

异步图书
www.epubit.com.cn

机器人

爱好者

第2辑

美国SERVO杂志 / 著 符鹏飞 况琪 邱俊涛 赵俐 等 / 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

机器人

爱好者

第2辑

美国SERVO杂志 / 著 符鹏飞 况琪 邱俊涛 赵俐 等 / 译



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (C I P) 数据

机器人爱好者. 第2辑 / 美国SERVO杂志著 ; 符鹏飞
等译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2017. 2
ISBN 978-7-115-44299-4

I. ①机… II. ①美… ②符… III. ①机器人—基本
知识 IV. ①TP242

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第002538号

版 权 声 明

Copyright © 2015 by T & L Publication, Inc.

Authorized translation from the English language edition published by T & L Publication.

All rights reserved.

本书中文简体字版由美国 T&L 公司授权人民邮电出版社出版。未经出版者书面许可, 对本书任何部分不得以任何方式复制或抄袭。

版权所有, 侵权必究。

-
- ◆ 著 [美] SERVO 杂志
 - 译 符鹏飞 况 琪 邱俊涛 赵 俐 等
 - 责任编辑 陈冀康
 - 责任印制 焦志炜
 - ◆ 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>
 - 北京捷迅佳彩印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 13.25
 - 字数: 302 千字 2017 年 2 月第 1 版
 - 印数: 1—3 000 册 2017 年 2 月北京第 1 次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2016-2255 号
-

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

内容提要

本书是美国机器人杂志《Servo》精华内容的合集。

全书根据主题内容的相关性，进行了精选和重新组织，分为5章。第1章介绍了机器人的历史、发展状态以及前景，特别关注了机器手和机器臂的设计和发展、机器人的原型设计和制造、Robot Hut 机器人博物馆，以及警用机器人和安保机器人的应用和发展。第2章是新款机器人的产品实测，介绍了 HelloSppon 机器人和 Apeiros 机器人。第3章是“跟 Mr.Roboto 动手做”的专栏文章。第4章是系列文章的合集，包括手工焊接基础的文章，以及一些机器人 DIY 的文章。第5章是全球机器人领域最新的研究动态和资讯。

本书内容新颖，信息量大，对于从事机器人和相关领域的研究和研发的读者具有很好的实用价值和指导意义，也适合对机器人感兴趣的一般读者阅读参考。

01

机器人技术概述——现状与未来

机械手和机械臂	002
机器人的原型设计和制造	011
Robot Hut 博物馆	021
警用和安保机器人	033

02

机器人产品

HelloSpoon 机器人	044
Apeiros 机器人	054
西班牙机器人博物馆	061

03

跟 Mr.Roboto 动手做

实现机器人视觉系统	064
2015 SparkFun AVC 大赛	069

04

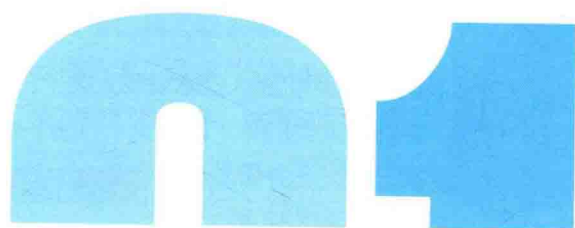
机器人 DIY

手工焊接基础	078
数控车床零件设计流程	099
构建更好的机器人：神奇的瓦特表	114
小型机器人大师访谈——彼得·沃勒	118
构建报告：老铁翻新	124
机器人内部的战斗力强化	131
小型 Arduino 机器人手的制作	137
Beer2D2——啤酒桶中的机器人	152
快跑！这是 ParkerBot！	163
从零开始构建机器人	171
构建更好的机器人：弥补薄弱环节	181

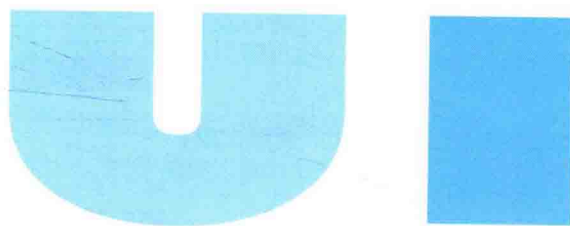
05

机器人最新资讯

机器人最新动态报道	186
超级探测球机器人	186
治疗机器猫	187
机器人套件拉近孩子们与技术的距离	188
动起来，百变星君	189
机器人球童	190
击剑机器人	191
无人机也能使用鱼网	192
DARPA 机器人大赛规则	193
神奇之花	194
自动浇水	194
信仰之跃	195
Jeff 和 Lily 机器人集体下海作业	196
Muribot 机器人套件	197
可穿戴隐形椅	198
阳光普照	198
实现对小机器人集群的控制	199
无人机投入营救任务	200
自我折叠折纸机器人	200
Google 的驾驶记录	201
变刚度致动器	202
AVERT 新型拖车装置	202
空中接线充电	203



