

第2册

ORIGAMICS  
9 AMAZING  
MATHEMATICAL  
MODELS THROUGH  
PAPER FOLDING



常文武·著



上海科学技术出版社

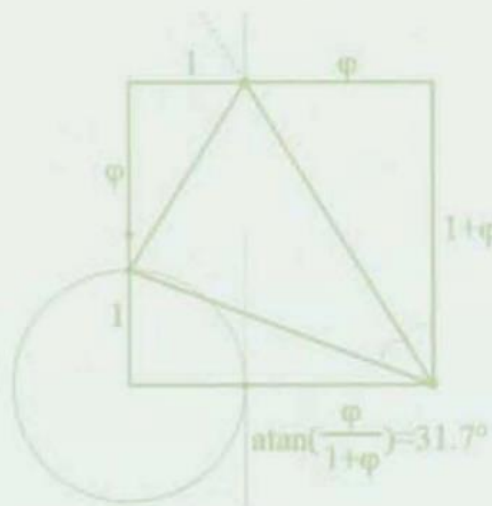
奇妙的

数

学

折

纸



图书在版编目(CIP)数据

奇妙的数学折纸. 第2册 / 常文武著. — 上海 : 上海科学技术出版社, 2020. 10  
ISBN 978-7-5478-4984-2

I. ①奇… II. ①常… III. ①数学—少儿读物 IV.  
①01-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第117718号

奇妙的数学折纸 第2册

常文武 著

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行  
上海科学技术出版社  
(上海钦州南路71号 邮政编码200235 www.sstp.cn)

上海\*\*\*\*\*印刷

开本 787×1092 1/16 印张 5

字数 150千字

2020年10月第1版 2020年10月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-4984-2/TS·247

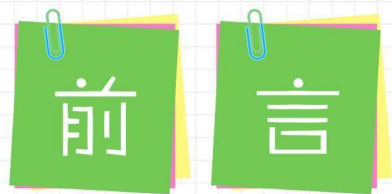
定价: 48.00元

---

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,  
请向工厂联系调换

# 奇妙的数学摺纸

谈祥柏 著



《奇妙的数学折纸》第1册出版发行近一年来，承蒙读者厚爱，笔者收到许多来自读者的热情赞誉和有益的建议。第2册在原有构思的基础上尝试作了两个方向的深入探索：一是向更广泛的学科领域渗透；二是在难度上也有了较大幅度的提升。

跨学科特性已经在数学折纸这个名词中显示出来。折纸本来是一种艺术形式，既需要巧思又需要手部的精细动作配合。因此折纸天然就是艺术与工程的结合。本册的9个作品则更明显地突破了单一学科的限制，深入到了包括数学科学在内的多种学科中。有几件作品可谓是集合了STEAM（科学、技术、工程、艺术和数学）多学科的折纸。

得益于互联网的交互功能，纸质图书已经可以将网络视频教程整合在一起。只要扫描书中的二维码，视频教程就可以跃然手机上。第1册的这种做法收到很好的反响，因而促使我大胆将原来表述困难或技巧过高的作品收进本册，例如“迈克之星”。“迈克之星”是英国2018年OSME7（折纸科学和数学教育国际学会会议）大会为纪念当年去世的设计者而特意推广和分享的作品。作品充满艺术的特点和数学的对称镶嵌之美。

除迈克之星外，与数学关系密切的还有信封莫利六面体、阳马、堑堵和抛向数学的绣球这些作品。它们的共同点就是：都有典型的数学折纸特点，或能反映出数学知识在折纸中的应用。

信封莫利六面体有两个状态：合上是叠加的正方形，打开是如蛇一般的活动关节。扭转活动关节最终可以变为一个正八面体。

阳马、堑堵是两个具有中华传统文化符号的折纸作品。连同鳖臑成为《九章算术》三剑客。堑堵盒子的设计目的是为了容纳阳马和鳖臑，同时也可以演示《九章算术·商功》。

抛向数学的绣球的设计灵感来自菱形三十面体玩具。2016年数学前辈顾鸿达老师曾与笔者以绣球玩具模型为话题，谈到过立体几何折纸设计的重要意义。外加看到美国的带磁性的塑料玩具组合球令我爱不释手，于是萌生了用折纸来实现绣球的愿望。

