

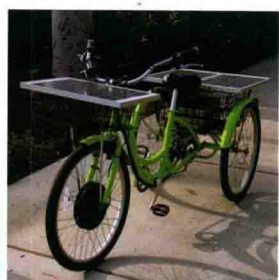
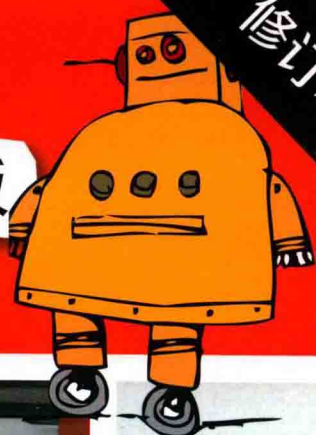
The Best of Instructables Volume I

修订本

# 爱上制作

## 特别版

120个绝妙的制作项目



» 精选自美国最知名制作网站  
Instructables的120个绝妙制作项目!

[美] MAKE杂志编辑、Instructables网站编辑 编  
刘蒙阁、田力、曾学明 译  
丁慎源 审



**Make:**  
makezine.com

人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

O'REILLY

无线电

O'REILLY®

# 爱上制作

特别版 修订本

120个绝妙的制作项目

[美] MAKE杂志编辑 Instructables网站编辑 编

刘蒙阁 田力 曾学明 译

丁慎源 审

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目 (CIP) 数据

爱上制作 : 特别版 : 120个绝妙的制作项目 / 美国  
MAKE杂志编辑, 美国Instructables网站编 ; 刘蒙阁, 田  
力, 曾学明译. — 2版 (修订本). — 北京 : 人民邮电  
出版社, 2015.7

ISBN 978-7-115-39350-0

I. ①爱… II. ①美… ②美… ③刘… ④田… ⑤曾  
… III. ①电子器件—制作②手工艺品—制作 IV. ①TN  
②TS973.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第103838号

## 版权声明

Copyright ©2008 by O'Reilly Media, Inc.

Simplified Chinese Edition, jointly published by O'Reilly Media, Inc. and Posts & Telecom Press, 2015.  
Authorized translation of the English edition, 2008 O'Reilly Media, Inc., the owner of all rights to publish  
and sell the same.

All rights reserved including the rights of reproduction in whole or in part in any form.

英文原版由 O'Reilly Media, Inc. 出版 2008。

简体中文版由人民邮电出版社出版 2015。英文原版的翻译得到 O'Reilly Media, Inc. 的授权。此简体  
中文版的出版和销售得到出版权和销售权的所有者——O'Reilly Media, Inc. 的许可。

版权所有, 未得书面许可, 本书的任何部分和全部不得以任何形式重制。

## 内 容 提 要

本书是《爱上制作特别版》的修订本, 集结了美国知名制作网站Instructables上的优秀制作项目,  
包括日常生活中各种创意手工制作, 分为家居用品、美食、摄影、科学、计算机、电子、机器人、  
交通工具、手工、娱乐、游戏11个门类。本书语言深入浅出、通俗易懂, 采用实物照片、插图和文  
字相结合的方式, 把制作项目需要准备的材料、制作过程、使用方法等介绍得生动有趣, 给读者以  
启迪, 为DIY爱好者提供了丰富的素材。

---

◆ 编 [美] MAKE 杂志编辑 Instructables 网站编辑  
译 刘蒙阁 田 力 曾学明  
审 丁慎源  
责任编辑 李 健  
执行编辑 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>  
北京市雅迪彩色印刷有限公司印刷

◆ 开本: 700×1000 1/16  
印张: 19.5 2015年7月第2版  
字数: 538千字 2015年7月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2012-1196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: 京崇工商广字第0021号