机器人技术概述 ——现状与未来



机械手和机械臂

Tom Carroll 撰文 雍琦 译

人类是神奇的物种，现在，我们几乎可以用机器人技术复制人类了。人类凭借独特的大脑、眼睛和四肢，完成了不可思议的成就。特别是人类的手，能够实现一系列复杂的动作。机器人专家已经设计并研发出数以千计的仿生手，但没有一种可堪与真正的手比拟（图1）。

多少有点“人类中心主义”的感觉，我们常对人类特有的“对生拇指”赞不绝口。拇指与其他四指配合工作，可以灵巧地握住并操控物体。不过，仔细想一下，如果没有手臂的配合，我们的手就无法在较大范围内运动自如。正是凭借身体及其各部位的协调活动，我们才得以正常生活。

将人类身体的物理功能迁移到机器人身上，说难也难，说简单也简单。

虽然不见得每一个机器人玩家都会给自己的机器人安装机械手，不过，确实有许多人问我这方面的问题。过去几年里，我制造的机器人基本上都装配了机械手，有的能用，有的则需经过改装才能用。

图2展示的是我1985年左右制造的一个机器人，名叫Squirt。它的身体原来是一个工业用重型塑料化学桶，手部则是用工业手套做的，手套里面是用聚乙烯管做成的手指，手指指节处割了几条缝。每个手指都连着线缆，由一台绞盘电机驱动。一只手上5个手指的线缆都绑在一起，此外还加装了螺旋弹簧，用以辅助拉力。

没过多久，指节处就开始断裂了。特别是有一个万圣夜，上百个来玩的孩子都要Squirt给他们端蛋糕，它实在不堪重负。后来我做了一点改进，在指节处对聚乙烯管进行软化，而不是切割。

图1 人类手骨

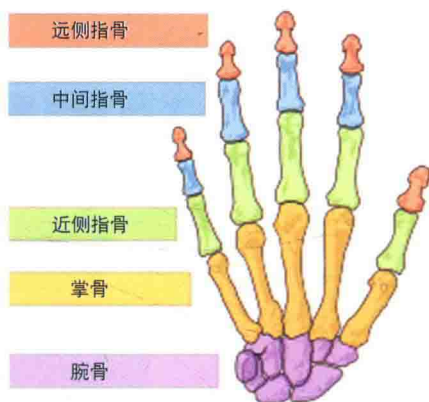


图2 Squirt 机器人，手套内的手指是可活动的



用什么样的机械手好

我在一所中学担任机器人俱乐部教练，在俱乐部里，我们玩过多种 VEX 机器人，包括机械手套装，如图 3 所示。后来，同学们想进行一次机器人相扑比赛，一方是机器人班制造的乐高机器人，另一方是机器人俱乐部的 VEX 机器人。同学们最先提出的武器方案，就是 VEX 机械手，可以在比赛中抓住对手。我对他们解释说，比赛的目标是把对手挤出边界，而不是抓住对手将其扔出去。接着我问他们：“想想看，怎样设计机械手和机械臂，才能实现比赛目标？”

图 4 展示的是一款 VEX Clawbot 机器人。这就是我们俱部乐为相扑比赛准备的试验品。前些年，学校购买了大量 VEX 零件（图 5），我和另一名教授 Tylor Hankins 都觉得应该好好利用这些材料，结合 VEX ARM Cortex 微控器，为俱乐部打造一款比赛机器人。

在机器人外形方面，我们决定以 NASA 火星车好奇号为原型，不过要适当缩小。在零部件方面，我们主要以 ServoCity 和 Actobotics 的配件、马达和轮子为材料。ServoCity 的 Brian Petty 及其团队，热情地给予我们帮助，不论是机器人设计，还是零部件选择，他们都提出了宝贵的建议。

部署机械手或末端执行器

同样是机械手和机械臂，工业用的价钱远高于实验性的。因为前者的速度和精准度都比后者高出很多，对于特定任务的适应性也更高。请看图 4 所示的 VEX Clawbot 机器人，它只有两个运动轴，一个是机械臂的抬降动作，一个是机械手的开合动作。