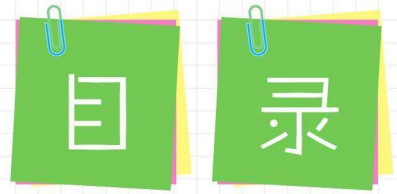
方柱子孔明锁、吉本魔方、三明治板、双头尖陀螺多为玩具或魔术道具。本书在益智玩具的基础上，从材料科学等方面做了一番尝试。双头尖陀螺灵感来自马来西亚数学教育家张宝幼老师，在此表示感谢。吉本魔方和三明治板的设计均来自日本。前者早在20世纪70年代已经由吉本设计出同款玩具，后者则被日本东京大学的 *K Suto* 等的科技文献所记述。通过这些作品，笔者希望读者能领略到折纸的奇妙不止于数学，更在于它们融合了多门学科。

陶行知先生将“知行合一”的理想倾注于自己的名字之中，这给了我很大的启发。通过制作折纸作品，可以更好地理解和掌握科学文化知识就是从知到行的过程。

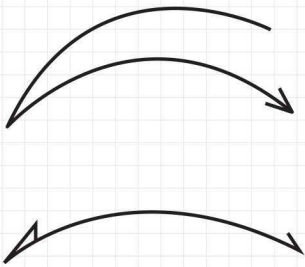
感谢读者持续不断地支持与鼓励，也恳请广大的折纸爱好者们对本书提出更多的合理化建议。

A handwritten signature in black ink, consisting of three characters: '王文' (Wang Wen).

