



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

机器人编程 设计与实现

Robot Programming
Design and Implementation



主编 曹琳琳 王绍锋 >>>>>>>>>>



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

机器人编程 设计与实现

Robot Programming
Design and Implementation

① 主 编 曹琳琳 王绍锋
① 副主编 李喜文 崔金香 芦关山



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

内 容 简 介

本书以目前流行的机器人编程语言 roboBASIC 为基础,主要介绍 roboBASIC 软件、roboBASIC 语言语法,以及 MF 机器人编程设计等相关知识。

本书共 7 章,主要包括概论、仿人机器人发展概况、roboBASIC 软件介绍、roboBASIC 语言语法介绍、MF 机器人基本动作程序设计、机器人编程语言、未来机器人。本书通俗易懂、程序设计丰富,能助读者独立完成程序编写。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)在线浏览,或者发邮件至 hustpeit@163.com 免费索取。

本书可作为普通高等院校计算机、软件、电信、电子、电气、机械、信息工程和机器人相关专业的教材,也可以作为机器人爱好者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机器人编程设计与实现/曹琳琳,王绍锋主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.3

应用型本科信息大类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-2682-6

I. ①机… II. ①曹… ②王… III. ①机器人-程序设计-高等学校-教材 IV. ①TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 054917 号

机器人编程设计与实现

Jiqiren Biancheng Sheji yu Shixian

曹琳琳 王绍锋 主编

策划编辑:康 序

责任编辑:张 琼

封面设计:抱 子

责任监印:朱 玢

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武汉市东湖新技术开发区华工科技园

电话:(027)81321913

邮编:430223

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11.25

字 数:278 千字

版 次:2017 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:35.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

PREFACE

机器人产业涉及机器人研发、结构件生产、机器人单体制造、系统集成和售后服务及应用领域等多维度内容,且全球机器人产业发展迅速,我国机器人产业发展也呈现出强劲态势,迫切需要大量综合素质高的专业人才。为顺应市场发展要求,近年来很多高等院校的不同专业纷纷开设机器人的相关课程,培养适应产业发展需求的人才。相应地,机器人技术及编程等相关教材建设也同步推进。

本书共7章,主要包括概论、仿人机器人发展概况、roboBASIC 软件介绍、roboBASIC 语言语法介绍、MF 机器人基本动作程序设计、机器人编程语言、未来机器人等。

roboBASIC 语言是用于控制机器人动作的专门语言,相对于其他类型的语言更简单,因此机器人编程爱好者和普通高等院校初学机器人技术及编程的学生特别适合选用 roboBASIC 软件来编程。本书采用由浅入深、循序渐进的方法,结合大量实例,详细介绍 roboBASIC 软件、roboBASIC 语言语法及 MF 机器人基本动作程序设计,让读者能够直观、系统地了解相关知识,并将所学的知识尽快地运用于实践。

本书由哈尔滨远东理工学院曹琳琳、王绍锋任主编,由黑龙江省民政职业技术学院李喜文、哈尔滨远东理工学院崔金香及芦关山任副主编,具体分工如下:第1章由李喜文编写,第2章和第7章由崔金香编写,第3章由芦关山编写,第4章由王绍锋编写,第5章和第6章由曹琳琳编写,马丽华、郑立平、刘丽娜也参与了本书的编写工作。全书由曹琳琳统稿。

为了方便教学,本书还配有电子课件等教学资源包,任课教师和学生可以登录“我们爱读书”网(www.ibook4us.com)在线浏览,或者发邮件至 hustpeiit@163.com 免费索取。

由于水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请广大读者批评指正,特此为谢。

编者

2016年12月

目 录

CONTENTS

第 1 章 概论	(1)
1.1 机器人的发展历史	(1)
1.1.1 机器人名字的由来	(1)
1.1.2 国内机器人发展历史	(2)
1.1.3 国外机器人发展历史	(5)
1.2 机器人的定义	(18)
1.2.1 机器人的概念	(18)
1.2.2 新一代机器人的特征	(19)
1.3 机器人的分类	(20)
1.3.1 按国家标准分类	(20)
1.3.2 按机器人发展时期分类	(20)
1.3.3 按几何结构分类	(21)
1.3.4 按机器人的控制方式分类	(21)
1.3.5 按机器人的驱动方式分类	(22)
1.3.6 按机器人的用途分类	(22)
第 2 章 仿人机器人发展概况	(26)
2.1 仿人机器人的定义	(26)
2.1.1 仿人机器人的概念	(26)
2.1.2 仿人机器人的研究重点	(27)
2.2 仿人机器人发展概述	(28)
2.2.1 国外仿人机器人的发展现状	(28)
2.2.2 国内仿人机器人的发展现状	(32)
2.2.3 仿人型竞技娱乐机器人的研究现状	(33)
第 3 章 roboBASIC 软件介绍	(38)
3.1 软件安装及操作界面	(38)
3.1.1 在 Windows 7 系统下安装软件	(38)
3.1.2 在 Windows 10 系统下安装软件	(41)
3.2 roboBASIC v2.80 介绍	(43)
3.2.1 标题栏	(43)
3.2.2 菜单栏	(44)

