

确认写这本书是多年来的工作。包括我最早和我的最新著作；在开始写如何设计折纸时，早在 80 年代初我写的第一本书阐述了一些想法，但直到最近，我想把这些想法系统的阐述出来。多年来，在折纸方面，我一直都受到了许多的科学家和艺术家的帮助，他们都作出了很大的贡献。我无法找出具体有多少人促成我完成这项工作。所以我只能感谢其中的一部分人：

尼尔 艾利亚斯，他鼓励和帮助我去发现折纸的奥秘和设计工作。

丽莲 奥本海默和爱丽丝，引导我把自然中的野生动物作为折纸的题材。

吉泽 彰，他开始了这一切的发生，让我明白，折纸设计需要很多其他方面的发现。

戴夫，他发现，每一个折纸模型你都可以重新进行巧妙的设计。

约翰 montroll，他无以伦比的折纸艺术造诣，他是我的灵感和友谊的源泉。

迈克尔拉福斯，理查德亚历山大，两人都是我伟大的朋友。

约翰史密斯，詹姆斯，尤其对于大卫利斯特通过电子邮件和我分享了关于折纸的历史的大量文献和信息。

我的折纸艺术道路上的很多工作，川和文昭，目志俊，提供了建构“树”的方法和及其重要的见解。

马尔 肖尔伯尔尼，鼓励我编写了第一个折纸计算机软件。

马歇尔，以数学去验证折纸，从而提高了折纸设计的难度。

埃里克和马丁，他们是我的朋友，一起研究计算折纸。特别是在第 12 章的数学理论绝大部分是他们的。

托马斯，著名的折纸数学家。

服部幸四郎，提供了几个文献的翻译。

大卫 米切尔，提供了一只折纸大象。

曼努埃尔穆瑟，提供了他的折纸火车。

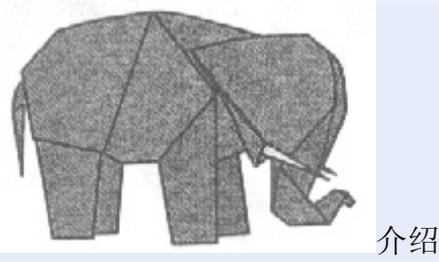
雷蒙德瓦特麦克莱恩，得到了他们的慷慨许可，复制了他们早期的列车折痕图。

除上述外，许多其他见解，鼓励，思想，观念和批评来自彼得恩格尔，等很多的朋友。

我特别要感谢彼得和很多朋友，修正了很多错误，完善了这本书。

我要感谢我的编辑，等。

最后但最重要的是，我要感谢我的妻子，戴安娜，感谢她的一直支持和鼓励。



在 1988 年，法国画家阿兰 georgeot 举办了 88 头大象展览。他们是用纸折叠而成的，每一只都不同，而且每一个都是日本的折纸艺术。艺术展览完全致力于展现罕见的折纸，而且只有大象题材，是极为不寻常的；是完全没有先例的。

88 只折纸大象展示地表明了折纸已经吸引一些人，毕竟，有多少人会花时间 88 个的版本？艺术非凡的功能，georgeot 的大象收集仅代表现代折纸最小的一小部分。折纸艺术家设计了数以万计的折纸动物，植物，和对象，题材定期变化。有羚羊，鸟类，汽车，狗，花，大猩猩：马，ibexes，松鸦和袋鼠，狮子，猴子，nautilus，章鱼，鸚鵡，quetzalcoatl，玫瑰，鲨鱼，火车，ukuleles，小提琴家，螺，木琴，牦牛和斑马，并且具有条纹。

无数的革新已造成，折纸的基本主题。有会动的人物：鸟翅膀的鳞片。小提琴家，小提琴弓，充气箱，拍手猴子。有会飞的纸飞机----- 一赢得国际比赛 ----- 和不飞的飞机，但都是著名的飞机复制品：航天飞机；SR - 71 黑鸟，以及久负盛名索普威斯骆驼。在某些型号，一个是一张纸折叠成几个数字，公牛，斗牛士和斗篷，而在其他的例子，许多相同的纸件组装成 enormous 多面体。如果你能想到的一个对象或者自然或者人为，就会有人在什么地方，可能折一个新的不同的折纸版本。

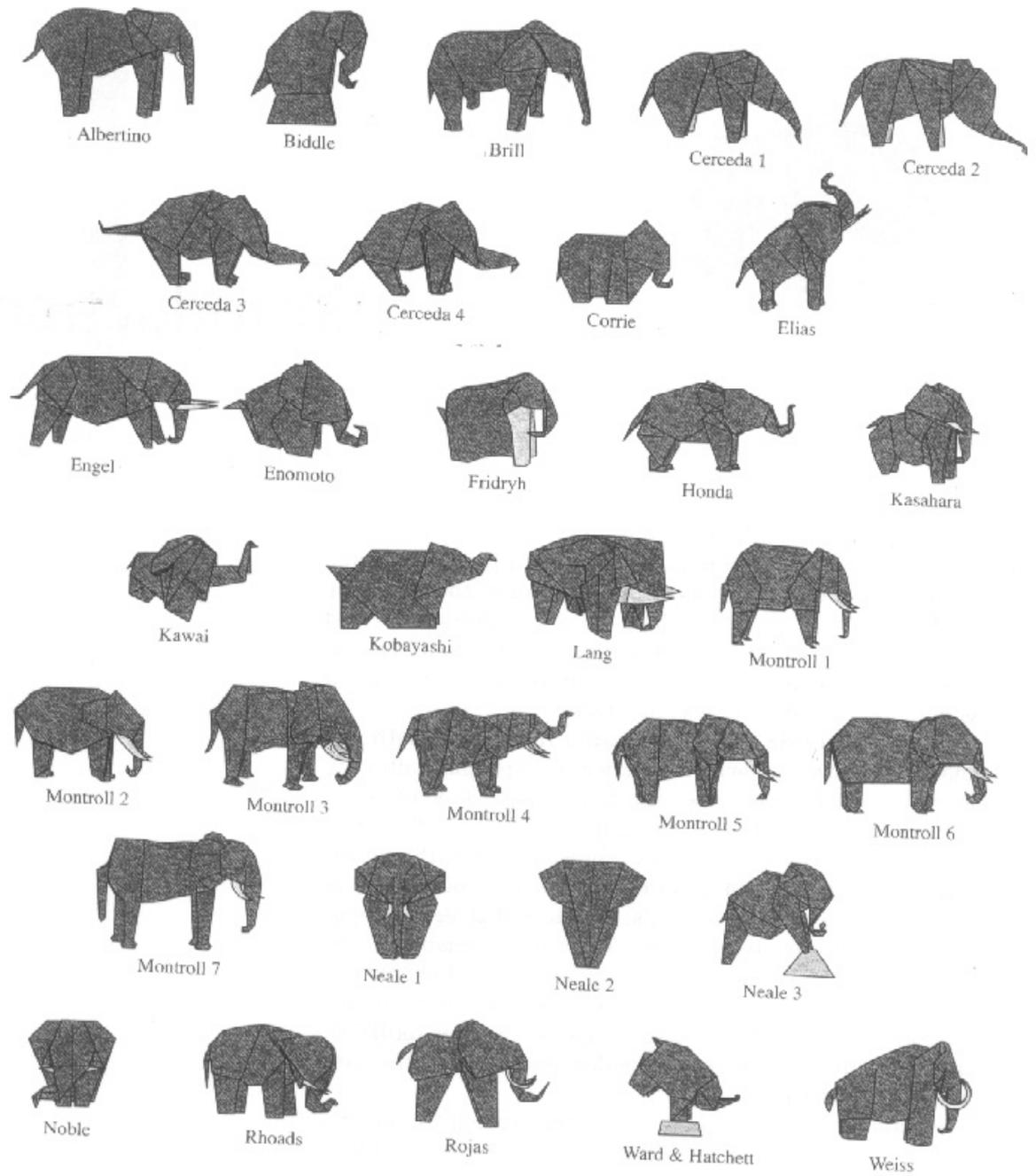


Figure 1.1.
A herd of origami elephants.

(上图翻译如下)

1 阿尔贝蒂诺 2 比德尔 3 布里尔 4 塞尔塞达 1 5 塞尔塞达 2
6 塞尔塞达 3 7 塞尔塞达 4 8 科里 9 艾利亚斯
10 恩格尔 11 榎本 12 弗里德林 13 本田 14 笠原
15 和合 16 小林 17 朗 18 montroll 1
19 montroll2 20 montroll3 21 montroll4 22 montroll5 23 montroll6
24 montroll7 25 尼尔 1 26 尼尔 2 27 尼尔 3
28 高贵 29 罗兹 30 罗哈斯 31 哈切特 32 维斯

figure1.1 一群大象的折纸

折纸艺术最初起源于日本，但 88 头大象和其他数以万计的设计来自世界各地。许多是来自于日本，当然，美国，英国，法国，德国，比利时，阿根廷，新加坡，澳大利亚和意大利都是折纸活动的主要中心。在设计范围从只有两，三种折叠组成到令人难以置信的”，规定时间，简单的数字倍数。这成千上万的设计有一个共同点，但是：几乎所有的都是在过 50 年间发明的。

因此，折纸，既是一个古老的艺术和一个年轻的艺术。它的年轻是有点让人吃惊。毕竟，折纸一直是一些 15 世纪的艺术形式。它是古老的，是的，是这样。五十多年以前，世界上所有不同的折纸设计本来可以在一个单一类型的折纸目录，没有任何人有意愿这样做。没有折纸模型将运用大约 20 或 30 的步骤。有可能在几分钟内折叠完成，对一个新手来说。这已不再是简单。今天，在图书，期刊和个人档案，记录的折纸设计的数目有数百个，按照步骤，有经验的需要用了几个小时。过去 60 年，在日本，40 年，全世界看到了在折纸世界的复兴，是其发展的最快的时期。

折纸有严格要求。折纸传统艺术家---一张纸，没有裁剪---是艰巨的。看来，只有最简单的抽象的形状与这些规则是可行的。但在数百年。通过试验和错误。只有 200 至 300 的折纸设计。这些早期设计，是最简单和程式化的一部分。而折叠出复杂性和现实主义---有脚的昆虫。翅膀和触角在当时是不可能的，直到在 20 世纪后期专业的设计方法的出现了。

虽然有很多的折纸设计，现在，有折纸设计师数千人。事实上，只有少数人可以设计复杂的模型。虽然现在比以前有更多的设计交流，但是没有一个类似的设计技术交流。

这种不平衡的原因是因为它是更容易描述如何复制一个折纸而没有阐述如何设计。折纸设计传播通过自己的出版物---折叠序列的一步一步的图解。折叠序列的基础上，对虚线和虚线和箭头由大日本设计大师吉泽晃发明，超越语言的界限简单的代码，并导致折纸在全球蔓延。

而成千上万的折纸教程的书籍已经出版。杂志和会议录，一步一步的折叠图解，折叠的顺序通常是优化的折叠方式，不炫耀设计技术或模型的结构。其实，最愉快的折叠序列的都是那些模糊模型，使最终的结构外观作为一个出人意料的基本设计。“如何折”很少“如何设计”。折叠图解比较普遍，但对折纸设计的技术大多没有写在纸上。

在过去的 35 年里，我设计了大约 400 + 的折纸。最常见的问题，我问的是，“如何加强您的设计呢？”在整个历史的折纸，大多数设计师们设计的“感觉”，由一个直觉采取哪些步骤来实现特定目的。我自己的方法来设计沿袭了，我怀疑是一个不寻常的模式，而是经过多年的演变，从简单的玩，通过较为直接，有系统的折叠。今天，当我开始一个新的课题时，我有一个关于如何我将着手折叠，并通常可以产生第一次尝试就逼近我的主题而且心中有数。

因此，长期的问题：你如何做呢？问题是因为如果有一个折纸设计的图解，图解的一个步骤，你可以按照并折叠出你想要的任何形状。我不认为折纸设计作为一本图解的过程，而我选择一个新的模型设计或更多。这里是一个基础（基本折叠模式）

六脚：我会用它来作甲虫。这里是一个用于添加一对点，以现有的基础：我将结合这些技术，折叠出翅膀。有些设计师比别人更深奥，有的像约翰，montroll，有一个看似无底袋的窍门。我对有的折纸设计的方式真的是鞭长莫及，没有单一的方法来设计；但我可以做，并会尝试。在这本书，是通过对一些操作系统从而了解我的把戏。折纸设计确实可以有系统地推行。现在有简单的，编纂的数学和几何的发展所需的结构。

这本书是这些技术的集合。它不是一个设计一步一步的图解书。折纸是，首先是一种艺术形式，是创造力的表现，它是创造性的性质，它不能直接教导。但是，它也可以通过实例和实践。在其他艺术形式，您可以了解技术，作为一个创意的跳板服务器。

折纸设计的，这本书中描述的技术类似于彩虹的颜色在一个艺术家的调色板上。你不需要广泛，但人们可以用漂亮的图片画出黑色和白色，其他颜色的使用不可估量拓宽了可能的范围。然而，很多颜色本身并没有作出更多的艺术绘画，事实上，情况恰好相反可能发生。因此它与折纸设计。精密的设计，早期使用 - 有时也被称为“技术折叠”或折纸建筑设计 - 使生成的模型没有艺术创作主张。但是从拥有技术中选择一个让折纸艺术家更充分地表达他或她的创作主张视觉更丰富的调色板。这一理念可以包括折叠序列中的元素;它流于自然? 是成品的形式启示: 是和谐或不和谐的路线? 不使用的折叠边或减损的外观? 没有有效的数字使用? 的美标准是要解决由艺术家自己选择。任何给定的技术可能会导致某些标准(也许降低等)。通过学习各种技巧的设计最能有助于达到预期效果。

这些技术并不总是严格的，他们有时建议，但是戒律少。在某些情况下，他们的经验模糊规则：“超越八瓣，更有效地使用一个中间瓣。”但他们也可以像数学公式精确。近年来，折纸吸引了科学家和数学家，已经开始关注的折纸的“规律”背后东西，转化，概念和图像为数学表达式。计算机科学领域的科学，数论，计算几何和支持，并阐明了折纸艺术，更有甚者，为他们提供更多的折纸设计，在艺术的进一步发展导致近年来强大的技术。许多设计规则，适用于表面上的折叠而烦闷的，例如，最有效的点在基地的安排，实际上是链接到深的数学问题。只是一个研究对象，关于折纸设计过程，包括承担一些明显的几何三角昂，而且数论，编码理论，二进制数的研究，以及与线性代数。奇怪的是，这个理论是非常不容易，需要比高中数学，了解更多。我会的，有时，带出深层的连接，他们的数学兴趣，我会提供一些重要概念的数学推导，但在大多数情况下，我将不正式的数学证明。我的整个工作的重点将根据可用的规则，而不是数学形式。

如同任何艺术，能力和实践来，无论是折纸艺术折纸折叠或设计。折纸设计师发展的萌芽他或她的设计能力和看到的结果。设计可以简单地开始通过修改现有倍。做出改变;看到结果。在反复实践中建立的因果联系，正式规则。今天的折纸设计由许多发展过程中的褶皱，他们常常形容为直观。他们无法描述他们如何设计：“这个想法只是我。”但人们可以创造直觉与途径，以采取小步骤的设计开始举行。下面的一间道路，使自己的道路的伟大飞跃源于一个认识发展的原因：为什么设计师那样做？为什么第一步对角折叠，而不是正方形倍？为什么第一个折痕在角落？因此，在另一种模式，这样做，错过第一皱褶只有一点点的角落？为什么一组出自的折痕，在存在的位置？如果你是一个开始设计的设计师，你应该明白，没有设

计是神圣的。学习设计，你必须无视折纸模型崇敬，并且愿意把它分开，折叠不同的，改变它，看看你的变化的影响。

小创意带来大思路，设计的概念建立在一个思路。这样做本书的章节。在每个段落，我介绍一些设计原则和相关内容。以后的章节建立在前面几章的想法。沿途你会看到一些我自己的设计。每一个选择，介绍的规则说明在段落里。

第二章介绍了折纸的基本构造块：基本倍。如果您有折叠折纸之前，您可能已经与符号，术语熟悉和基本步骤，但如果没有，至关重要，您通过阅读本节。第二章中还引入了一个重要概念，模式之间的折痕和文件夹的形式，这种关系，我们将使用和培养贯穿全书的关系。

第三章启动进入设计的经时数设计的尝试。折纸设计的第一阶段是修改现有的设计，在这一章中，你将有机会探讨通过制定简单的修改几个数字，这一做法。

第四章介绍了一个基本型，基本形成从许多不同的外观设计，可以折叠的概念。你将学习折纸传统基本型，改变这些基本型的数量，修改和改变其传统的基础比例的几种方法。

第五章扩大后，该修改的修改后变成两个，三个，或更简单地用一个单点折叠重点基本型的想法。这种技术被称为点 - 分裂，具有明显的设计战术价值，但它也作为该基地的部分修改服务概念的引入而离开他人不变。

第六章介绍了嫁接的概念：修改一个折痕格局如果你有拼接到它的结构元素添加到现有表的目的更多的文件。嫁接是一个更广泛的想法最简单的化身，折纸，为基地的折痕模式是可分部分组成。

第7章则扩展后，嫁接的想法，并显示出多个交叉移植可用于创建一个数字内模式和纹理 - 尺度，板，和其他纹理。这个技术有点独立设置站，因为几乎所有的数字可以是“组织化”。

第 8 章推广了嫁接到一个称为平铺：切割工艺设置及重组模式的不同部分的折痕，使新基地的概念。本章定义了瓷砖及配套规则，适用于瓷砖的边缘，以确保该程序集的瓷砖可以折叠成一个平面形状。第 8 章还介绍了一个强有力的概念---单轴基础结构的一个传统的家庭都折纸基地和现代化的最复杂的许多基地。

第 9 章介绍如何执行的瓷砖装饰的匹配可以扩展到设计技术在他们自己的权利：圆/河方法，其中一个折纸基础的解决方案可以从包装成一个正方形框界产生。圆/河包装是其中一个最强大的设计技术周围，建设数字花瓣任意配置的能力，但它可以采用使用铅笔和纸张比而已。

第 10 章更深入地探讨在瓦折痕模式；适合那些圆圈内/河流被称为 molecules.the 章设计介绍最常见的分子，这是足以兴建任何单轴折纸基地全部折痕模式。

第 11 章介绍了不同配方的圆/河川折纸包装设计解决方案。所谓树理论，在该基地的设计是一个潜在的坚持有关数字与包装相关的问题是这样一组条件适用于道路沿线的棒图。虽然相当于圆/河包装，此处显示的方法最容易受到电脑的解决方案。这是最数学的一章，但在许多方面是在设计单轴基地前面的章节中提出的意见的结果。

第 12 章则介绍了所谓的折纸盒子褶裥，已为一些最复杂的设计建造过使用特定的样式。框在某些方面超越了单轴褶裥基地，特别是它可以用来构造完全三---三维数字。但也可以执行数学，我将展示如何树理论可以推广到包括盒 - 打褶设计。

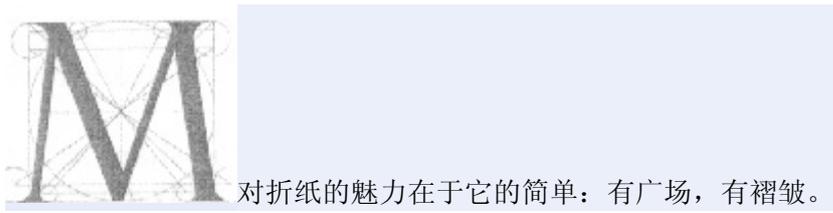
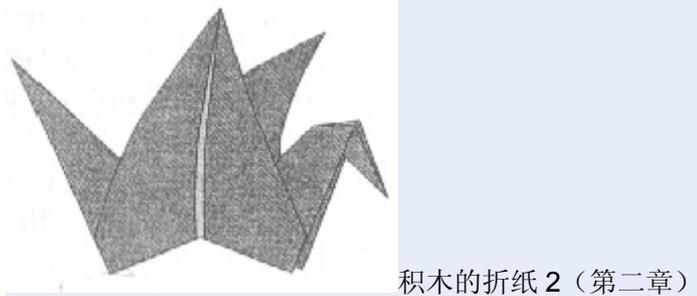
第 13 章继续超越单轴基地，基地引进的杂交，融合了来自与其他非 - 单轴结构单轴基地分子的想法。折纸设计的又何止是世界的，它们是本书的重点单轴基地大，但由于这一章表明，从单轴基地分子可以结合，产生过 - 在各种折纸数字更大。

为专家或读者谁希望走得更远，第 14 章介绍了树理论将用最好的线性代数和优化理论背景的人欣赏正式的数学处理。在参考部分提供参考和评论，与本章引用的材料都举办有关各章的概念在数学和折纸文献。

每章包括一个或更多的设计选择了我的折纸来说明设计在本章介绍的概念一步一步的折叠指示。我鼓励他们为你折你的工作通过预订方式。大部分未曾发表。我有几章还介绍了折痕的模式和模型的其他地方已出版基地的指示，你会发现他们充分的参考部分折叠序列的来源。

这里介绍的概念，总的来说我自己的发现是，在一些发达国家 35 年的折叠。他们不是孤立发展但整个书我已经指出了影响和来源/或我所采取的想法。在其他几起案例已经提出了类似的想法独立（1 事件不是没有在这两个折纸和科学的先例）。我在哪里，而其它国家的独立发明知道，我曾试图确定它是这样。但是，折纸设计技术往往是未公开的形式理论和/或广泛分散在发自有时模糊不清。这项工作是不是要成为一个全面的折纸设计的，如果它似乎我已离开了某事或某人，任何轻微的目的。

技术折叠，折纸建设，是大厦的概念，与各基金会，子，和结构。因为这本书反映这种结构的组织，我鼓励您阅读这本书顺序。每章提供了基础建设，在未来的概念。让我们开始建设。



对折纸的魅力在于它的简单：有广场，有褶皱。只有两种类型的褶皱：山折（形成了一个桥梁）和谷折（形成了一个低谷）。如此，方 + 谷折和山折是几乎所有的折纸。如何简单的你能得到什么呢？

但它确实存在，甚至两折类型？的确，山褶皱可以变成一个山折以上只是转动纸张。因此，作为代替有两种折类型，也许只有一个。

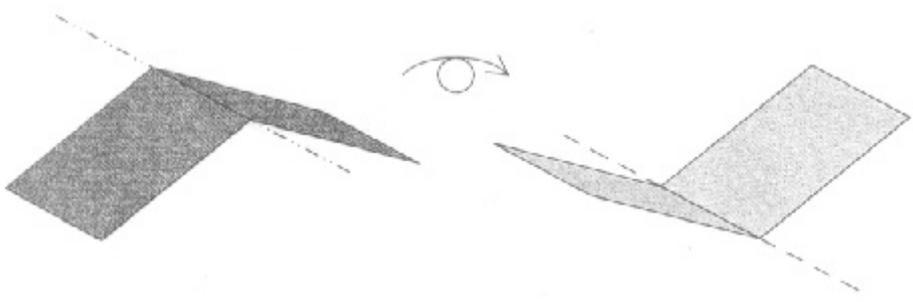


图 2.1

山褶皱是同一个山折

另一方面，可能有三种类型的方面：谷褶，山褶，并展开。如果我们在一半的纸张折叠和展开它，我们将留下一个在纸上折痕线--- 1 ---这也是折叠式。折痕有时只是文物，剩下的标志从折叠的早期阶段，但他们也可以成为有用的工具。折痕可以提供参考点（“折叠这一点该皱”）和最纯洁的折叠式（没有测量设备，如统治者，允许）折痕，折叠的边缘，他们的交集是唯一的東西，可以作为参考点。折痕还常用于编制了一个复杂的动作。折纸

diagrammers 试图闯入一个简单的步骤序列折叠指示，但有些动作本来就复杂，需要你把 5 或 6（10 或 20）倍一次在一起。这种愉快的挑战，这是一个很大的帮助让所有的皱纹已经到位。precreasing 帮助驯服的巨龙。

谷，山，抗皱折是从所有 3 种折纸模式。但即使是谷折不一定是相同的另一个山谷层纸，如果不平躺倍。当进入三维模型，山谷和山褶皱都可以不同的另一种方式：折叠角度，它可以在许多价值观。如果你画两条线垂直折线，然后两条线之间的角度可以不同，连续第三个层面，从 0 度（对于一个谷折）至 180 度（这是没有褶皱所有）到 360 度（对于一个山折）。通过这项措施，谷，山，折痕，都是一个连续的折叠角度的一部分。

有更多的变化：1 倍，可大幅或软。一个“折”是一个无限尖锐线的数学模型，但与真正的纸张，该折叠的折叠清晰度是艺术家的东西可以选择。尖锐折痕并不总是可取的。在一个有许多复杂的模型折叠，折痕可以大幅削弱该文件指出，该文件横扫。在一个自然的主题模式，锋利的线条和 unifelike 可以苛刻，而柔软，可以折叠圆形传达一个有机的质量，是一种生活的感觉。另一方面，当精度要求，可能需要大幅折叠，以避免在路上皱巴巴的混乱局面。因此，大多数模型呼吁尖锐和软折叠结构，而区别有时可以在特定的折叠图在大多数情况下，艺术家必须通过经验简单地发展为一个给定的折痕如何尖锐，必须感觉。

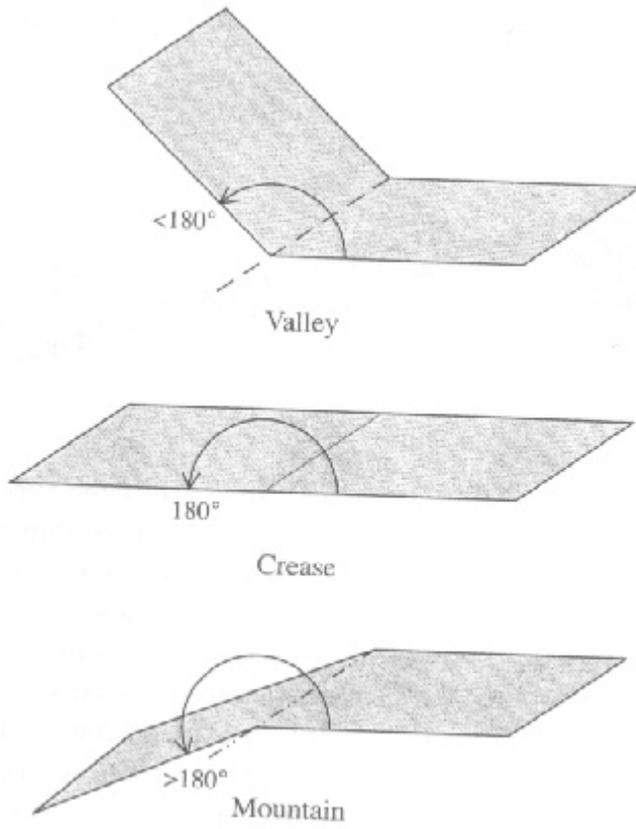


图 2.2

谷折，山折，折痕和山折都是一个统一体的一部分

2.1 符号和术语

折纸教学是通过图表转达---系统的线路，箭头，这已成为通用语（或者数语在全球舞台上）条款。折纸图的第一个现代制度的伟大构想，以掌握日本在 20 世纪 40 年代和 50 年代他的书明吉泽，随后通过了一些小的变化（）由两个早期西方折纸作家 samule 湖 ranglett（美国）和罗伯特哈尔滨（英国）。尽管别人偶尔尝试建立一个对手符号（五。克，Isao 本田，谁用虚线无处不在，但杰出的山折“P”字旁线）时，吉泽/兰德利特/哈尔滨系统捕获并已成为世界上唯一的折纸国际体系。

没有一个制度是完美的，多年来，各种 diagrammers 已使他们自己添加到系统中。有的像箭头打开和关闭（打开和关闭来表示下沉倍），死亡 1 安静死亡，其他人，像 monttroll 的“开展”箭头，已成为牢固的折纸图解词典（symbolicon?）成立。每一个作家有他或她的特殊图表怪癖，但核心的符号和术语几乎是普遍的。

赔率是，您已经有一些折纸熟悉，遇到的吉泽图表系统。会，不过，服务贯穿于我们的基本符号和术语，都建立一个固定的起点，并开始为折纸设计的车轮转动，这既是一个在折纸的方式来对待，因为它是一个集编纂工具。

首先是贯穿折纸条款，其中包括姓名，方向和位置。折纸图是最好的图表绘制，使本身足以使读者折叠模型（允许世界各地的人们从他们对折，一个日本或俄罗斯从文件夹可以折叠英语图表和副 - 反之亦然）。然而，许多人更容易找到折叠指令发出口头指令理解重视，并在这书上指示的话，你会发现这两个文字和图片。

折纸给予口头说明，如果该文件是在页面上平坦你面前。因此，文字，写有“折叠瓣向上”的意思是，如果东方的工作模式作为页面上的图一样，“上升”，“下降”，和“边”是指所有有关的指示打印的页面。而方向总是好像文件是在页面上给单位，你会发现它更容易挑选的典范，在半空中倍，甚至把它交给使倍（山褶皱通常通过转动的文件超过了并形成一个山谷倍）。如果你这样做，可以确保您始终返回到图所示，在未来的方向。

作为折叠模型开始积累多层次的纸张，就有必要区分层次。按照惯例，所谓“近”指的是层最接近你（一é，上面的人）和“远”层的底部（因此，保留字“顶”和“底部方向”的关于页）。

折纸通常有白色边和有色的一面。被拖颜色是在某些型号的特色---有折纸臭鼬，熊猫，斑马和棋盘，甚至从他们的着色的纸张双方熟练使用派生。即使只有一方是在最后可见，它有利于保持对发生了什么事情，以不同颜色显示为双方的轨道，这就是我在这里做了。

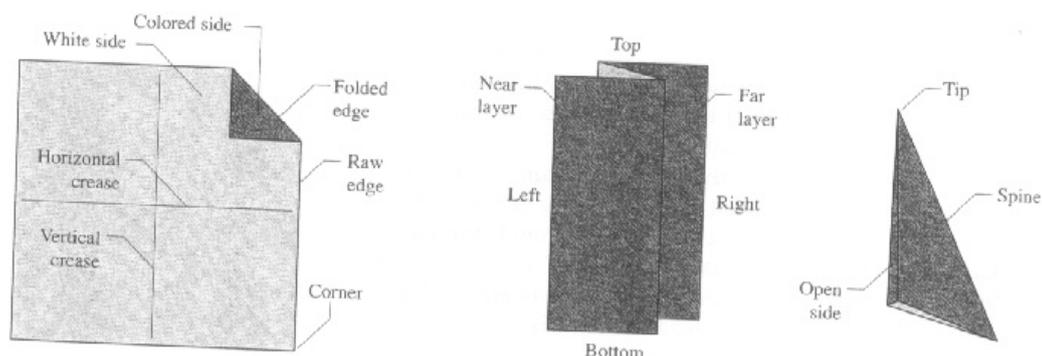


Figure 2.3.

colored side: 彩色方 white side : 白方 folded edge : 折边

raw edge: 毛边 corner: 角落 horizontal crease: 横向折痕

vertical crease: 垂直折痕 top: 顶部 near layer : 近层

far layer: 远层 left : 左 right: 右

bottom: 底部 tip: 尖顶 open side: 打开方 spine: 脊部

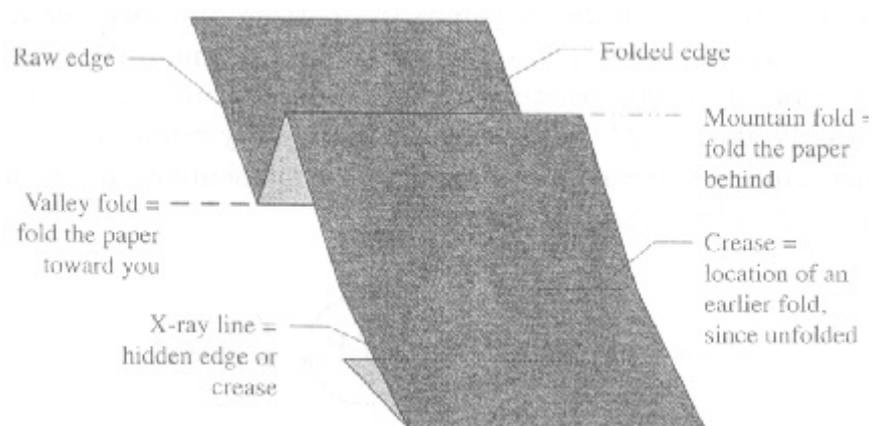
图 2.3

适用于口头条款折纸图解

鲜艳的折纸常来预切为正方形。对艺术的小讽刺之一是，当预切正方形折纸是在附近的 20 世纪之交的日本引进的，它是从欧洲的廉价机---纸，手工制作的日本和纸是因为对于大多数太昂贵目的。因此，折纸用纸，被认为是最正宗的日本甚至还没有，而原来由日本制造！

为自己的折叠，没有其他特殊要求在纸上比较容易起皱，不容易撕裂。传统的折纸---可以从最艺术和工艺品商店，通过互联网，在许多商店在日本的大城市季---是相对便宜和方便的预切为正方形。（但是，它可能无法进行精确的正方形。最喜欢的机 - 国产纸，预包装折纸是有一定的粮食和湿度的比例将略有改变，一个在佛罗里达州广场将很可能在内华达州一个矩形）。这是很有用的其他文件是薄艺术家的箔（也从艺术商店有售），铝箔包装纸，报纸和各种薄艺术可以运用如云龙，耕造名全国和 lokta。

折纸图通常路线图。即使在这 3 天---三维电脑渲染，线图传达的信息以及折叠什么（他们并不需要 10,000 元工作站创建）！有 5 个是为折叠形状不同的特点采用线类型。纸边，八生（即原来的纸边）或折叠，是由实线表示。折痕都表明了一个薄路线，往往会到达之前停止在纸张的边缘。谷褶皱由虚线表示；由一链（山褶皱点 - 点 - 冲刺）线。在“X - 射线线”，虚线，用来表示任何隐藏的边缘（最常），折叠，或箭头。它通常会被清除背景什么的 X - 射线线，是为了代表。



raw edge: 毛边 folded edge: 折边

valley fold=fold the paper toward you: 谷折= 对折你的纸

mountain fold = fold the paper behind: 山折=折叠纸背后

x-ray line = hidden edge or crease: x-射线行=隐藏的边或折痕

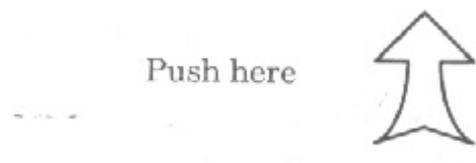
crease=location of an earlier fold , since unfolded : 已经展开的较早的折痕

图：2.4

在用线的折纸图解五种类型。

第二章：折纸积木

行动表明了箭头，显示了这两个议案的文件是由一个倍，而整个模型有时操作。一个开放的空心箭头是用来显示压力的应用（通常与一个或汇倍反向连接）。见图 2.21 - 2.23 和 2.40 - 2.47 的例子。

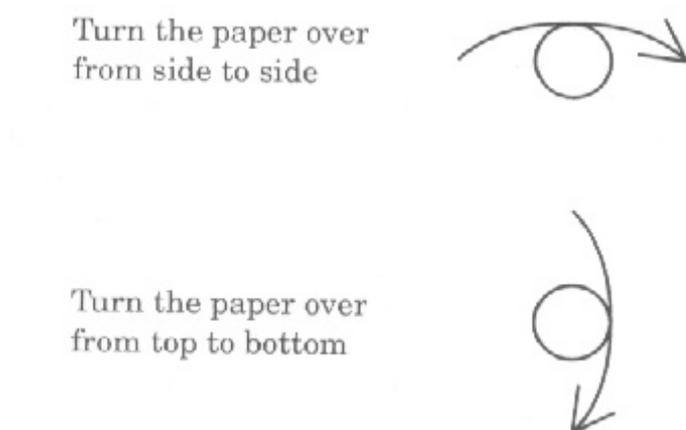


Push here: 推这里

图 2.5

一个空心箭头表示要“推动在这里”

个有循环箭头表示通过它来打开文件了---无论是从侧面一边到另一边（如翻书的书页），或从上到下（如翻转向前或向后在墙上的日历），与方向指明了方向箭头。



turn the paper over

from side to side: 把以上的文件从一边到另一边

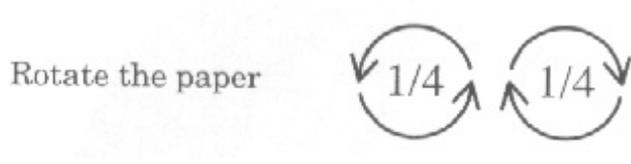
turn the paper over

from top to bottom: 把以上的文件从上到下

图 2.6

一个环形箭头表示要打开文件了

如果模型是要旋转的页的平面，即在两个封闭的一小部分显示的箭头指示方向旋转。里面的箭头数字是圆的，通过它的旋转发生一小部分。“1/2”是一个半圈，我。五，在底部和顶部成为副 - 相反，“1/4”表示四分之一 - 转机。有时轮流金额不是一个简单的分数，而不是把笨重的东西，如“21/34”的箭头，我通常会到最近一轮季度 - 转身以后你可以使用图来牵制定位准确。



rotate the paper: 旋转的文件

图 2.7

一小部分形成一个圆圈内
从两个箭头指示，以
旋转的文件

最折纸折叠单位的每一步。然而，当一个模式将成为 3- 维，要么是因为最终模型为 3- D 或一个或多个中间步骤 3 天，经常有必要表明该模型的多个视图，充分表达是怎么回事。在这种情况下，一个小眼睛表示高度程式化的，它的一个点，随后的看法的意见。



view from this vantage point: 从这点高度

图 2.8

一个带有虚线的眼睛
说明习惯了视线
指定一个新观点

下一个符号显示在折纸：重复所有最可怕的指令之一。你走过了漫长，曲折的褶皱序列工作，你认为你到了尾声，还有它是：“重复步骤 120 - 在其他 7 皮瓣 846。”坏消息是通常言传的，但对于那些谁单从图表倍，重复传达一个象征，并，哈尔滨，西部的伟大折纸普及者，设计了一个哈希标记箭头指示的重复，但是，这符号是不必要的含糊不清，我更愿意使用盒装领导人内附范围重复步骤，如图 2.9 所示。



repeat a range of steps: 重复一系列步骤

图 2.9

一个被重复步骤范围，表明了一个盒装序列，编号的步骤，重复。



最后，它经常出现，一折，是要作出在 90 度到另一个折叠或折叠式的边缘。在此情况下，它并不明显的褶皱是在 90 度，我将表明它由一个小型的直角符号旁边（和赞同）有关的交叉点。



right angle: 直角

图 2.10。

直角所表明的是几何的旁边的一个直角折痕的象征

2.2 折的基本步骤

现在，我们转向折纸---单倍的基本倍。一个发生在折纸数字反复折叠或组合数。这些组合最追溯到在西班牙和日本几百年的概念，如果不认可的步骤。这些都是，但是，建筑阻止几乎所有的折纸模型出现。该名称是更近的事，从国而异，但在英文 - 英语国家，这里给出的名称被广泛接受。

第一折是通用的基本谷折--- 1 倍作出一个单一的直线对折了夹凹。折叠本身是由虚线，其中分为两部分，一个固定的文件显示（通常），一个移动。对称双 - 箭头用来表示其中部分动作和运动方向。运动的一部分，几乎总是要旋转起来，从本页面飞机;这项议案是由弯曲的箭头转达。

Figure 2.11.
A valley fold, as diagrammed,
and the result.

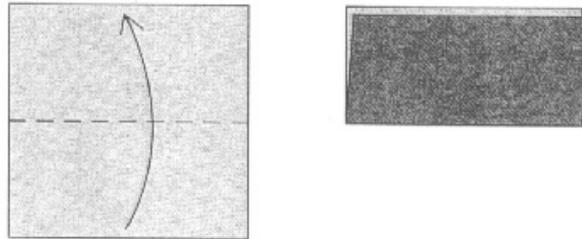


图 2.11。

谷折，如用图，监测结果。

一个谷折对面是一座山折，这是因为当一个文件的一部分，是被折叠后调用。山褶皱是表明了一个链林（点 - 点 - 短跑），并在纸张的议案是由空心单面箭头表示。

Figure 2.12.
A mountain fold, as dia-
grammed, and the result.

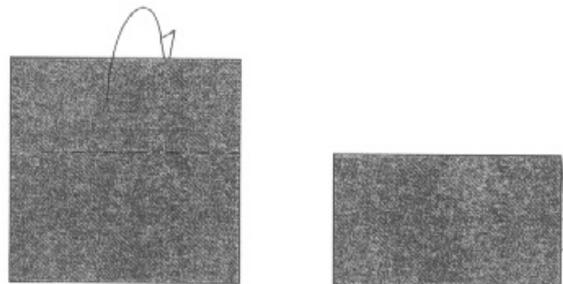


图 2.12.山折，如用图，监测结果。

很多时候，一个山折表现为一种速记为“转位以上的文件，使谷折，然后将其返回到原来的方向”，如在图 2.12 的例子。然而，山褶皱是经常使用的津津有味的放入口袋或层间纸，纸张转动的情况下，不一定比作一个谷折可能。

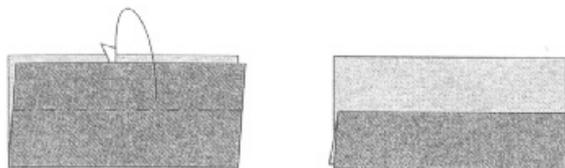


Figure 2.13.
A mountain fold is not always amenable to “turn the paper over and make a valley fold.”

图 2.13。

山褶皱并不总是顺从“转的文件，作出了一个谷折。”

当山折（或较少，山谷倍）用于塔克一两个人之间的层，将层分开，如图 2.13。和箭头将两层之间绘制。如果折叠时，您会发现一个可以折叠成皮瓣多个位置，检查绘图关闭。作为箭头可能会显示在该层应该去。

很多时候，既是山折和 1 倍山折将被命名为平行层，一，一般用于稀释的腿和其他附属物使用演习。这一步是用两个箭头所示，如果可能，无论是山区和谷折。您可能会执行既是山区和山谷折，如果你的愿望，但其实有很多文件夹的形式既为山折，使每一个在纸张的一面。

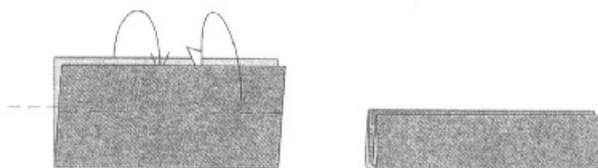


Figure 2.14.
Mountain and valley folds used to thin a flap.

图 2.14。

山区和谷折用于薄 1 瓣。

图 2.14 显示了几种常见的折纸图解微妙之处。山谷折叠远层是由延长折线超出了纸张边缘（虚线）清楚。山谷倍理解为运行文件完全沿远层，即使它是不会显示。（我可以用一个 X- 光行表示的山谷延伸倍，但我并不在这个数字因为将得到的混合与叠加山折线组成）。无论是山区和山谷倍层得到塞进了该模型的，它可以告诉你通过观察这两个箭头两层之间的旅行中。由此产生的数字 - 在右边---显示了沿其边缘，这使得这个例子清楚层配置图。它往往是不可能出现的层次，但是，你必须依靠之间如左图箭头刘郁文人物层。

褶皱，一经作出，并不总是坚持到了该模型的结束。它是相当频繁的褶皱是在建立参考点或未来倍，或模型是在一些点线展开执行时隐藏或内线的一些操作。在两种情况下，折叠得到展现。开展以表示对称中空 - 箭头，如图 2.15 所示。

Figure 2.15.
The unfold arrow.

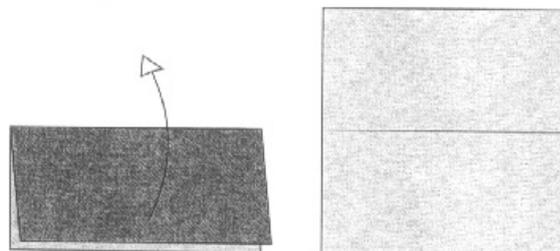


图 2.15。

在开展箭头

同样的符号，用以表明文件将被从一个内部的腰包。如图 2.16 所示。

Figure 2.16.
The unfold arrow used to show pulling paper out from inside the model.



图 2.16。

在开展拉箭头，用来显示文件从里面的模型。

尤其是在折叠模型的早期阶段，一会一折，然后立即展开它。为建立一个将在未来某个（通常用于更复杂的折皱的目的）的步骤。图保持相当紧凑，褶皱 - 及 - 开展行动通常在一个单一的数字表达，是由一个双 - 箭头，结合了折叠箭头（谷倍），开展单箭头表示箭头。

Figure 2.17.
Fold-and-unfold is indicated by a double-headed arrow that combines the "fold" and "unfold" arrowheads.

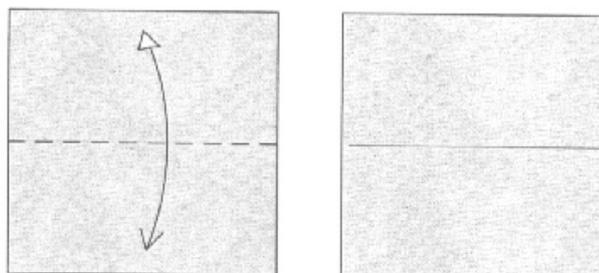


图 2.17 褶皱展开，是由一个双箭头，结合了“倍”和“开展”箭头表示。

大部分时间，在一张折叠的折叠和，开展步骤将是一个山谷倍，但有时，是一个理想的抗皱山倍。而不是图表三个步骤（在本回合中的文件，谷倍和-展开，在纸的背面转以上），我将利用山区结合倍箭头与开展箭头，如图 2.18 所示。应该明白，什么是打算是折叠移动瓣后面，使折痕，然后展开。

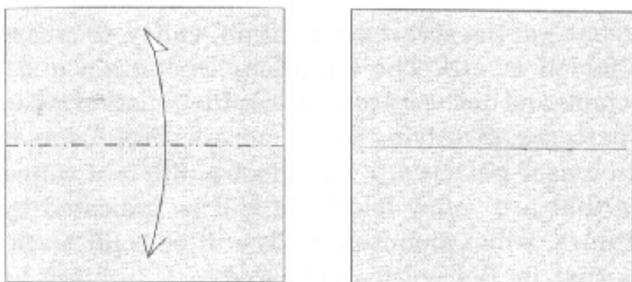


Figure 2.18.
Mountain-fold and unfold.

图 2.18。山倍和开展

在折纸设计的研究，完成的数字或相同的子集抗皱模式提供了对模型的结构 - 比折叠指令序列奥芬更多信息的大量信息，因为这表明在整个模型一次。该模式的折痕只是最简单的形式显示所有折痕，如图 2.19 为折痕线，这显示了传统扑鸟日本防皱模式。

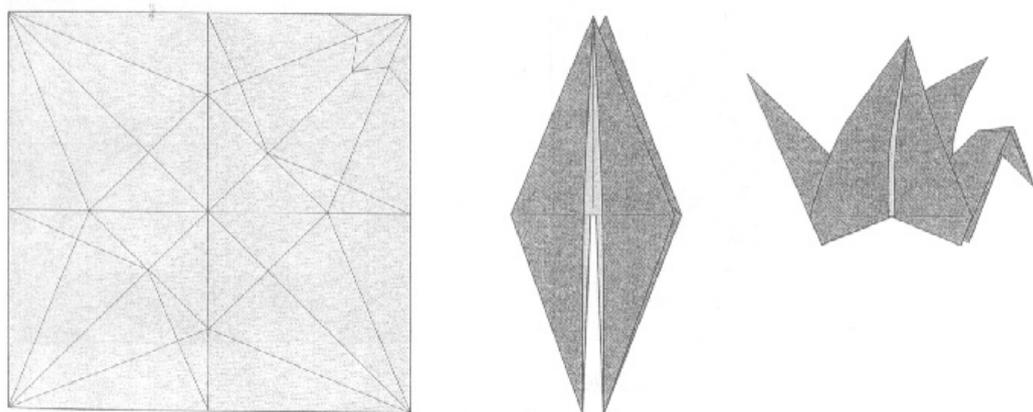


Figure 2.19.
Crease pattern, base, and folded model of the traditional Japanese flapping bird.

图 2.19。

折痕模式，基地，传统的日本人折叠模型扑鸟。

然而，知道仅仅是皱褶的位置不是有用，因为它可能是，这是更为有用知道的折痕，岛的方向 \acute{e} 。 不论是谷折或山折。

（“更为有用”是一个有点轻描淡写。于 1996 年，伯尔尼和巴里马歇尔海斯证明，找出从一个普通的折痕模式折痕方向是计算一类问题的一部分，“NP 完全知道。”等问题生长在大小，他们很快就超过了任何一台计算机来解决的能力。）

因此，它是更有帮助，指示或折痕---转让 - 的折痕：山地，河谷，或增减（即不折叠的话）。传统的山区和山谷线 - 链和破灭 - 往往失去其在大折痕模式的区别，进入一个混乱的混乱泥潭解散。因此，在折痕模式，我会采取不同的约定。折痕是谷折线将固色线表示，而山褶皱将纯黑色线条。折痕的平躺也会出现像往常一样细的黑线。（平折痕，不发挥重要作用，是根本上不了，但它有时是有帮助的显示折痕有重要意义，以该基地的建设。）1 点两个或两个以上的皱褶一起被称为顶点模式的折痕。看到两行之间的不同风格，比较图 2.20 的两个例子。

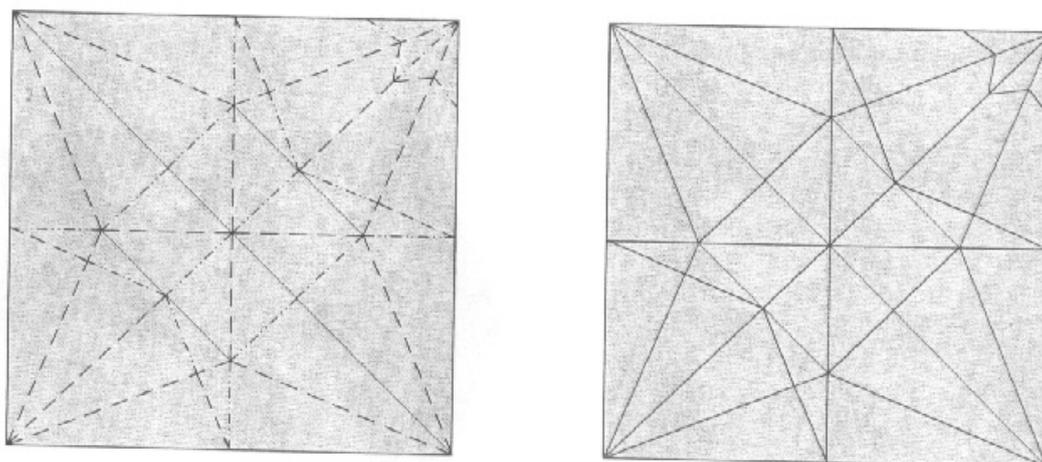


Figure 2.20.
Left: a crease pattern using the traditional patterned lines to indicate mountain and valley folds.
Right: the same pattern using colored lines.

图 2.20。

左：1 折痕模式采用传统的图案线条，表示山区和山谷倍。

右：同样的模式用彩色线。

而所有的折纸模型，创建完全由山折和谷折，他们经常出现在不同的组合，组合经常发生，以至于他们已获得了自己的名字。

第一，最简单的组合，是内扭转倍倍，这是一个折叠用来改变一个瓣方向。而无论是山区或山谷倍，通常可以在同一个地方，一个结合了反向褶皱山脉和山谷和使用通常更任远，往往保持共同的反向折叠的文件以来的紧张局势。反向折叠总是发生在一个至少包括两个层次的纸张皮瓣的地方。在一个内部反向折叠，折叠线山附近的层时，发生在一个山谷倍远层，和“脊柱倍以上线”，是彻底颠倒了。它是由一推箭头表示，自形成反向折叠，脊椎必须推动，和彻底颠倒 t。如果是可见的远缘优势，如图 2.21。

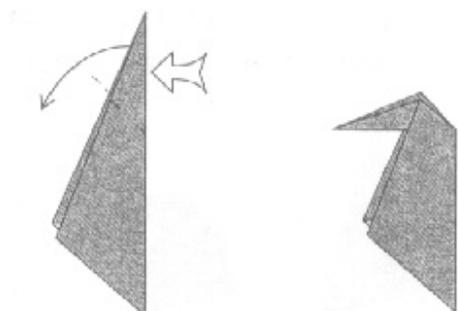


Figure 2.21.
The inside reverse-fold.

