

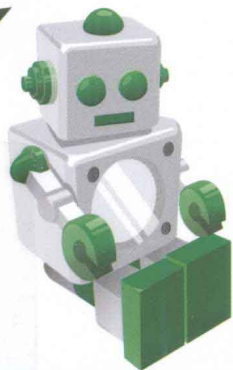


工作导向创新实践教材

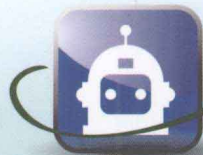
# 智能移动机器人的 设计、制作与应用

校企合作的经典体现

秦志强 彭建盛 陈国璋 编著



▶▶ 学智能移动机器人技术  
从这里开始...



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

工作导向创新实践教材

# 智能移动机器人的设计、 制作与应用

秦志强 彭建盛 陈国璋 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书介绍了基于 PC 的智能移动机器人平台的研究和实践过程。通过“学中做、做中学”的方式，按照工作导向和构建主义的思路展开，循序渐进地介绍和构建智能移动机器人的移动子系统、本能控制子系统、智能控制子系统和传感检测子系统，以及如何基于这些子系统完成机器人的定位、规划、导航、通信和协作任务，最后通过将智能移动机器人应用到 RoboCup 中型组足球机器人竞赛，介绍智能移动机器人应用系统的硬件集成和软件开发技术。

本书通俗易懂、内容丰富，每个章节都是基础理论和应用实践的有机结合，可作为高等本科院校和高职院校的计算机、电子信息、自动化、机电一体化等相关专业的智能移动机器人课程教材和教学参考书，也可以作为工程实训、智能移动机器人竞赛的实践教材和实验配套教材，同时还可以作为广大从事自动控制、智能机器人等系统开发和设计的工程技术人员、教师或者个人参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

智能移动机器人的设计、制作与应用/秦志强，彭建盛，陈国璋编著. —北京：电子工业出版社，2012.5  
工作导向创新实践教材

ISBN 978-7-121-16946-5

I. ①智… II. ①秦… ②彭… ③陈… III. ①智能机器人—高等职业教育—教材 IV. ①TP242.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 087621 号

策划编辑：王昭松

责任编辑：郝黎明 文字编辑：王艳萍

印 刷：三河市鑫金马印装有限公司  
装 订：

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×980 1/16 印张：13.5 字数：294 千字

印 次：2012 年 5 月第 1 次印刷

印 数：3 000 册 定价：30.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

# 前 言

“工作导向创新实践教材”丛书自 2007 年 12 月出版以来，得到了许多高等本科院校和职业技术学院的关心与厚爱，在此感谢所有使用过本丛书的老师和同学。

工作导向的概念，不只是一个简单的概念游戏，而是包含了深刻的哲理。哲理的感悟，源于不断地实践、归纳、推理和再实践的螺旋式上升过程。本书的出版更是实实在在地体现了这种不断重复实践、不断归纳总结、不断推陈出新的过程。

本书起源于 2005 年中科鸥鹏智能科技有限公司与华南理工大学合作开发的 RoboCup 中型组足球机器人项目。2005 年开发的第一代 RoboCup 中型组两轮足球机器人平台在中国机器人大赛上首次使用，获得了三等奖。在开发之余，为了更好地推广足球机器人，开始了相关教材的编写工作，第一稿在 2006 年基本成型。2007 年，中科鸥鹏智能科技有限公司与华南理工大学继续合作开发了第二代四轮全向移动机器人，并在当年的中国机器人大赛中获得了亚军。为此，该款足球机器人受到了国内众多高校的青睐，在不断的升级和改造中，陆续生产、销售了近百套，客户遍及国内 30 多所高等院校，占中国机器人大赛 RoboCup 中型组比赛队伍的一半以上。为了能够更好地服务这些学校，我们加紧了该书的编辑和整理工作。但是，从 2009 年起，受到高校投资规模收缩和厂商相互恶性竞争的影响，中型组足球机器人市场急剧萎缩，该书的出版就一度搁置了下来。

2011 年起，国内服务机器人行业又风生水起。无论是 RoboCup 足球机器人还是家庭服务机器人，其移动平台和核心的控制技术基本相同。因此，我们重新开始着手本书的编辑和整理工作。不过，其基本的目标读者发生了变化，从原来的主要面向 RoboCup 中型组足球机器人用户，调整为面向整个服务机器人维护、开发和研究的用户，目的是让未来准备从事服务机器人行业的学生和老师能够不用花费太多的时间在这些基本的共性的技术方面，能够快速面向应用提出自己的解决方案。