3.2.3	工具栏	(58)
3.2.4	辅助窗口	(59)
3.2.5	状态栏	(59)
第4章	roboBASIC 语言语法介绍	(60)
4.1	roboBASIC 语法概述	(60)
4.2	roboBASIC 基本语法	(60)
4.2.1	标识符集	(60)
4.2.2	表达式和运算符	(60)
4.2.3	数据变量和常量	(62)
4.2.4	其他语法	(63)
4.3	roboBASIC 命令指令	(64)
4.3.1	roboBASIC 命令声明	(64)
4.3.2	roboBASIC 控制流指令	(65)
4.4	roboBASIC 电机控制指令	(69)
4.5	roboBASIC 语音控制指令	(77)
4.6	roboBASIC 外部通信指令	(80)
第5章	MF 机器人基本动作程序设计	(83)
5.1	MF 仿人机器人介绍	(83)
5.1.1	MF 机器人简介	(83)
5.1.2	MF 机器人硬件结构	(83)
5.1.3	MF 机器人组装步骤	(87)
5.2	仿人机器人基本动作	(97)
5.2.1	站立欢呼的程序设计	(97)
5.2.2	弯腰欢呼的程序设计	(98)
5.2.3	获胜礼仪动作的程序设计	(100)
5.2.4	敬礼动作的程序设计	(101)
5.2.5	倒地后站立的程序设计	(101)
5.2.6	机器人抱抱的程序设计	(103)
5.3	仿人机器人行走动作的程序设计	(105)
5.3.1	向前一步动作的程序设计	(105)
5.3.2	后退一步动作的程序设计	(108)
5.3.3	连续行走的程序设计	(110)
5.4	仿人机器人原地动作的程序设计	(113)
5.4.1	原地踏步动作的程序设计	(113)
5.4.2	向左跨步的程序设计	(115)
5.4.3	向右跨步的程序设计	(116)
5.4.4	原地向左右转动作的程序设计	(117)
5.4.5	飞翔动作的程序设计	(118)
5.4.6	单脚抬起独立动作的程序设计	(121)
5.5	仿人机器人翻滚动作的程序设计	(123)
5.5.1	倒立动作的程序设计	(123)
5.5.2	左右翻滚动作的程序设计	(126)
5.5.3	前后翻滚动作的程序设计	(130)
5.6	复杂动作的程序设计	(134)

5.6.1 单杠运动的程序设计	(134)
5.6.2 斜坡运动的程序设计	(136)
5.6.3 阶梯运动的程序设计	(140)
第6章 机器人编程语言	(146)
6.1 机器人语言系统概述	(146)
6.1.1 机器人语言的特点	(146)
6.1.2 机器人语言系统的结构	(147)
6.1.3 机器人的控制方式	(147)
6.2 机器人编程要求与语言类型	(150)
6.2.1 机器人编程要求	(150)
6.2.2 机器人编程语言类型	(150)
6.3 机器人编程语言的基本功能和发展	(152)
6.3.1 机器人编程语言的基本功能	(152)
6.3.2 机器人编程语言的发展	(153)
6.4 常用机器人编程语言	(153)
6.4.1 AL 语言	(154)
6.4.2 VAL 语言	(156)
6.4.3 IML 语言	(158)
第7章 未来机器人	(159)
7.1 发展趋势	(159)
7.2 仿生机器人	(159)
7.2.1 兽型机器人	(160)
7.2.2 蛇形机器人	(160)
7.2.3 昆虫机器人	(161)
7.2.4 蝎子机器人	(162)
7.2.5 蜗牛机器人	(162)
7.2.6 壁虎机器人	(163)
7.2.7 爬树机器人	(163)
7.3 未来机器人	(164)
7.3.1 自适应机器人	(164)
7.3.2 球形机器人	(165)
7.3.3 微型机器人	(166)
7.3.4 纳米机器人	(167)
7.3.5 无线机器人	(168)
7.4 其他机器人	(169)
7.4.1 太阳能飞机	(169)
7.4.2 超级机器人	(170)
7.4.3 智能广域机器人	(170)
参考文献	(172)