不论是控制机械臂还是控制机械手的马达，都没有轴

图 3 VEX 机械手套装



图 4 VEX 的 ClawBot 机器人，机械手很漂亮

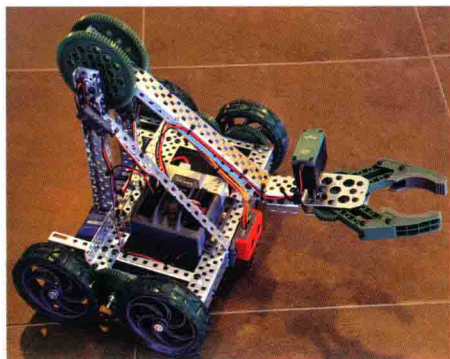


图 5 Ridgefield 中学采购的 VEX 零部件





端编码盘，不过这也不一定是坏事。通过远程操纵，VEX Clawbot 机器人还有第三个运动轴，即以差速马达控制两组轮子，实现行进和转向。这样，我们的机器人就可以“瞄准”对手，抓住它，并把它推到其他地方。

我们就机械手在机器人比赛中的用处进行了探讨。为什么要用手呢？为什么不在我们的机器人前部安装一个斜面？这样它就能冲过去直接掀起对手，让它翻到界外。

在提出斜面方案之前，我告诉过同学们，用机械手当武器在技术上是有一定困难的。我们也探讨过机械手只有一个运动维度的问题。此外，只有当机械手一直降到地面或桌面的高度，它才是“水平”的。而只有当机械手降到“水平”位置，纵向摆动的机械臂才能发挥足够的作用。

使用感应器操纵机械臂和机械手

就如何部署机械手的位置，同学们进行了分组讨论。有一组提出，使用 VEX 超音速远程感应器配合机械臂和机械手。在图 4 中可以看到这种感应器，就是底盘前部那个红色的东西。

感应器可以感应很多东西，不过在比赛中，应该让它只对场上的另一个机器人作出感应。但是，因为感应器的探测光束的光谱较广，机器人就不能分辨抓取对象，也就不能在比赛中发挥正确作用。最后，同学们决定听取我的建议，改用斜面做武器，并用 RobotC 语言为机器人编程，让机器人本身跟着感应器走。

设计带机械臂和机械手的机器人

有不少玩家在一开始制作的是相对简单的底盘，后期再增加带机械手的操纵器，这种做法当然是可行的。不过，如果能在设计时就考虑好机械臂和机械手的部署，那就更好了。请务必牢记，设计机械臂时有诸多因素需要考虑。

图 6 展示的是 CrustCrawler 机器人（Alex Dirks 于 2010 年推出），这款机器人设计得很好，机械臂之外留有一块干干净净的空间，大小约是 45.7 厘米 × 35.6 厘米。机器人内部也留有 10.2 厘米见方的空间，用以安装电子设备。CrustCrawler Nomad 机器人使用 Parallax 充气轮胎和齿轮马

图 6 CrustCrawler Nomad 机器人，使用 AX12 机械臂



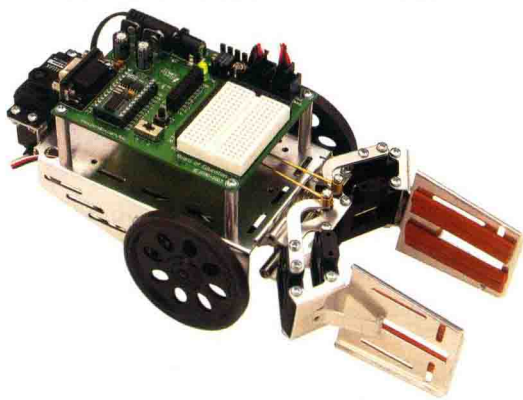
达，牵引力较大，而马达的重量可以抵消机械臂的载荷重量。设计机器人时要注意，不要让零部件、感应器和其他附属装置挡住机械臂的活动。

图 7 装配 Parallax 机械手的 Boe-Bot 机器人

机械臂的运动范围较大，其本身及抓取物都有一定重量，如果没有设计好重心，机器人就很有可能在快速移动过程中翻倒在地。Parallax 公司在为其广受欢迎的 Boe-Bot 机器人设计机械手套装时，就考虑到了这一点（图 7）。

