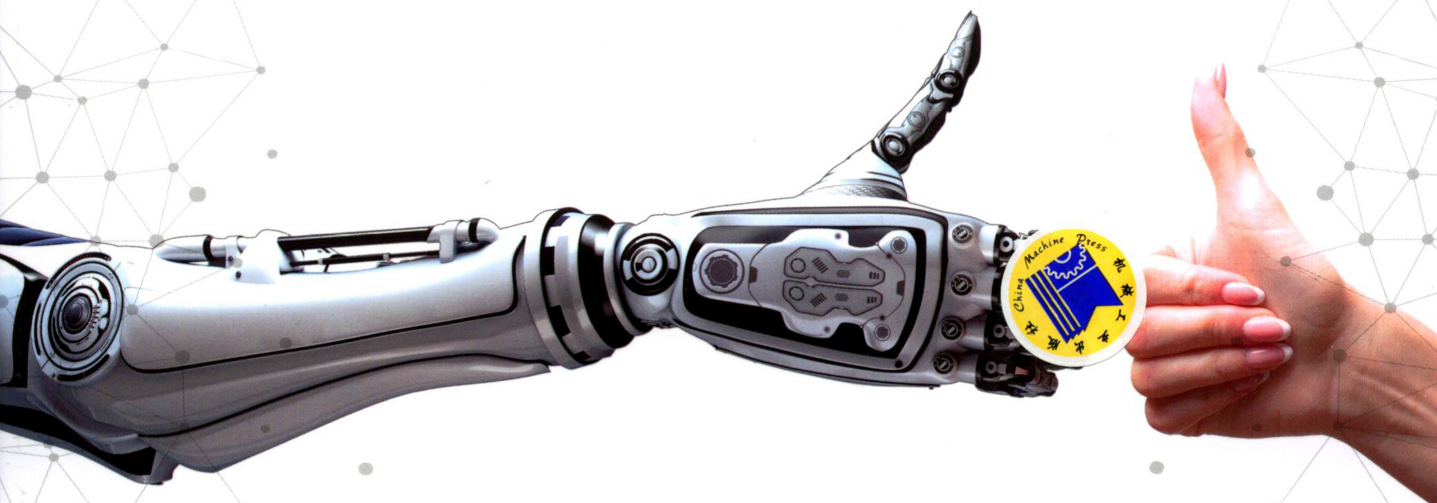


# COMPETITION ROBOT

# 竞赛机器人

王志良 解仑 戎豫 曹策 / 编著

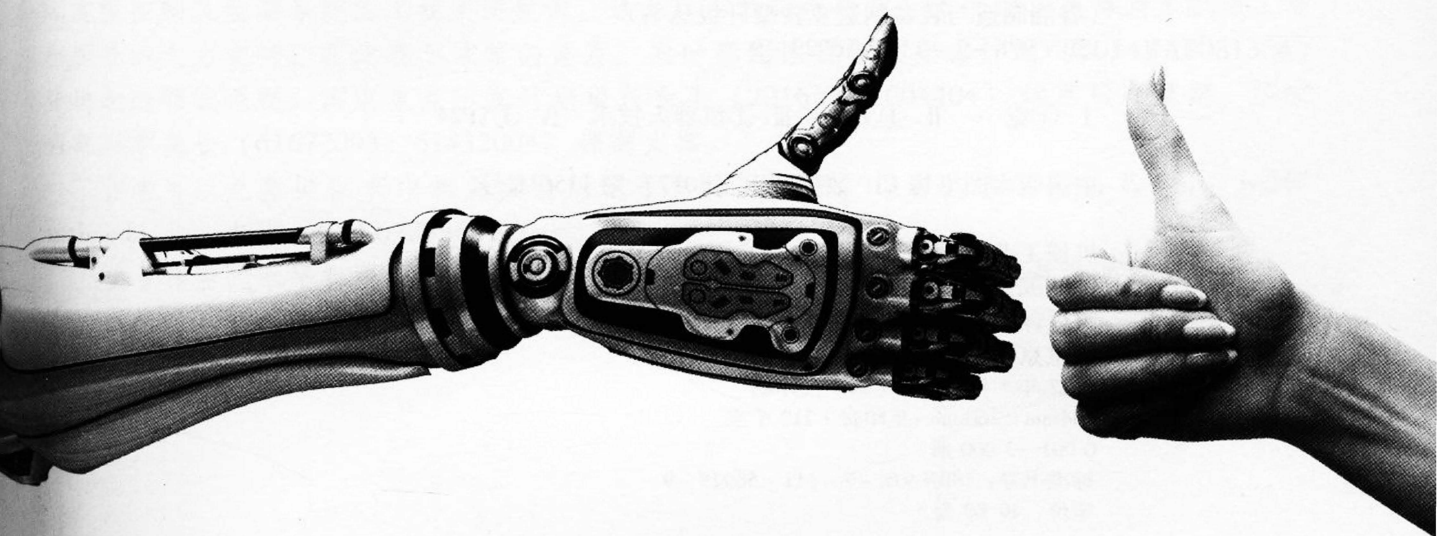


竞赛机器人是青少年学习掌握机器人的重要途径  
本书包括竞赛机器人的国际赛事、控制器、开发平台  
结构与部件、编程、运动控制算法、工程化应用实例

COMPETITION  
ROBOT

# 竞赛机器人

王志良 解仑 戎豫 曹策 / 编著



本书通过实验操作的方法向读者传授竞赛机器人的相关技术,在介绍多种竞赛机器人的功能及其国内外赛事和竞赛机器人的控制器技术、软件开发平台使用方法、整体结构设计、硬件电路设计与制作、软件模块的编程方法、机器人走迷宫的数学算法以及迷宫场地制作之后,进行了竞赛机器人工程化应用的研究分析,以门座式起重机控制系统为例,分析多自由度协调控制及在线监测等工程应用应用案例。

本书可以作为大学生、相关专业研究生的学习参考书,也适宜从事计算机、机械电子工程、自动化、智能科学、数字娱乐的科技人员阅读。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

竞赛机器人/王志良等编著. —2 版. —北京:机械工业出版社, 2017. 6

(智能制造与装备制造业转型升级丛书)

ISBN 978 - 7 - 111 - 56929 - 9

I. ①竞… II. ①王… III. ①机器人技术 IV. ①TP24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 115618 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 罗 莉 责任编辑: 翟天睿

责任印制: 常天培 责任校对: 任秀丽

北京京丰印刷厂印刷

2017 年 7 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9 印张 · 212 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978 - 7 - 111 - 56929 - 9

定价: 49.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066 机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线: 010-68326294 机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

