

科学鬼才

智能机器人制作

123 例 (图例版)

ROBOTICS EXPERIMENTS

FOR THE EVIL GENIUS

[美] Myke Predko 著 万皓 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

科学鬼才

智能机器人制作

123例

(图例版)

[美] Myke Predko 著 万皓 译

Mc
Graw
Hill
Education

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

智能机器人制作123例：图例版 / (美) 普雷·德科
(Myke Predko) 著；万皓译. -- 北京：人民邮电出版
社, 2017. 12
(科学鬼才)
ISBN 978-7-115-46916-8

I. ①智… II. ①普… ②万… III. ①智能机器人—
制作—普及读物 IV. ①TP242.6-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第245261号

版权声明

123 Robotics Experiments for the Evil Genius by Myke Predko
978-0071413589

Copyright © 2004 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and POSTS & TELECOM PRESS. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2017 by McGraw-Hill Education and POSTS & TELECOM PRESS

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司和人民邮电出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内（不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾地区）销售。

版权© 2017 由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司与人民邮电出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签，无标签者不得销售。

内 容 提 要

本书以智能机器人制作为主题，首先介绍了机器人的基本概念及结构特点、电工学基础理论，进而针对电磁装置、机器人驱动链、PBASIC程序设计语言、移动机器人、机器人导航等方面进行实例讲解。书中对读者在实验过程中可能遇到的问题进行了详细的论述，并提供调试电路、解决问题的办法，给出一些相关的源程序，同时将作者自己积累的经验告诉读者。本书适合所有机器人制作爱好者阅读。

◆ 著 [美] Myke Predko

译 万 皓

责任编辑 魏勇俊

责任印制 周昇亮

◆ 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>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本：880×1230 1/16

印张：18.5

2017 年 12 月第 1 版

字数：646 千字

2017 年 12 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字：01-2016-5092 号

定价：79.00 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：京东工商广登字 20170147 号



关于作者

ABOUT AUTHOR

Myke Predko 是加拿大多伦多 Celestica 公司的一名新技术测试工程师。他是 McGraw-Hill 出版社发行的《PICMicro 微型控制器程序设计与配置》第二版一书的作者，也是 TAB 电子相扑机器人的首席设计师。

致谢

ACKNOWLEDGMENTS

如果任何人建议你写一本包含许多小项目或实验的书，请立即离开。尽管这本书非常令人满意也充满趣味，但是它的出版真是大费周折。如果没有下面提到的个人和团体（我已经忘记其他一些人）的帮助与支持，我是无论如何无法完成本书的。

- 感谢Tabrobotkit, Basicstamp 和PICList 列表服务器提供的资源。通常，我非常依赖这些列表服务器，但是当交稿截止日期越来越接近（并超期），我花在这些强大的资源上的时间减少了，然而，我还是会花时间浏览服务器资源并学习新内容。这三种列表服务器可能是最优质的资源专家组，新手们可以使用它们学习有关机器人、程序设计和电子学方面的知识。
- 感谢Ken Gracey 以及在Parallax工作的人们，他们为本书的创作提供了巨大的帮助和灵感。他们有一个非常棒的产品线，新产品源源不断地补充，并致力于为客户提供技术支持。我觉得自己非常幸运，Ken花了大量时间帮助和指导我，并支持我所做的。他们的产品线生产的产品非常好，如果你仔细查看，会发现在电影《X档案：征服未来》中用到了BASIC Stamp.1。
- 感谢我的正式雇主，Celestica。尽管本身不是一个机器人公司，但它是一个非常杰出的科技公司，拥有业界非常优秀的员工。我一直谦卑地感到我所学甚少，而公司具有非常优秀的资源。
- 感谢Blair Clarkson 和在多伦多安大略湖科技中心工作的人员。中心起始于Celestica 的一个机器人车间，对于想要学习机器人知识的人来说，讨论和设计机器人能提供无限乐趣。我希望我们的关系天长地久。
- 感谢Ben Wirz，他是一个极好的资源提供者，很多灵机一动的创意都是他提供的，并且发现我的很多非常棒的创意不管怎么说都不那么有新意（或常常是可行的）。过去几年，Ben和我一起合作开发了三款机器人项目，我盼望着能与他展开更多合作。
- 感谢长期以来遭受编书之苦的编辑，Judy Bass女士，我很感激她与我一起制定本书的独特版式以及她所具有的耐心，尽管本书的手稿完成时已经远远超过截止日期。我欠你一顿大龙虾晚餐，以补偿您默默地忍受我的各种缺点。
- 感谢我的妻子Patience，她的表现常常名副其实，感谢我的女儿Marya，她使所有同名的人感到自豪。除了我，没有人能从你们那里得到更多的支持。即使当浓烟和咒骂声从地下室传来，我也知道我会得到你们会心的微笑和温暖的拥抱。

