



中国电子学会创客教育专家委员会  
中国创客教育联盟

联合  
推荐

# 创客电子制作入门

## 31个趣味软硬件DIY项目

——《无线电》编辑部 编

 中国工信出版集团

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



# 创客电子制作入门

## 31个趣味软硬件DIY项目

——《无线电》编辑部 编

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

创客电子制作入门：31个趣味软硬件DIY项目 / 《  
无线电》编辑部编. -- 北京：人民邮电出版社，2017.7  
(i创客)  
ISBN 978-7-115-46059-2

I. ①创… II. ①无… III. ①电子器件—制作 IV.  
①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第131723号

## 内 容 提 要

“i 创客”谐音为“爱创客”，也可以解读为“我是创客”。创客的奇思妙想和丰富成果，充分展示了大众创业、万众创新的活力。这种活力和创造，将会成为中国经济未来增长的不熄引擎。本系列图书将为读者介绍创意作品、弘扬创客文化，帮助读者把心中的各种创意转变为现实。

本书汇集了多位创客在开源电子制作项目上的成果，从易到难，从硬件到软件，内容丰富。书中不仅包括零门槛、谁都可以参与的导电画笔、磁悬浮陀螺、环保工艺灯、安卓App等饶有趣味的小制作，也包含适合有一定制作经验的人参与的电子指南针、蝴蝶结变声器、POV显示屏、遥控航母模型、智能铁道沙盘、迷你气象站、智能木偶、光立方、激光投影键盘、3D数码相机、MakeyMakey水果钢琴、智能手表等新奇制作。本书操作步骤清晰、图片简明、可操作性强，内容不仅适合创客空间作为开办工作坊活动的参考，也适合爱好者个人参照DIY。

- 
- ◆ 编 《无线电》编辑部  
责任编辑 周 明  
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>  
北京缤索印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本：690×970 1/16  
印张：13.25 2017年7月第1版  
字数：288千字 2017年7月北京第1次印刷
- 

定价：65.00 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



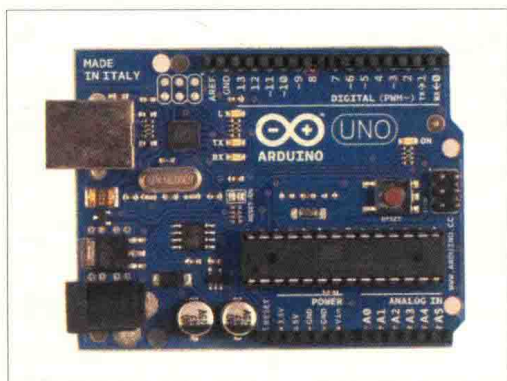
# 序言 开源硬件与“新山寨”

◇李大维

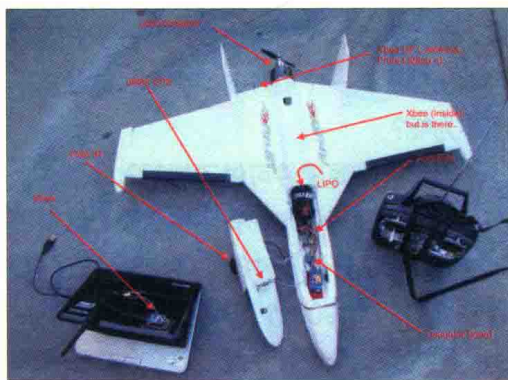
所谓开源，并不是一个从无到有进行创新的过程，而是一个知识转移的过程，认识这个概念很重要。最近大家关注世界上爆发的战争，其中的导弹制导或者无人驾驶飞机等技术，都是很好地利用开源硬件的例子。可以说，开源的使用非常广泛。例如，在软件方面，有开源的 Linux、Apache、MySQL 等；在互联网技术方面，有 PHP、Python、RoR 等。开源的存在可以降低互联网创新、创造和创业的风险和成本。

开源硬件主要是指项目中用到的软件、电路原理图、材料清单、PCB 图、制作步骤等一系列内容的集合体，这些都可以通过使用“开源许可证”，自由地使用与分享。由于开源是一个较新的概念，规则还不完善，不过目前正在从 DIY 社区开始，逐步实现有法律保护、协议清楚的分享。