第1章 概论

1.1 机器人的发展历史

1.1.1 机器人名字的由来

1920年捷克作家卡雷尔·卡佩克发表了科幻剧本《罗萨姆的万能机器人》。该剧预告了机器人的发展对人类社会的悲剧性影响,引起了大家的广泛关注,卡佩克把捷克语“robota”写成了“robot”,被当成了机器人一词的起源。在该剧中,机器人按照其主人的命令默默地工作,没有感觉和感情,以呆板的方式从事繁重的劳动。后来,罗萨姆公司取得了成功,使机器人具有了感情,因而机器人的应用部门迅速增加,在工厂生产和家务劳动中,机器人必不可少。机器人发觉人类十分自私和不公正,造反了,并凭借非常优异的体能和智能消灭了人类,但是机器人不知道如何制造它们自己,认为它们自己很快就会灭绝,所以它们开始寻找人类的幸存者,却没能找到。最后,一对感知能力优于其他机器人的男女机器人相爱了,机器人进化为人类,世界又恢复了生机。

卡佩克提出的是机器人的安全、感知和自我繁殖问题。虽然科幻世界只是一种想象,但科学技术的进步很可能引发人类不希望出现的问题,人类社会将可能面临这种现实。

为了防止机器人伤害人类,1942年美国科幻作家艾萨克·阿西莫夫(Isaac Asimov,见图1-1)发表了一篇名为《环舞》(Runaround)的短篇小说,其中提出了“机器人三定律”:

- (1) 机器人不应伤害人类;
- (2) 机器人应遵守人类的命令,与第一条违背的命令除外;
- (3) 机器人应能保护自己,与第一条相抵触者除外。



图 1-1 科幻作家艾萨克·阿西莫夫

机器人学术界一直将这三定律作为机器人开发的准则。

1.1.2 国内机器人发展历史

在大约 3000 年前,中国就发明并制造了极其精巧的机器人。中国古代制造出的各式各样的机器人不仅奇妙精巧,而且用途也很广泛。

据《列子·汤问》记载,周穆王在位时,中国有一位能工巧匠,面见周穆王,说愿意把自己的技艺献给周穆王。周穆王问:“你有什么技艺?”这位能工巧匠说:“这么说吧,您想要什么,我就能给您做出来什么。不过,我今天已经做出一件东西了。您不妨先看看。”周穆王说:“好吧。”过了一会,这位能工巧匠就带着一个“人”来见周穆王。周穆王问他:“你带来的是什么人?”他回答:“禀大王,这不是人,是我做的一个会唱歌跳舞的机器人。”周穆王惊奇地看着它,行走俯仰,和真人一样。摇它的头,它便唱出了符合乐律的歌;捧它的手,它便跳起了符合节拍的舞。你想叫它干什么它就能干什么。这就是这位工匠制造出的逼真的机器人,它能做和人一模一样的动作,如图 1-2 所示。



图 1-2 西周机器人

据《墨子·鲁问》记载“公输子(鲁班)削竹木以为鸢”“三日不下”。鲁班还造了能载人的大木鸢,在战争中担任侦察的任务,木鸢(见图 1-3)的出现充分体现了我国劳动人民的智慧。



图 1-3 木鸢

汉代大科学家张衡发明了记里鼓车(见图 1-4)。据记载,记里鼓车分上下两层,上层设一钟,下层设一鼓,小木人头戴峨冠、身穿锦袍高坐车上。车走十里,木人击鼓一次,当击鼓十次,就击钟一次。

