

que®

BUILDING YOUR OWN
DRONES

无人机

DIY

[美] John Baichtal 著 姚军 译



中国工作出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

que®

BUILDING YOUR OWN
DRONES
无人机 **DIY**

[美] John Baichtal 著 姚军 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

无人机DIY / (美) 贝克托 (Baichtal, J.) 著 ; 姚军译. — 北京 : 人民邮电出版社, 2016. 5
ISBN 978-7-115-41098-6

I. ①无… II. ①贝… ②姚… III. ①无人驾驶飞机
IV. ①V279

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第057421号

版权声明

Authorized translation from the English language edition, entitled Building Your Own Drones: A Beginners' Guide to Drones, UAVs, and ROVs, 9780789755988, John Baichtal, Copyright © 2016 Que Publishing.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Que Publishing.

本书中文简体版由 **Que Publishing** 公司授权人民邮电出版社独家出版。

未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有, 侵权必究。

-
- ◆ 著 [美] John Baichtal
 - 译 姚 军
 - 责任编辑 傅道坤
 - 责任印制 张佳莹 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>
 - 北京缤索印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 720×960 1/16
 - 印张: 12.75
 - 字数: 185 千字 2016 年 5 月第 1 版
 - 印数: 1-3 000 册 2016 年 5 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2015-7685 号

定价: 59.00 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

本书采用步骤方式讲解了如何自行制作无人机，其内容包括什么是无人机以及无人机的发展现状，探究了从 3D 打印的 mini 飞行器到浮动机器人军队在内的最富有想象力的项目，对用来制作无人机的配件进行了对比，最后通过实例讲解了无人机的组装过程，以及组装零部件的选择。

本书适合对无人机感兴趣的科研单位、无人机生产公司以及发烧友阅读。

关于作者

John Baichtal 已经编著或者编辑过 10 余本图书，包括获奖的 *Cult of LEGO* (No Starch Press, 2011)、与 Adam Wolf 和 Matthew Beckler 合著的 *LEGO hacker bible Make: LEGO and Arduino Projects* (Maker Media, 2012)、*Robot Builder* (Que, 2014) 和 *Basic Robot Building with LEGO Mindstorms NXT 2.0* (Que, 2012)，他的最新著作 *Maker Pro* (Maker Media, 2014) 收集了描写专业制作者生活的论文和采访。John 和他的妻子及三个孩子住在明尼阿波利斯。

献辞

谨以本书献给我的祖母 Marion，再有两个月就是她的 98 岁生日了。几周前她因为心脏问题入院治疗，医生让她将自己的事安排妥当，然后将她送往临终安养院。但是，她还没有准备好离开大家庭，在我母亲和阿姨的照顾下好了起来。她对生活的热爱和对写作的热情每天都给我带来力量。

致谢

每当想起我的家庭，就要面对两个无可辩驳的事实：

- 1) Arden、Rosemary 和 Jack 是人见人爱的好孩子。
- 2) 没有亲爱的 Elise，一切都没有意义，我爱你！

在工作上，我要感谢以下人士的启发和帮助：Windell H. Oskay、JohnGineer、Matthew Beckler、Riley Harrison、David Lang、Trammell Hudson、AnnMarie Thomas、Pete Prodoehl、Bruce Shapiro、Alex Allmont、John Edgar Park、Dexter Industries、MiguelValenzuela、Pete McKenna、Steve Norris、Steven Anderson、MakerBeam、Jude Dornisch、SparkFun Engineering、Brooklyn Aerodrome、Adam Wolf、Michael Friert、SophiKravitz、Christina Zhang、Lenore Edman、Rick Kughen、Sean Michael Ragan、John Wilson、SusanSolarz、Akiba、Mark Frauenfelder、Chris Berger、Michael Krumpus、Alex Dyba、Brian Jepson、Becca Steffen、Dave Bryan、Actobotics、Mike Hord、Makeblock、Pat Arneson 和 ErinKennedy。如有遗漏，敬请谅解！