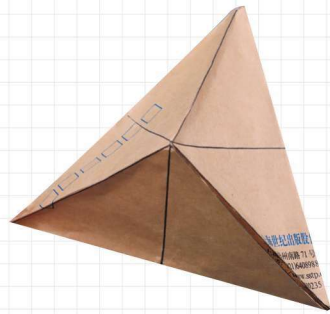
2020年5月15日



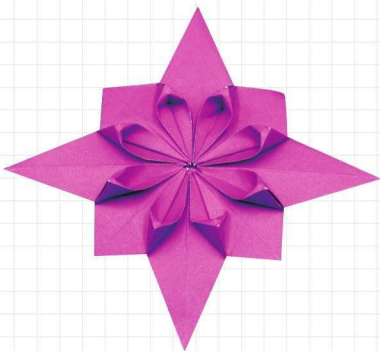
目 录



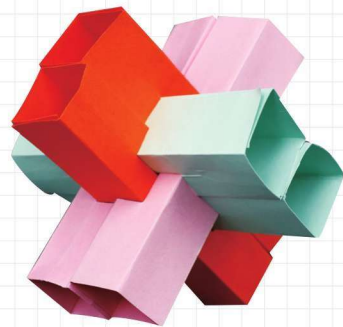
折纸基础知识 · 1



信封莫利六面体 · 10



迈克之星 · 16



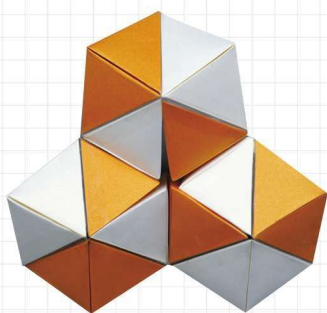
方柱子孔明锁 · 24



阳 马 · 31



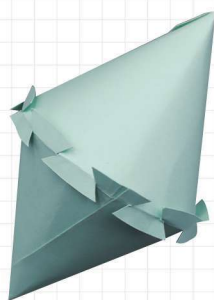
塹 堵 · 37



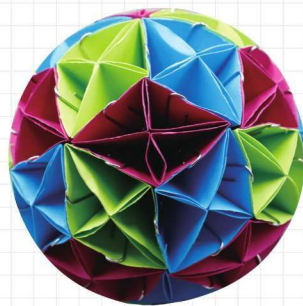
吉本魔方 · 44



三明治板 · 52



双头尖陀螺 · 59



抛向数学的绣球 · 66

# 折纸基础知识

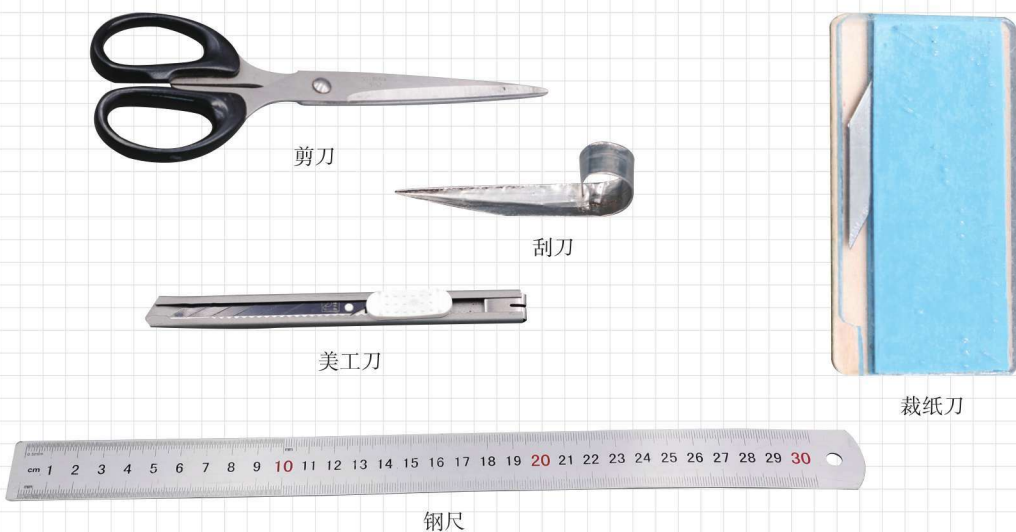
第1册已经介绍过一部分基础知识，进一步了解和掌握折纸知识，对折出精美的作品有很大的益处。

首先，我们的材料是纸。纸虽然普通，但也很有讲究。厚薄、纤维的方向、色彩、尺寸等不一而足。

其次，折纸还有工具的要求。除了双手，有时还要使用些小工具。剪刀、美工刀、切割垫板、钢尺。此外还可能需要刮刀、小镊子、割圆器之类的专用工具。

再次，我们还需要了解些折纸术语和基本的动作指引符号，如谷折、山折、沉折等。

就以上话题，在此一一介绍。



部分折纸工具

## 纸材料特性

### • 纸张的起源

纸最早是由东汉时期蔡伦发明的。当时是用麻和布捣碎了造纸。现在造纸工业的材料则多为木浆或旧纸再化的纸浆。造纸的基本工艺流程：各种纤维经过溶解、掺入胶合剂、平面铺开、挤压去水分、烘干最后得到纸。

### • 纸张的性质

纸浆纤维在平面上铺开的时候会有一定的方向，导致在成型的纸张上形成纹路。纸张顺着纹路就容易撕开，逆着纹路就不容易撕开。

纤维的长度会因为回收再生后重新打浆而变短。所以再生纸不宜做折纸材料。一般初次木浆纸纤维最长，纸比较耐撕，适合在折纸中制作成可动的结构。

纸浆的厚度决定了纸的厚度。厚度达到 0.25mm 的一般就称为卡纸。厚度决定了折叠时感觉是硬还是软，也决定了折成的作品是否会有明显的误差。纸越厚越要预留误差调节的量。以下是厚度与克重的对应表：

克重 (g/m <sup>2</sup> )	80	140	180	230	300	350	400
厚度 (mm)	0.11	0.19	0.25	0.35	0.40	0.46	0.52

### • 纸张的覆膜工艺

给纸覆膜可以保护色彩、防止掉色。也有保温、美化等其他用途。常用的覆膜材料有覆盖塑料涂层和覆盖金属薄膜涂层。覆盖塑料薄膜多见于包装材料，如餐盒、牛奶盒。覆膜为金属材料的有铝箔和金箔等。

### • 纸张常用尺寸

纸的尺寸有很多。方形折纸用纸多为 150 mm×150 mm。长方形的多见 A4 纸，即 210 mm×297 mm 的尺寸。除此之外，B5 纸、A3 纸和 B4 纸也常见。C 类纸多见于信封系列。16 张 A4 纸面积为 1 m<sup>2</sup>。16 张 B4 纸为 1.414 2 m<sup>2</sup>。