010-88379203 金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# 前 言

人工心理的重要技术基础与应用领域之一是机器人学科与技术。尤其是与人工智能和机器人情感密切相关的家用机器人和教育机器人。竞赛机器人是教育机器人的一种重要形式，是青少年学习掌握机器人技术的一种主要途径，它主要涉及人工智能、计算机控制、传感器技术和竞技技术。如何更好、更容易地让青少年学习掌握这门技术，尤其是通过实验制作的方法，由浅入深地向读者传授机器人技术，是我们撰写本书的主要目的。

本书以大学生、研究生为读者对象，详细讲述竞赛机器人相关技术与方法。全书共分为8章。第1章主要介绍各种竞赛机器人的各种功能以及其国内外赛事；第2章主要介绍竞赛机器人的控制器技术；第3章介绍一种竞赛机器人软件开发平台——MPLABIDE 的使用方法；第4章介绍竞赛机器人平台的整体结构设计；第5章介绍竞赛机器人平台的硬件电路设计与制作；第6章介绍竞赛机器人软件模块的编程方法；第7章介绍竞赛机器人的控制方法；第8章介绍了机器人工程化应用实例。

本书由王志良、解仑、戎豫、曹策编著。全书由以上作者们制定主要内容、章节划分并统稿。第1、2、5、6章主要由王志良、解仑编写；第3章和第4章的遥控器制作部分主要由王志良、解仑、戎豫编写；第8章由解仑、曹策编写；第4章和第7章主要由曹策、解仑编写。本书第8章主要分析了作者所在课题组设计制作的机器人大型化工程装备——门座式起重机控制及监测系统的工程实用案例。这是本书的特色所在。本书的出版得到了机械工业出版社的大力支持，在此表示诚挚的谢意。同时感谢国家科技支撑计划（2014BAF081304）先进制造领域课题，国家重点研发计划重点专项（2016YFB1001404）信息领域课题，国家自然科学基金（61672093，61432004）课题支撑。