**当我们决定要与艾里克·维尔汉姆**和其他一些在Instructables网站工作的朋友来合作出版这本书的时候，我们就知道这将会是一个充满了乐趣与挑战的过程。我们会与Instructables团队进行深度的合作。为此，我们感到非常兴奋。你手中拿着的这本书凝聚了很多人的心血。当《爱上制作》和Instructables网站的员工们在忙于挑选项目时，Instructables也举办了一个投票环节。观众可以投票选出他们最爱的制作项目。在成千的票选中，前75名同时被大众和编委选中的项目在整个书中会被冠以获胜作品的称号。将Instructables网站上的内容编为一本书是很有挑战性的工作。这里没有职业的作家和摄影师，这里是一群热衷于创造与分享的普通人。我们在编辑过程中，对他们的语言尽量不去太过修改，这样是为了充满个性的文章都能尽情地在本书中得到展现。作者们都非常配合地提供照片、修改错误、校对版面，一直支持和鼓励我们。我们要向他们致以深深的感谢。Instructables网站的项目内容丰富，本书只能简要地进行摘录。在每一篇文章最后都提供了一个网址。在开始制作之前，请先单击链接进入Instructables网站查看更多信息，欢迎您对项目加以评论和建议。这本书能够顺利完稿，是整个团队共同努力的结果。书中提供了很多的创意，让不可能成为可能。当你翻看书中的那些制作项目时，你一定会跃跃欲试。毫不夸张地说，当我们进行编辑的时候，心中就难以抑制制作的冲动。编辑格雷斯·格雷、布莱恩·吉普森、帕蒂·施卡恩德曼，项目经理特瑞·布朗森，设计师萨顿·隆、格雷琴·贝，艺术指导，丹尼尔·卡特、艾里克·威尔汉姆以及Instructables团队和来自世界各地的最优秀的作者团队，向您致以最衷心的祝愿：愿您在制作过程中能经历与我们一样的喜悦。

——编者

# 目 录

## 欢迎词

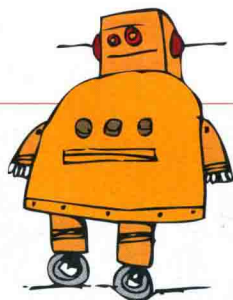
|                       |    |
|-----------------------|----|
| 家居用品 .....            | 2  |
| 项目速览 .....            | 4  |
| 磁性冰箱灯 .....           | 6  |
| 疯狂台灯 .....            | 12 |
| 自制酒瓶货架 .....          | 14 |
| 隐形书架 .....            | 16 |
| 剪纸灯 .....             | 18 |
| 木板椅 .....             | 22 |
| 旧物变身个性圆凳 .....        | 23 |
| 带模拟使用仪表的无线家庭服务器 ..... | 26 |
| 灯罩制作组件 .....          | 30 |
| 管制大双人床 .....          | 34 |
| 豆袋沙发床 .....           | 36 |
| 混凝土灯泡墙钩 .....         | 39 |
| 美食 .....              | 46 |
| 自制日式便当 .....          | 48 |
| 蘑菇汉堡 .....            | 54 |
| 制作碳酸水果的秘方 .....       | 57 |
| 深坑烧烤 .....            | 59 |
| 罐头瓶做成的炉灶 .....        | 62 |
| 像猴子一样吃香蕉 .....        | 65 |
| 项目速览 .....            | 66 |
| 摄影 .....              | 68 |
| 线型脚架 .....            | 70 |
| 超级简单的摄影篷 .....        | 74 |
| LED灯绘图笔 .....         | 76 |
| 科学 .....              | 80 |
| 灯泡温室 .....            | 82 |
| 亲自动手种植生物发光藻类 .....    | 84 |
| 三维磁场指示器 .....         | 86 |

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| 利用巧克力测量光速 .....         | 88         |
| <b>计算机 .....</b>        | <b>90</b>  |
| 任天堂红白机个人电脑 .....        | 92         |
| 乐高U盘 .....              | 97         |
| 牛奶扫描仪 .....             | 98         |
| 30分钟制作USB显微镜 .....      | 100        |
| 10分钟制作低成本的动画片 .....     | 102        |
| 3D激光扫描仪 .....           | 104        |
| <b>电子 .....</b>         | <b>106</b> |
| LED投掷灯 .....            | 108        |
| 可编程的LED灯 .....          | 111        |
| GhettoAVR编程器 .....      | 114        |
| Arduino控制的心形LED .....   | 120        |
| 超级V-B-Gone电视关机遥控器 ..... | 124        |
| 跳舞使者 .....              | 127        |
| <b>机器人 .....</b>        | <b>130</b> |
| 如何制作你的第一个机器人 .....      | 132        |
| 制作一个避障机器人 .....         | 138        |
| 平衡机器人 .....             | 142        |
| 赋予机器人入侵的功能 .....        | 145        |
| 再访鼠标机器人 .....           | 150        |
| <b>交通工具 .....</b>       | <b>156</b> |
| 制作自行车转弯信号指示夹克 .....     | 158        |
| 护目镜清洁手套 .....           | 164        |
| 摩托车式自行车 .....           | 166        |
| 排水道仰卧滑行小雪橇 .....        | 171        |
| 太阳能三轮车 .....            | 172        |
| 怎样得到免费的游艇 .....         | 175        |
| <b>手工 .....</b>         | <b>176</b> |
| 项目速览 .....              | 178        |
| 颜料喷雾器 .....             | 181        |
| 电子雨伞 .....              | 182        |
| 蚀刻铜板版画 .....            | 188        |
| 丝网印刷 .....              | 192        |
| 拔染印浆的可控漂白 .....         | 196        |
| 带扣的伞绳手链 .....           | 198        |

