

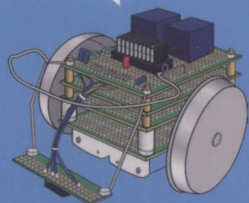
爱上机器人

Robot:
making on your time

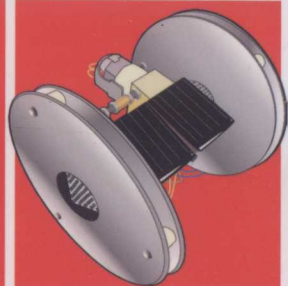
我也可以制作机器人!

仿生机器人 制作入门

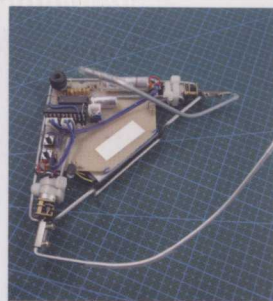
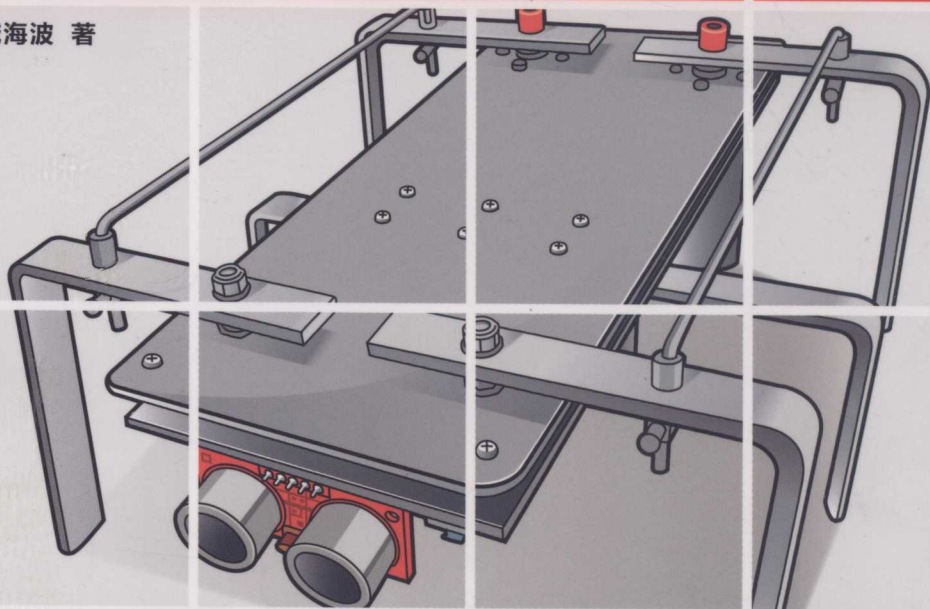
第2版