图 2.21

内扭转折。

在内部扭转倍，皮瓣尖端的最终指向的脊椎骨走;在图 2.21，脊椎是皮瓣的右侧，所以小费必须指向左侧。如果你想让它指向正确的，那么你可以使用其他类型的反向折叠，外反向倍，这在图 2.22 所示。再次，有一座山倍和 1 倍山谷，但在外面反向折叠，折叠的山谷上发生层和附近山区的远层，从里面究竟发生相反的反向倍倍。反向折叠外，也表明了一个推箭头，因为它通常是通过在与一个人的拇指推脊柱周围包裹时所做的正确的纸张的边缘。如内部反向倍，它比一个简单的山区或山谷更为持久倍会。

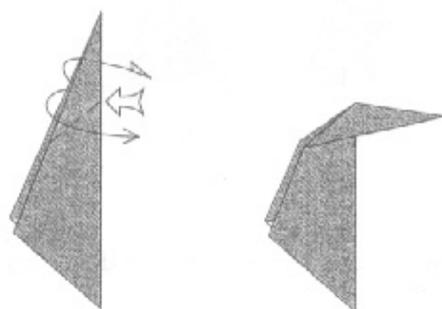


Figure 2.22.
The outside reverse fold.

图 2.22。

外面的反向折。

在口头说明中，“反向折叠”（不带一个“内部”或“外”资格赛），一般是指“内扭转倍。”

一个简单的两层皮瓣只有两个可能的反向折叠类型：内部或外部。多层次较复杂的襟翼可以有多种可能性或曾经在两个组合，例如，三角形的形状，如图 2.23 所示（由折叠在三分之二是在广场的一角）可以是内部或外部反向折叠要么向左或向右，此外，它有可能使一个混合反向排序倍，它结合了两个方便。所有三个形状（以及在这方面的身影，在山区或山谷折等值）是相同的，他们只是在他们的折痕模式不同。在整个图的书籍，他们将受到的存在或缺乏尊敬推箭头（从山区或山谷倍区分扭转倍）和/或在以后的图表显示边缘配置。

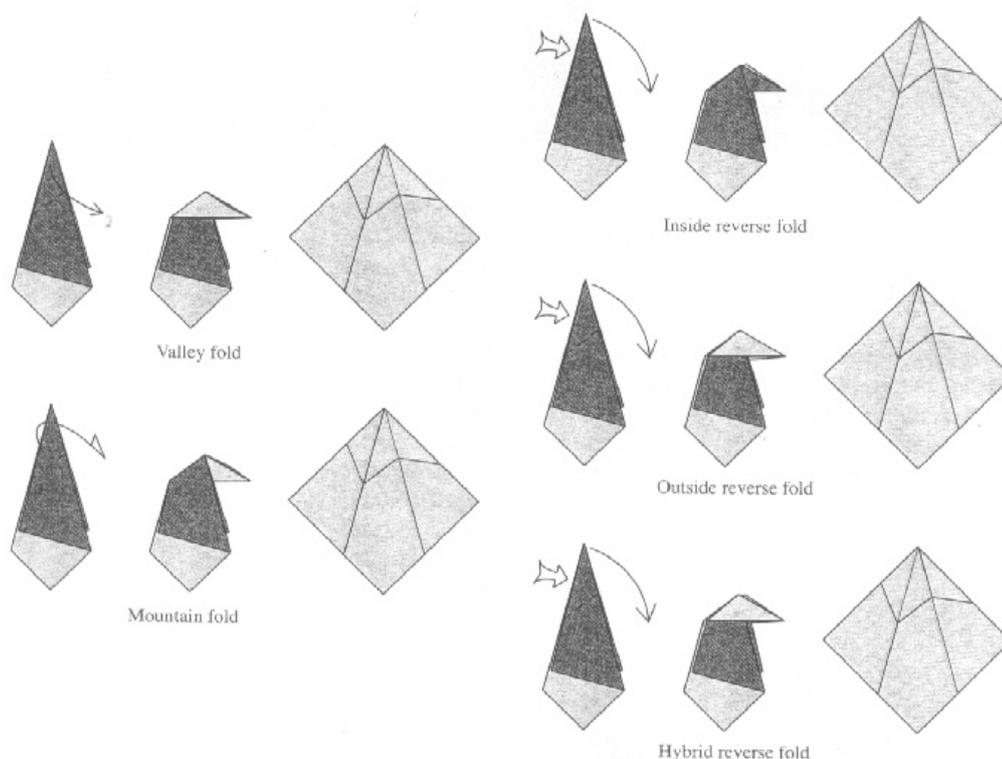


Figure 2.23.
The five possible ways to turn the tip of a three-layer flap.

74

valley fold: 谷折

mountain fold: 山折

inside reverse fold: 内扭转折

outside reverse fold: 外部反向折叠

hybrid reverse fold: 混合扭转折叠



图 2.23。

五个可能的方式把一个 3 层皮瓣尖端折叠

另一组合倍折，与一些规律性发生是兔耳折（即收购早已在古代的迷雾失去了一些兔子设计它的名字）。兔耳折，几乎总是在一个三角形皮瓣进行，由三谷特点沿着三角形的角平分线的四分之一倍倍，山倍，从延伸的交点垂直于一边。

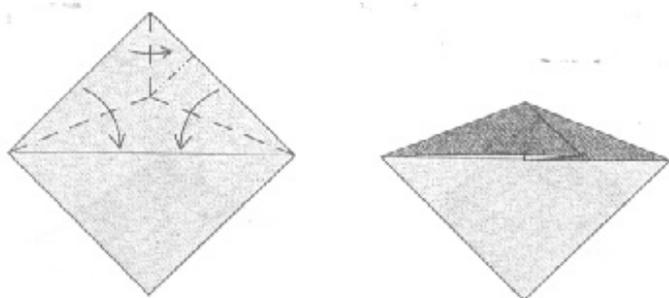


Figure 2.24.
The rabbit-ear fold.

图 2.24。

兔耳折

当一个兔耳折，形成了边都躺在一个共同路线。值得注意的是，这个过程是一个三角形的任何形状---或许并非如此出色，因为兔子的耳朵，也不过是欧几里得的定理证明，任何三角形的角平分线相交于共同点。

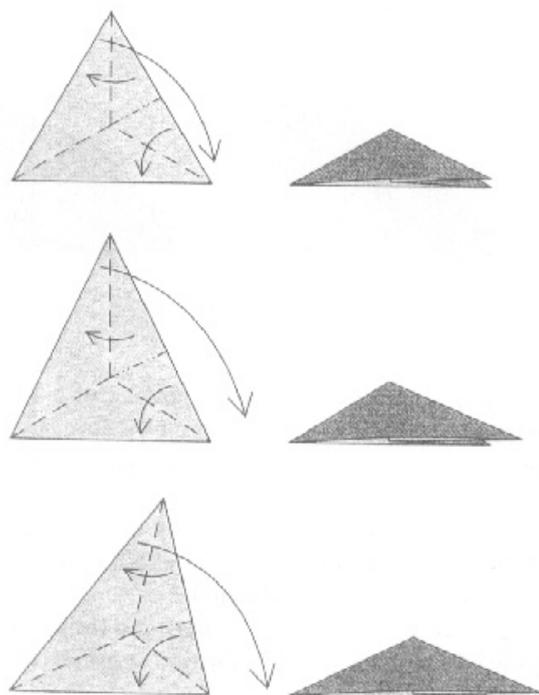


Figure 2.25.
The rabbit ear can be folded from any triangle.
Top: equilateral.
Middle: isosceles.
Bottom: scalene.

图 2.25。

兔子的耳朵可以折叠的，任何三角形。顶部：等边。中间：等腰。底部：斜角肌。

兔耳折，不仅发生在孤立的皮瓣。将所有的边躺在一个共同的线是一种特殊的财产；兔耳是一个分子，这是任何与此属性的折痕模式名称最简单的例子。我们会遇到兔耳折痕模式和多的细节分子和许多伪装，因为我们深入系统的设计更深刻。

除了简单的，直接的兔耳，有两个变化是经常遇到的问题。图 2.26 显示了一个变化中的边缘不在一个共同的线。

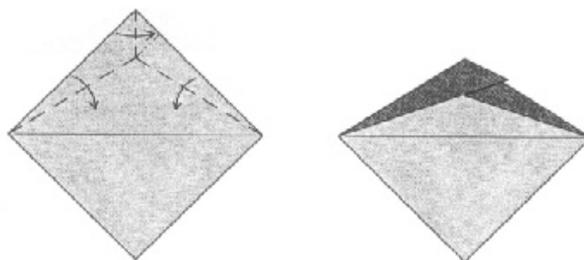


Figure 2.26.
A variation of a rabbit ear.

图 2.26。

一个兔耳变化。

图 2.27 显示了两兔耳相结合制成的近期和两个层次的皮瓣远层。众所周知，适当，作为一个双兔耳，它通常形成一个刚性的兔耳瓣的远近层次，然后摆在一旁以上的小费。

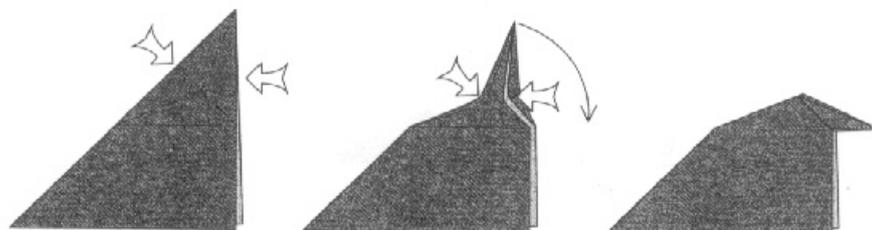


Figure 2.27.
A double rabbit ear.

图 2.27

双兔耳。

正如反向折叠是一个山谷的另一组合皮瓣层与它的镜像倍，双兔耳是一个与它的镜像兔耳组合也另一层。

未来组合折叠常见是壁球折。在壁球折，一个皮瓣层扩散到两侧和折边夷为平地。

壁球折，是很容易执行（有时是非常满意的）。它几乎总是形成对称，即同时在左，右使平等的角度。在对称的形式，折痕曾经是折叠的边缘将列队与一个或更多的原料优势下，如图

2.28。它也可以壁球折 1 点，如图 2.29 所示。壁球折点更难保持对称的，因为这点掩盖了底层，但你可以让他们通过打开的文件，并检查了在另一边对齐，然后再作出尖锐对称的皱褶。

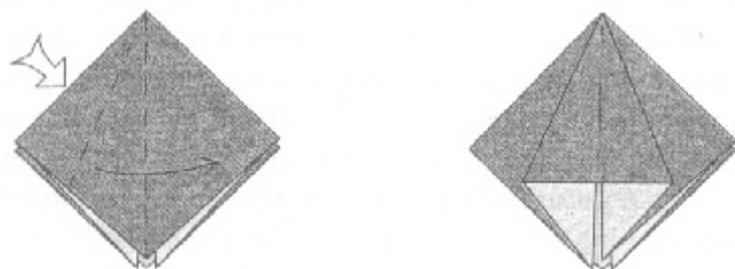


Figure 2.28.
The squash fold.

图 2.28

壁球折。

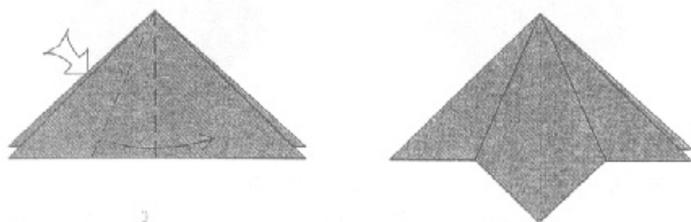


Figure 2.29.
Another version of a squash fold.

图 2.29

壁球的另一版本折。

有涉及 4 折痕壁球方面：2 每两山（通常，只有每一个是对皮瓣近方可见一）一方的山谷。所有的折痕一起在一个点。大部分时间，这两个山谷边褶皱是由方和壁球折左右对称的山谷倍。然而，一个壁球折，可不对称，而且有时会发生，这两个山谷都没有褶皱边的边。当发生这种情况，一个是有形的部分可以看出皮瓣旋转（约折痕的所有路口）。这个版本的一个壁球不对称折经常发生，以至于它被赋予了自己的名字：一个旋转折。

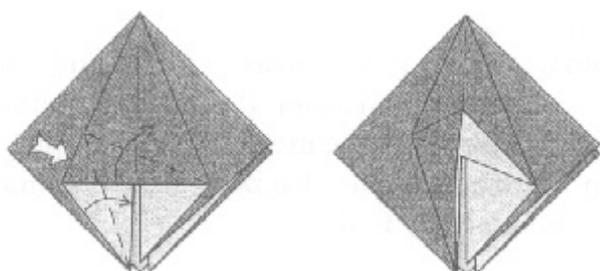


Figure 2.30.
A swivel fold.

图 2.30 一个旋转折。

我们已经看到，山地，河谷，和兔耳褶皱，他们都用自己的双镜结合影像形式。同样有双壁球或旋转折叠？答案竟然是肯定的，而组合是容易的，因为很容易壁球折。两个旋转折叠的组合被称为花瓣折（这是常用的折纸花使用）。然而，而不是被近及远形成层（如反向褶皱和双兔耳折），两个镜像旋转或壁球褶皱形成并排。花瓣是非常有名的倍折，它是在传统的日本扑鸟的关键一步。它是用图的两边由方壁球折共享一个共同的谷折。

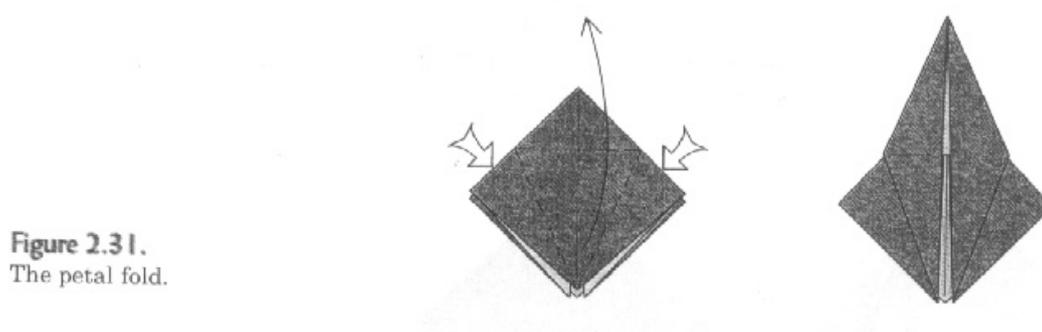


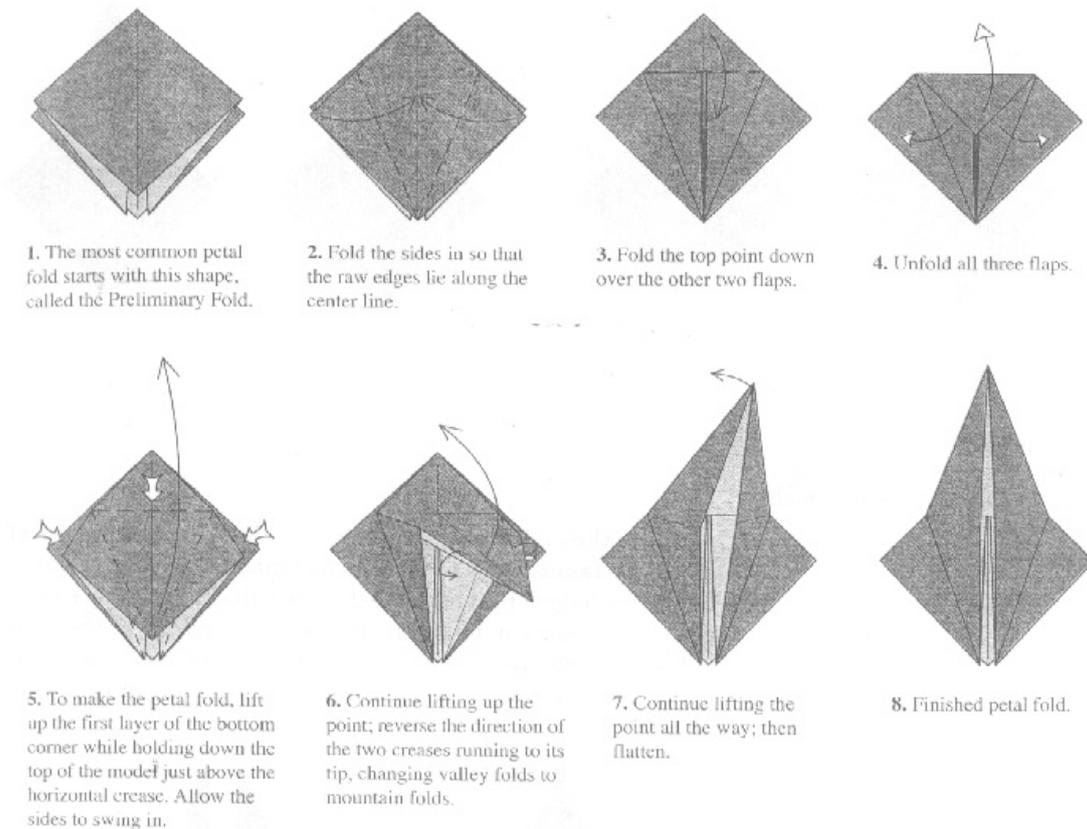
图 2.31。花瓣折

而在折纸的困难（其中规模运行简单，中级，复杂的，真正复杂的！），花瓣褶皱是只考虑一个中间回旋，它通常是一个非常具有挑战性的新手折纸来执行，所以通常分为一些 precreasing，如图 2.32 所示的几个步骤。

当你是一个开始文件夹，它有助于使在步骤 2 和 3 在图 2.32 的 precreases。然而，当你成为折叠舒适，最好不要 precrease 在第 2 步的两侧，因为它是难以透过这两个层次的折痕运行正是通过弯道。它是整洁简单的形式在每一层单独的平分线。

花瓣折叠方式，通常是在一个瓣狭窄，同时使更长。它也有可能花瓣折的优势，创造一个无瓣哪里之前，如图 2.33 所示。

花瓣褶皱，壁球折，扭转折，兔耳，都是彼此密切相关。它通常可以达到超过一途同归。例如，花瓣褶皱如图 2.33 也可以通过使两个反向褶皱和谷折实现。



- 1, 最常见的花瓣与此形成褶皱启动。 所谓的初步折
- 2, 折叠, 使双方在原料边缘沿中心线所在。
- 3, 折叠顶点向下比其他两个花瓣。
- 4, 开展三个花瓣。
- 5, 使花瓣折, 举起了第一层底部角落按住上方的水平折皱模型的顶部。允许双方摆动研究。
- 6, 继续举起点;扭转连续两到其尖端折痕方向, 改变谷折变山折。
- 7, 继续取消点一路, 然后压平。
- 8, 完成花瓣折。

图 2.32。

序列作出花瓣折。

如果你要完成的削减除了沿中心线(切割都略有左, 右线, 以确保该中心的所有图层断绝接触中心线), 花瓣折花瓣会变成两个花瓣折兔子的耳朵!

因此, 各组合中的褶皱都不能太过分, 获得两个或四个折痕马上就来一起方便的方法不同的实体。什么是重要的是在折纸设计的底层结构, 而不是一个特定顺序的步骤需要去完成的模

型（但必须承认，一旦设计是固定的，一个序列组成的简单组合，从一流向其次是更美观比随后几 precreases 愉悦，“让这 150 折痕马上就来一起”）。

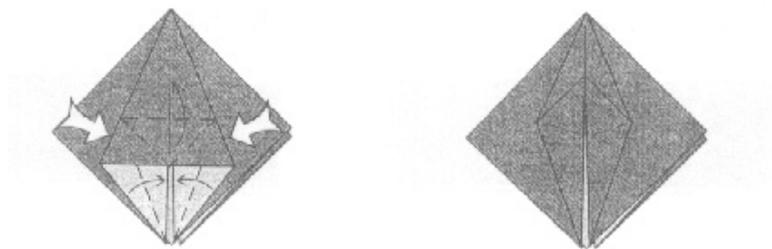
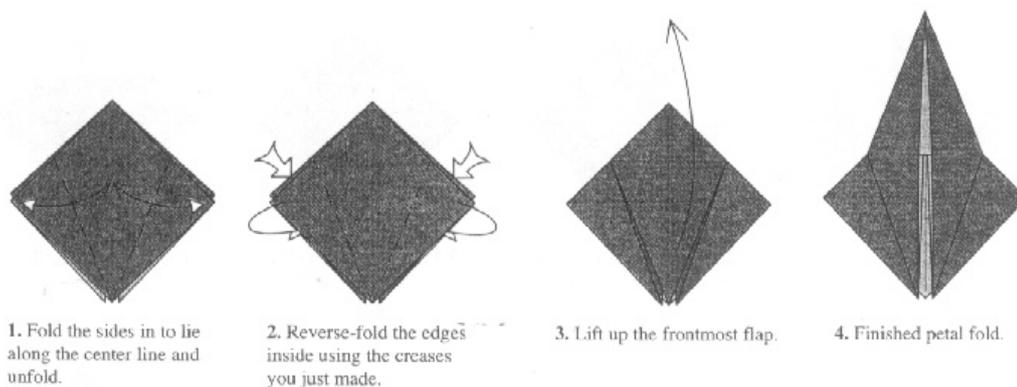


Figure 2.33.
Petal-folding an edge.

图 2.33。

花瓣折的优势



1. Fold the sides in to lie along the center line and unfold.

2. Reverse-fold the edges inside using the creases you just made.

3. Lift up the frontmost flap.

4. Finished petal fold.

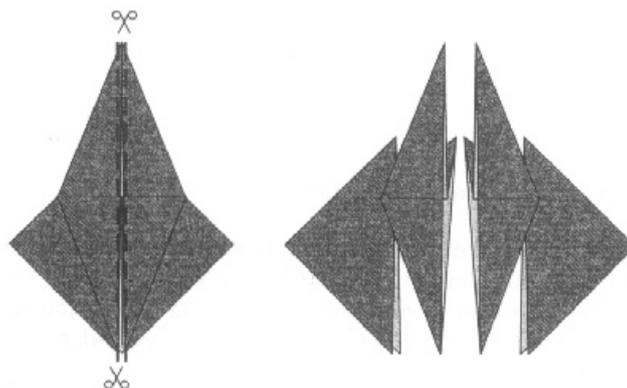
Figure 2.34.
An alternative way to make a petal fold using reverse folds.

图 2.34。

另一种方法，使花瓣折使用反向折。

- 1、折沿中心线两侧和开展。
- 2、反向折叠的边缘皱褶内使用。
- 3、抬起最前面皮瓣。
- 4、完成花瓣倍。

Figure 2.35.
A bisected petal fold reveals
that it is composed of two
rabbit-ear folds.



一分为二花瓣折显示，它是二兔耳褶皱组成。

反向折叠通常用于改变一个瓣方向，例如，做最后的成型，再结合折，用于塑造花瓣是褶，其中一方由山折和谷褶皱组成。

Figure 2.36.
Left: a pleat diagram.
Right: the finished pleat.



数字 2.36。

左：一褶图。

右：成品褶。

通过一个褶纸单层形成是毫不含糊的。然而，当目前有多个层次，有一个密切相关褶皱，在图 2.37，这是所谓的卷曲说明。



图 2.37

左：1 卷曲图。 右：成品卷曲。

压接是与它的镜像褶纸远层的组合。因此，卷曲负有相同的关系，一个一个褶折内扭转熊到山折（或 1 倍，谷折以外扭转折）。正如反向折叠不松开一样容易山区或山谷褶皱，卷曲多褶永久性的。同时卷曲和褶皱是通过展示，绘图纸对折层线附近，他们可以通过考核的皮瓣边缘区分开来。有时是不切实际的显示优势（如数字，2.36 和 2.37），较边对成品卷曲或褶皱的看法。

作为一褶褶的 2 倍或卷曲往往并行，但它们不需要。如果他们不平行，然后皮瓣会改变方向，同方向等于两倍折痕之间的两个不同的角度净变化。

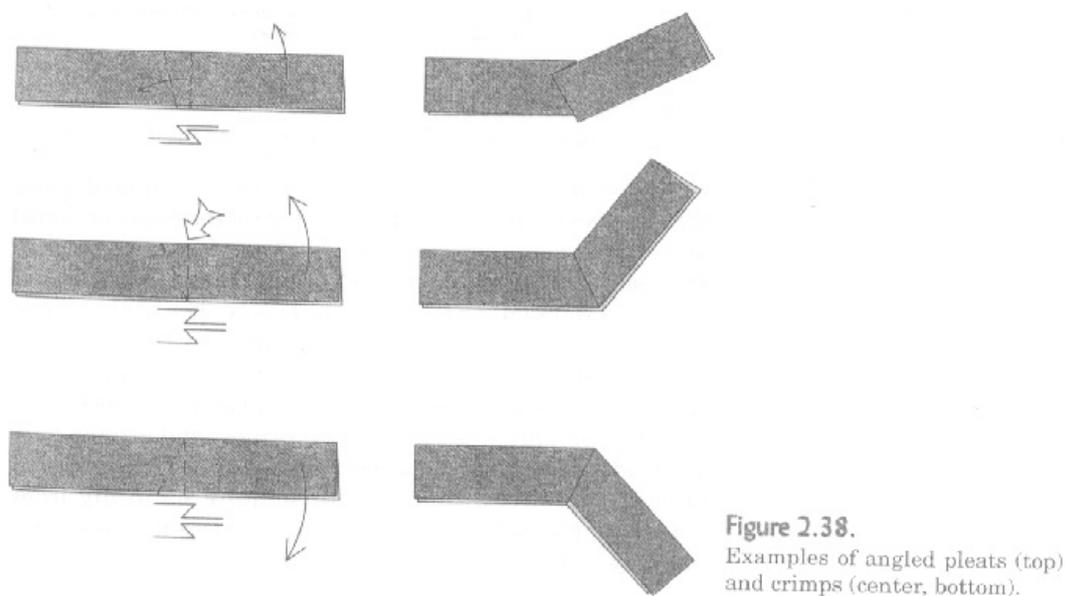


图 2.38

褶角的例子（上）和卷曲（中，钮）。

谷折和山褶皱构成一个褶皱或卷曲能满足其中一个皮瓣或其他，但不能满足于在纸张的边缘而没有增加额外的内部皱折对方。如果您尝试使他们在内地，满足您可以通过拉伸一个角度褶的两端或卷曲彼此远离，你会发现一个小折要形成，从交点延伸到相邻的边缘。

伸展，直到一褶（或更常见的是，一个卷曲）构成一折，是相当普遍的操作，用于软化的角度的变化，实现更加自然，圆形的形式，但拉伸扣板也是最基础的一些强大的设计技术，我们将拭目以待。

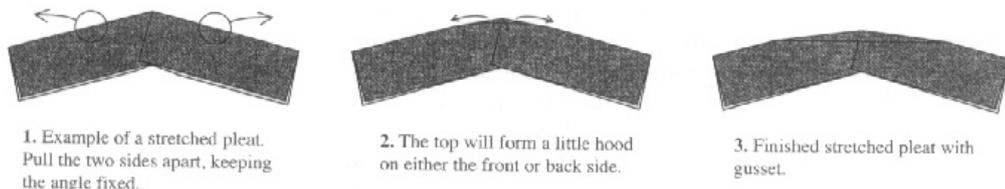


Figure 2.39.
Stretching an angled pleat forms a gusset on either the near or far layers.

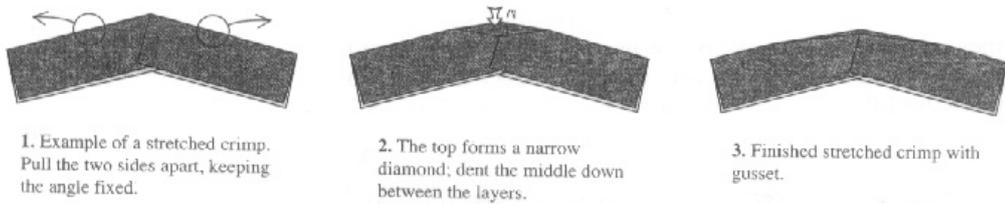


Figure 2.40.
Stretching an angled crimp forms a gusset between the layers of paper.

- 1、例如一个伸展褶。拉双方外，保持固定的角度。
- 2、顶端会形成一个不论是从正面或背面的小罩。
- 3、成品拉伸与扣板褶。

图 2.39

伸出一个直角褶或任何形式的一折近或远层。

- 1、例如一个拉伸卷曲。拉双方 **aparts**，保持固定的角度。
- 2、顶端形成一个狭窄的钻石；向下凹陷，中间层之间。
- 3、成品拉伸卷曲的扣板。

图 2.40

伸出一个角卷曲形成的层间纸扣板。

所有的折叠的组合迄今我们所遇到的涉及边缘，无论是在纸张的边缘毛边或折叠上的折痕终止。它们的形成是有所缓和，由落后的能力，达到每纸层和对工作的任何一方折左右。褶皱的组合下一组不具有此属性---他们是沉折的家庭。无法达到双方的文件使他们相当难以执行，因为（通常）只有一个侧面是可访问的文件，通常放到任何困难复杂的评价模型，包括他们好。但是，很自然地出现下沉褶皱从折纸设计系统的方法，因此它是至关重要的，他们需要学习和实践。

各个接收褶皱的蔓延最简单的是接收器，它只是稍微更加困难比壁球折。它以同样的方式；1瓣举起，其边缘分布对称，以及其结果是夷为平地。从什么区别壁球折传播接收器，在传播水槽，至少有两个层面 - 一外一内一和一 - 是同时挤压而余下的加入。汇传播非常满意使，你先压扁了非常尖端的皮瓣，然后将其作为边缘延伸到两侧，平坦地区的生长，达到其最大大小的文件时是完全平坦。



Figure 2.41.
A spread sink.

图 2.41 1 蔓延水槽。

汇传播是最常见的形成从三角形的角落，但有迹象表明任何形式的大小和形状的凸多边形类似的结构。

水槽的下一个家庭成员是传统的，或开放，下沉。打开接收器是一个从一个文件中的内部区域形成一个小墙角简单的反演。概念上，这是很简单：在水槽线是山折，运行点左右，一路被击沉像一座山山顶道环剥。以上接收器线折痕都得到相反的转换平价，山上山谷，谷山区。

是什么让一个开放的下沉“开放”的是，该文件的一部分被击沉可以（通常）被打开了完全平面，这使得其形成一个相对简单的策略：延伸的边缘之外，使该点小费要沉变平，捏山折一路周围，然后按下中间分成的模式和扁平化的模式。在沉没地区的折痕将（再次，通常）陷入正确的地方。

图 2.42 显示了这一过程，包括中间阶段，结果的折痕模式。

它有时可能使水槽，进行了首次公开传播水槽，如图 2.43 所示。

在图 2.43 的例子是一个四面库 - 一个在该点有四个山脊来自它（和山褶皱中概述的多边形“周围的山下去”是一个四边形），但你可以形成三，五，更高片面汇以类似的方式。

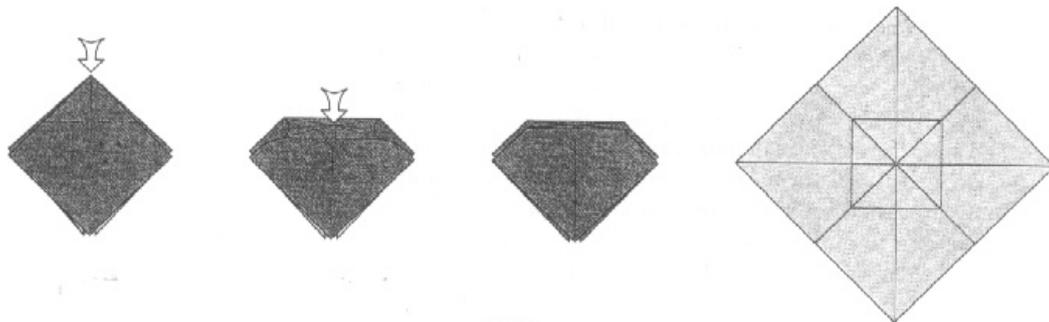


Figure 2.42.
The open sink, formation and crease pattern.

图 2.42。

打开水槽，形成和折痕模式。

正如我们所看到的，一个谷折能与它的镜像相结合，使反向折，1 折壁球能与它的镜像结合起来，使花瓣折，兔子的耳朵可以与它的镜像相结合，使双兔耳朵。可以折叠与其镜像联合汇？是的，在多种方式，但最常见的方式发生在一个点连续击沉备份下来。演习被称为双水槽（或三倍或四倍水槽为更复杂的概括）。

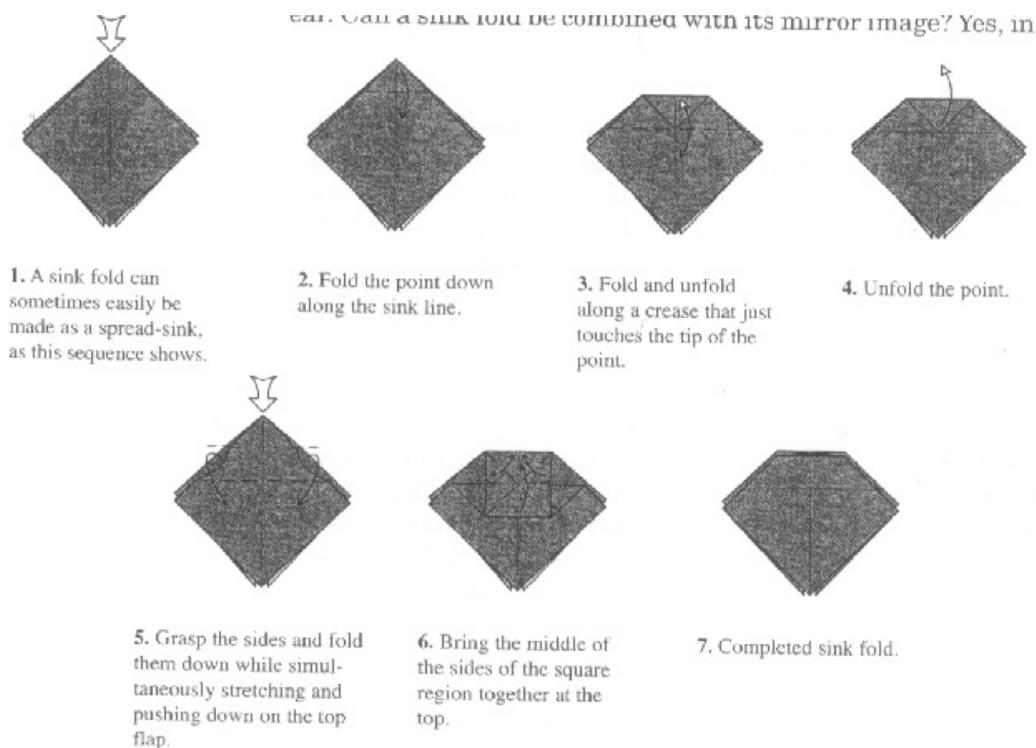


Figure 2.43.
Sequence for making a sink fold using a spread sink.

1、水槽折，有时很容易被作为扩汇了，因为这个序列显示。

2、折点线下沿水槽。

- 3、折叠和展开沿折痕，仅仅触及该点小费。
- 4、展现了这一点。
- 5、把握两岸折下来，同时拉伸和压在顶部皮瓣下来。
- 6、使广场地区的双方中间一起在首位。
- 7、完成沉折。

图 2.43。制作一个接收器使用序列折蔓延下沉。

虽然多个接收器，可连续 - 使最低水槽，水槽内，然后达到回点向上 - 这是通常更容易让他们在一起，首先捏山褶皱点左右，然后捏了谷折左右前试图关闭了该模型。

汇被认为是在 50 年代末和 60 年代初期不同的折纸步骤。然而，直到一个新的变种，成为了 20 世纪 80 年代常见的，封闭的水槽（其承认被迫“开放”和“关闭”品种的汇科）。一个封闭的水槽，也是一个点的反演，但在这样一种方式，它是无法打开点单位在执行演习。这使得封闭汇非常难以执行。其实，从严格的数学的角度看，它是不可能执行封闭水槽使用有限数量的折（和什么是不可能的数学在现实中通常是相当困难）。我们可以在全封闭下沉是由于能力“滚”通过一个或以上的折痕折叠纸层。

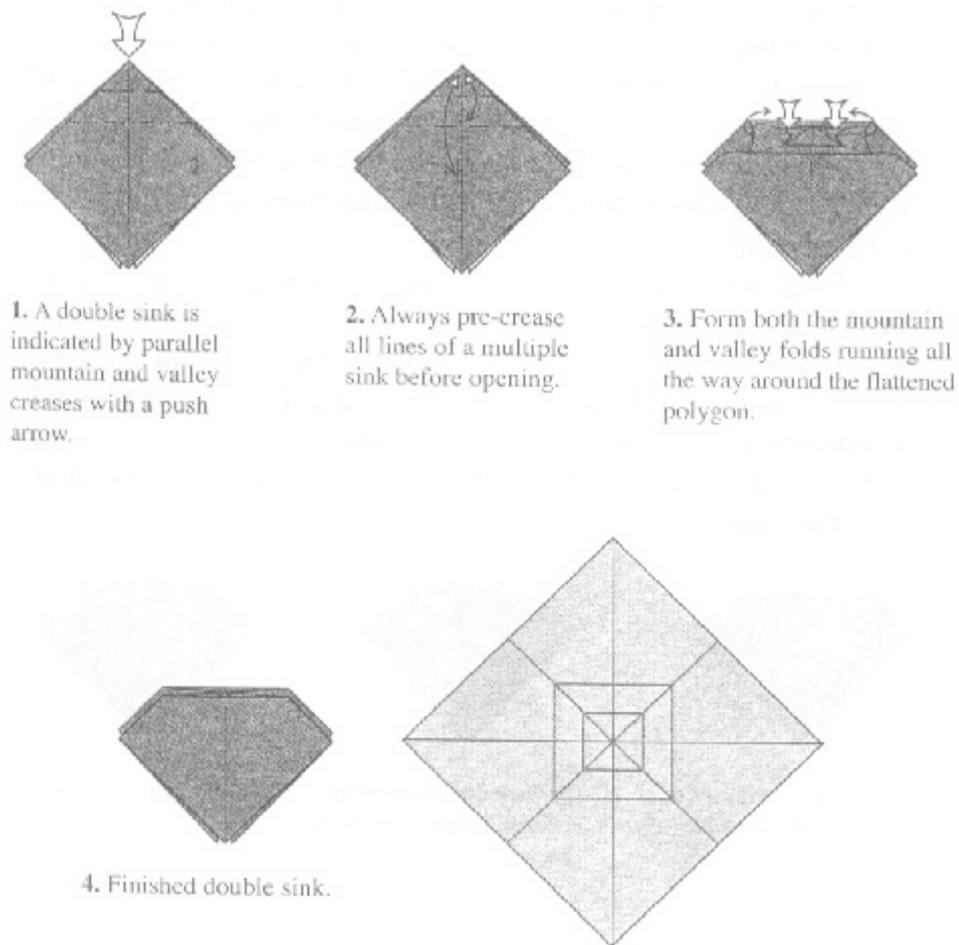


Figure 2.44.
A double sink, how to make it, and its crease pattern.

- 1、双接收器是由平行山表示，与一推阿罗瓦利折痕。
- 2、始终中抗皱开放前的一多汇的所有行。
- 3、同时形成褶皱山脉和山谷运行的所有周围的扁平多边形的方式。
- 4、完成双水槽。

图 2.44。

双水槽，如何使它和它的折痕模式。

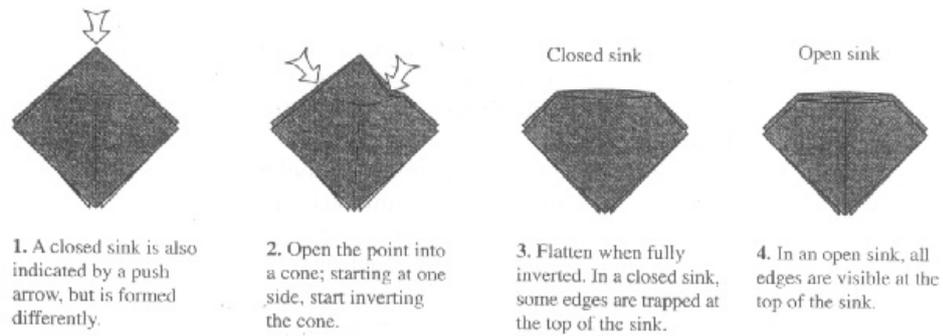


Figure 2.45.
Formation of a closed sink. Right: the edges of an open sink for comparison.

1、一个封闭的接收器是由一推也表示箭头，而是形成了不同的看法。

2、开成一个锥形点，开始在一边，开始反转的圆锥体。

3、封闭下沉

当完全倒压扁。在一个封闭的下沉，一些边缘被困在水槽的顶部。

4、打开接收器

在一个开放的水槽，所有边缘都在水槽顶部可见。

图 2.45。

形成一个封闭的下沉。右：一个比较开放的水槽边。

从表面上看，是一个封闭的水槽，绘图作为一个开放的水槽以同样的方式：一推箭头，山折。不过，在封闭水槽，而不是形成褶皱山脉周围各层的所有方式，有些层举行在一起，形成一个锥形，和点是通过倒锥形无需打开它。关闭接收器可用于锁定层一起，作为一个封闭的下沉形成的口袋的边缘，而不像一个开放接收器，通常不能被打开了。完成的结果可以区分的褶皱内形成一个开放水槽与口袋存在很少或没有在一个封闭的下沉。

总的来说，更尖锐的一个封闭的下沉一点，就越难是进行;以外的任何一个直角窄通常非常困难，它的更有效地做好这两个步骤，如图 2.46 所示。第一，折叠成一只兔子的耳朵点，封闭击沉兔耳顶端，那么，当接收器开始，到完全颠倒了原形状的兔耳点回来。

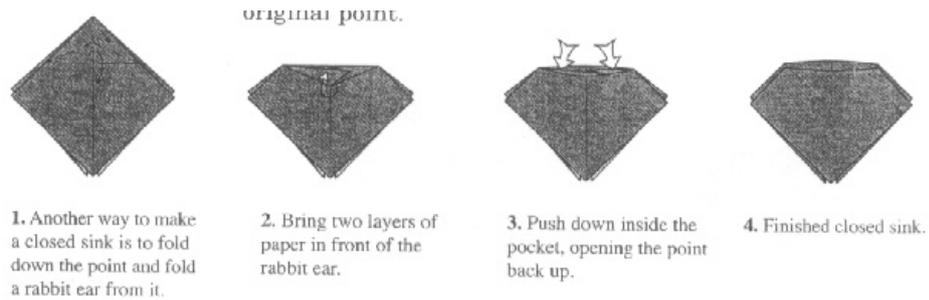


Figure 2.46.
How to make a closed sink from a sharp point.

- 1、另一种方法，使一个封闭的接收器是折下来的折点，从它兔子的耳朵。
- 2、引进的兔耳前 2 层纸。
- 3、推低的口袋里，打开备份点。
- 4、完成封闭下沉。

图 2.46。如何从一个封闭的尖点下沉。

对于任何给定的角落，那里只有一个接收器的方式作出了开放，但也有多种方式形成封闭汇，事实上，一个接收器，可打开一结束，在另一方面，一个安排，叫做混合水槽封闭。不同的品种并不总是从外部区别，作为室内装饰物（隐藏）层的不同安排，可以有相同的外观。水槽---一个四边形四个顶点运行从山脊向下一个---有 9 个不同的配置。他们和他们的折痕模式见图 2.47。

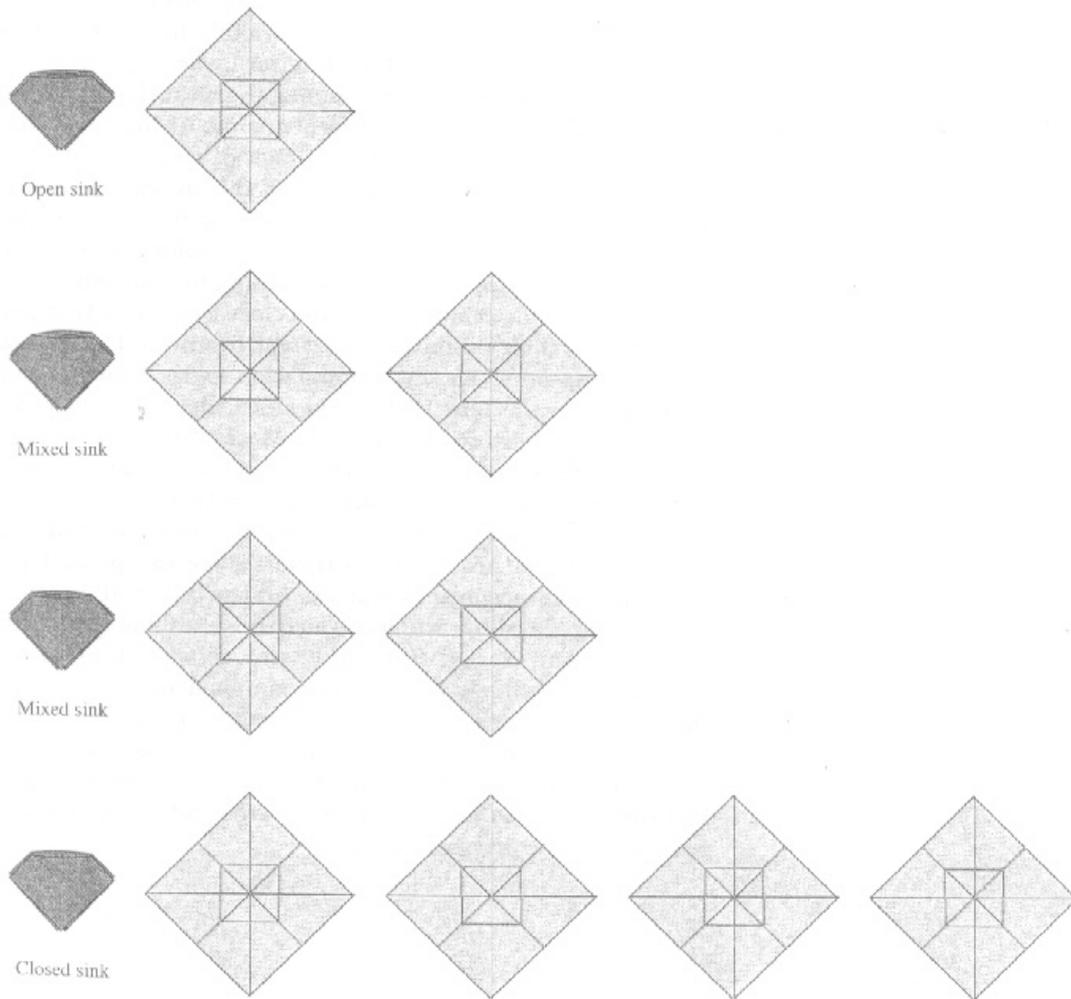


Figure 2.47.
The nine distinct types of sink for a four-ridged point.

open sink.: 打开接收器。

mixed sink.: 混合下沉。

closed sink.: 封闭下沉。

图 2.47 在 9 个不同类型的接收器为一四脊点。

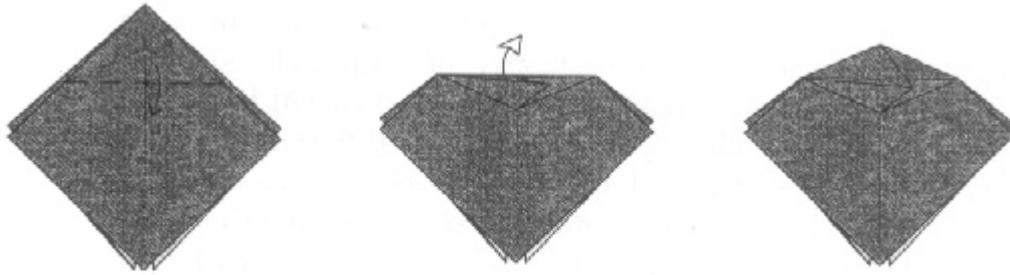


Figure 2.48.
An unsink fold.

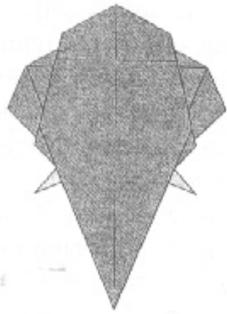
图 2.48 1 个联合水槽折。

在图表中，其中沉版本所需的通常是由边安排在随后的意见，并转达/或由内地层切掉的意见。

最后---和许多帐户，最具挑战性---水槽的褶皱由联合水槽名字叫。顾名思义，它是一个接收器逆转折。也就是说，您出现一个明显凹陷点和目的是向上反转点。这里的挑战是，虽然你总是可以把一个点向下沉沦的，向上拉 1 层是有问题的时候，没有什么可抢上。

沉折来联合在开放式和封闭式品种，类似于他们同样名为沉兄弟。联合接收器的接收器的组合最年轻的方面：它才开始在 20 世纪 80 年代后期使用的，从那时起，只有零星。不难想像为什么。其他组合产生褶皱最自然的过程“与”纸玩。如果你想改变一个点的方向，反向折叠自然如下。延伸点，使之长，你很可能（重新）发现花瓣折。缩短 1 皮瓣---卷曲和褶皱填补该法案。并删除或一个角落四舍五入会使你扭转折和水槽，同时打开和关闭。但联合水槽是一个异常的东西。它不可能出现从简单的涂鸦或塑造。但它确实产生非常直接从系统的折纸设计。在这一章中，我们是 - 幸运---仍然远离被迫学会联合下沉，但我们现在，有列举折纸基本折，已准备好，使之成为折纸设计我们的先遣部队。

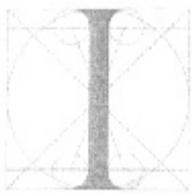
第二章完



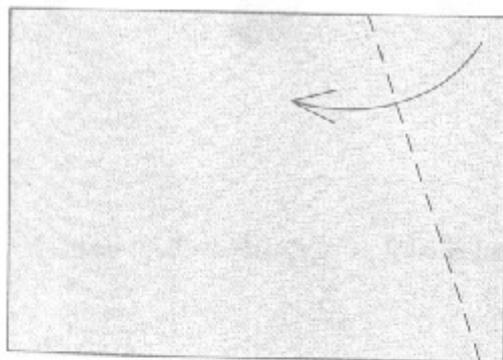
Elephant Design



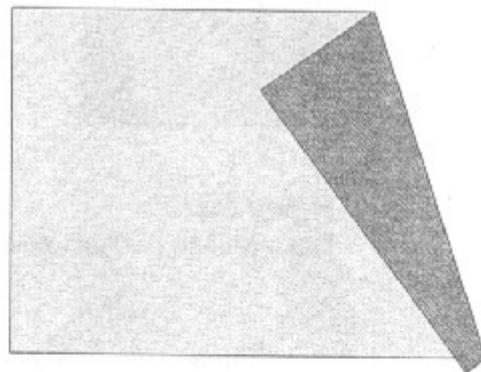
设计折纸象



在开始---至少，根据一些神话---有大象。因此它是我们开始涉足到折纸设计我们的大象。---大象的 **georgeot** 的展览主题---是最常见的折纸课题之一。据推测，这是因为它是如此容易的建议。几乎任何一个大箱子形状识别为大象。如果有四条腿和十八大，软盘的耳朵，那就更好了。但所有这些功能并不需要，事实上，它可以折叠大象使用的单眼皮，如图 3.1 所示（由大卫米切尔设计）。



1. Begin with a sheet of writing paper. Fold the upper right corner down along an edge.



2. Finished One-Crease Elephant.

Figure 3.1.
Dave Mitchell's One-Crease Elephant.