我母亲 Barbara 编辑了本书的术语表，我总是受惠于她在这方面和其他许多事情上的帮助。

前言

无人机总是被大肆报道——我们必须面对现实，它们可能越来越成为我们生活的一部分。我们可以顽固不化地寻找小直升机形状的影子，也可以尽可能多地学习这些有趣设备的知识。我的建议是选择后者——有许多很酷的科技，控制它们的最佳方法就是了解它们。

本书的读者

有抱负的各类无人机制作者会喜欢本书，因为本书涵盖了自制无人机项目的许多领域，不仅包括电气方面，还包括马达、机身制作技术和工具。

本书的组织结构

本书包含一个主项目——四轴直升机，你将在多个章节中制作它。其他章节描述了各种无人机项目，如数据收集火箭式无人机、飞艇和用汽水瓶制作的小艇，帮助你认识除了众人趋之若鹜的四轴直升机之外的其他无人机。

- 第1章，“无人机的历史”，介绍了无人机的历史，带你快速了解目前的技术局限以及无人机驾驶员使用的术语。
- 第2章，“最酷DIY无人机展示”，描述了业余爱好者制作的10多种精巧无人机，包括UAV（无人驾驶飞机）、ROV（遥控无人潜水器）和漫游车（Rover）。
- 第3章，“商业化无人机和套件概述”，介绍了一些你可能想要购买的商业化无人机，涵盖了从携带摄像机的四轴直升机到水下探测器的所有设备。

- 第4章，“制作四轴直升机 I：选择机身”，启动四轴直升机项目，学习各种机身和底盘产品，开始使用成套装备制作四轴直升机的机身。
- 第5章，“火箭无人机项目”，本章暂时离开四轴直升机项目，而是制作一架火箭无人机——携带基本 Arduino 载荷的模型火箭。
- 第6章，“制作四轴直升机 II：发动机和推进器”，讨论了四轴直升机制作中的两个关键部分，介绍了购买发动机和推进器的各种选择，说明如何在四轴直升机机身上安装这些设备。
- 第7章，“无人飞艇项目”，展示了制作无人飞艇的方法，这是一种由氦气球提供升力的小型木制机器人。
- 第8章，“制作四轴直升机 III：飞行控制”，展示了在空中控制机器人的方法，大部分工作由飞行控制器和电子调速器完成。
- 第9章，“无人机制作者的工作台”，介绍了我用于完成本书中项目的不同工具。
- 第10章，“制作四轴直升机 IV：动力系统”，介绍了一个非常重要的主题：如何为四轴直升机提供动力，包括了制作配电系统向发动机提供电力的指南。
- 第11章，“水上无人机项目”，阐述了用汽水瓶制作简单遥控潜水器的方法。
- 第12章，“制作四轴直升机 V：附件”，介绍了可以购买或者制作的各种附件，如摄像机支架。
- 第13章，“制作漫游车”，说明了使用 RFID 标记导航的滚动机器人的制作方法。
- 第14章，“制作四轴直升机 VI：软件”，剖析了一些飞行控制软件和自动驾驶固件，还探索了我们在该项目中使用的自动驾驶控制软件的细节。在本书的最后，读者将完成四轴直升机的制作。
- 最后，术语表解释了各个章节中使用的术语。

如果你有任何问题，或者希望学习关于这些项目的更多知识和我的其他图书，最好的办法是访问我的 Facebook 页面：www.facebook.com/baichtal。也可以发邮件到 nerdyjb@gmail.com 或者加我的 Twitter 账户 @johnbaichtal。祝你好运！在无人机制作中找到快乐！

