

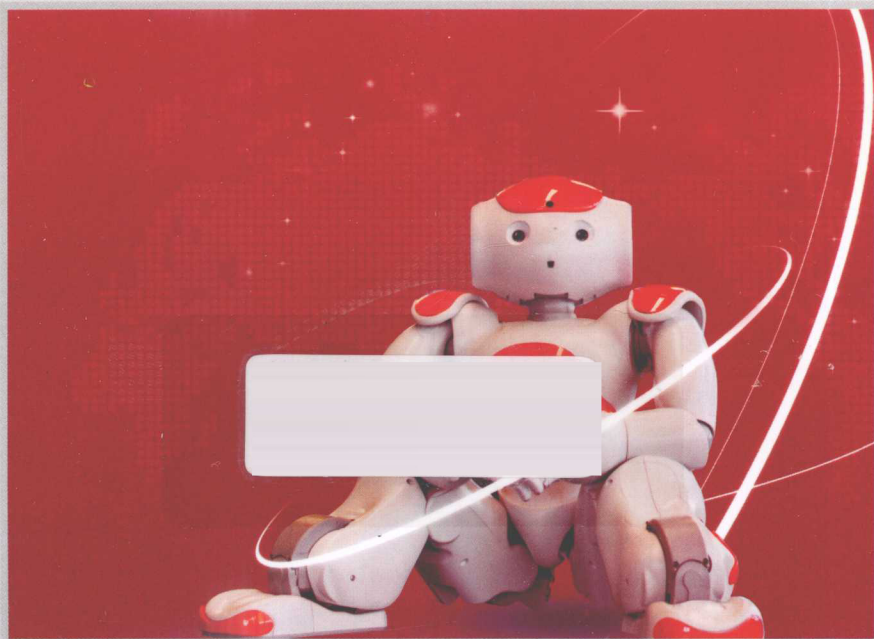
● 全国大学生机器人大赛用书

机器人程序设计

——仿人机器人竞技娱乐运动设计

Robot v Programming

钟秋波 童春芽 刘良旭 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

全国大学生机器人大赛用书

机器人程序设计

——仿人机器人竞技娱乐运动设计

钟秋波 童春芽 刘良旭 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了国内外仿人机器人的研究现状，着重介绍了竞技型仿人机器人的控制技术和控制方法，并以专用的机器人编程语言为例详细设计了各种仿人机器人竞技比赛运动。本书内容包括仿人机器人发展概况，仿人机器人运动模型与运动方程的建立，基于 Robobasic 的仿人机器人运动程序设计，半自主仿人机器人控制，机器人控制串口编程，机器人蓝牙控制，Choregraphe 入门，NAOsim、Monitor 及 NAOFlasher 等。

本书可供电气、电子、机械、计算机、人工智能、信息与通信、航天工程等各专业技术人员 and 大学生阅读，尤其对全国高等院校机器人设计大赛具有很强的实践指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

机器人程序设计：仿人机器人竞技娱乐运动设计/钟秋波，童春芽，刘良旭编著.

—西安：西安电子科技大学出版社，2013.8

全国大学生机器人大赛用书

ISBN 978-7-5606-3135-6

I. ① 机… II. ① 钟… ② 童… ③ 刘… III. ① 似人机器人—程序设计

IV. ① TP242

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 183937 号

策 划 李惠萍

责任编辑 李惠萍 郭亚萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com

电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 12.5

字 数 292 千字

印 数 1~3000 册

定 价 21.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3135 - 6/TP

XDUP 3427001-1

如有印装问题可调换

前 言

创造各种智能机器人一直是人类的梦想和追求,也是 21 世纪科技发展的热点之一。智能机器人的发展具有创新性和战略性,对国民经济和国家安全具有重大影响。机器人是典型的机电一体化设备,同时又是人工智能理论的具体体现。随着机器人的迅速发展,近年来很多高等学校的不同专业都增设了有关机器人的课程。

本书内容包括仿人机器人发展概况,仿人机器人运动模型与运动方程的建立,基于 Robobasic 的仿人机器人运动程序设计,半自主仿人机器人控制,机器人控制串口编程,机器人蓝牙控制,Choregraphe 入门,NAOsim、Monitor 及 NAOFlasher 等。本书适用于电气、电子、机械、计算机、人工智能、信息与通信、航天工程等各专业学生,尤其对于全国大学生机器人设计大赛具有很强的指导意义。

本书有以下特点:

(1) 立足于实验研究,从教学实践的角度,阐述了仿人机器人运动规划的基本原理和控制方法。以竞技娱乐型仿人机器人为设计对象,以入门容易的机器人程序设计语言为例,对小型仿人机器人的各种运动进行实践控制编程。考虑到各专业的需求和特点,叙述注重简明扼要、通俗易懂。本书具有较强的基础性、先进性和实用性。

(2) 书中所有实验均立足于宁波工程学院智能机器人创新实验室的科学研究成果,既具备扎实的硬软件基础及理论基础,又紧盯国际前沿,形成了一套完整、扎实、先进的科学研究体系,内容详实、准确可靠。

(3) 书中所涉及的仿真和实验都来源于学生实验和比赛经验,内容和数据详细、可靠。作者力图使仿人机器人控制的教和学摆脱繁琐的手工计算,同时通过大量的仿真和实验使学生对机器人程序设计的基本原理和方法有更为深刻的认识和更为深入的理解。