- 1、开始的写作纸。折叠右上角向下沿边缘。
- 2、完成大象一个折痕。

图 3.1

大卫米切尔的一个折痕大象。

你看到了吗？大象面临的权利。

是吗？也许？这个简单的模型 - 对你一样可以得到简单的说明之一---折纸模型的最重要的特征：它们简化了问题。几乎所有的折纸设计十分具有代表性，但不像，说，画，没有削减折叠的困难，它几乎是不可能产生真正的主题准确的形象。折纸是，如折纸艺术家和建筑师彼得恩格尔指出，艺术的建议。或者换句话说，它是一个抽象的艺术。到折纸设计师的挑战是如何选择的，可以在折叠纸张实现主题的抽象。

你还可以选择一个主题随后又抽象。大象也是折纸设计流行的主题，因为它们提供了一系列挑战。在做什么功能涵括的设计吗？它是一个备用的代表性依靠几行建议的形式，抑或是要捕捉这一主题的所有功能？让头部和躯干可能足以对某些文件夹，而另一些人则感到满意，没有什么比象牙，尾巴少，脚趾甲。一个较为详细的大象是如图 3.2。

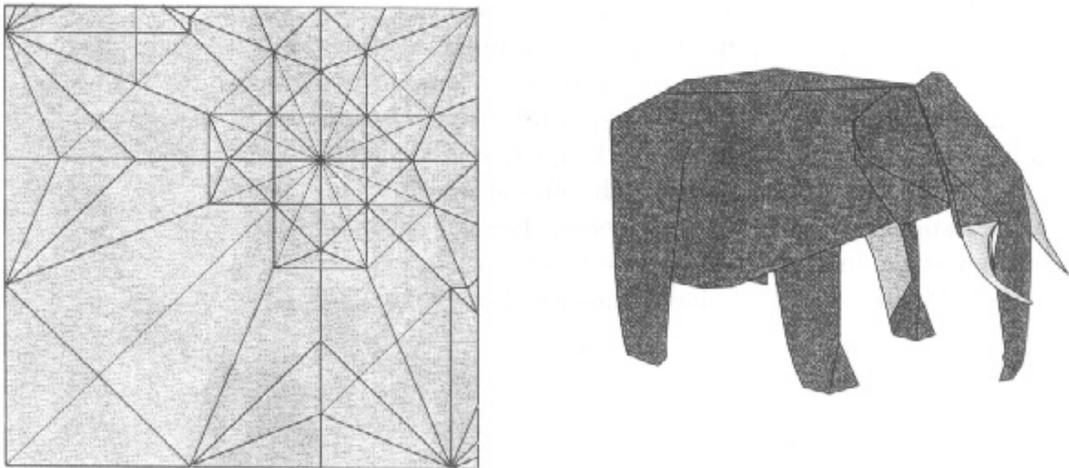


Figure 3.2.
Base crease pattern and folded model of my African Elephant.

图 3.2。

基地折痕折叠模型的模式和我的非洲大象。

这两个设计说明折纸设计范围：每个折纸设计的复杂性某处沿着连续下降。可以说，一个折痕大象是最简单的折纸大象，大象是复杂的，但几乎肯定不是最复杂的大象可能。在折纸的复杂性是一个开放式规模的“最复杂的”折纸设计的任何问题（）标题总是短暂的。但一个复

杂的模型建立在观众的期待一定水平：一种期望，该模型将传达一个更丰富的视觉。我们更折叠模型中，越，我们有理由期望从它。因此，我们必须在最终结果在一些设计计算，如果每一个优雅折叠要实现。

georgeot 展览范围包括 88 头大象从简单到非常复杂的。但大象，像兔子一样，有一个乘法的方式。阿兰曾经被称为“大象的家伙折纸被称为”大象折纸来继续他的方式。

他写道，他积累了 115 个不同的设计更新。许多设计图解中有一个以上的发送，多达 8 种不同的设计，从单一的设计图解。

如果你要挑选任何 georgeot 的大象 2，你会发现它们在许多方面有所不同：一：其他三维；从侧面看，前面的看法之一。他们可能在不同的纸张方向相对于模型中的附加物，或数量，那么该文件的一部分，这些附属物从何而来。他们可能会在不同的抽象与逼真程度，在 cartoonism 与现实主义，甚至在直线与曲线的使用（并线选择）。这些功能都是设计师的决定，使前进的道路上，无论是自觉或不自觉的。

所有可能被应用到折纸艺术标准，其中最重要的，但难以实现的，是优雅。优雅，因为它适用于折纸不容易描述的概念。它意味着意识，经济的努力。在折纸，一个优雅的折叠的折痕似乎是一起去，其中有没有浪费纸张，其线条在视觉上美观。优雅不容易量化，但有一个密切相关的优雅，可以是：效率的财产。

而优雅是一种主观衡量设计质量，效率是一个客观的衡量。一个有效的模型，其中所有的文件用得到的东西之一，没有什么是卷起了路。效率低下模型与层纸不必要的。这种模式是厚，体积大，不易折叠，而且通常不超过 1 模型审美愉悦无纸不必要的层次。

最有效的模式是最大的一个给定大小的纸页的可能。如果你有两个数字，从折叠纸 10 英寸的正方形和一个数字是 3 英寸的，另一种是两英寸宽，则必须由更小的数字，平均有必要在任何皮瓣纸更多的层。小模型一般会较厚，它将于一起较差，并会表现出更多的优势，这将打破了该模型的线条。总之，低效率的模式是，其视觉效果较差，因此，效率是一个审美的目标，也是一个数学的目标。以一个固定数量的皮瓣基地，最有效的基础是，在该基地皮瓣尽可能大。

折纸设计的不能（还）直接解决优雅的工具，但他们可以通过量化解决什么是可能的和不可能，并最大限度地提供了有效的架构方向密切相关，效率。执掌折纸设计的工具，必须有一些工具来开始。的方式来建立一套工具，是研究设计的一些例子和解构模型，识别和分离的具体技术。要开始使用，并说明折纸设计的一些基本原则，让我们添加三个大象名册。

3.1. 大象设计 1

图 3.3 是第一个显示设计为大象的头。这是非常简单，只需要 5 折痕。

这是很简单---它也许一步从一个折痕大象了，虽然，你可能注意到，却花了五个步骤。你能制定一个大象用整整两个折痕？正是三个？

3.2. 大象设计 2

在复杂的折纸规模，无论是一个折痕大象和大象的头部分为“简单”的范畴。但正如我们添加更多的功能模型，它几乎总是在复杂性的增加。作为一个例证，让我们以相同的大象头的基本设计，并添加了一双象牙它。

折叠的要求大幅增加，只是为了创造象牙两个小点。但我还增加了一些步骤，使定义的耳朵（步骤 9）。为什么？为什么不留在脸上一个平面上，因为我们在以前的型号没有？原因有两个。在第一象的头部，耳朵来几乎免费 - 有两个瓣（在广场），供与角落。但是在这个

设计中，我们需要折痕侧翼在步骤 8 和 9（）来定义的耳朵，这需要更多的折叠。

有一个第二个原因，但是，这是一个有点更加微妙。有一个审美的平衡，需要保持在一个折纸设计。象牙引入一些小模型，精细的特点。之间的良好功能和脸部的宽大，平整，宽阔无特色是不和谐的对比，所以我们推出了两款折叠打破了表面的脸一下，带来一些平衡模型线条。

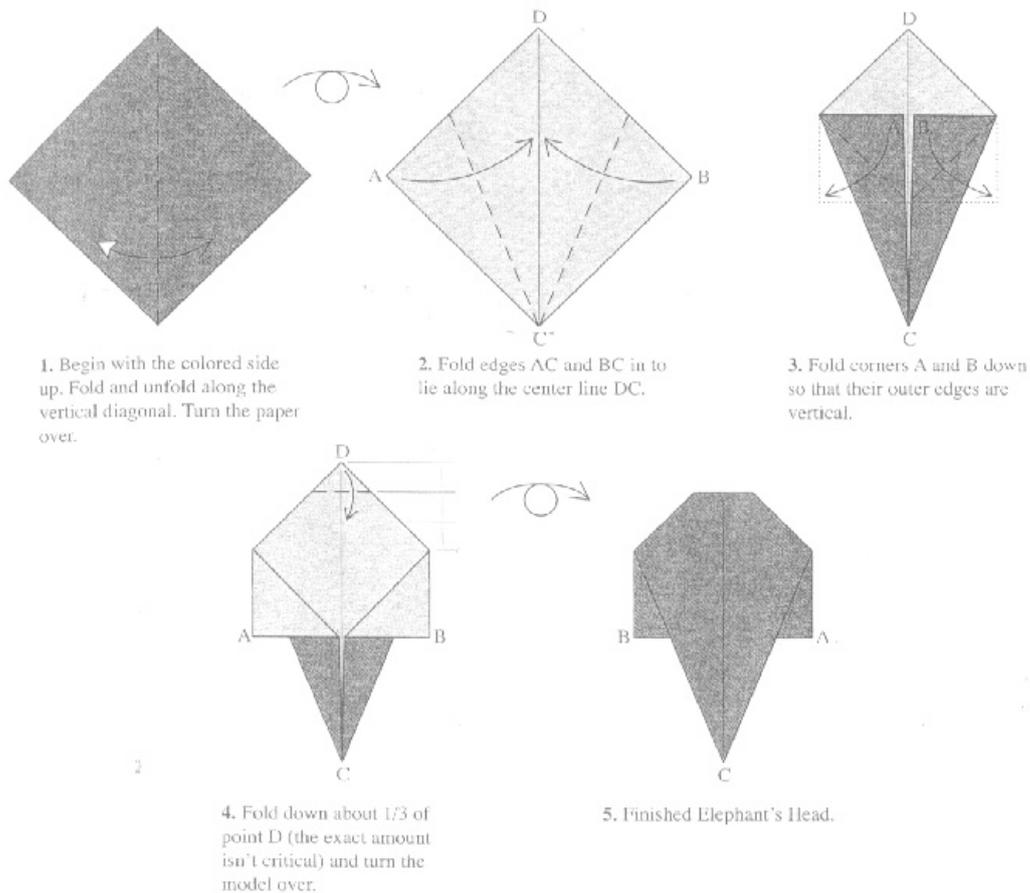


Figure 3.3.
Folding sequence for an Elephant's Head.

- 1、同色的侧面开始了。折叠和展开沿垂直对角线。打开文件了。
- 2、褶皱边 AC 和 BC 向中心线 DC 折叠。
- 3、向下折叠角 A 和 B，使他们的的外缘垂直。
- 4、折叠关于 D 点（确切数额并不重要），1/3 处。
- 5、成品大象的头。

图 3.3
折叠序列为大象的头。

3.3. 大象设计 3

我们可以采取另一种行动的复杂性台阶。现在我们做出的象牙多一点的时间。

这三种模式显示出相同的主题，但逐步增加解剖的准确性（虽然他们仍有很多工作有待改进的 - ）。他们是简单，但说明折纸设计值得确定一些基本原则：

一般来说，一个更长远点模型，更复杂的折叠序列必须。

一般来说，越长分的模型，该模型将越小，最终是相对于在广场的大小。

这些原则是众所周知在 20 世纪 60 年代和 70 年代的折纸世界，但直到近 20 年来不是他们可以量化的。过去二十年来，看到了一个新型的折纸外观，“技术折纸。”这是很难准确界定什么是技术折叠；技术折叠往往是相当复杂和详细，包括昆虫，甲壳类和其他问题困扰的动物。它往往是几何，如箱褶模式和多面体。早期的医生，就是我们所说的技术折叠 - 尼尔埃利亚斯，最大休姆，科绍内山，以及少数其他国家 - 已经加入了其他一些文件夹主机 - montroll，恩格尔，和我在美国，藤，前川，河端，染井吉野，神谷，目黑，在日本许多人 - 在过去的 20 年。事实上，技术在日本有其折叠自己的名字：折纸建设计。很难牵制了一个模型，它定义为折纸建设计独特的特征，但我有一个候选人的标准：一个是 1 折叠倍时，其技术结构，显示了故意设计的明确证据。

设计的第一步，然而，不需要任何专业技术或数学定理的使用。任何人谁可以折叠折纸可以设计折纸。事实上，如果你用三个大象设计 1，你呼吁你的设计技能。序列图的折叠---无论多么详细---仍然可以只提供了一个持续的过程是什么样集。在下面的折叠顺序，读者必须插，他必须连接在他心中的步骤，形成一个持续的过程。对细节的数额到其中的步骤是分解的不同，这个过程可以很容易，如图 3.6，也可以是困难的，如图 3.7。

一个好的折纸结构 diagrammer，简洁和清晰平衡的需要，努力，比赛的水平，以详细的褶皱复杂性和对目标受众。在这本书中，我的目标就是一个中间地带，沿着图 3.8 的线。

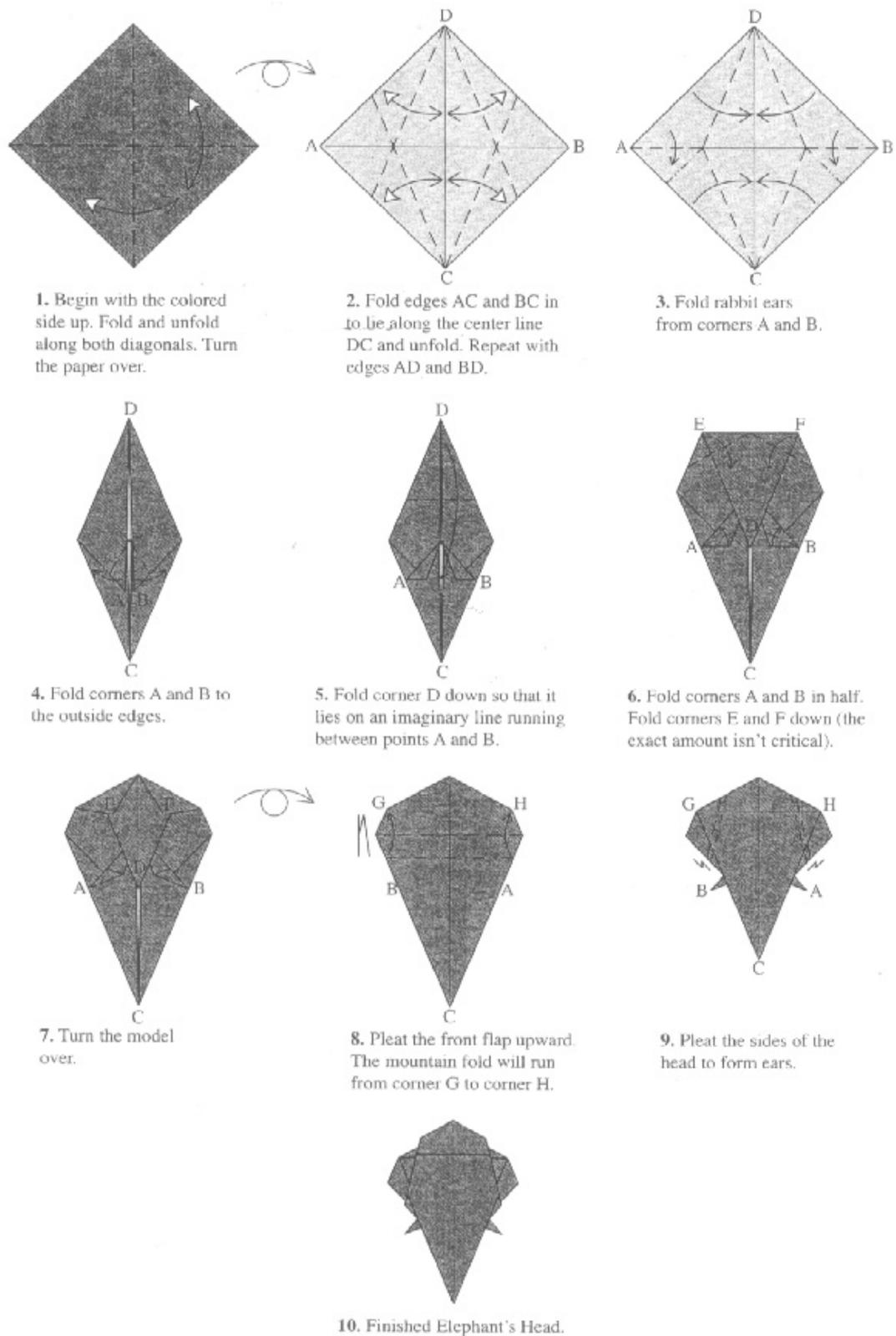


Figure 3.4.
Folding sequence for the more complex Elephant's Head.

- 1、同色的侧面开始了。折叠和展开都沿对角线。打开文件了。
- 2、褶皱边 AC 和 BC 在中心线 DC 和展开。重复 AD 和 BD。
- 3、从角落折叠兔耳 A 和 B。
- 4、折叠角 A 和 B 的外边缘。
- 5、折叠角 D 下来，以便在一个假想的点之间的运行路线是 A 和 B。
- 6、折叠角 A 和 B 的一半。E 和 F 折叠角向下（确切数额并不重要）。
- 7、把模型翻转了。
- 8、褶前瓣向上。山折将运行到 G 和角 H。
- 9、褶在头的两侧形成的耳朵。
- 10、成品大象的头。

图 3.4。

折叠序列的更复杂的大象的头。

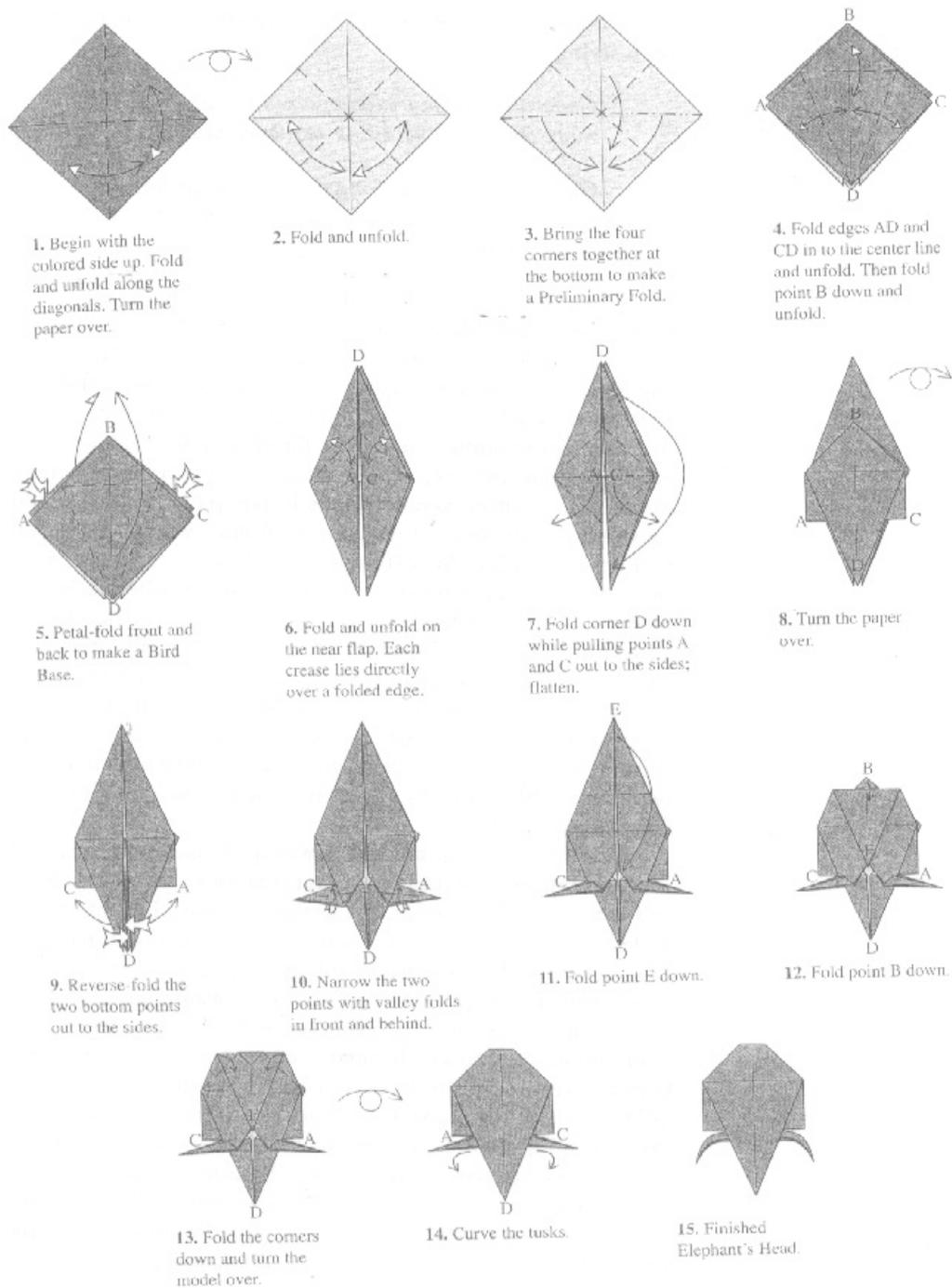


Figure 3.5.
Folding sequence for yet another Elephant's Head.

- 1、同色的侧面开始了。折叠和展开沿对角线。打开文件了。
- 2、折叠和展开。
- 3、把底部的四角一起做出初步折叠。
- 4、褶皱边 AD 和以中心线 CD 和展开。然后折下来，B 点开展。
- 5、花瓣折叠正面和背面，变成鸟基本型。
- 6、折叠和展开对近皮瓣。每个折痕是直接在一个折叠的边缘。
- 7、倍角 D 拉下来，而点 A 和 C 出来的方面：压平。
- 8、打开文件了。
- 9、反向的 2 折叠出两侧底部点。
- 10、缩小与前面和后面山谷折两点。
- 11、折点 E 下来。
- 12、折点 B 下来。
- 13、折叠角落下来，把模型翻转。
- 14、曲线的象牙。
- 15、成品大象的头。

图 3.5。折叠序列的另一个大象的头。

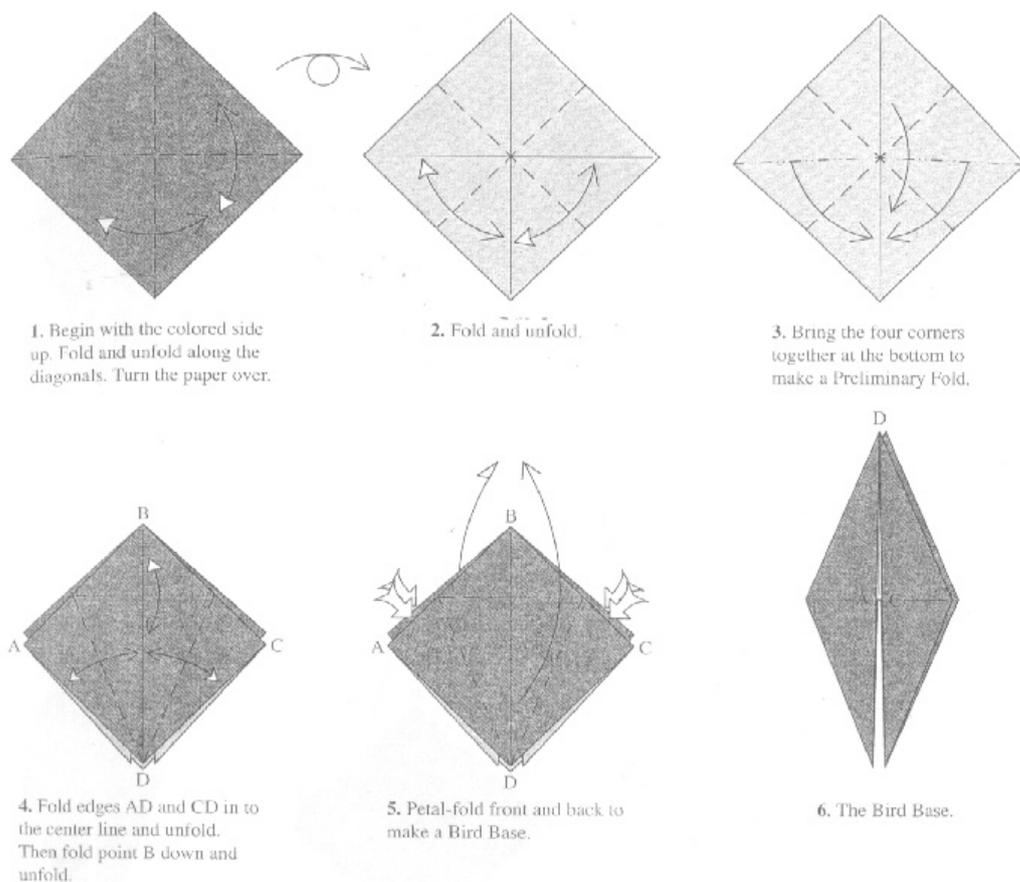


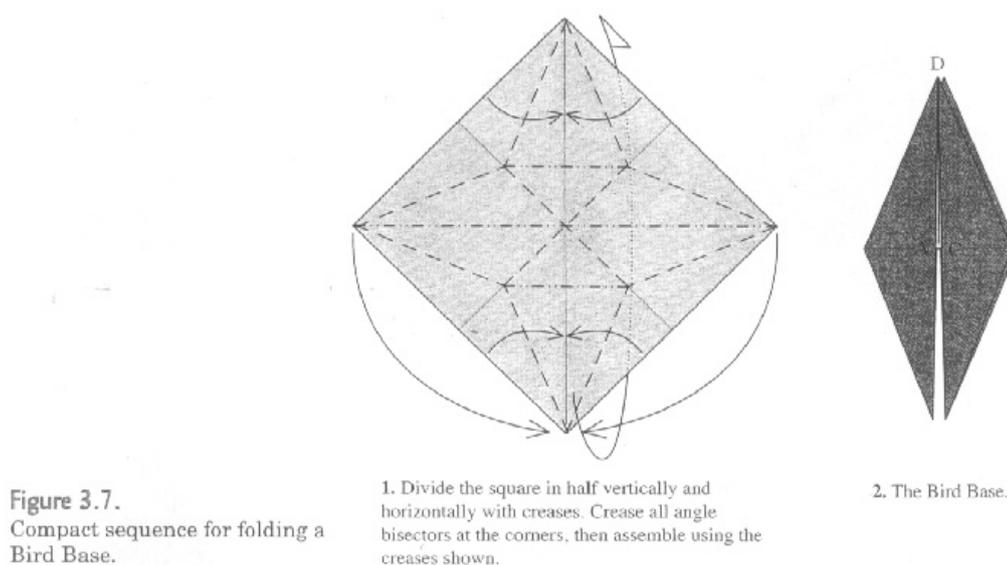
Figure 3.6.
Detailed sequence for folding a
Bird Base.

- 1、同色的侧面雷吉起来。折叠和展开沿对角线。打开文件了。
- 2、折叠和展开。
- 3、把底部的四角一起做出初步折叠。
- 4、褶皱边 AD 和以中心线 CD 和展开。然后折下来，B 点开展。
- 5、花瓣折叠正面和背面，使鸟基地确立。
- 6、鸟基地。

图 3.6。详细的序列折叠鸟基地。

当你开始下面的图表，您需要将每条指令分解成尽可能小的下台。正如你在下面的图表取得经验，步骤之间的跳跃变得更大。不是每个人看到折痕的皱纹开始出现在两个或三个群体。正如我们所看到的，最常见的折痕集团已获得名称：反向折叠，兔耳褶皱，花瓣褶皱。更先进的褶皱，可能有 10 或 20 个必须全部聚集在一次，或数个不同的折叠必须同时进行，并不是所有的皱纹折痕或团体可在图中可见。下面这样一个序列，更是设计过程中。下面是一个折叠的序列，实际上，解决了小型设计从一个配置文件去下一个，设计一个全新的模式是相同的任务，只是扩大了一系列问题。

沿着折纸设计规模不等的连续运行从现有设计的“地下行动”的一个全新的模式建立轻微修改。正如一开始文件夹应该开始从图表简单的折叠模式，一开始设计师应该选择简单的形状来设计。



- 1、在一半面积除以纵向和横向的折痕。 在所有的角落抗皱角平分线。然后组装使用折痕所示。
- 2、鸟基地。

图 3.7。紧凑型序列的折叠鸟基地。

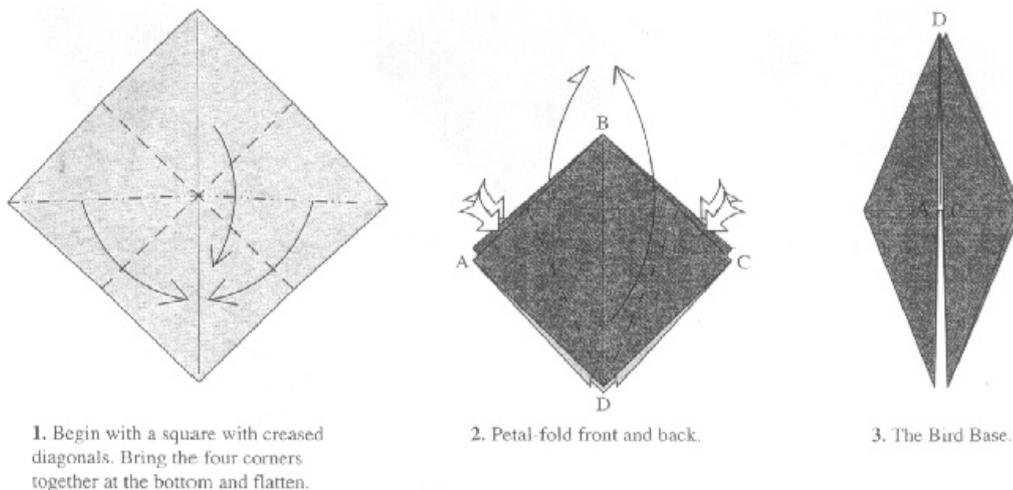


Figure 3.8.
Intermediate sequence for folding a Bird Base.

- 1、首先与折痕对角线的平方。把四个角一起在底部压平。
- 2、褶折叠正面和背面。
- 3、鸟基地。

图 3.8。中间序列折叠鸟基地。

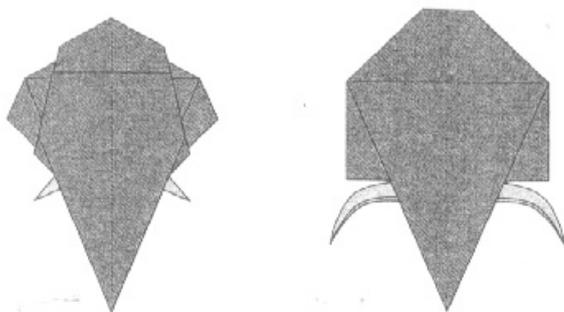


Figure 3.9.
Two variations on the Elephant's Heads.

图 3.9。两个大象头上的变化。

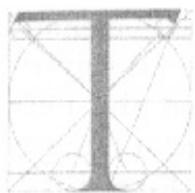
现在是一个很好的任何时间启动。在图 3.4 和 3.5 有彩色大象象牙。你能找到一种方法来改变这种白色的象牙成为每个模式，如图 3.9？（提示：内转出皮瓣。）

折纸设计的第一阶段是修改别人的工作，你能与大象。折纸设计，在很大程度上，在过去兴建。本创造了新的技术，但在这样做的话，他们用这些历史的匿名日本图解（以及他们同时代当然，这些技术的）折纸设计师。我们有必要花一些时间学习如何设计他们的模型图解。

（第三章完）



传统的基地 4



一个折纸模型的设计可细分为两部分，折叠基地，折叠的细节。基地是一个普通的几何形状，有一个结构类似的主题，虽然它可能会出现负很小的相似性问题。褶皱的细节，另一方面，是那些折叠的转化成最终模型的基本外观。一个基地的设计必须考虑到纸张的整个工作表。所有基础部分联系在一起，不能在不影响其余部分的纸张改变。详细折叠另一方面，通常只影响一小部分的文件。这些是褶皱的变成了一条腿，一翼，或领导一个瓣。转换为一个使用细节倍动物的基地需要战术思想。发展基地，首先需要的战略。

日本传统的设计是由大，源于一个可以用来制造鸟，花卉基地，不同类型的小数目，以及其他各种数字。对二十世纪的大部分时间，大多数新的折纸设计也来自这些相同的基本形状。

基地一直都祝福和对发明折叠诅咒：一个祝福，因为每一个不同的基地可以作为一个现成的出发点的设计，因为吸引到安全，经充分利用走过的道路设计的萌芽诅咒现有的基础上，他或她开始觉得有什么新的东西可以做，没有探索基地免费折纸设计的荒野。

我们将在本书的最后，两者都做。但是，我们将开始与传统的基地---第一，我们了解祖先曾折纸设计师一起工作，第二，因为传统的基础上，尽管被拾起折纸设计师得分超过了几十年，仍然有一些令人惊讶的生活在其中。虽然他们看起来是独特的建筑，传统的折纸基地实际上是相当广泛和普遍的设计原则的具体体现。彻底了解传统基地，我们愿意了解折纸设计的深层原则。

4.1. 经典的基地

因此，究竟是什么，都是折纸剧目标准基地？现在，我们必须承认，任何标签计划，配音某些结构“标准基地”将是有点武断。但有四个形状，所有年日本老年数以百计，其中有几个传统模式的基础上，有一个优雅的相互关系，特别是发生在一个特殊的意义和折纸是最有名的模型，可以命名折叠他们：风筝，鱼，鸟，青蛙和基础。

也许并不奇怪，在很多情况下，更多的是一个折纸模型的结构较明显的折痕折叠基地格局。有一点，在折痕模式，该文件的所有部分都可见，而在折叠模型只有最外层---或许是可见的 90%或更多的是隐藏的。此外，某些结构反复出现在折痕模式，您可以识别为成品模型功能。（做了很多折痕走到一起在一个单点？这一点可能成为一个模型皮瓣一角。与实践），你可以学习阅读，在模型的结构模式的折痕，就好像它是整个折叠序列。模式的折痕，基地，从基地的四个经典模型，每一个代表在图 4.1 所示。

我们已经遇到了大象的头部，这三个系列---风筝，鱼，鸟基地。（挑战：你能设计一个大象，它可以为一只青蛙基地的皮瓣充分利用？）有没有一个确切的定义的基础，也许一个好的工作定义是“具有相同的一般形状和几何形状/或数作为理想的主题瓣。”

在折纸，1 瓣是一张可以操纵相对独立于模型的其他部分地区。在折纸设计，供应基地皮瓣，对基地主要皮瓣，然后到最后变成获取模式的主要附属物。风筝，鱼，鸟，青蛙和基地已分别，一，二，四，五个大瓣和一，二，一，四小厂皮瓣。折叠动物，你通常需要开始与基地具有相同数目的皮瓣的动物有附属物。有两个简单的鱼（头部和尾部）和两个小（胸鳍），这就是为什么鱼基地是如此恰当，所以命名为大瓣。平均陆地脊椎动物有 5 个住宅（四腿和头）主要的附属物，这意味着青蛙的基础和规则，使用了一个长长的尾巴。

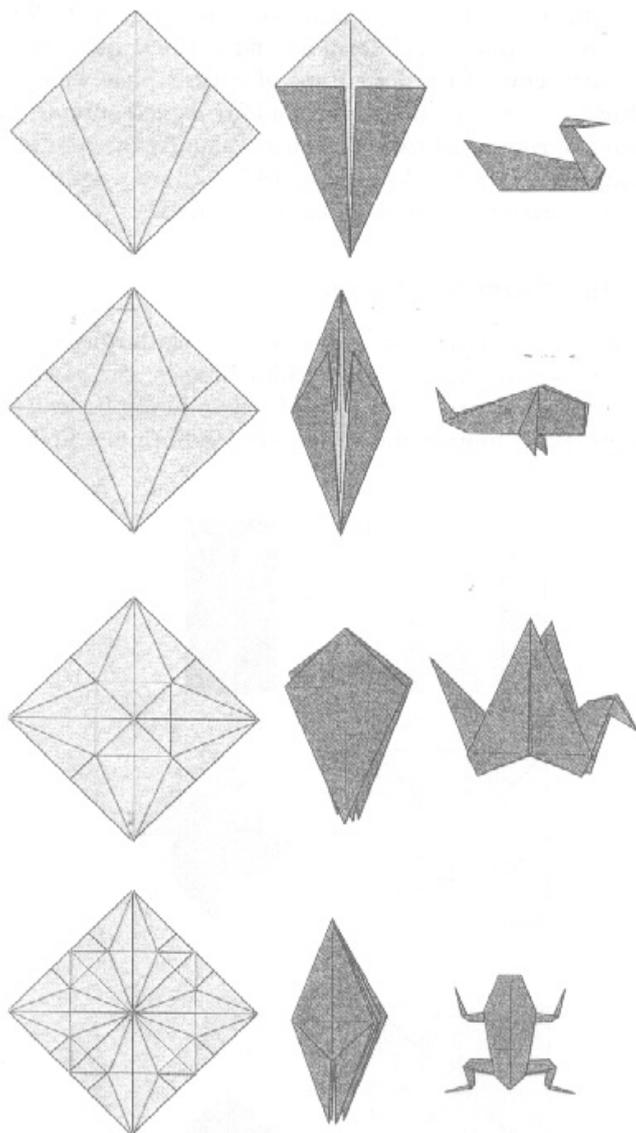


Figure 4.1.
Crease pattern, base, and a representative model for (top to bottom): Kite Base; Fish Base; Bird Base; Frog Base.

图 4.1。

折痕模式，基地，代表模型（从上到下）：风筝基地；鱼基地，鸟基地；青蛙基地。

青蛙基地也有 5 瓣，但对青蛙的基础，在一个位置，形成一个头皮瓣厚，很难一起工作。对鸟基础的四个皮瓣人会更容易。而是利用鸟基地折四条腿的动物，你将不得不用一个代表皮瓣腿（通常是后腿）²。在 20 世纪 50 年代和 60 年代，共有三条腿的动物折纸周围不少步履蹒跚。

4.2。 其他标准的基础。

经典的基地不经常使用的唯一基础。有一些其他标准的基础候选人：所谓的初步折叠（以鸟和青蛙基地的前身），水弹基地的初步折叠，把它从内到外（索取），橱柜基地（包括只有2倍），和风车基地（也称为日本双船基地已知）。

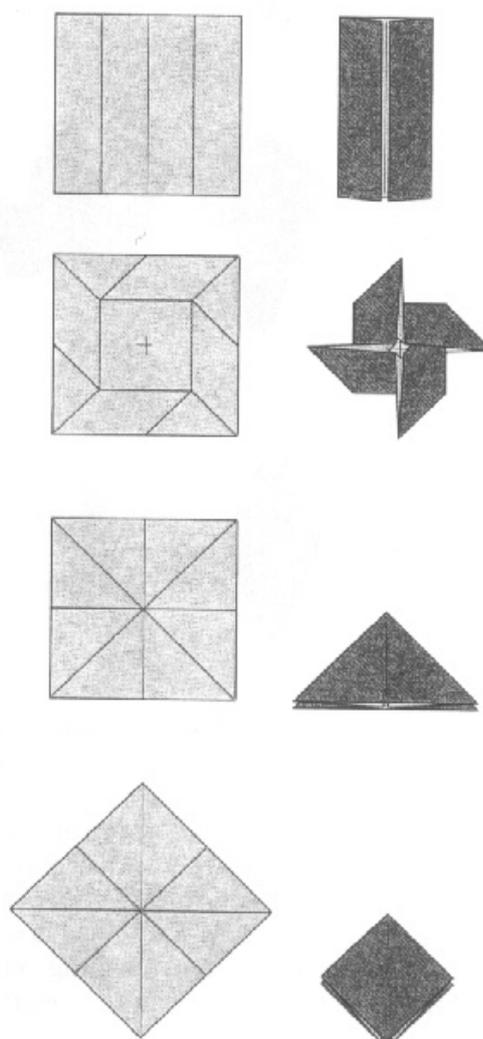


Figure 4.2.
Top to bottom: the Cupboard Base, Windmill Base, Waterbomb Base, and Preliminary Fold.

图 4.2。

从上到下：橱柜基地，风车群，水弹基地，初步折叠。

初步折叠，而不是被任命为基地哈尔滨折叠，因为它是对其他基地，有点人为的区分，顽固在讲英语的折纸世界坚持的先导。

透过 20 世纪 70 年代，折纸设计师结合称为 **blintzing** 不同程度的其他程序，这些基地，拉伸，抵销，等等---，我们将学习，其中有些是很好---在一个名为基地的扩散造成的。这不是闻所未闻的，例如，以寻找，一个“双鸟伸基地（II 型）”作为一种模式开始形成。（罗兹的蝙蝠，折纸秘密）。所有可能的变体，两个充分值得注意，因为值得重视：拉长的基础和 **blintzed** 鸟鸟基地，是典型的鸟基地，在现代的时代已经看到大量使用比较通用的治疗方法。同时见图 4.3。

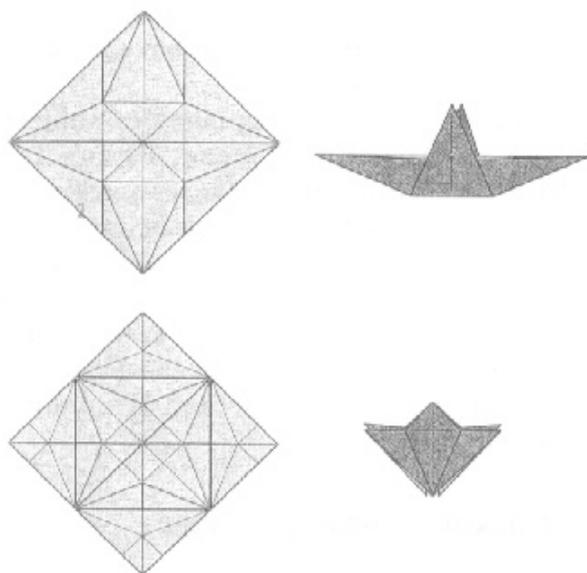


Figure 4.3.
Top: stretched Bird Base.
Bottom: blintzed Bird Base

图 4.3。

顶部：拉伸鸟基地。

底部：**blintzed** 鸟基地。

伸长鸟基础是来自传统的鸟基地。它是相拉的两个鸟基地相距甚远，并尽可能压扁结果相反的角落。哈尔滨公认的拉伸鸟基地几个变种，但在图 4.3 所示的版本是最常见的。

鸟的 **blintzed** 基地也是来自传统的鸟基地。它是由折叠得到的四个角落，一个正方形，折从减少禽流基地中心广场，然后去包裹的额外文件，以形成新的皮瓣。有打开包装的角落，使皮瓣的额外使用几种方法。四个角落的折叠过程的中心是所谓 **blintzing**，命名 **blintz** 糕点，其中一个面团方片的四个角落折叠的中心。为 **blintzing** 基地多年来被认为是增加在基地的皮瓣数量直接的方式。采取一个正方形，四角折向中心，折从结果的基础上，再拆开包装的

角落，创造宽松的文件从一组新的额外的皮瓣。

另一个名为基本系统已经开发了内山道夫在 30 年代及以后的日本。他的系统，由他的儿子小瑶上，两个基地的广泛承认的家庭，一按对角或辐射折叠（A 类）和由主要直线折叠（B 型）等特点。4.4 和 4.5 的数字表明双方家庭的基地。我有标记的内山的原号码，但他们重新安排他们能够更好地说明基地之间的关系。

注意，内山只给每个基地的主要折痕;让更远的形状，你将不得不添加一些额外的模式折痕。

首先是在 20 世纪 70 年代个别学科基地建设（动物基地，飞鸟基地，人形基地），基地品种的迅速扩散，以至于每个基地命名开始显得有点傻（大鹁花瓶）。最终结果是，大部分的名字被抛在一边。不同当局承认为基础的标准不同的群体，但四个基地，加上经典的初步折叠，水弹基地，橱柜基地和风车基础是最常见的。

4.3. 基地之间的关系

标准的基础是不完全独立：有些可以从他人所得，按照建议，由内山的分类系统，并在图 4.6 更明确。箭头表示推导。方可以折叠成一个柜子基础，这可以进一步转化成风车基地。同样，只不过是一个风筝基地道路上的一个中转站鱼基地。初步折叠和水炸弹基础是相同的东西---一只只是其他---但初步折叠，而仅可以变成一只鸟基地直接逆，无论是水基或炸弹可以初步折叠用来做一个青蛙基地。

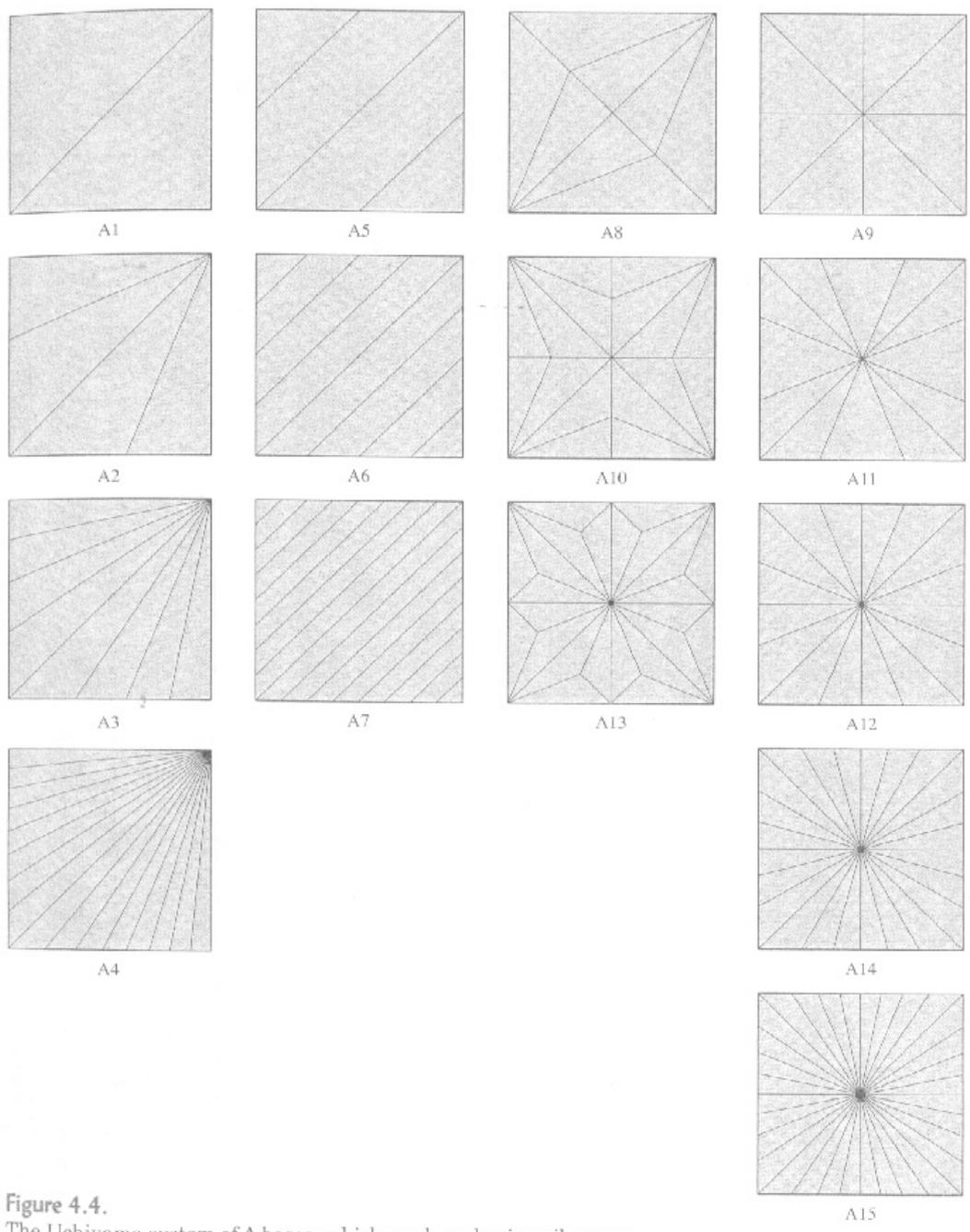


Figure 4.4.
 The Uchiyama system of A bases, which are based primarily upon diagonal and/or radial folds. Note that the Kite Base, Fish Base, Bird Base, and Frog Base are among them.

图 4.4。
 A 的基地，这是基于对角和主要内山系统/或径向折叠。注意，风筝基地，鱼基地，鸟基地，青蛙基地是其中之一。

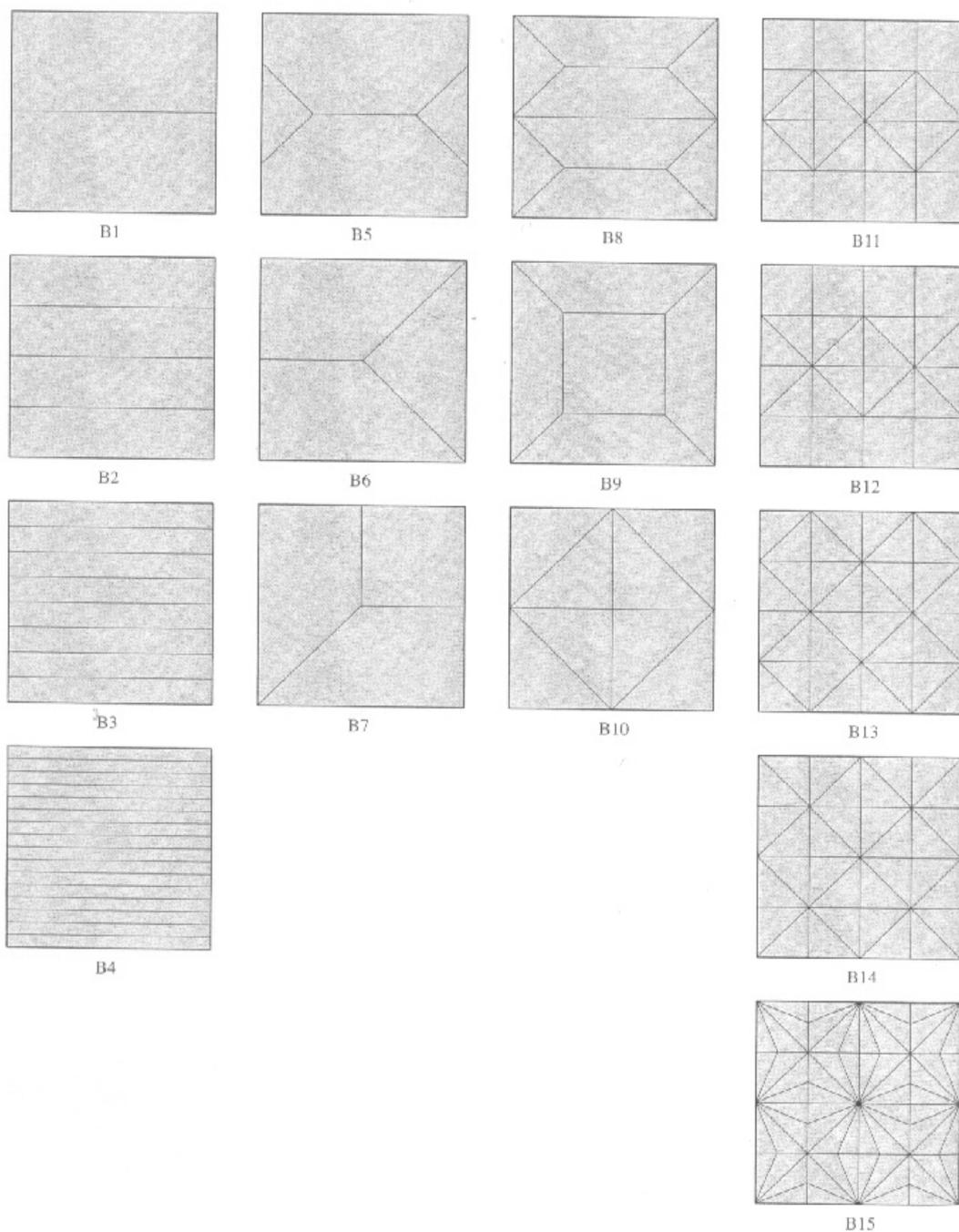


Figure 4.5.
Uchiyama's B bases.

图 4.5。
内山的 B 基地。

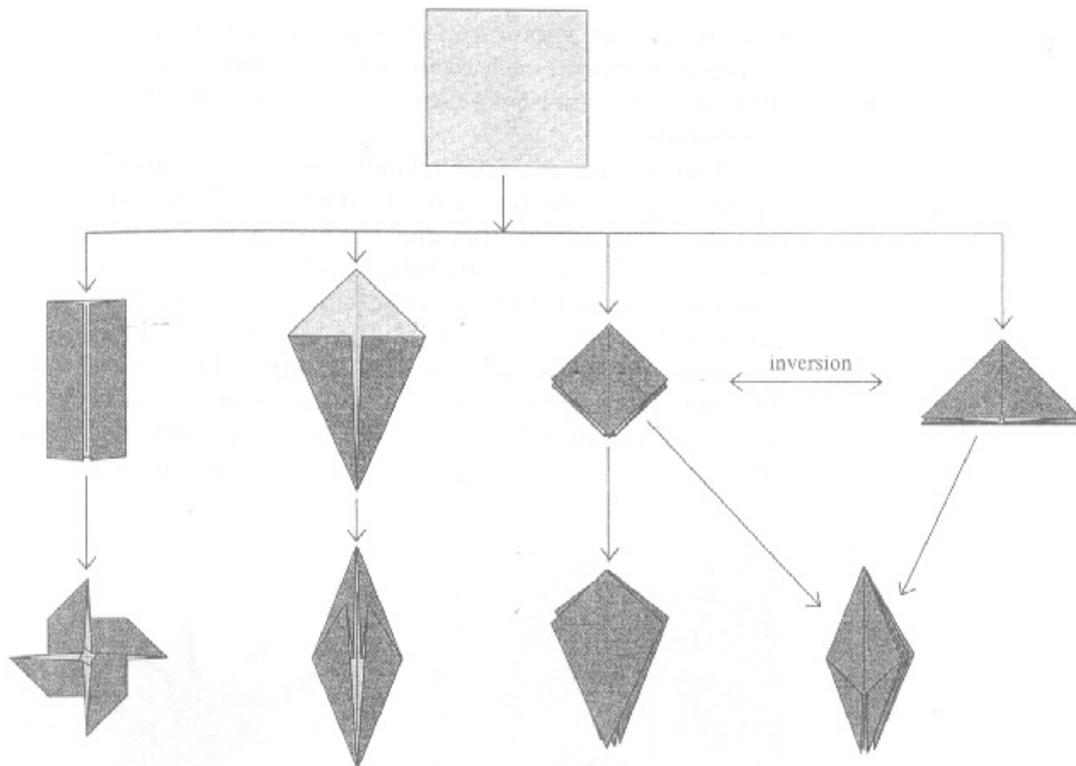


Figure 4.6.
Family tree of the Standard Bases.