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| 一束红色折纸玫瑰 .....               | 201        |
| 办公废纸制作笔记本 .....              | 204        |
| 制作你自己的真空成型机 .....            | 207        |
| 计算机键盘钱包 .....                | 210        |
| 胶带玫瑰 .....                   | 212        |
| <b>娱乐 .....</b>              | <b>214</b> |
| 头戴式玩偶耳机 .....                | 216        |
| 耳机线缠绕器 .....                 | 218        |
| 利用Hallmark音乐卡制作iPod扬声器 ..... | 219        |
| Munny扬声器 .....               | 222        |
| 汽车影院 .....                   | 224        |
| <b>游戏 .....</b>              | <b>230</b> |
| 棉花糖枪 .....                   | 232        |
| 逼真的狼人服装 .....                | 234        |
| 吉他英雄的利器：键盘模塑 .....           | 240        |
| 办公室用品做投石机 .....              | 244        |
| 修复Xbox 360的死亡之环 .....        | 247        |
| 星球大战宝剑 .....                 | 252        |
| 眨眼的小虫 .....                  | 255        |
| 水力迫击炮 .....                  | 260        |
| 钢铁侠风格的弧光反应堆 .....            | 263        |
| 制作一个魔法棒 .....                | 266        |
| 邮局绘画 .....                   | 270        |
| 萤火虫罐子 .....                  | 272        |
| <b>工具 .....</b>              | <b>280</b> |
| 第三只手 .....                   | 282        |
| 野外焊接工具箱 .....                | 288        |
| 手电筒名片 .....                  | 290        |
| 点阵式名片 .....                  | 292        |
| 项目速览 .....                   | 296        |
| 简易制作台式3轴CNC数控铣床 .....        | 300        |
| 蒂姆的工具技巧 .....                | 303        |
| <b>附录 常用计量单位的转换 .....</b>    | <b>304</b> |

## 亲手来制作，真是酷极了！

你可以成为一个创造者，而不仅仅是一个消费者。无论你是自己印制T恤，焊接LED灯，修改组装家具，制作机器人或只是做做晚餐，你都是制作爱好者运动的一份子。别忘了还有我们的在线共享主页 [instructables.com](http://instructables.com)。



这是一个为艺术家、骑行爱好者、手工艺者、工程师、美食家、小发明家或是技术发烧友提供的自由分享创意的空间。它涵盖了数以千计绝好的项目计划。我们怀着满腔热情为你总结出了网站里最杰出的部分。我们相信本书能够为你的制作梦想提供一些指导，也能够激发你开始伟大项目的旅程。

Instructables.com是我人生事业中最大的项目。它是与我的爱好——风帆冲浪运动一起起步的，当时我刚拿到机械工程学博士学位。风帆冲浪器是由一些改装好的冲浪板，依靠巨型的风筝来拉动你，这在当时是全新的。对于我这个刚毕业的学生来说，它们都太昂贵了。于是我决定自己设计、制作并且自行测试我的传动装置。我将我的设计和制作成果在网上发布，收到了很多人的来信。他们向我咨询，分享他们的想法、图片。我们还在海滩上见面。不幸的是，这些分享只持续到制作设备的第一步。很明显，我们需要一个更好的途径去在线分享我们的创作。

Instructables就是从“章鱼实验室”迸发出的最初的几个点子之一。章鱼实验室是我与一些玩风帆冲浪的校友一同创立的一个创新研发和设计工厂。我们开始试图使用步骤式格式来记录我们的项目。我们觉得这是个非常棒的主意，于是决定邀请我们的朋友来加入。消息很快就传开了，紧接着，一些我们从未见过面的人们也开始发布他们那不可思议的设计。它迅速地成长，Instructables变得巨大起来，于是我决定将它从章鱼实验室里分割出来（关于这段经历更多的描述可以见文章《如何开始一个生意》[www.instructables.com/id/How\\_to\\_start\\_a\\_Business\\_1](http://www.instructables.com/id/How_to_start_a_Business_1)），然后组建一个超级团队帮助它更好地成长，并为各种伟大的设计和研讨提供平台。