Myke 机器人定律

全书将遵守我定义的 10 条机器人定律：

1. 从小项目做起。
2. 系统化设计。
3. 机器人动作不平稳可绝不是卖点。
4. 保护机器人的动力传动系统免受环境破坏。
5. 确保机器人的重心集中在机器人的中间位置。
6. 机器人运行速度越快，越让人叹为观止。
7. 机器人身上安装的目标或障碍检测器应使机器人在足够远的距离就能检测到目标或障碍物，从而避免机器人在损坏目标物或者自身之前就能够停止运行。
8. 机器人功能越复杂越会增加系统重量。
9. 机器人自重也会增加系统的负担。
10. 如果不运行，机器人应不产生能耗。

目录

CONTENTS

第一章 机器人介绍 1

- 3 | 实验1 卫生纸卷筒制作的机器人
- 5 | 实验2 机器昆虫清管器
- 7 | 实验3 乐高移动机器人
- 9 | 实验4 硬纸板手臂

第二章 机器人结构 13

- 15 | 实验5 切割胶合板
- 17 | 实验6 结构加固
- 19 | 实验7 完成木质材料
- 20 | 实验8 各种胶水的作用
- 22 | 实验9 螺帽与螺栓的作用
- 24 | 实验10 焊接与接线
- 26 | 实验11 安装包括在内的印制电路板

第三章 基本电学理论 29

- 31 | 实验12 电路与开关
- 33 | 实验13 电子电路和开关
- 34 | 实验14 电压测量
- 36 | 实验15 电阻器和电压降
- 38 | 实验16 电流测量和欧姆定律
- 39 | 实验17 基尔霍夫电压定律与串联负载
- 41 | 实验18 可变电阻器
- 43 | 实验19 基尔霍夫电流定律和并联负载
- 45 | 实验20 Thevinin 等效
- 46 | 实验21 功率的概念
- 48 | 实验22 电池

第四章 磁性器件 52

- 54 | 实验23 电磁铁
- 56 | 实验24 继电器
- 57 | 实验25 测量地球磁场
- 59 | 实验26 直流电动机

第五章 传动系统 61

- 63 | 实验27 电动机驱动起重机
- 65 | 实验28 给起重机装上滑轮
- 66 | 实验29 H-桥结构的开关直流电动机
- 67 | 实验30 差动传动机器人底盘
- 69 | 实验31 步进电动机
- 71 | 实验32 记忆金属

第六章 半导体 74

- 76 | 实验33 二极管
- 78 | 实验34 发光二极管
- 79 | 实验35 NPN型晶体管和双发光二极管发光控制
- 81 | 实验36 用一只晶体管驱动电动机工作
- 83 | 实验37 双极性PNP型晶体管电动机控制电路
- 84 | 实验38 晶体管电动机H-桥

第七章 我们的朋友555芯片 87

- 89 | 实验39 闪烁发光二极管
- 91 | 实验40 555 按键去抖电路
- 93 | 实验41 无线电(R/C)伺服控制
- 96 | 实验42 光导机器人

第八章 光电子学 99

- 102 | 实验43 不同颜色的发光二极管
- 103 | 实验44 改变发光二极管的亮度
- 105 | 实验45 多段数码显示发光二极管
- 107 | 实验46 光电隔离器的锁和钥匙
- 109 | 实验47 白色或黑色表面传感器
- 110 | 实验48 自动寻线机器人

第九章 音频电子器件 113

- 115 | 实验49 蜂鸣器
- 117 | 实验50 基本晶体管振荡器编码练习工具
- 119 | 实验51 电子听诊器

121	实验 52 声级计
-----	-----------

第十章 数字逻辑 123

125	实验 53 基本门逻辑运算
127	实验 54 互补金属氧化物半导体 (CMOS) 触摸开关
130	实验 55 基于双极性晶体管的 TTL (晶体管-晶体管逻辑) 的“非”门
132	实验 56 积和电路
133	实验 57 利用非或门设计而成的普通逻辑器件
135	实验 58 异或门和加法器
137	实验 59 上拉与下拉
138	实验 60 米奇老鼠逻辑