- ✓ 制作机器人不再是科学幻想! 未来的科学家就是你!
- ✓ 完全图解! 几十元即可做出机器人
- ✓ 10款新鲜有趣的机器人, 引领你走入机器人制作的殿堂



■ 臧海波 著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

无线电 出品

014036147

爱上机器人

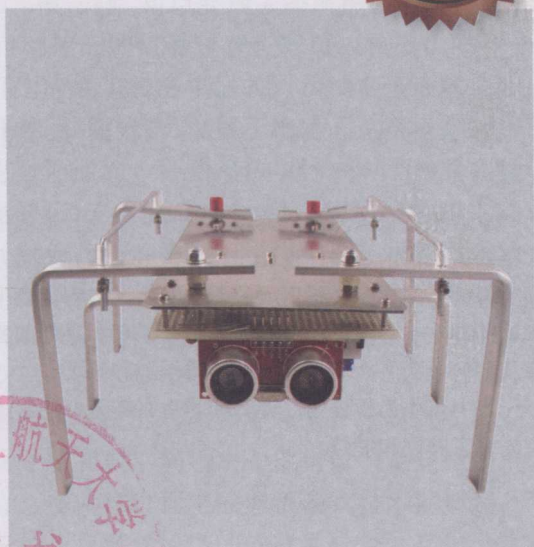
TP242

133-2

无线电 出品

仿生机器人 制作入门

第2版



■ 臧海波 著



北航

C1715521

TP242/133-2

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

仿生机器人制作入门 / 臧海波著. — 2版. — 北京:
人民邮电出版社, 2014. 4
(爱上机器人)
ISBN 978-7-115-34869-2

I. ①仿… II. ①臧… III. ①仿生机器人—制作
IV. ①TP242

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第037853号

内 容 提 要

欢迎来到机器人技术的精彩世界! 这是一本通俗易懂的机器人技术实践参考书。内容包括制作机器人所需的材料、设计思路、常用工具、装配方法以及制作工艺。书中收录了 10 个低成本、易实现的小型仿生类机器人的制作实例, 内容比较丰富, 讲解比较具体。读者可以从这几个由易到难的制作中逐渐了解机器人的工作原理和具体的实现方法, 在实际制作的过程中动动手脑, 学会从如何玩到怎么玩, 并从中获得乐趣和感动!

本书可作为学校第二课堂和学生兴趣爱好的参考指南, 也可以供业余电子制作爱好者以及模型爱好者阅读和参考。

-
- ◆ 著 臧海波
责任编辑 周 明
责任印制 彭志环 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京瑞禾彩色印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 10.5
字数: 213 千字
印数: 4 001—7 000 册
- 2014 年 4 月第 2 版
2014 年 4 月北京第 1 次印刷

定价: 39.00 元

读者服务热线: (010)81055339 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前言

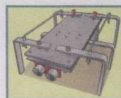
机器人的种类有很多，各国科学家给机器人下的定义也是各有千秋。也许正是由于定义的模糊，机器人一直披着一层高科技的外衣，人们对机器人的期待也很高。大多数人认为，机器人应该制作得和人一模一样，可以完成人类所能做的各种工作。实际上，机器人可以简单理解为一种自动控制的机器装置，既可以接受人类指令，又可以按编制好的程序运行，还有更高级的人工智能机器人。从广义上理解，我们身边的空调、洗衣机，甚至孩子们的遥控玩具，都可以属于机器人这个大家族。

机器人是利用机械、电子元器件组合而成的一种能模仿生物或人类的某些技能的机电装置。本书将从感觉控制和适应控制的角度介绍10个小型仿生机器人的详细制作过程。它们的特点是结构简单、制作容易，并融入了模型、艺术和娱乐的元素。用生活中常见的材料——曲别针、车条、瓶盖和玻璃珠建造机器人的骨架和车轮；从准备丢掉的电子垃圾中拆出电机和齿轮制作机器人的驱动装置。读者可以在材料和工艺的选择上尽情发挥，展示自己非凡的想象力。

即使是非常简单的电路，与传感器和机械部分巧妙搭配起来，也可以实现令人惊奇的效果。无论如何，用自己的聪明才智和双手创造出一部可以自动运转的机器都是一件令人着迷的事情。怀着好奇心，在制作过程中探索机器人技术的奥秘；学习如何利用身边的资源，如何理解人造物与自然环境之间的联系，关注环保、艺术这些学科，也许你会体会到许多意想不到的惊喜与感动，获得书本中所体验不到的快乐。

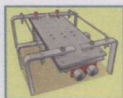
古人有言曰：“临渊羡鱼，不如退而结网。”希望大家都可以在实践中成为设计与制作能力兼备的能工巧匠。

臧海波



目 录

第1章 小型仿生机器人和制作工具	001
1.1 小型仿生机器人	002
1.1.1 机器人的电子元器件	004
1.1.2 机器人的结构材料	008
1.2 机器人制作工具	011
1.2.1 电子装配工具	011
1.2.2 机械装配工具	014
第2章 用分立元件制作的机器人	020
2.1 太阳能陀螺	021
2.1.1 工具和材料	021
2.1.2 太阳能陀螺的电路	023
2.1.3 制作	023
2.1.4 调整技巧	029
2.2 双细胞硬盘动物——让身边的 e-waste 变身为光彩夺目的艺术品	030
2.2.1 备料	031
2.2.2 制作	034
2.2.3 结论	046
2.3 太阳能蟋蟀——在手掌上跳舞的机器人	047
2.3.1 高效引擎	047
2.3.2 材料和工具	049
2.3.3 制作过程	050
2.3.4 故障与排除	061
第3章 用逻辑电路制作的机器人	062
3.1 基于模拟计算机的循线小车	063
3.1.1 制作小车底盘	063
3.1.2 制作循线控制板	067