我们希望本书能够向学习机器人的大学生和研究生，提供他们在未来职业生活中所需要用到的移动机器人技术方案、相应的基础知识和分析方法。总体而言，本书可作为智能移动机器人设计、制作、维护、乃至研究的实践教材，既适合于高职学生，又适合于本科生和研究生。

本书的编辑和出版横跨了七年的时间，见证了 RoboCup 中型组足球机器人竞赛队伍的迅速扩张到快速萎缩的整个过程，再一次验证了急功近利对一项前沿技术的兴起和发展没有益处。同时期望本书能够成为智能移动机器人技术的一个新的起始点，那就是对于我们的莫大鼓舞了。

本书由秦志强、彭建盛、陈国璋编著，在编辑和出版的过程中得到了华南理工大学闵华清教授、朱金辉博士的大力支持，同时也得到了深圳市中科鸥鹏智能科技有限公司几代工程

师的不断实践和验证，以及众多中科鸥鹏用户提出的宝贵意见和建议，在此一并表示感谢，这些客户包括中国矿业大学、北京工业大学、北京工商大学、北方工业大学、西安科技大学、湖南科技大学、华中农业大学、武汉工程大学、上海第二工业大学、淮阴工学院、南通大学、常州信息职业技术学院、西安航空职业技术学院、淮安信息职业技术学院、渝州科技职业技术学院等。

为了更好地服务用户和推动智能移动机器人技术的进步，中科鸥鹏将投巨资开发的足球机器人软件源代码面向所有高校用户开放，需要者可以登录以下网址与中科鸥鹏联系：[www.szopen.cn](http://www.szopen.cn)。有关本书的任何意见和建议，请直接发到电子邮箱：[1393027003@qq.com](mailto:1393027003@qq.com)，共同研讨。

编著者  
2012.5

# 目 录

<b>第 1 章 智能移动机器人及研发平台的构建</b> .....	(1)
学习情境 .....	(1)
任务 1 寻找日常生活中的移动机器人产品 .....	(2)
任务 2 了解机器人及智能移动机器人的发展历史 .....	(5)
任务 3 探究智能移动机器人的通用控制结构 .....	(7)
任务 4 构建基于 PC 的智能移动机器人系统开发平台 .....	(8)
任务 5 智能移动机器人研发平台的选择 .....	(11)
工程素质和技能归纳 .....	(11)
科学精神的培养 .....	(13)
<b>第 2 章 智能移动机器人的移动子系统</b> .....	(14)
学习情境 .....	(14)
任务 1 寻找不同运动方式的移动机器人 .....	(14)
任务 2 了解一些轮式移动机器人的移动机构 .....	(19)
任务 3 数学分析: 轮式移动机器人的运动学模型 .....	(21)
任务 4 构建轮式移动机器人的驱动系统 .....	(24)
任务 5 典型的移动子系统实现方案 .....	(26)
工程素质和技能归纳 .....	(26)
科学精神的培养 .....	(28)
<b>第 3 章 智能移动机器人的本能控制子系统</b> .....	(29)
学习情境 .....	(29)
任务 1 智能移动机器人本能控制系统硬件架构 .....	(29)
任务 2 熟悉智能控制与驱动模块 OpenCS-5A/8A .....	(30)
任务 3 掌握智能控制与驱动模块的使用和操作 .....	(36)
任务 4 车载本能控制层经典任务案例分析 .....	(53)
任务 5 学习典型的控制子系统实现方案 .....	(69)
工程素质和技能归纳 .....	(69)
科学精神的培养 .....	(74)
<b>第 4 章 智能移动机器人的智能控制子系统</b> .....	(75)
学习情境 .....	(75)

任务 1 智能控制层的硬件选型 .....	(75)
任务 2 熟悉智能控制层系统的软件开发平台 .....	(78)
任务 3 编写第一个 VC++ 机器人程序 .....	(79)
任务 4 智能移动机器人的目标追踪 .....	(87)
工程素质和技能归纳 .....	(92)
科学精神的培养 .....	(93)
<b>第 5 章 智能移动机器人的传感与检测子系统 .....</b>	<b>(94)</b>
学习情境 .....	(94)
任务 1 测距传感器及其应用 .....	(94)
任务 2 视觉传感器及其应用 .....	(97)
任务 3 全局定位传感器及其应用 .....	(103)
任务 4 语音传感器及其应用 .....	(108)
任务 5 方位传感器及其应用 .....	(110)
工程素质和技能归纳 .....	(115)
科学精神的培养 .....	(116)
<b>第 6 章 智能移动机器人的定位、规划与导航 .....</b>	<b>(117)</b>
学习情境 .....	(117)
任务 1 智能移动机器人的定位 .....	(117)
任务 2 智能移动机器人的路径规划 .....	(119)
任务 3 智能移动机器人的导航 .....	(124)
工程素质和技能归纳 .....	(125)
科学精神的培养 .....	(125)
<b>第 7 章 多智能移动机器人的通信与协作 .....</b>	<b>(126)</b>
学习情境 .....	(126)
任务 1 构建多机器人系统的体系结构 .....	(126)
任务 2 多机器人系统的通信实现 .....	(127)
任务 3 多机器人系统的任务规划 .....	(135)
任务 4 多机器人系统的运动规划 .....	(136)
工程素质和技能归纳 .....	(137)
科学精神的培养 .....	(138)
<b>第 8 章 智能移动机器人的应用——RoboCup 足球赛 .....</b>	<b>(139)</b>
学习情境 .....	(139)
任务 1 熟悉和了解 RoboCup 足球机器人比赛 .....	(139)
任务 2 RoboCup 中型组足球机器人系统的硬件设计与实现 .....	(143)