作者可以免费提供书中相关实验的电子文档及程序。作者的电子信箱 E-mail: wzl@ustb.edu.cn，电话：010-62332641。

由于作者的水平有限，书中肯定有不少的缺点与疏漏之处，敬请读者批评指正。

# 目 录

## 前言

## 第 1 章 绪论 ..... 1

### 1.1 机器人概述 ..... 1

### 1.2 竞赛机器人的国际赛事 ..... 2

#### 1.2.1 RoboCup 比赛 ..... 2

#### 1.2.2 FIRACup 比赛 ..... 4

#### 1.2.3 迷宫机器人比赛 ..... 4

#### 1.2.4 寻线机器人比赛 ..... 6

#### 1.2.5 灭火机器人比赛 ..... 7

#### 1.2.6 舞蹈机器人比赛 ..... 7

#### 1.2.7 相扑机器人比赛 ..... 8

#### 1.2.8 搏斗机器人 ..... 9

### 1.3 国内的机器人比赛 ..... 9

### 1.4 竞赛机器人平台的主要功能 ..... 15

### 参考文献 ..... 16

## 第 2 章 竞赛机器人的控制器 ..... 18

### 2.1 引言 ..... 18

### 2.2 机器人控制器类型 ..... 18

#### 2.2.1 串行处理结构 ..... 18

#### 2.2.2 并行处理结构 ..... 20

### 2.3 三种机器人控制器的比较 ..... 21

#### 2.3.1 51 系列单片机 ..... 21

#### 2.3.2 PIC 系列单片机 ..... 23

#### 2.3.3 AVR 系列单片机 ..... 24

### 2.4 PIC16F877 (A) PIC 系列单片机 ..... 25

#### 2.4.1 PIC 系列单片机性能特点 ..... 25

#### 2.4.2 PIC16F87X 单片机的结构与性能特点 ..... 27

#### 2.4.3 单片机 C 语言编程 ..... 29

### 2.5 机器人控制器的发展趋势 ..... 30

### 参考文献 ..... 31

## 第 3 章 竞赛机器人的软件开发平台 ..... 33

### 3.1 MPLAB 概述 ..... 33

#### 3.1.1 MPLAB 集成开发环境的组成 ..... 33

#### 3.1.2 MPLAB 运用方式 ..... 34

#### 3.1.3 MPLAB 对硬件与软件的要求 ..... 34

### 3.2 MPLAB 的安装和启动 ..... 35

#### 3.2.1 完整的 MPLAB 安装 ..... 35

#### 3.2.2 MPLAB 的启动 ..... 35

### 3.3 MPLAB 的使用 ..... 35

#### 3.3.1 启动 MPLAB IDE ..... 35

#### 3.3.2 创建源文件 ..... 36

#### 3.3.3 创建项目 ..... 38

#### 3.3.4 给项目添加文件 ..... 38

#### 3.3.5 选择器件 ..... 40

#### 3.3.6 设置配置位 ..... 41

#### 3.3.7 选择 MPLAB ICD2 作为调试器 ..... 41

#### 3.3.8 通过向导完成调试器的设置 ..... 42

#### 3.3.9 建立 PC 与 MPLAB ICD2 仿真下载器之间的通信联系 ..... 43

#### 3.3.10 更新 MPLAB ICD2 固件 (操作系统) ..... 46

#### 3.3.11 生成目标文件 (编译) ..... 46

#### 3.3.12 下载目标代码 ..... 48

#### 3.3.13 运行和调试 ..... 50

#### 3.3.14 在编程器模式下载目标代码 ..... 50

#### 3.3.15 文件保存 ..... 52

### 3.4 软件编程基础 ..... 52

#### 3.4.1 C 语言概述 ..... 53

#### 3.4.2 整型量 ..... 53

#### 3.4.3 符号常量 ..... 54

#### 3.4.4 简单赋值运算与赋值表达式 ..... 54

#### 3.4.5 控制语句 ..... 55

### 参考文献 ..... 61

## 第 4 章 竞赛机器人的结构与部件 ..... 62

### 4.1 平台的机械结构 ..... 62

### 4.2 平台的行走机构 ..... 64

### 4.3 舵机 ..... 65

### 4.4 将舵机改装成执行机构 ..... 67

### 4.5 竞赛机器人平台的组装 ..... 72

### 4.6 竞赛机器人专用遥控器的制作 ..... 74

### 参考文献 ..... 76

## 第 5 章 竞赛机器人的电子电路 ..... 77

5.1 硬件电路组成 .....	77	7.2.1 临界比例度法 .....	111
5.2 执行机构驱动电路 .....	77	7.2.2 衰减曲线法 .....	111
5.3 传感器检测电路 .....	80	7.2.3 试凑法 .....	112
5.3.1 起跑线的检测 .....	81	7.3 数字 PID 控制算法改进 .....	112
5.3.2 迷宫隔栅检测部分 .....	81	7.3.1 积分项改进 .....	112
5.3.3 传感器的特性曲线 .....	83	7.3.2 微分项改进 .....	114
5.3.4 沿跑道中线的运行 .....	85	7.4 PID 控制在竞赛智能车上的实现 .....	116
5.4 无线发射接收模块 .....	85	7.4.1 PID 控制器输入标准值的 设定 .....	116
5.5 数据存储模块 .....	88	7.4.2 PID 控制器被控对象控制参量 的设定 .....	116
参考文献 .....	90	7.4.3 智能汽车车速 PID 控制器的工作 原理 .....	116
<b>第 6 章 竞赛机器人的编程技术</b> .....	<b>91</b>	7.4.4 舵机的 PD 控制 .....	117
6.1 竞赛机器人的控制 .....	91	7.5 模糊控制算法 .....	117
6.1.1 CPU 引脚资源分配 .....	91	7.5.1 模糊控制基本原理 .....	117
6.1.2 初始化模块 .....	92	7.5.2 模糊控制器的设计 .....	118
6.1.3 运动模块 .....	93	7.6 赛道记忆算法 .....	121
6.1.4 A-D 转换模块 .....	97	7.6.1 赛道记忆算法前提 .....	122
6.2 迷宫智能算法的实现 .....	98	7.6.2 赛道记忆算法描述 .....	122
6.2.1 沿跑道中线前进的判断程序 .....	98	参考文献 .....	123
6.2.2 无记忆功能迷宫算法的 编程实现 .....	99	<b>第 8 章 工程化应用实例</b> .....	<b>124</b>
6.2.3 有记忆功能的迷宫算法分析 .....	100	8.1 交流电动机矢量控制理论 .....	124
6.3 上位机软件 .....	104	8.1.1 感应电动机的空间矢量 .....	124
参考文献 .....	105	8.1.2 感应电动机矢量变换控制 .....	125
<b>第 7 章 竞赛机器人的运动控制</b> <b>算法</b> .....	<b>106</b>	8.2 大型起重机控制系统 .....	130
7.1 PID 控制算法 .....	106	8.3 大型起重机安全监控管理信息 系统 .....	133
7.1.1 PID 控制简介 .....	106	参考文献 .....	136
7.1.2 PID 控制算法分类 .....	107		
7.2 PID 参数整定 .....	111		

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 机器人概述

机器人一词最早出现于 1920 年捷克作家 Karel Capek 的剧本《罗萨姆的万能机器人》中,在该剧中“Robota”这个词的本意是苦力,是剧作家笔下的一个具有人的外表、特征和功能的机器,是一种人造的劳动力。我国采用的是意译,实际机器人的外形大多很少与人有相似之处。

机器人一词的出现和第一台工业机器人的问世都是近几十年的事。然而人们对机器人的幻想与追求却已有 3000 多年的历史。人类希望制造一种像人一样的机器,以便代替人类完成各种工作。西周时期,我国的能工巧匠偃师就研制出了能歌善舞的机器——伶人,这是我国最早记载的机器人。后汉三国时期,蜀国丞相诸葛亮成功地创造出了“木牛流马”,并用其运送军粮,支援前方战争。公元前 2 世纪,亚历山大时代的古希腊人发明了最原始的机器人——自动机,它是以水、空气和蒸汽压力为动力的会动的雕像,它可以自己开门,还可以借助蒸汽唱歌。

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技术的发展,以及核能的开发利用。自 1946 年第一台数字电子计算机问世以来,计算机技术取得了惊人的进步,向高速度、大容量、低价格的方向发展。大批量生产的迫切需求推动了自动化技术的进展,其结果之一便是 1952 年数控机床的诞生。与数控机床相关的控制、机械零件的研究又为机器人的开发奠定了基础。另一方面,核能实验室的恶劣环境要求用某些操作机械代替人处理放射性物质。在这一需求背景下,美国原子能委员会的阿尔贡研究所于 1947 年开发了遥控机械手,1948 年又开发了机械式的主从机械手。

1954 年美国戴沃尔最早提出了工业机器人的概念,并申请了专利。该专利的要点是借助伺服技术控制机器人的关节,利用人手对机器人进行动作示教,机器人能实现动作的记录和再现。这就是所谓的示教再现机器人。现有的机器人差不多都采用这种控制方式。

作为机器人产品最早的实用机型(示教再现)是 1962 年美国 AMF 公司推出的“VER-STRAN”和 UNIMATION 公司推出的“UNIMATE”。这些工业机器人的控制方式与数控机床大致相似,但外形特征迥异,主要由类似人的手和臂组成。1965 年,MIT(美国麻省理工学院)的 Robots 演示了第一个具有视觉传感器的、能识别与定位的、简单积木的机器人系统。

1973 年,瑞典的 ABB 与德国的 KUKA 分别将各自研发的最新一代工业机器人推向市场,IRB6 是 ABB 公司设计研发的世界第一款微处理器控制的全电动工业机器人;而 KUKA 推出的第一代自主研发机器人 FAMULUS 拥有多达 6 个驱动轴来完成复杂机械动作<sup>[1]</sup>。

如今机器人发展的特点可概括为:从横向看,应用面越来越宽,由 95% 的工业应用扩展到更多领域的非工业应用,像做手术、采摘水果、剪枝、巷道掘进、侦查、排雷,还有空间机器人、潜海机器人;从纵向看,机器人的种类会越来越多,像进入人体的微型机器人,

已成为一个新方向，可以小到像一个米粒般大小。最重要的是机器人智能化得到加强，机器人会更加聪明。具有感知能力和思维能力的机器人是我们追求的目标。归纳起来，机器人的发展除了受到人们想象力的限制外，还受到计算机技术、传感技术、材料的限制。

反过来，机器人的发展促进相关技术的进步。从1959年第一台机器人诞生到20世纪80年代初，机器人技术经历了一个长期缓慢的发展过程。到了90年代，随着计算机技术、微电子技术、网络技术等的快速发展，机器人技术也得到了飞速发展。除了工业机器人水平不断提高之外，各种用于非制造业的先进机器人系统也有了长足的进展。

现代机器人在处理器、远程控制与通信、信息采集系统、自动化设备等方面都有了显著的提升。同时，现代机器人的研发重心也在从工业机器人向服务型机器人转移，服务型机器人的成本相对更低，受众面也更广，随着人们对居家生活质量越来越高的要求，服务型机器人走入千家万户已成为机器人产业的新趋势。

随着计算机技术和人工智能技术的飞速发展，使机器人在功能和技术层次上有了很大的提高，移动机器人和机器人的视觉和触觉等技术就是典型的代表。由于这些技术的发展，推动了机器人概念的延伸。20世纪80年代，将具有感觉、思考、决策和动作能力的系统称为智能机器人，这是一个概括的、含义广泛的概念。这一概念不但指导了机器人技术的研究和应用，而且又赋予了机器人技术向深广发展的巨大空间，水下机器人、空间机器人、空中机器人、地面机器人、微小型机器人等各种用途的机器人相继问世，许多梦想成为了现实。将机器人的技术（如传感技术、智能技术、控制技术）扩散和渗透到各个领域，形成了各式各样的新机器——机器人化机器。当前与信息技术的交互和融合又产生了“软件机器人”“网络机器人”的名称，这也说明了机器人所具有的创新活力。