第十一章 电源 141

143	实验 61 齐纳二极管
145	实验 62 线性电源
146	实验 63 开关电源

第十二章 时序逻辑电路 149

151	实验 64 RS 触发器
153	实验 65 边缘触发器
154	实验 66 全 D 触发器
155	实验 67 触发器重置
157	实验 68 并行数据
158	实验 69 交通信号灯
160	实验 70 移位寄存器
162	实验 71 圣诞装饰
165	实验 72 随意移动机器人
166	实验 73 计数器
167	实验 74 Schmitt 触发器输入和按钮去抖
169	实验 75 PWM (脉冲宽度调制信号) 发生器

第十三章 使用 Parallax BASIC Stamp 2 微型控制器学习编程 172

173	实验 76 加载个人计算机里的 BASIC Stamp 视窗编辑软件
175	实验 77 将印制电路板和 BS2 连接至个人计算机并运行第一个应用
177	实验 78 在个人计算机上保存应用程序
179	实验 79 解读“Hello World! (你好世界!)”应用程序
180	实验 80 变量和数据类型
181	实验 81 数据格式
183	实验 82 ASCII 码

185	实验83 可变数组
187	实验84 在赋值语句中使用数学运算符
188	实验85 设计简单的程序循环
189	实验86 条件循环
191	实验87 “关机”应用程序
192	实验88 条件执行代码
193	实验89 高级条件执行
195	实验90 在应用程序中使用“for”循环
197	实验91 使用子程序保存代码空间

第十四章 将硬件连接至BASIC Stamp 2微控制器 201

203	实验92 控制一只发光二极管
204	实验93 Cylon 眼
206	实验94 Hitachi(日立) 44780-可控液晶显示器
207	实验95 音调输出
209	实验96 电子骰子
210	实验97 按键输入
211	实验98 电阻值测量
213	实验99 PWM模拟电压输出
214	实验100 R-2R数模转换器

第十五章 传感器 216

218	实验101 bLiza, 蛇鲨计算机
222	实验102 多重七段显示器
224	实验103 RC时间常数光线传感器
226	实验104 差分光传感器
229	实验105 声音控制
230	实验106 机器人“触须”
233	实验107 红外物体传感器

第十六章 移动机器人 235

237	实验108 带H桥驱动器的直流电动机控制底座
239	实验109 状态机程序设计
241	实验110 机器飞蛾
243	实验111 随意移动的解释
244	实验112 遥控汽车机器人底座
245	实验113 无线电控制伺服系统设置
248	实验114 多伺服控制
250	实验115 机器人艺术家

253	实验 116	Parallax “GUI-Bot” 程序设计接口
255	实验 117	步进电动机控制
257	实验 118	红外双向通信

第十七章 导航 261

263	实验 119	寻线机器人
265	实验 120	沿墙移动机器人
267	实验 121	超声波距离测量
270	实验 122	霍尔效应罗盘
271	实验 123	国家海洋电子协会 GPS 接口

附录 PBASIC 参考 274

第一章

机器人介绍

Chapter 1

当你想到“机器人”这个术语时，是什么首先映入你的脑海里呢？下文将列举一些有关机器人的定义，试图向你解释机器人究竟是什么：

一个真正的机器人应该是一台机器，它应该能“被教育”，如同一台电脑一样，可以经过编程，使其做各种动作并执行各种工作。只能做单一工作，或者也不能“被再教育”的机器都不是真正意义上的机器人。

The New Book of Knowledge, 1998

机器人学是一个综合的工程技术领域，它涉及机器人开发与应用，用于机器人控制的计算机系统，传感器反馈技术，以及信息处理技术。目前，市面上有许多种类的机器人装置，包括机械臂、机械手、移动机器人、步行机器人、残疾人机器辅助工具、遥控机器人，以及微电子机械系统。

The McGraw-Hill Encyclopedia of Science & Technology, 8th. Edition

机器人是一种自动运行的机械装置。机器人可以执行多种多样的任务。机器人特别适用于执行那些对于人类来说，太过沉闷、困难或者危险的工作。机器人这个术语源于捷克单词robot，意思是单调无聊的工作。机器人能有效处理单调无聊的工作，如焊接、钻孔，以及给汽车零部件喷漆。