智能机器人创新实验室自成立以来一直承担着智能机器人的研发工作,同时也是学生创新实验的培训基地,现已完成了大量的学生机器人竞赛培训和科研项目,孕育出了诸多实验和科研成果,曾多次荣获机器人比赛优异成绩。本书正是在该实验室的教学科研成果的基础上整理编写而成的,包含着实验室各位老师及学生们的实践经验和研发成果。

本书共 8 章，第 1 章～第 5 章由钟秋波编写，第 6 章、第 7 章由童春芽编写，第 8 章由刘良旭编写。参与本书编写工作的还有陆宇超、李邵托、高聪等。范建波教授认真审阅了全书。在此特别感谢西安电子科技大学出版社李惠萍老师对本书的大力支持和帮助。

本书在编写过程中参考了很多优秀的著作，在此谨向各位作者表示真诚的感谢。

由于作者学识有限，加之编写时间仓促，虽然我们尽力校对审查，但是书中难免会有疏漏，恳切希望读者批评指正。

作 者

2013 年 6 月

于宁波工程学院

目 录

第 1 章 仿人机器人发展概况	1
1.1 引言	1
1.2 仿人机器人国内外发展概述	1
1.2.1 仿人机器人国外发展现状	1
1.2.2 仿人机器人国内研究现状	5
1.2.3 仿人型竞技娱乐机器人研究现状	6
第 2 章 仿人机器人运动模型与运动方程的建立	9
2.1 引言	9
2.2 仿人机器人运动学与动力学模型	10
2.2.1 步行和跑步运动学模型	10
2.2.2 步行和跑步动力学模型	11
2.3 基于 Cart-table 模型的步行和跑步步态规划方法	15
2.3.1 仿人机器人质心轨迹规划	15
2.3.2 仿人机器人双足轨迹规划	17
第 3 章 基于 Robobasic 的仿人机器人运动程序设计	19
3.1 引言	19
3.2 软件安装及操作界面说明	19
3.2.1 开发环境 roboBASIC MF v2.80 在 Win7 系统下的安装	19
3.2.2 开发平台 roboBASIC MF v2.80 在 Windows XP 系统下的安装	23
3.3 roboBASIC v2.80	25
3.3.1 标题栏	25
3.3.2 菜单栏	26
3.3.3 工具栏	41
3.3.4 辅助窗口	43
3.3.5 状态栏	43
3.4 MF(Metal Fighter)仿人机器人介绍	43
3.5 Robobasic 语言语法介绍	45
3.5.1 Robobasic 语言介绍	45
3.5.2 Robobasic 语言基本语法	46
3.6 前进一步动作的程序设计	51

3.7 后退一步动作的程序设计	55
3.8 连续行走程序设计	57
3.9 复杂动作程序设计	60
3.9.1 单杠运动程序设计	60
3.9.2 单腿独立运动程序设计	63
3.9.3 倒立运动程序设计	68
3.9.4 翻滚运动程序设计	72
3.9.5 斜坡运动程序设计	77
3.9.6 阶梯运动程序设计	81
3.10 具有倾斜传感器的运动程序设计	86
3.11 具有陀螺仪传感器的运动程序设计	91
第 4 章 半自主仿人机器人控制	96
4.1 引言	96
4.2 半自主控制方式的种类	96
4.3 MF-AI 型半自主控制机器人	97
4.4 OpenCV 软件开发环境和配置	98
4.4.1 Win7 环境下 OpenCV 的默认安装	98
4.4.2 Windows XP 环境下 OpenCV 的默认安装	101
4.5 半自主机器人控制软件操作流程及界面功能解释	103
第 5 章 机器人控制串口编程	104
5.1 引言	104
5.2 打开串口	104
5.3 配置串口	105
5.4 读写串口	109
5.5 关闭串口	114
第 6 章 机器人蓝牙控制	115
6.1 引言	115
6.2 无线通信原理	115
6.2.1 RF(Radio Frequency)无线通信原理	115
6.2.2 蓝牙技术	117
6.2.3 蓝牙的技术特点	117
6.2.4 蓝牙的系统组成	117
6.2.5 蓝牙的关键技术	118
6.2.6 蓝牙技术与 RF 无线通信技术的比较	119
6.3 XM100 蓝牙通信系统	119
6.3.1 蓝牙通信系统的组成结构	119

6.3.2 XM100 蓝牙的系统结构及性能	120
6.3.3 XM100 UART 通信协议	121
6.3.4 蓝牙串口编程实例	122
第 7 章 Choregraphe 入门	125
7.1 引言	125
7.2 Choregraphe 概述	125
7.3 Choregraphe 的安装	126
7.4 Choregraphe 主界面介绍	129
7.5 Choregraphe 的基本使用	139
7.5.1 创建一个行为	139
7.5.2 连接 NAO	140
7.5.3 给机器人上电	140
7.5.4 执行行为	140
7.5.5 常用指令盒介绍	141
7.6 虚拟机器人的使用	149
7.7 NAO 的相关配置	150
7.7.1 NAO 的硬件介绍	150
7.7.2 NAO 的配置页面	154
7.7.3 设置远程控制	156
7.7.4 添加配置文件	157
7.7.5 创建配置文件	158
7.8 Choregraphe 上的应用举例	160
7.8.1 声控动作	160
7.8.2 声源定位	160
7.8.3 红球追踪	161
7.8.4 物体识别	163
7.8.5 使用 NAO 控制 MF 机器人	164
7.8.6 用遥控器控制 NAO 机器人	165
7.9 创建新动作	165
7.9.1 创建一个新姿势	165
7.9.2 编辑一个动作实例	166
7.9.3 使用记录模式	167
7.9.4 通过记录方式创建新动作实例	168
第 8 章 NAOsim、Monitor 及 NAOFlasher	170
8.1 NAOsim	170
8.1.1 NAOsim 概述	170
8.1.2 NAOsim 的安装	171