## 1.2 竞赛机器人的国际赛事

在世界科技和经济大发展的情况下，为了普及机器人知识，促进机器人技术的研究发展，世界上很多国家和地区纷纷开展了各种类型的机器人比赛。机器人比赛除了需要采用比较先进的技术外，还有几个特点：一是对抗性强的，比赛时间短，有很强的观赏性；二是能够充分地发挥参赛者的创造性思维；三是比赛策略和临场发挥非常重要；四是比赛规则和题目变化较大。

目前，日本、美国、英国等发达国家的机器人竞赛发展很快。在这些国家，从小学生到大学生，从学校到社会，都有各种不同的机器人比赛，日本每年都有很多机器人比赛，如走迷宫机器人比赛（老鼠机器人）、寻白线机器人、大学生机器人大赛。在英国有：ROBOT WARS、techno games，全民参加比赛，政府监督，电视台主办，形成了较为完整的机器人竞赛体系。因为有了这样的比赛，人们更加了解机器人，机器人的发展也得到很大的促进。

下面就简要介绍一下国际上比较有名的机器人竞赛：RoboCup竞赛、FIRACup竞赛、迷宫机器人竞赛、寻线机器人竞赛、迷宫操作机器人竞赛、灭火机器人竞赛、舞蹈机器人竞赛、相扑机器人竞赛等。

### 1.2.1 RoboCup 比赛

RoboCup（Robot World Cup，机器人世界杯）比赛的前身是日本机器人足球赛，是由日

本的北野宏明和浅田埤等学者于 1993 年 6 月发起创办的。它是通过提供足球比赛这样一个标准问题来促进人工智能、机器人以及相关领域的研究而建立的国际组织。其最终目标是经过 50 年左右的研究，使机器人足球队能战胜人类足球队。

1997 年 8 月 23 日，首届机器人足球世界杯赛在日本名古屋举行，来自美国、日本、欧洲和澳洲的 40 多支机器人足球队参加了比赛。众多国际知名学府成为 RoboCup 的首批参赛者。在举办第一届 RoboCup 的同时，1997 国际人工智能联合大会（IJCAI97）也在名古屋举行，在这之后，1999 年和 2003 年，RoboCup 和 IJCAI 都在同时同地举办，这也无疑表明了 RoboCup 在人工智能界的地位。图 1-1 所示为足球机器人比赛的两幅图片。

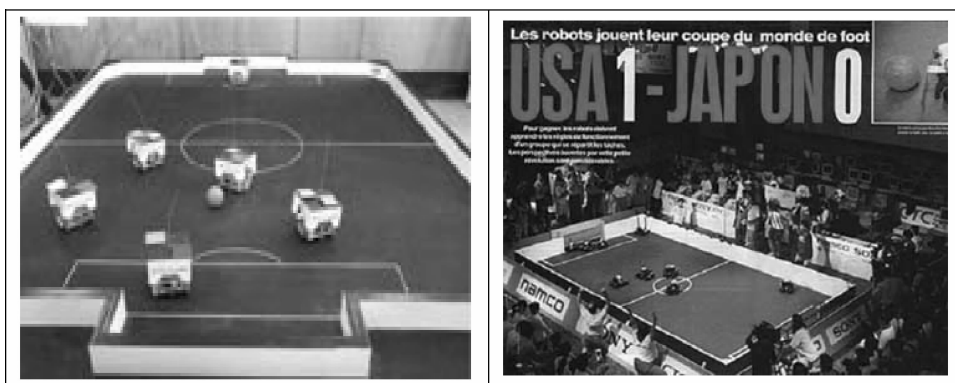


图 1-1 足球机器人比赛

RoboCup 至今已举办了 18 届，目前 RoboCup 的活动包括有：技术会议、机器人比赛、挑战计划、教育计划、基础发展等，而机器人比赛是所有活动的核心。目前机器人比赛的类型包括：

(1) 足球比赛 (RoboCupSoccer)

仿真组 (Simulation Team)；

小型组 (Small Size Team)；

中型组 (Middle Size Team)；

四腿组 (Sony Legged Team)；

类人组 (Humanoid League)。

(2) 营救比赛 (RoboCupRescue)

仿真组 (Rescue Simulation Team)；

机器组 (Rescue Robot Team)。

(3) 青少年比赛 (RoboCupJunior)

足球机器人 (Soccer Challenge)；

舞蹈机器人 (Dance Challenge)。

RoboCup 以其独特的魅力，成为各类国际机器人竞赛中最具水平和影响力的赛事之一。许多世界名校包括美国卡耐基-梅隆大学、康奈尔大学、斯坦福大学，澳大利亚新南威尔士大学，日本东京大学，新加坡南洋理工大学，荷兰阿姆斯特丹大学，德国多特蒙德大学以及

中国的清华大学、中国科技大学等都积极参与。由机器人联合会组织的 1999 年第四届机器人世界杯足球赛于 8 月 4~8 日在巴西的坎皮那斯举行。东北大学的“牛牛”队代表我国参加了比赛，并取得了 3 对 3 对抗赛的第五名和标准动作比赛的第一名的好成绩，为祖国争得了荣誉。第四届 RoboCup 足球赛及学术大会于 2000 年 8 月 25 日~9 月 3 日在澳大利亚墨尔本举行。来自约 30 个国家的 154 支球队参加了预选，约 100 支球队参加了正式比赛。在 40 支球队参赛的仿真组比赛中，中国科技大学“蓝鹰”队攻入 20 个球，“蓝鹰”队是第一支进入 RoboCup 的中国球队。最近两年的仿真组八强中，来自中国的球队在 RoboCup 比赛中表现突出，清华风神队更是连续夺得两次冠军和一次亚军。

### 1.2.2 FIRACup 比赛

FIRA 微机器人足球比赛最早是由韩国高等技术研究院 (Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST) 的金钟焕 (Jong-Hwan Kim) 教授于 1995 年提出，并于 1996 年在 KAIST 所在的韩国大田 (Daejeon) 举办了第一届国际比赛。1997 年 6 月，第二届微机器人足球比赛 (MiroSot97) 在 KAIST 举行期间，国际机器人足球联盟 (Federation of International Robot-soccer Association, FIRA) 宣告成立。此后 FIRA 在全球范围内每年举行一次国际机器人足球联盟杯 (FIRA Cup) 比赛，同时举办学术会议 (FIRA Congress)，供参赛者交流他们在机器人足球研究方面的经验和技能，这成为了 FIRA 的惯例。

