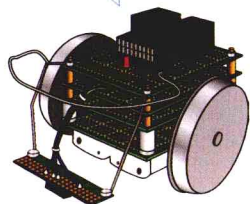


爱上机器人

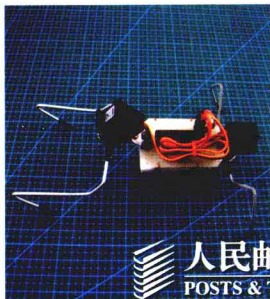
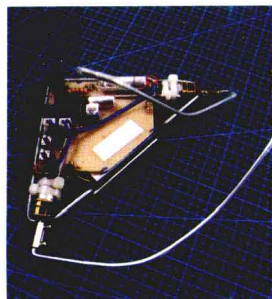
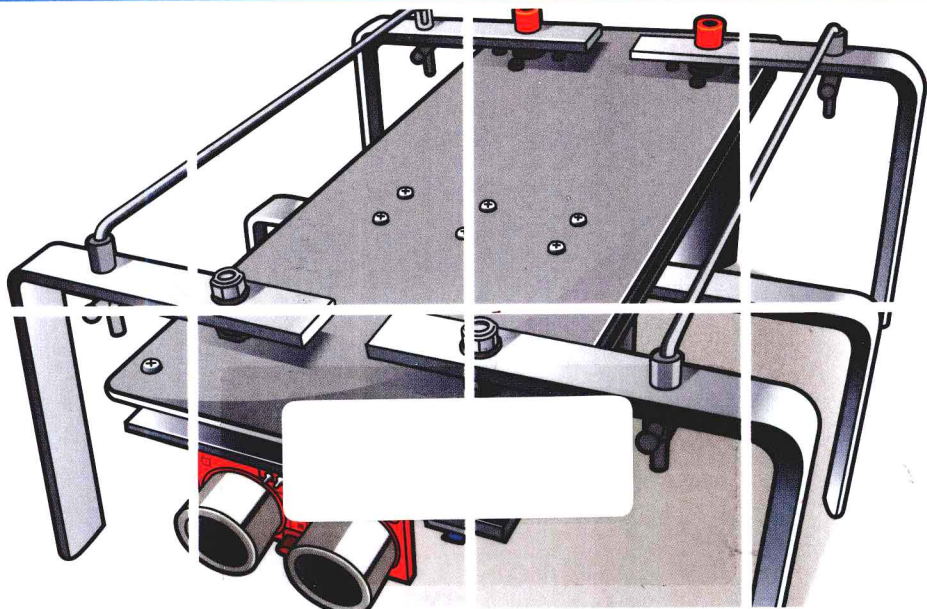
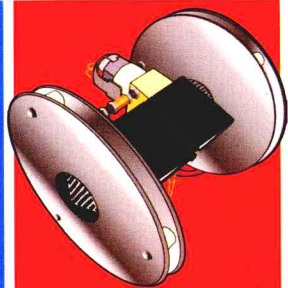
我也可以制作机器人！

仿生机器人 制作入门

■ 臧海波 著



- ✓ 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



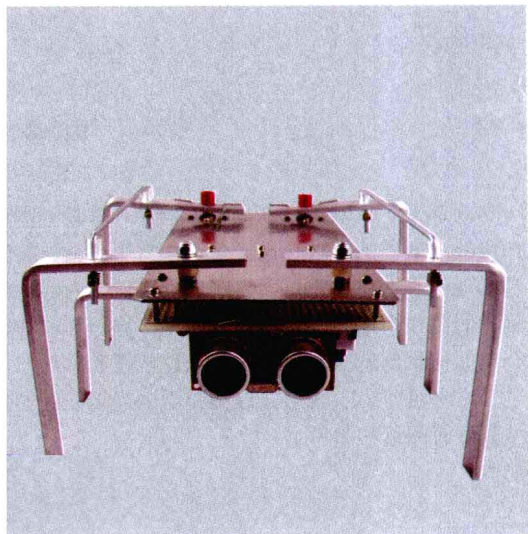
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