任务 3 RoboCup 中型组机器人的软件与编程 .....	(162)
任务 4 RoboCup 中型组足球机器人的实战对抗演练 .....	(199)
工程素质和技能归纳 .....	(200)
科学精神的培养 .....	(201)
<b>附录 A 配套智能移动机器人平台技术参数表 .....</b>	<b>(202)</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>(204)</b>



# 第 1 章 智能移动机器人及研发平台的构建



## 学习情境

随着中国经济及社会的不断发展，机器人在各个领域的应用越来越广泛，机器人已经从早期的实验室及工业现场，逐步走向家庭、个人、学校以及军事领域。在国际上，美国、日本、以色列、欧盟等，也早已开展机器人在各个领域的研究和技术开发，并且取得了不俗的成绩。如日本本田公司的 ASIMO 行走机器人、美国和以色列的无人机飞行机器人等，都声名显赫。这些机器人能够自主地完成某些功能，因此都属于智能移动机器人范畴。很明显，国内机器人技术和先进国家相比，还有一定的差距。但可喜的是，随着 RoboCup 足球机器人大赛进入中国，国内的高校及科研领域掀起一股参与热潮，很大程度上促进了中国机器人技术的发展，提高了国民在机器人方面的认识。在国内，青少年参与机器人比赛已经成为时尚潮流，而让更多的群众尤其是青少年朋友了解机器人、喜爱机器人，向他们普及现代科学知识，培养更多的机器人方面的优秀人才，已经成为智能移动机器人发展的关键所在。

随着 21 世纪知识经济时代的到来，创新教育将越来越成为现代教育的灵魂。对高等教育来说，除了要培养大学生的创新意识和创新精神，更要注重训练他们的创造性思维方式和开拓性创新能力。通过智能移动机器人创新制作和挑战项目，可以很好地训练学生的创造性思维能力。

要完成智能移动机器人创新制作和挑战项目，必须从具体的机器人应用项目开始。要完成具体的机器人项目，离不开机器人应用开发平台的构建。本书以基于 PC 的智能移动机器人系统作为应用开发平台，RoboCup 中型组足球机器人作为具体应用项目，展开对智能移动机器人的创新制作和挑战。要完成本书的所有内容，读者必须具备比较扎实的电子信息技术知识和 C 语言、VC、VS.Net 软件程序设计能力，以及基础的控制技术和传感器应用能力。

要提高智能移动机器人研究和开发技术水平，参与机器人比赛和技术交流也很重要，这是由机器人的技术特点所决定的。不断的技术交流与学习将会给予机器人爱好者或参与者以深入的启发，进而提高其本身的技术水平。这其中，一个很好的途径就是参与各种机器人足球比赛，通过比赛进行实践、归纳、总结和提高。

本章首先探究已经产业化的智能移动机器人产品，然后介绍智能移动机器人的通用控制结构，最后介绍如何构建基于通用控制结构的智能移动机器人产品研究和开发平台。



## 任务1 寻找日常生活中的移动机器人产品

### 1. 清扫机器人

清扫机器人属于智能型家居移动机器人，内置独立的计算机系统，有记忆功能，配备自动螺旋导航系统及无尘袋等，可以自行对房间做出测量，做到无须人工干预即可自动清洁并收集粉尘，可以有效地清扫各种木地板、水泥地板、磁砖，以及油毡、短毛地毯等。