8.1.3	NAOsim 的激活	174
8.1.4	NAOsim 初始环境设置	175
8.1.5	用 Choregraphe 连接虚拟机器人	175
8.1.6	用 NAOsim 测试一个追踪红球的行为	176
8.1.7	自定义环境设置	177
8.1.8	自定义 NAOqi	179
8.1.9	在 NAOsim 的使用过程中可能出现的问题及解决办法	179
8.2	Monitor	181
8.2.1	Monitor 简介	181
8.2.2	安装 Monitor	181
8.2.3	启动插件	181
8.2.4	插件介绍	182
8.3	NAOFlasher	186
8.3.1	用 NAOFlasher 更新 NAO V4	186
8.3.2	用 NAOFlasher 制作 NAO 系统的启动盘	187
8.3.3	用制作好的启动盘重装 NAO 系统	189
8.3.4	拯救模式(rescue mode)	189
8.3.5	通过 Choregraphe 进行普通更新	189
	参考文献	191

第1章 仿人机器人发展概况

1.1 引言

机器人对我们来说已经不再陌生, 比尔·盖茨曾预言: 未来机器人肯定会像个人电脑一样普及每一个家庭, 那势必又将掀起一次技术性的革命, 改变人类的日常生活。步入 21 世纪以来, 对机器人的研究已经成为最具有代表性的高技术课题之一, 因为它涵盖了机械、控制、电子、计算机、人工智能等各个领域。

仿人机器人是一种外形像人的机器人。在当今机器人领域里, 具有双足的仿人机器人也许是最具有吸引力和挑战性的研究平台之一, 这不仅是因为人类想要创造一个和自身类似的机器人, 它可以模拟人类思维、与人类交谈、进行各种仿人的运动, 从而更容易被人类社会所接受, 而且由于现代社会的环境是人类设计的, 例如各种楼梯、人行道、门把的位置以及使用工具的大小等诸多事物都应设计成符合人类的使用习惯。因此, 对仿人机器人的研究就可以省去为研究其他机器人而专门设计的环境空间。

与其他移动机器人(轮式、履带式、爬行式机器人等)相比, 仿人机器人具有高度的适应性与灵活性。具体表现在:

(1) 对环境要求低。仿人机器人与地面的接触点是离散的, 可以选择合适的落脚点来适应崎岖的路面, 它既可以在平地上行走, 也可以在复杂的非结构化环境中行走, 如在凹凸不平的地面上行走、在狭窄的空间里移动、上下楼梯和斜坡、跨越障碍等。由于其外形和功能像人, 仿人机器人适合在人类生活和工作的环境中与人类协同工作, 不需要专门为其进行大规模的环境改造。

(2) 动作灵活。除了完成普通多足机器人可以实现的变速前进与后退外, 仿人机器人还可以实现不同角度和速度的转弯, 并能够完成跑、跳、踢甚至一些类似舞蹈与武术的高难度动作。

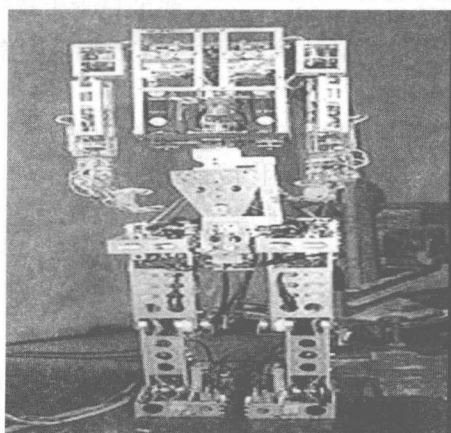
(3) 能量消耗小。机器人力学计算表明, 仿人机器人具有比轮式和履带式机器人更小的能耗。已有的仿人机器人步行研究显示, 被动式机器人可以在没有主动能量输入的情况下, 完全采用重力作为驱动力完成下坡等动作。另外, 改进能源装置和机械结构也可以不同程度地减少能量的消耗, 进一步提高能量的利用率。