无纸化 出品

无线吧 出品

爱上机器人

仿生机器人 制作入门



■ 臧海波 著

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. — 北京: 人民邮电出版社, 2012.8

(爱上机器人)

ISBN 978-7-115-28437-2

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(2012)第110494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手动脑,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。

爱上机器人

仿生机器人制作入门

-
- ◆ 著 臧海波
责任编辑 周 明
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京捷迅佳彩印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 10
字数: 205千字 2012年8月第1版
印数: 1-4000册 2012年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-28437-2

定价: 35.00元

读者服务热线: (010)61732837 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

前言

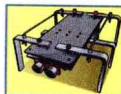
机器人的种类有很多，各国科学家给机器人下的定义也是各有千秋。也许正是由于定义的模糊，机器人一直披着一层高科技的外衣，人们对机器人的期待也很高。大多数人认为，机器人应该制作得和人一模一样，可以完成人类所能做的各种工作。实际上，机器人可以简单理解为一种自动控制的机器装置，既可以接受人类指令，又可以按编制好的程序运行，还有更高级的人工智能机器人。从广义上理解，我们身边的空调、洗衣机，甚至孩子们的遥控玩具，都可以属于机器人这个大家族。

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。

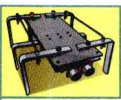
古人有言曰：“临渊羡鱼，不如退而结网。”希望大家都可以在实践中成为设计与制作能力兼备的能工巧匠。

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
1.2 机器人制作工具	005
1.2.1 电子装配工具	005
1.2.2 机械装配工具	009
第2章 用分立元件制作的机器人	014
2.1 太阳能陀螺	015
2.1.1 工具和材料	015
2.1.2 太阳能陀螺的电路	017
2.1.3 制作	017
2.1.4 调整技巧	023
2.2 双细胞硬盘动物	024
2.2.1 备料	025
2.2.2 制作	028
2.2.3 结论	040
2.3 太阳能蟋蟀	041
2.3.1 高效引擎	041
2.3.2 材料和工具	043
2.3.3 制作过程	044
2.3.4 故障与排除	055
第3章 用逻辑电路制作的机器人	056
3.1 基于模拟计算机的循线小车	057
3.1.1 制作小车底盘	057
3.1.2 制作循线控制板	061
3.2 会寻光的机器龟	067
3.2.1 制作机器龟的移动平台	068

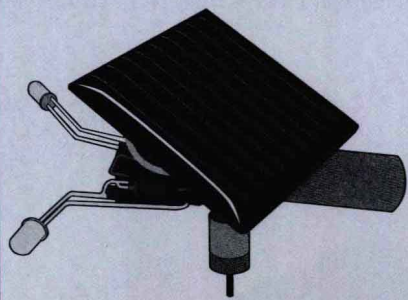


仿生机器人制作入门

3.2.2	制作机器龟的电子脑	072
3.2.3	总体装配和调整	076
3.2.4	一些想法与功能扩展	078
3.3	活灵活现的比目鱼	079
3.3.1	制作比目鱼的骨架	080
3.3.2	制作比目鱼的电子部分	084
3.3.3	最终效果和改进想法	089
第4章	用神经元制作的机器人	090
4.1	由神经元组网构成的蛇形机器人	091
4.1.1	制作蛇形机器人的骨架	092
4.1.2	制作蛇形机器人的电子部分	101
4.1.3	总装和运行效果	105
4.2	仿生昆虫机器人	111
4.2.1	仿生昆虫机器人的结构	112
4.2.2	制作昆虫机器人的骨架	113
4.2.3	制作昆虫的电子部分	122
4.2.4	总装调试	127
第5章	用单片机制作的机器人	130
5.1	数字PK模拟	131
5.2	基于不同控制理念的两只爬虫机器人	131
5.2.1	结构与控制方法	132
5.2.2	数字爬虫机器人骨架的制作过程	133
5.2.3	模拟爬虫机器人骨架的制作过程	138
5.2.4	数字爬虫机器人控制核心的制作过程	142
5.2.5	模拟爬虫机器人控制核心的制作过程	147
5.2.6	最终效果对比	151