The World Book Encyclopedia, 1995

机器人是一种能自动执行任务的机器。机器人的行动受针对任务类型所设计和编程的微型处理器控制。机器人遵循一套指令工作，这些指令能准确地告诉机器人如何完成任务。

World Book's Young Scientist, 2000

Robot /'ro:bot/ 名词。1. 一种具有人类外表或像人类一样运行的机器。2. 一种能够自动做一系列复杂动作的机器。3. 用来形容人机械地、有效率地，但却麻木地工作。

The Canadian Oxford Dictionary, 1998

人类是终极的多面手，是一种经过上百万年进化且能够应对多种多样情况的存在形式。机器人学的科学技术通常涉及制造能够在一系列具体问题中执行很少一部分任务的机器，例如，在生产线上检查和

装配零件。这种机器人通常具有一个非常简单的存在形式。这些机器人通常由一个臂关节构成。该机器臂膀上带有一个抓手，或者其他能够像一只手那样工作的装置，以及一个能像大脑那样工作的微型处理器。

Encyclopedia of Technology and Applied Sciences, 1994

机器人是一种可重复编程、具有多种功能的操作机器，被设计用来移动材料、零件、工具，或者通过编程对动作进行设定来执行各种任务的专用装置。

Robot Institute of America, 1979

现在，在这里我们将给机器人一个更为详细的讲解。套用一个定义，机器人是能完全自动运行的机器，能对外界刺激和提前存储的内部命令做出响应。值得注意的是，术语“robot”与“android”或者简称为“droid”不同，或者与“humanoid”（人形机器人）——另外一种与这些机器相联系的术语不同。

The Complete Handbook of Robotics, 1984

机器人是指任何可经过编程来执行多种任务的机械装置，这些任务包括通过自动控制系统操纵物体和移动。由于在科幻作品中被使用，术语“机器人”指的是具有人类外观或者具有人类能力的机器。实际上，现代工业机器人在外形上与人类相去甚远。

AP Dictionary of Science and Technology

机器人是

(1) 对传感器输入信号做出响应的设备；

(2) 能自动运行，无需人为干预的程序。

通常来讲，机器人会被赋予某些人工智能，因而它能应对可能遭遇的各种不同局面。常见的两种通用型机器人有agents（智能代理程序）和spiders（搜索蜘蛛探测器）。

Webopedia

机器人是一种被设计用来快速、精确、可重复执行一种或多种任务的机器。由于所执行任务的种类繁多，因而，所设计出的机器人也有许多不同类型。

What is ? com

机器人有三种基本特征：

1. 它具有某种移动形式。
2. 可对它编程来完成大量不同种类的任务。
3. 经过编程后的机器人，能够自动运行来完成设定任务。

*Australian Robotics and Automation
Association*

机器人三定律

1. 机器人不能伤害人类，或者，当人类正在遭受伤害时无动于衷。
2. 机器人必须遵守人类的命令，除非当这些命令与第一定律冲突时，可以不遵守。
3. 机器人必须保护自身安全，只要这些保护行为不会和第一定律或者第二定律发生冲突即可。

Issac Asimov

很明显，不可能只用一个定义就讲清楚什么是机器人以及机器人应当如何工作。对于不同的人来说，对机器人这一概念的界定，在很大程度上观点都不尽相同，甚至相互冲突。目前存在的不同类型的机器人有很多，而每一种类型都应符合上文所介绍的所有机器人定义的一条或几条。

在接下来的文章中，我将对一些不同类型的机器人进行调查，并向读者介绍许多制作专属于你的机器人的实际技能和知识（或许多实际技术和知识来制作专属于你的机器人）。

只是要谨记，如果你制造了一个机器人去征服这个世界却失败了，当有关当局来逮捕并审问你时，你一定要说从没听说过我的名字或者这本书。

实验1 卫生纸卷筒制作的机器人

20世纪50年代，科学家们确定来自外太空的外星人的体型很有可能与人类相同，都属于两足动物。两足动物由两只手臂和两条腿构成，并对称地分布在一条垂直线两侧。这一结论很大程度上是根据科学家们对人类自身结构的熟悉度推理而来：科学家们意识到，人类经过几百万年的进化，能够完成数量和种类惊人的各种社会生产任务。