要检验一张长方形的纸是否标准，只需要两边分别对折看是否上下两层严格重合。

要检验一张正方形的纸是否标准，需要先两边分别对折后看是否上下两层严格重合，然后检查对角对合折叠后邻边是否重叠。

要将不合格的长方形修正为正方形，最好先修正一组对边使其平行，然后修正其余两边中的一边，使其垂直于平行的一组对边，最后修正第四边，使其平行于它所对的边。

要将长方形变为正方形，只需折叠一个角的角分线，沿折起的角将重叠区域裁下，打开就是正方形。

## 辅助折纸工具

### • 刮刀

刮刀是折纸时用来压线的工具。刮刀通常可以用钢尺来代替，但是如果自制一把刮刀更好用。套在手指上随时可以压线。制作需要的工具有锉刀、小锤和手钳。材料为直径1cm的细不锈钢管一截。

刮刀的设计和加工步骤如下：

- ① 将一根直径1cm，厚度0.3mm，长11cm钢管压平成双层长方形。
- ② 在一端切割出一个刀刃，刀口长约6cm。在刀刃中心线上折出一个120°的凹槽。
- ③ 在另一端弯出一个直径2cm的圆环。



刮刀

## • 割圆器

制作步骤如下：

1. 从  $30^\circ$  壁纸美工刀上扳下两节刀刃，长度是最窄的 1 小格（见下图 1）。



图 1

2. 用透明胶带将刀刃一正一倒地绑扎在一小块宽度厚度适中的木片两侧（见下图 2）。
3. 刀刃倒置的一侧顶部扎入一个大头针，一个简易的割圆器就做好了（见下图 3）。