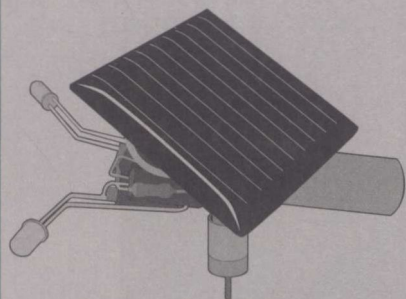


仿生机器人制作入门 (第2版)

3.2 会寻光的机器龟	073
3.2.1 制作机器龟的移动平台	074
3.2.2 制作机器龟的电子脑	078
3.2.3 总体装配和调整	082
3.2.4 一些想法与功能扩展	084
3.3 活灵活现的比目鱼	085
3.3.1 制作比目鱼的骨架	086
3.3.2 制作比目鱼的电子部分	090
3.3.3 最终效果和改进想法	095
第4章 用神经元制作的机器人	096
4.1 由神经元组网构成的蛇形机器人	097
4.1.1 制作蛇形机器人的骨架	098
4.1.2 制作蛇形机器人的电子部分	107
4.1.3 总装和运行效果	111
4.2 仿生昆虫机器人	117
4.2.1 仿生昆虫机器人的结构	118
4.2.2 制作昆虫机器人的骨架	119
4.2.3 制作昆虫的电子部分	128
4.2.4 总装调试	133
第5章 用单片机制作的机器人	136
5.1 数字PK模拟	137
5.2 基于不同控制理念的两只爬虫机器人	137
5.2.1 结构与控制方法	138
5.2.2 数字爬虫机器人骨架的制作过程	139
5.2.3 模拟爬虫机器人骨架的制作过程	144
5.2.4 数字爬虫机器人控制核心的制作过程	148
5.2.5 模拟爬虫机器人控制核心的制作过程	153
5.2.6 最终效果对比	157

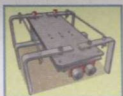
第1章

小型仿生机器人和制作工具



什么是小型仿生机器人？它们有什么特点？制作小型机器人的乐趣和意义都体现在哪些方面？本书将为你一一进行解答。

小型仿生机器人的特点是体积小、结构简单、控制方式灵活多变。你可以使用生活中常见的材料，采取和搭建模型一样的方法来制作这类机器人。你可以把它们看成是会动的模型，这些机器人具有像生物一样的独特的行为模式。



1.1 小型仿生机器人

本书中介绍的仿生机器人，属于小型移动式智能机器人，由电子部分和机械部分构成。其中电子部分所占的比重大约是30%，机械部分大约是70%。

电子部分好比机器人的大脑，对于书中的机器人来说，就是用电子元件组成的电路来模拟生物的神经系统，再现神经的传导和反射行为。在后面的内容中，将通过制作实例的形式，循序渐进地向读者介绍使用基础电子元器件、数字逻辑电路和单片机来制作机器人的大脑。

机械部分好比机器人的身体，包含有支撑着机器人的躯干和推进机器人运转的关节。机械部分涉及结构的搭建和传动系统的设计，是制作中的难点。业余设计和制作小型机器人可以从低成本、建造方便、小巧灵活这些特点入手。最容易实现的方式是把电子部分和结构部分作为一个整体来进行制作，简单说就是直接用电子元器件来搭建机器人的骨架，使其既满足电路的功能，又构成了机器人的骨架，如图1-1至图1-5所示的一组图例。



图 1-1 直接使用电子元器件作为骨架制作而成的两只太阳能蟋蟀

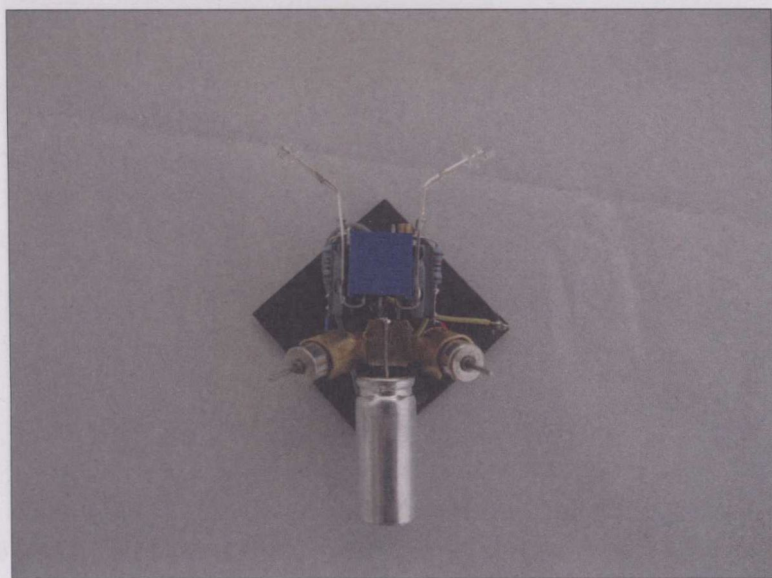
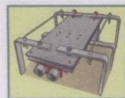