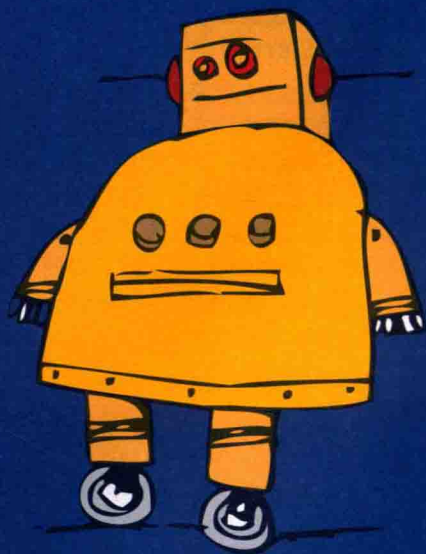
当有人创造了令他们骄傲的东西时，他们经常想将这些分享给大家，很多人就会问你是怎么做到的。我把Instructables设计为一个网络虚拟咖啡桌的形式。人们在这里可以像在咖啡馆聊天一样展示他们设计的作品。在这里，你可以秀出你的技能、创造力，与来访者进行有趣的对话。

这本书让我很有成就感。这些令人惊叹的设计会让你感受到Instructables和我们整个在线社区提供的项目是多么独具创意。这些设计激发了你的创作热情吗？来Instructables搜集所有建造细节吧！给作者留个言。如果你尝试了他们的设计，贴一个图片在你的评论中。成书的过程是如此的有趣，整个引导者社区真是令人惊叹！每个人都在贡献着，我们就是一个整体，就是Instructables。当你在浏览这些精彩的设计时，请尝试更新的创造想法，然后秀出属于你自己的设计。

现在，翻过这页，开始你的设计创造吧！创造出你的精彩！

艾里克·维尔汉姆

# 家居用品



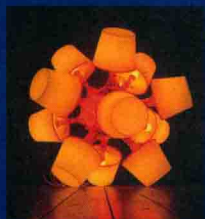
在我们开放Instructables网站给所有人之前，我们载入了一些自己的项目作为范例。过去我的工作和娱乐之间的分界线一直有些模糊，但是现在，它已经完全不见了。我空闲时间做的项目突然间变成了关键性的任务，为了启动系统，我们急需一些添加内容。我需要书架，因为刚刚搬了家，又没有带走我所有的家具。所以，我使用了许多周边技术并制作了许多工具，使我的可持续增长硬木书架项目得以快速地实现。

家庭项目是最容易的一些自制项目。几乎每个人的家都是定制的，对它进行适当的装潢，往往意味着需要自己动手修改、搬运。甚至在我们中间最不手巧的人，也可以安装一套书架，并且之后会期望下一套可以更加完美、更加合适、更像是量身定做的。

在这一章节中，所展示的制作项目真的让我们希望作者就住在隔壁——这样我们就可以借用他们的工具了！很酷的灯具、时髦的家具、富有节能减排的想法。看过这些项目之后，你一定会盯着一面空空的墙壁，思索什么种类的隐藏式LED供电几何小摆设适合放进去。一定要拍照！

最后，这一章节会链接一系列的宜家技巧。我和宜家有着一一种既爱又恨的关系：我并不喜欢一些产品被定位成便宜到搬家时可以扔掉。但是另一方面，我赞同一个低价的家具对于一些创意技巧是很好的开始点。我希望，在你自定义的把它变成了自己特有的之后，你可以一直保留着它。

——艾里克·维尔汉姆



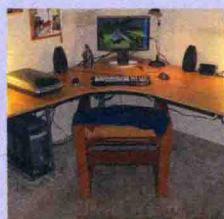
## 宜家克星

将宜家的家具拆开来，重新给宜家的电子产品安装电线，这样你再也认不出与以前一样的宜家产品了。

### 改良版戈蓝书桌

——克比·柯克

/Modified-IKEA-GALANT-desk



这位宜家爱好者通过在桌子下面附加小钉板，创造出了桌子下面空间使用的无尽可能，包括电缆管理和各种电脑外设装置（路由器、调制解调器、电源插座）的悬架中、大号的尼龙扎带，



可以用来将小钉板固定到书桌框架上，也可以用来将电缆和外设装置固定到木板上。

### 带有单独开关的充电箱

——佩德罗·罗德里格斯

/IKEA-Power-Charging-Box-with-individual-Switches



为你的可充电电器制作一个家用充电站。

### 将你的浴室毛巾架改造成厨房架

——F.欧尼尔

/ikea-hack-how-to-hack-bathroom-towel-rail-for-yo



增加一个搁板和几个挂钩，将格兰代的毛巾架改造成厨房架。

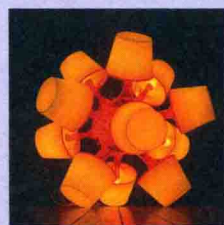


钢丝滤网可以做一个很好的搁板。

### 用宜家兰邦灯具制作大灯

——丹尼尔·斯克斯

/Big-lamps-from-ikea-lampn-lamps.