目前国内已经有多家玩开源硬件的创客空间，分布在全国各地。例如北京创客空间，他们拥有 3D 打印机，我们上海新车间也有，欢迎有兴趣的朋友来看一下。开源的 3D 打印机并不只是为爱好者提供简简单单的操作示范，本着开源的原则，分享者还会把其中



■ Arduino: 2005 年设计出的一个可以轻松入门、建立人机互动原型作品的平台



■ 基于 Arduino 平台的无人飞行器，可以普及到一般玩家

的硬件原理等关键技术毫无保留地分享给你。

下面,我介绍一下关于手机的开源应用。iPhone 手机所具有的刷卡技术 HiJack,大家都觉得很神奇,不知道其手机刷卡具体是如何操作完成的,其实这个技术也是开源的,是通过耳机口连接到 iPhone 的微控制平台的,大家可以拿来自己创作。HiJack 打破了 Apple 对外接周边设备的严格限制。

目前,Google 也开始致力于基于 Arduino 的 ADK (应用系统开发包,英文全称为 Application Development Kit) 的开发,这是围绕安卓 (Android) 系统的周边进行开发,比如直接让 Android 装置 (手机或平板电脑) 通过控制 USB 与蓝牙等 I/O,直接驱动外围设备。这些都与开源硬件有关。

综上所述,看开源硬件和做开源硬件最重要的,其实不是如何去创新,如果你想创造最尖端的技术,可以致力于学术,去读博士等,做开源硬件是将已有的专业知识通过开源的方式传播给大家,与大家分享。

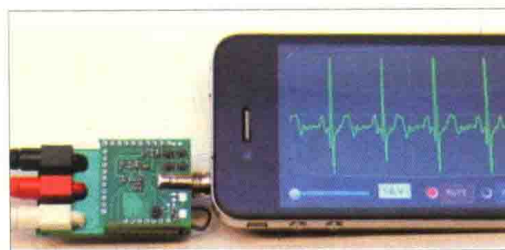
不过,从目前国内的现状看,很多人可能并不希望自己动手去做,持观望态度的居多,那么我建议大家可以多了解一下开源,可以让自己做一个更好的消费者,这又何乐而不为呢?

哪里有开源硬件可供了解呢?北京、上海、深圳等很多城市都有创客空间,这些创客空间是传播开源硬件的实体社区。据了解,目前全世界有 900 个开源社区,上海新车间是国内第一个创客空间。这些创客空间多数都是非营利地推广开源硬件和 DIY 精神。

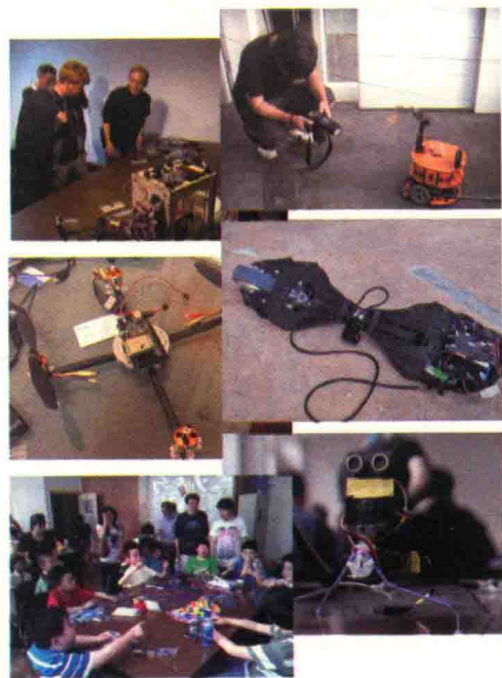
开源的概念虽然很新,但是在中国,“山寨”厂家实际对这个概念的实现已经做得非常成熟了。目前“山寨”厂商实现的上下游