目录

1 无人机的历史 / 1

1.1 什么是无人机 / 2

1.1.1 3种地形 / 2

1.1.2 无人机剖析 / 5

1.2 小结 / 6

2 最酷 DIY 无人机展示 / 7

2.1 自行车钢圈四轴直升机 / 7

2.2 3D 打印的小型四轴直升机 / 7

2.3 晒衣绳赛车 / 9

2.4 Vessels / 9

2.5 无线电控制飞艇 / 10

2.6 FPV 四轴直升机 / 10

2.7 无线电控制敞篷三轮车 / 11

2.8 可折叠四轴直升机 / 12

2.9 小型四轴直升机 / 12

2.10 3D 打印的无线电控制小艇 / 14

2.11 三轴直升机 / 14

2.12 万向轮漫游车 / 15

2.13 小结 / 16

3 商业化无人机及套件概述 / 17

3.1 Parallax ELEV-8 四轴直升机 / 17

3.2 大疆 Phantom 2 Vision+ / 19

3.3 OpenROV / 21

3.4 Actobotics Nomad / 23

3.5 Brooklyn Aerodrome Flack / 25

3.6 小结 / 28

4 制作四轴直升机 I：选择机身 / 29

4.1 使用哪一种机身 / 30

4.1.1 在商业化产品中选择 / 31

4.1.2 自制机身 / 31

4.2 项目 1: MakerBeam 机身 / 33

4.2.1 MakerBeam / 35

4.2.2 零件 / 35

4.2.3 步骤 / 36

4.3 小结 / 40

5 火箭无人机项目 / 41

5.1 业余制作的火箭模型 / 41

5.2 Arduino 快捷指南 / 44

5.3 项目 2: 数据收集火箭 / 49

5.3.1 制作数据收集火箭所用的零件 / 49

5.3.2 数据收集火箭制作步骤 / 50

5.3.3 载荷编程 / 53

5.4 小结 / 55

6 制作四轴直升机 II：马达和推进器 / 56

6.1 选择马达 / 56

6.1.1 外转式和内转式 / 57

6.1.2 有电刷式和无电刷式 / 57

6.1.3 交流和直流 / 58

6.2 选择推进器 / 59

6.2.1 推进器适配器 / 60

6.3 项目 3：连接推进器和马达 / 61

6.3.1 零件 / 62

6.3.2 连接推进器和马达的步骤 / 63

6.4 小结 / 65

7 无人飞艇项目 / 66

7.1 无线电控制 / 66

7.1.1 发射机 / 67

7.1.2 接收机 / 67

7.2 ESC (电子调速器) / 68

7.3 项目 4：无人飞艇 / 69

7.3.1 零件 / 69

7.3.2 Arduino 零件 / 70

7.3.3 步骤 / 71

7.4 用 Arduino 实现自主控制 / 79

7.4.1 代码 / 80

7.5 小结 / 82

8 制作四轴直升机 III： 飞行控制 / 83

8.1 认识 ESC / 83

8.1.1 常见的 ESC / 85

8.1.2 ESC 编程 / 86

8.2 接收机 / 88

8.3 飞行控制器 / 89

8.3.1 飞行控制器示例 / 89

8.4 安装飞行电子装置 / 92

8.4.1 零件 / 92

8.4.2 安装 ESC / 92

8.4.3 安装飞行控制器 / 93

8.4.4 安装接收机 / 94

8.5 小结 / 94

9 无人机制作者的工作台 / 95

9.1 设计工具 / 95

9.2 驱动工具 / 96

9.3 测量工具 / 97

9.4 切割工具 / 98

9.5 接线工具 / 99

9.6 固定工具 / 100

9.7 CNC 工具 / 101

9.8 小结 / 103

10 制作四轴直升机 IV： 电源系统 / 104

10.1 选择电池 / 105

10.1.1 电池类型 / 105

10.2 加入插塞接头 / 107

10.2.1 为什么使用插塞接头 / 107

10.2.2 零件清单 / 108

10.2.3 加入插塞接头的步骤 / 108

10.3 组成线束 / 112

10.3.1 零件 / 112

10.3.2 组成线束的步骤 / 113

10.4 为飞行控制器和接收机 接线 / 116

10.5 小结 / 117

11 水上无人机项目 / 118

- 11.1 水上电子装置的现实 / 119
 - 11.1.1 水上电子装置的劣势 / 119
 - 11.1.2 水上电子装置的优势 / 120
- 11.2 电子元件防水 / 120
 - 11.2.1 三明治容器 / 120
 - 11.2.2 Pelican 1000 系列 / 121
 - 11.2.3 密封管状物 / 122
- 11.3 XBee 网状网络 / 123
- 11.4 项目: 汽水瓶小艇 / 124
 - 11.4.1 零件 / 125
 - 11.4.2 制作无人机 / 126
 - 11.4.3 制作控制器 / 134
 - 11.4.4 编程汽水瓶小艇 / 137
- 11.5 小结 / 139