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，比如下面的一组图例。

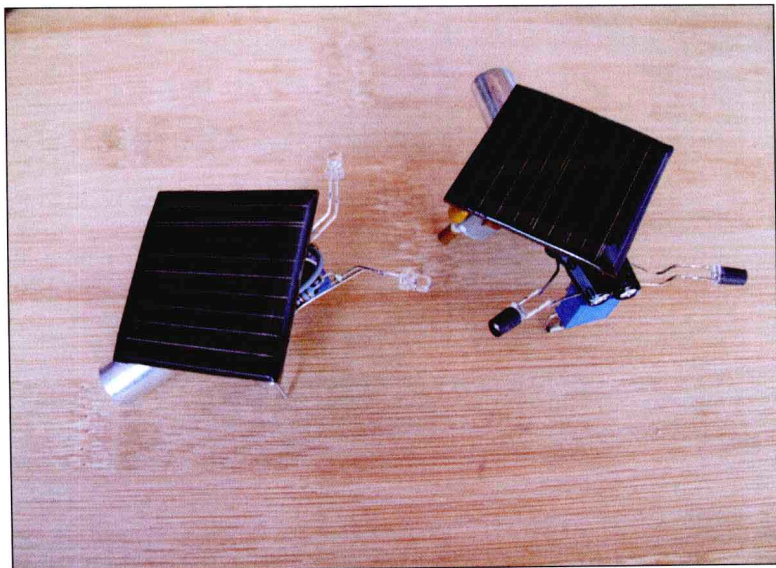


图 1-1 直接使用电子元件作为骨架制作而成的两只太阳能蟋蟀

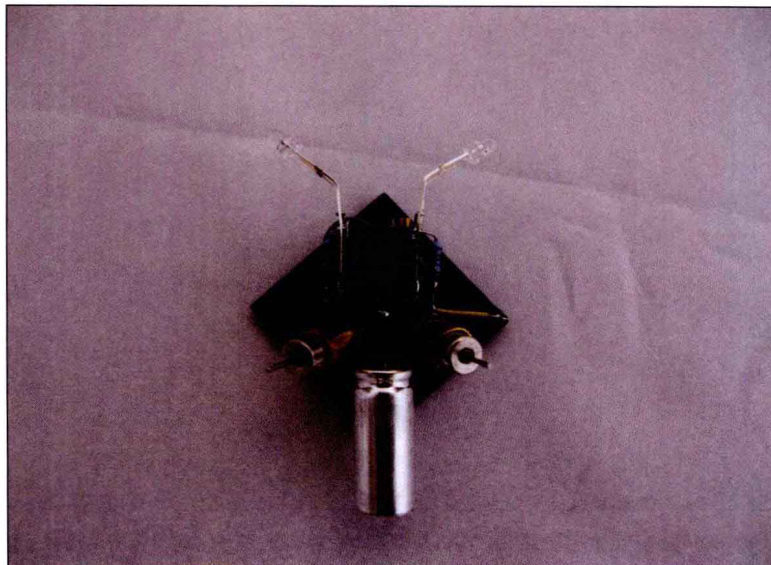
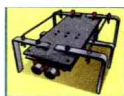