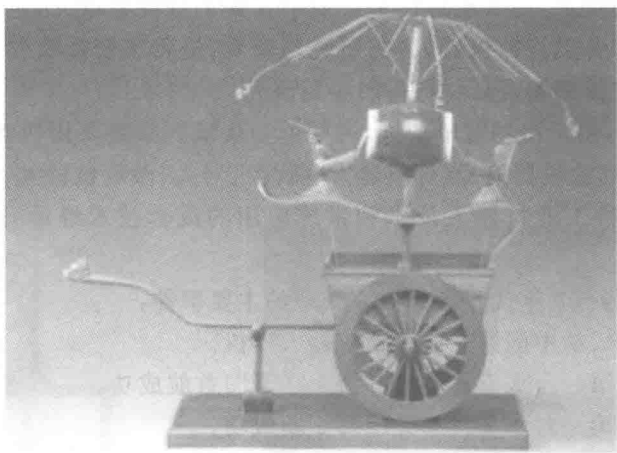


图 1-4 记里鼓车

蜀汉丞相诸葛亮发明了能替人搬东西的机器人——木牛流马(见图 1-5),也就是现代的机器人——步行机。它在结构和功能上相当于今天运输用的工业机器人。

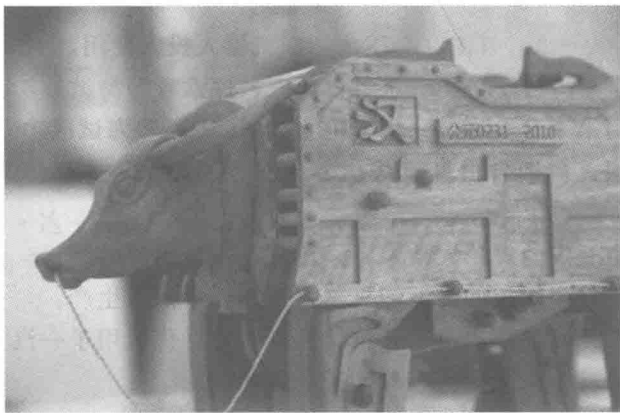


图 1-5 木牛流马

我国工业机器人经历了 20 世纪 70 年代的萌芽期、80 年代的开发期、90 年代的实用化期,后来在步行机器人、精密装配机器人、多自由度关节机器人的研制等国际前沿领域逐步缩小了与世界先进水平的差距。

我国于 1972 年开始研制工业机器人,数十家研究单位和院校分别开发了固定程序、组合式、液压伺服型通用机器人,并开始了机构学、计算机控制和应用技术的研究。

20 世纪 80 年代,国外机器人专家到我国访问和做学术报告,使我国当时的领导人等认识到:机器人不仅能为我国带来巨大的经济效益,促进生产力发展,而且能为我国的宇宙开发、海洋开发、核能利用等新兴领域的发展做出卓越的贡献。为了培养人才和加强国际学术交流,我国当时的领导人安排人员去国外参加机器人年会和进行各种考察活动,积极促进我国机器人技术的发展。20 世纪 80 年代,我国进行了工业机器人基础技术、基础元器件、几类工业机器人整机及应用工程的开发研究,完成了示教再现式工业及其成套技术的开发,研制

出喷涂、弧焊、点焊和搬运等作业机器人整机,开发了几类专用和通用控制系统,制造了几类关键零部件,并经过实际应用考核,其性能指标达到了 20 世纪 80 年代初国外同类产品的水平。

为了跟踪国外高技术,在国家高技术计划中安排了智能机器人(包括水下无缆机器人、多功能装配机器人和各类特种机器人)的研究与开发,进行了智能机器人体系结构、人工智能、机器视觉、高性能传感器及新材料等的应用研究。

20 世纪 90 年代,由于市场竞争加剧,一些企业认识到必须要用机器人等自动化设备来改造传统产业,因此喷涂机器人、点焊机器人、弧焊机器人、搬运机器人、装配机器人及矿山、建筑、管道作业的特种工业机器人技术和系统应用的成套技术继续开发、完善,应用领域扩大。

20 世纪 80 年代到 90 年代我国机器人领域的主要事件:

- (1)1980 年研制成功中国第一台工业机器人样机。
- (2)1985 年中国第一台水下机器人(“海人一号”)首航成功。
- (3)1986 年中国第一台水下机器人深海试验成功。
- (4)1988 年中国第一台中型水下机器人(“瑞康 4 号”)投入使用。
- (5)1989 年水下机器人首次出口美国。
- (6)1990 年中国第一台工业机器人通用控制器研制成功。
- (7)1992 年国产 AGV 第一次应用于柔性生产线。
- (8)1993 年机器人技术国家工程研究中心成立。
- (9)1994 年中国第一台五自由度高压水切割机器人投入使用。
- (10)1994 年中国第一台 1 000 m 水下机器人(“探索者”)海试成功。
- (11)1995 年中国第一台 6 000 m 水下机器人(“CR-01”)海试成功。
- (12)1995 年中国首台四自由度点焊机器人开发成功,第一条点焊机器人生产线投入使用。
- (13)1995 年自主开发的机器人技术——AGV 技术,出口韩国。
- (14)1997 年具有自主版权的高性能机器人控制器小批量生产。
- (15)1997 年自主开发的国内第一条机器人冲压自动化线用于一汽大众生产线。
- (16)1998 年国内首台激光加工机器人开发成功。
- (17)1998 年国内首台浇注机器人用于生产。