图 1-2 蟋蟀机器人的底部，可以看到由两只电机组成的驱动部分、储能电容与其他电子部分构成了一个整体

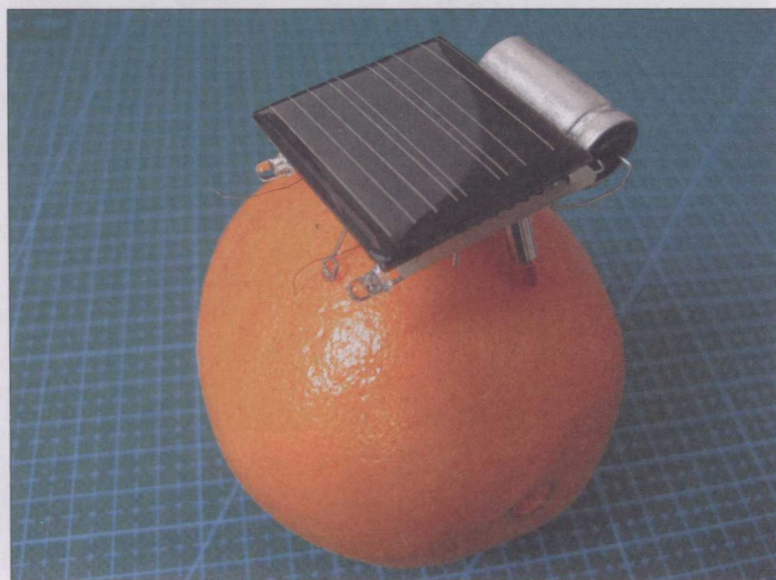


图 1-3 另一个版本的太阳能蟋蟀，使用洞洞板作为结构件

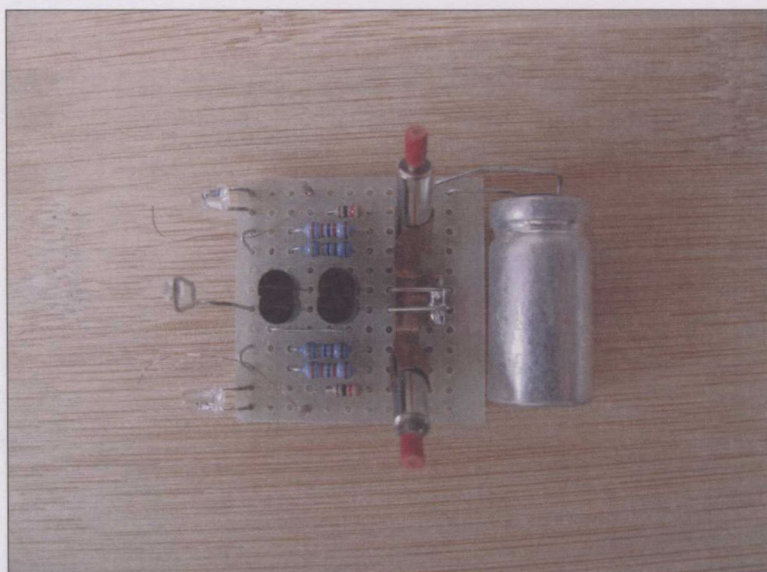


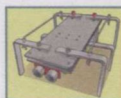
图1-4 洞洞板蟋蟀的底部，各种细小电子元器件、电机和储能电容都固定在一片洞洞板上，构成了机器人的主体



图1-5 业余制作可以尽情发挥创意，使用任何可以利用的材料。这是一个以铁罐头皮为底盘制作的寻光机器人。两只电机固定在底盘上，尾轮是一个塑料珠子，电源是淘汰下来的手机电池，电子部分焊在一小块洞洞板上，用尼龙扎带把这些捆绑在一起，就构成了一个智能移动平台，是不是很有趣？