根据该逻辑做进一步推断，就会发现，既然外星人已经进化到能够制造出与人造机器类似的机器，那么一定也具有与人类相似的体型。

这一思路本质上正是当人们思考究竟机器人是什么结构时所达成的共识。如果你被问到机器人应当是什么外形时，你可能会首先想到一个类似于电影《终结者》或《机器人罗比》中的双足机器人。根据20世纪50年代科学家们的逻辑，使用与人类相同的身体结构来制造机器人就显得很有道理，因为我们人类善于运用自己的身体移动或者操作物体。

由于本书介绍了机器人的相关知识，因此我敢肯定你已经打算开始设计并操纵自己的机器人了。因为我们已经可以根据一个成功的机器人模型来依葫芦画瓢，让我们开始用卫生纸卷筒、洗管器和一些胶水来设计并制作一个简单的双足机器人吧。一旦机器人制作完毕，你能自己亲身进行本书介绍的第一个实验了——看看一个双足机器人如何能够完成从直立到前行的转变。当我们一旦完成该实验，我们就能开始实验进行其他人类的动作。

该实验的机器人由几根洗管器将一些用过的卫生纸卷筒连接起来，这些洗管器用胶水固定在这些卫生纸卷筒内部。如果卷筒可以作为你身体的骨骼，那么洗管器就是连接骨头的组织和关节。在平面图中（图1.1），可以看到我具体指明了洗管器的位置，从而使得机器人骨架能够像你的身体那样运动（或表达想法）。因为我们在很大程度上是依据人类模型来制作机器人，所以，我们预期能成功制作该机器人并用它进行其他实验，如让它走到目标物体跟前并捡起它。

注意在使用不同的洗管器做机器人关节时，你会发现我充分考虑了它们的使用位置，从而确保机器人能够像人一样运动。

为了制作该机器人，我切了10个长度为2.5英寸（6.4cm）的洗管器部件，并收集了10个用过的卫生纸卷筒。为了能将洗管器切齐，我使用了一套剪线钳，而不是使用剪刀（对一些人而言，剪刀用起来更趁手），将洗管器切成长短不一的部件。我本不应该在此讲这些，但是你应该等卫生纸卷筒充足可用时再来制作该机器人，不要试图为了快速获得充足的卫生纸卷筒而将上面的卫生纸全部剥下来。我可不想收到你们气急败坏的父母亲发给我的电子邮件，说有一天，当他们走进浴室发现足足有十卷的卫生纸被扔了满地，而卫生纸卷筒不翼而飞了。

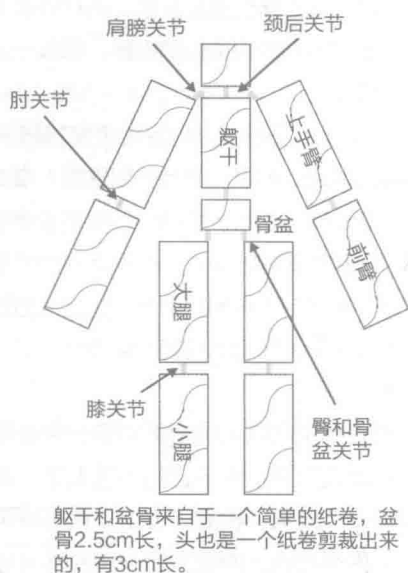


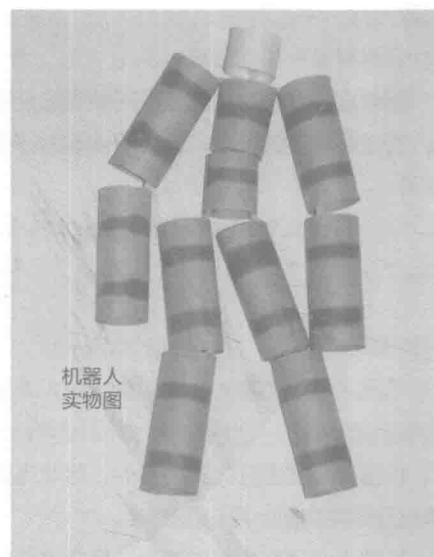
图 1.1 手纸机器人计划

当你使用锋利的刀子把洗管器切成要求的大小后，拿出其中一个卫生纸卷筒，再将其切成两个长度为1英寸（2.5cm）的更小一点的圆柱体。把较长的卷筒当作机器人的后背使用，较小的圆柱体作为机器人的骨盆。再拿出一个卫生纸卷筒，切一个长度为0.75英寸（2cm）的小圆柱体作为机器人的头部。