图 1-2 蟋蟀机器人的底部，可以看到两只电机组成的驱动部分、储能电容与电子部分构成了一个整体

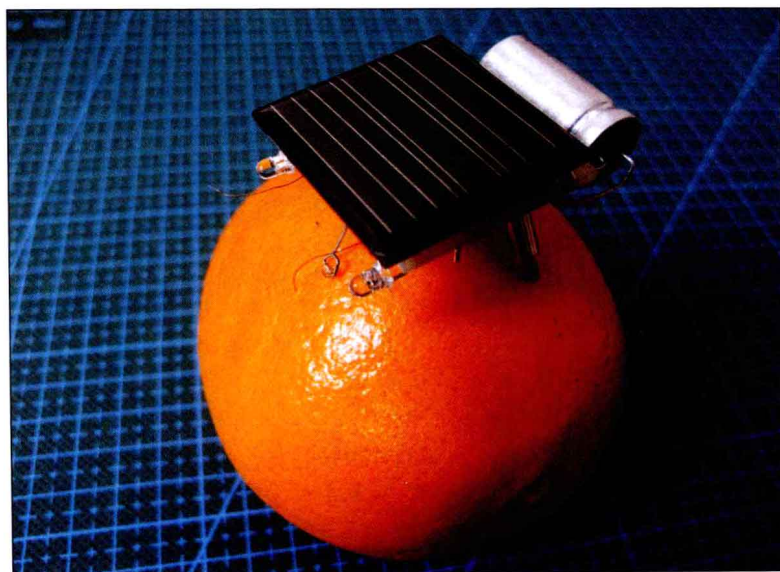


图 1-3 另一个版本的太阳能蟋蟀，使用洞洞板作为结构件

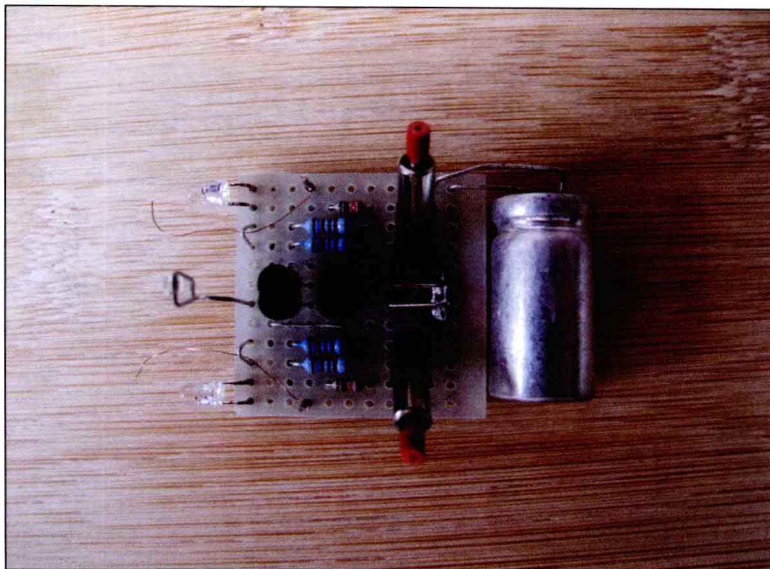


图 1-4 洞洞板蟋蟀的底部，全部电子元件、电机和储能电容都固定在一片洞洞板上，构成了机器人的主体

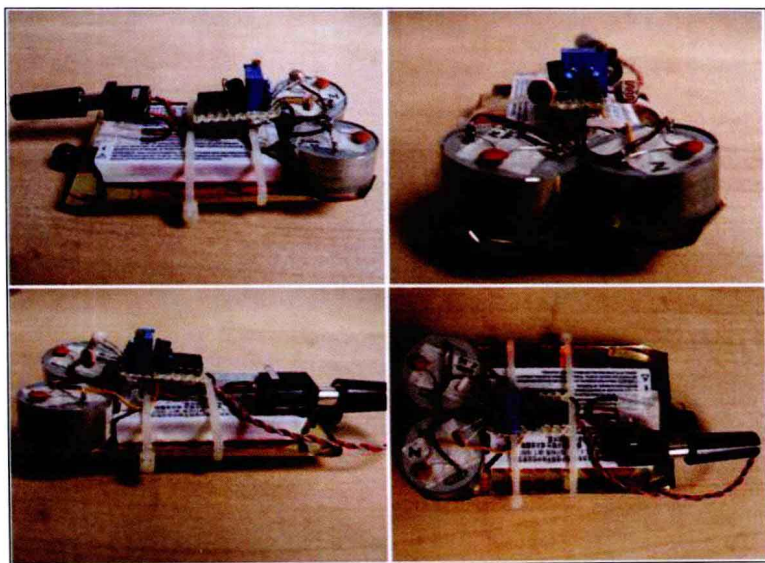


图 1-5 业余制作可以尽情发挥创意，使用任何可以利用的材料。这是一个用铁罐头皮为底盘制作的寻光机器人。两只电机固定在底盘上，尾轮是一个塑料珠子，电源是淘汰下来的手机电池，电子部分焊在一小块洞洞板上，用尼龙扎带把这些捆绑在一起，就构成了一个智能移动平台，是不是很有趣？