1.1.1 机器人的电子元器件

从工程学角度，小型移动式智能机器人可以看成能独立工作的自动控制系统，



它们具有自动控制系统的3要素，即：传感器、控制器和执行器。下面就从这3部分出发，简要介绍一下制作书中机器人所需的电子元器件，元器件的用法会在后面的制作项目中详细说明。

1 传感器

本书介绍的机器人上用到的几种传感器见图1-6，以光电传感器和机械传感器为主，从左往右依次为3mm光敏二极管、3mm红外接收管、水银开关、ITR20001-T和TCRT5000型反射式红外线传感器，以及带有开关量输出的超声波测距传感器。

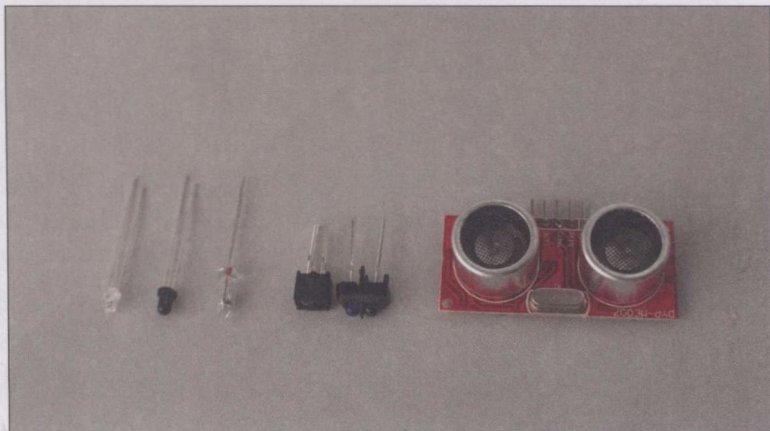


图1-6 机器人上用到的传感器

光敏二极管和红外接收管常见的规格有3mm和5mm两种，为了减小机器人的体积和减轻重量，建议选择直径3mm的规格。这两种二极管的特性很相似，只是红外接收管除了可以对可见光做出反应，还可以感知红外线。给机器人配备上红外接收管，可以增加它在黑暗环境下的行动能力，用家电遥控器（按下任意键）就可以制造出一束红外线，指挥机器人行动。注意这两种二极管都需要配备管座，让光线只能从二极管顶部射入，以增加指向性，降低杂散光线的干扰。管座可以用简单材料代替，书中使用的就是一段黑色热缩管或绝缘胶带。

水银开关是一种机械式传感器，利用水银的导电性和流动性连通或断开密封在一个玻璃泡内的触点。这种开关可以检测物体的倾斜状态，稍加变通也可以检测碰撞（见3.2节“会寻光的机器龟”）。注意：市场上常见的水银开关都是用玻璃泡封装的，小心不要打破，洒在地上的水银很难清除，且挥发的蒸汽有害健康。为安全起见，可以把水银开关裹上泡沫塞进笔帽里，并用热熔胶密封好。

反射式红外线传感器由两个封装在一起的红外发射管和接收管组成，一发一收地检测目标是否反光。根据黑色物体吸收光线、白色物体反射光线的原理，可以用这种元件检测画在白色地面上的黑线（见3.1节“基于模拟计算机的循线小车”）。这种传感器在市场上流通的型号很多，书中对它们没有特定要求。这里再传授一个



仿生机器人制作入门（第2版）

判断管子是发射管还是接收管的小窍门：透明或蓝色的是发射管，深黑色（这种物质起到过滤可见光的作用，只有红外线才能通过）的是接收管。

超声波测距传感器是本书的可选器件，市场上有一种可以作为报警模块使用的超声波传感器，不进行测距时，相当于一个非接触式开关，可以利用它输出的高、低电平直接控制逻辑电路（电路需要作相应修改，适合有一定经验的爱好者），取代机械式触须开关。

除了图1-6中所列的几个传感器，本书中还用到了一种手工制作的机械式触须开关，这种开关的结构非常简单，由一根可弯曲的金属丝（动片）和套在外面的一个金属圈（静片）组成。金属丝碰到前方物体产生弯曲，导致动片和静片碰到一起，开关导通（详见3.1节和3.2节），机器人做出相应的动作。