请注意看，重量最大的部件（伺服电机）安装在机器人后部与手爪相对的位置。这样能让机械手抓取较重的物体，而不至于倾翻。这是多么好的工程实践案例啊！

我在 Boe-Bot 和 ActivityBot 两款机器人上都安装了机械手，发现平行机械手的抓取效果更好，大概是因为机械手内侧有橡胶垫的缘故。Boe-Bot 属于桌面型机器人，是一个极佳的机械手和感应设备测试平台，很适合机器人比赛。



在铰链式机械臂上安装机械手

正如我本文开始时提到的那样，人类的手之所以灵巧有用，是因为拇指和其他四指的巧妙配合。图 4 展示的 Clawbot 是一款优秀的教育型机器人，但它的机械手功能有限，只能抓取竖长形的，或是贴近地面或桌面的物体。这种机器人的设计初衷，是为了让学生理解机器人的运动方式，其程序设计也只是对应于某种特定任务。

图 8 CrustCrawler 的 pro 系列机械臂

作为机器人玩家，我们不需要工业用机器人那样的速度和精准度。但是，通过精心设计，我们仍能让机械臂拥有 3 个或更多的活动角度。

人手受其自身结构所限，不能像马达或伺服电机那样做连续反转运动。人类手腕的转动极限大概是 180 度，肩膀、手肘、掌骨及趾骨的转动范围都更小。

图 8 展示的是 CrustCrawler 机器人的一种机械臂。这种机械臂使用两个 Robotis Dynamixel 旋转驱动器，



分别驱动机械手的两个手指。机械手腕以及各个臂弯，都使用单独的 Dynamixel 旋转驱动器，底盘上另有两个驱动器。通过这样的配置，能产生最佳扭矩。底盘内还有一个驱动器，用以旋转机械臂本身。这样，共有 8 个驱动器，驱动 7 个关节，能在花费相对较少的情况下，尽可能地增大机械臂的有效荷载。

图 9 展示的机器人使用了另一种机械臂，采用的是线性驱动器。线性驱动器驱动臂杆上的螺母上下运动，运动幅度取决于臂杆幅。螺母连接着臂杆内的套管，套管的运动类似于液压筒。

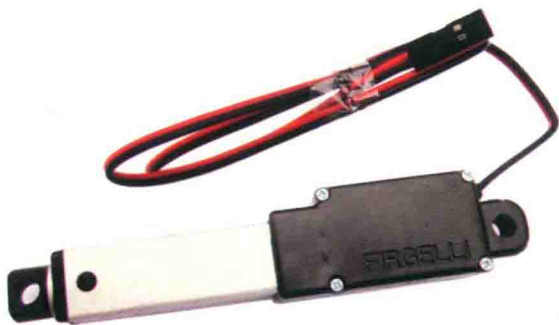
图 9 装配了机械臂的 ServoCity/Actobotics 机器人



我在这款机器人上使用的线性驱动器由 ServoCity 出品，产生的力量为 500 牛。底部较短的那个行程为 50 毫米，另一个行程为 100 毫米。整个机器人使用的都是 Actobotics/ServoCity 零部件，包括轮子和马达。机械臂、机械腿以及其他活动部件，都受控于线性驱动器。这种设计适用于多种机械臂，但也不是放之四海皆准。请注意看这个机械臂，较长的那个线性驱动器约有 6 个孔洞长，而机械臂有 25 个孔洞的长度，也就是说，它们的配比是 1:4.16。因此，以 500 牛除以 4.16，最终能得到得到大约 120 牛的抬升力。较短的驱动器控制机械臂和套管的前后向运动。

图 10 Firgelli L12-S-2 线性驱动器

机械手由两个 RobotZone 伺服电机驱动，手指则由一个较小的 Firgelli 线性驱动器驱动（图 10）。这些小型驱动器只有手指大小，但输出功率能达到 54 瓦，还能像伺服电机那样进行调试。



机械手的种类

机械手的种类极多，有的使用磁力，有的使用真空吸盘，还有的甚至使用变形沙袋裹住物体。液压、真空或空气动力都可以用来驱动机械臂，原理同我们的肌肉受动差不多。接下来，我们将重点介绍电机系统驱动的机械臂和机械手。

