

爱上机器人

Robot:
making on your time

Make:

Making Simple Robots

简易机器人 制作入门

彩色版

10个创意机器人
搭建实例



[美] Kathy Ceceri 著
臧海波 译



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



简易机器人 制作入门

10个创意机器人搭建实例



[美] Kathy Ceceri 著

臧海波 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

简易机器人制作入门 : 10个创意机器人搭建实例 :
彩色版 / (美) 切切里 (Ceceri, K.) 著 ; 臧海波译. —
北京 : 人民邮电出版社, 2016.4
(爱上机器人)
ISBN 978-7-115-41814-2

I. ①简… II. ①切… ②臧… III. ①机器人—制作
IV. ①TP242

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第054868号

版权声明

© 2016 year of first publication of the Translation Posts & Telecom Press.

Authorized Simplified Chinese translation of the English edition of Making Simple Robots (ISBN9781457183638) © 2015 Maker Media, Inc. published by O'Reilly Media, Inc.

This translation is published and sold by permission of O'Reilly Media, Inc., which owns or controls all rights to sell the same.

本书英文版版权归 Maker Media, Inc. 所有, 由 O'Reilly Media, Inc. 于 2015 年出版。简体中文版通过 O'Reilly Media, Inc. 授权给人民邮电出版社, 于 2016 年出版发行, 得到原出版方的授权。版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分不得以任何形式重制。

内 容 提 要

本书介绍了用新奇的材料制作机器人的实战技巧, 包括使用生活中常见的物品改造成机器人, 以及用高科技的材料制作的新概念机器人。一系列看似不像机器人但又可以进行控制的神奇机器, 颠覆人们对机器人以往的印象。比如用形状记忆合金驱动的会动的纸鹤、用气球制作充气式机器人、3D打印的轮腿复合式机器人小车等。每个项目都给出了项目原理、材料说明、实践步骤几个方面的内容, 使得读者可以跟随指导制作出新概念简易机器人。

-
- ◆ 著 [美] Kathy Ceceri
 - 译 臧海波
 - 责任编辑 马 涵
 - 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>
 - 北京画中画印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 800×1000 1/16
 - 印张: 12.25 2016 年 4 月第 1 版
 - 字数: 238 千字 2016 年 4 月北京第 1 次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2015-4854 号
-

定价: 69.00 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: 京东工商广字第 8052 号

作者简介

Kathy Ceceri 是一位活动策划类图书的作者，她创作的图书面向孩子和家庭，包括 *Robotics: Discover the Science and Technology of the Future*（中文版书名为《酷玩百科：创造你自己的机器人》）。她帮助创建了 GeekMom 博客，撰写了同名图书（中文版《智慧妈妈》上、下册已出版），还为 GeekDad 系列图书提供了十余个项目。她曾经在 About.com 担任过家庭教育专家，是机器人和 STEAM 项目的倡导者，足迹遍布美国的各大学校、博物馆、图书馆、Maker Faires（制汇节）。她和家人现住在美国纽约州北部地区。本书封面照片由 Kathy Ceceri 拍摄。

译者简介

臧海波，国内资深创客、《无线电》杂志金牌作者，活跃于国内外各大技术类论坛，尤其擅长微型机器人的制作，被爱好者称为“机器人 DIY 界的元老”。在《无线电》杂志上长期连载机器人制作、音频 DIY 等门类的文章，翻译了畅销作品《小型智能机器人制作全攻略（第 4 版）》《学 Arduino 玩转 Kinect 制作项目》《学 Arduino 玩转机器人制作》《Raspberry Pi 机器人制作实例》等，原创著作有《仿生机器人制作入门（第 2 版）》《机器人制作从入门到精通（第 2 版）》《Intel Edison 智能硬件开发指南》等畅销书。

前言

机器人一直是我的最爱。在我年轻的时候，迷上了 Isaac Asimov（阿西莫夫）的科幻小说，特别喜欢 R2-D2 和 C-3PO，还有《银翼杀手》中超酷的复制人。但是我却始终没有尝试搭建自己的机器人，直到我成为一名教育工作者和一个母亲。

我儿子（计算机奇才）12 岁时得到了他的第一个乐高 Mindstorms 机器人套件，立即着手组装自己的作品。他参加了机器人训练营，学会了焊接、金属加工和单片机编程。