接下来，你就可以准备用剩余的8个卫生纸卷筒和粘纸或木材的胶水来组装机器人吧。但是，不要使用飞机模型黏合剂、环氧树脂以及万能胶来组装机器人。或许，在使用粘纸或者木材的胶水前，你会试着使用氰基丙烯酸酯如疯狂快干胶将洗管器零件固定住。从个人观点来看，我不鼓励这么做。因为最后很有可能你会把自己同洗管器零件和空卫生纸卷筒黏住，无法分离。特别是当别人看到这种狼狈局面，他们很难将你同具有严谨科学头脑的科学鬼才联系起来。

沿着每个卫生纸卷筒内部，挤上一段长1英寸（2.5cm）的胶水，将一截洗管器的一端粘在上面。将切好的洗管器的一部分（长度约1英寸（2.5cm））用胶水黏住，将剩下的1.5英寸（3.8cm）甩在纸卷筒外面。当你用胶水粘合洗管器时，先在洗管器顶端挤上胶水，确保粘合牢固。该步骤完成后，只需把卫生纸卷筒和洗管器晾一天即可。

接下来，重复上述过程，用胶水把甩在外面的洗管器的一部分（1英寸（2.5cm）长）黏在另一个卫生纸卷筒内部，再晾一天即可。如此一来，黏在两个卫生纸卷



筒内部的洗管器就只剩下0.5英寸（1.25cm）甩在外面，这部分就是机器人的关节部分了。当所有零件充分晾干后，再用胶水把它们黏在机器人躯干上，一次粘一边，以防止胶水流得到处都是。完成该步骤后大约几天以后（从你开始制作机器人开始算），你就会拥有一个如图1.1所示的机器人模型了。

正如之前所说，我想要通过实验让机器人完成从直立到向前行走的转变。当机器人身上的胶水变干，就可以试着让机器人站立起来了。

实验的结果很有可能会是看到一堆松松垮垮连接起来的废旧纸卷筒，就像我最后完成的作品的样子（图1.2）。你也会碰上恼人的问题：究竟采用什么方法才能支撑起机器人，从而开始实验让机器人能够走动起来。

看着这堆由纸卷筒、胶水和洗管器组装起来的机器人软趴趴地堆在那里，你会汲取失败经验，并做如下总结。首先，连接两个纸卷筒的洗管器的硬度不够，不足以将一堆卫生纸卷筒支撑起来，形成一个固定的姿势。或许你会考虑用其他材料来替代洗管器来支撑机器人，但是我想劝你别费力做无用功。因为即使你用其他材料制作一个可以站立起来的机器人，你还是会碰到难题：需要拿出如何让机器人行走而不摔倒的移动方法。还记得吗，在你还是婴幼儿时期，你花了大概一年的时间训练自己站立和向前行走。在你的例子中，你已经具备了所有必须的条件来开始训练行走。向前行走仅仅是问题的一个方面，除了它，你必须思考出如何能让机器人转身和在崎岖不平的地

形中行走的方法。对于行走机器人而言，上下楼梯就是一个特别令人烦恼的问题。

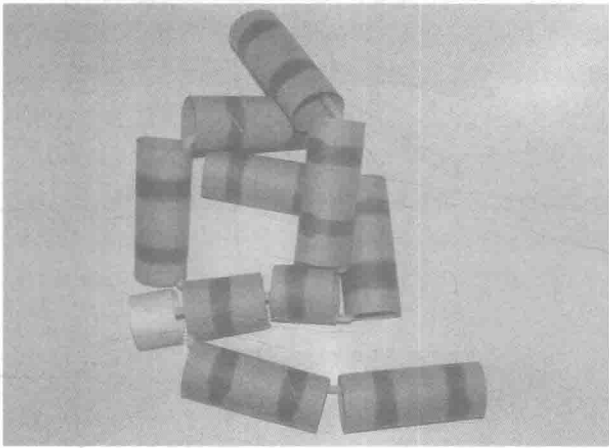


图 1.2 制作专属于你的机器人的一个不幸开端

设计出一个能像人类那样站立并行走的双足机器人被许多机器人学家认为是机器人学里“遥不可及的梦想”——这是一个极富挑战性的任务，许多大规模、研究经费充足的公司和实验室才刚刚开始取得一些成绩。带着这一思考，我想改变你看待机器人的方式，因此你开始采取自底向上的方法来研究机器人，并获得必须的技能来制作构成机器人的所有不同零件。或许有一天，你会制作出一个从外观和动作上都像人的机器人，但是，就目前而言，让我们先将目光放在制作机器人的一般基础性工作上。