机械手的通用配置

最受欢迎的业余机械手之一是平行机械手。Parallax 的 ActivityBot 和 VEX 的 Clawbot 使用的都是平行机械手，不论两个手指如何运动，它们始终保持平行。请注意，Parallax 机械手的手指是平的，内侧粘有橡胶垫，而 VEX 机械爪的手指有两个凹曲，内侧也有橡胶垫。平行机械手给人的第一印象，就是善于抓取平面物体，或者至少有一对平行面是平的。但它也有一个缺点，就是抓取物体时不能完全贴合其表面，这就有可能造成抓取物在机械手内滑动或摇摆。如果手指和齿轮稍稍倾斜一点，或者给手指粘上橡胶垫，情况就会好很多。图 11 展示的 Robotiq 机械手，采用了一种特别的设计，兼具平行机械手和 V 形机械手的特点。

图 11 Robotiq 2085 型机械手

灵活性

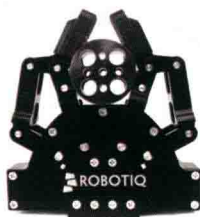
高载荷、长冲程、
结实、轻巧

3种抓取模式

平行、包围、嵌合

超强可控性

抓取的位置、速度和强度
均可调节，还有自动感应
功能



在大型机器人生产商那里，可以找到各式各样的机械手，质量和价格差异极大。当然，你也可以用 Google 搜索“机械手 (robot grippers)”。ServoCity 在线上销售 4 款机械手，见图 12A-12D，售价从 6.99 美元至 14.99 美元不等。我个人强烈推荐 servocity.com 网站，那里有着极其丰富的机器人装置、零部件、轴承以及其他配件，当然也包括机械手。

图 12 A. ServoCity 微型机械手

B. ServoCity 纵向机械手



C. ServoCity 横向机械手

D. ServoCity 平行机械手



即便你不打算买任何东西，servocity.com 仍然值得一逛。见识了那里的机器人设计图纸和实物照片后，你肯定会不由自主地感叹：

“我之前怎么就没想到可以这样做呢”？我自己就收集了这个网站里

的大部分照片，做成一个文件，时时参考。

V 形机械手

V 型机械手是最常见的机械手类型之一，它的开合方式同人类的手差不多。使用 HiTec HS-5055MG 或类似伺服电机的 ServoCity 微型机械手，是小型机器人的最佳搭配。ServoCity 纵向机械手则适合中型机器人，特别适用于结构较纤细的机械臂。

ServoCity 横向机械手同样采用 V 形设计，伺服电机也是横向安装的，“标准”HiTec 或 Futaba 电机都可以。

所有这些机械手都经过精心设计，以结实的 6.35 毫米 ABS 塑料为材料。ServoCity 还有一款装配了机械臂和机械手的可移动机器人，名为 Stacker (图 13)，我以前就曾用过。

上述机械手抓取物体时，仅有两个接触点，物体有可能像在平行手爪内那样滑动摇摆。

因此，再重复一遍，请在手内侧粘上橡胶垫，这样能有效增强捏合度。我曾把尖嘴钳手柄上的橡胶皮改装到 V 形手上，如图 9 所示。

图 13 ServoCity Stacker 机器人及其机械臂



平行机械手

图 12D 展示的 ServoCity 平行机械手宽 6.35 厘米，可打开至 7 厘米。这种机械手只使用一个标准 HiTec 伺服电机。同其他的标准型 ServoCity 机械手爪一样，这种机械手也是用 6.35 毫米 ABS 塑料做的，可以很方便地同其他零部件搭配，组成一只功能完善的机械臂。

图 14 展示的是 Tetrix 平行机械手，结构同 ServoCity 的一样，但稍小一点，使用的塑料也稍薄。这种机械手搭配同为 Tetrix 出品的 Pickee 机器人，效果堪称完美，毫不逊于 ServoCity 系列。

互联网上有着不计其数的机械手，其中有许多都是平行机械手，比如图 15 所示的 Thinkbotics。这种机械手售价 40 美元，是中型机器人的绝配。图 16 展示的是非常流行的