图 4.6。

家谱的标准依据。

Inversion:反演。

但 4 - 经典基地风筝，鱼，鸟，青蛙和分享更深的相似性---即只有当一个明显的折痕模型探析审查。在这 4 个基地，相同的基本格局出现在二，八的倍数，和 16。

这是一个再现形状与等腰直角三角形这两个折痕;图 4.7 显示了它在每个先后出现小规模基地。虽然折痕方向(山与谷)可能会有所不同，在每个三角形的两个折痕的位置是相同的。我已经在图中显示为所有通用折痕折痕强调这一共同性。

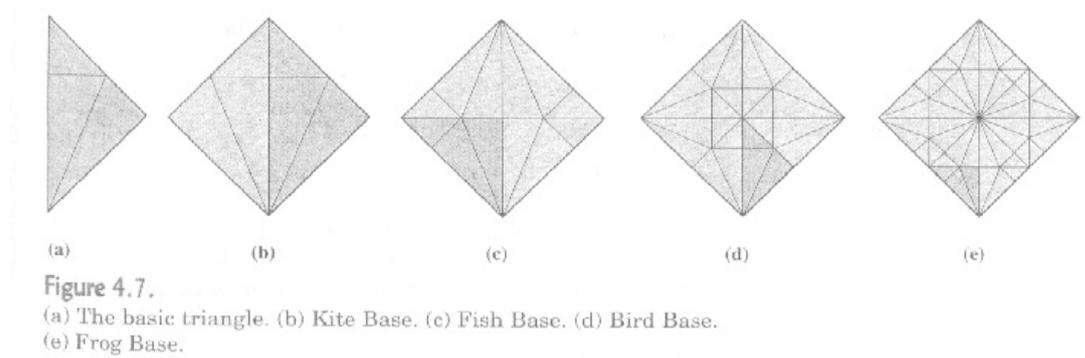


图 4.7。

(a) 基本三角形。 (b) 风筝基地。 (c) 鱼基地。 (d) 鸟基地。(e) 青蛙基地。

其中两个等腰三角形可以组装成一个正方形，产生的风筝基地。4 给鱼基地。 8 给鸟基地。 16 给青蛙基地。该模式是明确的。我们可以很容易地去到 32，在这种情况下，我们将结束与 blintzed 鸟根基。有没有必要停止在那里，折纸设计师没有。在 20 世纪中叶晃吉泽在 blintzed 青蛙设计基地为基础的螃蟹 64 三角形的副本;最近，为我自己的海胆（图 4.8），其中包含 128 份这个三角形，折痕模式折痕与 25 相同长度的皮瓣基地。

Figure 4.8.
 Crease pattern and folded form
 of Sea Urchin.

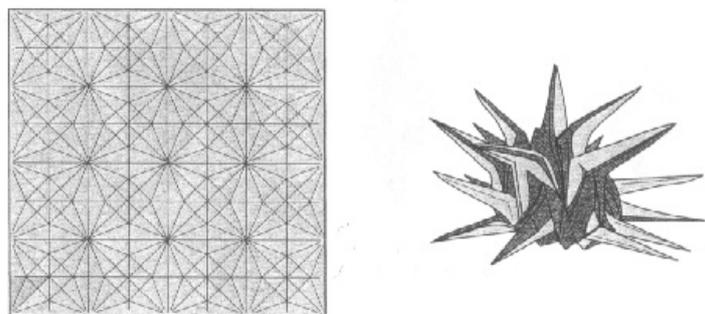


图 4.8。折叠折痕模式和形式的海胆。

重复的三角形图案---第一次在他的观察 kenneway 英国折纸杂志列。“折纸”的基础知识---是几何好奇心更比一。当我们增加三角形的数目，我们也增加造成的长期皮瓣基地数量。前三折痕模式表明三角形和襟翼之间的简单关系：

基地	三角形	皮瓣
风筝	2	1
鱼	4	2
鸟	8	4

这三个折痕模式表明，一半数量的皮瓣在基三角形的数目。但少数具有欺骗性的。一小部分的例子可以伪装成许多可能的序列---基地的第二天休息的模式：

基地	三角形	皮瓣
青蛙	16	5

所以青蛙有 5 个，而不是八瓣，如简单的模式建议。真正的海胆和食堂的事情了：

基地	三角形	皮瓣
海胆	128	25

你可能会发现一个有趣的实验，它折叠折痕模式，介于青蛙和海胆为基础，计算皮瓣在每个（提示号码：一个 **blintzed** 鸟基地和 **blintzed** 青蛙基地启动，但您将必须执行一些额外的操作来自由皮瓣）。

因此，没有一个三角形的数目之间的简单关系和皮瓣的数目。但仍然是一个关系。让我们画一个三角形中的一个单位圆的，然后画中的每个单元是因为它是在该基地折痕的模式出现。

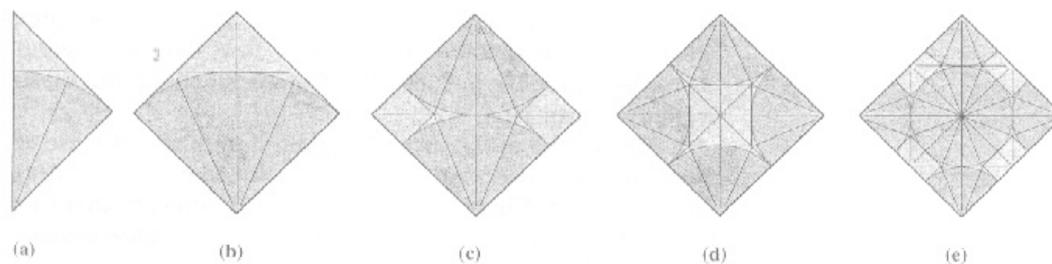


Figure 4.9.
 (a) The triangle unit, with inscribed circle. (b) Kite Base. (c) Fish Base. (d) Bird Base. (e) Frog Base.

图 4.9。

- (a) 三角形单元，与内切圆。 (b) 风筝基地。 (c) 鱼基地。 (d) 鸟基地。 (e) 青蛙基地。

三角形的基本单位有圆 $1/8$ 。当单位合并，不过，通告战神相互结合，形成季度，半，全界。如果我们计算了不同的圆形件数，我们得到的风筝基地，四分之一圆，而在鱼基地，二 25 圈，而在鸟的基础上，4 季度圈；在青蛙基地，四个季度，加一个整体循环圈，成为在所有五个部分。一，二，四，五---这些都是作为长期花瓣在经典的基地，每年有多少相同的号码。（如果我们这样做的海胆模式，我们会发现 25 段---圆或圆形，当然有 25 瓣的。）清楚，有一些人士和襟翼之间的关系在这里。但为什么界？以及有关的文件是不属于任何圈的一部分？界似乎无伤大雅的，而是由画上一个折痕格局中，我们有一对折纸的基础结构，我们将尽快探索连接感动。

4.4. 设计与基地

过去的日语设计师 - 以及他们的继任者的最现代 - 不担心单位和各界过程。为历史上最好的折叠，经典的基地只不过是折纸设计的出发点，你选择了基础，有适当数量的花瓣。一个有折叠翼之鸟，鸟基地使用。一个人影，两个胳膊，两条腿和一个头，用青蛙的基础。但对于更复杂的数字呢？昆虫和节肢动物有六，八，十，或更多的腿，翅膀，喇叭，钳子和其他附属物，成为一个巨大的挑战。早在 20 世纪 50 年代，远 - 有远见折纸设计师制成这些更为复杂的基地先遣部队。吉泽，用乘法 blintzed 基地，其生产的显着蟹 12 附属物，而雕塑家乔治罗兹利用好独特的鸟类动物的 blintzed 基础，包括其著名的大象。但这些是例外。

因此，折纸设计的初期看到了同样的基地反复使用，这一点，他们开始显得破旧。只有这样，可以适用于这个基本形状的小数目众多的治疗方法。特别是一些设计师---尼尔埃利亚斯和弗雷德罗姆开发出的---开辟了新的折纸丰富探源材料创新基地静脉经典操作。在大多数情况，但是，经典的基础是不错采摘了。

还有，偶尔发现一个闪亮的金块之间的原创性的经典基地的尾矿。有时，模型的结构简单的，襟翼和一个典型的基地的地步，因为在设计的数字显示 4.10 - 4.15，这是从风车，风筝，折叠鸟和青蛙基地。采取，例如，隐形战斗机见图 4.10 和模式作为折痕折叠模型。它是折叠的风车群，可在其折痕模式出现。

或者可以吗？模式的折痕，这通常表明了该模型的主要折痕，包含，多皱褶不仅仅是该基地的。但如果你在较长折痕的焦点，你可以挑选出一个可能与花瓣一些风车基地周围的皱纹

却失败了，也许这将有助于只显示修改后的基地折痕。

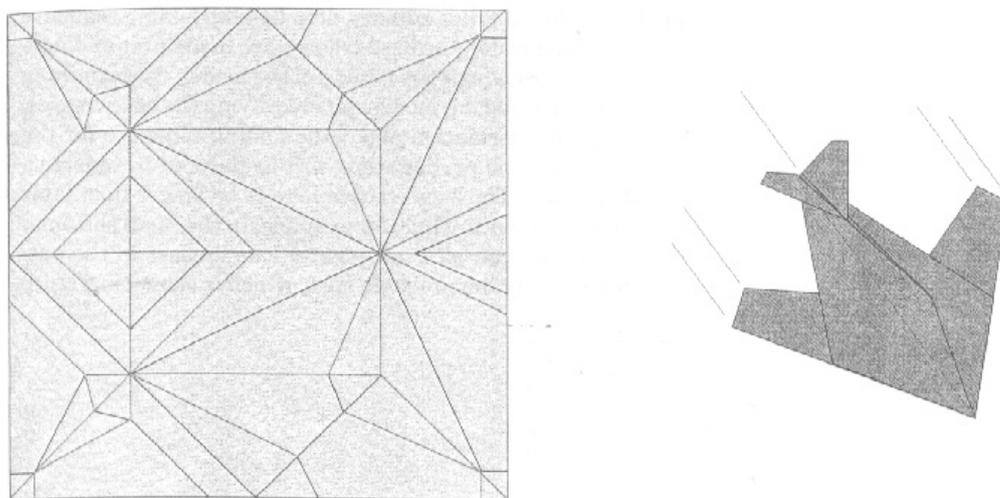


Figure 4.10.
Crease pattern and model of Stealth Fighter, from a Windmill Base.

图 4.10。

抗皱模式和隐形战机模型，从风车基地。

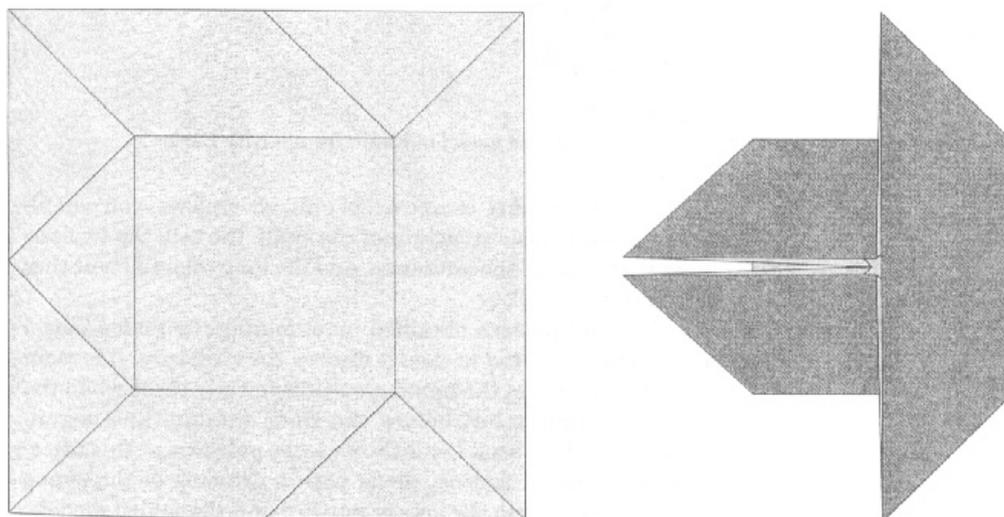


Figure 4.11.
Crease pattern and folded form of the modified Windmill Base from which the fighter is constructed.

图 4.11。

折叠折痕模式和形式，改性风车的战斗机基地，构造。

当一个模型是由一个折叠的基础（无论是经典的基地，或一个新的特殊 - 目的只为基础设计的模型之一），如果它有一个线性，一步一步的折叠序列（如大多数设计一样），该基地是由折痕，通常首先坚持在整个模型的折叠。通过检查的一个模型折痕模式和确定基准折痕，你可以得到有关的模型折叠序列信息，因为前面的步骤将专门的基地建设。基地折痕往往长于后褶皱序列。因此，例如，在图 4.12 所示的蜗牛，我们可以挑选出的模式，找出可能的基础，这是在图 4.13 所示几个长皱纹。

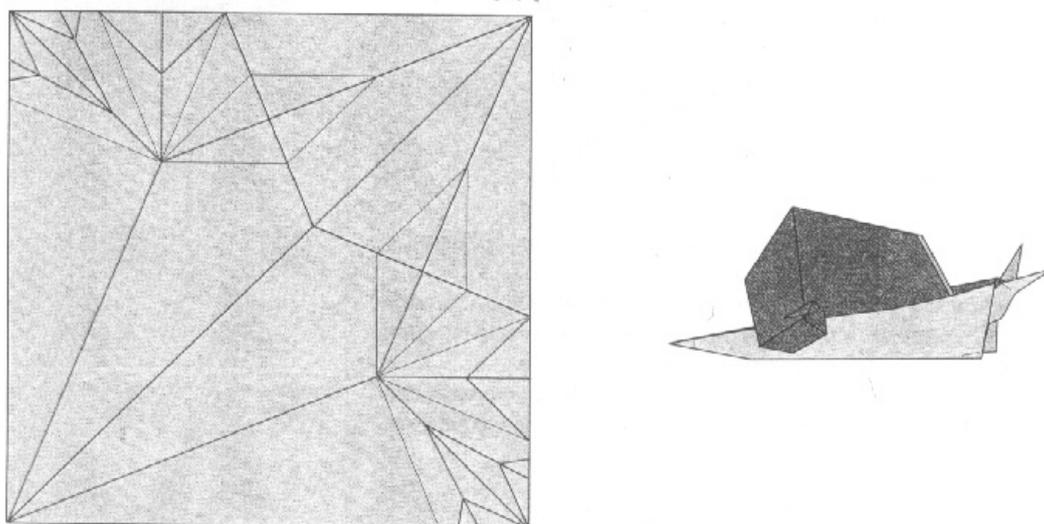


Figure 4.12.
Crease pattern and model of Snail, from a Kite Base.

图 4.12。

抗皱模式和蜗牛模型，从风筝基地。

在这个模式中，只有六个组成折痕，你已经可以看到蜗牛的基本结构：尾巴，两个弯道，这将成为天线，长一点，变成了彩色外壳。

通过开展全面的模式折叠模型得到的往往是过于杂乱，清楚分辨结构。它是更加有用只显示主要的折痕，通常是那些在基地完成，但最后形成之前已经开始。我在本书将显示在这个中间阶段折叠折痕模式，随着形状的对应该模式的折痕折叠模型和图纸。

有趣的是，越复杂的基础是，越容易往往是在折痕模式承认，因为它的褶皱形成一种独特的模式。在图 4.14 情人节，它是不是特别的折叠模型它是从哪里来的，但在其折痕花纹清晰，其鸟基地的遗产是明白无误地存在。

同样，一个青蛙基地的轮廓清楚地图 4.15 蜂鸟行可见。

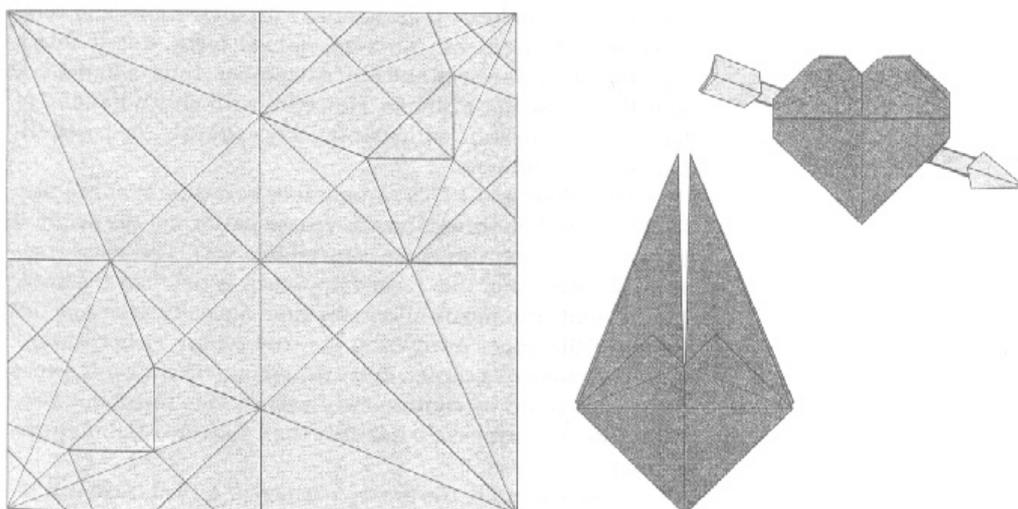


Figure 4.14.
Crease pattern, base, and folded model of Valentine, from a Bird Base.

图 4.14。

折痕模式，基地，折叠模型的情人节，从鸟的基础。

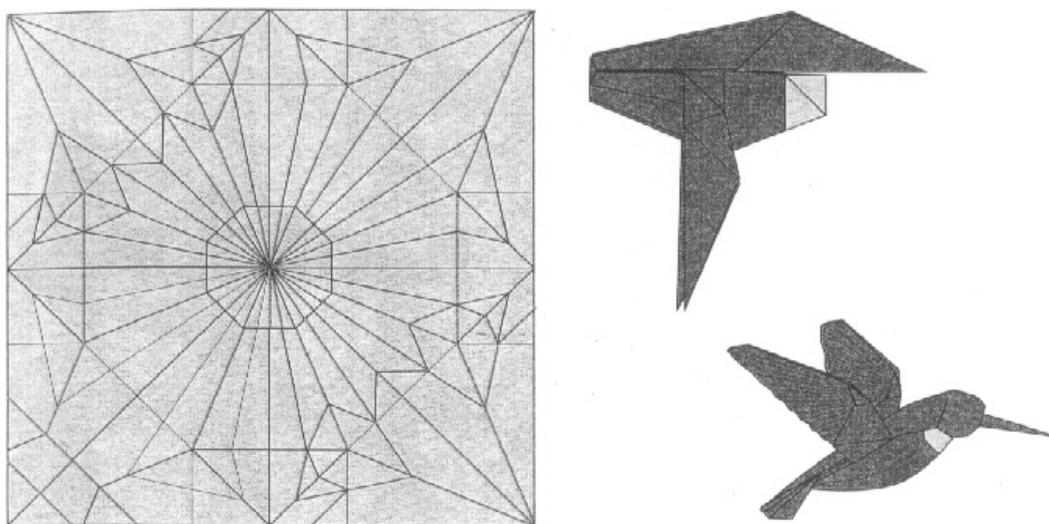


Figure 4.15.
Crease pattern, base, and folded model of Hummingbird, from a Frog Base.

数字 4.15。

折痕模式，基地，折叠模型的蜂鸟，从青蛙基地。

4.5. 在基地简单的变化

走出基地的标准在我的范围，将调用早期折纸，20世纪50年代和60年代，与改建和实验基地的组合多个文件夹的探索时期。一个不寻常的策略是折叠作为一个基地，作为另一半：一个正方形的一半，因此，半 - 鸟，半青蛙基地，例如。然而，只有少数的基地周围，开始时，一个迅速耗尽了该技术的可能性。

20世纪60年代和70年代的另一个变化也可能导致新的结构：利用原基地折痕的模式，但在一些歪曲可控方式。在这第二个最常见的方法来抵消应用基础，即转移纸的关系离真正的中锋要么走向边缘，或对一个角落，。自移量是个可以不断变化，这种技术提供了比分数基地离散组合的可能性更大范围。

作为一个例子，一个鸟基地折痕模式可以转移两个明显不同的方式，保留部份对称性，如图4.16所示。折痕的模式可以转向了一个角落或边缘。

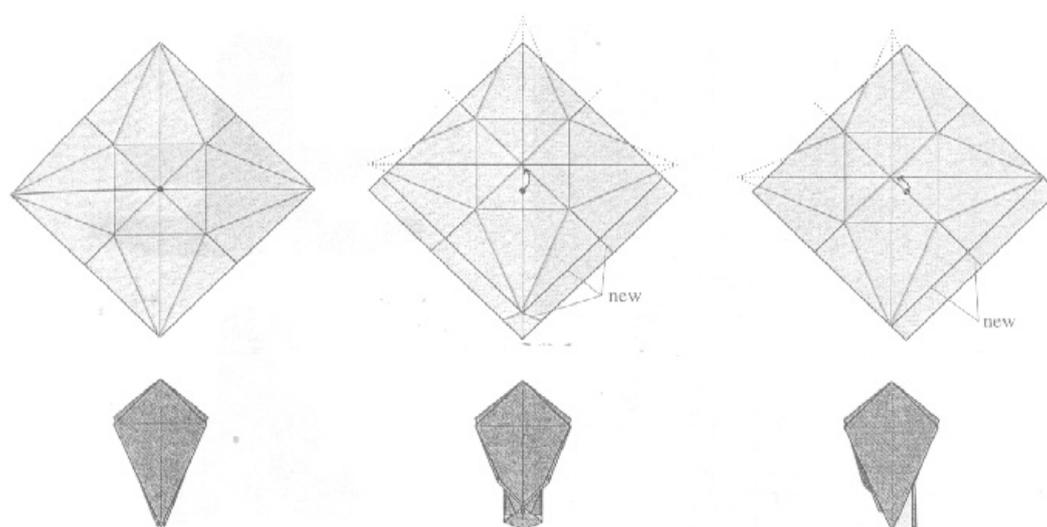


Figure 4.16.
Left: a Bird Base. Middle: the crease pattern shifted toward a corner.
Right: the crease pattern shifted toward an edge.

图 4.16。

左：一鸟基地。

中：抗皱模式的转变对一个角落。

右：抗皱模式走向边缘转移。

这两个变化都不是美观;的皱折而终止任意位置，在几个点，与衣衫褴褛的边缘，导致了平行边地带沿一边运行等。这些过剩的位通常会减损模型，除非它们可以纳入到设计---就是用来创建一个或多个模式附加功能。这个团能够成功地做到这婴儿是由图 4.17 所示，这是一个偏移水炸弹基地为基础，它使用的额外地带实现颜色变化的尿布。你能确定在折痕的水弹基地的折痕？这将是有点困难，因为该基地皱折部分或已改变方向平滑在折叠过程中所进行的模式，所以它们不是很明显。然而，你应该能够找出一个水炸弹向边缘转移基地的折痕。

也有可能抵消中央折痕群集，同时保留所有点上的折痕来在广场的角落在一起。这消除了以往抵消技术的破烂点，但现在的四点边缘不再对齐。这可能是也可能不是一个缺点，其中的两点现在时间比其他两个，使基地或许更适合于其他学科。这样一个基础被认为是扭曲的基础。

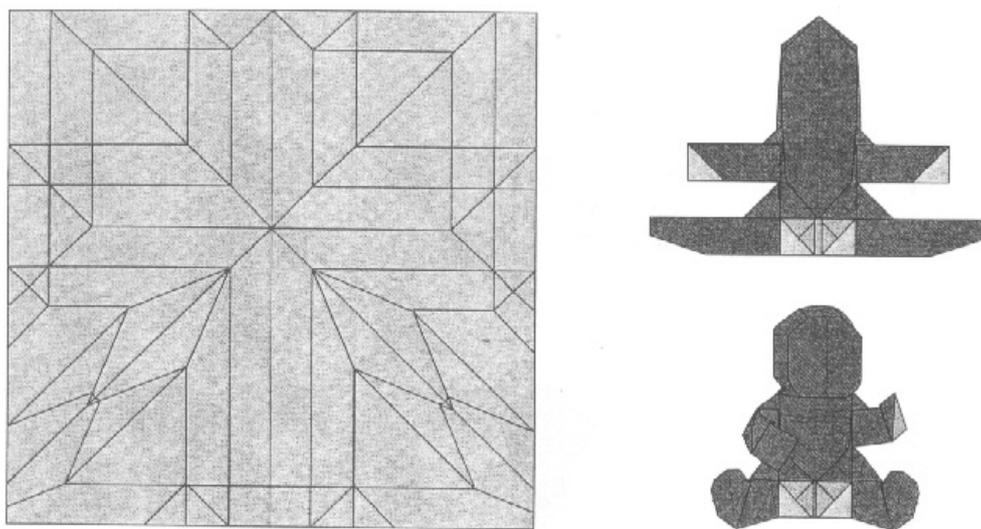


Figure 4.17.
Crease pattern, base, and folded model of Baby, from an offset Waterbomb Base.

图 4.17。

折痕模式，基地，折叠的婴儿模型，从一个偏移水炸弹基地。

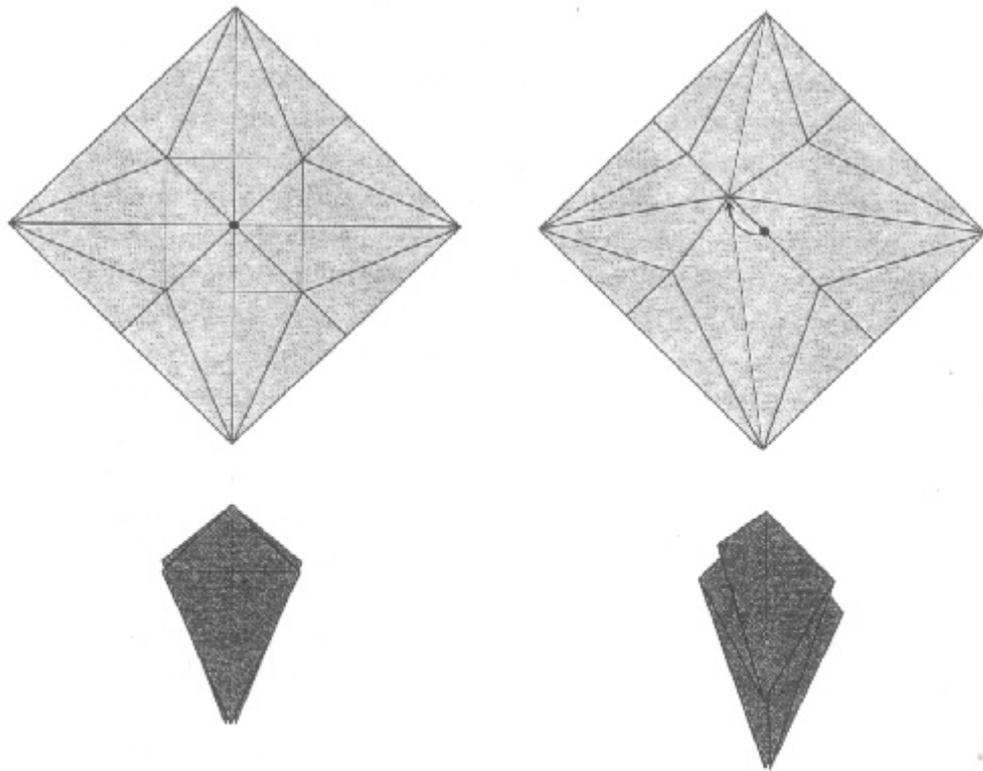


Figure 4.18.
Left: an ordinary Bird Base.
Right: a distorted Bird Base with the corners preserved at the corners of the square.

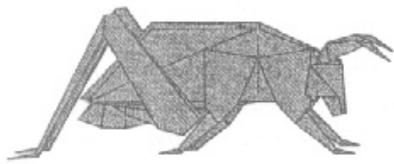
图 4.18。

左：一个普通的鸟基地。

右：与在广场的角落里保存的角落里扭曲的鸟基地。

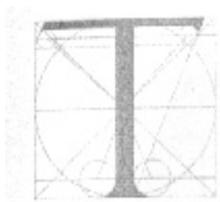
还有更多的，可以在传统的基础及其组合进行歪曲，但他们不改变其基本结构。一鸟基地有四个长瓣，一个扭曲的鸟基地仍然有 4 瓣稍长，即使一个或两个是现在多一点的时间比其他人。补偿和其他扭曲可以改变周围的皮瓣边缘分布，但他们没有创造完全新的皮瓣。即使他们不构成这种良好的践踏草坪，经典的基地没有足够的品种，其中，作为所有科目折纸起点。很多时候，但是，折纸设计师会发现，一个典型的基础足以---差不多。会出现这种情况时，你只需要多一点 - 一个额外的皮瓣，皮瓣一个长，一个点的集群存在的地方之一。在这种情况下，我们需要偏离标准的基础。我们可以通过以下几种方式。我们可以将单点的倍数，我们可以添加额外的文件，现有的基地，最后，我们可以设计一个完全新的自定义用途基地，该模型的结构形式开始。这三种方法，每一个都是折纸设计阶段，每个移动到新的设计领域更远。

（第四章完）



5 Splitting Points

分裂



货币与该折纸设计师是最常见的交易点（或盖）。科目可分为由他们的一些重大事项。蛇有两个（一头部和尾巴）；一个常设的鸟有四个（六，如果张开翅膀）。哺乳动物有 6 个（4 腿，头和尾巴），而蜘蛛有 8 个。一龙虾可能有十二位，蜈蚣，100。中的积分多少决定了这个问题在从它的基础是需要折叠瓣数。

分配给主题点数不仅取决于这个问题，而且还取决于什么设计师为“重大”点确定。很多时候，耳朵小的特点，如可来自少量过剩纸模型中，可以安全地在设计的初始阶段被忽略。然而，更大的问题是，更重要的是要包括在设计阶段，它的理由。

大多数人的第一设计是另一个模型修改。一首结构设计很可能是修改一个现有的基础，无论是一个典型的基地或者从折纸文学最近基地。一个主要理由修改的基础是获取一个或多个额外的皮瓣。重新设计的基础完全总之，这是通常可以转换成两个，三个或更多的单独一折皮瓣皮瓣，这个过程我称之为点分裂。分裂的能力一点不削减----是一个有用的战术，在设计师的军火库，也提供了折纸基地可变性的明显证据。

5.1. 吉泽的分裂

当然，设计的过程中，始终有一种方式分割点---它切成 2。日本传统的设计往往没有以这种方式分割点（即单件定制，无切割折叠是一个比较现代化的限制）和 20 世纪 50 年代和 60

年代许多设计师必须要削减 1 点到两个或两个以上毫无顾忌件，使耳朵，鹿角，翅膀或触角。勲本田---谁在西方许多定义通过他的英文 - 语言出版物 1960 折纸设计---作为一个例行公事的削减。吉泽，该名男子从谁本田所得也有不少关于他的设计之际，用削减，但即使在 20 世纪 50 年代制定了什么是据我所知，分裂成两个单独的折叠点第一种技术。此过程如图 5.1 所示，在一个风筝皮瓣基地。（我鼓励你折的风筝基地，并尝试出）。

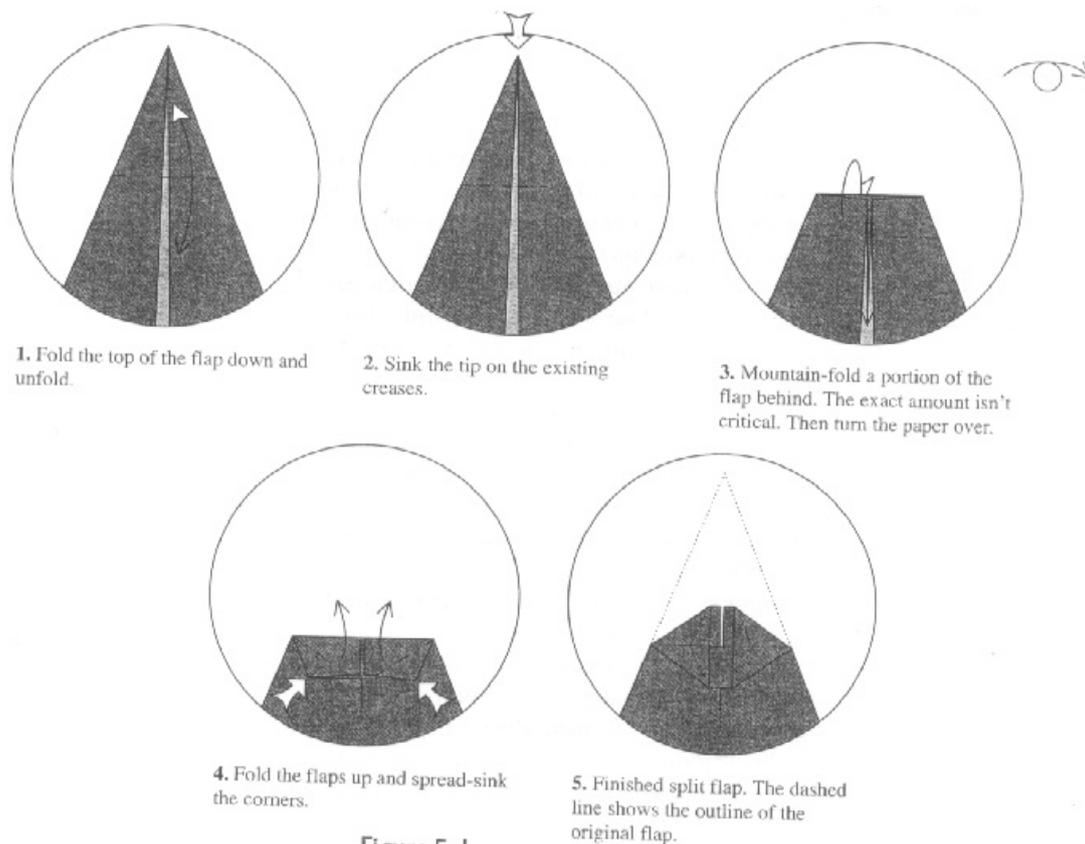


Figure 5.1.
Sequence for splitting a Kite Base flap into two smaller points.

- 1、折叠皮瓣下的顶部和展开。
- 2、沉对现有褶皱的一角。
- 3、山 - 折后的皮瓣，确切数额的部分并不重要。然后打开文件了。
- 4、折叠瓣和蔓延 - 汇的角落。
- 5、结束分裂皮瓣。虚线显示了原始皮瓣大纲。

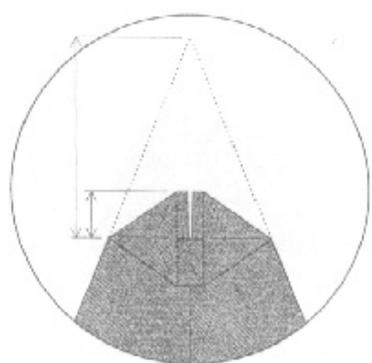
图 5.1。

序列分割成两个小分的风筝皮瓣基地。

那里曾经有一个皮瓣，现在有两个皮瓣虽然大大高于 1，我们开始与短（这是由虚线表示）。这个动作是特别变成一双耳朵短，而这正是吉泽用它的一个很长的皮瓣不错。

当然，由此产生的点比我们开始与小;没有免费的午餐。我们的折叠序列并非特别针对使他们长，这会导致一个问题：多久他们能得到什么呢？

这个问题实际上提出了一个更根本的：一个是如何定量界定了皮瓣长度是多少？直觉表明，我们定义了一个为从基线的距离最远点皮瓣皮瓣长度，但这只是推了一个层次的问题：什么是指由皮瓣基线？让我们定义一个作为整个皮瓣，皮瓣的上述可以自由移动，打个假想线皮瓣基线。虽然这仍然允许一些家庭暴力的概念灵活的空间，它使我们能确定在上述两个分裂皮瓣一基线水平明显折痕，在这种情况下，我们可以清楚地界定了两个瓣的长度，如图所示 5.2。



6. The new flaps are shorter than the original we started with.

Figure 5.2.
Comparison of the original and newly created flaps.

6、新的皮瓣比原来我们开始缩短。

图 5.2。

比较原始和新创建的皮瓣。

两个新的皮瓣均小于 1 /原---不是一个很好的折衷长度为 4，它似乎。这使我们回到我们的问题：多长时间才能使两个瓣？如果您有折叠一个例子，一起玩，你可以回答这个实验，通过采取皮瓣，轻轻一拉，同时也降低了按摩扩沉没三角形，并允许他们向对方展开，如图 5.3 所示。（这实际上是前有过按下两个三角形平面更容易做到这一点。）

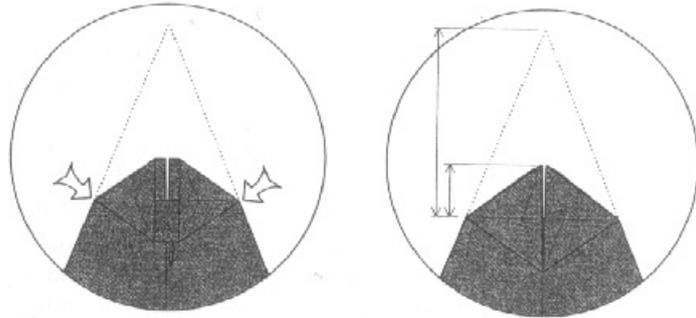


Figure 5.3.
Construction of the maximum-length pair.

7. Grasp flap A, and pull it lower while expanding the spread-sunk corners. Flatten when the two spread-sunk triangles meet in the middle of the paper.

8. The maximum length pair of points.

7、把握皮瓣 A，并把它降低而扩大蔓延，沉没的角落。当两个扁平化的蔓延，沉三角形满足纸张的中间。

8、最大长度的点对。

图 5.3。

建设的最大长度对。

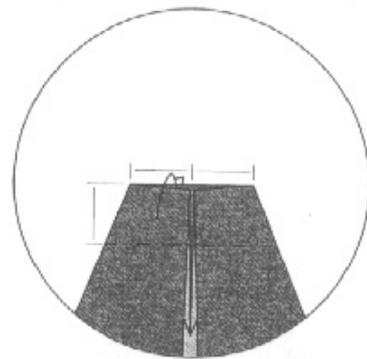


Figure 5.4.
First fold for the optimum-length pair.

图 5.4。

首先折叠为最佳长度对。

作为吉泽指出，在他的杰作，折纸 dokuhon 我，达到最佳的长度是从当上边缘的距离下到平原折叠等于一半的顶部边缘的宽度。

显然，这些都是我们可以皮瓣最长，至少，通过这种技术。请注意，该皮瓣基线在这个过程中向下移动。很多时候，我们有皮瓣基线已经确定，我们想使最长可能从该基准点的延伸，在该点对显示，与几个 precreases，我们可以直接进入几何考试最佳长度折叠，如图 5.5。

即使在最佳长度的情况下，两个瓣你最终得到的比你原来的皮瓣开始缩短。其长度比例可以算出使用的三角位。

$$\frac{\text{short flap}}{\text{long flap}} = \frac{\tan(33.75^\circ)}{\tan(67.5^\circ)} \approx 0.277.$$

short flap: 短瓣

long flap: 长瓣

短瓣每个 28%长瓣长度，换句话说，我们已经放弃了几乎一长 4 倍。这似乎是不必要的浪费。人们可能认为，一个长瓣的长度可以在某种程度上被瓜分，当我们分裂皮瓣；人们可能认为我们应该可以分成两个长度为 1/2，或长度一三皮瓣长度为 1 的长瓣/3，等等。

而事实上，我们可以做的更好比吉泽分裂。这个过程是快速，（相对）简单，它肯定足以产生的一双耳朵短，但它会很高兴做的更好---比如，采取三条腿的鸟基地，并给它的动物难以捉摸的第四站。

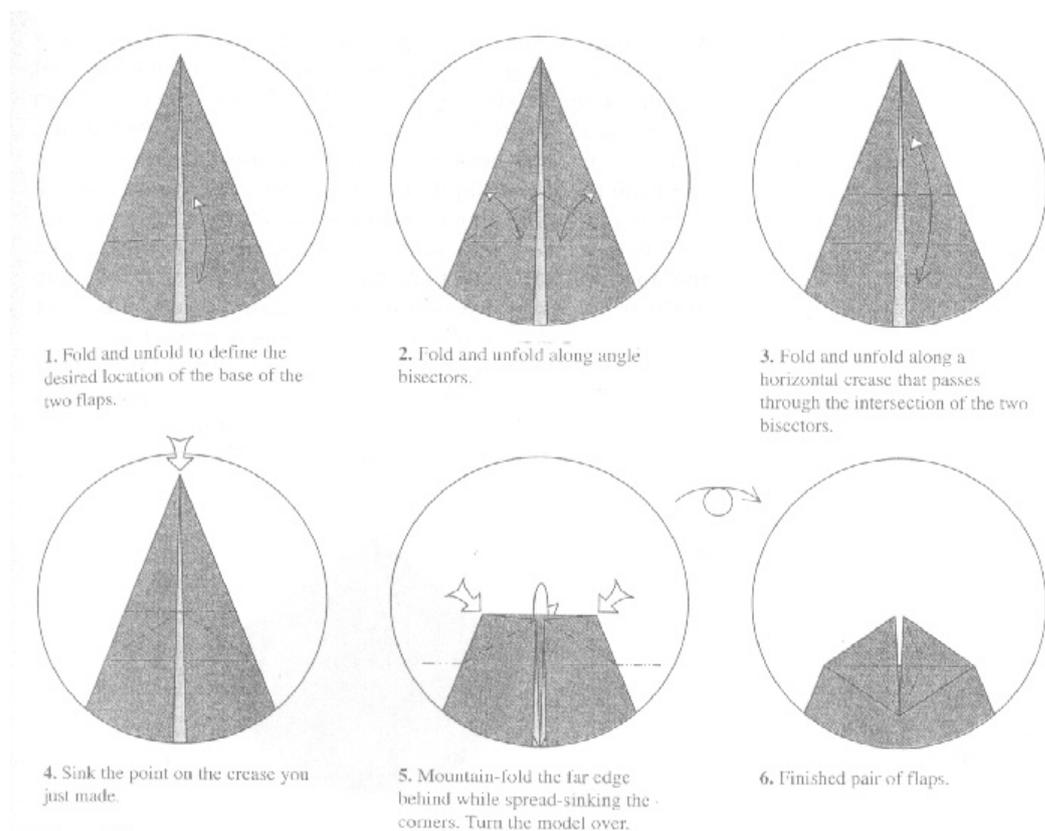


Figure 5.5.
Alternate folding sequence for the optimum-length pair of points.

- 1、折叠和展开来定义两个皮瓣基地所需的位置。
- 2、折叠和展开沿角平分线。
- 3、折叠和展开沿着横向折痕，通过两个平分线相交通行证。
- 4、水槽上的折痕一点，你刚才提出的。

5、山 - 折，而背后的蔓延，下沉的角落里远的边缘。把模型了。

6、完成对皮瓣。

图 5.5。

候补折叠序列的点最佳长度对。

5.2。 分裂的 Ideal

使两个较长的皮瓣，关键是忽视了前台和后台审核，也就是把我们的注意力从自己的襟翼，而是在周围的皮瓣空间来。的东西，它使两个两个而不是一个皮瓣不是造纸了皮瓣;它是我们之间的皮瓣，定义两人创造空间。是什么限制了皮瓣的长度是长度的差距。这是重要的，因为差距以及皮瓣消耗纸张---所以我们要拨出两个文件。

一个小思想实验会带来这一点。假设你想从一个皮瓣尖端前往其他小费，但你只能沿的文件---你不能跳过的差距。想象一个微观书呆子内一纸旅游---那就是他爬要么面片之间的双方，但从未企业。（他是很害羞的书呆子。）爬多远，他必须从一个皮瓣尖端到达其他小费吗？甚至不知道有关两个皮瓣折叠结构什么，我们可以肯定地说，必须旅行的书呆子从一皮瓣尖端将其分解为基准，然后退出到其他皮瓣在最低限度（小费），因为有没有更短的路径，不需要书呆子离开报社，如图 5.6 所示。因此，必须在一个书呆子的两皮瓣的长度的总和。（而且因为它可能无法从一个皮瓣基线直接去其他皮瓣通过了这份文件的内部，旅程可能会更长。）

Figure 5.6.
Path followed by an origami
bookworm.

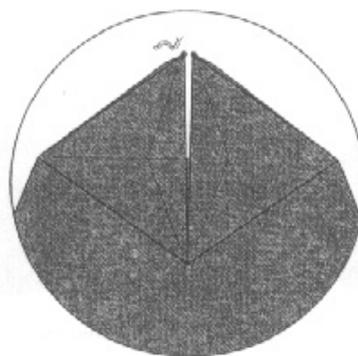


图 5.6。

路径跟一个折纸书呆子。

假设，在现阶段，我们的书呆子进一步限制行驶的文件夹或原料只有沿边缘。当时只有一小部分的路径，标记为 A 和 B，见图 5.7 按虚线在某些情况下（他是沿纸隐藏层）。第三个路径，标记 C，有显示，不遵守现有折叠。

它有助于区分同时检查折痕模式以及与每个路径模型得出的不同的路径。这是一起显示在图 5.7。

当然，路径 A 和 B 是只有两个可能的路径可以采取的书蠕虫，但这两个沿最短，旅行折叠或纸张原料边缘路径。没有，不过，是最短的蠕虫从书的角度来看可能路径，哪一个能否对纸张折叠或展开相同。这是很容易的最短路径上绘制折痕模式，它是一个直线。这是一个有点困难的工作是什么，是一个被折叠的模型，因为它是在撒谎隐藏层纸做的，但它是路径图 5.7 C 所示。

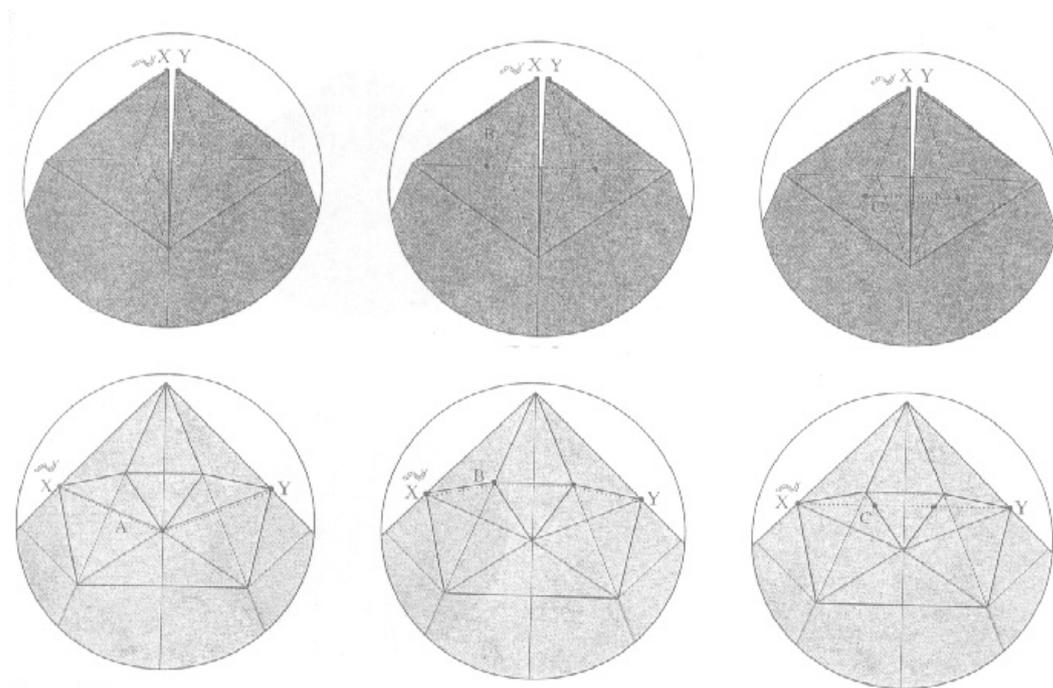


Figure 5.7.
Upper row: path in the folded form.
Bottom: path traveling along the surface of the paper.

图 5.7。

上排：在折叠形式的路径。

底部：路径沿着纸张表面行驶。

现在，有趣的是，虽然路径 C 是从尖最短路径在折叠纸张一角，这显然不是在最短的折叠

模式的可能路径。这可以在图中可以看出，该书蠕虫回溯一下，其实旅行略低于两点基线。这意味着我们已经把更多的文件，差距比我们真正需要的 - 文件，可以被用来做长点。

以最有效的可能结构，纸，用于创建两点之间的差距将尽可能接近所需的最低金额。换句话说，如果我们比较了尖端的折叠模型对尖路径和模式的折痕，他们看起来像图 5.8 的东西。

当然，我们不知道什么是休息的折痕模式，甚至像什么样子看起来折叠模型。但是我们已经确定了几个突出的两个特点。我们知道这两个点的提示是（由黑点表示），我们知道有多深的差距在折叠模型（一半的折痕模式之间的距离提示点）。知道深度的差距，我们还知道两个皮瓣基准必须是，我们就能够在纸上相应的折痕。

Figure 5.8.
The optimum tip-to-tip path.
Top: path in the folded model.
Bottom: path through the paper. The creases (and the exact shape of the folded model) are not yet specified.

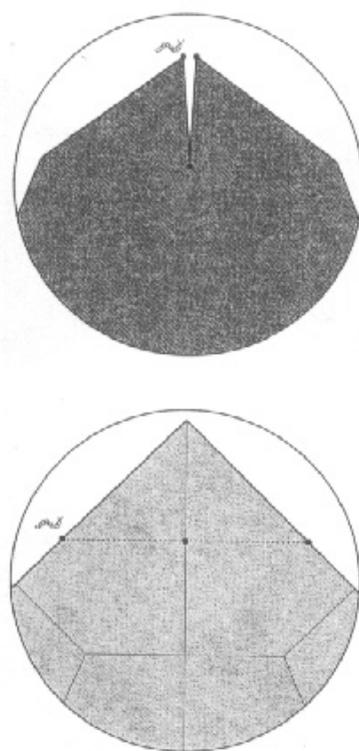


图 5.8。

最佳举报，以尖端的路径。

顶部：在折叠模型的道路。

底部：路径通过的文件。的折痕（以及折叠模型的精确形状）尚未指定。

现在，我们与它们之间的差距 2 分，并在最短的书折痕模式蠕虫的最短路径，也是本书的折叠模型蠕虫路径。这正是罢工权的文件之间的平衡的襟翼和专门用于纸张的差距。从保存的文件可以进入的差距作出较皮瓣。而事实上，一个折叠折纸皮瓣和图 5.10 显示，2 瓣都较简单的分裂甚至更长的比较。

在新的和原有的皮瓣的长度比例是：

$$\frac{\text{short flap}}{\text{long flap}} = \frac{\tan(45^\circ)}{\tan(67.5^\circ)} \approx 0.414,$$

短瓣和长瓣的比率

这是近 50% 的时间比简单地下沉，传播 - 下沉的角落里获得。这是，事实上，最长的可能对，可以从一个标准的鸟基地角落皮瓣作皮瓣，所以我把它称为一个理想的分裂。

你可能有一个狡辩：在他的形式，两个皮瓣互相重叠而吉泽，他们之间的分裂皮瓣日光。这样的结构不完全可比。它有可能进一步下沉和壁球的理想分裂将在一个深度的差距略有减少成本之间的两个瓣（差距）。但如果你对折，两对（作为一个可能，例如，在使耳朵对），那么这两个安排，可以直接比较（见图 5.11）。

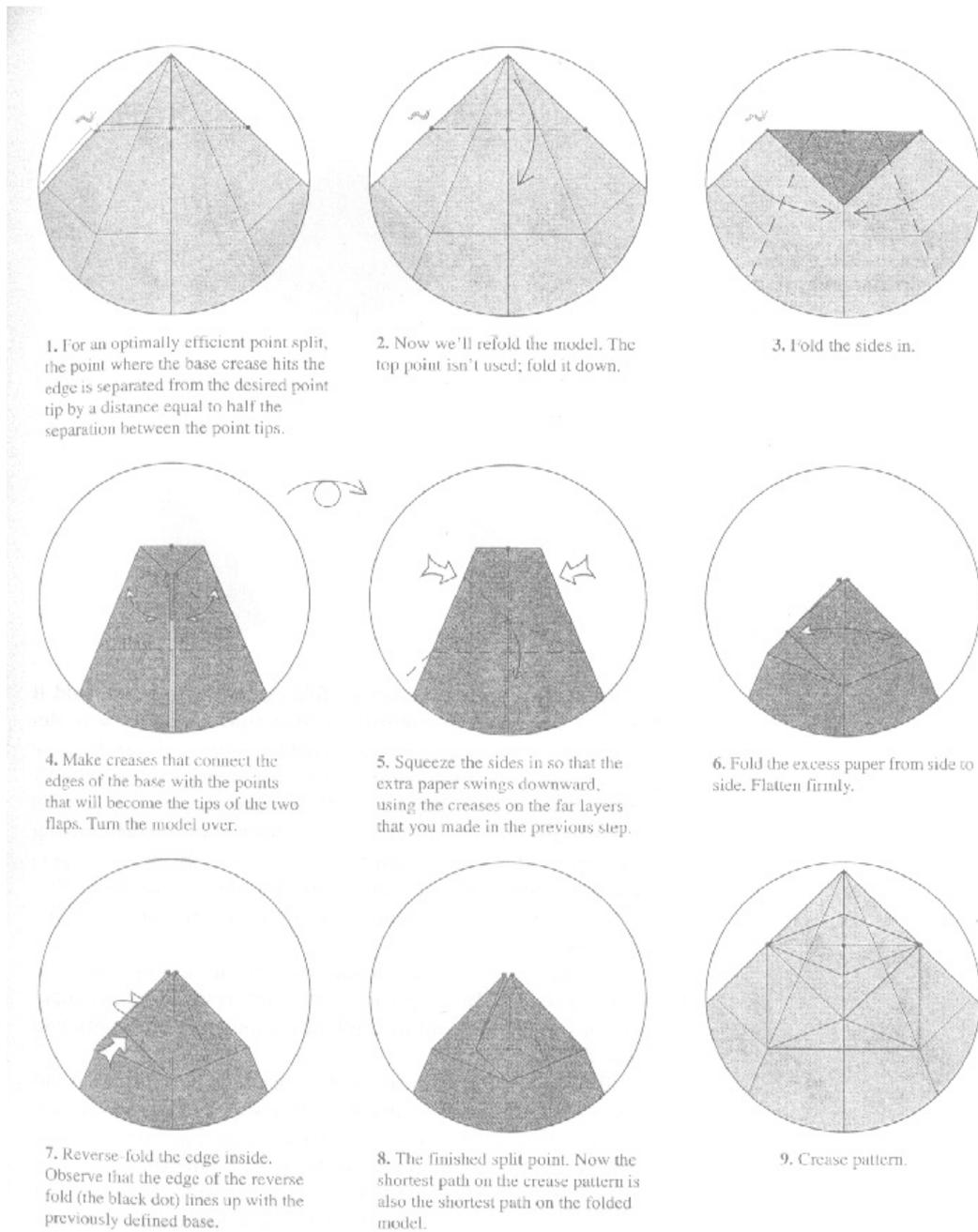


Figure 5.9.
Folding sequence for the ideal split.