12 制作四轴直升机 V : 附件 / 140

- 12.1 为四轴直升机增加附件 / 140
 - 12.1.1 摄像头 / 141
 - 12.1.2 第一视角视频 (FPV) / 141
 - 12.1.3 起落架 / 142
 - 12.1.4 降落伞 / 143
 - 12.1.5 防护板或防护罩 / 144
 - 12.1.6 推进器防护装置 / 145
- 12.2 项目: 为四轴直升机增添附件 / 145
 - 12.2.1 安装摄像头支架 / 147
 - 12.2.2 安装起落架 / 149
 - 12.2.3 安装顶板 / 150
- 12.3 小结 / 151

术语表 / 188

13 制作漫游车 / 153

- 13.1 漫游车的优势和劣势 / 154
 - 13.1.1 漫游车的优势 / 154
 - 13.1.2 漫游车的劣势 / 154
- 13.2 底盘的选择 / 154
 - 13.2.1 3D 打印 / 155
 - 13.2.2 Tamiya / 155
 - 13.2.3 mBot / 156
 - 13.2.4 Arduino Robot / 156
 - 13.2.5 Actobotics Bogie / 158
- 13.3 用无线电射频识别标签导航 / 158
- 13.4 项目: RFID 导航的漫游车 / 160
 - 13.4.1 零件 / 160
 - 13.4.2 步骤 / 161
 - 13.4.3 编程 RFID 导航漫游车 / 173
- 13.5 小结 / 177

14 制作四轴直升机 VI : 软件 / 178

- 14.1 飞行控制软件 / 178
 - 14.1.1 OpenPilot / 179
 - 14.1.2 MultiWii / 179
 - 14.1.3 APM Planner 2.0 / 180
 - 14.1.4 eMotion / 181
 - 14.1.5 AR.Freeflight / 182
 - 14.1.6 3DR Solo 小应用 / 182
- 14.2 MultiWii 配置 / 183
- 14.3 检查 MultiWii 控制素描 / 184
- 14.4 飞行前检查列表 / 186
- 14.5 小结 / 187

无人机的历史

想象一下汽车没有驾驶员、飞机没有飞行员，用一台计算机代替人操纵交通工具的情况，这就是无人机。

无人机出现在各种新闻报道中，尤其是有关无人驾驶飞行器（UAV）在远离操作者半个世界的地方向目标发射导弹的战场报道。但是，并不是所有的无人机都用于战争，有些无人机是“和平”的无人机。

NASA 的预算削减将这些遥控设备的研究推到了聚光灯下——首要的是火星漫游车（见图 1.1）。这些遥控“滚筒”的表现远远超出了 NASA 工程师的期望。

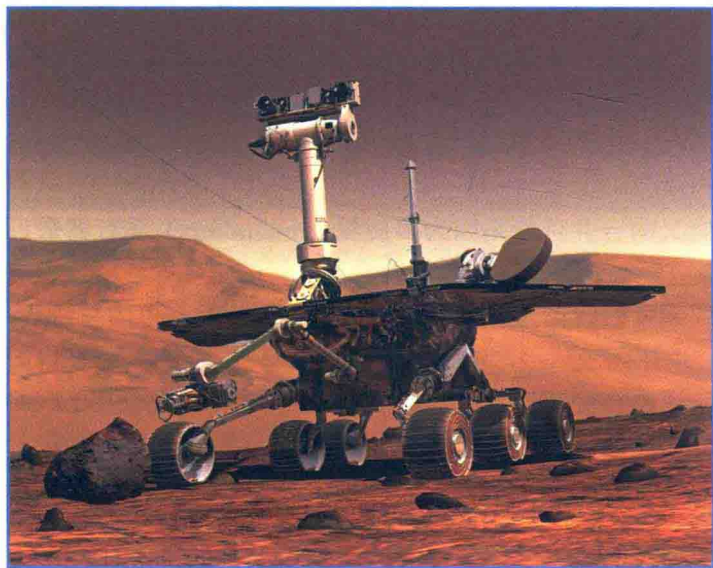


图 1.1 艺术家创作的火星漫游车概念画（图片来源：NASA/JPL/康奈尔大学）

政府使用无人机是一回事，但是业余爱好者也可以使用无人机吗？

答案是“当然可以”。一般爱好者、能工巧匠和小企业主都可以制作和操纵自己的无人机。例如，酿酒师放飞配备摄像机的四轴直升机（小型四旋翼直升机），无须离开房间就可以观察葡萄架上植株的状态。使用类似飞行器的其他企业家颠覆了航空摄影业务，消除了全尺寸直升机的需求。Amazon 和其他公司正在探索无人机包裹运送服务。