图 2



图 3

可以用自制割圆器方便地割出固定半径的圆。

使用前，在桌面上垫一块切割垫板，将有大头针一端的脚刺入纸面固定，保持另一端轻触纸面，用另一只手拉扯纸面旋转送纸，操作时注意保护手部（见下图4）。

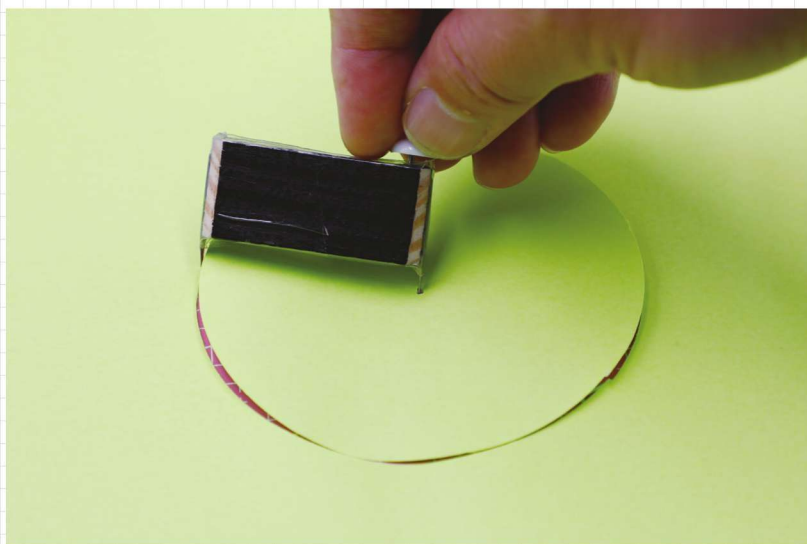


图 4

割圆器的自制涉及到刀片等尖锐物品，不建议未成年人制作。购买的割圆器安全方便更适合青少年使用（见下图5）。

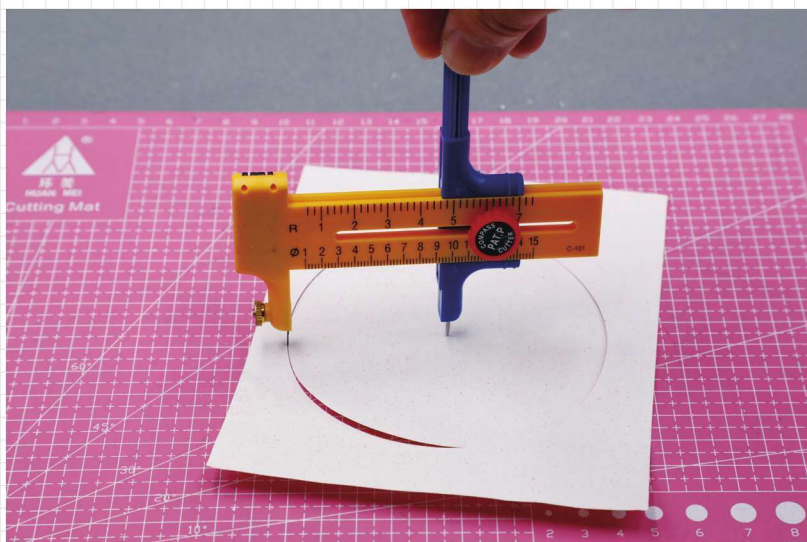


图 5

## 折纸图示与等分基本折法

### • 粗的实线

表示纸的边界。



### • 细的实线

表示已有的折痕，不代表山折或谷折。



### • 虚线

表示谷折。



### • 点划线

表示山折。



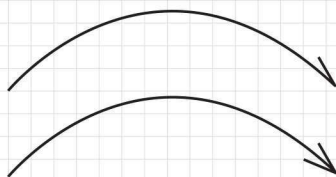
### • 点线

表示透视的效果。



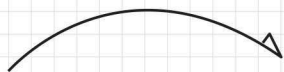
### • 单侧箭头或 V 形箭头

表示谷折时的折叠方向。



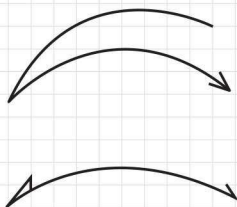
### • 空的单边三角箭头

表示山折的方向。



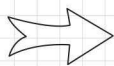
### • 折返箭头或双向箭头

表示折叠后打开。



### • 空心箭头

表示塞入、拉出或吹气膨胀。



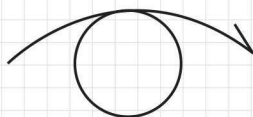
### • 实心镖形箭头

表示塞入。



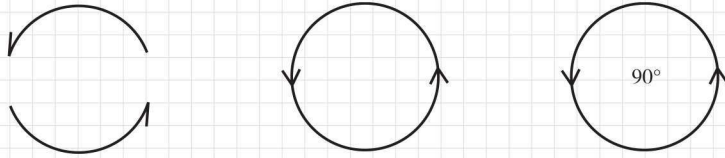
### • 带圈箭头

表示翻转纸面。



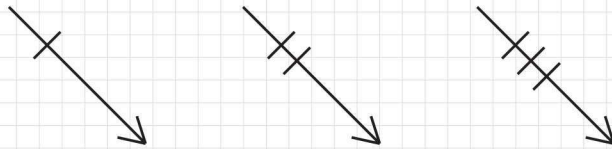
## • 追尾环箭头

表示旋转作品， $90^\circ$  表示旋转 90 度，有时标记为  $1/4$ ，意即旋转四分之一圆周。