■ 印度电影《三个傻瓜》中的四旋翼飞行器



■ HiJack 技术在 iPhone 上的应用

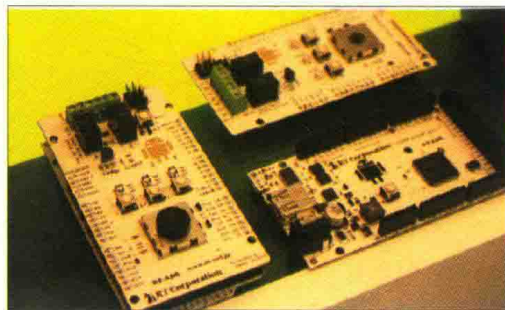


■ 传播开源硬件的实体社区

合作、周边产业合作等都非常频繁，其实这就是一种开源。在合作交流的过程中，大家对现有硬件进行复制并创新，并且反复这个过程，使得产品的品质不断提升，从而具有一定的竞争力。我们目前进入开源硬件领域的好处是，不少原料供应商已经了解了开源硬件是怎么运作的，你可以借助这些产业链将产品国际化，做出自己的品牌，而不必去淘宝上拼价格，更重要的是，与“山寨”唯一不同的是，你的产品是完全合法的。

因此，我们提出了“新山寨”这个概念，这是建立在开源硬件的资源开放基础上的。

我们可以有效利用现代“山寨”的微生产能力，利用快速的网络营销来推广我们的创新产品。



- Google 也开始致力于基于开源技术的 ADK 的开发





# CONTENTS

## 目录

### 第1章 入门级制作项目

<b>01</b>	试制石墨导电液 .....	2
1.1	调配石墨导电液 .....	2
1.2	验证导电性 .....	2
1.3	电路制作 .....	3
<b>02</b>	发光二极管自制实验 .....	5
<b>03</b>	不用电的磁悬浮陀螺 .....	7
3.1	材料与制作 .....	7
3.2	陀螺质量调节与底座水平度 调整 .....	10
3.3	原理简述 .....	11
<b>04</b>	低碳环保的工艺灯 .....	12
4.1	设计思路 .....	12
4.2	设计原理 .....	12
4.3	元器件及工具 .....	12
4.4	制作步骤 .....	13
<b>05</b>	用 3D 软陶泥制作光控 “小蘑菇” .....	15
5.1	设计思路 .....	15
5.2	工作原理 .....	15
5.3	元器件和工具 .....	16

5.4	制作步骤 .....	17
-----	------------	----

5.5	用 3D 软陶泥制作外观 .....	18
-----	--------------------	----

<b>06</b>	自制简易非接触式 交流验电笔 .....	21
-----------	-------------------------	----

<b>07</b>	用 3D 打印笔“建造” 独一无二的埃菲尔铁塔 .....	25
-----------	----------------------------------	----