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，要求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，相应的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 1-6 所示。



图 1-6 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，主要的焊接工具是焊台和偏口钳。作为一个有着



仿生机器人制作入门

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，直到调温焊台。传统烙铁的最大缺点是温度不好控制，受环境温度影响大，在机器人制作上会限制爱好者技术的发挥。如前面所介绍，小型机器人是电子与机械结构搭建成的混合体，在焊接时既要面对芯片引脚这类细小的材料构成的电子部分，又要兼顾曲别针、铜片、车条这类比较“大”的材料构成的机械结构部分。为了达到较好的整体焊接效果，在机器人的搭建过程中需要根据材料的不同来调节焊接温度。

焊台的好处是可以迅速切换温度（一般小于20s）。这样我们可以在细小焊点上使用200℃的焊接；在大焊点上，比如车条或曲别针构成的机器人骨架上，使用400℃的焊接。在焊接时设定适宜的温度，使焊接部位瞬间达到融锡、降温、凝固的效果。速度快可以避免材料表面的氧化，提高焊接质量并保持焊点的美观。

偏口钳或电子剪在焊接过程中的使用频率也很高，主要用来给元件剪脚。此外还有去除导线绝缘外皮的剥线钳，如图1-7所示。

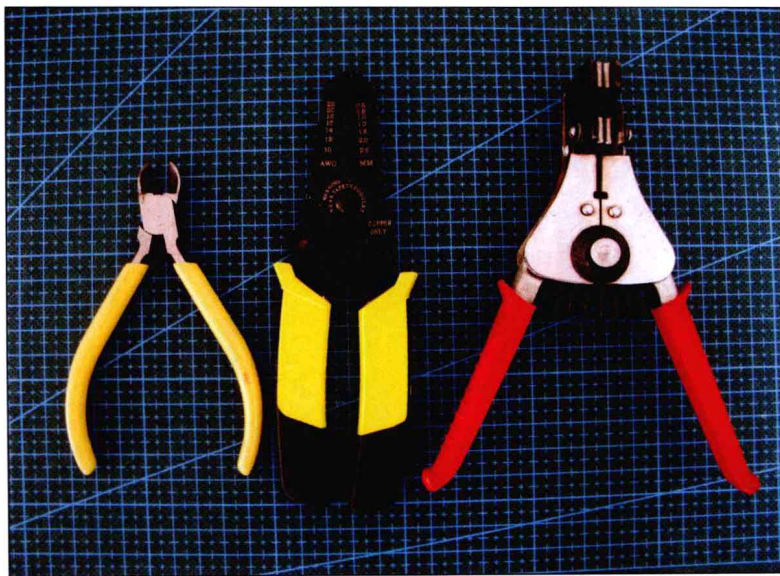
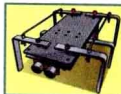


图1-7 图中从左往右，依次为偏口钳、剥线钳（带剪线功能）、老式剥线钳

下面就要提到制作小型机器人必不可少的焊接辅助工具和替代工具了。爱好者在焊接中经常会遇到既要扶稳元件，又要拿着烙铁焊接的情形，尤其是一些小零件、贴片元件，不固定好是无法进行焊接的，烙铁头轻轻一碰或者融化以后焊锡流动的张力都会造成元件移位。每当这个时候，都会感觉自己的两只手不够用，此时就需