我看着他 在机器人制造方面取得了 很多成绩，但是说到我自己，作为一名作家和艺术家，平时更多接触的是卡纸和胶带，对软硬件没什么了解，也从来没有想过加入自制机器人的圈子。

后来发生了两件事：一件事是我建立的一个科技主题的家庭教育博客，收到了 Wired.com 上的 GeekDad 网站的邀请，要求加入他们的创作组（后来帮助创建 GeekMom 博客，同名图书已出版中文版《智慧妈妈》上、下册）；另一件事是一家名为 Nomad Press 的教育出版社邀请我写一本针对孩子们的活动用书 *Robotics: Discover the Science and Technology of the Future*（中文版书名为《酷玩百科：创造你自己的机器人》，见图 P-1）。

从我儿子那里以及与一些机器人专家的交流中我已经掌握了一点机器人方面的技术。我现在已经积累了很多知识，可以向其他人提出不错的建议。我给自己定的任务是说清楚机器人的起源和它们从内到外是如何运转的。因为这本书面向的是 9 到 12 岁的孩子——特别是那些对机械和电子几乎没有什么概念的读者，所以在描述问题时我会尽量做到浅显易懂。我会带着读者从迈出第一步开始，展开一次系统级的机器人设计之旅。

我为这本书设计了多个项目，每个项目都具有一定的挑战。针对学校和图书馆的读者，Nomad Press 对自己动手制作项目的“性价比”有着严格限制。《酷玩百科：创造你自己的机器人》一书就提倡尽可能多地利用普通的工艺品和可回收材料。没有套件，不用焊接——甚至不需要计算机！

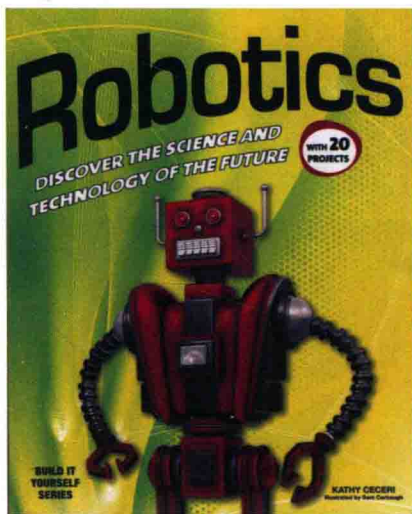


图 P-1 酷玩百科：创造你自己的机器人

结果是，为了找到克服这些局限性的方法，我成了一个低技术或无技术的机器人专家。这本书的反响非常好，令我信心大增。在学校的工作室、展览室和图书馆里，我看到从来没拆过什么东西或玩过电机和电池的孩子们开始专心致志地设计自己的移动式机器人。当我在 Maker Faire（制汇节）和一些小规模的活动上展示我的作品时，许多家长和老师对我说这些项目和教程正是他们所需要的。

我意识到有很多成年人也想参与到科技、机器人和校外创客活动中。原因非常简单：我们周围不断出现新技术，而这些新技术对我们大多数人来说就像魔术一样。这就有了充分的理由，为了适应未来的世界，公众特别是孩子需要对 STEM（科学、技术、项目和数学）有更多的了解。我们了解这些东西既可以满足自己的好奇心，也可以给孩子们提供一些参考。

市面上有很多优秀套件和机器人制作入门类的书籍。但是据我了解不少人对机器人的态度更多的还是好奇，而不是动手组装和焊接电路。对我们许多人来说，在机器人专家看来最“基础”的东西还是不够基础。

这就是为什么我要为 Maker Media 写这本《简易机器人制作入门》的原因。我想把那些已经证明受人（像我这样的人）欢迎的低技术或无技术项目整理出来，看看能不能让它们走得更远。

在这本书中我会为你消除项目之前的各种顾虑，使你不用为时间、花费、工具、技术和安全问题担心。

我还要告诉你，你不必独自一个人进行。现在比以往任何时候都有更多的机会使我们这些非

技术型的爱好者与项目师和资深专家人打成一片，不管是线上还是线下。在纽约州，我很幸运地成为了一个新创客空间 Tech Valley Center of Gravity in Troy 的一名成员（见图 P-2）。这里有愿意花时间帮助人们（就像我）快速掌握新工具和新材料的资深志愿者。此外还有很多教育工作者、商家和在类似 makezine.com 和 instructables.com 等网站上无私分享自己经验的业余爱好者。