在 FIRA 比赛蓬勃开展的同时，有关机器人足球系统和机器人足球比赛的理论研究也取得了长足进展。每一届世界杯比赛之前，主办者都会举行培训和研讨班，并在比赛举行的同时召开机器人足球专题的国际学术会议，这些论文集集中介绍了与机器人足球相关的视觉系统、运动规划、动作设计、策略选择等领域的最新研究成果。这些学术研讨和交流活动，极大地促进了相关学科的理论研究。

理论研究的成果使得机器人足球比赛的水平不断提高。在 1996 年的第一届 MiroSot 比赛中，大多数参赛队使用的视觉系统的采集/处理速度仅为 10 帧/s，机器人速度也不过 50cm/s。仅过两年，来自韩国的 Keys 队，凭借他们高达 60 次/s 的视频采集/处理速度和机器人 2m/s 的运动速度，在法国巴黎举行的 FIRA'98 世界锦标赛中一举夺魁，其足球机器人的表现让人惊叹不已。这些进步得益于电子和计算机技术的发展带来的硬件性能的飞速提高。

另一方面，有关足球机器人动作和策略的研究也成绩显著。早先的比赛当中，机器人之间缺乏合理的分工协作，很容易挤作一团。现在这种现象已不存在，随着策略研究的不断成熟，比赛的精彩程度也在不断增加。MiroSot 机器人的设计制造技术取得重大的进展，随着新的单片机技术的发展，机器人的控制更加可靠，运动速度成倍增加，同时也形成了共轴两轮独立驱动这种一直延续至今的小车布局。足球机器人如图 1-2 所示。

### 1.2.3 迷宫机器人比赛

第一次参赛的迷宫机器人 (MicroMouse) 是机械的。1972 年，《Machine Design》杂志发起了一场比赛，用弹簧做动力的迷宫机器人沿着跑道，比拼毅力，看谁跑的最远。最后获得第一名的迷宫机器人跑了 251.6m (825.3ft)。

迷宫机器人 (MicroMouse) 是一种小型自主探测迷宫的机器人。1977 年，IEEE (美国电气与电子工程师学会) 会刊 Spectrum 杂志提议并在世界范围内征集 MicroMouse 比赛，参

赛的迷宫机器人应在规定的迷宫区域内看谁最快地识别并走出迷宫。在 1977 年 5 月, Spectrum 宣布第一届美国迷宫机器人竞赛于 1979 年 6 月在纽约举行。

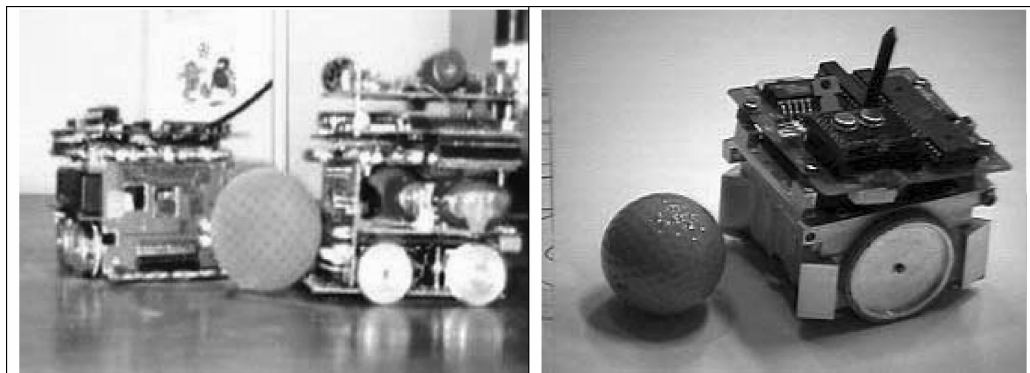


图 1-2 足球机器人

1978 年夏, 6000 只迷宫机器人在美国经历了三轮比赛, 其中的 15 只迷宫机器人一路过关斩将, 于 1979 年最终获得参加 NCC (全美计算机会议) 纽约年会决赛的资格。结果 Bolland and Dikkeknback 的“月光号迷宫机器人”以全程 29.78s 的成绩夺冠。此后, 此项赛事在一片褒奖声中一发不可收拾。

最著名的迷宫机器人是: Nick Smith's Sterling Mouse、Alan Dibley's Mitee Mouse I and Mitee Mouse II、Dave Otten's Mitee Mouse I and Mitee Mouse II, 如图 1-3 所示。

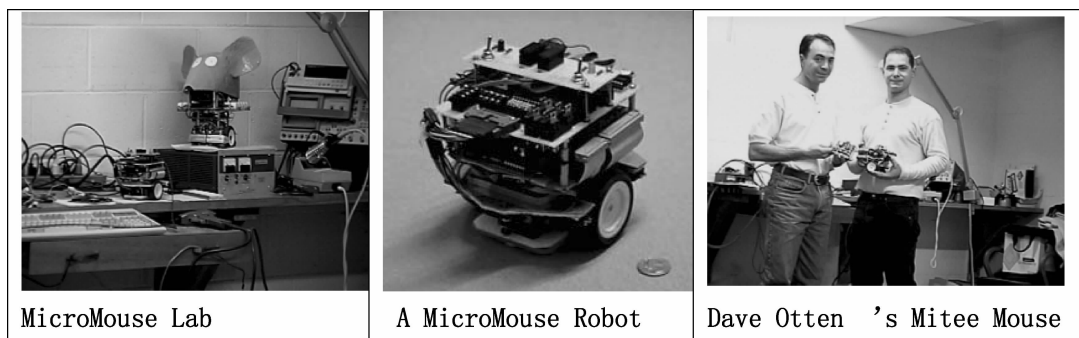


图 1-3 最著名的迷宫机器人

1980 年, 欧洲各国效仿美国, 每年在 Euromicro (欧洲微型计算机学会) 年会会场举办类似的比赛。1980 年, 欧洲人在伦敦举行了第一届欧洲迷宫机器人大赛, 18 个迷宫机器人没有到达终点。从日本科学基金会派去的参观者把竞赛规则带回了东京, 并举办了第一届全日本迷宫机器人竞赛。

1985 年 8 月, 来自全欧洲和美国的迷宫机器人参加了在东京举行的第一届世界迷宫机器人竞赛。所用的传感器有红外线传感器、超声波传感器、电荷耦合器件 (CCD) 传感器等。驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机。日本的 Noriko-1 队包揽了所有的比赛奖牌。日本从 1980 年开始举办全日本的机器鼠比赛, 每年有大约 100 台机器鼠参加比赛, 是知名度较高、基础雄厚、普及性较广的一项赛事。迷宫机器人比赛分三个项目: 走迷宫、寻线、

操作。

从第 13 届日本机器人比赛开始设置操作项目，任务是将迷宫路径上事先放置的圆罐反转倒置，在规定的时间内倒置的圆罐越多，得分越多。为此，机器人需要加强作业功能，如装备探测圆罐、翻转倒置圆罐的手抓等。