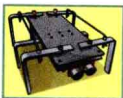


要用到辅助工具了。我们应该熟悉和使用好这些工具，此外还有一些比较“另类”的替代工具。

- 1** 放大镜架子，也称为机器手。这是一种带有两只铁夹子、一个放大镜的小架子，铁夹子可以在把分散的元件焊接成一个电路或结构的时候，起到辅助把持的作用。等于给你增加了两只手，操作起来非常方便。需要注意的是，架子上的放大镜一般用不到，建议拆除，防止意外被阳光照射到聚焦，产生安全隐患。
- 2** 止血钳。医用止血钳的头部是弯曲的，并带有锁紧功能，如果想在芯片的引脚上进行搭棚焊接，它是最理想的辅助工具。此外还有一点，医用设备使用起来的感觉很酷！就像下面的手术刀一样。
- 3** 手术刀或雕刻刀。有时需要对电路上一些非常细小的部位进行修整，这里有两个选择：医用手术刀或模型雕刻刀。这两种刀都具有刀柄与刀片可分离的结构，它们是为切割细小部位而设计的，操作感非常好。随着我们的作品越来越小型化，在装配一个电路的时候真有一种动手的感觉！
- 4** 弯头尖嘴钳。如图1-8所示，这种钳子在手工艺品行业广泛使用，常被用来串女生的手链、弯制挂坠等一些小玩意儿。我们可以把它们作为高强度镊子来用，用它们来给元件造型。几元钱一只的镊子头部都太软，有时弯折稍硬一点的元件引脚都会变形。有了这种弯头钳就不用再为这类问题烦恼了。



图1-8 弯头尖嘴钳，镊子的理想替代品



仿生机器人制作入门

5 测试工具。本书中的机器人电路都非常简单，用万用表就可以完成大部分测量和调试工作了。建议爱好者准备两只万用表，如图1-9所示，一只指针表，一只数字表，要求数字表带有三极管和电容测试功能。指针表的优点是读数快，可以直观地观测脉动电压。数字表的电容测试功能可以在制作神经元电路时给电容进行配对。万用表无需准备很高档的，常见的几十元的国产表就完全满足制作的需要了。

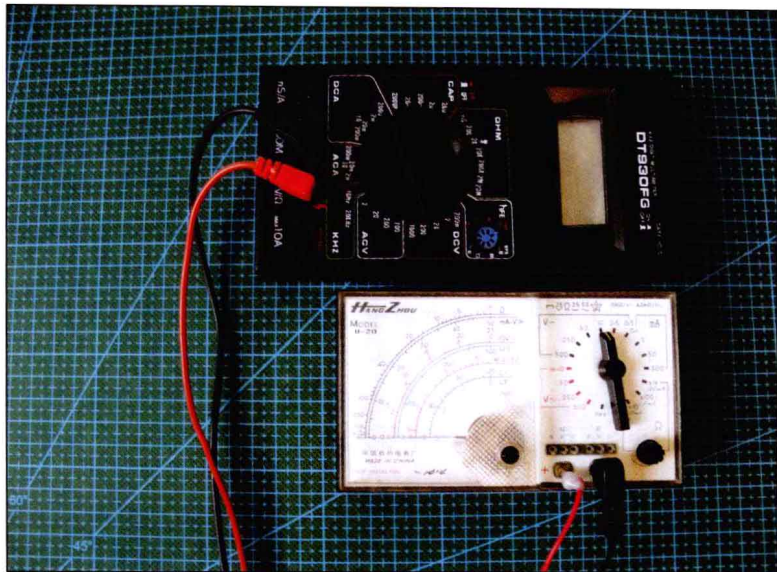
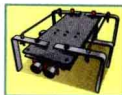


图1-9 万用表

6 示波器。有条件可以准备一台数字示波器，现在国产的数字示波器价格在一千元左右。如果你希望在机器人的制作技术上有所突破，可以考虑买一台好一点的示波器。我们可以利用数字示波器的锁存功能深入分析电路的运行状态，把机器人的“大脑”和“神经”调整到最优状态。

7 热胶枪。热胶枪可以迅速搭建起一个结构，几乎可以粘合任何物体，用它来固定电路或导线也非常方便。胶棒融化以后的粘接强度好，拆卸容易，并且不会破坏材料本来的外观。使用热胶枪的窍门是一定不要把枪体水平放置，这样融化的胶质会倒灌流入枪体内部，冷却以后造成送料机构卡死。还有在上胶固定的时候，不要一下挤出很多，那样的粘接效果并不牢靠，也不美观。正确的方法应该是边挤压边涂抹，枪嘴是热的，利用枪嘴的热量把胶质均匀融化、涂抹，让其渗入结合物的缝隙里。