清扫机器人不仅可以进行清扫，还能通过红外传感器探测周围的环境并进行判断，自动躲避墙壁和楼梯。即使把它放在桌子或楼梯上，它也不会往下掉，而且还能灵巧地进入床底、桌底、沙发下面等一切人工难以打扫的角落，又不会破坏家具。清扫机器人的操作也非常人性化，不仅能记忆路线、定时打扫，还具有独特的虚拟墙发射技术，可以在使用前设置好，不让它进入某些“禁地”。如果机器的电量快用完了，其独特的回充系统也完全无须人工干预自动充电。充电完成后，机器人会继续回到工作岗位完成之前设定的任务。

拥有这么强大的功能，那么清扫机器人是如何工作的呢？

首先，机器人必须能自动规划清扫路径，通过其上配置的电脑芯片控制左右轮差速转动，实现内螺旋圆弧形清洁路线。当圆形的半径拓展到一定距离（如大于 7.5m）时，芯片程序会控制机器人离开当前路线，在 7.5m 远处再次执行圆弧清洁。大量的圆弧对地面实现无缝覆盖，从而达到全面清洁地面的目的。

其次，在清扫机器人底部的前端，安装了多个红外线感应头，每一个感应头包含一个发射头和一个接收头。红外线发射头发射的红外信号经地面发射后，被对应的接收头接收。如果机器人底部距地面的高度超过 5mm，电脑芯片便会控制机器人后退并调整其行走方向，避免其从高空跌落，保证清扫工作安全开展。

再者，对于不需要清扫的区域，则可利用虚拟墙技术避开。清扫机器人虚拟墙在开启之后，会在左右各 0.5m、前方 3.5m 处发射红外线信号，机器人机身上的多个红外线感应头在接触到由虚拟墙发射出来的红外线后，就不会继续前进，以避免进入该区域内打扫。

最后，清扫机器人在电量快要耗完时，顶部的红外线发射头会发射无线电信号，当充电基座上的两个红外线接收头接收到该信号后，机器人便与充电基座取得联系。通过两个红外线接收头对机器人进行引导，使其慢慢靠拢，最终实现充电对接。如图 1.1 所示为一款典型的清扫机器人。

### 2. 远程监控机器人

远程监控机器人是一种监控功能较强的智能移动机器人。它主要用于家庭、工业现场或其他领域，目的是获得监控视频、自主漫游及巡逻、避开障碍物、发送现场视频以及图片信息等。下面以 WowWee 公司的 WowWee Rovio 远程监控机器人来说明，如图 1.2 所示。它可以在你出门后与你保持联系，让你出门在外高枕无忧，不必担心家具、家人和宠物的安全。



这也是和心爱的人以及宠物保持联系的上佳方式，通过机器人可以时不时去看看他们，向他们问声好，确保他们没有遇上麻烦。主人不在家时，机器人自动在屋里巡逻，并通过 E-mail 发送高质量的高清照片，显示家里各角落的情况。更重要的是，无论你在世界上的哪个角落，只要与因特网连接，并拥有一个与浏览器兼容的计算机设备，如苹果机、PDA 等，你就可以远程控制机器人 Rovio，并接收视频和音频。使用合适的浏览器平台，还能实现双向的视频和音频会话，把 Rovio 当做灵活的移动网络摄像机来使用。



图 1.1 典型清扫机器人实例

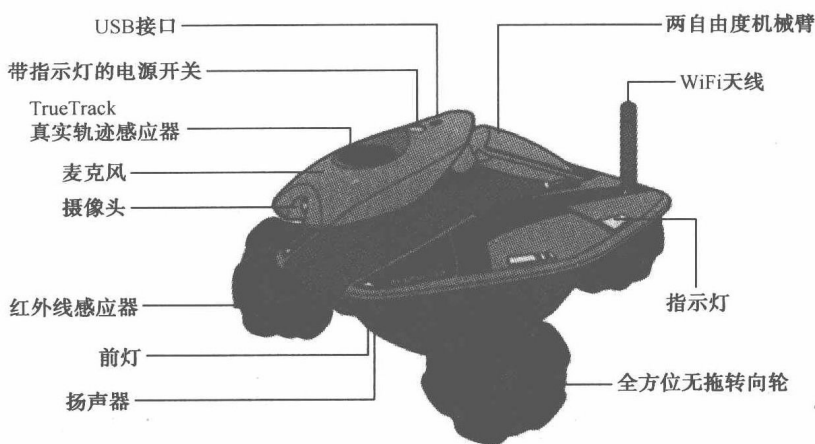


图 1.2 WowWee Rovio 远程监控机器人

如图 1.3 所示为 Rovio 远程监控机器人的充电器，这个充电器包括一个会发光的指示灯。北极星 (NorthStar) 室内定位与导航系统使 Rovio 在家中能精准地按照巡逻路线自行充电或离开充电器。如果你的房子足够大，或者有多余的房间，可以另外购买 TrueTrack 指示灯，这样 Rovio 就可以覆盖这些地方了。