1.2 仿人机器人国内外发展概述

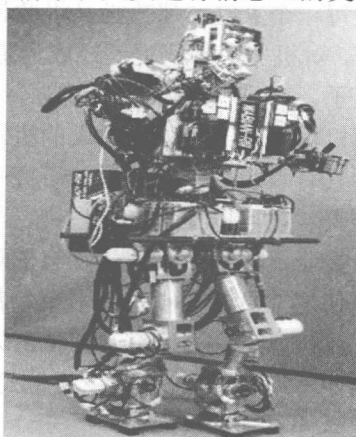
1.2.1 仿人机器人国外发展现状

号称“机器人王国”的日本在仿人机器人研究领域走在了世界的前沿。日本早稻田大

学的仿人机器人研究小组是世界上第一个研究仿人机器人的小组。他们从 1968 年就开始开展 WABOT 仿人机器人计划,直到 1973 年,“仿人机器人之父”加藤一郎开发了世界上第一台仿人机器人 WABOT-1,如图 1-1(a)所示。虽然当时这台机器人只能够简单地通过静态方式步行,但是它能够用日语和人进行简单的交流,并且可以通过视觉识别物体,还能用双手操作物体。之后,由于使用不同的驱动舵机,特别是各种不同的人工肌肉和控制方法,该研究小组一直在推出各种型号的 WABOT 仿人机器人,并且把相关研究领域如智能和生物技术进行有效的综合。该研究组最近推出的 Wabian-RV 仿人机器人如图 1-1(b)所示,它具有 43 个制动电机和 8 个被动关节,成为迄今为止最复杂的仿人机器人之一。这款机器人能够提前分析视觉和听觉来模拟人类的感官系统,并根据传感器信息,在线生成整个身体的运动,它还可以通过高兴、悲伤和生气等表情来和人类进行情感上的交流。



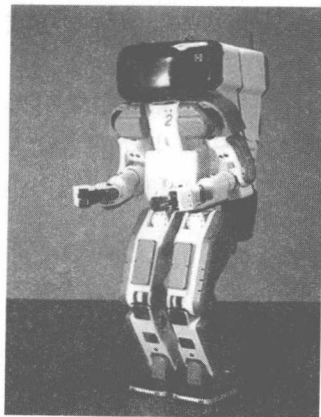
(a) WABOT-1 机器人



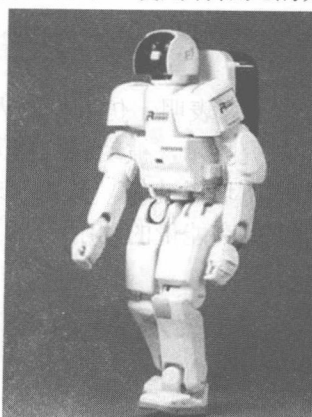
(b) Wabian-RV 机器人

图 1-1 早期机器人

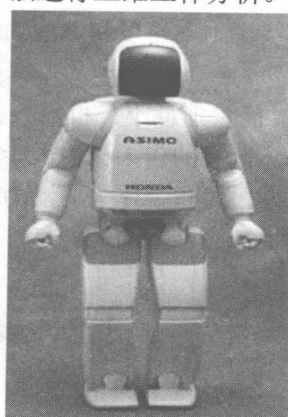
日本本田公司于 1986 年开始制定研制仿人机器人计划,经过长达 10 年的研究,于 1996 年成功研制出 P2 机器人,如图 1-2(a)所示。P2 机器人身高 180 cm,体重 210 kg。它的研制成功,使仿人机器人的研究步入了新的时代。本田公司采用合金连杆和谐波减速驱动,消除了传动背隙,并采用计算机辅助设计,使用有限元的方法进行三维立体分析。这种开



(a) P2 机器人



(b) P3 机器人

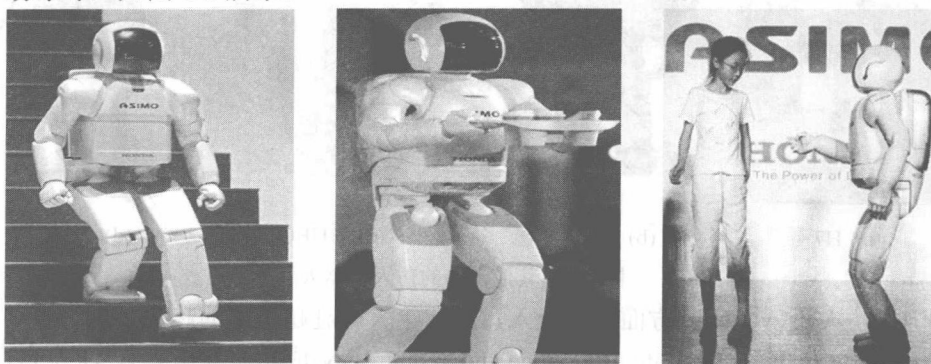


(c) ASIMO 机器人

图 1-2 本田公司开发的机器人

发方式成为了研制仿人机器人的一种范本。本田公司在 P2 机器人推出之后,于 1997 年又推出了身高和体重比 P2 机器人小的 P3 机器人(见图 1-2(b)),后又于 2000 年推出了身高 120 cm,体重 43 kg 的 ASIMO 机器人(见图 1-2(c))。ASIMO 机器人集成了当今世界上最先进的研究成果,在运动规划、视觉定位、语音识别等各个方面都有不俗的表现。其步态采用 I-WALK (Intelligent Real-time Flexible Walk)技术,可以实时预测下一步的动作,从而提前改变自身重心来调节整体动作的连贯性。