7.1	绘制平面图纸 .....	25
-----	--------------	----

7.2	工具准备 .....	26
-----	------------	----

7.3	描拓平面图 .....	27
-----	-------------	----

7.4	组装（初步粘合） .....	28
-----	----------------	----

7.5	组装（整体粘合） .....	31
-----	----------------	----

<b>08</b>	用 SketchUp 为电子制作 设计适合 3D 打印的外壳 .....	32
-----------	---	----

8.1	设计 .....	32
-----	----------	----

8.2	测量尺寸 .....	32
-----	------------	----

8.3	画图 .....	33
-----	----------	----

### 第2章 进阶制作项目

<b>09</b>	仿生萤火虫 .....	33
-----------	-------------	----

9.1	原理及材料 .....	33
-----	-------------	----

9.2	制作过程 .....	33
-----	------------	----

- 9.3 总结..... 34
- 10 门多西诺电机：  
给我阳光我就转 .....41**
- 10.1 基本原理.....41
- 10.2 门多西诺电机 DIY ..... 44
- 11 电子指南针.....48**
- 12 钥匙扣遥控器 .....52**
- 12.1 主要部件..... 52
- 12.2 制作过程 ..... 52
- 12.3 关于编码的记录..... 53
- 12.4 原理讲解 ..... 54
- 13 蝴蝶结变声器 .....56**
- 13.1 电路介绍..... 56
- 13.2 使用方法 ..... 57
- 13.3 外形设计 ..... 57
- 13.4 制作要点 ..... 57
- 14 “程序猿”的二进制时钟 .....60**
- 14.1 硬件连接..... 60
- 14.2 程序设计 .....61
- 14.3 改进 1：让时钟可穿戴 ..... 63
- 14.4 改进 2：Matrix 版 ..... 68
- 14.4.1 程序设计 .....69
- 14.4.2 外壳 3D 建模过程.....71
- 15 二进制时钟的另一种  
解决方案.....75**
- 15.1 设计思路..... 75
- 15.2 硬件设计与制作 ..... 76
- 15.3 程序设计 ..... 76
- 16 旋转 POV 显示屏 .....79**
- 16.1 设计思路..... 79
- 16.2 功能概述 ..... 79
- 16.3 供电方式 ..... 80
- 16.3.1 自感应供电.....80
- 16.3.2 无线供电.....80
- 16.3.3 自备电池.....80
- 16.3.4 机械传导供电.....81
- 16.4 旋转供电结构分析 .....81
- 16.5 旋转供电原理 .....81
- 16.6 POV 结构设计 ..... 82
- 16.7 POV 电路设计 ..... 83
- 16.7.1 POV 电机驱动板设计 .....83
- 16.7.2 POV 旋转供电板设计 .....83
- 16.7.3 POV 主控板设计 .....84
- 16.7.4 POV\_LED 灯板设计 .....85
- 16.7.5 POV 红外接口板设计 .....85
- 16.8 POV 程序调试 ..... 85
- 16.9 POV 焊接与装配..... 85
- 16.10 POV 制作总结..... 86
- 17 走你！建造 1:700 航母  
遥控模型.....87**
- 17.1 轴系的制作 ..... 87
- 17.1.1 主轴、螺旋桨的安装.....87
- 17.1.2 电机的安装.....88
- 17.1.3 传动装置与防水措施.....88
- 17.2 舵系的制作..... 88
- 17.3 电池与操控系统..... 89
- 17.3.1 电池的选择.....89
- 17.3.2 电子调速器.....89
- 17.3.3 遥控器与接收机.....90
- 17.4 跑道灯光的制作..... 90
- 17.4.1 制作构想.....90
- 17.4.2 甲板的改造.....90
- 17.4.3 导光柱的制作.....91
- 17.4.4 灯光的配置.....92



17.5 静态模型制作 .....	94	21.4.3 一个老朋友 .....	113
17.6 结尾 .....	94	21.4.4 下雨了? .....	114
<b>18 制作一个“看不到底”的 镜子 .....</b>	<b>96</b>	21.4.5 空气质量 .....	114
18.1 原理 .....	96	21.5 动手制作硬件 .....	114
18.2 制作过程 .....	96	21.5.1 阳台的小“转轮” .....	114
18.2.1 结构部分 .....	96	21.5.2 卧室的小装置 .....	116
18.2.2 电路 .....	97	21.5.3 改装树莓派 .....	116
18.2.3 代码 .....	97	21.6 开始编程啦 .....	117
18.3 要注意的几点 .....	98	21.6.1 Arduino 程序 .....	117
<b>19 智能控制铁道沙盘模型 .....</b>	<b>99</b>	21.6.2 Raspberry Pi 程序 mws ...	119
19.1 布局设计 .....	99	21.6.3 Web 界面 .....	121
19.2 轨道 & 地形铺设 .....	99	21.6.4 添加 DDNS 和端口映射 .....	123
19.3 着色 & 装饰 .....	100	21.7 完成! .....	123
19.4 电路改造 .....	101	<b>22 匹诺曹成人记——用 Arduino 控制的拉线木偶 .....</b>	<b>124</b>
19.5 作品欣赏 .....	102	22.1 失败的 DEMO .....	124
<b>20 濒危鸟类研究和保护项目 智能鸟蛋 .....</b>	<b>103</b>	22.2 舵机坞 .....	125
20.1 项目规划 .....	103	22.3 调试与优化 .....	128
20.2 志愿者 .....	104	22.4 小结 .....	129
20.3 项目要求 .....	104	<b>第 3 章 基于成品套件的制作</b>	
20.4 项目成就 .....	105	<b>23 DIY 可穿戴式电子表 .....</b>	<b>132</b>
20.5 项目方案小改 .....	106	23.1 BigTime .....	132
<b>21 迷你气象站 .....</b>	<b>112</b>	23.2 组装 .....	133
21.1 一个住在海边爱跑步的人 .....	112	23.3 使用 .....	135
21.2 室内也很重要 .....	112	23.4 心得 .....	136
21.3 它是这样工作的——Arduino 和 Raspberry Pi .....	112	<b>24 我的第一个光立方——彩虹 魔方 .....</b>	<b>137</b>
21.4 传感器总动员 .....	113	24.1 彩虹魔方的制作 .....	138
21.4.1 风速很重要 .....	113	24.2 软件玩法 .....	139
21.4.2 潮湿的空气 .....	113	<b>25 激光投影键盘 .....</b>	<b>143</b>
		25.1 激光投影键盘 .....	143