Rovio 可以与支持网络协议的无线局域网相连，动态地配置于微软 Windows 系统和苹果的 Mac 系统，前提是使用匹配的无线局域网网卡。Rovio 的无线局域网设置如图 1.4 所示。

你甚至可以用手中的 iPhone 控制 Rovio：在苹果软件商店输入“Rovio Driver”，就能找到这款由 Bertrand Leroy 开发的 Rovio 控制软件，下载和安装都比较方便。使用这款软件，可以很方便地利用 iPhone 内置的重力加速计来对它进行控制，并通过 iPhone 的屏幕来查看 Rovio 摄像头拍下来的图像，同时还可以控制 Rovio 的头部转向。

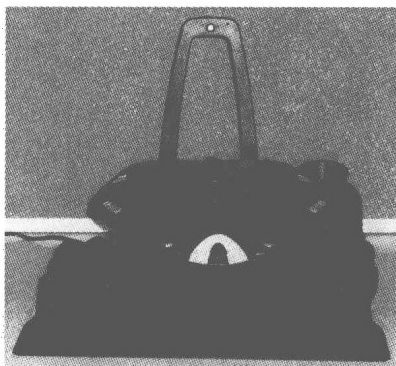


图 1.3 Rovio 远程监控机器人充电器

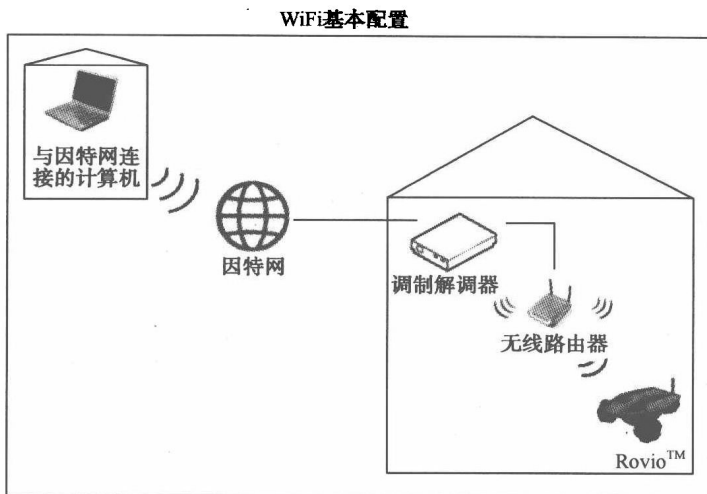


图 1.4 Rovio 无线局域网设置

### 3. 排爆机器人

排爆机器人是排爆人员用于处置或销毁可疑爆炸物的专用机器人，用来避免不必要的人员伤亡。这些机器人一般在机场和口岸，以及一些大型的体育场馆外可以看到，如 2008 年的北京奥运会。排爆机器人可在各种复杂地形进行排爆，主要功能有：代替排爆人员搬运、转移可疑爆炸物品及其他有害危险品；代替排爆人员使用爆炸物销毁器销毁炸弹；代替现场安检人员实地勘察，实时传输现场图像；还可配备散弹枪对犯罪分子进行攻击；配备探测器材检查危险场所及危险物品。由于技术复杂度较高，排爆机器人往往价格不菲。

按照操作方法，排爆机器人分为两种：一种是远程操控型机器人，在可视条件下进行人为排爆，即人是命令下达者，排爆机器人是命令执行者；另一种是自动型排爆机器人，可根据程序自动运行，并能分辨出什么是危险物品，以便排除险情。

按照行进方式，排爆机器人分为轮式及履带式。它们一般体积不大，转向灵活，便于在狭窄的地方工作，操作人员可以在几百米到几千米以外的地方通过无线电或光缆控制其活动。机器人车上一般装有多台彩色 CCD 摄像机用来对爆炸物进行观察；并装有一个多自由



度机械手，用它的手爪或夹钳可将爆炸物的引信或雷管拧下来，并把爆炸物运走；车上还装有猎枪，利用激光指示器瞄准后，可把爆炸物的定时装置及引爆装置击毁；有的机器人还装有高压水枪，可以切割爆炸物；如果装上步枪、机枪或其他非致命武器，还可用来抓捕罪犯及歹徒。如图 1.5 所示为典型的排爆机器人。



图 1.5 典型排爆机器人实例

## 任务 2 了解机器人及智能移动机器人的发展历史

自 1959 年美国研制出世界上第一台工业机器人以来，机器人技术及其产品发展很快。经过五十多年的发展，工业机器人已在越来越多的领域得到了应用，成为柔性制造系统（FMS）、自动化工厂（FA）、计算机集成制造系统（CIMS）的自动化工具。