2 控制器

控制器由控制电路组成，控制电路根据传感器采集到的信号决定机器人需要采取的行动，指挥整个机器人的运转。本书介绍的机器人控制电路使用的是市场上常见的电子元件，阻容元件对精度没有严格要求，电阻可以选择功率为1/8W、误差10%的普通碳膜电阻，电容可以选择小型瓷片、独石或CBB电容，为了减小尺寸，还可以使用贴片电容。晶体管使用普通小功率NPN、PNP三极管就可以，比如常见的8050和8550。

机器人用到的集成电路有4种，均为74HC系列，图1-7所示是我使用过的几个规格的IC，从左往右依次为两个不同厂家生产的74HC14、两个74HC240、74HC86和74HC245。这类IC的供应商非常多，不同厂家生产的IC或同型号带有不同后缀的IC，在特性（比如温度、输入输出和时延特性）上会有一定差异，书中的机器人对此没有严格的要求。注意：74HC系列IC为高速CMOS器件，为了防止静电损坏，建议在拿取芯片时，先用手摸一下铁质机箱，焊接时使用带有ESD（防静电）标志的烙铁或焊台。

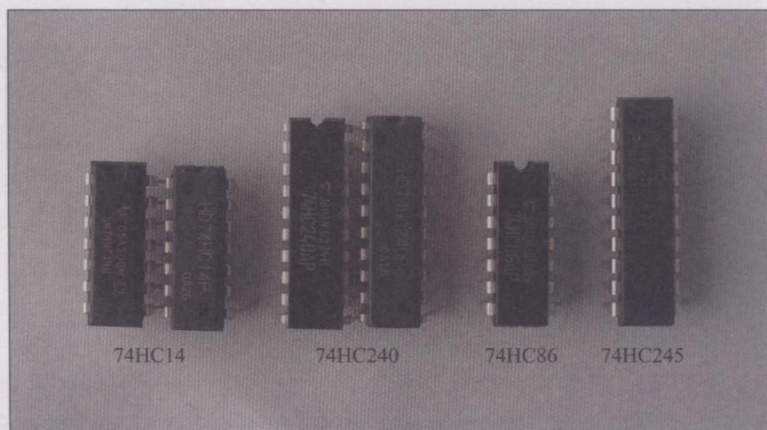


图1-7 机器人上用到的IC



值得一提的是,74HC14和74HC86是“直给”型逻辑IC,通电后,内部的门电路就可以工作;而74HC240和74HC245内部的缓冲器是受控工作的,需要改变使能端的电平(本书中的高电平指的是电源电压,低电平为地)才能启用相应的功能,灵活利用使能端还可以实现机器人的初级智能控制(见3.1节及以后的内容)。建议读者对照这些IC的手册熟悉它们引脚顺序和内部结构,对设计电路布局和焊接会有很大帮助。

此外,本书还有一个竞赛项目,让两只不同控制核心的爬虫机器人同台竞技,需要用到一片AVR ATmega8单片机(见5.1节“数字PK模拟”)。

3 执行器

执行器通过执行机构(车轮、手臂、腿、机器爪)控制机器人的动作,书中机器人使用的执行器是常见的小型直流电机和模型舵机,如图1-8所示,从左往右依次为RF300型直流电机、迷你电机、N20减速电机、机器人小车电机、两个拆机减速电机和一个9g舵机。



图1-8 机器人上用到的电机

RF300是最常见的直流电机,一般用作光驱和DVD播放机的开仓电机,这种电机的特点是非常耐用,从报废电子产品里拆出来的电机一般还可以使用很长时间,用来做机器人实验非常经济。

迷你电机、减速电机和前面提到的RF300在网上一些专门销售电机和机器人模型的商店里都可以买到,价格一般为一元到十几元不等,减速电机因为带有齿轮箱,价格会高一些。如果资金有限,购买二手拆机电机也是一个不错的选择。另外注意平时多留意身边废弃的电子产品,也会带来许多意外的惊喜。淘汰下来的手机、玩具、电脑、小家电在机器人爱好者眼中,是一个个取之不尽的零件仓库。