使用兰邦灯具制作柏拉图式的太阳形灯具。



可以使用6个、12个、32个或者更多盏灯来制作！

## 制作心情灯

——阿图尔·帕特罗夫斯基

/Fun-with-IKEA-lamp



使用一个PIC12F683微控制器和RGB（红/绿/蓝）发光二极管，你就可以把一个宜家MYLONIT灯变成一个色彩斑斓、可编程的心情灯。

## TORE 咖啡桌版本

——詹森·斯科朗特

/IKEA-Hack: -TORE-Coffee-Table-Edition



用一个TORE文件柜底座作为这个石板平面咖啡桌的骨架。

## 国际时钟

——艾德·路易斯

/International-Clock



一个“懒惰的苏珊”轴承和一些磁铁，就可以将这个便宜的宜家RUSCH时钟变成一个国际时钟。只需把你感兴趣的城市放在12个时间点上，就可以知道那个城市的时间了。

## 冰吸管 —— 保罗·杰伦

/IKEA-Ice-Straws



不要让你的冷饮在入口之前变温，冰吸管就是解决办法！



在装满水之前，将塑料吸管放进冰棍托盘中。

## 工具箱技巧 —— PK 徐

/IKEA-Tool-Box-Hack



用一个宜家FIRA的小容量箱，附上一双KOSING手柄（6个2美元），你就可以使用自己的六抽屉便携式工具箱了，无论是在家庭、办公室或是工作室都很适用。

## 鞋架

——大卫·海沃德

/Ikea-Hack-STRIPA-Shoe-Rack



STRIPA架子作为一个智能的壁挂式鞋架就好像得到了新生。

## 废旧灯管

——亚当·凯莉

/Killerjackalope  
/Ikea-scrap-lamp...



使用ORMEN的包装来制作这盏灯。

阅读其他宜家爱好者的评论和建议，请输入 [www.instructables.com/id/IKEA-Tool-Box-Hack](http://www.instructables.com/id/IKEA-Tool-Box-Hack)，再加上每个项目上列清的细分地址。例如：[www.instructables.com/id/IKEA-Tool-Box-Hack](http://www.instructables.com/id/IKEA-Tool-Box-Hack)

## 磁性冰箱灯

把你的冰箱变成画布的LED艺术。

——约翰·科瓦尔斯基



图A：运转中的磁性冰箱灯。

有了这个LED冰箱灯，人们可以按照自己喜欢的方式摆放这些有磁性的LED，创作出有个性化的灯光图案，无论是大人还是小孩都会觉得有趣。

### 1. 材料

大多数材料都可以在五金商店、电子元件商店或是网上买到。

#### 材料：

① 镍基超屏蔽导电涂料（见图B）：在电子元件商店就可以找到。通常它是用来使塑料箱具备射频屏蔽功能。我们利用的却是它的导电性。

② 用来修理电路板的1/4英寸的铜箔（可选择性使用）。如果找不到导电涂料，它是一个可用的代替品。准备一些会是一个不错的想

法，以后可以用它来修理导电涂料上的一些划痕或缺口。

③ 喷漆。我使用的是开朗牌塑料喷漆（Krylon Fusion For Plastic），它几乎能附在所有材料的表面上，也不需要底漆，并且光洁度很好。

④ 大量的LED，颜色自选。红色、绿色、蓝色、黄色和白色，我各选了20个。这些LED在网上的一些销售商处可以买得到，例如：[www.futurlec.com](http://www.futurlec.com), [www.digkey.com](http://www.digkey.com), [www.jameco.com](http://www.jameco.com)和其他的一些网站。

⑤ 330Ω的贴片电阻。每一个2.4V的LED都需要配一个这样的电阻。

⑥ 3.6V的发光二极管，不需要电阻（通常是蓝色、白色、紫色和纯绿色）。

⑦ 一个4.5V，500mA的交流电源。采用交流电源，LED接哪一极都可以。无论将它们怎样接在电路中，它们都会点亮。这样也会降低耗电量，因为LED将以50%的周期工作。

⑧ 直径1/8英寸，厚度为1/16英寸的钕铁硼镀镍磁铁，每个LED准备两个。这些材料可以在线购买，例如：<http://kjmagnetics.com>和<http://magnet4less.com>。

⑨ 直径1/4英寸，厚度为1/16英寸的钕铁硼镀镍磁铁，我用了6个，两个用于把电源附到冰箱上，4个用于做磁跳线来连接冰箱的门和侧面。5分钟环氧树脂，双组份混合使用。