- 1、一个高效率的最佳分裂点，该点的基础折痕打边分开所需的尖端点距离等于一个半之间的分离点小费。
- 2、现在我们将重新折叠模型。最高点是不使用;折下来。
- 3、折叠在两侧。
- 4、使折痕，连接的各点，将成为二瓣的秘诀基地的边缘。把模型了。
- 5、挤压，使双方在额外的文件波动向下。使用您在上一步来得层皱褶。

- 6、折叠纸从一边到另一边的过剩。 压扁坚决。
- 7、反向折叠边缘内。 观察到的反向折叠（黑点边）线与前面定义的基础了。
- 8、成品分割点。现在的折痕模式最短路径也对折叠模型最短路径。
- 9、折痕模式。

图 5.9。

折叠序列的理想分裂。

Figure 5.10.
The finished point pair compared to the original flap length.

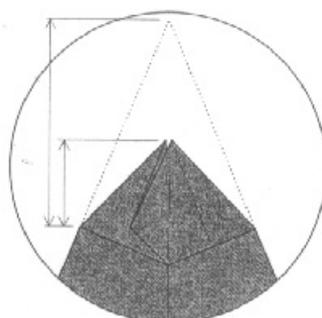


Figure 5.11.
The ideal split is about 50% longer than the Yoshizawa split.

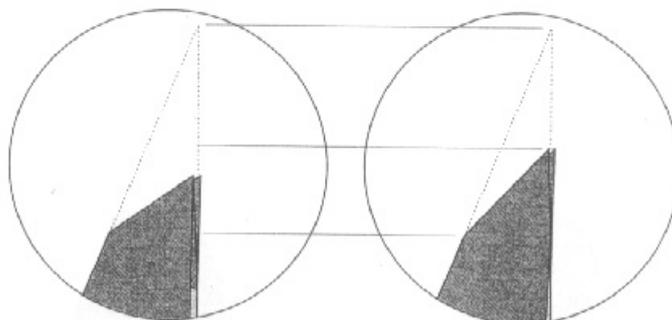


图 5.10。

对成品点相比，折纸皮瓣长度。

图 5.11。

理想的比例为 50%，比吉泽分裂更长。

理想的分裂需要更多的折叠倍来执行它，如果你发现我的方式在图 5.9。但该序列的目的是要说明之间的路径和模式连接折痕。这并不一定是最直截了当的方式折叠。一旦你已经制定了一个模式或技术的折痕模式，是值得去背，折叠不同的方式进行试验。有履行对一个标准的皮瓣理想多方分割。在图 5.12，这是由约翰 montroll 发展序列，是最典雅的一个。

有很多变化，无论是在层次安排（请注意，这个序列有层次的安排略有不同），在折叠序列，让你到终点。

点分裂可用于旧建筑物注入新的生命。例如，作为挑选一些形状比为古老的鸟基地，4 大瓣，相应的头，尾，并拥有两个翅膀，而是分裂尾巴点，我们可以创建两条腿，而不是尾部；由分裂头一点，我们可以创建一个开放的嘴，一个波峰，或者完全是另一头飞兽共：一个无齿翼龙的头。

你会发现我们在这一章末尾的数字折叠指示。它包括理想和吉泽分裂。拆分可用于多点乘以分裂与分裂吉泽大型中央点；作为辅助效益，我们可以降低它的高度，同时保持拍打动作，所以这个无齿翼龙翅膀拍动时，你拉它的头部和腿部像传统的扑鸟。

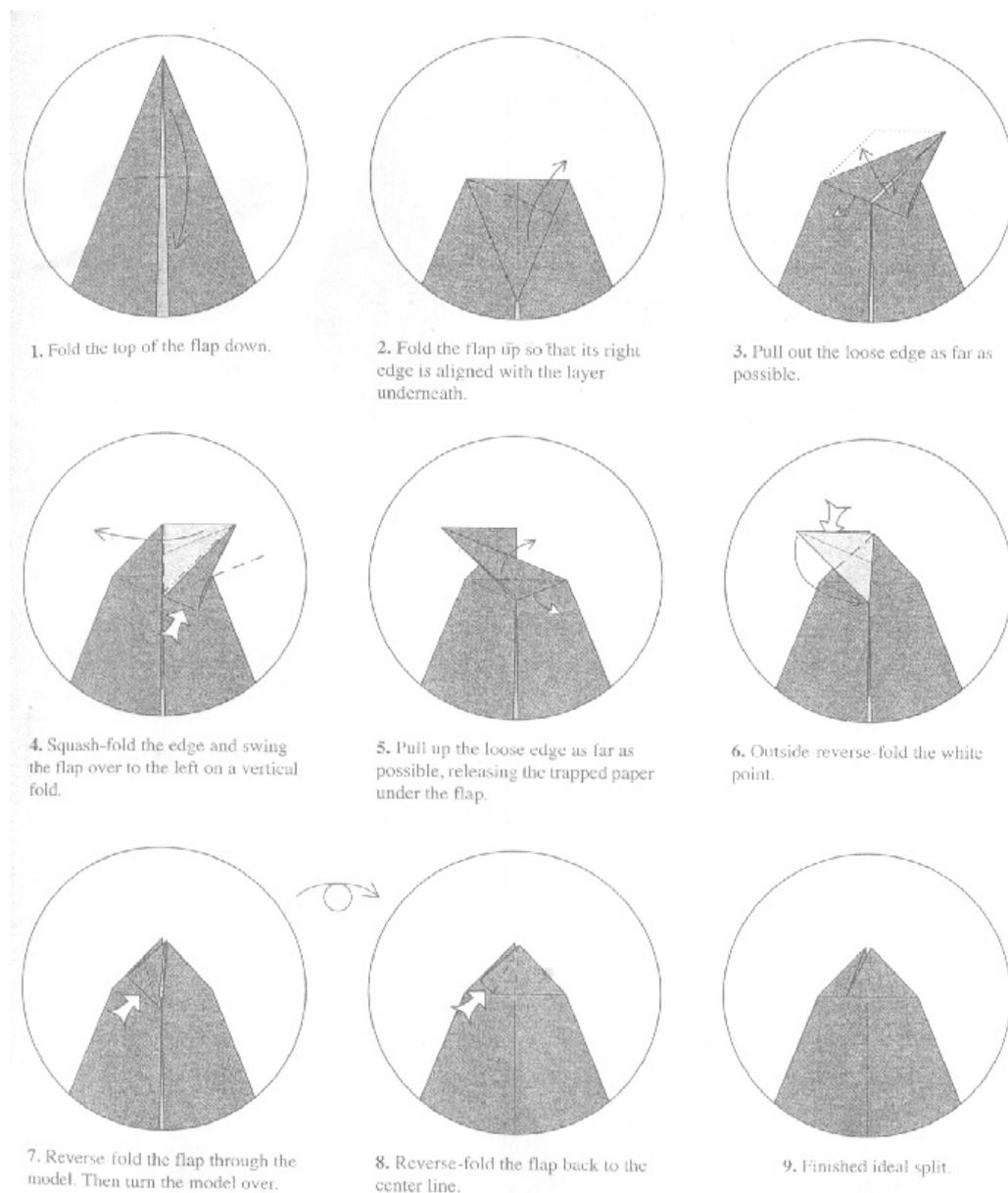


Figure 5.12.
Folding sequence for the ideal split, after Montroll.

- 1、折叠自上而下的皮瓣。
- 2、皮瓣折叠起来，以便其右边缘对齐与层
- 3、松散的边缘拉了尽可能。
- 4、壁球 - 折叠，力和回旋的皮瓣转移到左侧的垂直倍。
- 5、拉了尽可能宽松的优势，释放皮瓣下被困文件。
- 6、外部反向折叠白点。
- 7、通过反向折叠皮瓣模型。然后把模型了。
- 8、反向折叠皮瓣回中心线。

9、完成理想的分裂。

图 5.12。

折叠序列模型，通过皮瓣。然后把模型了。

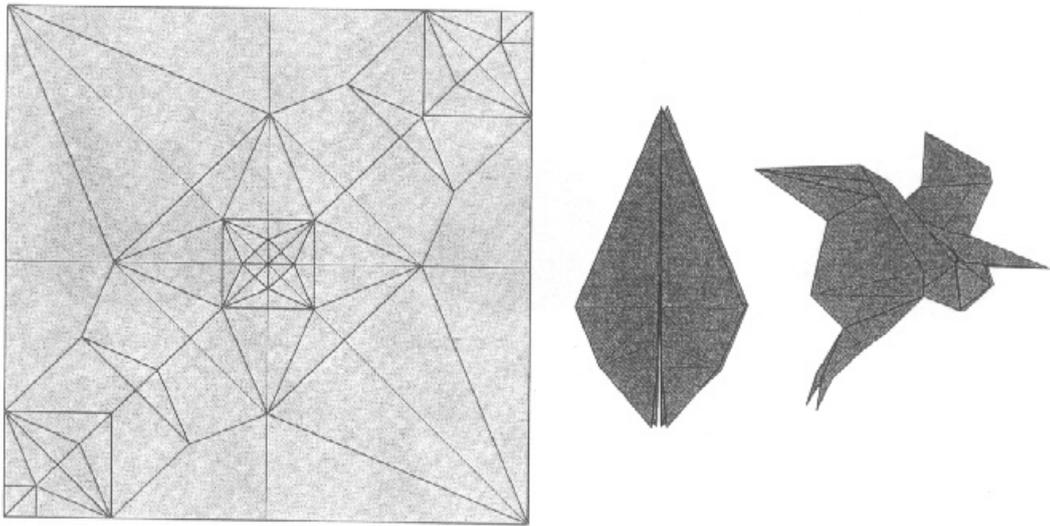


Figure 5.13.
Crease pattern, base, and folded model for a Pteranodon.

图 5.13。

折痕模式，基地，折叠模型的无齿翼龙。

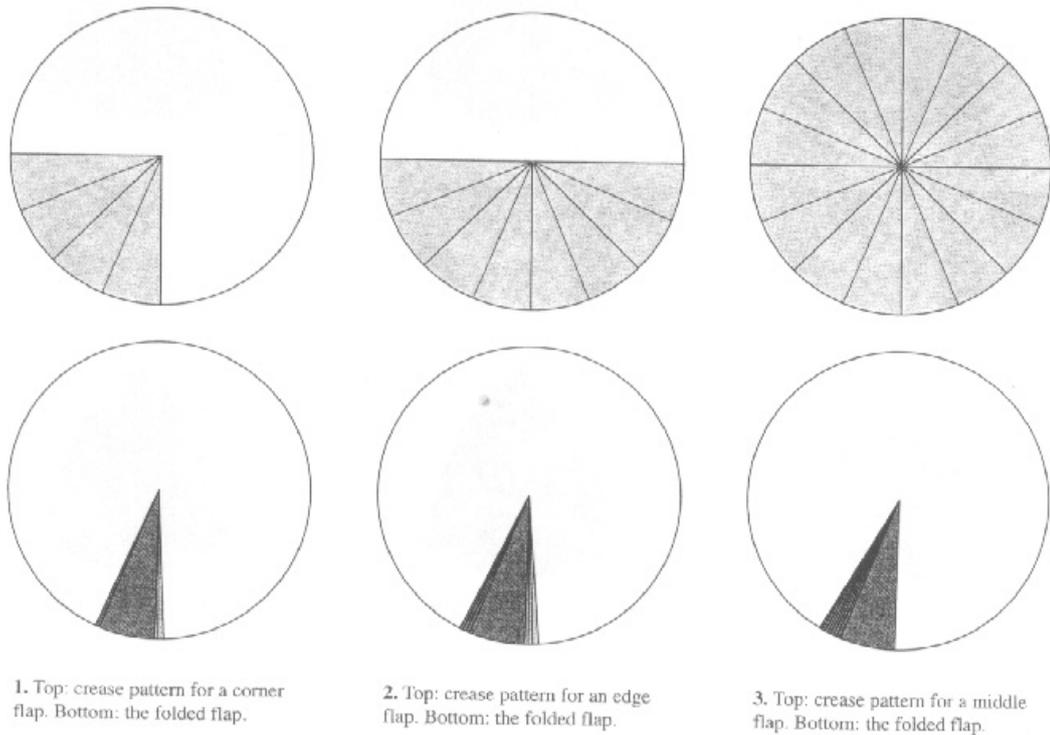


Figure 5.14.

Crease pattern (upper row) and folded flap (lower row) for three types of points: (left) corner flap, (middle) edge flap, (right) middle flap.

- 1、顶部：抗皱模式的一个角落皮瓣。底部：折叠瓣。
- 2、顶部：抗皱模式为缘襟翼。底部：折叠瓣。
- 3、顶部：抗皱模式的一个中间瓣。底部：折叠瓣。

图 5.14。

抗皱模式（上排）和折叠瓣（下排为 3 个点的类型：）（左）角瓣，（中）缘襟翼，（右）中间瓣。

5.3。 分裂的边缘和中间瓣

我的折叠序列图 5.12 显示一个角落工程皮瓣，从广场，它描述了四大名著的主要基地，形成了皮瓣皮瓣角落。除了四个角落皮瓣，青蛙基地拥有不同类型的皮瓣：其核心点从纸，一个所谓的中间瓣中来。此外，在一个小青蛙基地点来自该文件，一边瓣边缘。你也许会问，是否有可能分裂的边缘和中间瓣？

的确是，虽然取得层较厚，不易管理，你从角落移动到边缘，中间瓣。这个过程是相对简单的缘襟翼。一缘襟翼仍然有两个原料优势，因此它可以像一个角落瓣和分裂成两个点的角点作为一个同样的方式对待。事实上，折叠序列图 5.12 显示了可用于在一个缘襟翼以及。

然而，没有一个中间瓣原料优势，发挥了在图 5.12 折叠序列的突出作用。但我们可以得到一个什么是可能的审查角落，中间的折痕模式的想法，缘襟翼。

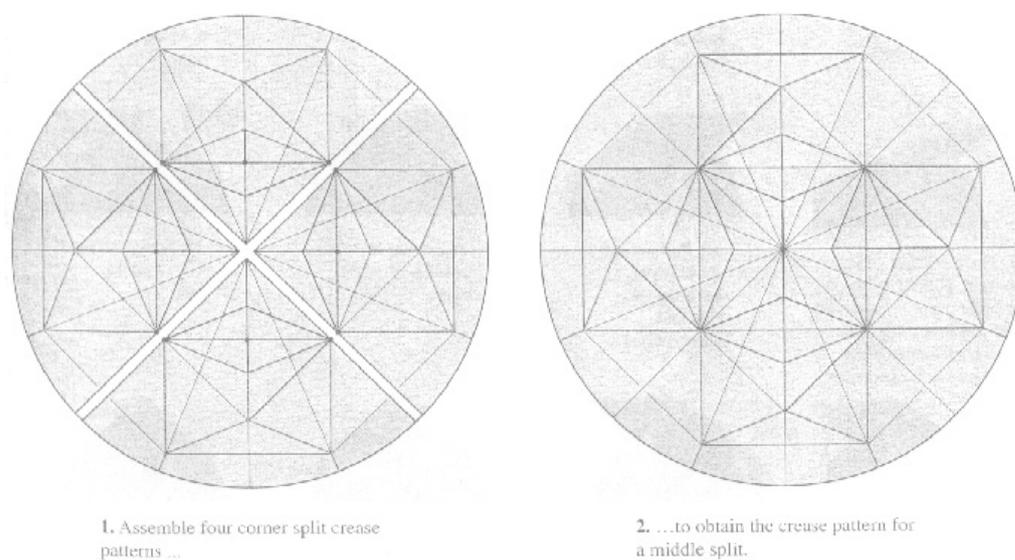
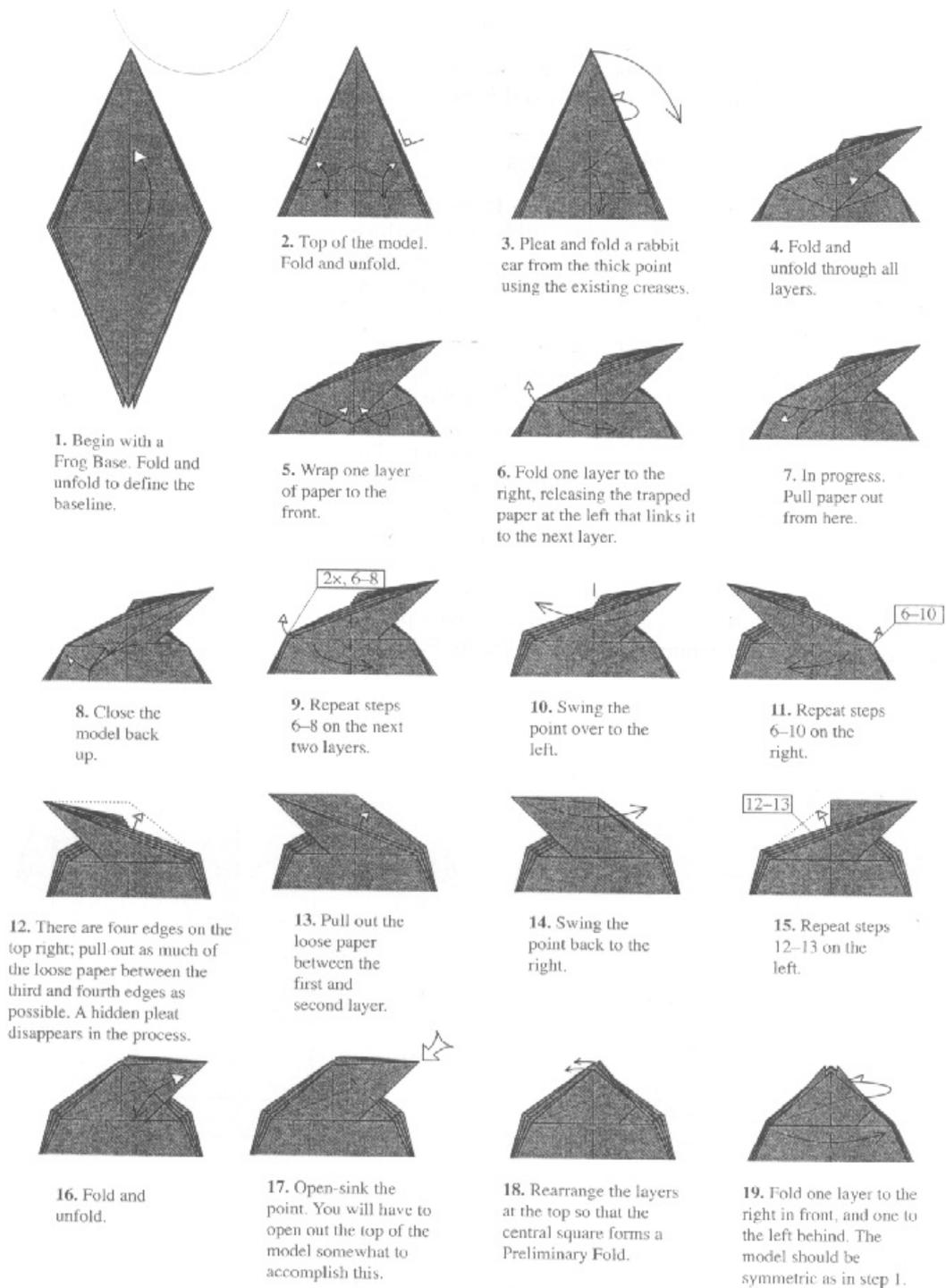


Figure 5.15.
A middle flap can be constructed by stitching together four corner flaps (and their crease patterns) along their raw edges.

- 1、 组装四角分裂折痕模式。
- 2、 获取对中间分裂折痕模式。

图 5.15。

中间瓣，可以通过四个角落皮瓣缝合在一起（和他们的折痕模式沿其原边）。



- 1、首先一只青蛙基地。折叠和展开，以确定基线。
- 2、顶部的模式。 折叠和展开。
- 3、褶折从兔耳厚点使用现有的折痕。
- 4、折叠和展开的所有图层。
- 5、包一层纸向前方。

- 6、折叠一层的右侧，释放在左侧，它链接到下一层的被困文件。
- 7、正在进行中。 从这里拉纸。
- 8、关闭该模型备份。
- 9、重复步骤 6 --- 8 下两层。
- 10、 摇摆到左侧点。
- 11、 重复步骤 6 --- 10 在右边。
- 12、 有四个边的右上角标上：拉出尽可能之间的第三和第四边缘松散的文件了。一个隐藏的褶消失在这个过程中。
- 13、 拉出第一和第二之间的松散层纸。
- 14、 摆点回的右边。
- 15、 重复步骤 12 - 左侧 13。
- 16、 折叠和展开。
- 17、 开放 - 汇点。你将不得不打开了该模型的顶部有点做到这一点。
- 18、 重新排列在顶端的层，使中央的初步折叠平方形式。
- 19、 折叠一层前面的权利。一到左侧后面。该模式应当是对称的如步骤 1。

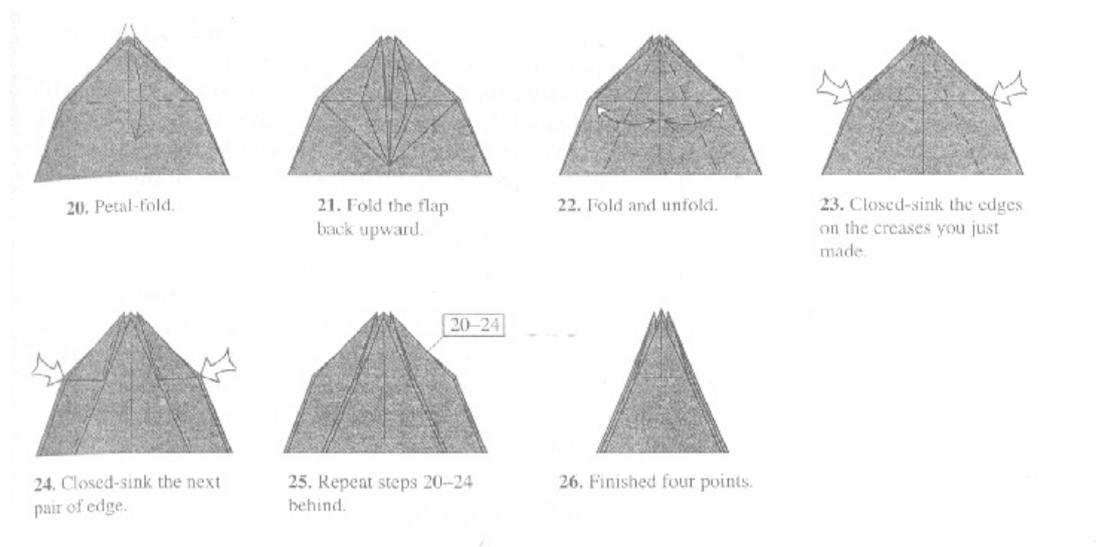


Figure 5.16.
Folding sequence to split a middle flap into four smaller flaps.

- 20、 花瓣 - 折叠。
- 21、 折叠瓣背面向上。
- 22、 折叠和展开。

- 23、 封闭下沉的皱褶你刚才提出的边缘。
- 24、 封闭击沉下一对边。
- 25、 重复步骤 20-24 落后。
- 26、 完成了四点意见。

图 5.16。

折叠顺序分为四个小瓣中间瓣。

如图 5.14 所示，为一缘襟翼抗皱模式很简单的一个角落皮瓣对，机管局中间是四个角落皮瓣皮瓣，皮瓣边缘和中间可以由自己缝制在一起沿其原始取得皮瓣边缘角落。

因此，它是有道理的，看看比喻继续。例如，它可以放在一起分裂为四个角落皮瓣的折痕模式，以获得一个分裂中皮瓣折痕模式？

它是，结果如图 5.15 所示。这可以被折叠起来（虽然有些折痕方向必须从什么是显示颠倒）。序列从中间折叠瓣它直接是相当具有挑战性，但是，这也许是它在发表折纸设计罕见帐户。一个可能的序列见图 5.16。你可以尝试这对青蛙基地顶部的顺序。

当您分割中间瓣，您获得四个小瓣。（同样，一个边缘点可分成两个或三个皮瓣，这取决于你如何使用方面的服务方向到边缘的皱褶）。中间瓣分裂产生一个有趣的关系。四瓣造成每个人都有一个长度 0.414 倍的皮瓣，你开始，这意味着总长度---皮瓣的四个创建皮瓣的长度总和的 4 倍---这个比例长度，或 1.657 倍，开始皮瓣的长度。换句话说，在创建的皮瓣总长度其实比皮瓣，你再开始。

因为中间瓣分裂的结果是四个中间瓣，这可能是细化和分割的同一过程再次，这个过程翻来覆去。在每个重复，总皮瓣由 1.657 因素长度的增加。有些令人惊讶的含义是，总长度增加皮瓣无限制。当然，层的数量增加非常迅速，以及，设定一个实际的上限皮瓣乘法。

5.4. 更复杂的分裂

1 瓣可以分割多个不同深度，以达到不同的效果和进一步的变化。我们看到了扑无齿翼龙是两个分裂的皮瓣可用于延长生命的禽流基地。一鸟基地，当然，有 4 瓣总。所有的可以分割，产生结构，让我们摆脱鸟及其它王国。分裂鸟基地提供了足够的所有 4 个百分点，使一小瓣与背，腹，臀鳍，尾鳍，胸鳍和多种鱼类，如图 5.17 所示的例子所示。

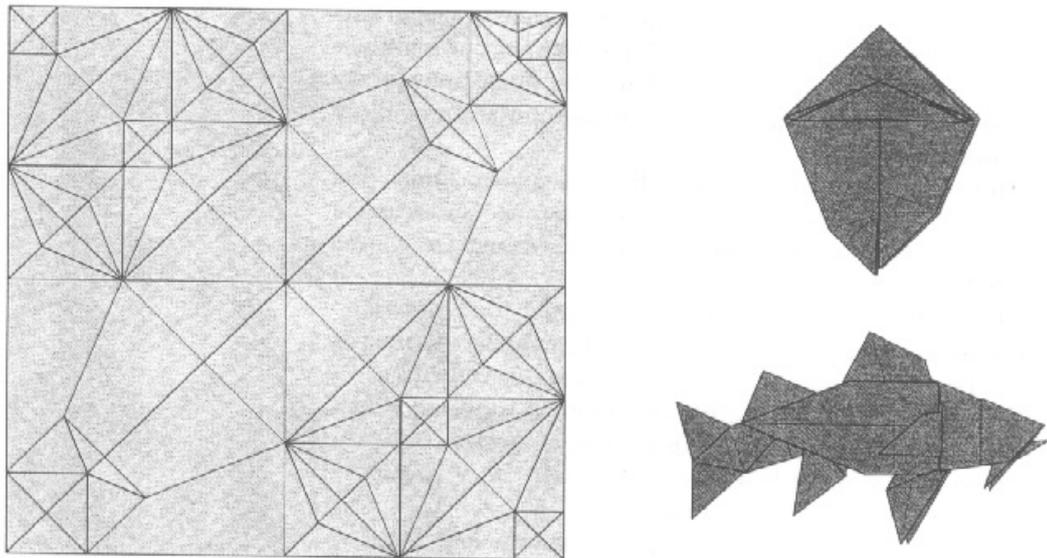


Figure 5.17.
Crease pattern, base, and folded model of the Goatfish.

图 5.17。

折痕模式，基地，折叠模型的鲤。

过使用这种结构和不同的分裂和塑造和由此产生的皮瓣方向，你可以创建相当多的鱼种类繁多深度。在鲤也说明另一种分体式---分裂成一个皮瓣 3（这是为下颚触须和使用）。你会发现这对在本章结束鲤分裂一个新的指示折叠序列。

事实上，有许多方法，让分裂一个点，一个点，可分为二，三，四，五，或更多的分割点。我们已经看到了两种方式分裂成两个点，这里是另一个图 5.18，这也很容易推广到三个或四个小点的方式。

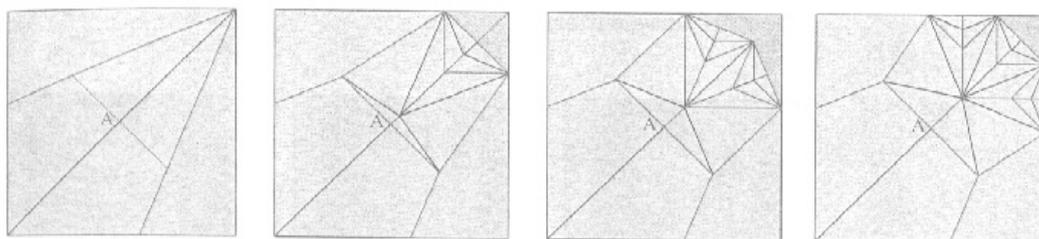


Figure 5.18.
Crease patterns for a kite flap and the flap split into two, three, and four points. To compare scales, the downward diagonal crease A is in the same place in all four patterns.

图 5.18。

抗皱模式的风筝皮瓣成两个，三个瓣分裂，四点。比较尺度，向下一个对角线折痕是在所有 4 种模式同一个地方。

在这些模式的阴影和地区无法使用通常是折叠底下。而不是在皱褶图纸他们会招致，我便离开了他们空白强调三个分裂的共同结构。

这三种模式是一个可以很容易地扩展到更大的数字家庭的一部分。您当然可以，使用这三种模式的食谱时，必须根据两个，三个或四个要点需要调用，但它是有用得多，研究其结构，打破它们分解成组件和了解每笔捐款分量。

这项考试的第一部分是确定的折痕模式，成为各点的提示区域。由于折叠皮瓣来尖角，其对应的提示单点模式的折痕。这点是确定的数字由 5.19 图。

现在，当我们与吉泽分裂看到什么定义了两个或更多的点不在于自己的观点，但他们之间存在的差距。如果我们仔细研究了两，三，四点模式的折痕模式，我们看到了一个共同的折痕楔形出现在每一个模式。图 5.20 显示了一个实例在这三种模式的每个阴影。

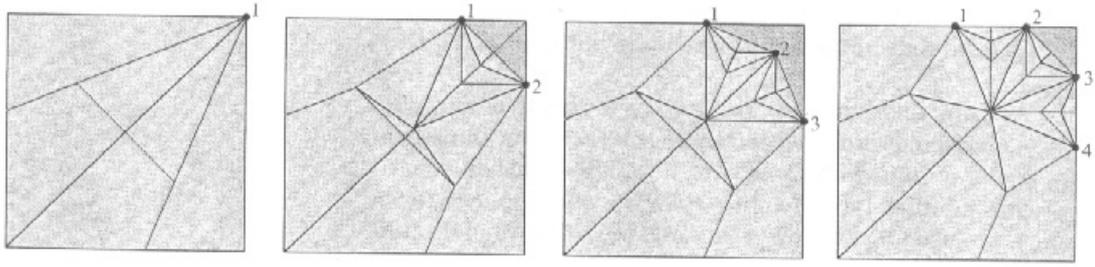


Figure 5.19.
Split points with the point tips identified.

图 5.19。

以点分割点确定的提示。

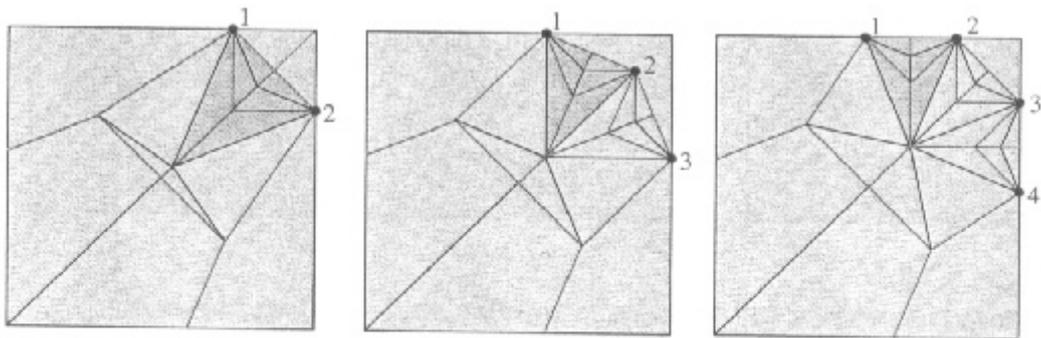


Figure 5.20.
The three patterns with the common wedge of creases.

图 5.20。

与常见的折痕楔形的三种模式。

如果我们削减从任何一个模式就是这样楔并折叠起来，我们得到图 5.21 所示的结构。

Figure 5.21.
Left: the crease pattern on the wedge.
Right: the folded structure.

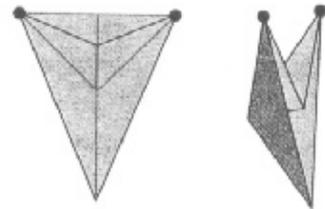


图 5.21。

左：折痕上的楔形模式。

右：折叠结构。

两点有这方面的一个楔子的副本，有两个 3 分，4 分有 3 个。与点数量逐渐增加的折痕模式包括一个基本元素的副本数量逐渐增加。这是不足为奇的。什么是有趣，或许只是有点意外的是，复制的基本单位是不是一个单一的皮瓣，相反，是两个半复制单位与瓣之间的差距。作为与吉泽分裂，这种差距包含了秘密的结构。

因此两个，三个，或四个点可以通过使用一个，两个或三个楔子建造。也应该清楚，里面的楔形对角线折痕并没有什么特别的意义。它们的存在，使狭窄的点，他们分成等分的角度，以便在折叠的结果，边排队。但我们可以很容易地使用更少或更多的对角线折痕，取得了胖或瘦点，如图 5.22 所示。

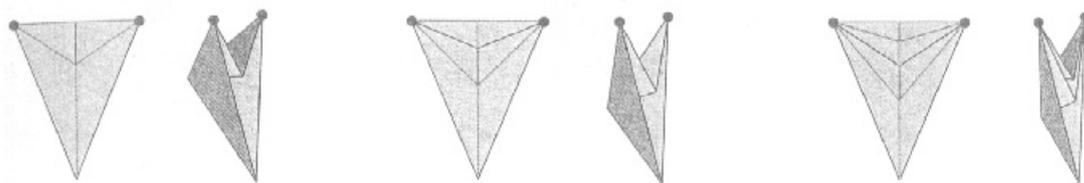


Figure 5.22.
The wedge unit with the two points divided into successively greater numbers of divisions.

图 5.22。

与师先后到更多数量除以 2 点楔单位。

我们可以建立我们的点数由装配数的楔子，我们需要：对 N 点，我们使用 $N - 1$ 楔子的需要。

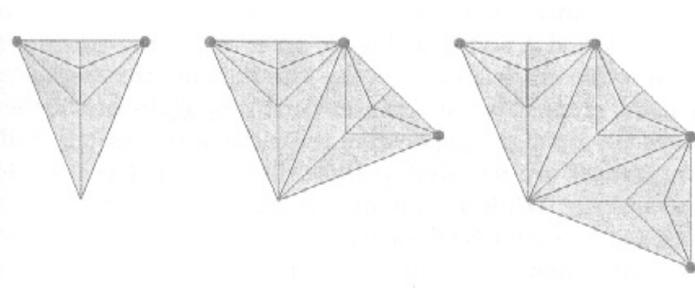


Figure 5.23.
One, two, and three wedges define gaps between two, three, and four points.

图 5.23。

一，二，三楔确定两，三个方面的差距，和 4 个百分点。

但现在，我们需要就原先覆盖皮瓣结构和以某种方式连接折痕，使整个事情褶皱皮瓣，注意楔大会本身折叠单位无论多少我们使用，因此我们唯一需要做的是找到折痕，使多点楔组连接到皮瓣休息。

让我们使用的三个 - 楔（4 - 点）为例模块。如果我只是覆盖到原来的风筝基地这种模式，很显然，没有其他变化，格局不会放平（如果它是不明确的折痕模式，借鉴的模式和尝试折叠它。）

但是，由于我们将要在山边的楔形组折向线与正方形的原料优势，那显然，我们需要一个折痕，使这两个线一起。该部队的两个山谷图 5.24 所示折叠，每个一定平分之间的纸张原料的优势和群体边界的楔角。

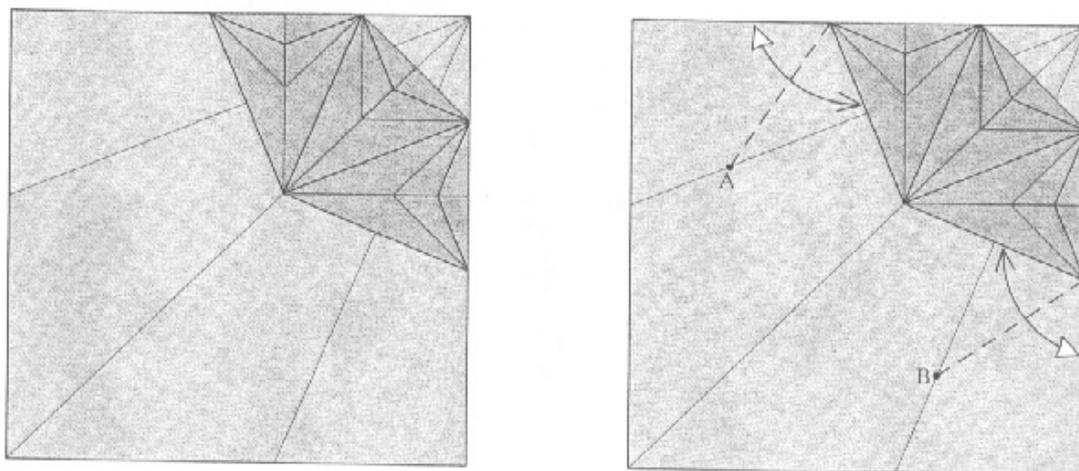


Figure 5.24.
Left: the wedge group, superimposed on a kite flap.
Right: Add two valley folds to make the raw edges line up with the edges of the wedge group.

图 5.24。

左：楔形小组，一个风筝皮瓣叠加。

右：添加 2 个谷折与楔形组边缘的边缘线。

山谷的地方，如图 5.24 折叠击中风筝基地---原 A 和 B 点标记 - 标记之间的风筝皮瓣的折痕和皱褶的点群的过渡区。风筝折痕不传播任何进一步朝着这两个路口比纸的一角。更折痕必须让折痕模式折叠皮瓣，但是，它可以计算出其余的折痕必要，它要容易得多简单折叠的折痕为至今，迫使它皮瓣模型;必要的折痕会下降只是到正确的地方，让最后折痕模式如图 5.25 所示。

可以推广到更大的数点，但你会发现，与 5 分以上，你将不得不使用了 30 度，而不是顶角

窄角（45度），以放在最外面的点毛边的纸张，而不是切断内部的一些要点，如图 5.26 所示。

这些折痕延伸连接到风筝花瓣折痕是作为一个练习留给读者。这里的另一个练习：你可以使用一个青蛙基地这种技术来创建一个有 4 个脚趾的前腿和后腿 5 青蛙？

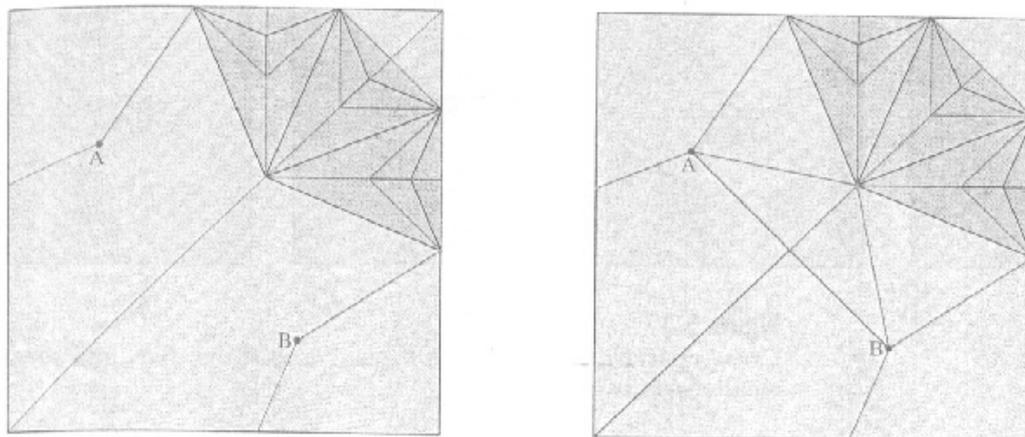


Figure 5.25.
 Left: The kite creases terminate at points A and B.
 Right: The completed crease pattern. (The corner goes unused and should be folded down before making the creases.)

图 5.25。

左：风筝皱褶终止点 A 和 B。右：已完成的折痕模式。（角落里闲置无用，并应在作出的折痕折叠下来。）

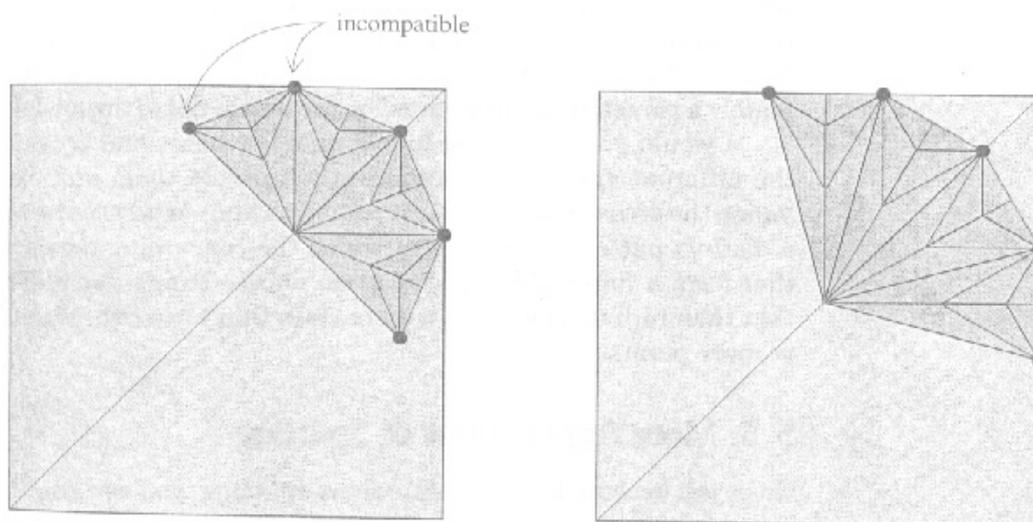


Figure 5.26.
 Left: Four wedges don't let you put the outermost points on the raw edge of the flap.
 Right: Using narrower wedges permits this construction to be extended to five or more points.

Incompatible: 不相容。

图 5.26。

左：四楔不要让你把对皮瓣毛边最外面的点。

右：用窄楔允许此建设将扩大到 5 分或以上。

另一个家庭的分裂，特别是良好的工程奇数点。它显示在图 5.27 三，五，7 分（你会怎么使用过七小点？），但这种方法一样，另一方面，在一个明显的方式推广。

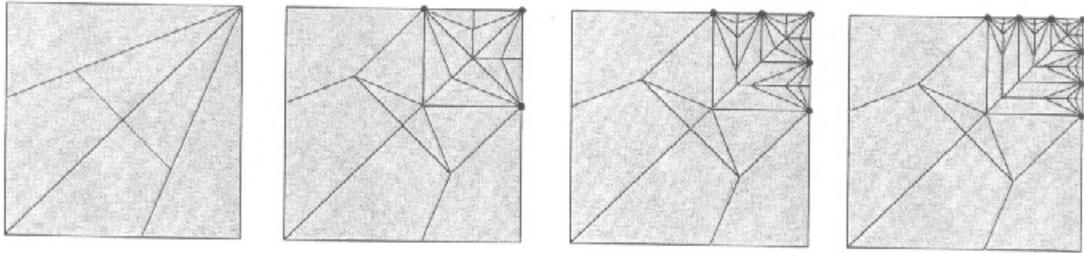


Figure 5.27.
Crease patterns for splitting a point into three, five, and seven smaller points.

图 5.27。

折痕模式分裂成三，五点，小点和 7 个。

也有这种模式的要点，甚至号码，你可能会喜欢的作品试图发现变异。这两个家庭是更好吗？它依赖于模型。两个家庭可能有所区别的 majoy 山方面：在前面的例子，他们从一个辐射点在这个家庭，他们是平行的。如果点组是要分散（一种技术，提高了长度的幻想），径向家庭似乎球迷更整齐，它的最终是个人的选择了该模型的美学决定的。

我会鼓励你折叠了几个基地，并尝试了不同的分割技术，然后与他们展开研究折痕模式。最点分裂序列有折痕，其中融合皱褶，形成了皮瓣突然停在一钝角三角形褶，那时发散与折痕明显的模式，形成两个，三个或更多的积分。

5.5. 分裂更多的应用程序

一旦你成为点分裂熟悉，你可以使用多种方式，形成它的功能对。图 5.28 折痕模式是一个海象基地。你能澄清折痕模式从它的结构？它是可辨别的鸟基本版本（准确，一鸟伸基地），而是两个相反的皮瓣已经分裂---使一端的象牙和其他尾鸭脚板。图 5.28 显示了折痕模式，

基地，折叠模型。从这些线索，你应该能够完全重建模型。（如果您不能折叠的折痕模式，相应的模型，和折叠模式，充分说明可能会发现在引用参考书籍。）

1 点分裂更为复杂的形式受雇于该模型的折痕模式，如图 5.29 所示。蝗虫也清楚鸟基地，但与三分裂。中央点被击沉，吉泽，分裂，然后在 4 个长瓣二也被分成三个点每分裂。这，也是一个挑战：你能找出如何执行职能的分裂鸟基地，产生蝗虫的基地？（然后，塑造成模型所产生的折叠瓣）。

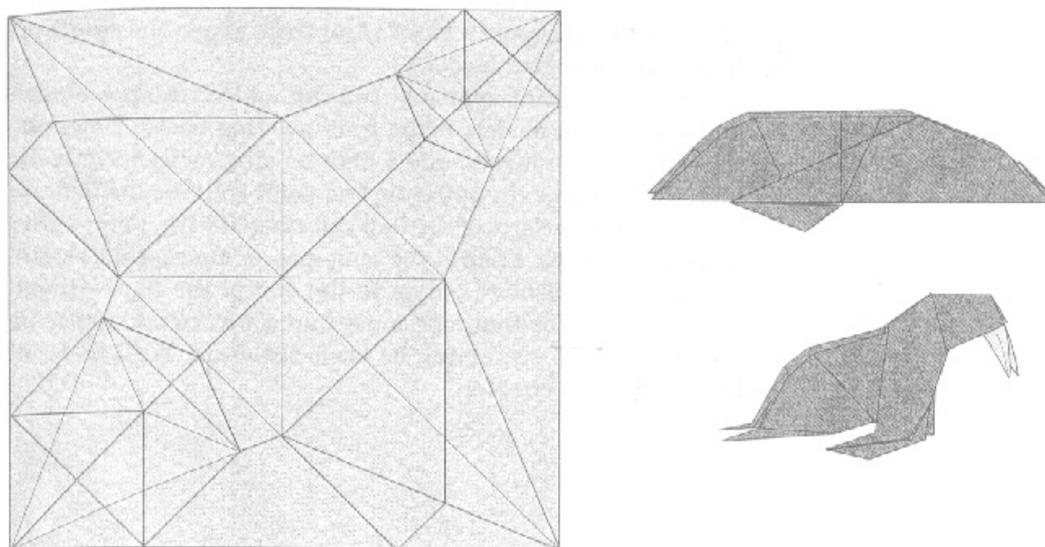


Figure 5.28.
Crease pattern, base, and folded model of the Walrus.

图 5.28。

折痕模式，基地，折叠模型的海象。

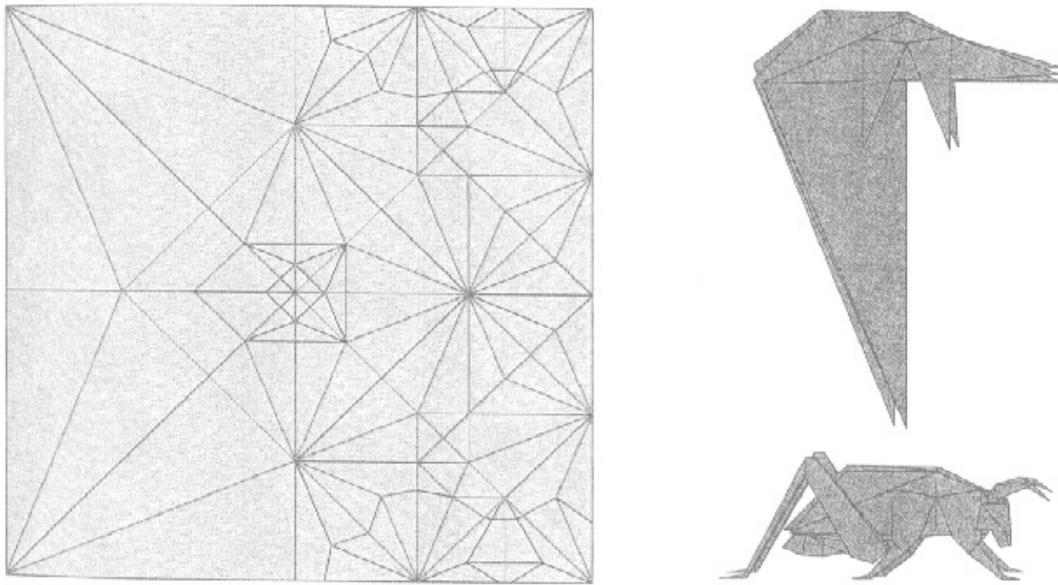


Figure 5.29.
Crease pattern, base, and folded model of the Grasshopper.