网上销售的机器人小车电机带有配套的车轮、万向轮和底盘,可以简化轮式机器人的制作。这种电机价格适中,应用非常广泛,在很多机器人竞赛中都可以见到

仿生机器人制作入门（第2版）

它的身影。它的“缺点”就是太普通了，很难体现出机器人的个性，为了发掘它的潜力，本书讨论了两种这种电机的变通用法（见2.2节和4.1节）。

9g舵机为普通模型舵机，比如市场上最常见的SG90。因为机器人使用3.7V锂电池供电，建议不要使用对电压要求较高的标准舵机（见5.2节）。

4 电源

机器人的电子部分需要电源才能正常运转，本书介绍的机器人用到的几种电源，如图1-9所示，从左往右依次为太阳能电池板、6V电池盒、小号锂电池、中号锂电池。

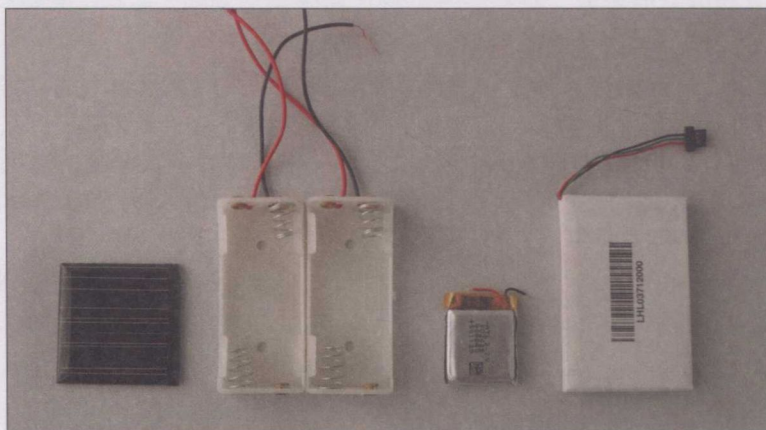


图1-9 机器人的电源

太阳能电池板可以把光能转换为电能，在天气晴朗的日子给机器人提供源源不断的动力，阴天时就让机器人保持静默。这种电池的输出电流比较低，需要配合特别设计的电路才能驱动机器人，可以采用串联、并联的方法得到所需的电压和电流。

6V电池盒可以使用4节5号（AA）电池或4节7号（AAA）电池，为了减小机器人的尺寸、减轻重量，还可以减少1节电池，书中的电路在4.5V电压下也可以正常工作。

锂电池可以重复充电使用，是小型机器人电源的理想之选。市场上有一种作为电子产品维修备件出售的锂电池，这种电池带有端子，配上一个充电器就可以使用。注意：锂电池使用不当有起火、爆炸的危险，一定要购买正规厂家生产的带有保护板的锂电池，并严格按照要求使用。

1.1.2 机器人的结构材料

机器人的电子部分需要安装到结构上才能形成一个系统，结构是可以活动的，由电机驱动车轮、手臂或腿等机械部分来实现。本书介绍的机器人的结构均为手工制作，需要用到的材料如图1-10所示。



图 1-10 机器人的结构材料：3mm 接线端子、洞洞板、尼龙扎带、曲别针、车条

机器人结构的制作，充分考虑了身边常见材料的合理利用，装配方法有多种，这些在后面的制作中都会有所体现。结构的固定可以采用多种方法组合的形式，如图 1-11 和图 1-12 所示的一个用光盘制作的轮式机器人底盘，就使用了螺丝、尼龙扎带、热熔胶、直接插接、铜柱支撑等多种方法。