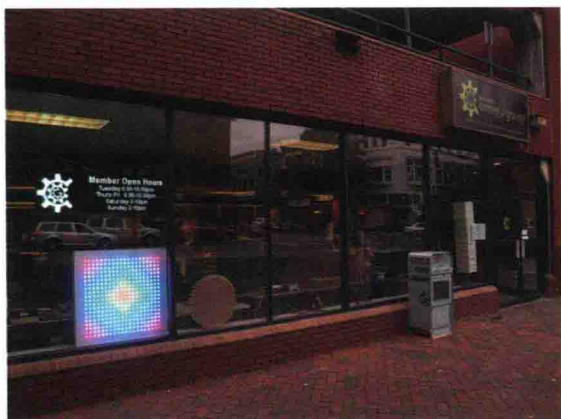


图 P-2 位于纽约的第一家 Tech Valley Center of Gravity in Troy 创客空间

什么时候都不要因为遇到挫折而感到沮丧，我也有过这样的体会，不要被一些专业术语吓倒，别忘了专家也是从新手起步的，无论什么时候都要对自己有信心。在《简易机器人制作入门》一书中，我会确保所有项目，不管它们有多么复杂，都以大家熟练掌握的基本工艺为起点。我希望《简易机器人制作入门》一书可以鼓励你在业余机器人爱好的世界里探索一些新的技术。

Beatty Robotics 父女团队的启示

如果你想知道一个没有经过任何正规电子培训的初学者可以走多远，那么可以看看 Beatty 家的故事。父亲 Robert（担任过机械工程师，退休前从事过云计算）只用了很短的时间就带着他的两个女儿——11 岁的 Camille 和 9 岁的 Genevieve，从组装套件开始到学会自己加工机器人上的零件。Beatty Robotics 为纽约和布拉格的博物馆设计了空间探测器模型。现在，13 岁的 Camille 已经从一名机器人初学者变成了这方面的专家。

你是怎么开始学习新技能的？

当我第一次提出搭建机器人的想法时，我们还什么都不知道。于是我们开始搜集信息，学习相关知识，然后购买零件，并开始尝试把东西组装在一起。我们观看 YouTube 视频学习如何焊接，还看了很多这方面的文章和博客。我们学会了如何给 Arduino 单片机编写程序，如何制作电路，如何加工金属，以及其他需要掌握的技能。父亲和我们一起学习，他会让我们尽可能多地参与一些手工。我们从搭建第一个机器人开始，到搭建第 6 个左右的时候开始掌握了一些窍门，但是我们总是提出一些新的想法，不断挑战自己。

你是如何面对失败的？

搭建机器人通常很有趣，但是有时也会出现失败。有时候机器人不能按最初设想的那样工作，有时候面对一个问题完全不知道该怎么办。有时候你完成了 90%，但出了意

外不得不重新开始。这些事情的确很让人沮丧。我们收集了满满一箱子烧坏的电子元件、报废的工具和其他一些失败的东西，我们开玩笑地把它称为“羞愧之箱”。但是我们知道这是学习和实验的一部分。很多时候我们烧了一个元件，反倒觉得没那么悲观。“好吧，箱子又多了一件收藏！”我们会接着再来。还有一些时候，你会认为自己做的东西没有想象的那么好。所以，总是存在很多挑战，但是你会不断前进，学习搭建更多的作品，到了拿得出手的时候，那种感觉真的很棒。在我们搭建一个机器人的时候，我们真的是很喜欢它，不想中途放弃。

你是如何巩固知识的？有没有什么可以分享的窍门？

首先，我们学会了为每一个机器人项目都保存一份详细的清单，包括我们用到的材料以及搭建过程中的笔记和照片。这样我们就可以轻松地重建已经搭建过的机器人。我们的机器人涉及数百个零件，我们意识到清单的作用非常重要。

说到窍门，我们会建议你从小型机器人套件开始搭建。完成了一两个套件以后，你会学到很多有用的技巧。然后你可以展开自己独特的设计。对于怎么选择你的第一个套件，我们建议使用带有 Arduino 单片机的项目。