⑩ 焊锡

#### 工具：

① 尖嘴钳。剪线钳或是指甲钳

② 烙铁或是焊枪

③ 绕线工具或是其他的直径大约为1/8英寸的扁圆形小条：如果方便的话，一元店里的旧螺丝刀也可以用

④ 美工刀

⑤ 木制牙签

⑥ 钢笔帽

⑦ 腻子、黏土、橡皮泥、培乐多彩泥，这些是用来固定LED的。

2. 给冰箱喷漆

首先清洁冰箱的表面。晾干之后，用遮盖胶带划分出网格以及电路走势（见图D）。取一些报纸和胶带，将不想喷漆的区域盖住（见图E）。

均匀地喷上底漆。底漆可用来遮盖冰箱表面的刮痕，也可以防止导电涂料脱落。

底漆干到可以触碰的时候，开始用1/4英寸的奎尔特胶带粘出两条分开的轨迹，给网格供电，然后再把网格中的所有轨迹都粘上。我使用记号笔划分出水平线间的垂直间隔，然后在我用手粘胶带的时候点上圆点。

注意：尽量让每个间隔为10mm。

画好之后看起来就好像两个相连的梳子，如图F所示。一条线路往左，使梳子的齿子朝右，另一条线路从右侧开始，使另一梳子的齿子朝左。上述的两条线路在任何时候都不相交。这个区域是开路，只有在安装磁性LED之后才会成为闭合电路，LED的一个磁铁与线路相接触，另一个磁铁与另一线路接触。

贴上胶布之后，马上开始喷涂导电涂料（见图G）。这一步要非常谨慎，要确保四周通风良好。打开所有的门窗，炉具上方的通风口也要打开。

多喷几层涂料，直到一罐导电涂料用完。你也可以留一点以防有其他线路需要处理。如果需要喷涂的面积较大，需要多准备几罐。

3. 除去覆盖胶带

等到涂料快干了的时候，就可以由外向内撕掉胶布了（见图H、图I、图J）。

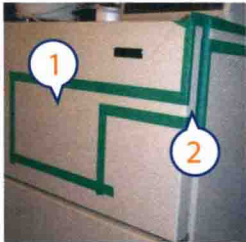
撕掉胶布的时候一定要非常小心，因为导电涂料很稠密，容易和胶布黏在一起被撕掉。为了防止涂料被撕掉，我在线路的细微处用一把美工刀将胶带划掉。如果线路翘起来了，只要导电涂料还没完全干，你都可以把它们按压回去。如果线路翘起来的时候导电涂料已经干了，你可以试着使用万能胶水把翘起来的部分粘回去。



图B: Krylon Fusion 涂料和导电涂料。



图C: 奎尔特胶带及遮盖胶带。



图D: 1. LED电路的目标区域。2. 电路的导电线。



图E: 添加一条细的覆盖胶带，把电源分成两路。



图F: 白色部分是印制电路板，胶带覆盖的部分是不导电的。确保顶部轨迹与底部轨迹是分开的。



图G: 多喷几层涂料，直到一罐导电涂料用完为止。

4. 连接电源

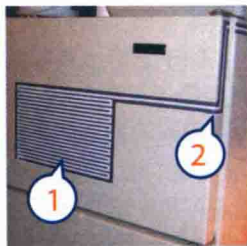
我用一个4.5V/500mA的交流电源适配器来供电，两根导线分别连接两个磁铁（见图K）。电线被粘到磁铁上，磁铁的顶部被热熔胶覆盖，以防止两个磁铁互相接触导致电路短路。磁铁应确定好方位，使它们底部的磁性相反，这样可以防止它们被从冰箱拔下的时候相互接触。



图H：1. 导电涂料尽量覆盖得厚一些。2. 由外向内撕掉覆盖的胶布。



图I：细的胶布不容易撕掉，一定要小心。



图J：1.制作完成的LED线路。  
2. 如果你想要把电源隐藏起来，你可以把这个区域再涂一遍，只要确保给电源线留出接触点以及门和侧面间的跳线即可。



图K：电源通过磁铁与电路相连。

在冰箱门和侧面，电路有一个缺口。为了接通电路，我用了两根小的跳线，线的两端都连上磁铁（见图L）。即使冰箱门一直开着，也要确保留出的导线松垂部分比间隔要长。

现在显示区接好电了。因为还没有安装LED，你可以通过在显示区的线路上摆放磁铁并在磁铁上摆放LED来测试电路（见图M）。LED上的插脚、导线是连接着磁铁的，所以这个测试比较容易。

测量的结果是，从冰箱后部到显示区每条线路的阻值是 $15\Omega$ ，从显示区的侧边到其中心区域的阻值略大于 $15\Omega$ 。当我把一个跳线放在显示区中心区域时，位于冰箱背部的电源两极之间，阻值大约为 $60\Omega$ 。这是一个完整回路，包含了显示区内的任意一部分，总电阻值大约是 $60\Omega$ 。