随着工业机器人向更深更广的方向发展，以及机器人智能化水平的提高，机器人的应用范围还在不断扩大，从最初的汽车制造业扩展到其他制造业，进而推广到诸如采矿机器人、建筑机器人和水电系统维修维护机器人等各种非制造行业。此外，在国防军事、医疗卫生和生活服务等领域，机器人的应用也越来越多，如无人侦察机（飞行器）、警备机器人、医疗机器人和家政服务机器人等均有应用实例。机器人在为提高人类生活质量的各方面发挥着越来越重要的作用。

有关移动机器人的研究始于 20 世纪 60 年代末，早期的研究主要从学术角度研究室内机器人的体系结构、控制技术、传感器技术、运动规划和不确定性的处理等，并建立实验系统进行验证。这一时期的代表作是美国斯坦福国际咨询研究所（SRI）的 Nils Nilsson 和 Charles Rosen 等人于 1972 年研制的名为 Shakey 的自主移动机器人，如图 1.6 所示。与此同时，最早的操作式步行机器人也研制成功，从而开始了机器人步行机构方面的研究，以解决机器人在不平整地域内的运动问题。多家机构设计并研制出了多足步行机器人，其中最著名的是美国



通用电气（General Electric）设计的名为 **Quadruped** 的步行机器人，如图 1.7 所示。由于受当时计算机技术、传感技术以及人工智能技术发展水平所限，移动机器人的智能水平比较低、适应能力比较差，不能在较复杂的环境下正常运行，与人们对它的期望相差甚远。当时人们首次认识到对于人类而言非常简单的直觉技巧，在机器人上却很难通过编程来实现。

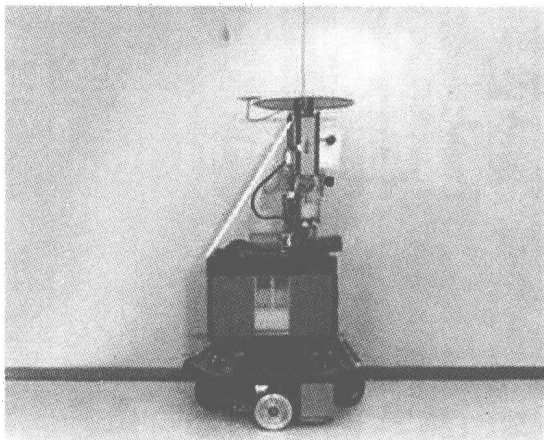


图 1.6 自主移动机器人 Shakey

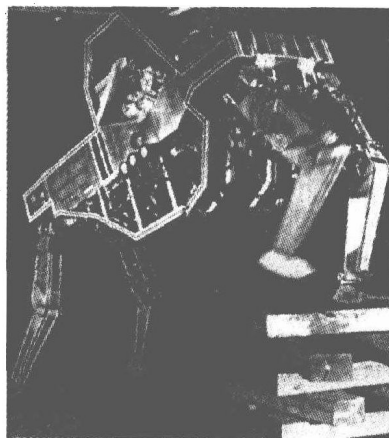


图 1.7 步行机器人 Quadruped

20 世纪 70 年代末，随着计算机应用和传感技术的发展，移动机器人研究又出现了新的高潮，特别是在 20 世纪 80 年代中期，设计和制造机器人的浪潮席卷了全世界，一大批世界著名的公司开始研发移动机器人平台，主要用做大学实验室和研究机构的实验平台，从而促进了移动机器人学多种研究方向的出现。20 世纪 90 年代以来，以研制高水平的环境信息传感器和信息处理技术、高适应性的移动机器人控制技术、真实环境下的规划技术为标志，以智能移动机器人为代表的更高层次的研究展开，成为目前机器人研究领域的热点之一。另外，自从 1996 年成功地举行第一次世界机器人足球赛以来，一年一度的世界机器人足球赛已经吸引了越来越多的团体参加，极大地推进了移动机器人技术的研究，成为研究和验证人工智能成果的实验床。

我国开展 RoboCup 足球机器人的研究开始主要将重点放在仿真及决策等方面，但自中国自动化学会机器人竞赛工作委员会于 2001 年 6 月 21 日成立以来，我国机器人竞赛事业进入了一个新的阶段。这几年来委员会连续在不同城市举办了中国机器人大赛暨 RoboCup 中国公开赛，很大程度上促进了 RoboCup 足球机器人在中国的发展，为中国机器人发展与世界同步创造了对话和交流的窗口。在此背景下，为适应机器人大赛要求，国内某些机构和部分高校开始研制并陆续推出具有自主知识产权的移动机器人平台，并且迅速发展。2004 年以后，国内陆续有多家科研机构及机器人公司开始研制有自主知识产权的智能移动机器人，并进行了市场推广，推动了智能移动机器人及 RoboCup 足球机器人在国内的发展。2007 年第 11 届机