eBay 机械手，产自中国。这种机械手常与图 17 所示的机械臂搭配，价格视配置的不同而差异极大。

图 14 Tetrix 平行机械手



图 15 Thinkbotics 平行机械手

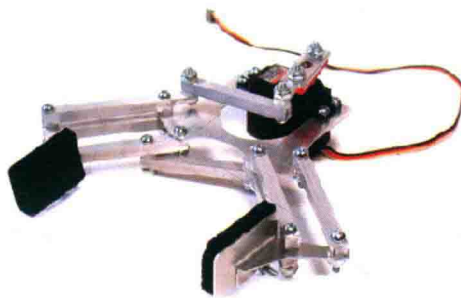
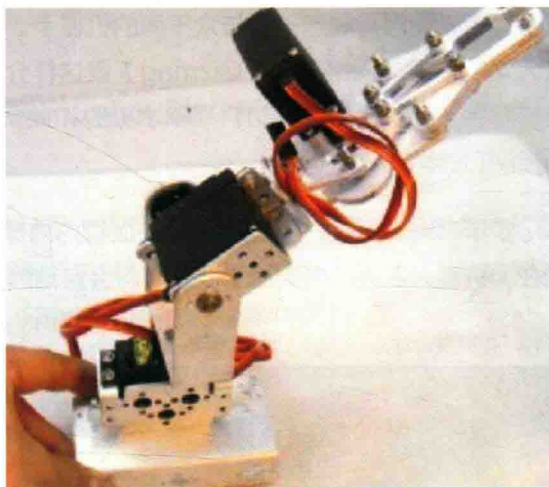


图 16 互联网上流行的一种平行机械手



图 17 性价比较高的机械臂和机械手



作为伺服电机赠品的机械臂，质量一般比较差。我建议大家还是单独购买机械臂和机械手，然后配上你自己的电机，比如 HiTec、Futaba 或其他同类产品都可以。记住，一分价钱一分货。

图 18 展示的是 OWI 机械臂，已经流行多年，可以方便地同你的电脑或微型控制器接连。

图 18 广受欢迎的 OWI-535 机械臂 “arm edge”



结语

机械臂和机械手是比较复杂的，在本文中，我还只是就常见的型号做了概要性的介绍。但愿你的胃口已经吊起，准备捋起袖子，大干一把吧！

最后，我想再展示一款与众不同的机械手。请看图 19，它就在硬币边上，是由约翰·霍普金斯大学制造的。网络杂志《Gizmag》曾这样介绍它：“约翰·霍普金斯大学发明了一种微型生物降解手。这种手的主要材料是软水凝胶和硬聚合物，但其内部含有磁性纳米微粒，可以通过磁力控制它的运动。”

多年以前，人类已经发明出能在血管内穿梭自如的药丸式体内摄影机和磁力引导机器人。现在，机器人在人体内完成工以后，将会自动降解，这无疑又在原先的成就上迈出了新的一步。

图 19 以硬聚合物为材料的微型机械手



机器人的原型设计和制造

Tom Carroll 撰文 雍琦 译

我已经这个专栏里，为业余爱好者写过专门讨论机器人设计的文章，也尝试过回答这样的问题：“怎样才能造出一个机器人”？跃跃欲试的各路玩家提出的问题五花八门，但主要集中在机械和结构方面。大概他们觉得我不是顶尖的程序员，只能指导一些机械和电子系统方面的问题。我能区分 PIC、Arduino、Propeller，甚至 Raspberry Pi 之间的不同，不过不想写代码罢了。很多朋友的程序设计能力比我强，这方面的问题还是留给他们吧！

此前我对机器人设计进行了概览式的介绍。一些读者在看了相关文章之后，要求我在结构和机械方面进行更深入的介绍。

现在，我就来满足读者的要求。不过，我并不打算讨论微型控制器、编程、CAD 设计或者电子系统、感应系统方面的话题。接下来，我要介绍的是，机器人设计时各个实物部件的定位和装配问题。

我们的话题将集中在如何利用原型设计来研制和改进机械设计。最终的施工设计，就敬请读者开动脑筋，自己完成吧！

我们将对部件安装、系统、电机、电池等各个环节一探究竟，打造一个既高效又稳定的机器人底盘。我将以 ServoCity 的 Actobotics 底盘为例，讲解机械和结构部件。ServoCity 的网站展示了数千种机械构件照片，堪称一个蕴藏丰富案例和创意的宝库，绝对值得一看。

我不仅会探讨结构部件和机械部件，也会涉及基础的机械加工实践。我会展示一些不同的移动机器人底盘，玩家可在这些底盘的基础上制造自己的机器人。

开始设计——从现有的原型着手

在回答机器人研制方面的问题时，我常会反问这样一个问题：“为什么你想制造机器人，你想让机器人做什么？”我之所以这样问，正是因为很多人并不明白自己想要的是什么。他们只是觉得，“玩机器人够酷”。其实，这正是回答我那个问题的答案。对于玩机器人来说，“酷”