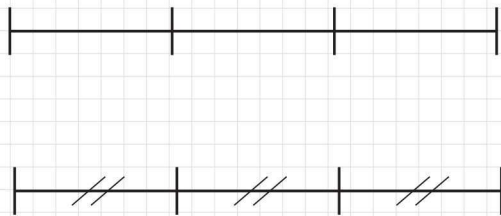
## • 重复箭头

箭头上所带交叉短线的数量表示重复的次数。



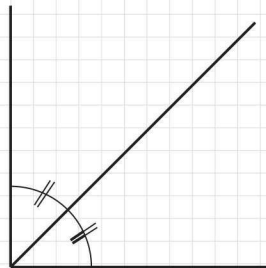
## • 等分线段

分段的线段表示对该线段等分折叠。分段的段数表示等分的数量。下图表示为三等分。

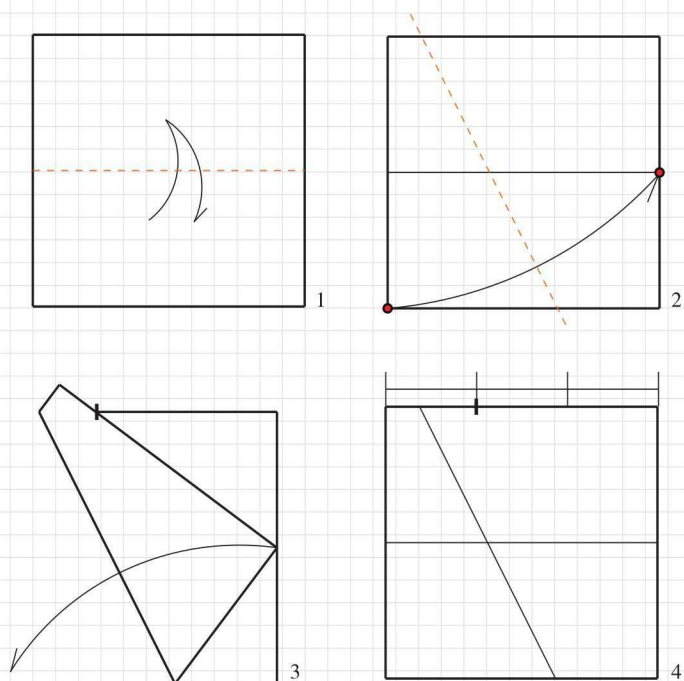


## • 等分角

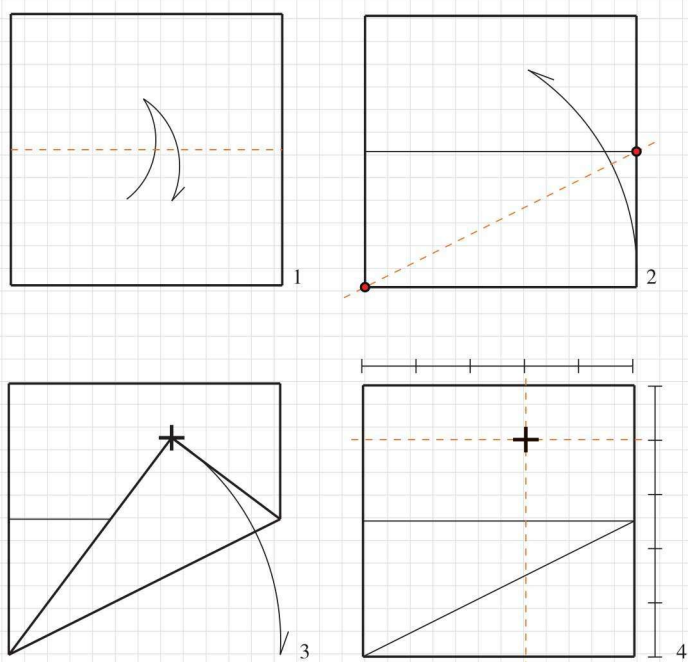
表示对角进行等分，弧段的数量表示等分角的数量。下图表示为对该角二等分。



三等分正方形一边的方贺定理。



五等分正方形一边的方法。



# 信封莫利六面体

汉乐府古诗《孔雀东南飞》中有“红罗复斗帐，四角垂香囊”的词句。其中“香囊”的外观在西方被称为“莫利六面体”[见托马斯·胡尔(Thomas Hull)著《折纸的奥秘》一书中的第14个活动的莫利卡恩六面体(Molly Kahn's Hexahedron)],我国有在端午节为儿童佩挂香囊,以驱虫辟邪保佑儿童安康的风俗。香囊通常用五色丝线缠绕而成,内放各种香料(图1)。

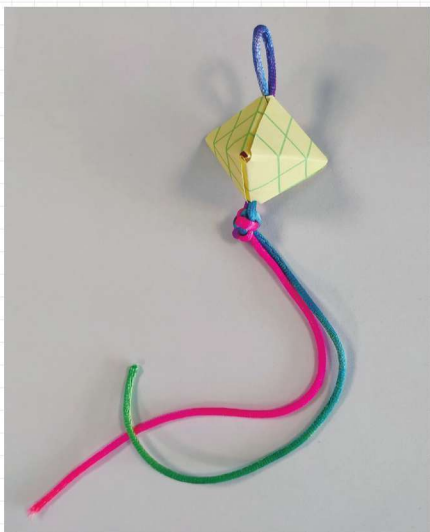


图 1

信封是我们日常生活中常见的一种纸质用品,今天要用不同于Thomas Hull的方法重构莫利六面体,并且把它制作成一款有趣的玩具(图2)。听起来很新鲜吧!

首先我们来认识信封的结构。信封一般是长方形,一端封闭,一端开口。开口的一端有的在上方(信封的长边),有的在右侧(信封的短边)。制作本文这个作品的信封是第二种样式。



图 2

那么需要几枚信封呢?如果要完成最终的莫利六面体变形金刚玩具,就需要8枚这样的信封。不过如果仅仅制作一个莫利六面体,那么就只要一枚信封就够了。

## 折纸教程

### • 材料与工具

剪刀、直尺、色笔、信封。