器人世界杯足球赛于美国亚特兰大举行，我国代表队荣获 3D 组世界冠军、2D 组世界亚军；四腿组首次进入实体机器人世界四强；并获得微软机器人组世界冠军；小型机器人八强，综合成绩排名世界第一。

### 任务 3 探究智能移动机器人的通用控制结构

智能移动机器人属于典型的机电控制系统，机器人的结构提供了其组织控制系统的原则性方法，因此采用何种控制结构非常重要，其优劣直接决定了智能移动机器人的性能。目前最先进的控制结构为慎思/反应混合系统结构，即三层体系结构：控制层、执行层、感知层，如图 1.8 所示。这一结构实际上反映了智能移动机器人人类人的特点。

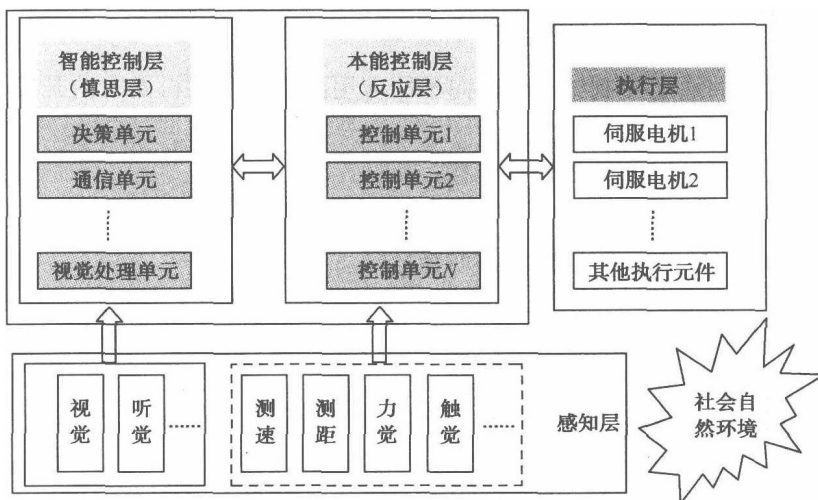


图 1.8 智能移动机器人的三层体系结构

感知层用于智能移动机器人感知自身及周围环境的信息变化。例如，机器人轮子编码器感知机器人运动位移及速度变化，电机电流传感器感知电流（力矩）变化，机器人周围分布的红外传感器或超声波传感器感知周围环境中的障碍物等。而一些具有更高智慧的机器人，则配备了视觉传感器和听觉传感，例如，RoboCup 家庭组服务机器人可以通过听觉传感器感知主人的声音、依靠视觉传感器辨别主人的脸部特征等。感知层是智能移动机器人与外部环境进行互动交流的窗口。

控制层对于机器人检测到的各种信息进行处理及决策，并发出控制指令给执行层，进而做出相应的反应。按照控制层智能程度的不同，又可分为智能控制层和本能控制层。本能控制层处理一些低级的反应，如人的触觉弧反应、膝跳反应等。优点是反应链路短，因而反应



迅速，不依靠决策就能做出动作，主要用于一些基本的或需要紧急处理的动作，如碰撞检测等，在反应的同时通知智能控制层，但大多在反应层处理完后，智能控制层才收到信息，可见反应层处理速度之快。智能控制层则处理更高级的反应，包括多传感器的信息融合与分析、视觉及语音的处理，以及按照任务级目标的不同，主动进行策略分析及思考如何动作和反应等。可利用的资源较多，智能程度很高，处理速度相对较慢，但也更重要。可见控制层的划分是为不同级别及要求的任务而进行的，互为补充、互相依靠，与人类的思考及智能模型非常契合。因此可以看出，机器人设计实际上是在模仿人类的某些特征，但外观可能完全不像人，它只是人的功能的外延和拓展，但又服务于人，可以用 7 个字来高度概括机器人的特征：似人非人替代人。

## 任务 4 构建基于 PC 的智能移动机器人系统开发平台

按照机器人系统的通用控制结构，面向不同应用的智能移动机器人的开发过程可以分为如下几个步骤：

- (1) 根据应用需求开发移动和执行机构；
- (2) 根据执行机构和任务的要求选择电机或者其他动力装置；
- (3) 为电机选择匹配的本能控制层控制器；
- (4) 根据任务的需求选择传感器；
- (5) 根据应用需求的复杂性、选定的传感器接口方式等选择或者设计智能层控制器；
- (6) 根据应用需求开发应用程序。

