和提升,机器人似乎也有着一条类似人类发展的进化过程,让我们沿着这条路一路游历……

人类长年来编织的梦想

一百年前机械世界里的人、兽、禽

固定程序机器人的早期雏形——“女骑手”和“铁匠”

一个英姿飒爽的姑娘，身披天蓝色的披肩，威武地坐在一匹红棕色的烈马上，坐骑生风，呼啸而过。突然马前出现一根栏杆，骑在疾驰骏马上的姑娘眼看即将撞在栏杆上。千钧一发之际，姑娘突然纵身一跃，飞过了栏杆，重新落到疾驰的马背上，观众无不拍手叫绝！这是英国布里塔因父子在 1900 年制作的一具机械小玩偶——女骑手。

这具颇有趣的机械小玩偶，构思巧妙，结构简单。马和女骑手分别通过杆子与基座上的一根中心轴传动旋转。当中心轴转动时，马和女骑手飞快地绕轴旋转。由于连接女骑手的杆子和中心轴之间是用销子连接的，因此，它除了绕中心轴旋转外，还会沿着销子上下移动。当马和女骑手靠近栏杆时，基座上的一只固定凸轮将连接女骑手的杆子抬起，使女骑手越过栏杆，然后又重新落在马背上。

在此之前的 1791 年，德国的德劳泽设计了一具名叫铁匠

的玩偶。在一间铁铺里，一名司炉工管着火苗熊熊的锻铁炉。两名头戴红帽子的打铁匠，面带喜悦，摇头晃脑，举锤锻打处死犯人的断头台。

铁铺的背后暗藏着它的全部机关：一个盛沙的漏斗，当需要它们“干活”的时候，只需抓起一把沙子，投入漏斗内，依靠漏出的沙子推动一只轮子旋转，通过减速齿轮，带动一些杠杆，使转动变成往复摆动，从而使三名玩偶的手、头做出不同的动作。例如，铁匠的打铁动作，便是通过一套四连杆机构将转动变成往复摆动，使铁匠握锤的手不停地敲打锻件。

可程序工业机器人的嫡系祖宗——绘画小丑

1895年，德国著名的机械师菲利普·维尔梅脱尔，制成



绘画小丑

了一具令人惊讶的会绘画的机械小玩偶——绘画小丑。玩偶小丑戴着一顶小帽子，身穿一条镶红条的长裤和大红色的坎肩，左手握一支笔，坐在画板前面，镇定自若地在作画。不一会，在它笔下，勾勒出一幅德国首相俾斯麦的头像。它不仅能画俾斯麦，而且还能把拿破仑和英国的维多利亚女王等名人的头像画出来。人们对它高超

的绘画本领惊叹不已。

然而，将绘画小丑的底座翻转过来，它的全部秘密就一览无遗了。原来，它靠手摇发条提供的动力，使一只双面凸轮旋转，再通过一套杆件来控制绘画小丑的左手，使左手手中的笔上下、左右移动。双面凸轮的一面控制手的上下移动，另一面控

制手的左右移动,在画板上绘出的头像便是这两种运动合成的轨迹。调换不同的双面凸轮,它就可以绘制出不同人物的头像。它的原理同今天先进的可编程序工业机器人没有什么两样,所不同的,前者是用机械方法来实现自动控制,后者则是用了电子技术,因此,有人称它为可编程序工业机器人的嫡系祖宗。

仿真动物的楷模——小鸟

1913年圣诞节,许多美国人被一件新玩意儿搞得欣喜若狂。它是一只会唱歌的“小鸟”,“小鸟”的歌声委婉动听,啾啾迷人。更惹人兴奋的是,歌唱时,它的尾羽会随着鸟喙的张动,欢乐地摇摆舞动。那年圣诞节,这只会唱歌的“小鸟”便成了美国儿童最喜欢的圣诞礼物。



会唱歌的小鸟

那么,这只玩偶小鸟是怎样唱歌的呢?原理很简单。一只外形逼真的小鸟停立在栖木上,空心栖木的中间有一根铁丝与小鸟的喙喙和尾羽相连。栖木的底座上有个卵形水池,水池上连接一个气筒,筒中的活塞和栖木中的铁丝相连。当水池中鼓入空气后,在水中会形成一个个气泡,气泡透过水面,推动水池上方的活塞向上移动,活塞上的铁丝使鸟的喙喙闭合。这样,气泡不断地从水中升起,推动活塞,使小鸟的喙喙张动,尾羽摇动。同时,在水池的出气口里装有一个哨子,当空气从它里面逸出时,便能发出响声,仿佛小鸟在歌唱。