我发现油漆的导电性能会随着它逐渐变干而不断增强，所以如果你发现读数比开始的时候要高也不用担心。如果读数太高或太低，你可以选择使用一个不同电压的电源来补偿或是使用铜条减少轨迹的电阻。

## 5. 安装3.6V的LED (蓝色、白色和绿色)

将LED上的插脚弄平，然后用绕接工具将

导线缠绕于其上，以使线圈的外围与LED的底部边缘相接触，都位于LED灯管的另一侧。图N展示的是LED的各种安装阶段。

弯曲导线时，用指甲钳或小剪线钳剪掉多余的导线。每个LED插脚，只需连接一个导线圈。然后，用尖嘴钳来调整这个圈，使圆圈的内直径只比磁铁直径小一点。这样能利用导线的一些弹性，当你把磁铁放进去的时候，它们可以夹紧磁铁（现在不要加磁铁）。

在把磁铁放到LED上之前，使用橡皮泥将LED正面朝下固定（见图O）。准备好你的磁铁。调和少量的环氧树脂。在每个线圈的中心放一点环氧树脂。加适量的环氧树脂以固定住磁铁，不要让它盖住LED的底部。

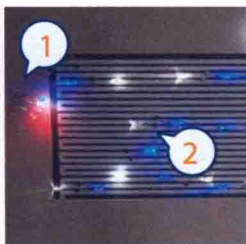
这时在每一个LED的一面都放上磁铁。它们很可能会跳到电线圈的顶端，摆好一排之后，用钢笔帽把磁铁推到电磁线圈的中心，按下它们，使它们顺利到位。如果它们没有到位，或是觉得把它们推进线圈很困难，那么在安装下一批LED时你可能需要调整一下导线的直径。

按同样的方式，把磁铁添加到第二排插脚上。如果笔帽上沾了一些环氧树脂，用纸巾擦掉，以防磁铁顶部被盖上环氧树脂。

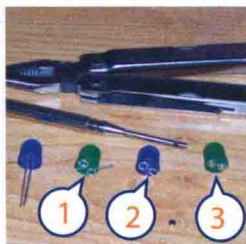
下一两分钟，用这个笔盖把磁铁顶部弄平，然后如图P所示，把它们搁置20分钟左



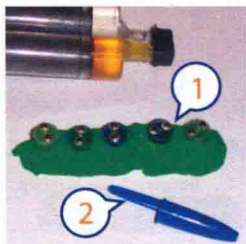
图L: 越过门和侧板间隔的磁铁、电线。



图M: 1. 一个检验2.3V LED是否可以和3.6V LED在同一个网格上工作的测试。2. 这时我还没有最终的LED, 所以我把磁铁和普通的5mm LED放在网格上进行测试。



图N: 1. 把插脚弯折成环。2. 剪掉多余的线, 调整环的尺寸。3. 完成的LED (也展示了莱特曼钳子、绕接工具、磁铁)。



图O: 1. 磁铁已经用环氧树脂胶合进弯折线圈里的LED。2. 一个钢笔帽是把磁铁推进插槽最好的工具。

右。现在不要移动磁铁, 否则很可能会断开它们与环线的连接。

20分钟之后, 用一根牙签小心地剃掉附在磁铁上部表面的环氧树脂。等几小时后再把磁铁放到你的冰箱上, 因为如果环氧树脂还未硬化就把磁铁放上冰箱, 冰箱对磁铁的吸引力会把磁铁与LED线圈之间的联接弄断。

在环氧树脂没有完全硬化之前, 你可以用一个3V的电池连接小导线来测试你的LED, 只需用导线触碰磁铁, 观察LED是否发光。两极都要试一下, 因为只有电源两极连接正确, LED才会发光。

## 6. 把磁铁安装到2.4V的LED (红色和黄色) 上

2.4V的LED安装初期与3.6V的安装过程相似, 但是线路弯折的方式不同, 在此需要将电阻安装到LED的底部。

将LED较长的一条插脚弄平, 然后再把较短的那条插脚弄平, 弯曲到第一条插脚下方40°。把第一条线朝向LED向回弯折。使弯曲稍微悬于LED边缘之上一点, 这样剪线的时候会容易一些。然后, 用绕线工具把弯折回去的电线卷成圆圈。下一条线也这样做。尽量使线圈均匀地分开, 使圆圈的边缘直接到LED的边