图 1-11 把两片光盘叠起来，用 M3 螺丝固定好，电机和电池盒用尼龙扎带和热熔胶固定

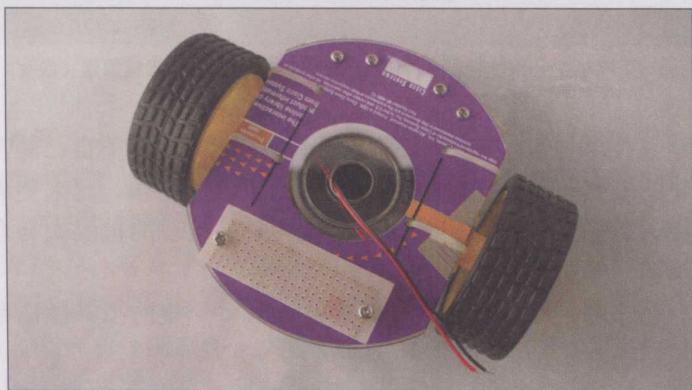


图 1-12 车轮插接在电机上，洞洞板用铜柱固定在顶板上



仿生机器人制作入门（第2版）

灵活利用现有的材料，可以制作出个性化十足的机器人，如图 1-13 和图 1-14 所示的一个用曲别针做骨架的寻光避障机器人。

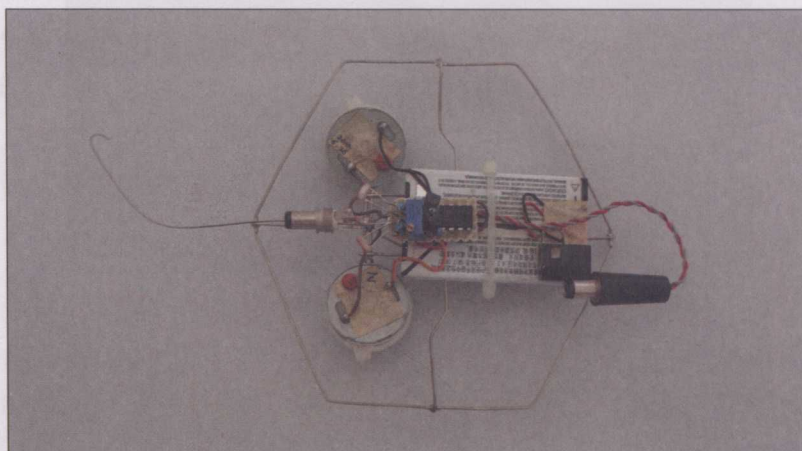


图 1-13 由 6 只曲别针组成的机器人（顶视）

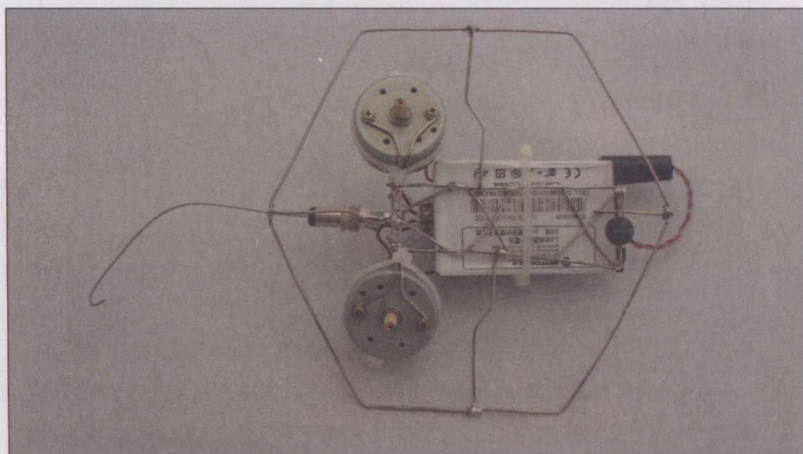


图 1-14 电子部分用扎带绑在骨架上，两个 RF300 电机用螺丝固定（底视）

此外，机器人技术与科学和艺术是分不开的，你一定希望自己制作的机器人是一个智能与美感的综合体。为了使机器人的外形和运动姿态看起来更美观，就要在机械结构的设计和制作上花费相当多的心思。为了使自己的机器人与众不同，通常需要自行设计和加工一些小零件。

为了实现上述这些目标，机器人爱好者必须具备一定的工具操作经验，熟悉常见材料的特性和加工方法。



1.2 机器人制作工具

业余制作机器人的工具，与机器人的组成相同，相应地也分为电子装配工具和机械加工工具两大类。

1.2.1 电子装配工具

大多数电子爱好者对这类工具会比较熟悉。为了进行书中所介绍的小型机器人的制作，还需要准备一些辅助工具，甚至是有点“另类”的替代工具，如图1-15所示。



图1-15 制作机器人电子部分经常用到的工具

对于DIY爱好者来说，焊接是制作电路的首要选择。焊接的目的就是用焊料将互相分离的元器件、零部件、导线结合起来，以形成导电通路。焊剂的作用是与锡铅焊料、被焊器件及焊接端子的表面氧化物起化学反应，使被焊接金属原子与焊料表面的原子相互接触，靠原子间的热运动形成合金，当温度降低后，熔融的焊料变成固态，从而将被焊件牢固地结合起来，完成焊接过程。

进行机器人电子部分的制作，主要的工具是焊台和偏口钳。作为一个有着二十多年制作经历的无线电爱好者，我在各个时期使用过当时流行的焊接工具：恒温烙铁、调温烙铁；铜头、合金头、长寿头；5元一只的国产烙铁、100多元的进口烙铁，