2004 年之后,新的技术应用在 ASIMO 机器人身上,使其能够以 6 km/h 的速度像人一样平稳地跑步,而且可以非常自然地做各种复杂的动作,例如上下楼梯、端水、与人握手、跳舞、踢球等,如图 1-3 所示。



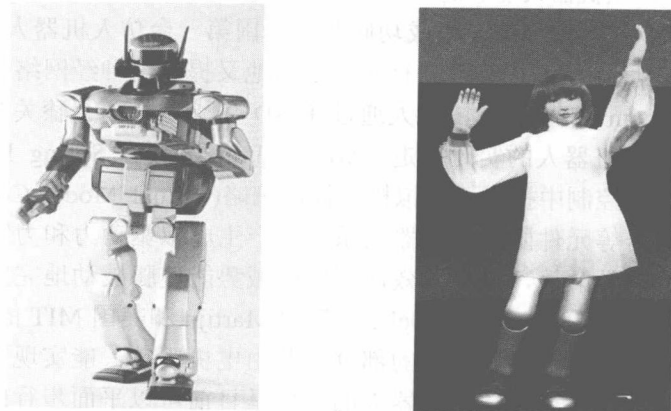
(a) 下楼梯

(b) 端水

(c) 与人握手

图 1-3 机器人完成的动作

日本经济产业省从 1998 年开始组织与人协调共处的机器人系统研究项目“Humanoid Robotics Project(HRP)”,旨在开发与人共处同一空间并且能够和人一起协调工作的仿人机器人。为此,他们研制了一系列的仿人机器人,如图 1-4 所示。其中比较著名的是 HRP-2,它身高 154 cm,体重 58 kg,具有 30 个关节,并且每个关节都是独立控制的,可以进行倒地并且起立的动作。最新推出的 HRP-4C 机器人在语音和视觉上获得了重大突破,她采用人造肌肉与皮肤,可以通过视觉和语音识别人唱歌时的表情和声音,从而进行模仿,效果惟妙惟肖,神情达到了与真人几乎难以区分的程度。



(a) HRP-2 机器人

(b) HRP-4C 机器人

图 1-4 仿人机器人

日本的东京大学也对仿人机器人进行了研究,其研制成功的 H7 型仿人机器人可以实时生成动态步态,在屋外行走。此外,日本研制的典型仿人机器人还有富士通公司的 HOAP 系列机器人和丰田公司的乐队机器人等。

除了日本之外,世界其他国家也在仿人机器人方面进行了大量的研究,如图 1-5 所示。

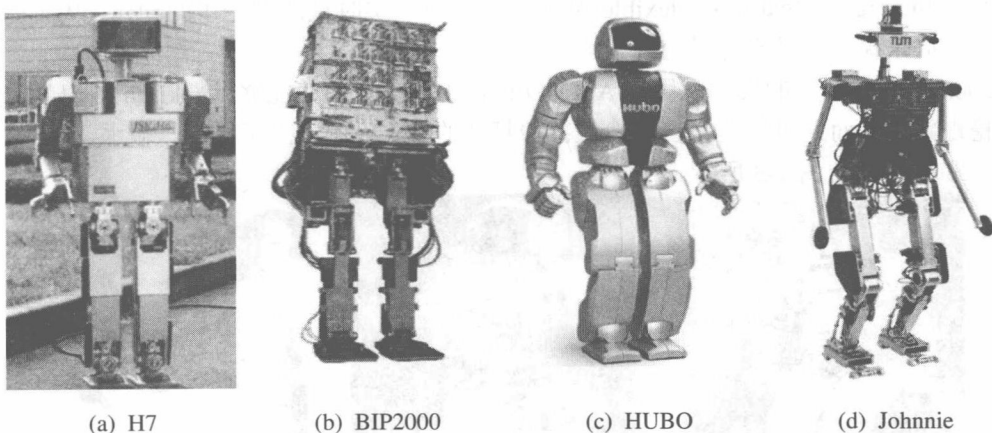


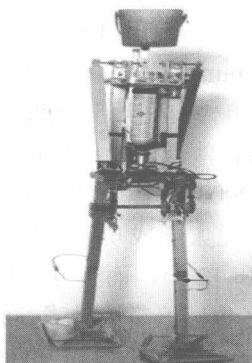
图 1-5 其他国家的仿人机器人

韩国在仿人机器人研究方面加大投入,近几年大有赶超日本的趋势。2005 年,韩国的 KAIST(Korea Advanced Institute of Science and Technology)成功研发出具有 41 个自由度,身高 125 cm,体重 55 kg 的 HUBO 仿人机器人。该机器人除了基本的行走之外,还具有和人类交谈的语音功能。

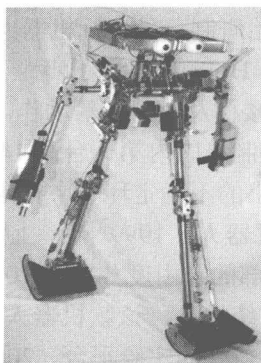
法国的 de Mecanique des Soloders de Poitiers 实验室和 INRIA 机构于 2000 年开发了 BIP2000 仿人机器人,该机器人腿部由 15 个自由度组成,可以实现行走、上下斜坡、上下楼梯等动作。BIP2000 仿人机器人采用全局规划层、步态规划层、控制实现层分层控制结构的策略,其目的是建立一个能适应各种外界环境的仿人机器人系统。