对你来说搭建机器人的最大收获是什么？是因为你（一个女孩）想从事这个职业吗？

对我和妹妹来说，搭建机器人最大的意义是我们可以和父亲一起工作。这个过程非常有趣，非常激动人心。我们是一起在学习。有时遇到超难的技术问题，父亲会想出自己的解决办法并把他的经验介绍给我们，但大多数情况下我们都是在一起工作。父亲鼓励我们多做一些焊接、组装和机械加工方面事情（普通学校不会让孩子做这类危险的事情，父亲却是让我们放手去做）。

我和妹妹都有很多兴趣爱好。机器人只是其中之一。我妹妹喜欢画画、写作、天文

和服装设计。我喜欢参加盛装舞步和相关培训，还喜欢摄影、写作和制作珠宝。STEM这个提议很好，最好再加上“艺术与设计”，这样就成了 STEAM（译者注：STEAM 是科学、技术、项目、艺术和数学的缩写，详见 <http://steamedu.com/>）。我们的目标就是 STEAM。对我们来说，搭建机器人不仅是科学，还是一种创造性的艺术。在我的父母和妹妹之间围绕的话题总是搭建东西、绘画、写故事和创作作品。这些对我们所有人来说都很有趣。

第 1 章 新奇材料变身为机器人..... 1**项目：制作活性纸 3**

功能 3

起源 3

原理 6

项目实践 7

项目参数 7

必备技能 7

材料准备 7

制作说明 8

项目：制作充气式机器人..... 21

功能 22

起源 22

原理 23

项目实践 24

项目参数 24

必备技能 25

材料准备 25

制作说明 25

第 2 章 你身边的机器人 31**项目：制作一个可压缩张拉整体结构机器人..... 33**

功能	33
起源	33
原理	35
项目实践	36
项目参数	37
必备技能	37
材料准备	37
制作说明	37
项目：设计一部轮腿复合式机器人	44
功能	44
起源	44
原理	45
3D 打印工作原理	45
项目实践	48
项目参数	49
必备技能	49
材料准备	49
制作说明	49

第3章 原生机器人.....67

项目：制作一群滑动 Vibrobot.....	70
什么是 Vibrobot ?	70
功能	71
起源	71
原理	71
项目实践	72
项目参数	72
必备技能	72
材料准备	72

制作说明	73
项目：制作一个太阳能动力的 BEAM Wobblebot.....	76
什么是 BEAM 机器人?	76
功能	76
起源	77
原理	77
项目实践	78
项目参数	78
必备技能	79
材料准备	79
制作说明	85

第 4 章 类人型机器人..... 98

项目：制作一个 Chatbot 程序	100
什么是 Chatbot?	100
功能	100
起源	100
原理	101
项目实践	103
项目参数	105
必备技能	105
材料准备	105
制作说明	105
项目：制作你的恐怖谷形象	118
什么是恐怖谷?	118
用途	118
起源	118
原理	120
项目实践	121

项目参数	121
必备技能	121
材料准备	122
制作说明	122

第 5 章 趣味机器人艺术 129

项目：制作一台 littleBits 绘图机	131
什么是绘图机？	131
功能	131
起源	131
原理	133
项目实践	134
项目参数	136
必备技能	136
材料准备	136
制作说明	138
项目：FiberBot——制作一个 Arduino 电子织物机器人	147
什么是 E-Textiles？	147
功能	147
起源	147
原理	148
项目实践	149
项目参数	150
必备技能	150
材料准备	150
制作说明	152

后记 181

新奇材料变身为机器人

我们一直致力于研究应用新的几何、算法和制造工艺以实现材料的可重复利用、多用途以及向材料科学、计算机科学、生物学和数学等多个领域扩展。

—— Otherlab

每当提到机器人时，你会联想到什么？经典科幻小说和电影中的机器人差不多都是金属的。家用和玩具机器人通常由硬塑料制成。而在世界各地的机器人实验室里，科学家们会尝试使用任何一种可能获得的材料。当代先进的材料和制造工艺为塑造机器人提供了新的可能。科研人员不再使用笨重的刚性骨架，而代之以轻薄柔软的表面材料，让机器人可以弯曲、收缩和拉伸，目的是从仿生学的角度创造机器人。仿生机器人的动作更接近真实生物，可以减轻编程负担和电源消耗。这类机器人通常也更符合学术意义上的“机器人”一词，即它们更容易被人类社会所接受。