本书的目的是介绍四轴直升机、UAV、ROV（遥控水下机器人）和这种技术的其他变种，并提供从事简单无人机项目的机会，例如携带加速计的火箭、水下无人机和用薄膜气球制作的无人飞艇。同时，你可以根据我的详细讲解精心装配四轴直升机，构建自己的无人机，或者学习如何制造更棒的设备。

1.1 什么是无人机

我们首先来澄清一点：“无人机”（Drone）的定义并不是很清晰。

无人机的名称来自于蜜蜂（honeybee drone），这种生物执行任务时全无头脑，受控于远处的蜂王。用经过编程的微控制器作为自动驾驶仪的机器，飞机工作方式也很类似，但这是依靠科技的帮助。

被描述为“无人机”的设备有两个大类。第一种是“自主式机器人”，其操纵者在必要的时候主动控制，在其余时间内由自动驾驶仪接管，理论上一名操纵者可以管理多个设备。但是，在有必要时，操纵者可以禁用自动驾驶仪，夺取控制权。

第二大类包括四轴直升机和其他“类直升机”飞行器。公众有时候称它们为无人机，但是它们大部分只是无线电遥控（RC）模型，而没有自主能力。这两种定义的合并可能是因为多旋翼（multirotors）飞行器最近已经成为自动驾驶仪驱动、基于微控制器的自主飞行的极佳平台。

爱好者们操纵大量的四轴直升机，创造了无人机相互竞争的新游戏，他们在自己的创造中加入了从摄像机到气压传感器和超声波测距仪在内的各种装置。同时，巨大的教育市场已经发展起来，青少年开始使用 LEGO Mindstorms 和 VEX 等拼装玩具组装自主式机器人。

我们正处于奇迹的孕育期，可以成为奇迹的一部分！让我们一起制作些无人机吧！

1.1.1 3 种地形

无人机根据穿越的地形区分为：

- 无人驾驶飞行器 (UAV);
- 遥控无人潜水器 (ROV);
- 漫游车。

下面介绍这 3 种类型。

无人驾驶飞行器

无人驾驶飞行器一词指的是无人飞机 (如图 1.2 所示的“捕食者”) 和无人直升机。如果无人机在空中飞行, 我们几乎都将其称作 UAV。爱好者中最流行的 UAV 是四轴飞行器或者四轴直升机, 因为这种飞行器很流行, 本书将重点介绍此类 UAV。



图 1.2 “捕食者”无人机在帮助公众了解无人机及其工作原理方面贡献很大 (图片来源: 美国空军)

UAV 通常通过无线电波控制, 如遥控手柄发出的信号。其他 UAV 使用 WiFi 或者蜂窝技术通信。许多 UAV 还携带 GPS 接收机, 可以在地图上跟踪其飞行轨迹。

遥控无人潜水器

遥控无人潜水器是一种水下无人机, 通常用一条数据线连接到小船或者潜水器上, 这条数据线很有必要, 因为无线电波在水中会受到很大的干扰。ROV 已经被海洋探险家使用了很多年, 在图 1.3 中可以看到 ROV 的一个例子。