德国的慕尼黑科技大学设计了 Johnnie 仿人机器人,包括每条腿上的 6 个自由度在内,该款机器人共有 17 个自由度,身高 180 cm,体重 40 kg。由于采用有限元方式对机器人的重量进行了优化,该款机器人能够进行较快的行走。

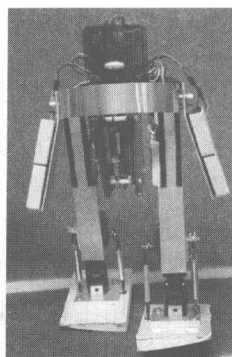
美籍华人郑元芳博士在 1986 年成功研制出美国第一台仿人机器人 SD-2,该机器人腿部具有 8 个自由度,能够进行静态行走。之后他又提出把神经网络引入到步态控制中的想法。H. Benbrahim 和 W. T. Mi 等人通过在 SD-2 上增加两个膝关节,成功实现了用 CMAC 神经网络控制机器人的实时行走。MIT 的 Pratt 教授在 Spring Flamingo 和 Spring Turkey 仿人机器人的控制中提出了虚拟模型控制策略(Virtual Model Control, VMC),通过弹簧振子、阻尼器等元件固连在机器人系统中产生虚拟驱动力和力矩,有效地避免了机器人繁琐的逆运动学解算,并能有效地利用机械势能使腿被动地完成摆动过程。美国 Cornell 大学的 Andy 和 Steve、荷兰 Delft 大学的 Martijn 和美国 MIT 的 Russ 分别开发了基于被动动力学的双足机器人。它们的部分关节由电机驱动,能实现平面步行,而且能量效率和人类步行效率相当。这类机器人的效率是目前可以平面步行的双足机器人中最高的。这三个双足机器人的共同特点是采用了简单的控制策略和巧妙的机械设计,如图 1-6 所示。



(a) Delft 大学机器人



(b) Cornell 大学机器人



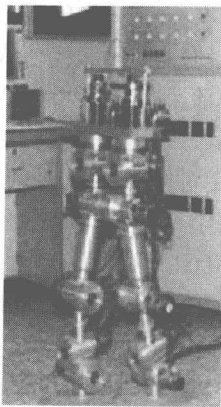
(c) MIT 机器人

图 1-6 国外大学研制的机器人

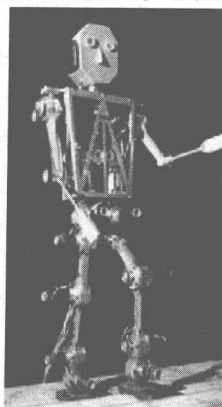
还有一些国家如比利时布鲁塞尔大学的 Verrelst 教授研制的仿人机器人 Lucy、加拿大的 T. McGeer 研制的被动机器人等具有二级倒立摆的特征,可以在斜坡上稳定行走。英国的 Shadow 项目、保加利亚 Kibertron 公司的 Kibertron 项目等都开发出了各具特色的仿人机器人。

1.2.2 仿人机器人国内研究现状

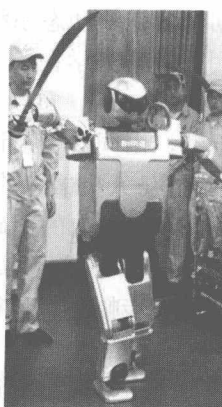
我国研究仿人机器人起步较晚,但是经过这些年的努力,已经有了很大的发展。如图 1-7 所示为近几年来国内研究的仿人机器人。