- 25.2 从设计到产品 .....143
- 25.3 套件组装 .....144
- 25.4 软件使用 .....147
- 25.5 感想 .....148
- 26 自己组装 3D 数码相机 ..... 149**
  - 26.1 3D 相机的组装 .....149
  - 26.2 相机的使用和成像原理 .....153
- 27 MakeyMakey 水果钢琴 .... 156**
  - 27.1 MakeyMakey .....156
  - 27.2 CDC 与 HID .....157
  - 27.3 把玩 MakeyMakey .....158
    - 27.3.1 用八宝粥罐子做的电子乐器——邦戈鼓 ..... 158
    - 27.3.2 用笔在纸上画出的游戏手柄 ..... 159
  - 27.4 MakeyMakey 的极客玩法 ...160
- 28 智能手表自己做 ..... 163**
  - 28.1 创新之一：外壳 .....164
  - 28.2 创新之二：按键 .....166
  - 28.3 创新之三：重力传感器 .....167
  - 28.4 焊接前的准备 .....169
  - 28.5 手表的焊接 .....170
  - 28.6 充电器的焊接 .....176
  - 28.7 属于你的自定义 .....178
- 第 4 章 人人都是安卓软件开发工程师**
- 29 感应手机姿态而与人互动的“手机宝宝” ..... 180**
  - 29.1 硬件准备 .....180
  - 29.2 软件准备 .....181
  - 29.3 开发安卓软件 .....181
  - 29.4 总结 .....186
- 30 智能小车管家 ..... 187**
  - 30.1 工作原理 .....187
  - 30.2 硬件准备 .....187
  - 30.3 组装智能小车 .....188
  - 30.4 编写通信数据包程序 .....188
  - 30.5 安卓软件的编写 .....190
  - 30.6 手动遥控模式代码 .....191
  - 30.7 自动驾驶模式代码 .....192
- 31 《机器人大战》小游戏 ..... 194**
  - 31.1 游戏情节 .....194
  - 31.2 游戏框架和工作原理 .....194
  - 31.3 素材准备 .....195
  - 31.4 建立数学模型 .....196
  - 31.5 程序编写 .....196
  - 31.6 总结 .....200





# 第 1 章

## 入门级制作项目

- 01 试制石墨导电液
- 02 发光二极管自制实验
- 03 不用电的磁悬浮陀螺
- 04 低碳环保的工艺灯
- 05 用 3D 软陶泥制作光控“小蘑菇”
- 06 自制简易非接触式交流验电笔
- 07 用 3D 打印笔“建造”独一无二的埃菲尔铁塔
- 08 用 SketchUp 为电子制作设计适合 3D 打印的外壳



# 试制石墨导电液



◇ 陈子启

笔者从国外的杂志上看到一篇介绍石墨导电液的文章，出于好奇，我买了一些石墨粉做了个实验，果然有效。成本很低，难度也不大，于是想推荐给大家，共同体验石墨导电液的乐趣。

## 1.1 调配石墨导电液

我采用的“配方”如下。

(1) 石墨粉（最好用电阻率高的细颗粒石墨粉）。在网上可以买到，润滑用的石墨粉就行，最好在 150 ~ 200 目，目数越大，效果越好。我花了 30 元，买了约 100g，现在刚用了约 1/3。