机器人走迷宫比赛是要求机器人从比赛场地中的起始区出发，在规定的时间内，寻找最好的路线走出迷宫，一般比赛是以机器人的俯视中心离开迷宫场地为准。这就要求不论迷宫形式怎样变化，机器人都能通过不断探测找到终点。一般机器人由行走机构、导向及障碍探测器、控制系统组成。它由蓄电池供电，可完成前进、后退、斜行、横移、转弯等动作。机器人穿越迷宫的整个过程，展示了全方位行走和路线识别技术。

迷宫机器人一旦起动，必须在没有参赛选手的干预下自动控制，机器人必须是由计算机程序控制，而非人工现场控制。机器人在运行过程中可以碰撞或接触墙壁，但是不能故意标记和破坏墙壁。机器人经过比赛场地时不能把任何东西留在后面，并且不能在比赛场地留下任何可以帮助它运行的标记。如果裁判认为机器人故意破坏了比赛场地（包括墙壁），该机器人将被取消参赛成绩或资格。

#### 1.2.4 寻线机器人比赛

从第 7 届迷宫机器人比赛开始设立寻线比赛项目。迷宫机器人在黑底色比赛场地上巡着白色条带标志路线行进（从第 13 届起，路径可实时改变），条带宽度为 1.9cm，路线由若干直线和圆弧形成的复杂曲线，可以近似直角地连接或交叉，如图 1-4 所示。所有的圆弧曲率半径大于 30cm，在曲线拐点处也有标志，且将其邻近长 1m、宽 0.4m 的区域划分为出发区。迷宫机器人的尺寸限制在 25cm × 25cm × 20cm（长 × 宽 × 高）内，重量不限。在起点，允许在 3min 的限定时间内环绕场地试走 3 圈，每圈终了必须在出发区内自动停车后再起动。因此，可以在环绕策略上进行规划。比如第一圈探测直线曲线、熟悉和记忆场地等。第二圈尝试和选择加减速度的合适数值、改变战略等。第三圈应当全速前进。寻线一周所用时间最短的机器人获胜。比赛路线每年变动，机器人需要在现场靠标志物的特征实时识别路线，因此对机器人的智能有一定的要求。

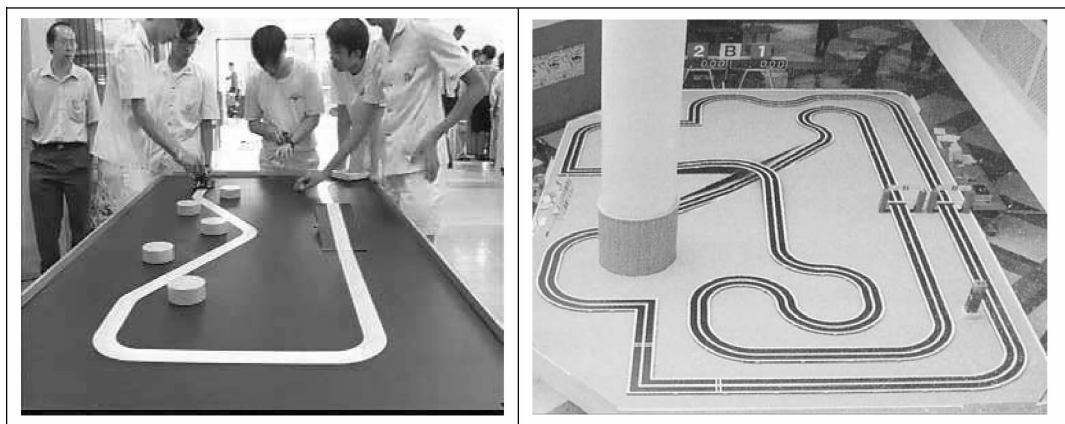


图 1-4 寻线机器人及场地

### 1.2.5 灭火机器人比赛

灭火机器人需要主动寻找蜡烛火焰，它可以运用类似水、空气、CO<sub>2</sub>、Halon（哈龙——属于卤代烷的化学品，主要用于灭火）等物质，或者使用机械方式扑灭蜡烛火焰，但是禁止使用任何危险的或可能破坏比赛场地的方法或物质。比如，不能通过燃放爆竹产生冲击波来使蜡烛熄灭，也不能通过碰倒蜡烛而使蜡烛熄灭。蜡烛在燃烧状态时不允许被撞倒。如果机器人在灭火过程中碰撞蜡烛，机器人的运行仍然有效。如果蜡烛被撞倒，按未完成灭火任务处理。机器人扑灭蜡烛的过程中所产生的杂物，例如水、发酵粉、生奶油等遗留物，将在竞赛间歇被裁判员清理干净。

机器人在试图扑灭火焰前，必须到达距离火焰 30cm 以内。在距离火焰 30cm 的圆上有一条 2.5cm 宽的白线，机器人在扑灭火焰之前，必须有一部分在圆圈内。为了使围绕蜡烛的圆圈不会碰到代表门的线，蜡烛必须离门口足够远。蜡烛将随机地放在比赛场地的任意一个房间里。在机器人所经历的 3 次测试中，蜡烛至少放在两个以上的房间里测试。蜡烛放在一间房子的任意位置，但不能放在走廊上。机器人的前端在进入房间碰到蜡烛前应至少可以移动 33cm。两款灭火机器人如图 1-5 所示。