实验 2 机器昆虫清管器

在本书的第一个实验中，我让你们大致了解了创造一个人形机器人是如何的困难。我提到了如何让机器人行走所碰到的各种难题，但是我没有详细展开介绍，因为我甚至不知道一种能让机器人稳定站立的方法。在开始致力于研究实际的机器人以前，我认为有一点非常重要，就是先设计出一个稳定的机器人平台（它可以稳定地站立起来），然后再研究机器人如何能移动或者操纵目标物体。

当人们寻找灵感或者获得一个对如何着手解决一个问题有更深刻的理解时，你通常会发现通过观察自然界就会找到问题的答案，并且看到应对同样的难题时，不同的动物（甚至是植物）是如何应对的。如果我们想要

看到一个能自己移动并搬动目标物体的稳定的机器平台，那我们很可能通过观察不同的多足动物得到启发。这分明就是一个简化后的机器人平台。当你还是婴幼儿时，你就能够四足着地学着爬行，这个行为要比你能够独立行走要早得多。

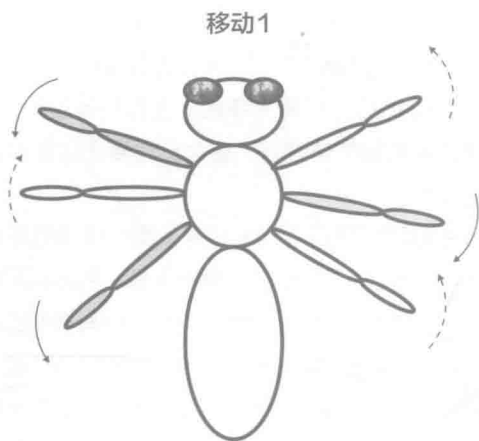
再看看能够四肢着地行走并像人类一样操纵物体的动物，我能想到的明显的一个动物是大象。它能利用四肢四处走动，并利用象鼻操纵物体。大象（还有其他四足动物）的问题在于其不停地进行动态的、不稳定的移动。当大象走动时，它用四肢传递自身质量，所以它绝对不会完全跌倒。将大象的这一移动特性运用到机器人中并不十分困难，但是，如果机器人突然急停或者一只腿悬空时，机器人就会出现跌倒的问题。

为了简单测试这个陈述，你可以将双手和膝盖着地，并在地板上爬行，突然急停，同时一只胳膊或者腿悬空。急停时，你的平衡取决于你抬起的手或腿，要么你的身子会朝着一面摔倒，要么会直接面部着地。测试的初期，你会发现很难跌倒，因为你会通过将身体的重心移动，来自动补偿抬起的手臂或腿，从而让你只有三肢着地时也能保持稳定。你可以在一张体操垫子上进行该实验，注意确保不要让自己受伤。

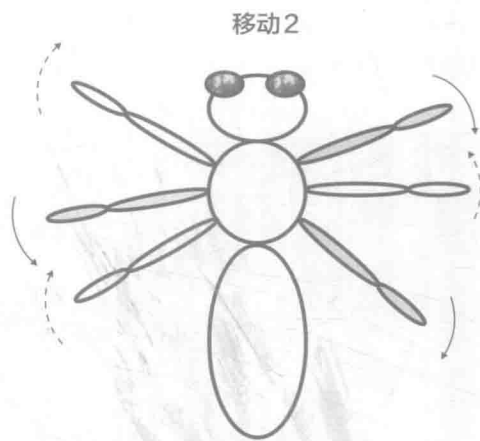
通过借鉴四肢着地、较为低等的生物的行为，我们解决了站立时出现的不稳定问题，但是我们依旧需要解决运动的问题。让我们寻找一种较为低等的生物形式，它能够利用多足运动，但是始终保持稳定。能明显符合这一要求的一种动物就是小虫子。如果你观察蚂蚁（蟑螂运动太快）的动作，你会发现蚂蚁在任何时候，至少保持三条腿着地。正如我在图 1.3 所展示的那样，当一只蚂蚁向前移动时，在躯干一侧的两条腿和另一侧的一条腿推动其向前移动，而其他三条腿同时就位进行接替，从而使蚂蚁向前移动。