(2) 白醋一瓶（实际用量不大，9 元一瓶）。

(3) 白色胶水一小瓶（1 元）。

石墨导电液制作方法如下。

先在玻璃杯中放一勺石墨粉，然后加入白醋，使醋液没过石墨粉，即刻进行搅拌，

搅拌均匀后停置几分钟，使石墨粉沉淀到杯底。

用一个医用的注射器将石墨粉上的醋液抽出，留下黑色的石墨粉沉淀。

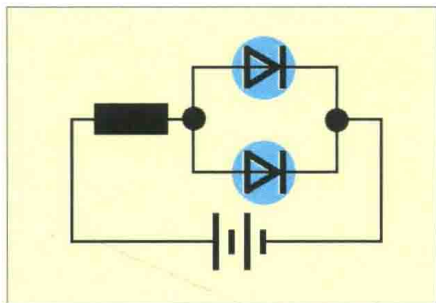
最后把白色的胶水倒入杯内，再一次搅拌，使石墨粉呈浆糊状，这就是我们制作出来的石墨导电液了。

## 1.2 验证导电性

为了验证这种液体的导电性，我做了一个电路小实验，电路原理如图 1.1 所示，超简单，用两个发光变色二极管和一个电阻组成电路，这个电阻就是石墨导电液涂成的长条，经过测量，电阻大约  $1\text{k}\Omega$ 。

在做实验之前，首先要弄清楚石墨导电液导电的特性。我先用石墨导电液涂了几个长条和一个圆（见图 1.2 和图 1.3），发现它们的阻值大致符合电阻定律——与长度成正比、与截面积成反比。但由于石墨涂层的厚度和石墨导电液的浓度不好控制，多少有点误差。一条面积为  $21\text{cm} \times 4\text{cm}$  的条形石墨涂层，阻值约  $1.5\text{k}\Omega$ ；面积是  $18\text{cm} \times 2\text{cm}$  的条形石墨涂层，阻值约  $10\text{k}\Omega$ ；圆形的石墨涂层（半径约  $4\text{cm}$ ）阻值约  $800\Omega$ 。

多次测量发现，一段不太宽的  $3\sim 5\text{cm}$  长的条形石墨涂层，阻值在  $1\text{k}\Omega$  左右。读者如果动手做的话，最好先用万用表测一下电阻。做阻值大的电阻并不难，但是要



■ 图 1.1 超简单的电路原理图





■ 图 1.2 条形石墨涂层（经测量，粗条阻值约  $1.5\text{k}\Omega$ ，细条阻值约  $10\text{k}\Omega$ ）



■ 图 1.3 圆形石墨涂层，直径约  $8\text{cm}$ ，阻值约  $800\Omega$

做一个阻值几欧姆的电阻，就比较困难了，这恐怕要把几张 A4 纸涂满石墨，然后并联起来。总的来说，石墨导电液的电阻还是可控制的。

### 1.3 电路制作

(1) 先画一只猫，我使用了一幅猫的黑白图（见图 1.4），这样猫毛的颜色接近我制作的石墨导电液的颜色。

(2) 将要涂石墨导电液的地方改成白色，为下一步涂石墨导电液做准备。可用 Photoshop 的选择工具选一长条，然后填充白色，当然也可用其他方法（见图 1.5）。

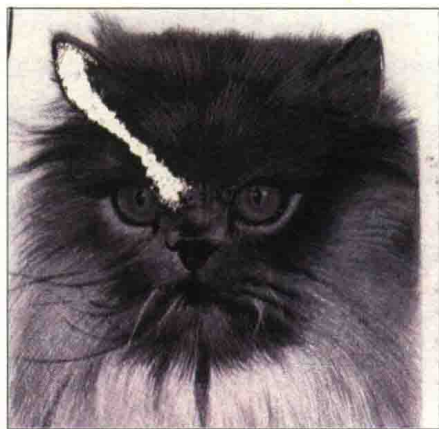
(3) 把图打印到一张表面略微粗糙的白板纸上。

(4) 纸打印好以后，用胶水粘贴到一块薄木板上，晾干后用毛笔蘸石墨涂液涂到预留的空白处。

(5) 在电子市场上买一些带有镀银芯线的细导线，剥去绝缘外皮，露出镀银芯线，用两根这样的线分别贴到石墨涂层的两端，晾几分钟后，再用透明胶带封牢。这样，石墨条两端引出的两根引线就像一个电阻的两端。再在木板上钻两个小孔，把线头穿到背面，然后使石墨涂层和电池、二极管按照图 1.1 所示电路连接起来，电池用的是 3V 的纽扣电池，全都放在图案背面。