图 5.29。

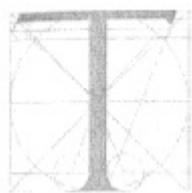
折痕模式，基地，折叠模型的蝗虫。

用点分割，您可以添加额外的附加物和功能，从现有的基地作出模型。然而，有一个层次的成本，以及对大小限制。正如我们所看到的，即使是理论上的最佳 2- 皮瓣在不到一半的皮瓣大小意见分歧的结果你开始。点分裂不能在同一双瓣的大小，或增加不缩短它一个皮瓣，或者增加点到年底的皮瓣长度。为此，我们必须找到一个方法来添加文件，模型，同时保留其基本结构。我们将了解如何在未来的篇章。

(第五章完)



嫁接



折纸设计的最初阶段通常是对现有设计的修改。这一修改可以采取两种形式。最简单的是，每一个文件夹并自觉或不自觉地：只需改变的折叠序列的比例，同时仍按照设计者的指示。您可以更改特定折痕的比例，从急剧变化的折痕坚定性顺利(或反之亦然)，添加或删除褶皱，整顿什么是弧形的，什么是直卷曲。这是很容易改变在最后形成一个折叠模型。其实，这是非常难以作出准确的副本的人别人的怀抱，特别是如果设计是相当复杂的。和精确复制很少可取的；一个艺术家必须发展他或她对自己的眼光折叠模型，即使以下别人的设计，因此千万不要害怕偏离原来的折叠顺序。

然而，现有模式转变的比例是非常有限的折纸设计师。您只能使用现有的结构，你有相同数目的花瓣，同样的长度，相同的相对位置。如点分裂技术，可以把两个或三个，或更多的 1 瓣，但只，正如我们所看到的，与一个在花瓣长度处以巨大的修订。

很多时候，需要的是什么---或者至少需要在衍生折纸设计---不仅是对现有文件的重新安排，但实际上有些纸张某处：较长的腿，一个附属物，另一个额外的设置花瓣的花，另一角甲虫。在这种时候，您可能有一个几乎完整的设计（无论是您自己或别人的），您想补充一点的结构，但有没有更多的文件，以便作出新的位。在这种时候---尤其是如果你已经放入模型中的大量工作的前景---从头开始，可以令人非常沮丧。

现在，如果允许这样做，人们可能受到诱惑简单地胶上一点额外的文件，正如在上一章明显的解决方案来分裂一个点就是要降低它的**2**。但正如我们发现如何实现作为，同时保留**1** - 一块没有 - 切折叠，原来这是经常可以达到同样的效果---作为胶添加一些文件切割相同的结果到特定的位置而无需重新设计整个模型 - 同时保持广场，我们的作息时间。这个过程是非常灵活：它可以转化为一些特别的东西，甚至特殊运行的设施，工厂设计，并得到世界级设计师折纸许多已经使用。我把它称为嫁接。

6.1。 边境移植

一嫁接具体的例子，让我们考虑了老待命，鸟基地，这使它很很好地栖息的鸟类。鸟基地有四个长瓣，可用于头，尾巴，用两条腿。最简单的鸟我知道可以从禽流基地是一个传统的折叠设计，乌鸦：**2** 瓣狭窄，使腿，然后反向卷曲折叠**1** 瓣和瓣狭窄的两个创建一个头，腿和脚，如图**6.1**。

现在，作为折纸设计师做了几十年，你可以使用基地，实现一鸟栖息的鸟类种类繁多，只要你不需打开翅膀，通过使用这个基本设计。通过添加更多的额外折叠---反向折叠，卷曲，四舍五入折叠---有可能使许多独特和识别与翅膀，羽毛的建议物种，甚至眼睛和其他功能。

但有一点，这些折纸鸟最常见的是，有脚是由一个单一的脚步，和真正的鸟类，当然，有四个脚步。这种简化是没有本质坏，所有的折纸有点抽象，并在模型的整体设计，应该在抽象水平的平衡。一个简单，干净 - 排队模型可以很好地简化了完全成功的脚。

但是，必须指出，许多鸟类的一个显着特点是他们的八字脚，是否站在地面或抓一个分支机构或树枝。有些时候会是相当可取的充分，**4** - 对鸟类栖息设计趾的脚。

一种办法当然，将简单地变成**4** 使用前一章的点分裂皮瓣足部皮瓣技术。这种变化是有代价的，当然：为了获得在尖端四瓣，主瓣得到大大消耗。它可能获得**4** 脚趾使用图**6.2** 所示的序列（**1** 径向四点分），但所留下的腿短，比较宽，足够厚，以便缩小他们近似鸟类的棍子一样的腿是相当困难的。

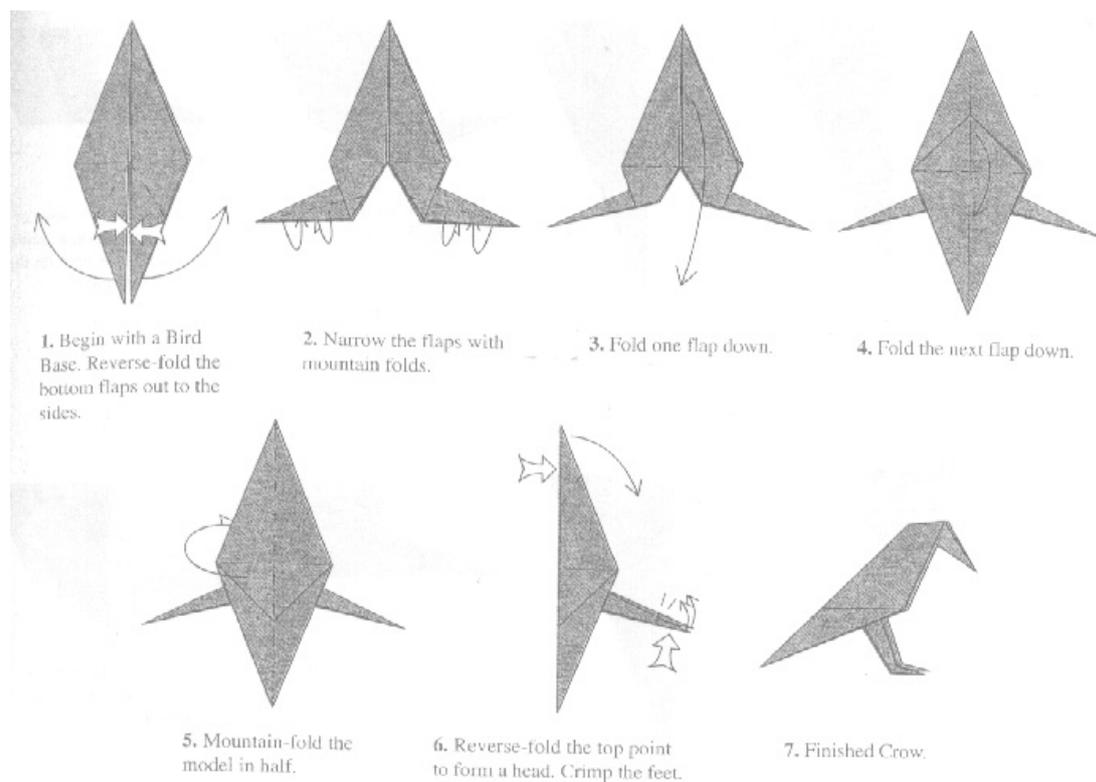


Figure 6.1.
Folding instructions for a simple Crow.

- 1、首先鸟基地。反向折叠出来的两侧下方皮瓣。
- 2、缩小与山褶皱的皮瓣。
- 3、折一皮瓣下来。
- 4、折下皮瓣下来。
- 5、山折叠一半模型。
- 6、反向折叠顶点，形成一个头，卷曲的脚。
- 7、完成乌鸦。

图 6.1。

一个简单的乌鸦折叠指示。

鸟的栖息，这将是可取的，但保持脚长，以取代在每个 4 分腿尖没有减少腿部长度的单点。需要一纸净增加。

如果没有那 1 件规则不，我们将简单地一纸额外位胶在如图 6.3 中的脚。我们可以使一个四

趾双脚上较大的鸟两只小鸟儿基地，胶水他们，急！我们就大功告成了。

但是从一个单一的表，我们能做些什么？好，我们可以看到，如果有可能以某种方式获得了三个功能---两个小广场和一个大---从一个单一的表。而且由于脚的小方块折叠连接到在大广场上的腿皮瓣的秘诀，是有意义的尝试附加的小广场到大面积的角对应于腿皮瓣。

为此，我们需要确定方之间（以及它的折痕模式的关系）和折叠模型。你可以在实践中这一着色的折叠模型皮瓣，然后展开到一个折痕模式，没有在秋季彩色位。与实践，但是，您将可以掌握这类问题的轨道上来你展开无着色模型。

图 6.4 显示了开展乌鸦 - 我们将采取一个通用的鸟---代表，并确定哪方组成部分，这种鸟的部分。

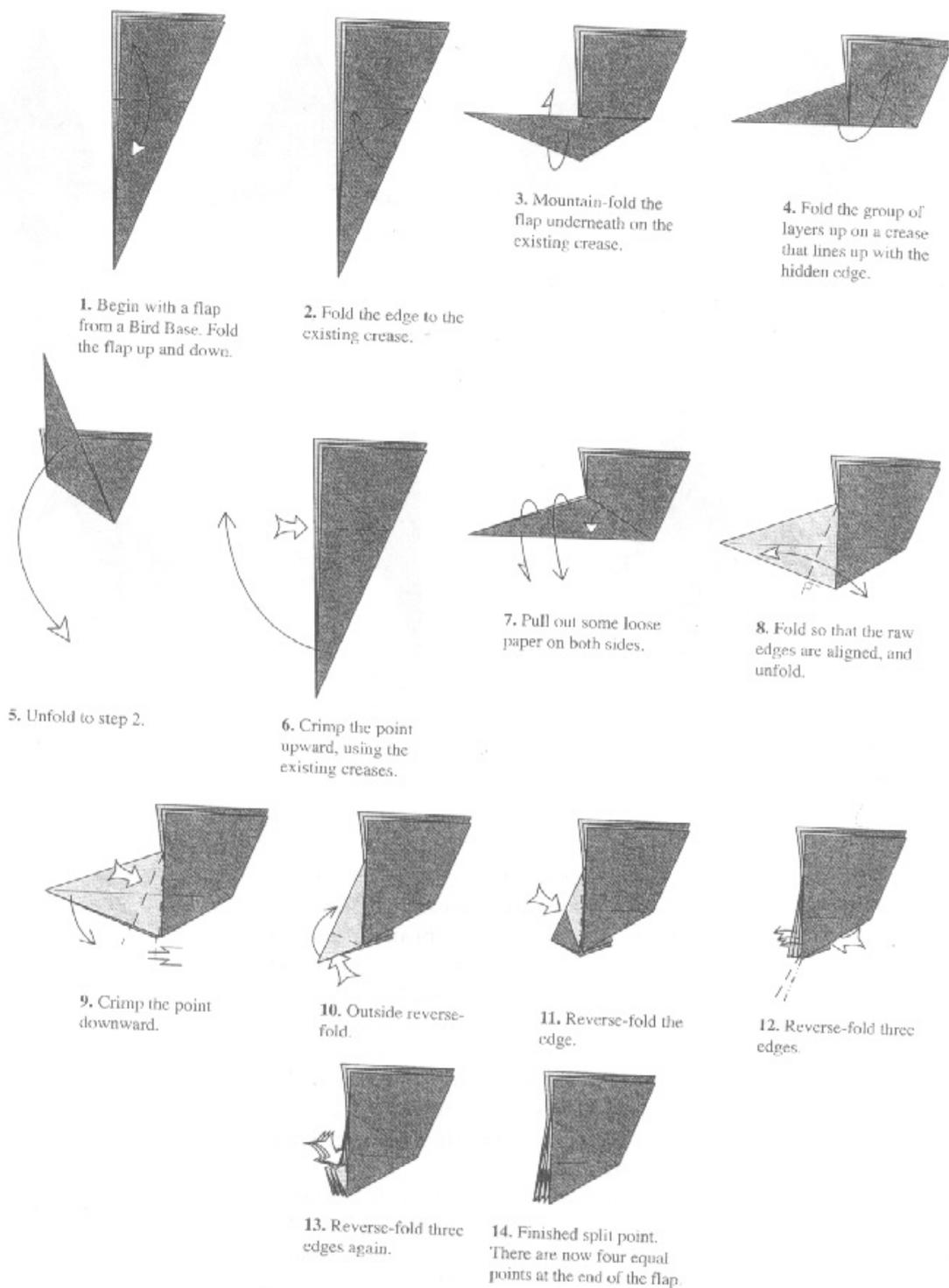


Figure 6.2.
Folding sequence for splitting one point into four smaller points.

- 1、首先是从鸟基地皮瓣。折叠瓣向上和向下。
- 2、折叠边缘到现有的折痕。
- 3、山倍折叠下方皮瓣在现有的折痕。
- 4、折叠层组成的一个折痕的线条与隐藏的优势。

- 5、开展第 2 步。
- 6、点向上卷曲，利用现有的折痕。
- 7、双方拉出一些松散的文件。
- 8、折叠，使原边对齐，并展开。
- 9、点向下卷曲。
- 10、 外部反向折叠。
- 11、 反向折叠的优势。
- 12、 反向折叠三条边。
- 13、 反向边再折 3。
- 14、 完成分割点。现在有四点，在平等的皮瓣结束。

图 6.2。

折叠序列分割成四个小点 1 点。

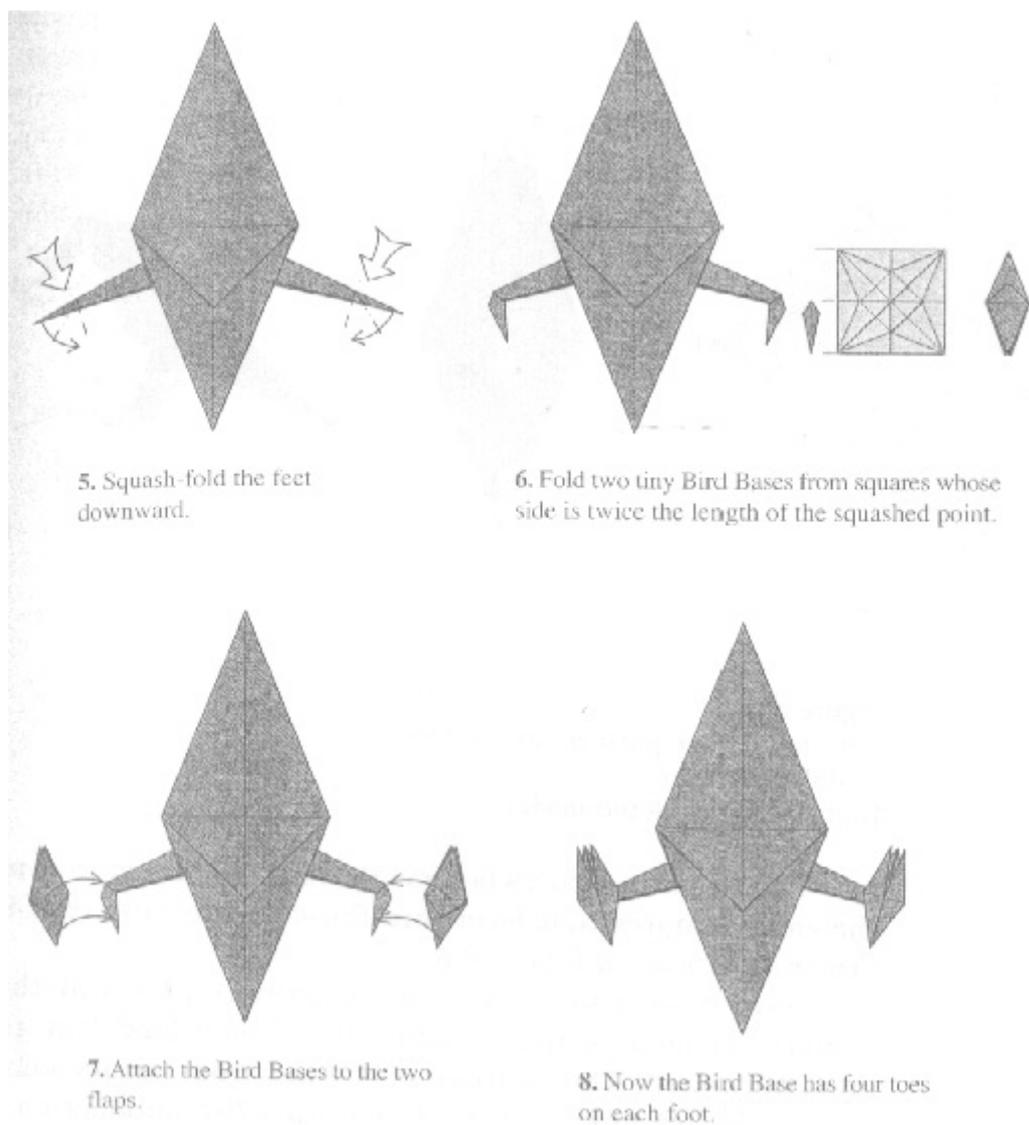


Figure 6.3.
Adding toes to a Bird Base by gluing.

- 5 壁球 - 折叠脚向下。
- 6 叠两个广场的一侧是从两倍长度的挤压点小鸟儿基地。
- 7 附加鸟基地，两个瓣。
- 8 现在基地有 4 个鸟每只脚的脚步。

图 6.3。
加上脚趾粘鸟基地。

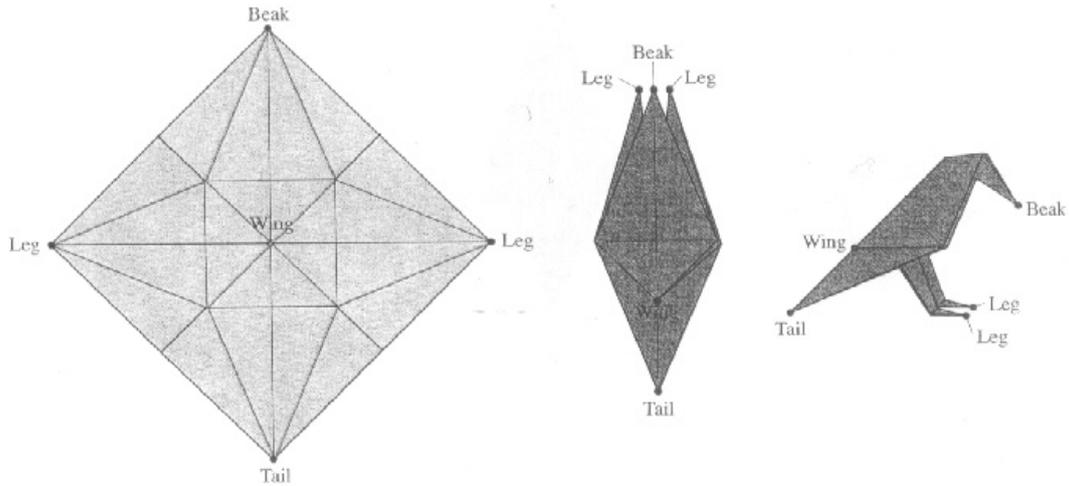


Figure 6.4.
 Left: the crease pattern for the Crow.
 Middle: the base.
 Right: the completed model.

Beak: 鸟嘴 leg: 腿。 Wing: 翼 tail: 尾巴

图 6.4。

左：为乌鸦折痕模式。

中：基地。

右：已完成的模型。

两方的角落成为腿。因此，我们将添加鸟基地，形成了较大的，如图 6.5 平方米的角落里的小广场。

现在，如果我们有三个广场实际上是在他们的角落加入，我们当然可以折叠的四足鸟从这个不寻常的形状。从角落的折叠加入了广场的做法是不折纸未知（由罗科- 1 显示的例子不胜枚举加入起重机从 1797 年出版纸张折叠这种方式减少），但我们将试图从一个正方形折叠的设计。因此，我们需要获得作为一个单一的广场三个部分的形状。最简单的方法，把一个正方形的广场三人回来，是扩大较小的正方形的边，直到他们加入，形成一个大广场，如图 6.6 所示。

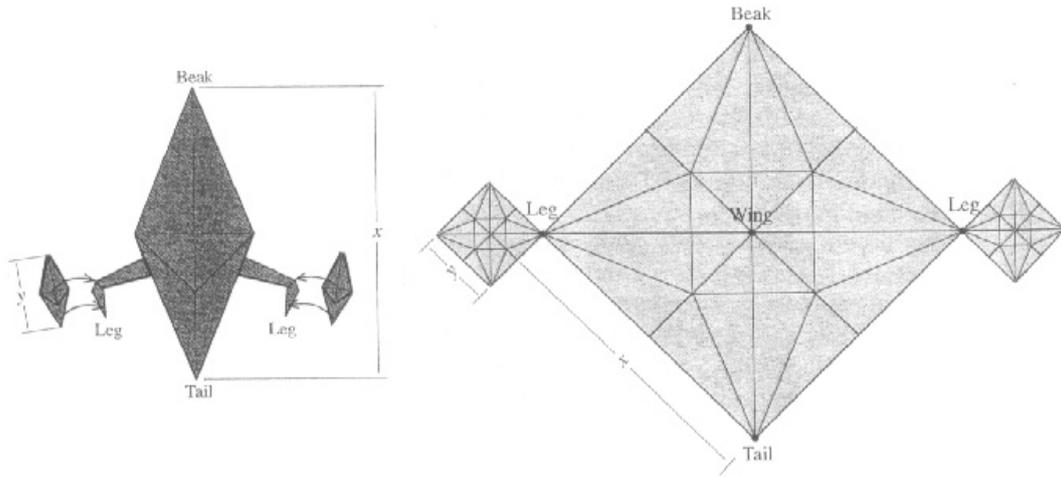


Figure 6.5.
Two squares attached to another at their corners.

图 6.5。

两个广场在其连接到另一角落。

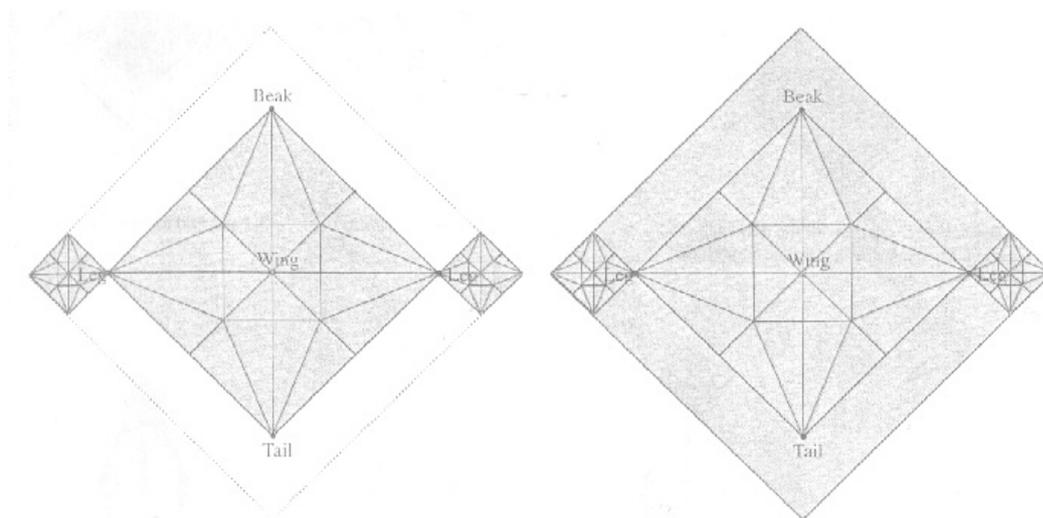


Figure 6.6.
The three squares embedded within a larger square.

图 6.6。

3 嵌入在一个较大的正方形广场。

现在，我们已经嵌入在一个较大的广场三个广场，可用于 - 我们希望---折叠与四 - 趾脚鸟。
它的工作原理？让我们来试一试我们的。

折叠序列如图 6.7 给出了一个在角落每个小正方形鸟基地。然而，这个广场是连接到一起全力对角线较大鸟基地。它可能是折叠成另一种鸟基地的小正方形？是的，但顺序略作修改，以适应，小广场加入到较大的皮瓣，这限制了它如何被操纵的事实。

由此产生的鸟基地，可用于制作传统的鸟脚，虽然这是可取的狭隘的皮瓣部分和重新分配的层次，如鸣禽模型显示在本章结束。

我们所做的是要增加一些文件，同时保持它的方方，由纸张嫁接，在这种情况下，边界运行在广场周围以外的所有道路。我们称之为边境移植。嫁接可以作为大型和小型加入功能强大的折纸模型技术。

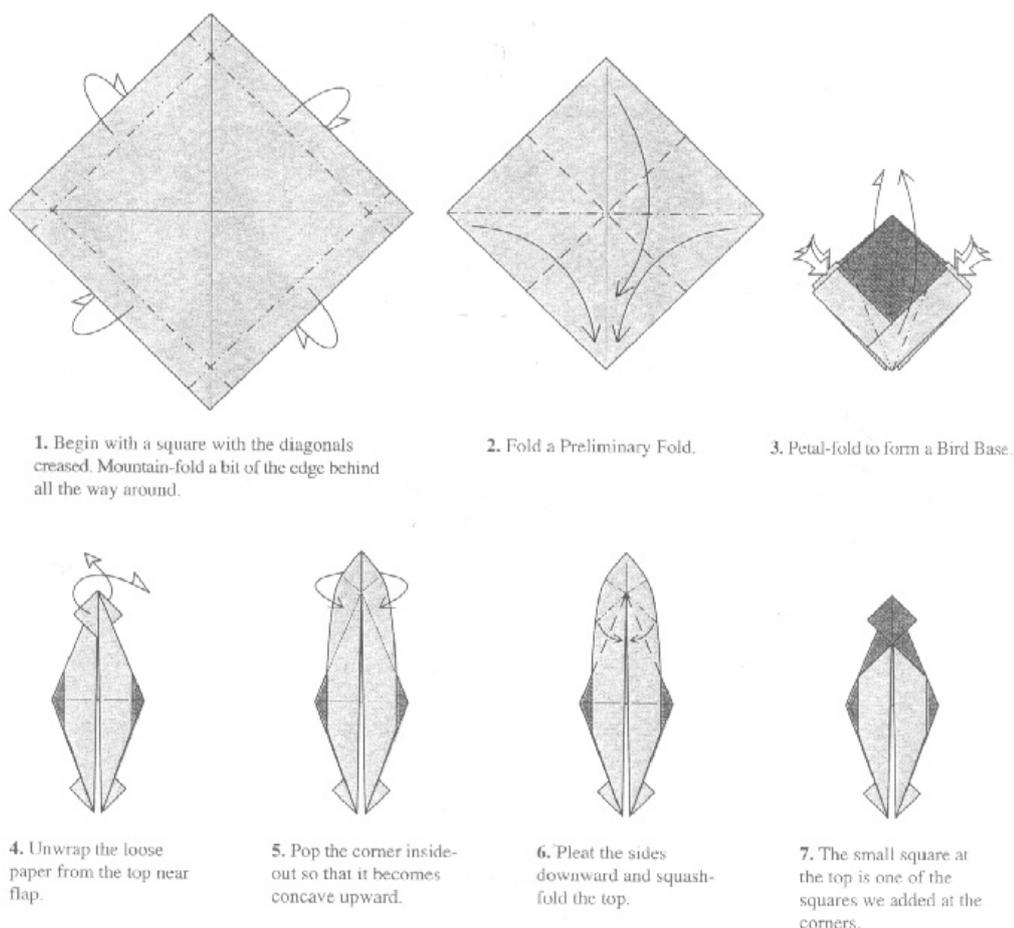


Figure 6.7.
Folding sequence for a Bird Base with two small squares at opposite corners.

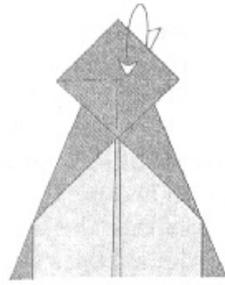
- 1、首先一个正方形的对角线折痕。山折有点背后一路边缘周围。
- 2、折初步折叠。
- 3、花瓣折叠，形成一个鸟的基础。
- 4、联合从顶部附近包住花瓣松散的文件。
- 5、角落里弹出来，使之成为凹面向上。
- 6、褶两侧向下和壁球折叠的顶部。
- 7、在顶部小面积的广场之一，是我们在角落补充。

图 6.7。

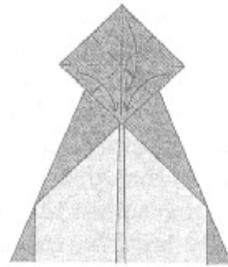
折叠序列的一两个小广场对面鸟基地。

然而，嫁接带有风险：效率低下。我们真正需要添加到该模型中的两个小方块的角落。但现在，我们增加了一个广泛的边界广场周围的所有道路；这多余的纸张大部分将无法使用，从而增加了该模型的厚度不增加任何的设计。

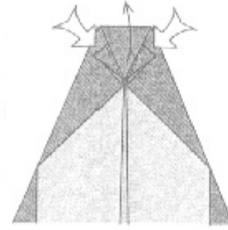
因此，有一个 1 位艺术设计中使用的嫁接，移植，而可能是由加的愿望，在一个或两个地方，面临的挑战是一张小一点启发，以尽量减少浪费纸张。浪费是可以避免的 - 或者至少减少 ---按照计算出使用的文件，否则将不必要的一些方法。例如，当我们添加嫁接围绕鸟基地边界外的所有脚的方式，增加在两个文件中的结果，此外，广场对面的角落在其他两个弯道，这成为了头部和尾部的文件。我们不需要任何添加四个脚趾头或尾，很明显，但如果我们能够把更多的文件，即充分利用，其结果是进一步改进模式和废物清除。事实证明，在头底纸可以用来制造双（我。é。开放）嘴，而位于尾部底纸可以用来使尾巴长，宽，或一点点两者。此外，它也可以使用到边界相邻的角落，使运行更充分全面的身体部分。因此，多余的文件去充分利用：该层可以均匀地分布，通过模型，结果是鸣禽大大超过原来的基础鸟鸟从我们开始栩栩如生。折痕的模式，基地，折叠模型见图 6.9；你会发现在最后一章的全部折叠序列。



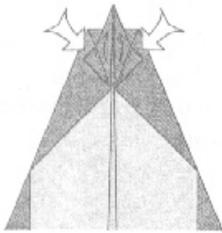
8. Continuing on (from Figure 6.7). Mountain-fold the flap behind with the crease running from corner to corner and unfold.



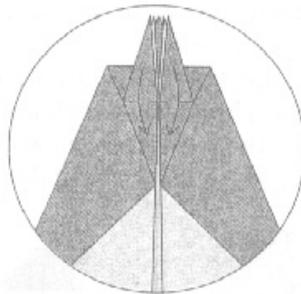
9. Form a Preliminary Fold with the near layers.



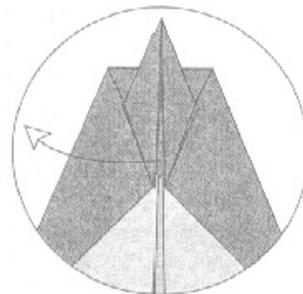
10. Petal-fold the top corner.



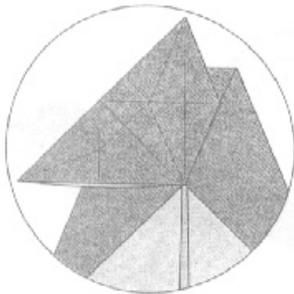
11. Petal-fold the two points together with the trapped corner inside.



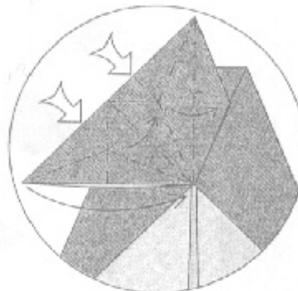
12. Fold the two points back down.



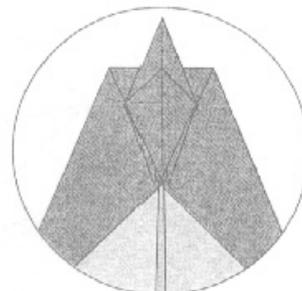
13. Pull the corner out completely.



14. Like this. The flap is now a Bird-Base-creased square, folded in half along the diagonal.



15. Use the existing creases to collapse the corner into a Bird Base.



16. The finished four-pointed Bird Base at the tip of the larger Bird Base.

Figure 6.8.

Folding sequence for making the smaller square into a Bird Base.

- 8、继续对从图 6.7 ()。山 - 折叠与运行折痕皮瓣从角落到角落，开展后面。
- 9、初步形成一个与邻近层折叠。
- 10、花瓣折的右上角。
- 11、花瓣折叠的两点一起被困的角落里。
- 12、折二点回落。

- 13、 拉角全然赶出。
- 14、 像这样。花瓣现在是一个鸟基地顺带广场，沿对角线折叠的一半。
- 15、 使用现有的折痕折叠成鸟基地一角。
- 16、 成品在较大的基数一角四鸟鸟指出基地。

图 6.8。

折叠序列为基础制作成鸟的小广场。

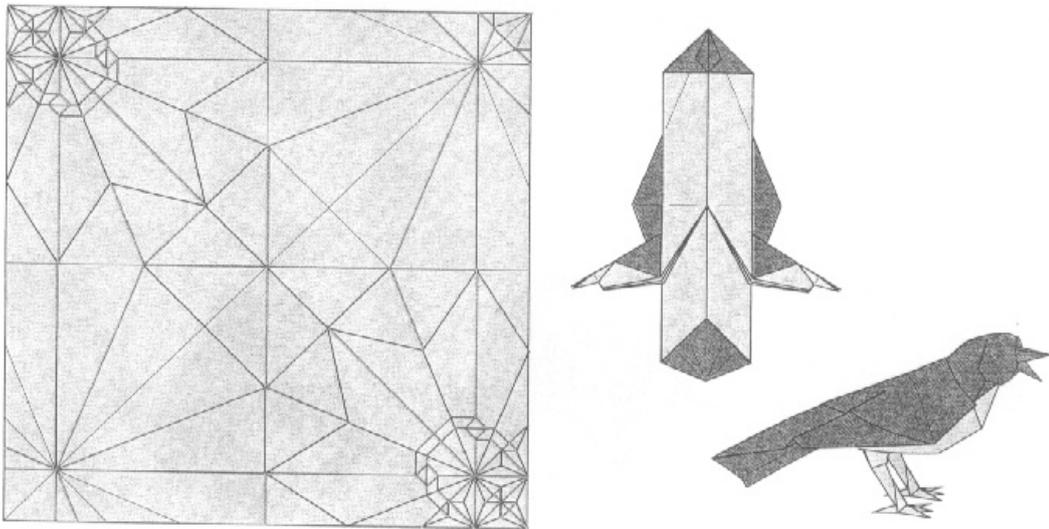


Figure 6.9.
Crease pattern, base, and folded model of the Songbird.

图 6.9。

折痕模式，基地，折叠模型的鸣禽。

作为一个额外的好处，这种配置使我们能够作出与该文件显示对方的腿和胸部，创造一个很好的双色调效果。

边界移植不需要运行在广场周围的所有道路;如果你只需要添加文件的一端，你可以简单地添加文件，双方，在一个角落里创造一个新的正方形。的风险，因为所有嫁接基地，是该文件已经添加到你完成基本上是浪费了面积，除非你可以找到一些其他的用途。

作为一个例子，几年前一个复合（多片）折纸模型已成为相当受欢迎的结合从一笠原邦彦与身体，翅膀，腿（本身是三片复合型）龙的头，一个尾巴简单 - 罗伯特尼尔板龙，如图 6.10 所示。作为组合成为笠原尼尔龙闻名。笠原的头部被折叠从鸟基地，而尼尔的龙是从另一个

折叠，较大的鸟基地，两个用胶水将加入。这是一个美丽如画的场景，使从一个单一的羊嫁接组合使用。

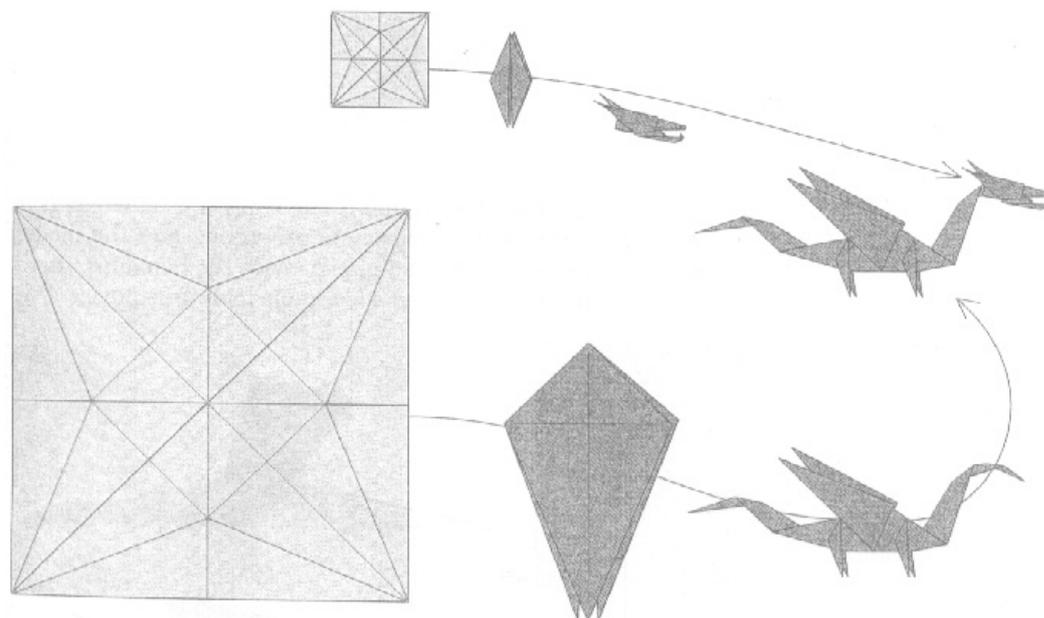


Figure 6.10.
Assembly of two different-sized Bird Bases into the Kasahara-Neale Dragon.

图 6.10。

两种不同大小的鸟基地组装到笠原尼尔。

因为小方会被加入到一个大型广场的角落，我们可以利用边境嫁接技术。然而，如图 6.11 所示，我们还添加了相当数量的文件只是为了得到那个角落中的一个小广场上。

幸运的是，多余的纸张变成两个襟翼的一部分，因此它可以用来给龙比原来的尼尔龙从它派生有点大翅膀。在这种方式，效率是保存，从偶然位模型的好处。作为与鸣禽，有一些进一步的工作，以找到一个可行的折叠序列。放到一起，结果是一个迷人的小金龙则在其自己的立场。我所谓的新模式笠原尼尔朗龙 - 短 KNL 龙。你会发现本章结束折叠序列。

图 6.12 显示了折痕模式，基地，折叠的 KNL 龙模型。你应该能够找出两个鸟基地，以及边境移植边界。

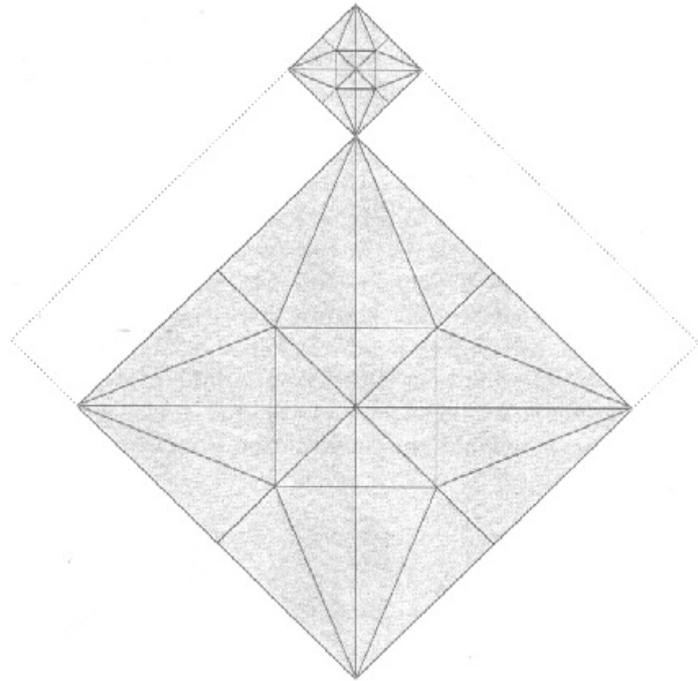


Figure 6.11.
Position of the two squares
within a larger square.

图 6.11。

这两个广场的位置在一个较大的正方形。

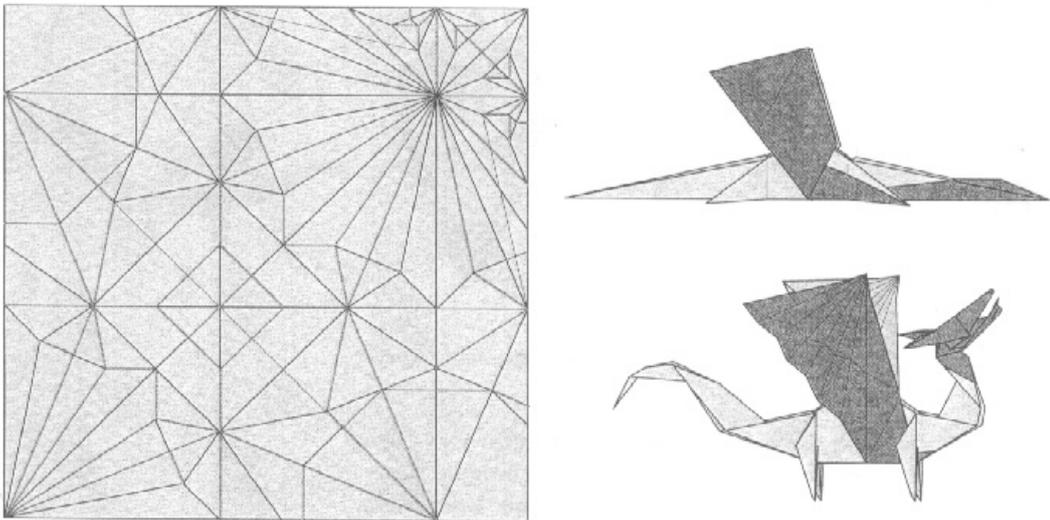


Figure 6.12.
Crease pattern, base, and folded model of the KNL Dragon.

图 6.12。

折痕模式，基地，折叠模型的研究 KNL 龙。

6.2。带钢嫁接

嫁接并不总是把周围的模型以外的补充文件;如果这一切都还存在一些嫁接,我们将很快用尽该技术的可能性。但我们可以添加在该文件内移植以及,通过削减及重组模式除了新增加他们与我们---一个更为强大和灵活的技术。

如果例如,我们希望增加在不增加多余的纸头或尾脚,我们可以增加一个额外的文件地带的整个广场的中间运行。可以想象,例如,削减了一半鸟基础水平和拉动两端外,那么这两个“脚”的广场可以加入的一个横跨削减的文件中,结果到差距,如插入地带如图 6.13。

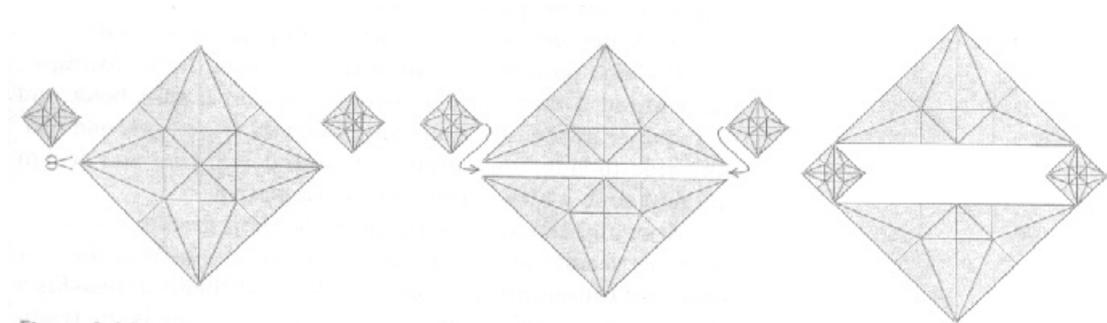


Figure 6.13.
Construction of a strip-grafted model; two squares are joined by a strip and inserted along a cut across the square.

图 6.13。

兴建一条条带嫁接模式;两个广场是加入了一个地带,沿对面的广场削减插入。

但是出现一个问题,当全国的折痕连接加沙地带,四个基点之一,是鸟不再免费开放。幸运的是,在一个鸟基地,从广场的中心来的第五点,可以压入服务,所需的第四点。

结果可将其折叠成许多不同类型的鸟类,但因为腿部的额外层均匀分布,我觉得这是一个长脚的结构特别适合涉水鸟,实现我会离开,作为读者的挑战。

Figure 6.14.
Crease pattern for a Bird Base with a strip graft. Note that the creases around the fourth point of the tiny Bird Base are no longer used and the point is not free.

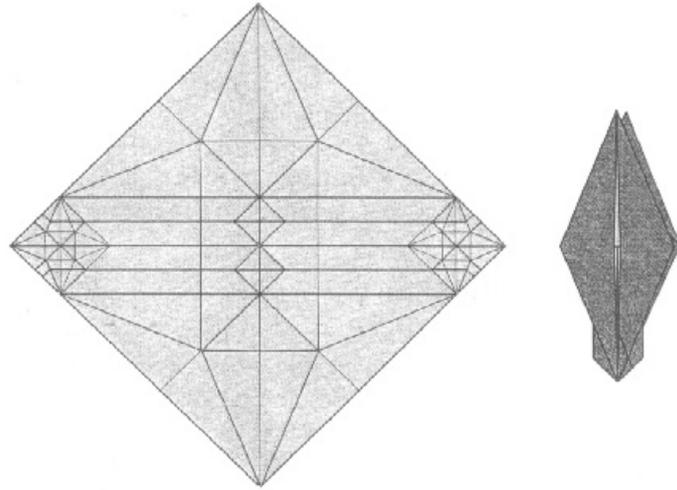


图 6.14。

抗皱模式为一个有条形移植鸟基地。注意周围的小鸟儿基地第四点，折痕不再使用，这一点是不是免费的。

所以，这两个模型模拟结果表明，可以制造文件，添加增强两种方式之一正方形功能，您可以添加文件外周围，或者你可以添加一个地带跨越模型切割。当然，在第二种情况下，就没有必要在实际削减地带的广场和粘贴。您只需在设计从一开始就带。如何广泛的地带？它取决于有多少你需要额外的文件。

它也可以添加多个条。如果，例如，你想要一个有 4 个趾的脚和分裂嘴和尾巴纸张的鸟，那么你可以添加 2 条：一运行一边到另一边，一运行向上和向下。你能设计和褶皱等使用两个过境鸟带？

1 条带直前页应用移植时，如果你想添加脚趾四是从正方形的四个角作了手脚。一个例子是难以抗拒是一个多趾蛙，和逻辑模型，是从传统的日本蛙，这是，当然，从青蛙基地折叠。现在，当我们在前一章所看到的，你可以通过分裂四腿皮瓣多趾蛙，但这种做法不可避免地缩短皮瓣。我们也可以使用添加脚趾移植到传统的青蛙四肢，实现模式，即更加突出的脚趾和腿保持相对较长。

“相对”的概念在这里是关键。嫁接像点分裂，缩短了肢体皮瓣。如果在广场的最终大小是

固定的，我们需要缩小移植前室为基础，让嫁接文件。俗话说，天下没有免费的皮瓣这样的东西。但有一个点之间的人数由分裂而减少差异，从嫁接，在点分裂，分裂皮瓣得到缩减规模，但该模型的其余部分（身体在青蛙的情况下）仍然相同的大小。在嫁接，另一方面，整个模型是按比例缩小，以适应移植，所以该模型的基本比例是从他们的嫁接前值不变。

有两个方面，我们已经看到，以增强其在弯道方：我们可以添加边框移植---运行的所有外部周围---或者我们可以增加 2 条，中间穿越的方式。既可以使用（我鼓励你自己都试一下），但过境带的配置提供了一个创造了一些额外的文件的文件中额外，如图 6.15 所示。原因是，？在传统的青蛙，在纸张的风中在抬头。它总是很高兴能有一个地方，它可以被用于动物的头面部特征的一些额外的文件---嘴，舌头，牙齿---或在树的青蛙的情况下，突出的眼睛。我们可能没有开始设计和眼睛一只青蛙，但如果有机会展示自己，我们做到了。

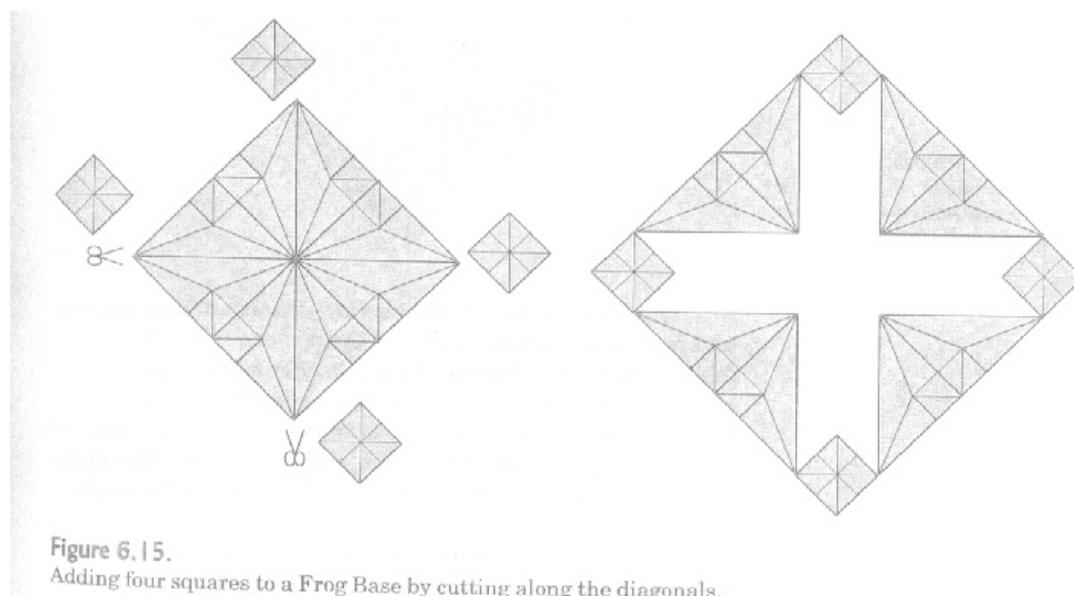


图 6.15。

加入 4 平方到青蛙基地沿对角线切割。

现在，在设计一个脱衣嫁接模式，有一个必须作出决定：多大的小方块是，或者说，加沙地带应该有多宽呢？你当然可以，只需使用试验和错误：尝试更广泛和窄钢带，看看脚走出太大或太小。但还有另外一个应该考虑的因素。保持了该模型的线条干净，最好是使尽可能边排队，即尽可能多的特点，我们将添加嫁接最好符合功能，已经在那里了前嫁接基地。在青蛙的情况下，如果我们作出补充地带作为青蛙基地的皮瓣相同的宽度，将新层的一半青蛙的基础瓣宽度。他们缩小了一半的折叠皮瓣将导致所有排队边，给人一种整洁的外观。因此，

由此产生的折痕模式从我们开始将如图 6.16 所示：

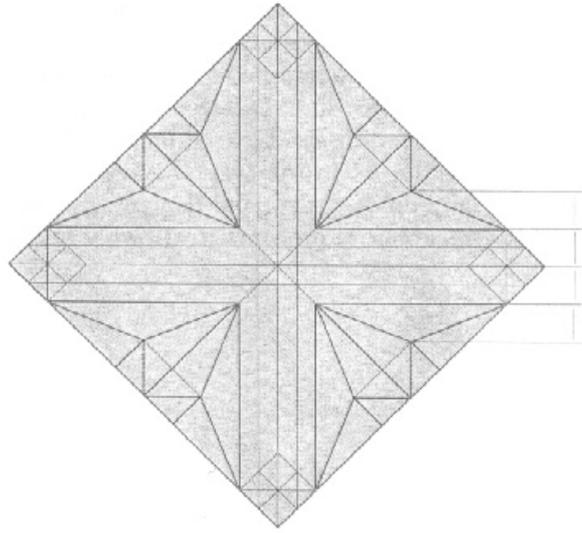


Figure 6.16.
An elegant proportion arises if the dimensions of the smaller square are matched to dimensions of the Frog Base.