一个极具创意的思路是“智能机体”，通过整体设计或分子式结构控制机器人的行为。可编程材料是一个不错的选择，例如形状记忆合金。这类材料在受到外界刺激（如光或热）时，可以改变当前的尺寸或形状。例如，把一根形状记忆合金（SMA）制成的合金丝放在一杯热水里，可以按照预先设定好的样式变成一根弹簧。

一些科研人员正在研究使用一种常见的儿童手工材料——热缩塑料（类似工艺品商店销售的 Shrinky Dinks）制作智能机体。塑料片加热以后，尺寸会收缩到原来的60%。孩子把它们当做玩具，艺术家则通过计算机打印的方式把它们制成彩色吊坠。而在北卡罗莱纳州立大学（见图1-1），科研人员在材料上打印出厚重的黑色线条并在红外线下照射。因为深色部位会比浅色部位吸收更多的光能，所以黑色线条部位的温升会比光亮表面更加迅速，效果是材料产生了弯曲。最终这块塑料片可以自己改变形状，构成一个小盒子或其他三维物体。

但是 Shrinky Dinks 形状的改变是不可逆的。有的形状记忆材料则可以做到可逆。科研人员正在利用材料的这个特性创造人工肌肉，这是一种驱动机器人运转的执行器。2009年，Ray Baughman 在达拉斯的得克萨斯大学展示了一种用碳纳米管形状记忆聚合物制成的肌肉。碳纳米管中的原子像网格球顶一样排列成蜂窝形状。这使材料在一个方向上可以做到像钢铁一样

硬，而在其他方向上则富有弹性。它还可以在极端温度条件下工作，非常适合从事太空任务。Baughman 团队最初使用的材料形态是气凝胶，有时也称为 frozen smoke。气凝胶是一种很轻的固体，密度几乎与空气相同。给一条带状碳纳米管气凝胶通上电，可以令其以比天然肌肉快 1000 倍的速度扩大 10 倍。最近，Baughman 创造出了一种用蜡填充的碳纳米管纱线，当蜡在高温融化时材料可以伸长。或许在不久的将来，用智能材料编织而成的纱线可以根据战场态势改变形状。

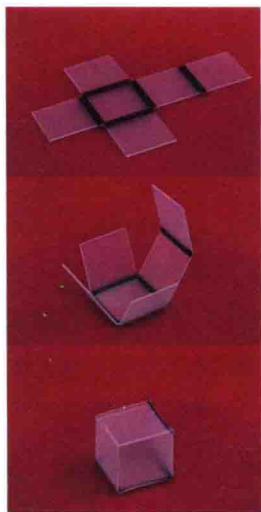


图 1-1 热量可以改变热缩塑料片的外形。作者：北卡罗莱纳州立大学，Ying Liu 和 Jacob Thelen

由镍钛合金制成的 SMA 合金丝可以用来制造微小型机器人身体上的执行器。2012 年 Octopus 项目组发布了一段水下机器人在游泳池里爬行的视频，驱动机器人触角所用的材料就是 SMA 合金丝。在弗吉尼亚理工大学，科研人员正在研究一种水母机器人，机器人的动力是一种带状 SMA 复合材料。这种水母机器人可以帮助工程师和生物学家研究水母的游泳方式，而不需要生物水母的介入。研究的最终目的是设计创造一种新型的水下航行器。