我国机器人在各行业中得到了很好的应用。在医学上,大连理工大学张永顺带领团队研制胶囊医疗微型机器人,并实现了机器人在肠道内的垂直游动,实现在肠道内进退自如,实施窥视、诊断,甚至施药、取样,并且不会对肠胃造成损伤,能减轻患者痛苦,缩短患者康复时间,降低医疗费用。在工业中,机器人主要用于汽车及工程机械的喷涂及焊接。据统计,近几年国内厂家所生产的工业机器人有超过一半提供给了汽车行业。其中,焊接机器人在汽车制造业中发挥着不可替代的作用。

目前,我国已经研发出的代表性成果有工业机器人、水下机器人、仿人机器人、空间机器人、飞行机器人、家政机器人等,它们都具有国际先进水平。我国机器人发展水平与发达国家的相比,目前还存在着很大的差距,主要表现为机器人拥有量远远不能满足社会的需求,产业化方面还没有固定和成熟的产品。当前我国的机器人生产和应用都是应用户的要求,“一个客户,一次重新设计”,具有规格多、批量小、零部件通用化程度低、供货周期长、成本高,且质量和可靠性不稳定等特点。

1.1.3 国外机器人发展历史

公元前 1400 年巴比伦人发明了漏壶,这是一种利用水流计量时间的计时器。在后来的好几百年,发明家们不断对漏壶进行改进。在公元前 270 年左右,古希腊发明了一种采用活灵活现的人物造型指针指示时间的水钟(见图 1-6)。

古希腊哲学家亚里士多德(见图 1-7)曾想象过机器人的功用,“如果每一件工具被安排好甚或是自然而然地做那些适合于它们的工作,那么就没必要再有师徒或主奴了”。

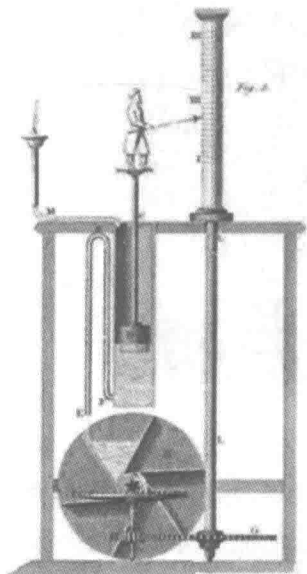


图 1-6 水钟

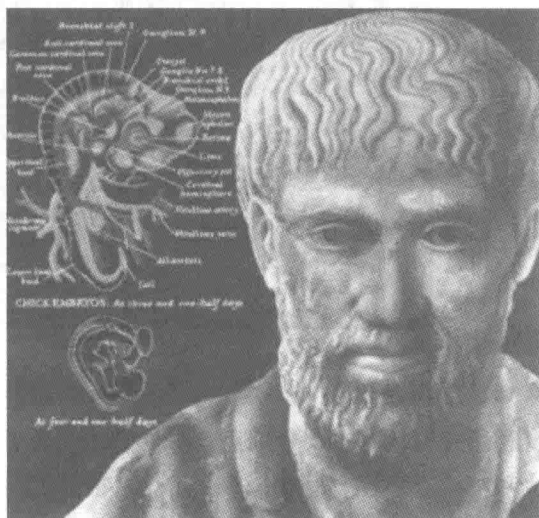


图 1-7 亚里士多德

1495 年莱昂纳多·达·芬奇(Leonardo da Vinci)设计了一种发条骑士(见图 1-8),试图让它能够坐直身子、挥动手臂及移动头部和下巴,但这个机器人是否曾被造出来并不能确定。