■ 图 1.4 先画一只猫



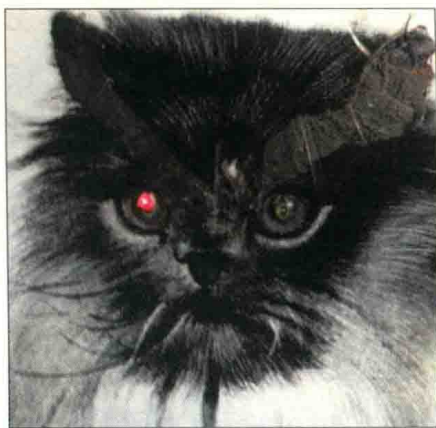
■ 图 1.5 将要涂石墨的地方改成白色

(6) 在木板上正对猫眼的地方钻两个小孔, 镶入两个变色的发光二极管, 如图 1.6 所示。电路接通后, 猫的两只眼睛闪闪发光, 生动有趣。

(7) 线路连接好后, 接通电源, 你就可以看到猫的两只眼睛不断闪亮, 在电路里还可以加一个开关控制通断。

我的实验只是用了两个发光二极管, 用多个也是没问题的。通过这个简单的实验, 我们可以掌握简单的用石墨导电液代替降压电阻的方法。

另外, 如果采用比较高的电压也应该是可以的, 因为石墨是耐高温的材料, 工业上很多高压设备多用石墨作电极, 只是石墨导



■ 图 1.6 在猫眼处镶入两个发光二极管

电液的载体就不能使用纸张了。感兴趣的读者可以自行尝试。



## 02

## 发光二极管自制实验

◇潘文简

用矿石在家里制作 LED 发光管，多么神奇的事情，我以前从来没想到过这个事情的可能性，直到看到这个——<http://neazoi.com/homemadeled/>。

为什么对这个这么感兴趣呢？

(1) 知道有矿石收音机这个东西，但是从来没有动手做过，一块石头、天线和地线，就能收到很远之外发射来的广播信号，这可是满足人类与生俱来的好奇心的最好实验。这个实验和它有异曲同工之妙。

(2) 可以让你体验一下类似于当“科学鼻祖”的感觉，体会一下突然发现了大自然奥秘的狂喜。

制作这个东西的关键是碳化硅矿石，要找到合适的碳化硅矿石。碳化硅矿石又叫作莫桑石 (Moissanite)，网上有卖的，而且很便宜，卖家都叫它“孔雀石”，说是天然的，但这个说法是不准确的，天然的碳化硅在自然界里很少。人类在 1905 年才第一次在陨石中发现碳化硅。仅仅两年后，英国无线电工程师 H.J. Round 在为收音机寻找二极管代替材料时发现了它的发光效应。

闲话少叙，开始入正题。首先就是找矿了，这些是我从网上买的一些 SiC 矿石（见图 2.1），前后买了两批，第一批效果貌似不是特别好，于是后面又买了一批。



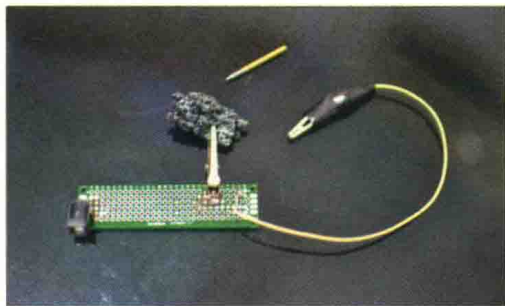
■ 图 2.1 我买到的碳化硅矿石

制作的时候线路连接也很简单，电源正极加到大面积与矿石接触的点，负极“点”接触到矿石，形成一个点接触的装置，在我的实验里，发现电源在 12 ~ 20V 都可以，更关键的是，发光亮度看起来没什么变化。我用的点接触的探针是如图 2.2 所示的这个样子的，接头是铝的，因为我没有找到好的铜接头。