1.2.2 机械装配工具

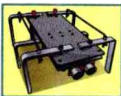
机械结构部分是机器人制作中最难处理的环节。它涉及材料、设计、加工和装配。一些复杂的机构还要考虑运维保养的问题，所以相应的机械装配工具也比较多。图 1-10 所示的是机械装配经常要用到的测量画线和钻孔工具。



图 1-10 机械装配经常要用到的测量画线和钻孔工具

为了使读者易于上手制作，本书中所收录的小型机器人已经尽可能地考虑降低结构部分的制作难度。其中大多数小型机器人只需要钳子和剪刀、小电钻、螺丝刀就可以进行制作，只有少数几个结构稍微复杂一点的机器人，如硬盘动物、机器龟、6足爬虫，需要用到台钳、台钻、钢锯这类比较粗重的工具（见图 1-12）。

机械结构的加工涉及下料、打孔、削磨、钣金等一系列借助电动工具和双手来操作的工作，材料的加工过程有一定的危险性，并且会产生大量的金属屑、粉末等。与电路焊接不同，电路中一个元件焊错了或者焊得不好，可以拆掉或者补焊，而金工的一个零件测量有误或者钻孔打偏，就会是无法弥补的错误。所以在金工操作的时候一定要耐心细致，做好安全防护（常用的安全防护工具见图 1-11），并且经常保持工作环境的整洁。在家中安置这些设备应尽量选择光线充足，平时不经常走动的死角。