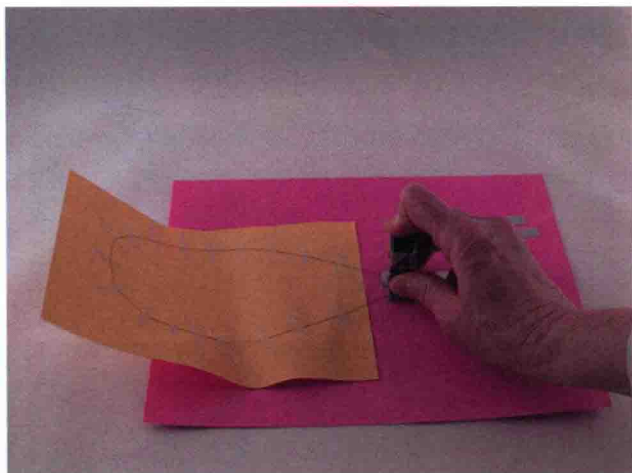
随着材料设计理念的更新，许多具有前瞻性思维的发明家会转向过去寻找灵感。他们探索的途径是低技术材料，如纸和橡胶。这类材料质量轻且具有弹性，使它们更容易控制。因为它们很常见，所以可以降低成本和设计难度，制作、升级和替换都非常方便。事实上，一些科研人员认为它们非常适合一次性大量生产，且执行完工作以后无需考虑回收的问题。

本章将通过多个简易机器人项目介绍一些当今尖端机器人研究领域中经常用到的新奇材料：形状记忆合金、纸和橡胶。这些项目本身非常原始，与真正的机器人相比更像是测试材料性能的

概念化设计。如果你想在此基础上进一步开发，可以研究一下项目升级和改造思路。请关注资源列表上的附加信息和在线教程。

项目：制作活性纸

活性纸是一种在形状记忆合金帮助下可以自己做出动作的可编程材料。



功能

活性纸可以根据需要自行折叠或展开成多种形状。科研人员试图运用它们实现可以根据需要改变形状的多用途机器人。变形机器人非常适用于太空任务和其他补给困难的场合。艺术家和设计师也在致力于用活性纸制作各种雕塑和家具。通过添加传感器和其他电路，可以实现活性纸与外界的互动。

起源

中国人在公元 105 年发明了造纸术，纸的出现为我们现在所说的产品设计开辟了一个全新的天地。因为纸张的表面可以印刷，纸张出现后很快就代替了用来制作书籍的羊皮纸和莎草纸，以及传统的金属货币。此外纸张非常轻薄，且有一定韧性，可以折叠成各种形状随身携带，还可以用来制作包装箱、容器、玩具和装饰品。到 18 世纪，机械造纸业的出现大幅度降低了纸张的生产成本，使普通人也买得起纸，折纸和剪纸也作为一种休闲娱乐活动在欧洲和亚洲流行了起来。

把纸作为一种制作机器人身体的素材,受到了两个常见艺术形式的启发:弹出式立体纸膜和折纸。弹出式立体纸膜常用于儿童读物和贺卡,书页合拢时折叠在一起,书页展开时以立体形式弹出。折纸是日本的一项传统艺术,既是孩子们的娱乐也是一门高超的艺术。借助模块化设计(用多个小型折纸单元组合成一个大模型)和折纸技术(先在纸上折出规则的几何图形)等方法,可以创造出极其复杂美丽的作品。还有一些折纸作品在人按压或拉动某个部位时能够活动起来,包括常见的会跳的青蛙、神奇的螺旋以及会翻筋斗的箱子等。折纸艺术家们通过文字说明、图示和步骤分解的方法分享自己的原创作品。

最近这些年,折纸已经作为一项项目进入科学研究领域。2009年,麻省理工学院的数学家 Erik Demaine 和一个麻省理工学院所属的团队提出了一种名为箱褶模式的折纸工艺,可以用来创造几乎任何一种几何形状。紧随其后,麻省理工学院的机器人专家 Daniela Rus 和哈佛大学的 Robert Wood 创造出了一种用形状记忆合金和磁铁驱动的皱褶板,可以把自己折叠成一条小船或一架纸飞机。然后的2014年,这个研究小组又发表了一篇文章描述热活性折纸机器人的文章。机器人为板式结构,制作材料包括数层铜片、纸和形状记忆聚合物。



图 1-2 哈佛大学和麻省理工学院的这个机器人由纸和热敏形状记忆聚合物制成,可以自行合拢和弹开。
作者:哈佛大学 Wyss 研究所, Seth Kroll

铜片内层蚀刻着有助于电流传导的导线。接通电源以后,单片机通过铜片输送电流给聚合物加热,启动折叠程序。这种机器人可以编程为不同形状。模型演示的是把自己折叠成了一个昆虫的形状,机器人可以迅速展开四条腿逃离现场。麻省理工学院媒体实验室的科研人员 Jie Qi 则通