对于大多数产品研究和开发而言，第 1~5 步具有一定共性，又是整个开发过程的关键，这几个步骤不成功，会直接导致产品开发的失败。对于没有任何产品开发经验的人来说，尤其如此。因此，如果能够在产品的初期阶段，有一个能够帮助开发者迅速开发应用程序，而无须太多设计的平台，无疑会大大加快产品的开发进程，降低开发成本。如图 1.9 所示就是这样的一个平台，该平台经过多年的研究和实践归纳总结而成，并经过 RoboCup 中型组足球机器人的验证，证明其是一个可靠性高、扩展性强的移动机器人产品开发平台。该平台由三大核心子系统构成，分别是车载控制子系统、移动子系统、传感和检测子系统，对于部分有特殊要求的用户，还可以增加遥操作子系统。这几个系统实际上分别对应机器人的控制层、执行层、感知层以及感知层的扩充层。该平台采用嵌入式 PC 或者笔记本电脑作为智能控制层的硬件平台和应用软件开发平台，通用性非常好，可以随着计算机技术的不断发展而自动升级，并享受 PC 上的所有接口和软件资源。因此，称其为基于 PC 的智能移动机器人系统开发平台。



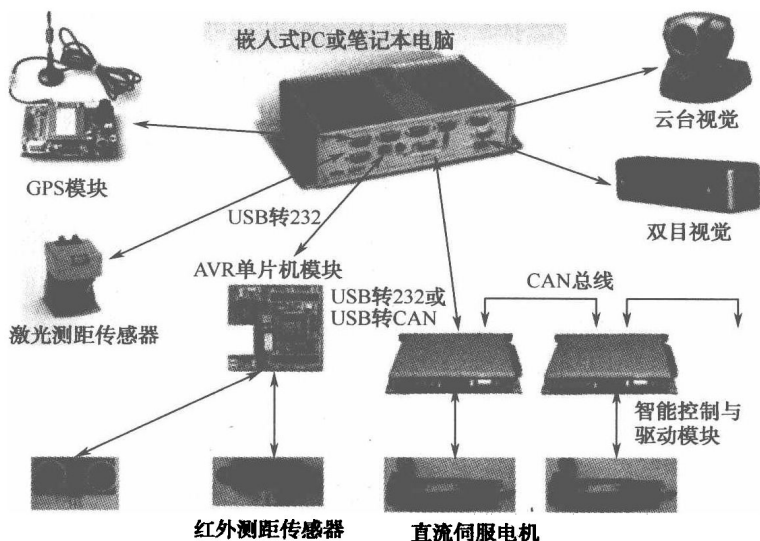


图 1.9 基于 PC 的智能移动机器人系统开发平台框图

## 1. 车载控制系统的构建

车载控制系统以 PC（嵌入式工控机或笔记本电脑）作为智能控制层硬件平台，通过其自带的各种即插即用接口（如 USB/1394/RS-232/PCMCIA/LAN/并口等），与本能控制层即运动控制子系统、传感和检测子系统，以及遥操作子系统（或者通信子系统）等进行连接与集成，构成分布式、可扩展性非常强的智能移动机器人控制系统。

车载控制子系统的核心是 PC 及基于 CAN 总线的智能控制与驱动模块。每一个智能控制与驱动模块可以独立地控制与驱动一个直流伺服电机以及步进电机，最多可以通过 CAN 总线串联多达 256 个直流伺服电机。PC 与智能控制模块网络之间通过一条 USB 转 232 线或者 USB 转 CAN 连接线连接，对于实时性要求更高的场合，还可以选用 PCI 总线转串口或硬串口连接方式。无论哪种连接方式，PC 与移动机器人移动子系统的连接都非常方便，而且便于扩展，整个移动子系统只需要占用 PC 一个接口资源。PC 的选择可以根据应用开发和研究项目的需要进行选择。在应用开发的初级阶段，在编程和调试的工作量比较大的情况下，可以采用笔记本电脑，拆装和携带都非常方便；当工作进行到一定的程度，更多地需要进行联机和独立测试时，可以更换为嵌入式工控机，以保证可靠性和贴近真实的现场需求。当然，如果只是在实验室中使用，也可以选用普通的 PC 主机。

## 2. 移动子系统的构建

移动子系统为整个系统的执行环节，其输入是车载控制系统的输出。

首先为智能移动机器人选择合适的运动方式。考虑到机器人具体运动功能的要求和经济