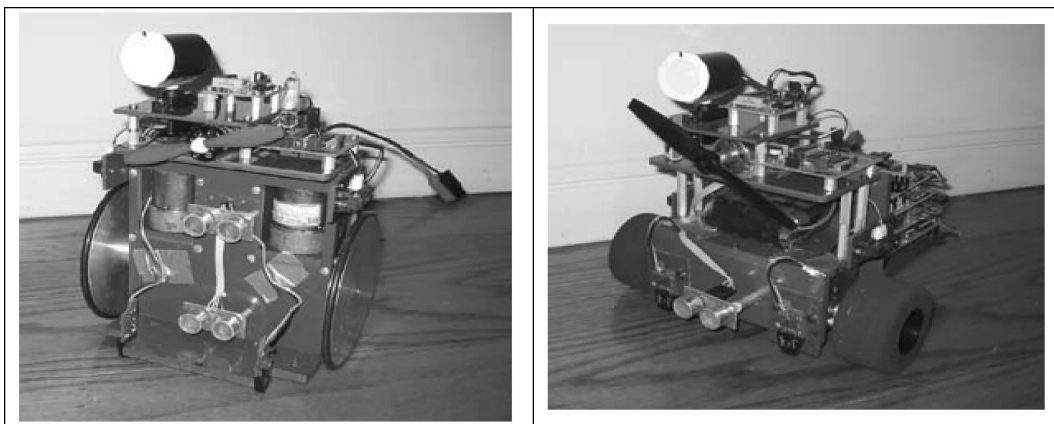


图 1-5 灭火机器人

### 1.2.6 舞蹈机器人比赛

舞蹈机器人比赛是一项观赏性很强的比赛。机器人舞蹈既具有极强的观赏性和趣味性，更是一个系统化的工程设计。舞蹈机器人涉及了机电一体化技术、检测和传感技术、精密加工和机械密封技术、现代化控制技术和管理技术、光电感应技术、计算机程序控制技术等多个方面，是集成了多学科前沿技术的运动机器人的一种。舞蹈机器人比赛需要多位评委为机器人的表现打分，是一项融技术与艺术于一体的比赛。在世界重大的 RoboCup 比赛中，RoboCup Junior 比赛的一个最吸引人的项目就是舞蹈机器人大赛。另外，在 2001 年由日本发起并举办的“国际机器人竞赛节（RoboFesta）”中，舞蹈机器人比赛也由最初的表演性比赛发展到现在的正式比赛项目。两个比赛的基本规则类同，都需要考虑机器人的技术含量和艺术表现力两个方面。图 1-6 所示为入选美国科技杂志推出“机器人明星榜”的舞蹈机器人“梦露”。

舞蹈机器人的脸庞脱胎于玛丽莲·梦露，长长的裙摆藏起了它的三个轮子。跳舞机器人高 1.6m，能像人一样跳华尔兹。安装在机器人上身的传感器能令其“预测”舞伴的下一个舞步。跳舞机器人不仅会跳舞。一位设计者说：“机器人可以通过用户的运动，预测他们的需求，能够为体弱多病的老人或残疾人提供更到位的服务，这些人只要发出口头指令便可以。”

### 1.2.7 相扑机器人比赛

出于对相扑运动的喜爱，日本于 1990 年 3 月举行了第一届相扑机器人大会，大会举办得相当成功，同年 12 月又举行了第二届相扑机器人大会。自次年起，相扑机器人大会定于每年的 12 月举行。“相扑”是一个体育竞技比赛，目标是通过机器人的短刃接触把一方推出界外，是一项有趣而激动人心的活动，它不仅仅是一个展示机器人技术的好机会，更能体现一个学生应用传感技术对信息的综合处理能力和创新思维。

机器人相扑比赛的规则要求机器人的长和宽不得超过 20cm，重量不得超过 3kg，对机器人的身高没有要求，如图 1-7 所示。机器人的比赛场地是高 5cm、直径为 154cm 的圆形台面。台面上敷以黑色的硬质橡胶，硬质橡胶的边缘处涂有 5cm 宽的白线。这种以黑白两色构成边界线的比赛场地便于相扑机器人利用低成本的光电传感器进行边界识别。相扑机器人使用的传感器有：超声波传感器、触觉传感器等，成本也都不高。正是由于费用不太高，所以发展很快，到 1993 的第 4 届比赛，参赛机器人已超过 1000 台。由于竞技过程是双方机器人“身体”的直接较量，气氛紧张、比赛激烈。



图 1-6 舞蹈机器人“梦露”

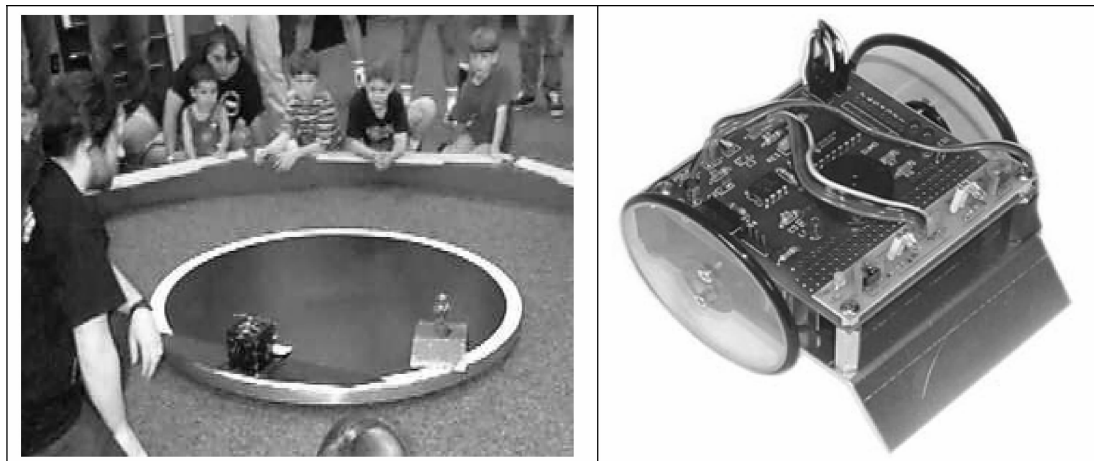


图 1-7 相扑机器人

相扑机器人比赛的规则比较宽松，给参赛者留有较大的发挥空间。比如，为了防止被对手推下赛台，有的相扑机器人采用了必要时可将自己的底部吸附在比赛场地的方法，并靠这

种策略多次赢得了胜利。

### 1.2.8 搏斗机器人

《机器人大擂台》是由英国 TNN 电视台发起并组织的世界规模最大的科普类竞赛节目，1998 年在英国电视台首次公演。截至 2008 年，它的搏斗系列已经覆盖了全球 27 个国家，包括英国、美国、瑞典、意大利、荷兰等。其中的很多国家现在也发展了自己的机器人大战系列。参赛的机器人选手也由最初的 30 多部机器人发展到每年有 1700 多部机器人参赛，比赛的科技含量和激烈程度逐年增加，观众的参与兴趣也与日俱增。同时，通过比赛现场的讲解，该活动也丰富了世界各地青少年的相关科技知识，加深了他们对机器人技术的兴趣，极大地增强了他们的动手能力。

在该节目中，参赛选手设计并制造无线电控制的格斗机器人以角斗士的方式进行战斗，竞争者依赖于机器人闪电般快速的反应和驱动能力来击败对手。这些精锐的机器人不仅相互之间战斗，并且要与主办方的机器人周旋。图 1-8 所示为第五届《机器人大擂台》冠军，也是进入格斗机器人名人堂的“利箭”与主办方设置的主场机器人“机器骑士”。主场机器人负责在场上巡逻，摧毁并分解进入禁区的参赛机器人。该比赛采取类似足球联赛的形式，组织者将机器人分成若干小组，进行淘汰赛，直至决出一个总冠军。在淘汰赛中机器人在障碍物之间穿行，试图击倒目标。挑战越大，所能得的分越高。胜者直接进入半决赛。在半决赛中，机器人在格斗场上相互格斗，直到其中一个机器人被击败，如果出现平局，则专家委员会将根据四条标准（①破坏程度；②战斗风格；③攻击性；④控制），决定哪个机器人取得胜利。后来又经过改进，障碍物被取消，成为纯机器人格斗比赛，与半决赛规则一样，彻底摧毁对方或是四项评分较高的机器人将获胜。