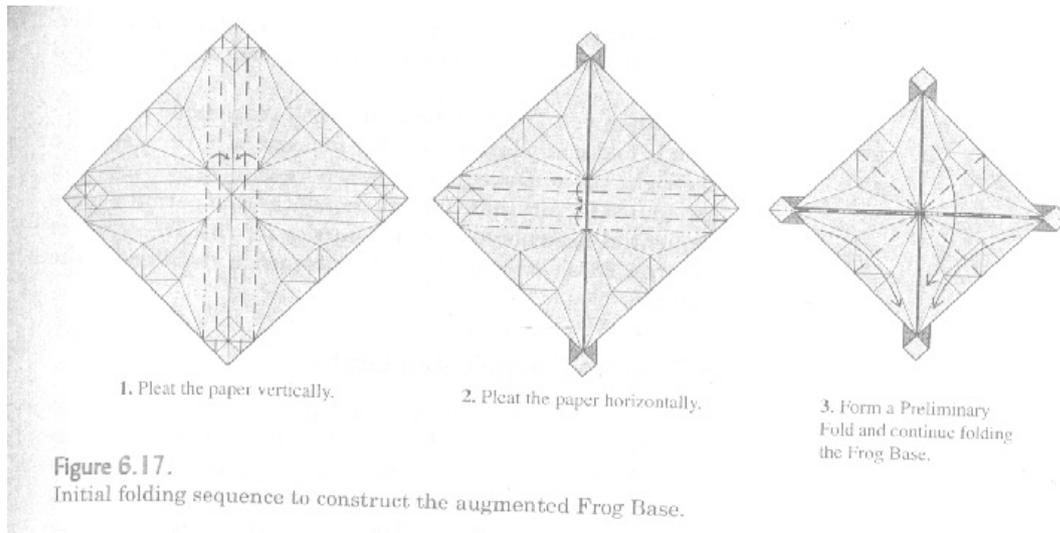
图 6.16。

如果出现一个优雅的比例较小的正方形的尺寸匹配青蛙的基础层面。

还有两个问题：我们如何发现这些折痕，以及我们如何真正崩溃的模式（一é。什么是折叠序列）？坐标的参考点可以从它们的几何关系，数值计算，你可以测量并绘制它们的位置。

（也有可能制定的任何参考点折叠序列，但这个问题，这是相当丰富，其本身，超出了本书的范围。）

折叠的折叠序列，一个好的开端是使文件类似于一个基础，你已经知道如何在这种情况下---折叠，传统的青蛙基地。往往当一个基础工程已被带褶皱的增强只是带折痕的模式，使基地看上去就像是自根，然后进行平方折叠，好象这是一个工作表的所有文件，如图 6.17 所示。



- 1、褶垂直的文件。
- 2、褶的文件水平。
- 3、从初步折叠，并继续折叠青蛙基地。

图 6.17。

最初的折叠序列，构建增强青蛙基地。

这使得在正确的地方所有的褶皱，但你会经常发现，一些深陷层，这与在文件中心的交叉褶皱形成了厚层的情况。在这种情况下，您可能要部分地开展模型分清层（由一个过程被称为折纸艺术家杰里米沙夫尔 **decreasing**）。**decreasing** 完成两件事情：它使所有的访问层，以便能够与其他的功能转向，并通过减少或消除许多层组成的褶皱，它允许层堆叠整齐，给人一种清洁的折叠模型。

当您正在设计，它的合理性和通用性都折叠多层次合作，以落实正确的地方折痕。一旦你知道哪里有折痕，你可以寻找一个备用，允许更多的顺序组装折叠序列；为图 6.18 青蛙树这样的序列是在折叠顺序显示在本章结束。

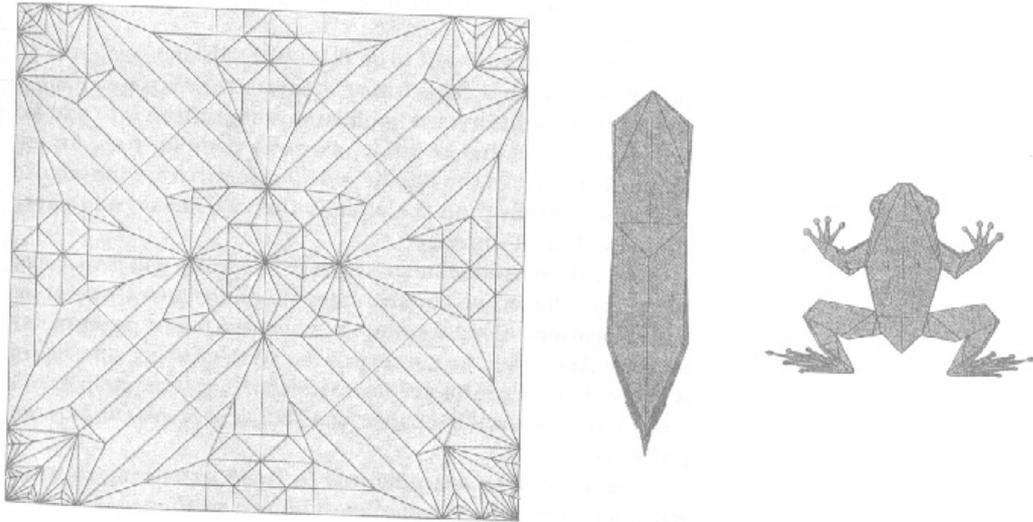


Figure 6.18.
Crease pattern, base, and folded model of the Tree Frog.

图 6.18。

折痕模式，基地，折叠模型树的青蛙。

6.3. 更复杂的移植

迄今为止，我们已经使用嫁接补充文件，一个或更多的正方形角落。我们可以在两种方式，通过添加一个边框移植（运行广场周围的所有或中途纸条），或通过添加一个地带移植（一整个折痕模式裁纸地带）。移植的地带，我们就必须削减为两个或更多片插入折痕模式的地带。它似乎隐约令人不安削减了折纸广场，但你应该习惯的想法：更复杂的削减，以更复杂的移植煽动，准备不久来。

在任何情况下，我们查看了所有到目前为止，添加新的特性的一个广场的角落，但由于只有四个方角，这是非常容易使用枚举的边境地带，并移植到所有可能的方法增加的角落。但是，它也可以使用添加嫁接在一个文件中的边缘。

为什么我们会想这样做？嗯，有一点，不是所有型号来自该文件的角落，花瓣。嫁接的最直接的应用之一是添加额外的文件，振翅的结束，因为我们已经做了脚趾，例如。如果有问题的花瓣尖端来自纸张边缘，而不是中间，那么我们应该添加在边缘中的文件。

并有更多的品种加入文件，沿广场的边缘位置，因为有一个地方，我们沿着广场演出的手术可能无限多。它将是加沙地带，移植手术进行排序;正如我们将看到，边界移植更是远远超过限制地带移植，当谈到加入沿折痕模式已经存在的纸边。

作为一个具体的例子，有一些帮助，让我们来简单的蜥蜴图 6.19 所示（折叠序列，其在这一章的最后给出）。这种模式很适合一起整齐，它的问题，甚至是否应该尝试添加英尺。你给了在论美学很可能无法弥补人们在加入文件的附属物收益。但对于说明起见，我们假设我们想添加一些文件，以获取四腿的脚。

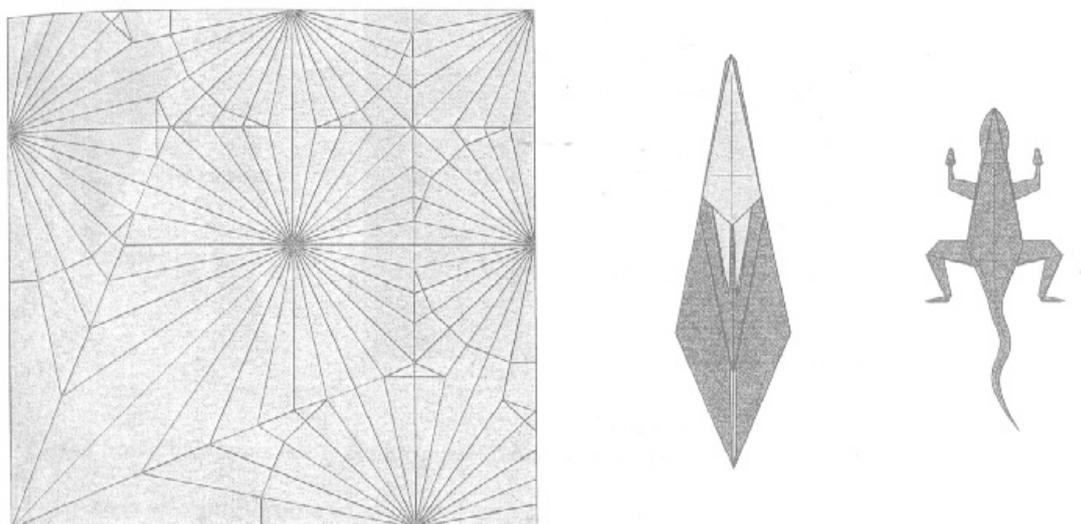


Figure 6.19.
Crease pattern, base, and folded model for the lizard.

图 6.19。

折痕模式，基地，折叠模型的蜥蜴。

现在，我们进入前拆分这个或任何折痕模式下潜，让我指出，简单的折痕模式，就越容易以视觉化的结果的基础结构。因此，它是值得的，消除许多不必要的折痕尽可能从你开始的模式。图 6.19 模式（这是与所有折痕模式表明我的情况下）不显示的每一个模型，这将是过于杂乱，但是只有单折痕折痕用于折叠基地（其中，在案件的蜥蜴，是第一步的折叠序列 36）。

基地显然不是一个完整的蜥蜴，但它所有的基本特征：头，尾，身体和四肢。即使如此，折痕模式仍然是相当有折痕，这一步是因为 36 是忙，我们已做了所有的意见相当狭窄，在

这个过程中引入了许多折痕。

如果我们看看在更早的折叠顺序，我们看到的另一个基地，仍捕获的基本元素（它具有相同的数量和版本的瘦皮瓣长度所有版本），但有一个简单得多的折痕模式，显示在图 6.20。

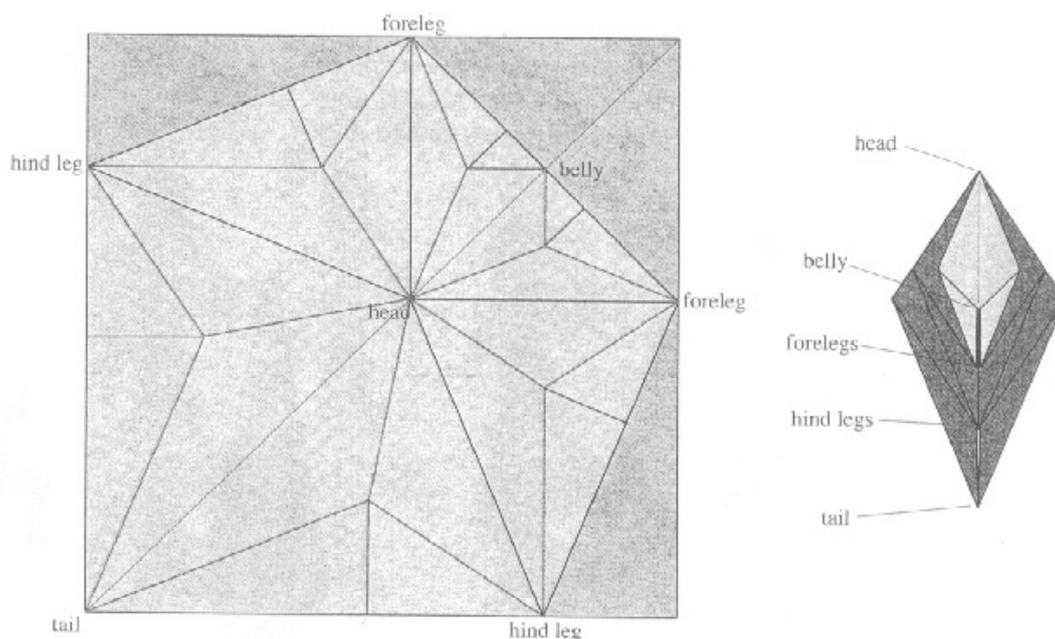


Figure 6.20.
Crease pattern and folded example of the simplified lizard base.

head : 头 belly: 肚皮 forelegs : 前腿 hind legs : 后肢 tail: 尾巴

图 6.20。

折叠折痕模式和蜥蜴基地的简化例子。

另一件事，我在简化折痕模式做的，是无视方是没有必要的基础的部分，由着色绘画，而不是他们在其中任何折痕。在这种情况下，四个角落的三个无法使用。

我们是什么意思“不是必不可少的基础”？一个简单的定义是不必要的，如果你能削减报纸，不会丢失任何皮瓣。在蜥蜴，在左上角对不等边三角形和图 6.20 清楚右下符合这一定义（您可以通过直接实验验证：折叠基地，切断角落，它和复性）。右上角是有问题的，它折痕的蜥蜴白下腹部，原角落都可以被用来制造下颚和/或舌蜥蜴（试行），但如果我们把该基地的主要特点将头部，身体，腿和尾巴，我们可以稳妥地切割出的角落，仍然取得了相同的大小和位置这些功能。

当然，这种不必要的角落，即使他们没有创造新的皮瓣，仍然增加了现有的皮瓣厚度。这可以是一个功能或设计中的一个错误，这取决于是否需要添加额外的文件刚度对皮瓣（功能）或导致瓣分裂，扇之外，或开展（错误）。

现在，我们已经看到，有几种不同的方法来增加脚趾这个蜥蜴。我们可以分裂腿点，虽然在一长的成本。我们可以做一个边境移植它。我们可以做一个地带移植它，在一个以上的方式，因为它原来。但是让我们在试图边界移植先看看，不是因为它最好的作品，而是因为它不工作都非常好。在折纸设计，理解为什么一个设计技术不工作，有时比折叠一个作品的价值。

出发，与上一节的鸟的脚，让我们试着加入一个小鸟儿基地，以便对每个尖端的四腿，如图 6.21，其中，通过类比推理，应该给我们四个每只脚脚趾所示。

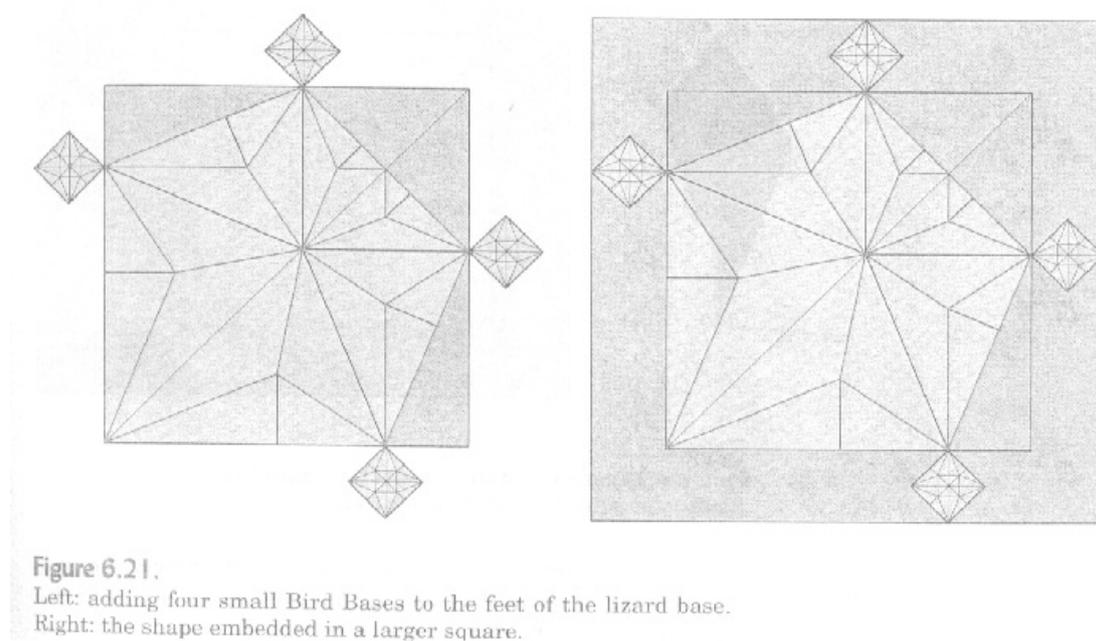


图 6.21。

左：加入 4 个小型鸟基地，基地的蜥蜴的脚。

右：在一个较大的方形嵌入形状。

首先是从这个站的建设是我们增加了一个惊人的大量的不必要的文件的除了不必要的文件，已在四个角落有三个模式（）。基本上，关于图 6.21 是正确的颜色区域的所有不必要的。第二件事情的重要性---这是不对的，但可以从该模式的考试确定---是它原来是不可能的折痕添加到以任何方式，允许四色区“脚趾“(鸟的基地提示)走到一起。

如何，你可能会问，才能如此肯定不可能？由一个小思想实验：一个假想的基础操作，因为如果确实存在这样的基地。如果我们有这样一个基地（同爱的蜥蜴基地，但与所有四个脚趾一起在尖脚），那么我们就可以操纵襟翼作为原蜥蜴基地皮瓣相同的方式。特别是，我们应该可以操纵到作为究其步骤为折叠序列蜥蜴安排不变 19 瓣。这项安排是在图 6.22 所示。

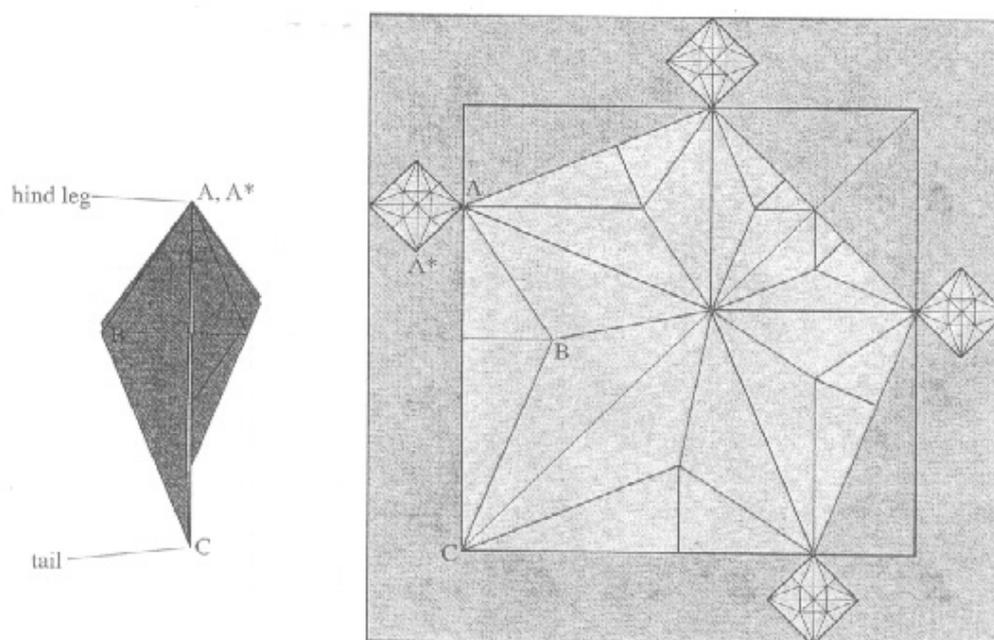


Figure 6.22.
 Left: a configuration of the flaps of the lizard base.
 Right: a possible partial crease pattern.

hind leg: 后腿 tail: 尾巴

图 6.22。

左：一对蜥蜴基地皮瓣配置。

右：一个可能的局部折痕模式。

现在，就在图 6.22 左边图片显示的基地之一可能安排与该模式的折痕由一个角落，B 和 C 表示三角形之一。该基地可能不完全是这样，当然，在我们增加了额外的文件可能会创造更

多的层，掩饰，隐瞒原蜥蜴基地襟翼，但延长基地内的某个地方，我们就会有原来的蜥蜴基地。并在此折叠配置，三角形 **ABC**，这是部分在原有的基础单位。

让我们问一个问题：如何从远点 **C**（尾）至 **A** 点（脚趾的腿/1 顶）吗？答案是显而易见的，从数字；因为三角形 **ABC** 是平均折痕模式和折叠基地，距离等于线段长度的交流。呼叫这个距离的 **X**。

如果我们假设所有的后腿腿的脚趾是在 **A** 点在折叠的基础上，然后脚趾标志着折痕模式 **A*** 必须是其中之一在一起。因此，也必须分开尾巴 **C** 点的距离相同的 **x** -----折叠形式。

现在让我们来看看背面图案折痕，很明显，点 **A*** 是有点接近点比 **A** 点抗皱 **C** 型。在这样的折痕模式，从 **A*** 至 **C** 的距离小于 **x**。在折叠的形式，它等于 **x**。因此无论在彩色区域折痕模式，它增加点之间分离的 **A*** 和 **C**。

但这是不可能的。拉伸或缩短，有没有办法折叠一张纸，它可以增加两点之间的距离。折叠只能减少这个距离，目标是不可能实现；没有折痕设置添加到边境移植，使所有四个基点来鸟在腿皮瓣尖端在一起。

因此，在边境移植让你添加一个鸟基地，一个正方形的角落，他们不容许被添加到相同的方式边。

更重要的是，我们已经触及了折纸设计：距离之间的关系非常深刻的概念，折叠和展开的形式。正如我们看到了点分裂，它是关键，理想的分割设计，在折叠的基础研究距离和折叠模式可以显示什么是可能的和不可能，并提供了重要的指导折痕位置。而我们将看到在后面的章节，这种关系构成了一个完整有效的折纸设计的数学理论基础。

在上述的例子，点标有 **A*** 是导致该问题之一。如果我们只是想两个脚趾？然后我们可以使用一个边界移植了带有两个瓣鱼基地？嵌入式折痕模式见图 6.23。

这种模式并不像前面的例子包括任何矛盾的假设，如果你画出来，你会发现你可以添加折痕，

实现两个在每个脚尖瓣蜥蜴基地。

但如前所述，边境移植是相当低效率，无论如何，我们有一个执行的其他可能的方式移植：
移植到加沙地带的模型一地带切割它拆开，插入带材（第削减之间的边）。

在加沙地带移植，我们在树青蛙的，我们从中间切断每个---更具体瓣，沿对称线明显。我们
应该在哪里削减这种模式？蜥蜴皮瓣没有完全一样的左右对称，但在必要的折痕模式（中央
轻五边形），每瓣有作为树蛙皮瓣相同的一般结构如图 6.24 显示。

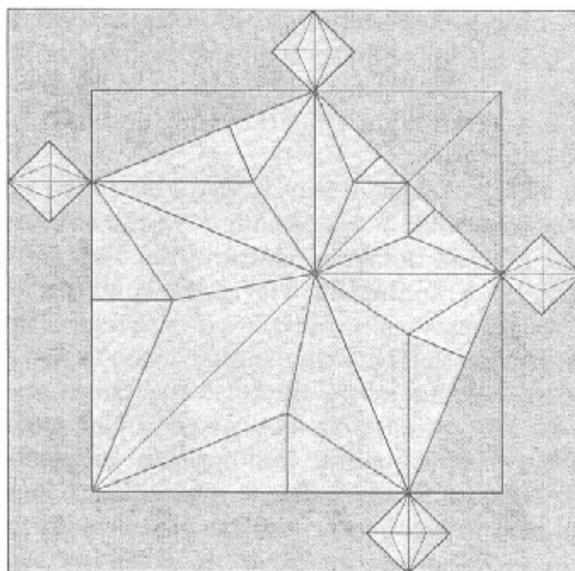


Figure 6.23.
Embedded crease pattern for a
border graft using four Fish
Base points.

图 6.23。

嵌入式边界折痕模式移植用鱼基地 4 个百分点。

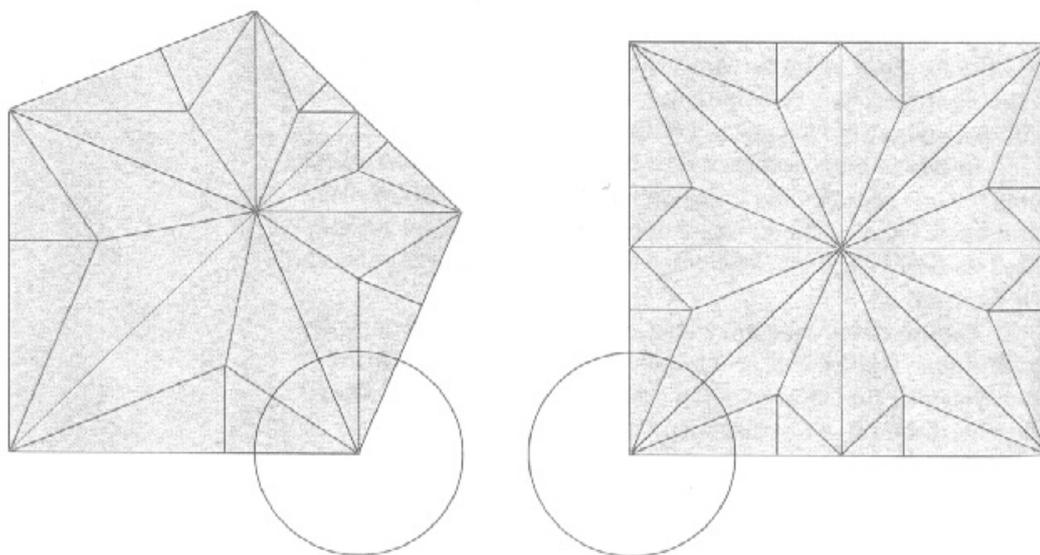


Figure 6.24.

Left: crease pattern for the lizard base.

Right: crease pattern for the Frog Base. Observe that the flap in each case is composed of four wedges.

图 6.24。

左：折痕模式为基础的蜥蜴。

右：抗皱模式为基础的青蛙。观察到，在每个案件皮瓣是四楔组成。

每瓣组成，由山折叠和谷折叠交替分隔的四个方面。青蛙在树上，我们沿着中央山脉分割每瓣倍。在我们的蜥蜴的例子，我们可以这样做。如果我们沿着一条折痕 1 分瓣，那是一个非常简单折痕建设对插入的地带，很容易普及到任何皮瓣，这是在图 6.25 所示的数目。每个地带分为平行褶，每个脚趾之间的差距之一。对褶，然后反向折叠分开个别脚趾结束。

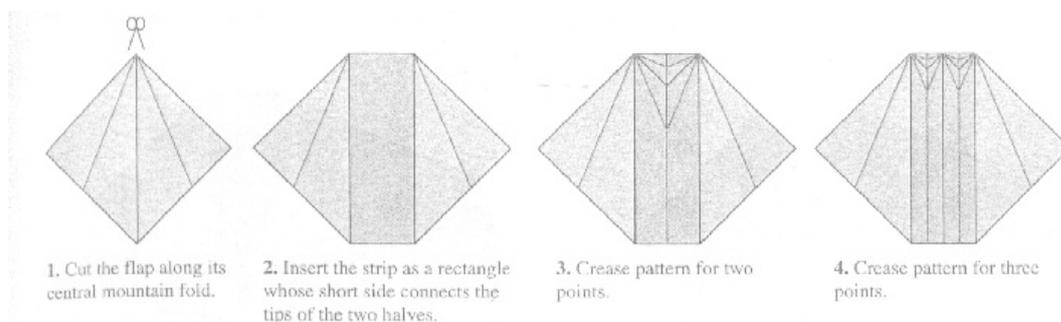


Figure 6.25.

Cut and insert a strip of paper to split the flap into two or three smaller points.

- 1、削减沿中央山脉皮瓣折叠。
- 2、插入一个矩形的短边相连的两半的秘诀加沙地带。
- 3、折痕模式为两点。

4、折痕模式为 3 分。

图 6.25。

剪切和插入一个纸条，分裂成两个或三个皮瓣。

因此，我们需要做的是削减沿着山褶皱在每个插入矩形瓣和高新区，将成为很多点，因为我们希望脚趾细分。

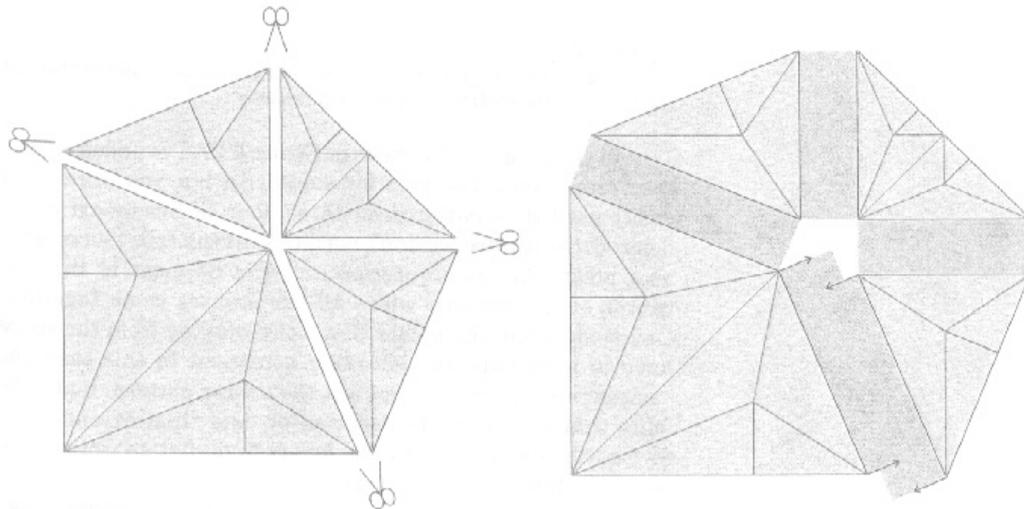


Figure 6.26.
Left: the lizard base, cut along mountain folds.
Right: with strips inserted.

图 6.26。

左：蜥蜴的基础上，沿着山褶皱削减。

右：试纸插入。

图 6.26 显示的图像的剪切 - 插入进程。然而，一个问题出现了：它是不可能得到所有的条线了。当你在正确的图片看到，只有 3 条出四个矩形可以对齐的折痕模式的作品。

这个问题是可以解决的，但是，通过使更多的削减和增加一个向下的尾巴中间地带。我们不需要划分的尾巴（叉尾蜥蜴是相对较罕见），但在这种情况下，该地带是必要的，使整个移植工作了。

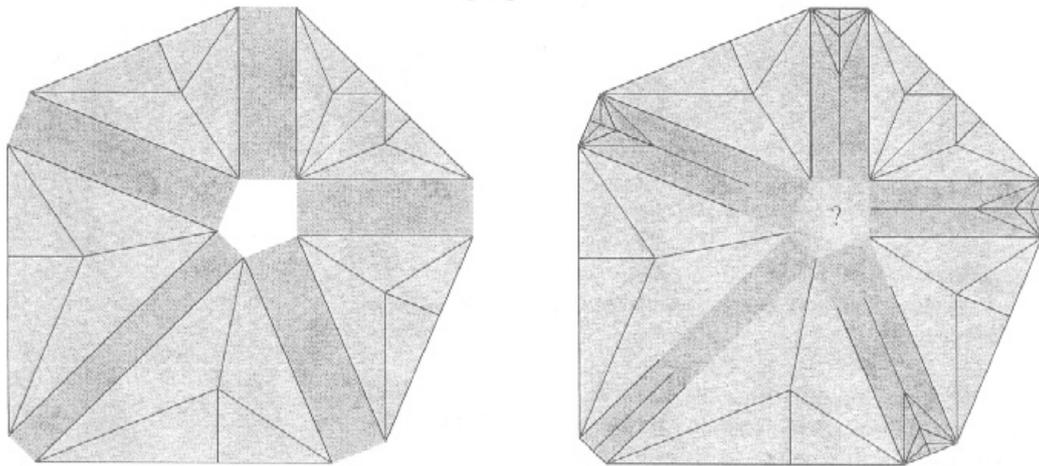


Figure 6.27.
 Left: the dissected pattern with an additional strip down the tail.
 Right: starting to draw in the strip creases.

图 6.27。

左：用下来的尾巴额外地带的解剖模式。

右：开始在加沙地带绘制折痕。

在图像上图 6.27 的右边，我已经添加了皱纹，创造简单只有两个脚趾，但你可以很容易地用于三，四，五个脚趾条形图案，如果你愿意的话（而且因为我们不需要分割的尾巴，我已经离开它作为一个褶。）一个悬而未决的问题是：在什么模式时，所有的皱褶走到一起的中心发生？显然，我们的褶皱带是从决策都必须终止对方不知何故。在这种情况下，最容易做的，是切出双眼皮的模式，使我们知道了褶皱的位置，然后向中心扩展他们，迫使层，平躺，当您去，结果显示在图 6.28。

最后，要回一个正方形的形状开始，我们嵌入一个正方形，这在图 6.28 的结果，这种非同寻常的权利格局多边形。我将离开到一个作为你练习趾基地的这种模式折叠。1 你可以享受更多的运动是如何工作的加沙地带为折痕模式，数目更多的点满足他们走到一起。

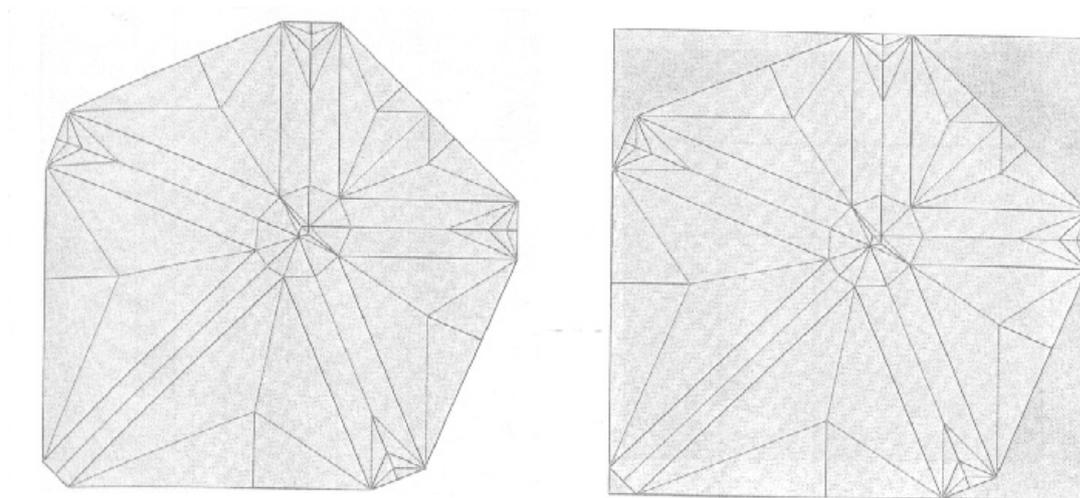


Figure 6.28.
Left: crease pattern with the strip creases extended to the center.
Right: resulting pattern, embedded within a square.

图 6.28。

左：加沙地带与折痕折痕模式扩展到该中心。

右：产生模式，在一个方形嵌入。

当我们发现的树蛙，褶皱的地方走到一起创建几个小中皮瓣；这些可以很容易地把眼睛转向或其他面部特征。事实上，中皮瓣不必只是一个副产品，你可以通过加入地带折痕模式移植到皮瓣中故意。

这是不是唯一的方法来添加地带移植。在这个折痕模式的缺点是，虽然各点在前腿年底就在广场的原料优势在于，在一些观点上的后腿中间瓣---他们从内地来的文件，这意味着他们的两倍 s 厚的人。如果我们用一个沿边缘地带移植获得 1 点集合时，必须垂直地带的边缘（因为它是在前腿是），以确保所有的边缘点。

嗯，没有什么说是我们必须削减现有沿折痕插入地带移植。这是完全可以接受的跨越折痕，折痕构成了带钢的褶皱，然后折原模型，如在图 6.29 所示折痕模式。

但比这更浪费它需要。一褶皱，一旦开始，一直保持在同一方向传播，直到它击中别的东西，你不能改变一个孤立的褶皱方向。当然可以交叉褶皱不改变方向，如图 6.29 所示。但是当两个褶皱碰撞，这是一个机会让他们凝聚成一个单一的在一个不同的方向运行褶皱，从而降低了补充文件总量。因此，我们可以通过传播从广场和没有，当他们相遇，我们可以发送了一个

新的褶皱，连接两路口的边缘褶皱外来移植的地带设置简单得多。由此产生的模式，这是更为高效的文件，如图 6.30 所示。

我应该指出，在原基地的折痕线实际上传播到褶皱，我已离开那些图 6.30 在明确利益而进行的。再次，我会鼓励你制订了这一模式，折叠成一个蜥蜴和/或扩展的模式，以更大的脚趾数目。

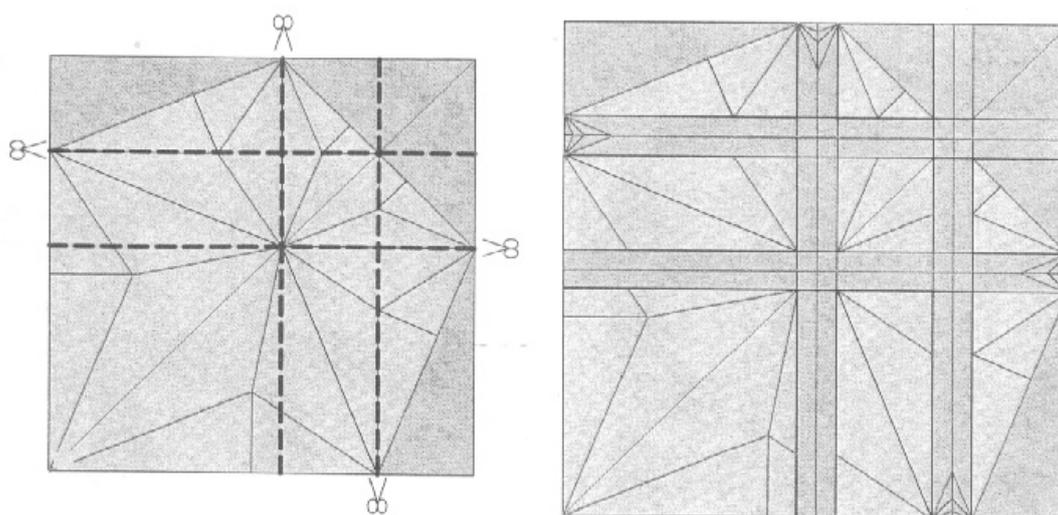


Figure 6.29.
Left: cut lines for strip grafts perpendicular to the edge at each foot.
Right: the embedded pattern, with partial strip creases.

图 6.29。

左：移植的条形切割线垂直于每个脚边缘。

右：嵌入式的模式，条带折痕。

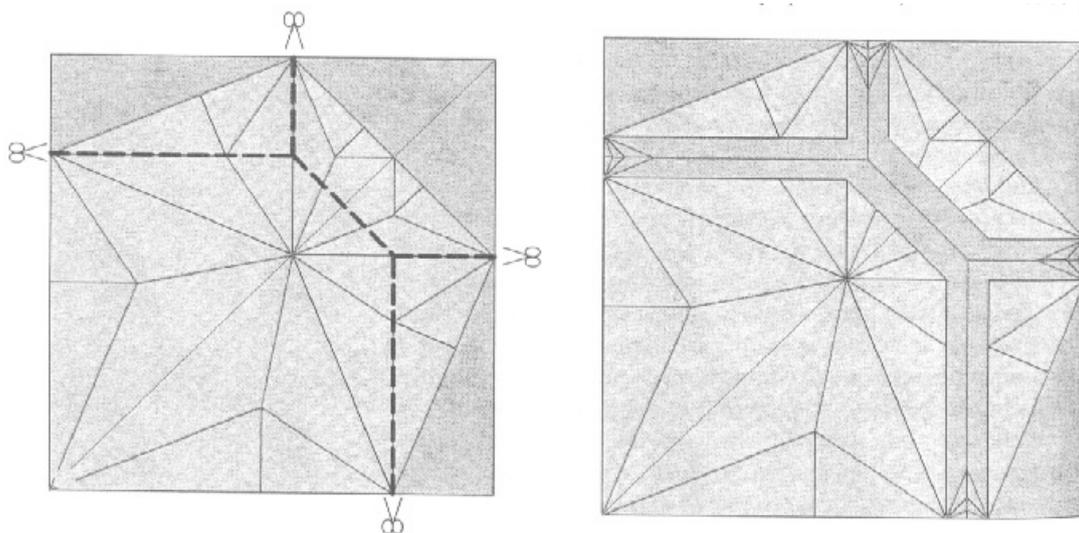


Figure 6.30.
Left: cut lines for a simplified strip graft.
Right: grafts inserted.

图 6.30。

为简化地带移植左：截线。

右：移植物插入。

6.4. 更多的应用程序的移植

对边境地带的用途和更愉快移植之一是一个旧模式注入新的活力。有一个日本传统剧目虾设计，折叠从鸟基地，这是优雅而备用。简单地增加对双方边境移植允许一个较大的补充和分离爪尾，使一个受尊敬的小龙虾，如图 6.31 所示。我鼓励你把它折叠和尝试一下。结构很简单，你应该能够从它的折痕模式单。折叠模型如图 6.31 仍然是相当轻微；收窄爪，加入进一步形成褶皱，你应该能够产生相当现实的模型。

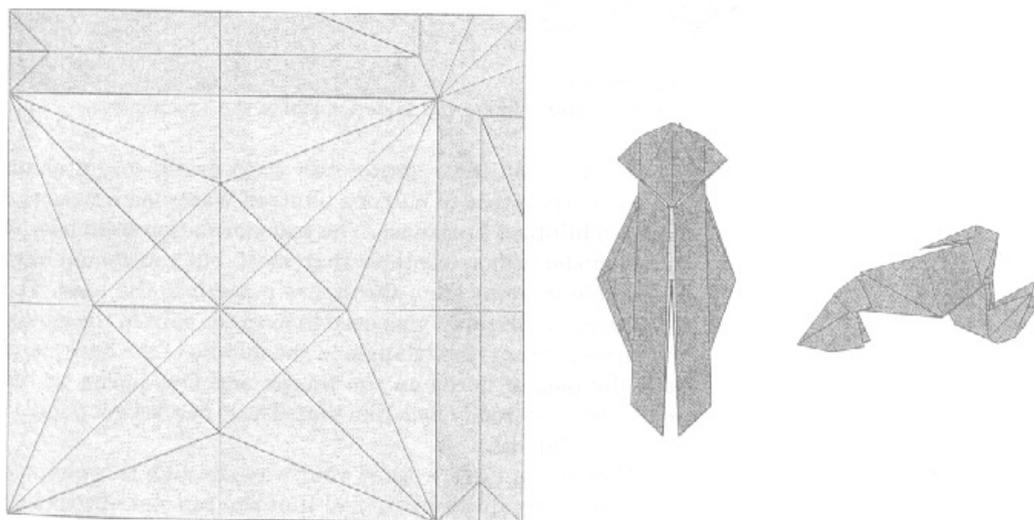


Figure 6.31.
Crease pattern, base, and folded model of the Crawfish.

图 6.31。

折痕模式，基地，折叠模型的小龙虾。

带钢移植可以得到相当复杂，实际上可以包括在该模型的文件最。图 6.32 显示了折痕模式
 树料斗，一个昆虫种类的基础，这地带移植用于从一个折痕在每年年底（皮瓣 3 点注意分
 裂的一个理想模式相似的折痕的话）。我已经强调了在模式地带移植。如果你切断了加沙地
 带和对接，其余的两半在一起，你会遵守基本的基础：一个简单的拉伸鸟基地改造。

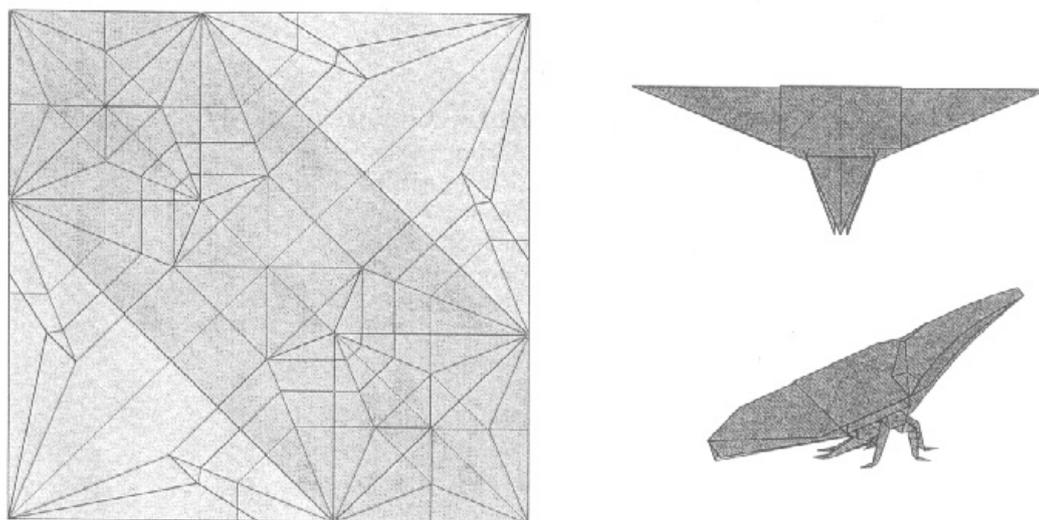


Figure 6.32.
Crease pattern, base, and folded model of the Treehopper.

图 6.32。

折痕模式，基地，折叠模型树的漏斗。

图 6.33 合并成一个 blintzed 否则青蛙基地两半组成的形状移植地带。从基地转变为折叠模型比最复杂的，但你应该有从折痕模式将基本没有问题。在分裂额外的文件被使用，形成了翅膀分裂，mesocentrum（在背面的中间三角形），都在对角的胸部和头部四（是喇叭，他们看起来真的很喜欢。这些甲虫是受欢迎的宠物在日本）。

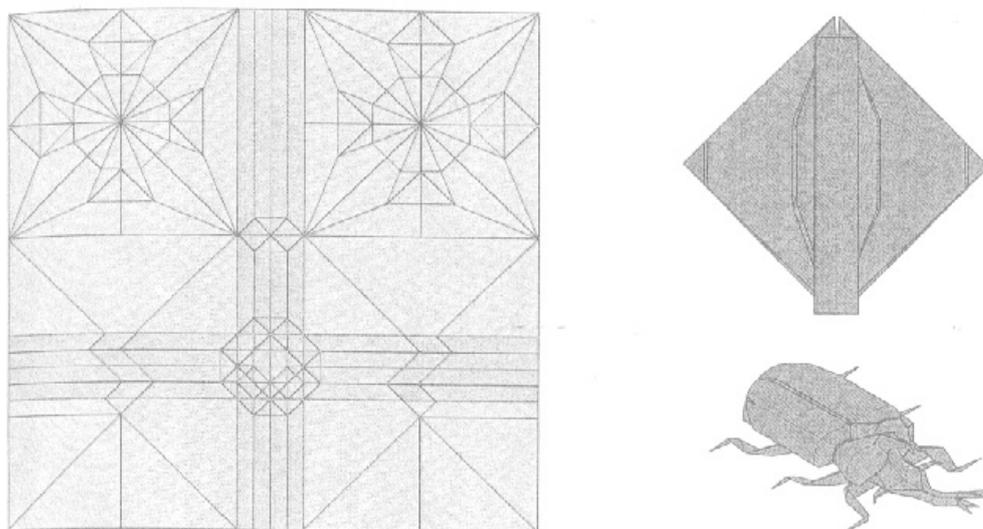


Figure 6.33.
Crease pattern, base, and folded model of the Japanese Horned Beetle.

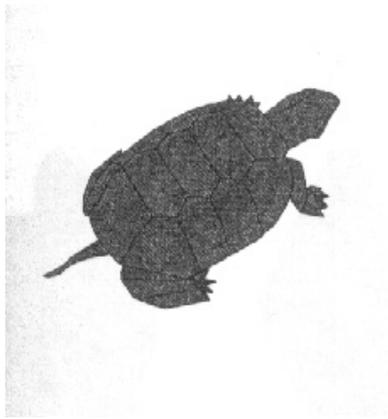
图 6.33。

折痕模式，基地，折叠的日本模式天牛。

现在如果你有你的工作方式，通过本章到目前为止，您可能会觉得很可能是脚趾概念已经彻底屈服痛宰。它未能替，只有一个设计，可以受益于小点集群除了已经存在的皮瓣有限的数目。脚趾头，爪，手，羽毛，角都有一个地方，但离开折纸主题内容绝大多数不变。但通过这些工作的具体例子，你现在看到嫁接基地背后的更大的世界的基本概念。

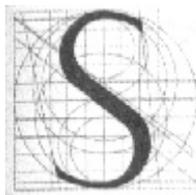
既可以有效地嫁接在一个折纸切割和接受的方式粘合。但它更多：利用嫁接使用，一开始需要在折痕模式和前瞻性的折痕模式件作为独特实体带来一项特殊功能的折纸模型：一个皮瓣，皮瓣一个侦探，一个开放的空间。通过切割和组装成新的基地现有的基础件，你可以摆脱了传统僵化的等级制度，实现了基地的全新定制基地，此外，您可以选择性地添加图案和纹理，以全部或模型的一部分。我们将学习这两种技术在未来的一段。

（第六章完）



7 Pattern Grafting

模式嫁接 7



简单嫁接一走纸或带周围的传播从纸张的边缘向内边界（整体或部分）的形式。加沙地带移植你见过迄今使用褶皱添加沿着广场边缘的文件，以消耗附属物。但它也可以使用该模型的其他功能，为自己的褶皱例如，创建一个在广袤的纸张模式。在所有可能的世界上最好的，可以补充褶皱，无论创造附属物多余的纸张，开创了该模型的其他有用的模式。这样，添加的文件都作出了贡献的整体模型。

7.1。 褶模式

对于这种近乎理想的候选人为两的 - 价格的 - 一个设计是乌龟。有许多折纸龟---不是因为有很多大象，但仍然有不少---几乎所有这些都顺利。但板块对龟的壳模式是超越了壳本身的过程中，存在动物（特色），在最近几年，一些设计师已经作为一种挑战折叠的一部分，有关板块模式它外壳用不同的结果。嫁接用地带，它是一个相对简单的过程添加褶皱到 1 否则滑壳壳龟的设计，以创造出板的固有模式。作为奖励，我们可以利用褶皱细节，以增加该模型的其他部分。

（有一段英文不清楚，所以没有译文）

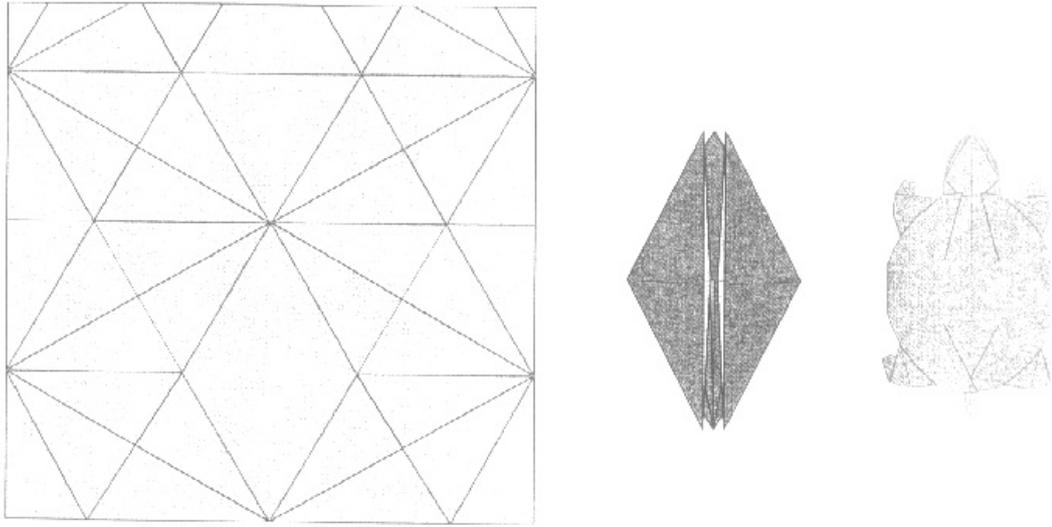


Figure 7.1.
Crease pattern, base, and folded model of the Turtle.

Figure 7.2.
The Turtle shell, with a shell
pattern overlaid.

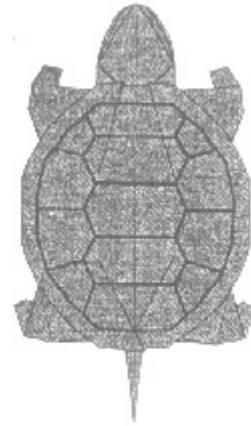


图 7.2。
龟甲，其外壳多模式。

我们可以用移植复制运行的纸条组成，沿铁路线每一条褶皱的花纹；折叠的褶皱边，然后将产生的外壳图案。但如要在折痕的褶皱模式去？一个合理的方式进行设计，是折叠简单龟，绘制图案，背面板，然后开展外壳，以了解该模式分立，在开展广场。结果显示在图 7.3。

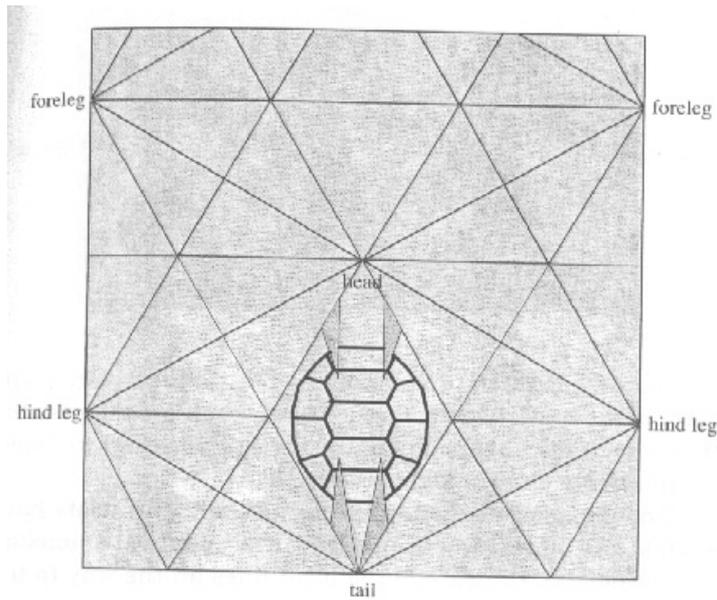


Figure 7.3.
The unfolded square with the shell pattern placed on the region that becomes the shell. Note that the colored wedges are concealed by pleats in the folded model.