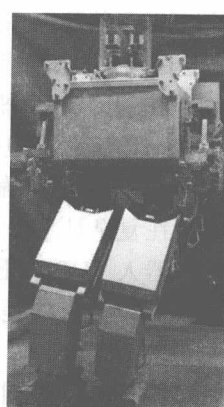
(a) HIT-III 机器人



(b) 先行者机器人



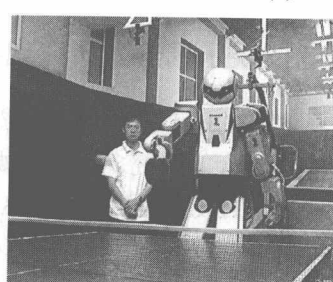
(c) BHR-2 机器人



(d) THBIP-I 机器人



(e) 汇童第 4 代仿人机器人



(f) 汇童第 5 代仿人机器人

图 1-7 国产机器人

哈尔滨工业大学从 1985 年开始研制双足步行机器人,先后研制出 HIT-I、HIT-II 和 HIT-III 三种型号的机器人。其中, HIT-III 实现了步距 200 mm 的静态/动态步行,能够完成前进、后退、侧行、转弯、上下楼梯及上斜坡等动作。国防科技大学于 1988 年开始研制双足机器人,并于 2000 年底成功研制出国内第一台高 140 cm, 体重 20 kg 的仿人机器人“先行者”。该款机器人可以在偏差较小的不确定环境中行走。2003 年国防科技大学又推出了可以实现无缆行走的第四代仿人机器人。1999 年,上海交通大学成功研制出了一款名为 SFHR 的仿人机器人,其手臂和腿部的自由度分别是 10 个和 12 个,而全身的自由度为 24 个。SFHR 的主体采用主动视觉系统控制,该款机器人为多传感器集成技术、机器人学技术和机器人控制算法的研究提供了很好的实验平台。2002 年,北京理工大学的黄强教授研制出一款名为 BHR-1 型的仿人机器人。该款机器人身高 158 cm, 体重 76 kg, 全身具有 32 个自由度,行走速度可以达到 1 km/h, 并且能够根据安装在机器人身上的传感器设备(平衡觉、自身力觉)采集机器人行走时地面情况的变化信息,从而可以在未知地面上进行稳定行走。2005 年,黄强教授又研制出“汇童”,该机器人身高 160 cm, 体重 63 kg, 具有视觉、语音、力觉和平衡觉等功能,能够完成前行、后退、左右移动、转弯、上下楼梯等动作,并且第一次成功模仿了人类的刀术和太极拳等复杂运动。2012 年,最新研制的汇童第 4 代、第 5 代仿人机器人可以有上百种面部表情和打乒乓球的功能。清华大学于 2002 年 4 月成功研制出仿人机器人 THBIP-I。该机器人具有 32 个自由度,采用独特的传动结构,成功实现了无缆连续稳定的平地行走、连续上下楼梯行走。其平地行走速度为 4.2 m/min, 步距为 35 cm, 跨越台阶高度为 75 mm, 跨越速度为 20 s/步, 并且在仿人机器人机构学、稳定行走理论、动力学及步态规划和非完整动态系统控制理论与方法等方面取得了一些创新成果和突破性进展。2005 年 3 月,清华大学在第一代仿人机器人的基础上研制出第二代仿人机器人 THBIP-II, 该款机器人高 70 cm, 重约 18 kg, 共 24 个自由度。该小型仿人机器人下肢关节采用直流有刷电机驱动,由同步带及谐波减速器构成传动系统,采用集中式控制方式。该项目主要立足于解决小型仿人机器人的系统集成设计和行走稳定性理论及控制问题,并致力于在复杂环境下运动规划问题上的突破。2006 年 9 月,清华大学又研制出平面欠驱动双足机器人 THBIP-III, 该机器人目前可实现步幅 0.13 m, 速度为 0.64 s/步的动态行走。该机器人的设计目的是为研究大步幅动态步行稳定性判据与仿生控制策略等步行基础理论提供一个实验平台。

总体来说,虽然国内的仿人机器人研究还处于起步阶段,但是经过各大高校和科研单位的不断努力,已经取得了可喜的成绩,相信在未来一定会达到甚至超过国际先进水平。

1.2.3 仿人型竞技娱乐机器人研究现状

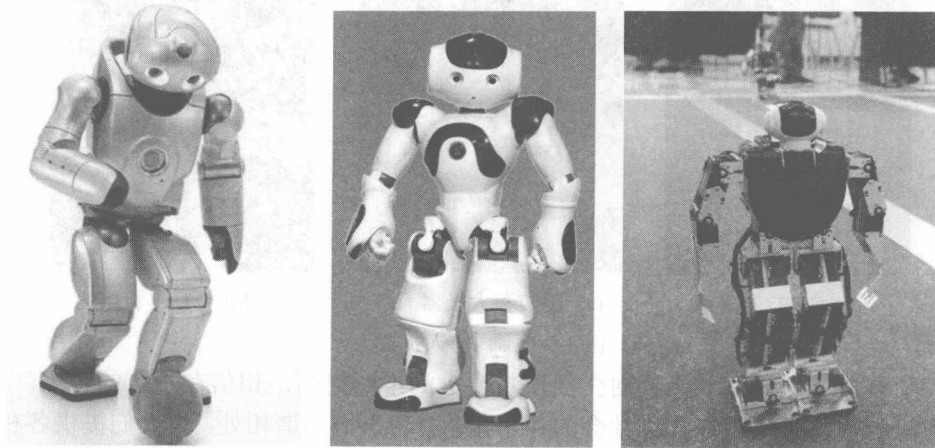
当大型仿人机器人的研究正受到全世界的普遍关注时,小型仿人机器人的研制也拉开了序幕。小型仿人机器人的研究多以竞技娱乐为研究目的,通过竞技娱乐平台来体现技术的应用价值,同时对新的技术提出要求。这方面研究的代表作首推索尼公司在 2000 年研制出的 SDR-3X(Sony Dream Robot-3X)。该款机器人身高 50 cm, 体重仅 5 kg, 可以以 15 m/min 的速度前进,也可以进行倒地姿态起立、单腿站立、按照音乐节拍进行舞蹈等各种复杂动作。2003 年,索尼公司又推出了仿人机器人 QRIO, 该机器人是世界上第一个会跑步的机

器。其跑步时的滞空时间为 6 ms，双脚跳跃时的滞空时间为 10 ms。

法国机器人公司 Aldebaran Robotics 于 2005 年成功研制出一款名叫 NAO 的娱乐型仿人机器人。该款机器人身高 58 cm，体重 4.3 kg，全身有 24 个自由度，其中每条手臂和腿部各 5 个自由度。该机器人还配备了 2 个扬声器，4 个麦克风，2 个基于 CMOS 的数字摄像头以形成立体视觉，并且具有声呐、加速度、倾斜、压力等多种传感器；可以使用无线或有线的方式通过 Wi-Fi 网络进行网络连接；可以通过支持 C++ 的 Choregraphe 进行程序编写，该软件还可以与 Robotics Studio 和 Cyberbotics Webots 相兼容，并且支持 Linux、Windows 等多种平台。NAO 机器人在 2007 年已经取代索尼公司的 AIBO 四足狗机器人，成为 RoboCup 机器人足球的标准平台。