所有腿必须铰接起来并能前前后后、上上下下朝着任意方向移动。上下移动下肢可以推动昆虫离开地面，前后移动下肢可以推动机器人或者让腿就位，从而推动昆虫行动。图 1.4 所示为一个昆虫腿的机械模型，通过安装于昆虫躯干两边的铰链驱动其左右运动，并且通过上下移动下肢令其做上下运动。

当提到机械手臂和机械腿时，四肢所能移动的每一个方向被称作一个自由度。尽管这只简单的昆虫腿仅仅有两个自由度（上下和前后），但是，你会发现其他具有肢体的机器人拥有多达 8 个自由度时，就能执行复杂任务。



深颜色的腿在表面，推动昆虫向前移动。
白色的腿离开表面向前移动推动昆虫下一次的移动。



之前离开表面的腿向下移动至表面并推动昆虫向前移动。之前在表面上的腿抬起并返回至推动昆虫移动的位置。

图1.3 昆虫的移动

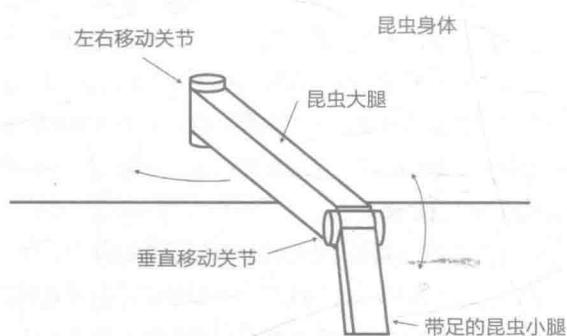


图1.4 机械昆虫腿

昆虫总是能够稳定地移动（昆虫的重心总是保持在至少三条腿的中心），而且如果因为任何原因要停止移动时，它也不会跌倒，不像四足动物，昆虫总是能保持重心稳定。除了能很容易地实现向前移动，对于昆虫来说，改变移动方向也非常简单。这也是为什么以昆虫为原型设计的机器人要比那些基于猫猫、狗狗、大象所设计的机器人更加受欢迎。

通过制作一个简单的模型，你能非常容易地搞清楚基于昆虫所设计的机器人的特性。我的机器昆虫原型使用了半块鸡蛋包装纸盒的底部作为昆虫的躯干，并使用白胶在纸盒上安装了一些洗管器作为昆虫的腿。为了制作昆虫的腿部，我在鸡蛋包装盒（鸡蛋就存放在包装盒的小槽内）的边上戳了一些小洞，将洗管器穿过这些小洞，就构成了昆虫腿部。当我用洗管器做出六条昆虫腿（由三根洗管器穿过小洞构成），我将穿过鸡蛋包装盒两边的洗管器长度拉齐，并用胶水将它们固定在鸡蛋包装盒的

小槽里。你在图1.5中看到的昆虫触角严格说来是为了装饰用。

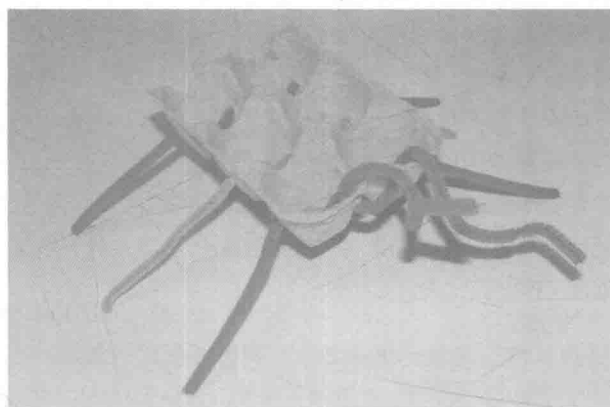


图1.5 一个完整的机械昆虫原型

固定好以后，需要等一天，让胶水自然风干。胶水一旦风干，你就能够进行昆虫腿部移动的实验了。利用图1.3和图1.6所显示的昆虫的移动方法，你就能通过实验展示一只昆虫如何能非常轻松地向前移动。

通过运用与昆虫向前移动一样的方式来移动昆虫的腿就可以完成昆虫转身这个动作，但是，不同的是，转身这个动作是让昆虫的三条腿朝着同一个方向移动，让昆虫躯干另一边的其中一条腿朝着相反方向移动，从而使昆虫身体产生一个力量差，来完成转身这个动作。这个动作非常容易通过洗管器和鸡蛋包装盒制作的蚂蚁原型来演示。

重新审视你刚刚制作的机器人模型，你就会发现有