图 1-8 格斗机器人

## 1.3 国内的机器人比赛

机器人竞赛是近年来国际上迅速开展起来的一种高科技对抗活动，它涉及人工智能、自动控制、机械电子、通信、传感及机构等多个领域的前沿研究和技术融合。它集高科技、娱乐和比赛于一体。同时机器人技术水平也是一个国家科技水平的重要标志之一。近年来，在

我国大学，机器人作为机械电子学、计算机技术、人工智能等的典型载体被广泛地用来作为工科本科生的讲授课程之一；在中学，模型机器人则逐渐成为素质教育和技能实践的选题之一，各种机器人比赛方兴未艾。

下面就简要介绍一下国内主要的机器人竞赛：

### 1. 中国青少年电脑机器人比赛

中国青少年电脑机器人比赛是由中国科学技术协会和其他相关部门共同主办，由中国科学技术协会青少年部和省、自治区、直辖市科学技术协会，省及省级青少年电脑机器人竞赛组织单位等共同承办。大赛接受社会各界赞助和协办。

青少年电脑机器人活动，是一项综合多种学科知识和技能的青少年科技活动，孩子们通过计算机编程、工程设计、动手制作与技术构建，结合孩子们的日常观察、积累，去寻求自己最完美的解决方案，发展自己的创造力。中国青少年电脑机器人竞赛是以弘扬科学技术、突显创造与创新、强化团队贡献、培养科学素质、关联当今世界面临的问题与机遇为宗旨。中国青少年电脑机器人活动将现实世界的事物与“动手做”活动相结合，放手让青少年通过活动，去发现解决问题的方法，并获得那些当今科学家和工程师们所面对的机会。同时，它也是中国科学技术协会在 21 世纪青少年科技创新活动中着力创建和打造的一个崭新品牌，是青少年科技竞赛活动探索走向社会化的一种尝试。

赛事包括 FLL（FIRST LEGO League 机器人世锦赛）和 IROC（国际机器人奥林匹克委员会）的比赛项目等。图 1-9 所示为比赛中的一款机器人。

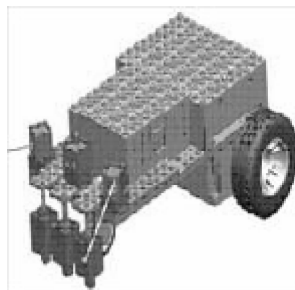


图 1-9 中鸣简易版  
积木机器人套件

### 2. 亚太大学生机器人电视大赛

作为亚洲广播联盟（ABU，简称亚广联）成员国，中央电视台积极参与亚广联组织的亚太地区大学生机器人电视大赛，并依据亚广联当年公布的比赛主题与规则，组织全国大学生机器人电视大赛，并建立了专题网站——全国大学生机器人电视大赛网站（<http://www. robocon. com. cn>）。全国大学生机器人电视大赛由中央电视台主办，教育部、科技部、中国科学院、中国科学技术协会共同协办。该项大赛的目的是培养和开发全国大学生的聪明才智与创新精神，展示当代大学生机器人制作能力与高新技术应用水平。比赛的各项规程由中央电视台本着“是否有利于学生的科技创新，是否有利于发展机器人技术，是否有利于比赛的精彩性与可观赏性，是否有利于机器人大赛的健康发展”的原则，与各高校代表队商议制定。各高校根据当年的比赛主题，并结合本校实际情况报名参赛，一校一队。比赛设冠军 1 名、亚军 1 名、季军 2 名以及优胜奖 12 名，其中冠、亚、季军可获得由组委会颁发的奖金；比赛同时还设立最佳创意、最佳技术、最佳设计、最佳策略和最佳风格等奖项，由大赛评审委员会根据比赛表现评选决定。

ABU Robocon（Asia Broadcast Unit Asia-Pacific Robot Contest，亚广联亚太地区机器人大赛）是由亚广联节目部发起倡导的。此活动的前身是日本广播协会的机器人比赛，该项赛事从 1988 年开始，于 1989 年成为日本广播协会（NHK）每年的赛事，命名为“全日本机器人大赛”。1990 年第一次邀请国外代表队参赛，成为一项国际性比赛，历时十年。中国清华大学、北京航空航天大学上海交通大学都曾参加过该项赛事，其中清华大学曾于 1998 年获得第三名的好成绩。

2000年3月“亚广联亚太地区机器人大赛”第一次筹备会议在日本举行，成立了“亚广联亚太地区机器人大赛”筹备委员会，并选举了六个常任理事机构（中国 CCTV、日本 NHK、韩国 KBS、新加坡 TCS、泰国、印尼），筹备委员会的秘书处设在日本 NHK 的总部。2001年2月份，在马来西亚召开了第一届“亚广联亚太地区机器人大赛”的预备会议。

2002年8月31日，由亚广联主办、日本 NHK 承办的第一届亚太地区机器人大赛的总决赛在日本东京成功落下了帷幕。参加此次比赛的有来自包括中国科技大学和澳门大学在内的19个国家和地区的20支代表队，竞相参与题为“攀登富士山顶”的角逐。中国科技大学在比赛中一路过关斩将，在决赛中由于场地太滑，机器人无法接近得分最多的“富士山顶”，以两分之差惜败给越南胡志明市科技大学队，获得亚军。图1-10所示为中国队与越南队的比赛。



图 1-10 中国队与越南队比赛

每届大赛的主题由承办国提出。第一届大赛由日本提出“攀登富士山”，第二届大赛由泰国提出“藤球太空占领者”，第三届大赛由韩国提出“鹊桥相会”，都力图跟自己的民族文化联系起来。第四届大赛由中国主办，提出的主题是：“登长城点圣火”，这也跟我国的历史文化和举办奥运密切相关。机器人大赛和足球比赛不一样，在足球比赛中，观众的喝彩能够增强运动员的斗志，鼓舞士气。但在机器人大赛中，机器人听到喝彩、助威不会激动，反而有可能影响操作机器的人正常发挥。有时决赛上场时机器人发生故障，到最后一刻被淘汰，非常可惜。机器人大赛的主要看点：一是机器人高智能的表演，二是选手高超的战术，三是双方高水平的“智斗”。实际上，机器人比赛，最好看、最精彩、最激烈的往往就在关键的三分钟里。因此，可以说是“精彩三分钟，感动三分钟。”

除了每年的承办国之外，其他国家或地区每年只能有一只参赛队代表国家出征 ABU - Robocon。我国中央电视台为了选拔能够代表中国参赛的代表队，自2002年开始举办中央电视台机器人电视大赛（简称 CCTV-Robocon），以选拔队伍参加亚广联亚太地区大学生机器人大赛。