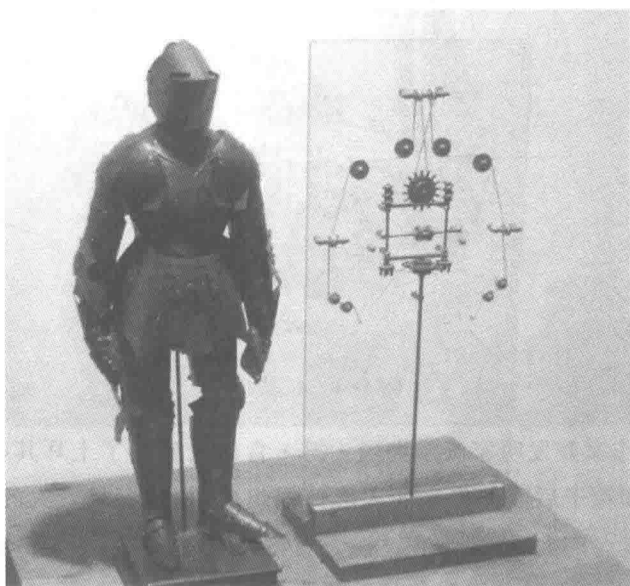


图 1-8 发条骑士

1662年,日本的竹田近江利用钟表技术发明了自动机器玩偶,并在大阪演出。18世纪末通过改进,制造出了端茶玩偶(见图1-9),它是木质的,发条和弹簧则是用鲸鱼须制成的。端茶玩偶双手捧着茶盘,如果把茶杯放在茶盘上,它便会向前走,把茶端给客人,客人取走茶杯后,它会自动停止行走,客人喝完茶后,把茶杯放回茶盘上,它就又转回原来的地方。



图 1-9 端茶玩偶

1738年,法国天才技师杰克·戴·瓦克逊发明了机器鸭,如图1-10所示。它会嘎嘎叫,会游泳和喝水,还会进食和排泄。瓦克逊的本意是把生物的功能加以机械化而进行医学上的分析。

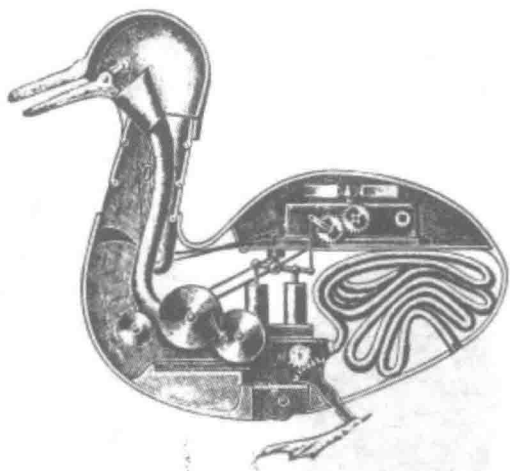


图 1-10 机器鸭

1769年匈牙利作家兼发明家沃尔夫冈·冯·肯佩伦建造了土耳其机器人(见图1-11),它由一个枫木箱子和箱子后面伸出来的人形傀儡组成,傀儡穿着宽大的外衣,并戴着头巾。这台装置诞生后一度名声大噪,因为它被视为能够跟国际象棋高手对弈的机器人,但最终谜底揭开,机器人之所以会下棋是因为箱子里藏着一个人。

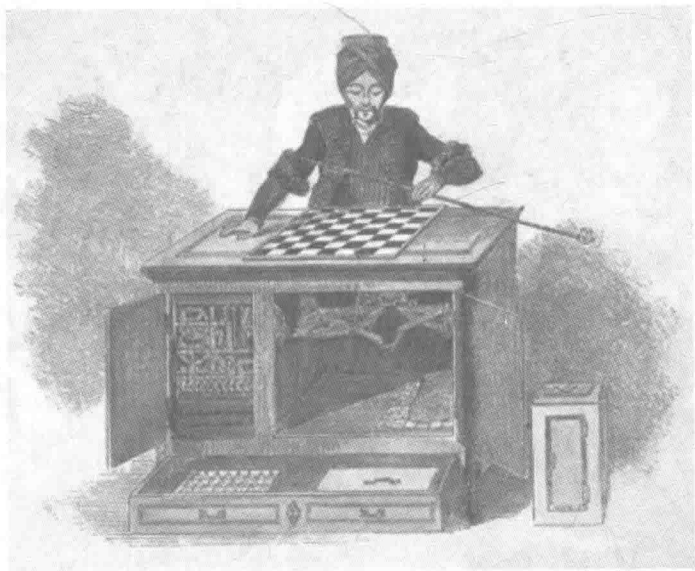


图 1-11 土耳其机器人

杰出的自动玩偶制造者——瑞士的钟表匠杰克·道罗斯和他的儿子利·路易·道罗斯连续推出了自动书写玩偶(见图 1-12)、弹琴机器人(见图 1-13)等。他们创造的自动玩偶是利用齿轮和发条原理而制成的。自动书写玩偶有的拿着画笔绘画,有的拿着鹅毛蘸墨水写字,结构巧妙,服装华丽,在欧洲风靡一时。