仿生机器人制作入门

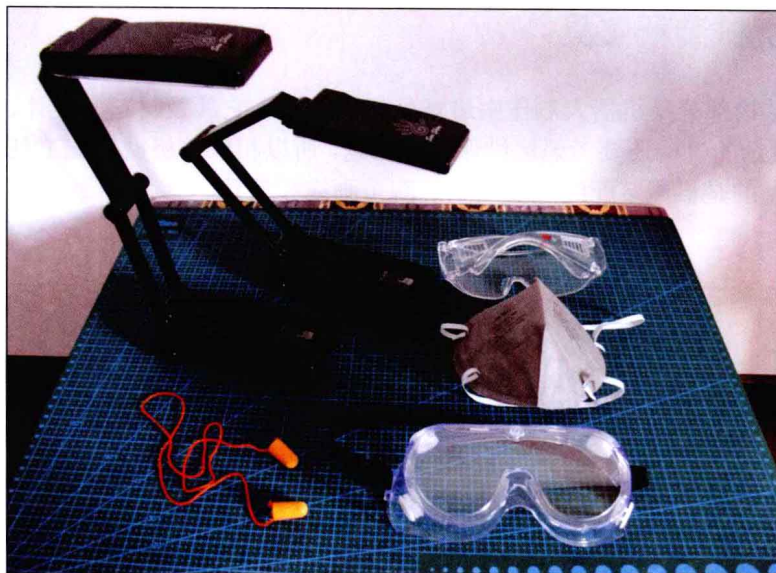


图 1-11 安全防护工具：可以自由移动的充电台灯、护目镜、口罩和耳塞

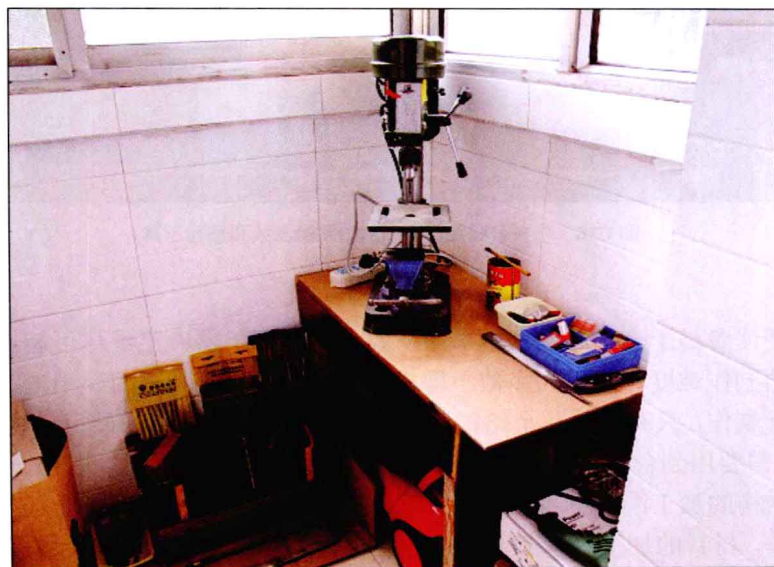


图 1-12 在家中建造的小型金属加工中心，包括台钻、台钳、钢锯、锉等工具

下面说一下这个“加工中心”必备的几样工具和我的使用经验。

1. 台钳。加工中的材料简称为工件，工件的大部分加工，比如锯、锉、折弯都是在台钳上完成的。台钳以钳口的宽度为标定规格，可以根据待加工材料的大小来选择适合自己的规格，一般使用 75mm 的就可以完成大部分零件的制作了。我的加工中心准备有两只台钳，一只 75mm，一只 120mm。



台钳的底座上有3个固定孔，需要通过螺栓固定在一个平稳坚固、高度适合操作的工作台上。工作台可以用小桌子来代替。台钳由活动钳身、固定钳身、底座和丝杆构成。活动钳身安装在固定钳身上，通过手柄带动一根有螺纹的丝杆来带动在固定钳身槽内移动，使钳口能够开合。固定钳身连接在底座上，底座固定在工作台上。常见的台钳为自由旋转的类型，钳口可以在底座上旋转一定角度，并能通过底座上的锁紧手柄将钳口的位置锁定。

台钳具有两个增力机构，一个是手柄的增力，一个是螺纹传动的增力，增力比非常大，使得钳口可以可靠地固定住工件，从而保证在工作时工件不会发生任何移动。因为夹紧力比较大，可能会夹伤工件表面，所以需要在工件和钳口之间垫上牛皮纸等材料以保护工件。

与台钳配合使用的工具有钢锯和什锦锉，如图1-13所示。

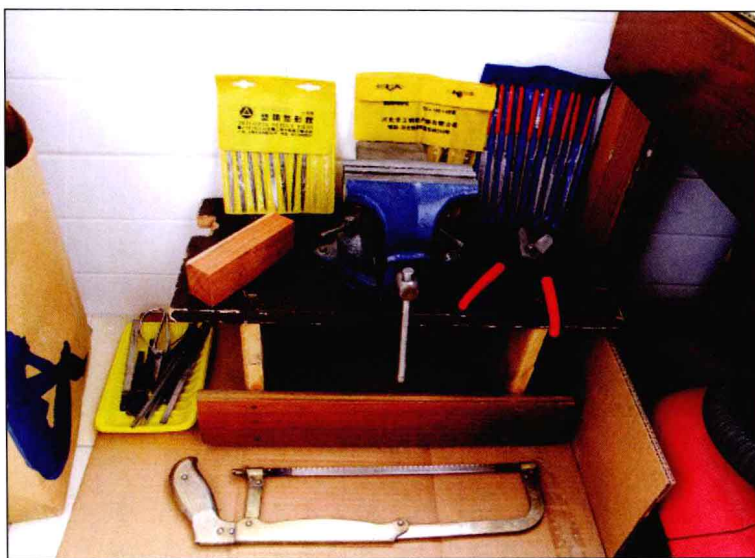


图1-13 台钳、钢锯、什锦锉

钢锯的作用是切割材料。注意一个细节，在给锯弓子上锯条的时候，应该把锯条的尺牙朝前安放。在锯的过程中，可以用左手扶住锯弓子前部，配合右手辅助推拉，这样可以保证材料切割面的规整。比较薄的材料，比如1mm厚的铁板、铝合金板也可以直接使用铁剪刀来裁切。

什锦锉的头部有多种形制，经常用到的是平头扁锉、尖头扁锉、方锉、圆锉、圆边扁锉这几种。购买什锦锉时可以按长度和直径来选择，建议3mm×140mm和5mm×180mm规格的各备一套。借助什锦锉，可以完成大多数零件的精细加工。例如把台钳上固定的工件加工出特定的斜面、弧面，扩大钻孔直径，或者锉出机箱电源座的长方孔、按键的方孔等。

工件的折弯可以借助一根硬质木条来完成。先用台钳固定好工件，再在钳口上