缘。图Q展示了详细步骤。

把LED放在橡皮泥里, 用环氧树脂贴住磁铁, 就像3.6V的LED一样 (见图R)。

当你要检测LED是否会发光的时候, 可以在电池上增加一个额外的电阻, 因为如果没有一个限流电阻, 2.4V的LED会烧坏 (见图S)。

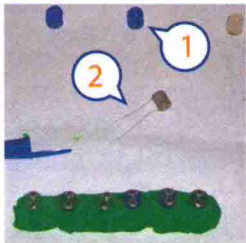
让环氧树脂硬化两个小时, 但是先不要把LED放到冰箱上, 因为没有电阻它们将会烧坏。

## 7. 在2.4V的LED (红色和黄色) 上增加电阻

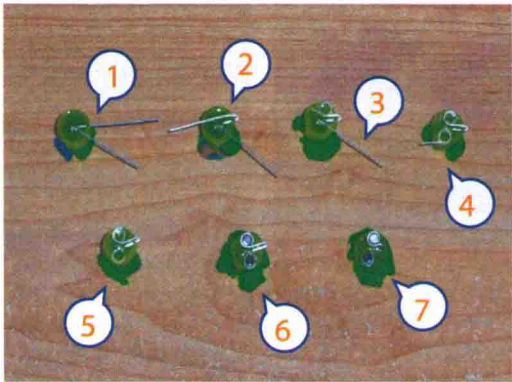
当2.4V的LED上的环氧树脂硬化之后, 用指甲钳或小剪线钳剪掉LED上外悬的线 (见图T)。不要给电线太大的压力, 这样可能会拉掉用环氧树脂新胶合的线圈和磁铁。如果真的发生了, 你可以使用 Krazy胶把它重新黏合。

修剪并弯折电线, 为表面安装电阻留出空间。电阻应该在磁铁边缘和LED边缘间距一半的位置。用美工刀的刀片或是牙签把电线向下弯折一点, 这样当电阻嵌入它们下面的时候, 可以施压于电阻。

在你的刀片末端贴一小块双面胶。这样你可以更容易拿起或是定位微型电阻。图U所示的是安装好电阻的LED。



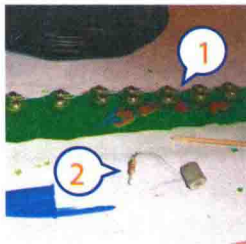
图P：1. 图中是制作完成的LED，在等待环氧树脂完全固化。2. 带导线的电池，用来测试安装好的LED。



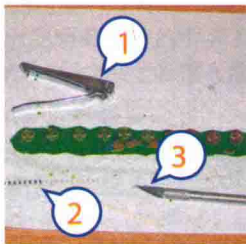
图Q：1. 把导线弄平，让长的导线水平伸出，短的弯成一个角度。2. 把长线向后弯。3. 把长线弯成一个环。4. 把短线弯成一个环。5. 剪掉多余的线。6. 用环氧树脂把磁铁附加到环内。7. 环氧树脂固化后，剪掉弯折线并焊接上电阻。



图R：要放进去的第一行磁铁（已经添加了环氧树脂，磁铁在左下方）。



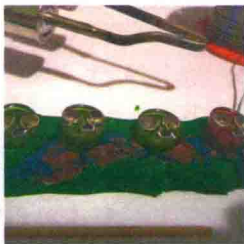
图S：1. 部分安装好的2.4V的LED。待环氧树脂固化过后再接上电阻。我在开始安装2.4V的LED时，把一个电阻加在了电池上。



图T：1. 我用指甲钳剪掉了环后面的线，这样就可以添加电阻。2. 330Ω电阻。3. 刀片尖部的双面胶可以使拿取和定位电阻更容易。



图U：电阻夹在LED线下面准备焊接。



图V：焊接完成。

注意：你可以使用一根牙签来定位电阻，弯折LED插脚到正确位置，也可以在两根插脚间安置附加的锡桥。

现在可以焊上电阻了。这需要细腻的手法。确保经常清洁烙铁的尖端，用焊锡和预先加热好的烙铁轻轻地触碰你要焊接的点。如果第一次没有焊好，等到电线冷却之后再试一次。确保不要用烙铁碰到磁铁。磁铁在过热环境下会损坏。如果你偶尔会在两根线之间焊接，在你预加热的时候，用牙签分开焊锡。

如果对自己焊接技术不敢保证，也可以不

焊接，只要想办法保证电线牢固地施压于电阻之上就可以。检测LED，确保它们正常工作，然后在电阻上放少量的环氧树脂，防止移动。待环氧树脂稍稍硬化之后，一定要检测一下LED。

重复步骤5、步骤6、步骤7，直到所有的LED都安装完毕。图V所示的是一些安装好的2.4V的LED。

## 8. 成品

图W所示的是安装好的LED。把所有制作完成的LED放在冰箱上，然后如图X所示在你的冰