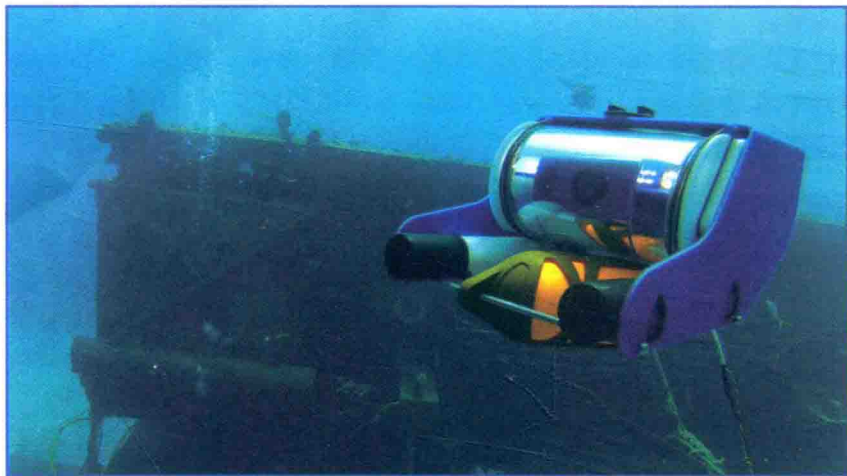


图 1.3 OpenROV 在搜索一艘遇难的船只（图片来源：OpenROV）

漫游车

漫游车（Rover）是具备额外功能的遥控车，它在地面到处游走，使用传感器探测障碍物。漫游车通常配备坦克履带或者凸块高花纹轮胎，如图 1.4 所示。这种配置帮助它们穿越不平坦的路面。在地面航行使得漫游车有能力使用各种传感器进行导航，包括超声波、RFID 和碰撞传感器。在第 13 章中我们将制作一辆漫游车。



图 1.4 这辆携带摄像机的漫游车配备用于恶劣地形的凸块高花纹轮胎（图片来源：Geoffrey Irons 提供）

1.1.2 无人机剖析

自制的无人机各不相同；话虽如此，大部分无人机都有一些共同特征。下面是常见的四轴直升机的各个组件。从图 1.5 中可以看到每个部件是如何融入整体的。

- A. **推进器（螺旋桨）**——四轴直升机的推进器通常包括 2 个标准推进器和两个反向旋转的“推式”推进器。
- B. **马达**——四轴直升机使用直流或者交流马达。马达有无数品种和价格，高价位的马达迎合的是富裕的制作者。在第 6 章中，我们将详细介绍最适合于爱好者们的一些马达。
- C. **电子调速器（ESC）**——ESC 将直流电转换为交流电，用于无电刷马达，还触发马达的电源。每个马达都需要一个 ESC。ESC 的固件可以修改，以创建马达的不同行为。例如，ESC 往往被配置为降低马达转速，而不是突然停止。



图 1.5 四轴直升机有大量的元件和设备（图片来源：Steve Lodefink）

- D. **飞行控制器**——飞行控制器用某些自主式功能协助手动飞行。例如，许多飞行控制器有用于保持无人机平衡的倾斜传感器。飞行控制器常常有某种预先编写的例程，在四轴直升机超出控制范围时执行。
- E. **机身**——机身（Airframe）是无人机底盘的正确名称。机身由许多不同元件组成，包括马达连杆和安放电子设备的外壳或者平台。

- F. **电池组**——往往是锂电池，无人机的电池组用于保持推进器运转，同时为机上的所有电子设备提供电力。
- G. **摄像头云台**——这是一个旋转平台，摄像头安装在上面。在飞行中，操作员可以利用伺服马达改变照相机的角度。
- H. **着陆支柱**——在底部携带摄像头云台或者其他突出物的四轴直升机需要着陆支柱——着陆时无人机停靠的小型支架。相反，没有携带云台的无人机往往不需要着陆支柱，而是直接以整个机身着陆。
- I. **正面指示器**——四轴直升机的操作者必须知道盘旋中的飞机的正面，而这可能不一定很明显。有多种解决方案，包括不同颜色的推进器、LED 和反射材料，在图 1.5 所示的四轴直升机中，用彩球标记飞机的后面。重要的是对你有意义！
- J. **第一视角摄像机**——低分辨率摄像机，通过无线电波向地面发送图像。
- K. **接收机**——这个小盒子将无线电信号翻译为飞行控制器指令。

1.2 小结

在本章中，我们学到了无人机的有关知识、常见配置和各种组件。在第 2 章中，我们将看到其他人用这些技术制作的成品。多彩多姿的精巧产品一定会让人吃惊！