图 1-12 自动书写玩偶

现在保留下来的最早的机器人是瑞士努萨蒂尔历史博物馆里的少女玩偶,它的手指可以按动琴键而弹奏音乐,现在还能定期让它演奏以供参观者欣赏,展示了古代人的智慧。



图 1-13 自动书写玩偶和弹琴机器人

1801 年法国丝绸织工兼发明家约瑟夫·雅卡尔发明了可以通过穿孔卡片控制的自动织机(见图 1-14)。在后来十年之内,这种织机被大规模生产出来,整个欧洲有数千台投入使用。

19 世纪中叶,发明、制作自动玩偶者分为两个流派,即科学幻想派和机械制作派,并各自在文学、艺术和近代技术中找到了自己的位置。1831 年歌德发表了《浮士德》,塑造了人造人荷蒙克鲁斯(见图 1-15);1870 年霍夫曼出版了以自动玩偶为主角的作品《葛蓓莉娅》。

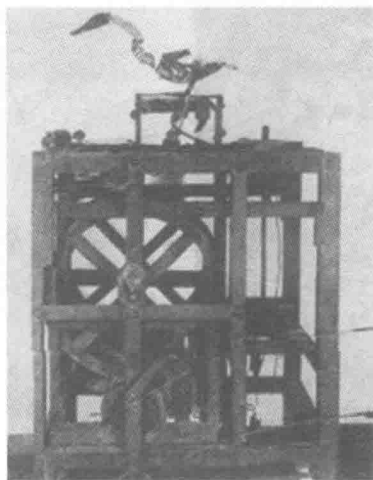


图 1-14 自动织机

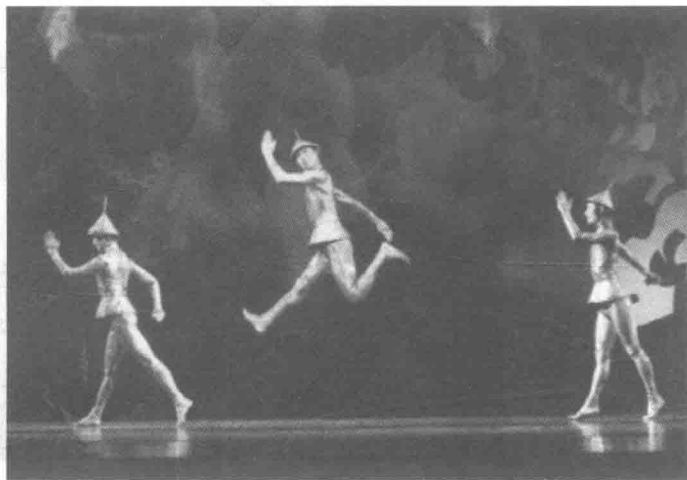


图 1-15 荷蒙克鲁斯

1881 年意大利作家卡洛·科洛迪(Carlo Collodi)创作的提线木偶匹诺曹(见图 1-16)的故事[最后形成了作品《匹诺曹》(《木偶奇遇记》)]开始在杂志上连载。

1886年维里耶德利尔·亚当的《未来夏娃》问世。

在机械实物制造方面,1893年摩尔制造了蒸汽人(见图1-17),蒸汽人靠蒸汽驱动双腿沿圆周运动。



图 1-16 匹诺曹

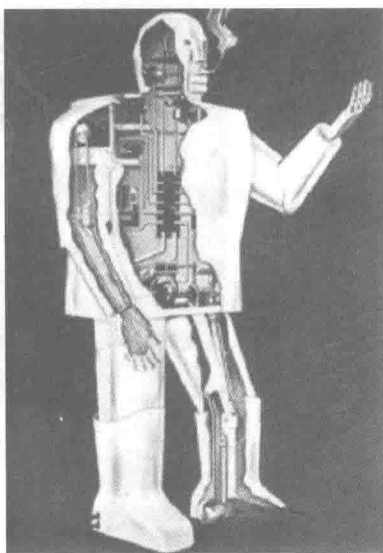


图 1-17 蒸汽人

1898年尼古拉·特斯拉(Nikola Tesla)在纽约的麦迪逊广场花园向观众演示了一项新发明,他称之为“teleautomation”(远程自动操作装置),即一艘无线电遥控船(见图1-18)。当时的观众认为那是一种把戏,而遥控技术直到数十年后才得到普及。