韩国的 Mini 公司最近几年一直致力于研究小型竞技仿人机器人，先后研制出 ROBONOVA、MF-1 和 MF-AI 型仿人机器人。其中 ROBONOVA 型仿人机器人在教学和竞技方面取得了较好的成效。另外还有 JVC 公司于 2005 年 1 月推出的新型机器人“J4”、ZMP 公司开发的 NUVO 和日本 Kondo 公司推出的 DIY 人型机器人 KHR-1 等。这些机器人的特点是身高都不超过 40 cm，体重一般在 1.5 kg 以内，全身由可拆卸的直流电机组成，非常方便组装和更换，并且调试界面拟人化，对于初学者来说非常容易入门。

三种小型仿人机器人如图 1-8 所示。



(a) QRIO 机器人

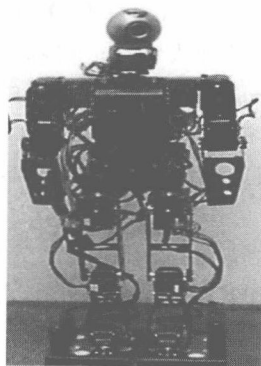
(b) NAO 机器人

(c) MF-AI 机器人

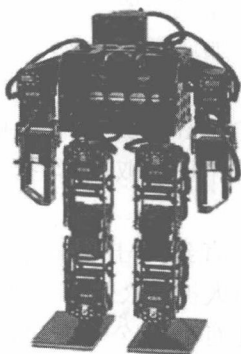
图 1-8 小型仿人机器人

在这几年 RoboCup 和 FIRA 两大机器人足球比赛的带动下，国内各大高校也开始研制小型仿人型竞技机器人，如图 1-9 所示。清华大学精密仪器与机械学系机器人实验室在先前的研究基础上，于 2007 年成功研制出全自主仿人足球机器人 MOS2007，它采用 PDA 作为视觉处理和决策系统；2009 年，清华大学自动化学院的机器人智能与控制实验室成功研制出一款基于被动动态行走的 Stepper-3D 仿人机器人，该机器人的行走速度可以达到 0.5 m/s。浙江中控公司研制的 SR-H100 型仿人机器人具有 20 个自由度，采用 PC104+mega128 构架，机器人利用一种快速图像识别与定位算法，可以快速又准确地在球场上进行图像识别与定位处理。上海交通大学的 SJTU 仿人机器人身高 57 cm，体重 3.2 kg，采用 PC104+Atmel 的控制方式控制机器人的运动。国防科技大学研制的小型仿人机器人采用基于 CMUCam 的嵌入式视觉系统，可以进行转弯、倒地起立、踢球等多种复杂动作。哈尔

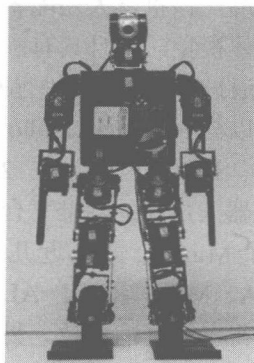
滨工业大学多智能体机器人研究中心研制的 Mini-HIT 具有 24 个自由度, 身高 45 cm, 净重 3.13 kg, 可以进行短跑、长跑、投篮、拳击等多种复杂运动。以上各种竞技娱乐型仿人机器人参加过国内外各种机器人大赛, 并且都取得了非常优异的成绩。



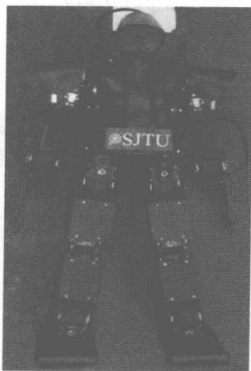
(a) MOS2007 机器人



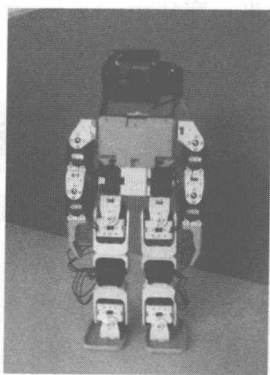
(b) Stepper-3D 机器人



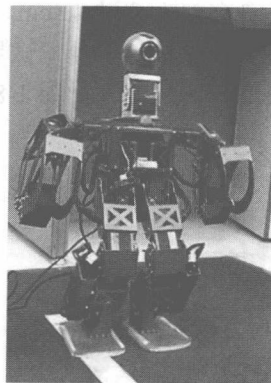
(c) 中控机器人



(d) SJTU 机器人



(e) 国防科大机器人



(f) Mini-HIT 机器人

图 1-9 国内仿人机器人

随着科技的不断进步和人们对生活质量要求的不断提高, 相信在不久的将来, 各种类型的仿人机器人将会出现在人类社会的各个角落, 与人们和谐相处, 为人们提供各种服务。