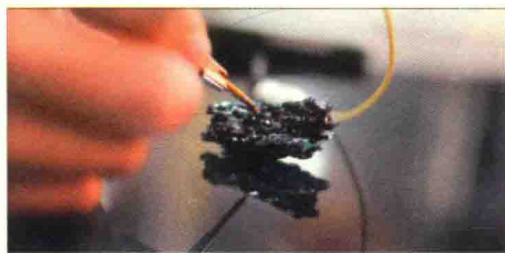
■ 图 2.2 铝接头的探针

整个装置如图 2.3 所示，接上电源，用探针寻找发光点就可以了。



■ 图 2.3 实验装置

实验的结果如图 2.4 所示。触点发出的光比较微弱，但是一般来说在白天或是灯光下还是比较清楚的。



■ 图 2.4 明亮的光线条件下的发光效果

图 2.5 所示是在光线比较暗的地方的实验效果，看得清楚多了吧。发出来的光和最普通的黄光二极管没什么两样。



■ 图 2.5 光线较暗时发出的光

这个实验几乎 100% 成功，而且取材很容易，以下是在此实验中总结的一些经验。

首先，要有一个稍微好一点的探针，而且需要外接线连到电源负极，这样我们用探针找不同的点会很方便。我一开始就固定死了负极的探针，结果什么都没发现。

其次，如果还是找不到点，耐心一点，把灯关了，关小黑屋里找，因为有可能大部分点发出的光都很微弱。我一开始发现的点发光都很微弱（不过似乎因为杂质不同而显出不同的颜色），而且亮一会儿就没了。

再次，关于这个亮一会儿就没了的问题，也好办。多买几块矿石，而且可以敲成许多更小的块，这样可以多试试不同的小矿石，很快就能找到“长明”点，而且能找到发光较强的点。最后，增大正极的接触面，再把探针的头用砂纸磨亮一点，发光效果就更明显了。

好了，喜欢探索的你还等什么呢？

## 03

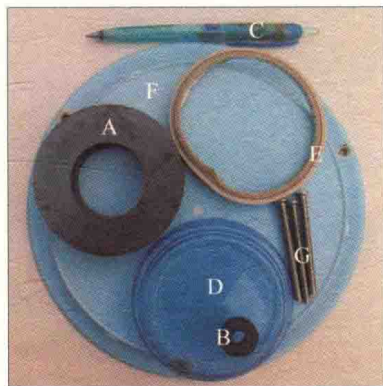
## 不用电的磁悬浮陀螺

◇王超

笔者此次介绍的悬浮陀螺不需要控制电路，不用电，只使用铁氧体永磁铁，悬浮高度可达5cm，而且趣味性强！经过适当练习，相信你很快就能成为“悬浮达人”。

## 3.1 材料与制作

图 3.1 所示为制作所需原材料，具体如下表 3.1 所示。



■ 图 3.1 制作悬浮陀螺所需材料

表 3.1 制作悬浮陀螺所需材料清单

标号	名称	数量	备注
A	环形铁氧体磁铁	1 个	内直径 40mm，外直径 80mm，高度 20mm
B	环形铁氧体磁铁	1 个	内直径 7mm，外直径 20mm，高度 5mm
C	废旧签字笔	1 支	利用签字笔芯制作陀螺旋转轴
D	老酸奶塑料盖子	1 个	充当陀螺旋转时的托盘
E	双面胶	1 卷	宽 5mm，制作陀螺旋转轴，陀螺配重
F	塑料底盘	1 个	直径大于 80mm，盛放底座磁铁
G	螺丝、螺母	3 套	非铁磁性材料，即磁铁不能吸附，用于调节塑料底盘的水平度

环形铁氧体磁铁 A 充当底座磁铁。悬浮陀螺受到底座磁铁的排斥力，当此排斥力与悬浮陀螺受到的重力大小相等、方向相反时，悬浮陀螺就可以悬浮了。铁氧体磁铁 B 用来制作悬浮陀螺。

在底座磁铁的规格是内径 40mm、外径 80mm、高度 20mm 的条件下，笔者也曾经试验过用其他规格的小型环形磁铁制作过悬浮陀螺，但是效果不好。笔者认为，目前用于制作悬浮陀螺的小型环形磁铁内