进入20世纪后,机器人的研究与开发得到了更多人的关心、支持。

1926年导演弗里茨·朗拍摄了电影《大都会》,这部无声电影将场景设置在一个反乌托邦的未来城市中。影片中的机器人(见图1-19)——这是机器人第一次出现在大银幕上——采用了人类女性的外形。

1927年美国西屋公司工程师温兹利制造了第一个机器人“电报箱”,并在纽约举行的世界博览会上展出。它是一个电动机器人,装有无线电发报机,可以回答一些问题,但该机器人不能走动。

现代机器人的研究始于20世纪中期,其技术背景是计算机和自动化的发展,以及原子能的开发利用。自1946年第一台数字电子计算机问世以来,计算机技术不断取得进步,向高速、大容量、低价格的方向发展。

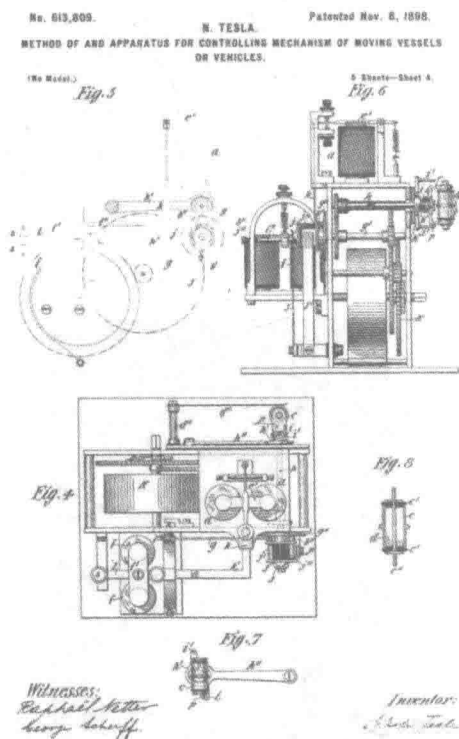


图 1-18 无线电遥控船

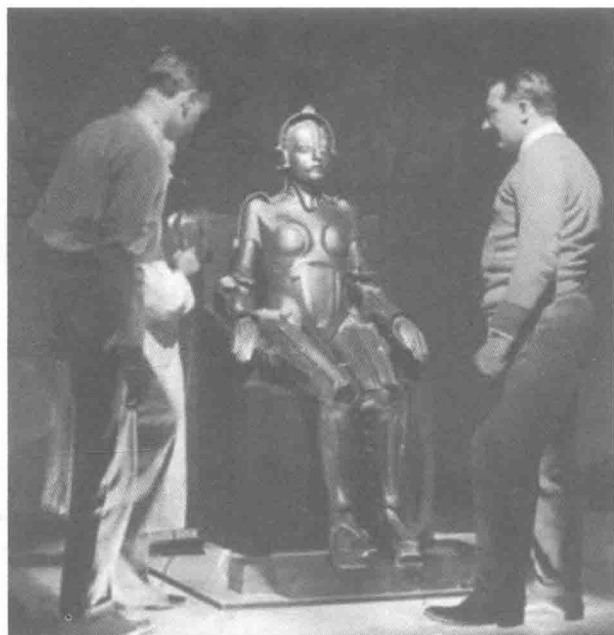


图 1-19 《大都会》中的机器人

1948 年美国数学家诺伯特·维纳(见图 1-20)发表了《控制论:或关于在动物和机器中控制和通信的科学》(*Cybernetics; Or Control and Communication in the Animal and the Machine*),这是实用机器人领域具有开创意义的著作。他首先提出了“控制论”这个概念,第一次把只属于生物的有目的的行为赋予机器,阐明了控制论的基本思想。控制论、系统论和信息论是现代信息技术的理论基础。

20 世纪 50 年代美国西屋电器公司制造的机器人,如“电镀”线控金属机器人(见图 1-21),是一个高达 2.1 m 的金属两足机器人,不仅能走路,还能说出 77 个词语,其形象的设计使它成为史上著名的机器人之一。1952 年数控机床诞生。一方面,与数控机床相关的控制、机械零件的研究为机器人的开发奠定了基础;另一方面,原子能实验室的恶劣环境要求由机器代替人进行某些操作,如处理放射性物质。



图 1-20 数学家诺伯特·维纳



图 1-21 “电镀”线控金属机器人