Foreleg: 前腿 hind leg: 后腿 head: 头 tail: 尾巴

图 7.3。

在开展与该地区成为壳置于方形的外壳图案。注意，有色楔子是在折叠模型褶皱掩盖。

现在，我们可以复制这直接与褶皱，但引人注目的一间精确复制和线优雅的平衡，它通常是可取的简化模式，侧重于一种独特的线条数量较少，而不是绝对的和线凌乱的观众注意。它是让清洁的视觉愉悦和折叠模式，使模式相当对称的。因为折痕模式本身具有很强的 60 度角对称的，它是不是不合理采取这一模式为对称的褶皱，以及，因此我关闭，如图 7.4 所示的简化褶格局。

简化是双重的：首先，我躺在迫使所有线路在 60 度，这使得它们配合在模型的其余部分的线条倍数增长，我也消除了所有的方式去解决线椭圆形，心想，我这可以创造最多的壳成品形状的边缘折线。已只剩下 3 宽六边形，加上他们远离辐射来自 10 个褶。决定力线运行在 60 度的倍数是审美，它移动的路线远离大自然的线条更加均匀分布，而是通过保持到底层折痕自然对称格局，我们创造出偶然结盟的可能性的折痕，领导（我们希望）一个较为优雅的折叠方法。

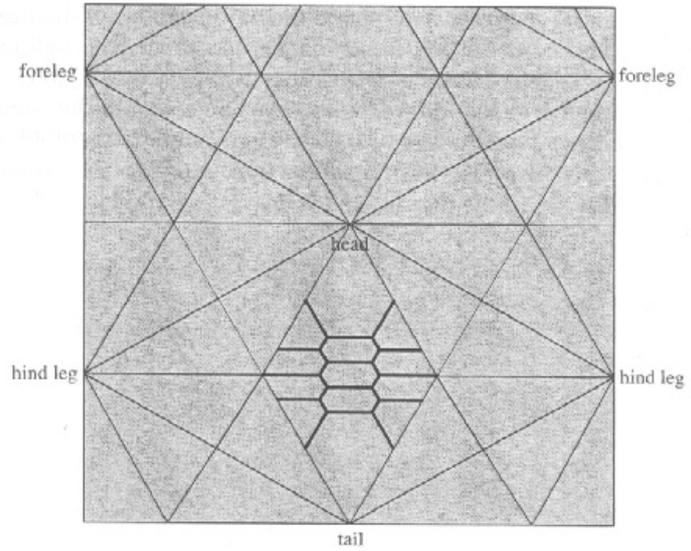


Figure 7.4.
The desired pattern of pleat lines on the shell.

图 7.4。

壳上的褶线所需的模式。

褶皱只需要在外壳，但褶皱必须在其他传播褶皱交界处一直到 1 边（或终止），所以我把所有的褶线的方式向纸张边缘如图所示 7.5。

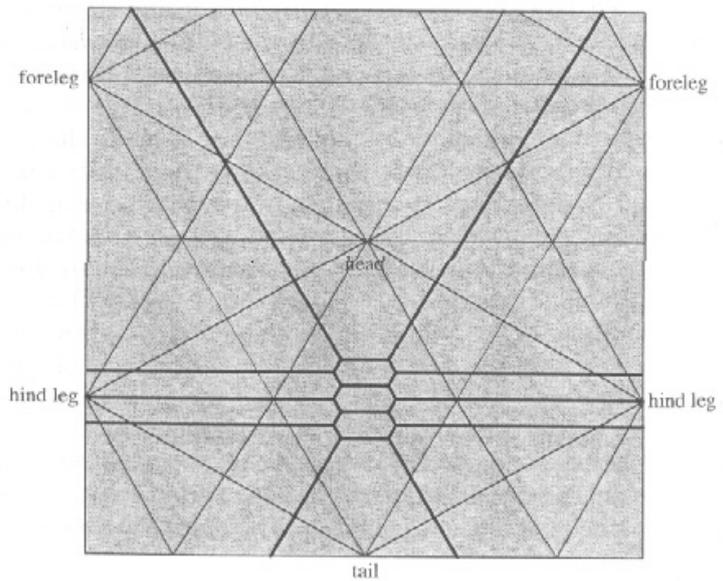


Figure 7.5.
The shell pattern, with pleats extended to the edges of the paper.

图 7.5。

壳的模式，扩展到纸张的边缘褶。

形成褶线，我们需要给褶皱宽度有限，我们所（有效）削减折痕模式除了在折痕线和插入有限 - 纸宽条，如图 7.6 所示。

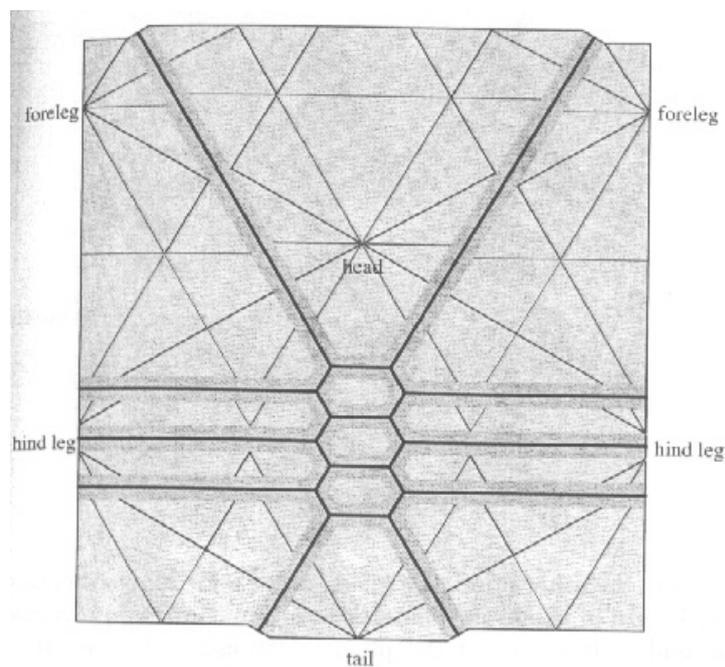


Figure 7.6.
The crease pattern with paper inserted for pleats.

图 7.6。

与纸张的褶皱插入折痕模式。

由于褶皱一些受欢迎的一个角度，当我们插入有限宽度褶皱的纸张边缘，本文不再成为广场。我们将修补程序在一分钟。但首先，让我们看看我们可以做更多的事情与这些褶皱。已观察到一褶安打的附属物（后腿）一纸的边缘。这将允许我们使用的褶的文件作出票友后足（与脚趾，例如），这纸免费的午餐。如果我们要添加文件，后脚，我们不如做前面脚是相同的，所以我又加广场附近的中散发出来的脚在前面，顶部褶，如图 7.7 所示。

将有褶皱来装饰外壳和生产更复杂的脚，该文件的总尺寸已成为大致长方形。取回一个广场，我们会增加更多纸张沿两侧，或者我们可以切断顶部或底部一些。回首原来折痕模式，还记得，小片沿广场之上运行是不用于任何在原基础。这样我们就可以砍下来，而不会失去任何东西的基础，我们可以从一个折叠矩形的宽度是高度比原来短龟。

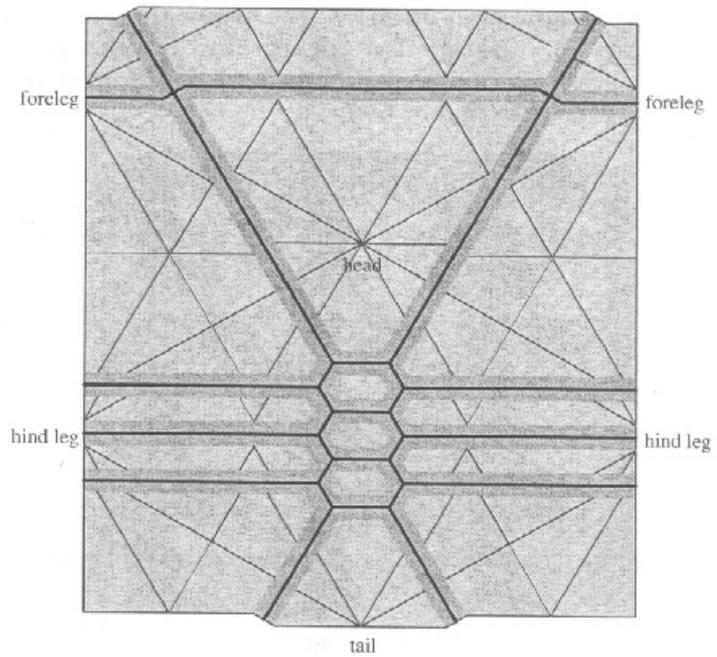


Figure 7.7.
The crease pattern with pleats
for both front and hind feet.

图 7.7。

同为前，后脚褶皱防皱模式。

另一方面，我们添加了褶皱增加了广场的身高比他们更增加了它的宽度。如果我们仔细选择褶皱的宽度，我们可以安排事宜，以便将唤起注意（从褶皱）和丢失的高度起飞顶端地带（）正好相互抵消，导致在一个完美的正方形再次，如图所示在图 7.8。

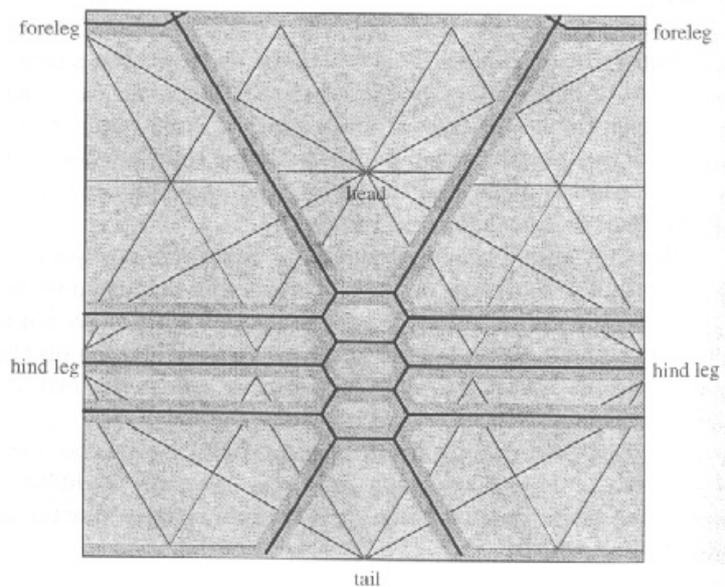


Figure 7.8.
The final crease pattern, back
to square and with strip grafts
for shell and feet.

图 7.8。

最后的折痕模式，又回到原点，并与外壳和脚地带移植。

现在，我们可以形成褶皱创建外壳并使用多余的纸张如褶皱的边缘，使打击更详细的脚，结果把一个简单的模型到一个新水平。

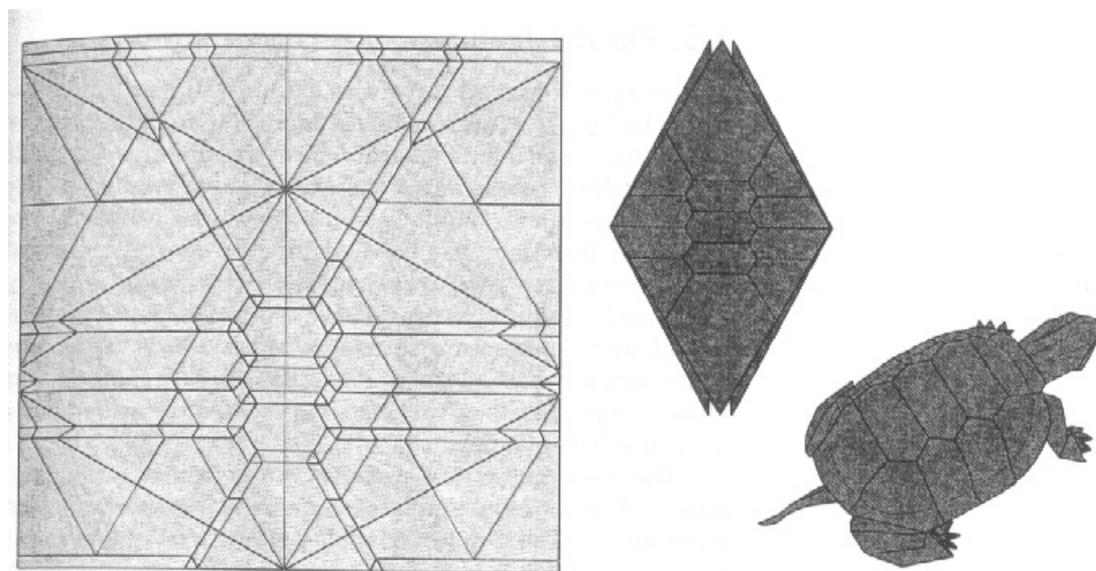


Figure 7.9.
Crease pattern, base, and folded model of the Western Pond Turtle.

图 7.9。

折痕模式，基地，折叠模型西部池塘乌龟。

我把这种多重交叉使用褶皱带嫁接。虽然您可以使用任何褶皱移植模型添加更多的细节在这里和那里，总是有一种审美的平衡这种手术：是添加额外的复杂性和纸层由成品外观合理的结果？这个平衡点是，最终，是个人品味的问题。然而，当你变得更习惯于折叠复杂的结构和/或细节，将复杂的认知负担过与该文件夹的经验而减少。如果你可以使用多种用途的附加褶皱（我们也同时创建壳模式和更详细的脚），以消除或在原来的基础效率低下（这也是我们在这个例子一样），则平衡将更多很多时候，在尖端的详细方向。

大多数应用程序的移植有助于创造不同的花瓣或附属物，但龟板是一个有点不同，在这里我们不是花瓣；我们正在创造一个图案的表面。这将打开成折纸模型的可能性较大范围：代表的模式纳入学科具有强烈的质感视觉冲击力。当我们与乌龟一样，我们可以创建纸上折叠前的数字，或纹理和覆盖它（更好的）纳入折叠，创造了把折叠，创造了该模型的其余部分的质感。

7.2。褶纹理

作为折纸艺术本身质地的概念是由法国艺术家广泛地探讨和文件夹在 20 世纪 80 年代让克劳德科雷亚。科雷亚通过创造穿越电网技术褶，然后操纵过剩褶纸在路口创建。而科雷亚的工作主要是抽象的，该技术已通过了几个代表性的艺术家结合折纸纹理；1 月初由约翰理查森刺猬用划线褶皱就一个三维体的短刺网格。这项技术可能达到其顶点在埃里克 joisel 的穿山甲，在跨越不同规模的褶皱创造了一种原始的食蚁兽规模的机构。

一个模式移植的基本概念是建立一个定期的折痕模拟模式中的一些题目规律存在。最简单的方式是通过在一个方向上形成连续的平行褶皱，然后再在 90 度到第一，这创造了一个正方形网格（或者，根据您的方向，钻石）。由此产生的模式类似于规模，这也许是为什么多数图案的主题往往是鳞片状：蛇，龙，缩放食蚁兽等等。

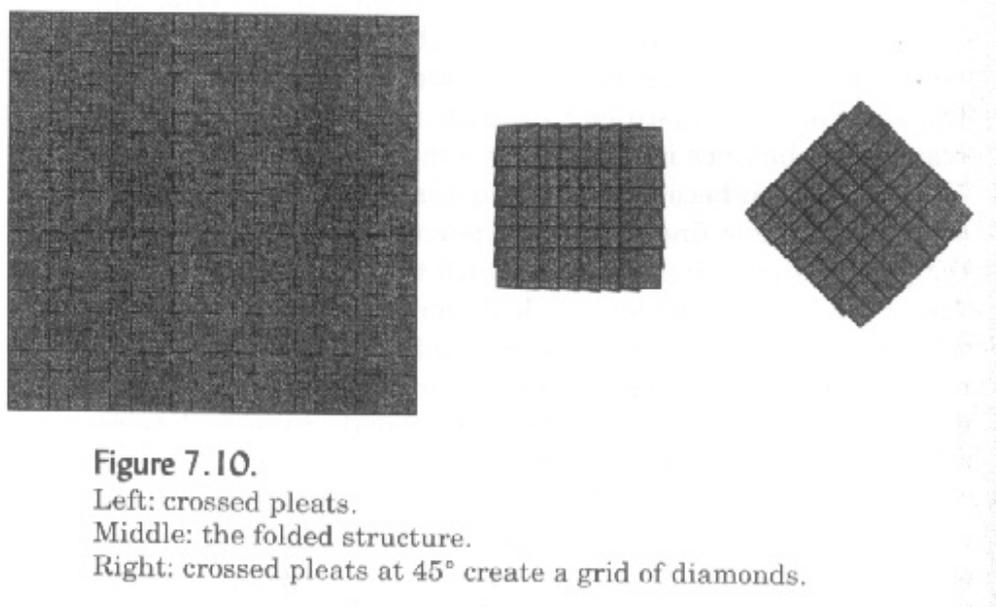


图 7.10。

左：交叉褶皱。

中：折叠结构。

右：在 45 度交叉褶皱创建一个钻石网格。

有没有什么可以说，不使用其他模式，但是，它可以采取许多方式，创造定期瓦片，其中褶皱折纸交涉。折纸艺术家克里斯钾。帕尔默曾一手创建的做法刚好是一整折纸风格。折纸的代表性，但是，有一个模式可以创建只限于那些类似于一些问题，这往往已经有相当简单的模

式。平方或钻石网是直截了当：利用褶皱交叉套。它也可能使电网的三角形和/或六边形（你看到了在龟壳后者小片），但这些是有些难，因为他们需要 3 倍的褶不同方向进行交互。

模式，或纹理，为示范嫁接通常会被在主题模式决定的。一个主题，这似乎是一个自然的加弹鱼：像以前做蛇，龙，鱼有突出的规模。我们将使用一个特定的模式---一个鱼锦鲤，或日本鲤鱼 - 来说明添加纹理模型和设计考虑，随之而来的一些进程。

最简单的方法来创建一个模型纹理是选择一个模型从一个正方形折叠式简单的版本，然后添加到纹理在这样一种方式，它仍然广场和模式最终在适当的部分暴露方方在折叠模型。我们所做的这乌龟，我们可以用同样的方式，以锦鲤。这一过程开始于一个课程模式：我们将使用锦鲤图 7.11，这是由一个正方形折叠说明。（这锦鲤是把风筝的基础上修改边界移植创造鳍和尾巴较长创建，你能确定在原有的基础和移植？）。

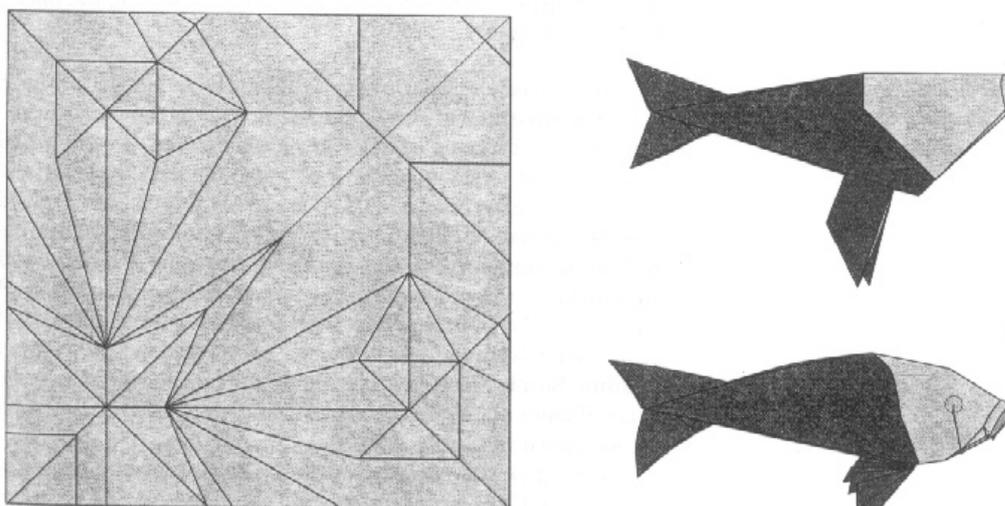


Figure 7.11.
Crease pattern, base, and folded model of the Koi.

图 7.11。

折痕模式，基地，折叠模型的锦鲤。

所以，现在，让我们来看看什么样的模式类型，我们会在这个设计付诸表决。鱼有重叠的鳞片独特的模式，这是非常接近的重叠半圈，类似于图 7.12 所示的花纹图案。

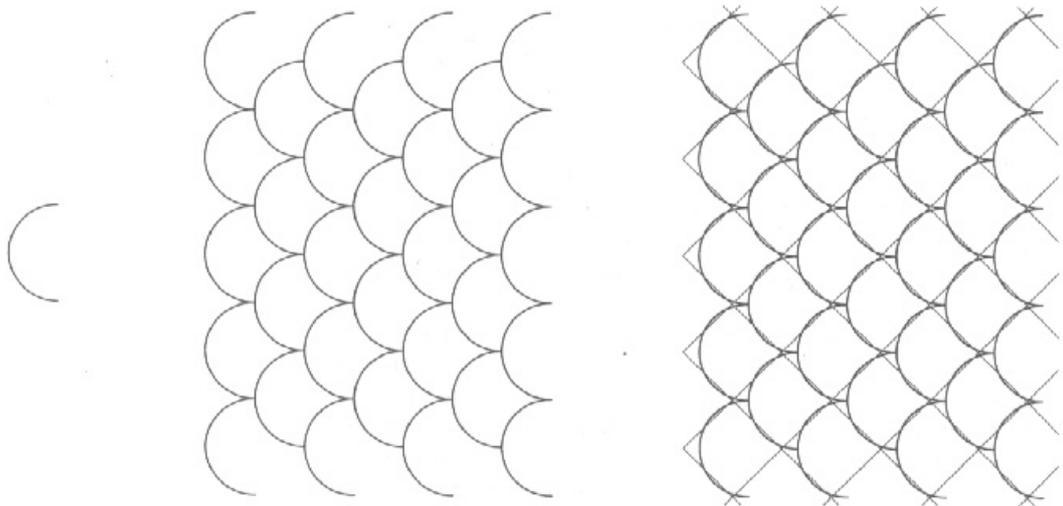


Figure 7.12.
 Left: a single fish scale, represented as a half-circle.
 Middle: an array of half-circles approximating fish scales.
 Right: an array of crossed pleats at 45° approximating the lines of the array of scales.

图 7.12。

左：一条鱼的规模，作为一个半圆圈代表。

中：一个半圈逼近鱼鳞阵。

右：在 45° 度的交叉褶皱阵列逼近的尺度数组的行。

如果对我们的圈子顶部覆盖，如图 7.12 所示线，我们可以澄清的格局基本网，它是作为交叉褶皱电网同 45° 度，这表明一个交叉网格是一个旋转的褶良好的开端。

然而，交叉褶皱鳞片是单独提供的钻石，而不是半圆。1 圆可以有更好的近似下的广场由钝化的技巧，例如，与沉折叠。但如果你折了一个褶数组的交叉工作，你会发现，所有正方形的提示是同其他层褶纠缠，需要得到释放，才可以击沉。这样一折多一点将是必要的。以大约有效率，让我们做一个交叉褶，如图 7.13。

天平的一角被标记在图 7.13 折叠序列 A。如果我们想钝的尖端，我们必须首先摆脱，纠缠层它使我们可以通过拉伸尖端的任一侧的两个褶皱，不做，如图 7.14 所示。

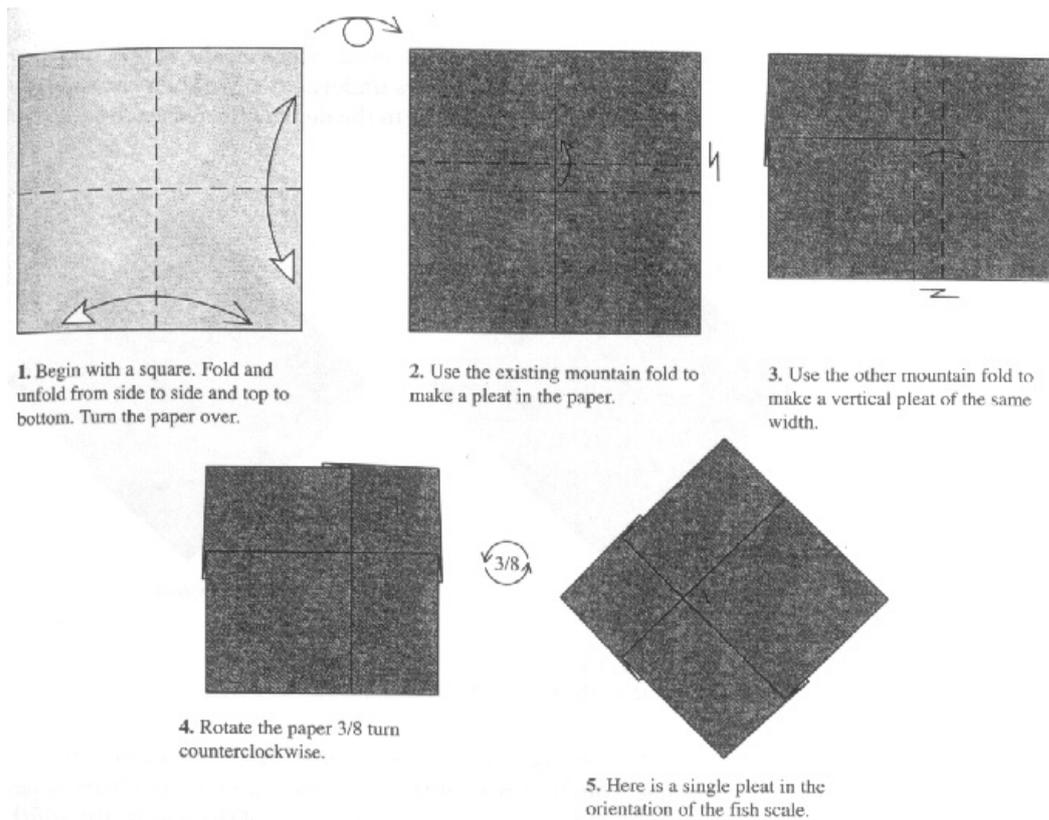


Figure 7.13.
Folding sequence for a single pleat.

- 1、首先一个正方形。折叠，从一边到另一边，并开展自上而下。打开文件了。
- 2、利用现有的山折叠，使一个褶的文件。
- 3、使用其他山折，做一个相同的宽度垂直褶。
- 4、旋转纸 $3/8$ 逆时针旋转。
- 5、这里是一个在单一方向鱼鳞褶。

图 7.13。
折叠序列的一个褶。

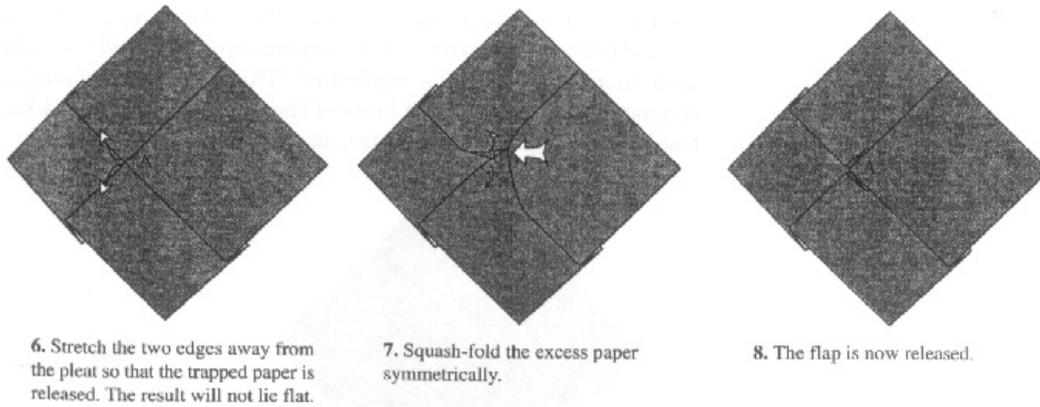


Figure 7.14.
Stretching and releasing the trapped corner.

- 6、两个边伸展距离，使被困文件发布褶。结果不会平躺。
- 7、壁球折叠的超额文件对称。
- 8、皮瓣现予以公布。

图 7.14。

伸展和释放被困角落。

当广场已被释放，有一个微小的初步折底下层。我们什么时候可以下沉广场的一角，但只限于获得初步折叠的边缘允许的深度。

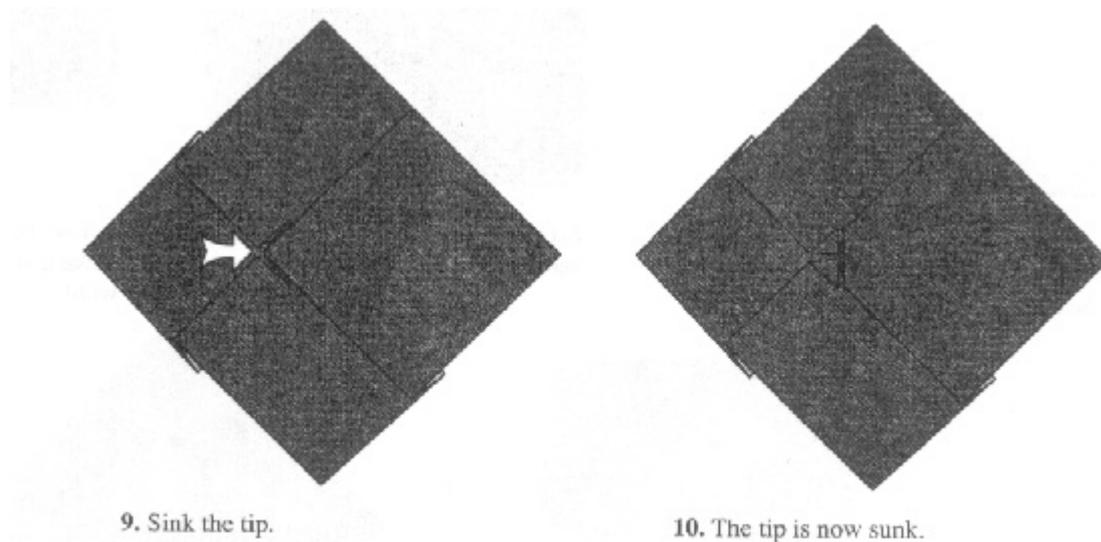


Figure 7.15.
Now that the tip has been freed, it can be sunk.

- 9、水槽的一角。
- 10、现在沉没的小角。

图 7.15。现在已被释放的小角，它可以沉下去。

现在这种方式只是一个单一的褶。我们可以从这些褶数组数组的尺度。数组的褶皱是由三个量：该褶方向明确，每个褶宽，从一个褶间距到下一个。我们选择的方向为 45 度。对于给定的褶宽，有一个自由度左选择：该褶褶间距相对宽度。作出这一选择，我们应提取该通道的褶结构，并以此为基本元素被复制。该结构元素组成的褶（可见折线，如果你愿意，隐藏的褶皱边），如图 7.16 所示。

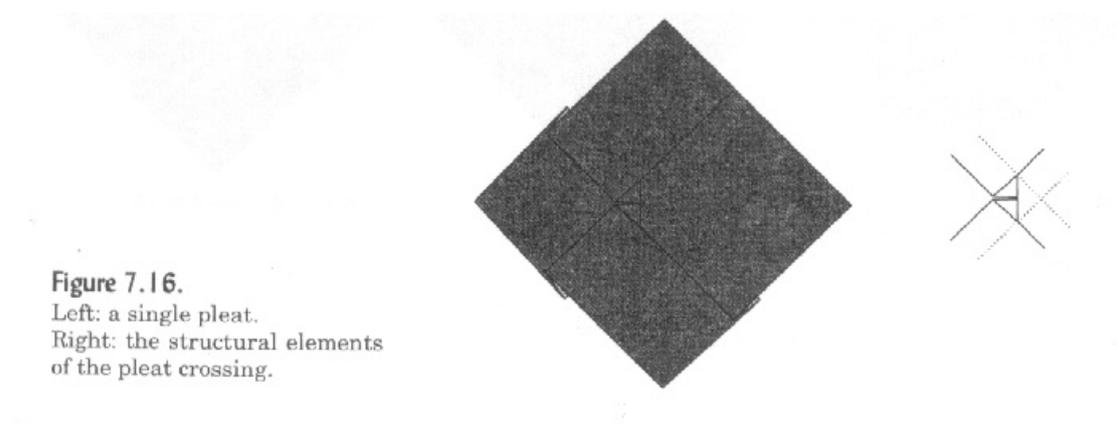


图 7.16。左：一个褶。右：穿越褶的结构因素。

一个褶通道可以被认为是一个单独的单元。发展一对半圆型逼近，我们应该阵列瓦，载有这样的褶过境线，他们创造了一个类似的模式。图 7.17 显示了这样的一个数组米的半圆形填补了一系列研究。

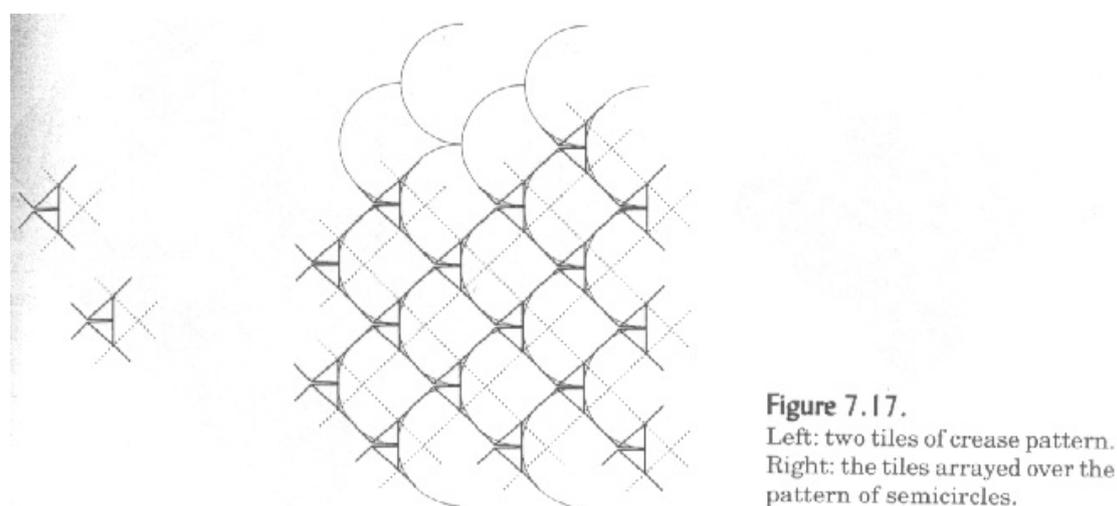


图 7.17

左：2 瓦的折痕模式。

右：以上的半圆型排列的瓷砖。

可以认为这一行动的切割出褶小砖，然后贴扎在一起边到边，实现大型阵列。我们可以做到这一点无论对折叠和展开的文件的形式。折叠的形式给出了折叠阵列；折叠折痕模式的形成提供了必要实现数组。

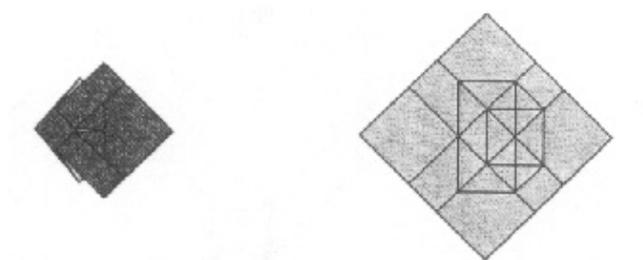


Figure 7.18.
Left: the folded tile.
Right: the crease pattern.

图 7.18 左：折叠瓦。右：折痕模式。

与所有的模式移植关心的是效率：有多少文件是由消费模式？这种担心是可以量化为之间的打褶建筑面积与原文件的比例。这个比例可以计算出整个地区或等价，从单一的瓷砖。

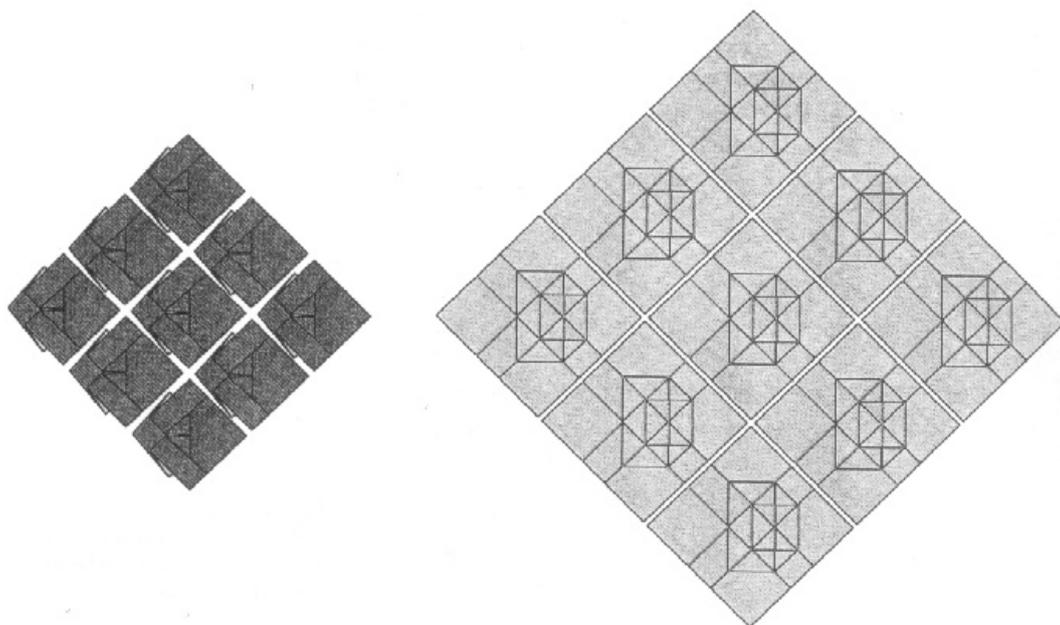


Figure 7.19.
Left: an array of folded tiles forming the scale pattern.
Right: the same array of crease patterns.

图 7.19

左：一个折叠形成规模格局砖阵列。

右：折痕模式相同的数组。

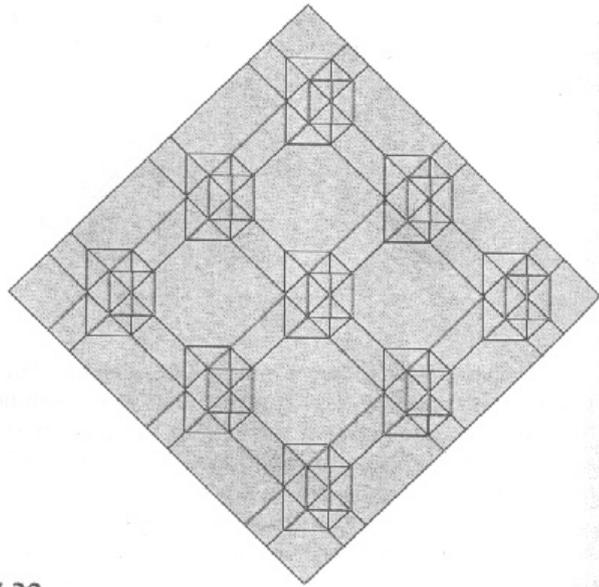
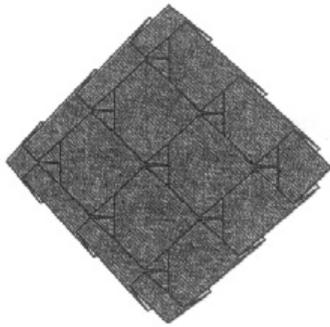


Figure 7.20.
Left: the folded array of scales.
Right: the array of creases.

图 7.20

左：折叠阵列的尺度。

右：数组的折痕。

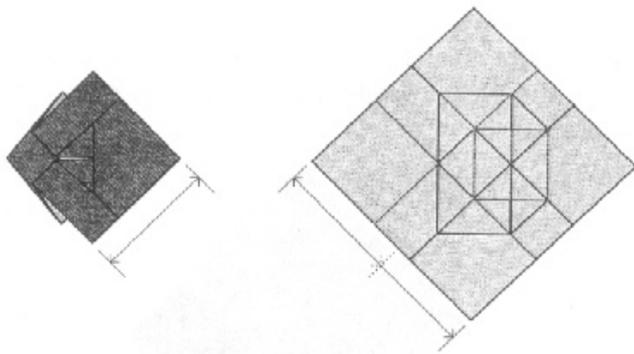


Figure 7.21.
Comparison of the tile sizes for
the folded and unfolded tiles.

图 7.21

瓷砖尺寸的折叠和展开的比较瓷砖。

这一对比表明，展开瓦约 60% 的线性尺寸较大（约 2.5 倍，因此该地区）的折叠瓦。这意味着，平均有 2 至 3 层纸无处不在的模式---不少折叠厚度位。但这是平均：个别地区的模式可以大大加厚，如图 7.22 所示，其中列出了数外径每瓦地区的基本层。

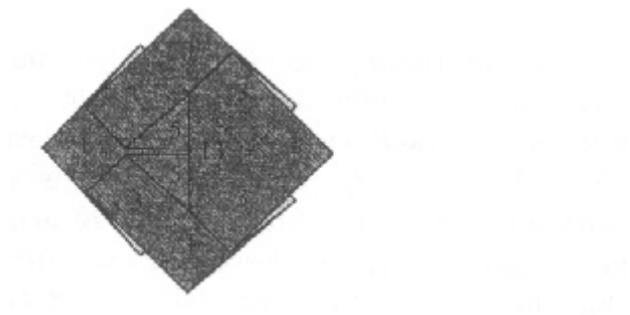


Figure 7.22.
The number of layers of paper
in each region of the tile.

图 7.22

在每个区域的一些瓦纸层。

这表明，有多达 13 个模式，这意味着，任何随后的折叠层，关于将需要通过很厚层折叠的范围。

但没有什么特别关注这种模式瓷砖特别。有许多品种，创造约 2 层重排汇和交叉褶皱可能。

1 比特的实验揭示了一个较为有效的瓷砖，在图 7.23 所示的两个折叠形式和折痕的模式。

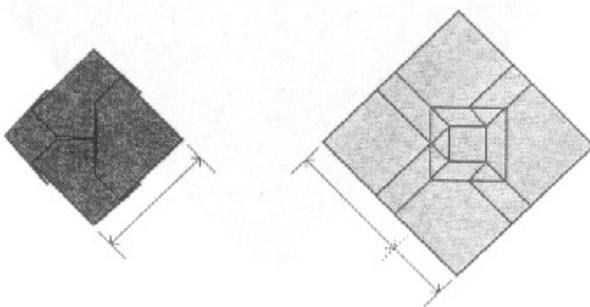


Figure 7.23.
Another tile unit for fish scales
that is more efficient.

图 7.23

另一种为鱼鳞瓦团结就是更有效率。

在这第二个瓦，折痕模式是 38%，较大（1.9 倍的面积），因此能更有效的使用纸张。事实上，在任何地区（最多 7 层）是大约为沉没的尖端模式最大的一半，如图 7.24 所示。其效率是来自一个事实，即相对而言，一半的褶皱是在以前的模式的褶皱宽度。

previous pattern.



Figure 7.24.
Number of layers in each region
of the efficient tile.

图 7.24 层数每瓦的高效率的区域。

有意思的是：你有没有注意到，所有区域有一个奇数层？它并不难，以证明这必须永远是一个瓷砖的是沿边界上对齐瓦原料优势的情况。有一个庞大的工作机构关于折纸褶 **tilings** 数学——到目前为止，大部分进入这里。您的目的，它是足够了瓷砖可以分为任意大的图案区域的地区，从他们的边缘产生的褶皱相结合。

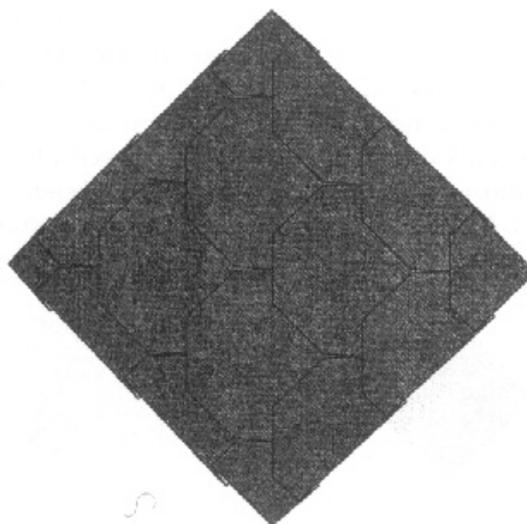


Figure 7.25.
A patch of the new scale tiling.

图 7.25

一个新的规模平铺补丁。

现在，我们可以把我们的注意力重新回到原来的研究对象：锦鲤。对于这个数字，这将是很好的补充扩展到稳步的，而不是头，尾，或胸鳍。因此，首先要做的是确定哪些文件部分将在折叠模型中公开。我们应该正视划分为三个类别：（一）文件，成为身体的各部分（这些

应该有模式暴露)，(二)的有关文件，这将成为头部和鳍（这些不应该有模式外露部分），和(三)是由（这些其他层隐藏文件的部分可能或不可能得到的模式，这取决于我们如何通过模式我们选择的限制）。显然，这是相当浪费的投入了大量精力（和折叠建造一个模式，将永远不会看到外景灯），但由于模式可能无法创建孤立，而是一个连接的整体的一部分，它可能需要延长到其后隐藏的区域格局，以形成整个结构。图 7.26 显示了这些地区。身体是彩色。我们不希望该模式扩大到鳍或头，所以这些都是灰色的颜色，然后最轻的地区是那些我们不关心。注意，另一个（的方式在身体前面所涵盖的任何地区是由头盖）陷入了“不关心”的类别。

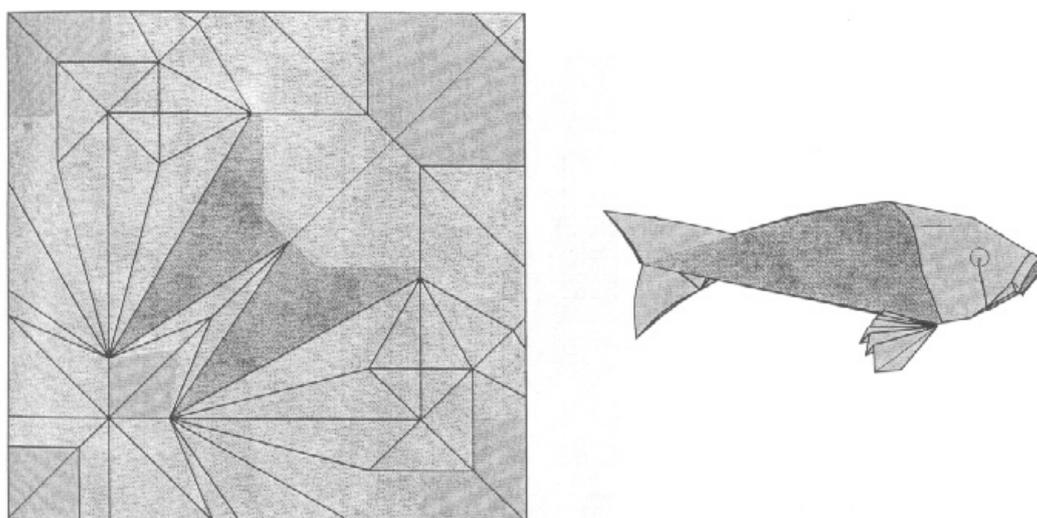


Figure 7.26.
Left: color-coded crease pattern.
Right: corresponding color-coded regions of the Koi.

图 7.26

左：彩色编码的折痕模式。右：相应的颜色 - 锦鲤编码区域。

现在的任务是要在一个地区规模的彩色图案填充，同时避免了灰色区域。这不是那么容易，因为它的声音，因为褶尺度不孤立存在的：它们是由四面褶皱终止。如果我们是代表一个褶示意图由单一路线，然后一过路褶数组可以表示为两个数组的交叉平行线，如图 7.27。

Figure 7.27.
Two sets of crossing pleats.
Each pleat is represented by a
single line.

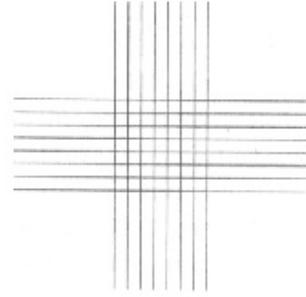


图 7.27。

二跨越褶皱套。每个褶是由一个单一的线。

我们可以形成规模的褶皱，其实只有在十字架上，反过来说，任何地方的褶皱交叉，我们将有规模的模式（或至少跨越褶皱忙），无论是有意或无意的。

因此，我们可以由模式的折痕线阵列代表褶覆盖，看看什么是可能的。

Figure 7.28.
The crease pattern with two
sets of pleats arrayed across the
middle.

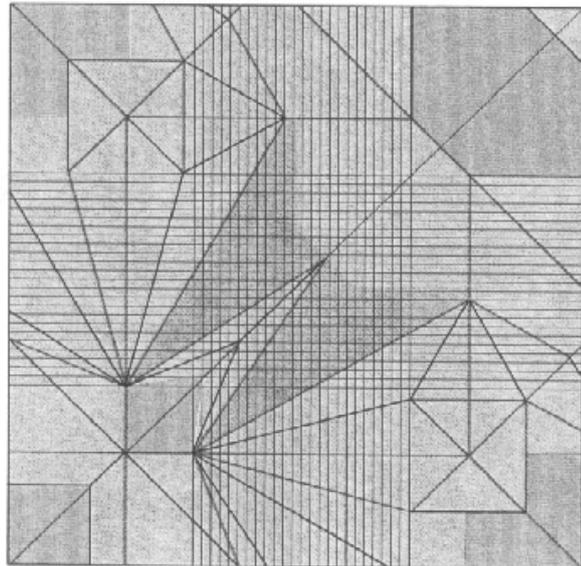


图 7.28

与两个褶皱集折痕模式排列在中间。

这是接近，但并不理想。有身体不得到两套褶：少数地区附近的尾鳍和胸鳍附近。因此这些地区不会有足够的规模。但是，如果我们增加了更多的褶皱，以填补在这些领域与规模，将开始的褶皱的头部和尾部，分别侵犯。我们可以减少裸露地区公正一点，如果我们允许一些

褶皱的尾巴，改变头部的比例，像图 7.29 的东西。

在图 7.29 中，头部已稍为减少，规模和褶皱已获准蔓延到头部的边缘和尾部。这似乎是一个可以接受的折衷得到身体几乎完全覆盖。

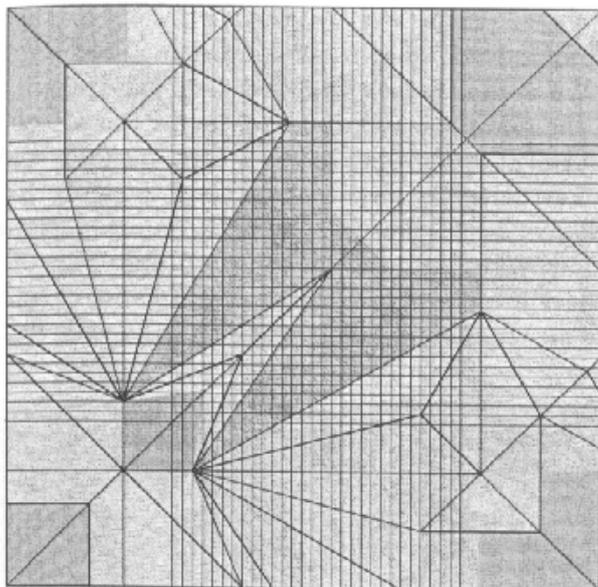


Figure 7.29.
Modified crease and pleat
pattern.

图 7.29 修订折痕和褶皱图案。

当我离开的全部作为练习折叠模式建设，关闭此节。这里有一些指导方针。首先，我们与乌龟一样，取代了纸的褶皱线地带的每一个。有多宽？

回顾在个人鱼鳞瓦。该瓷砖的宽度必须等于褶皱之间的距离；插入的操作系统等于苍白的颜色，宽度带钢宽度折叠瓦。在每个褶通道。您必须覆盖的皱褶内的地带在于格局。

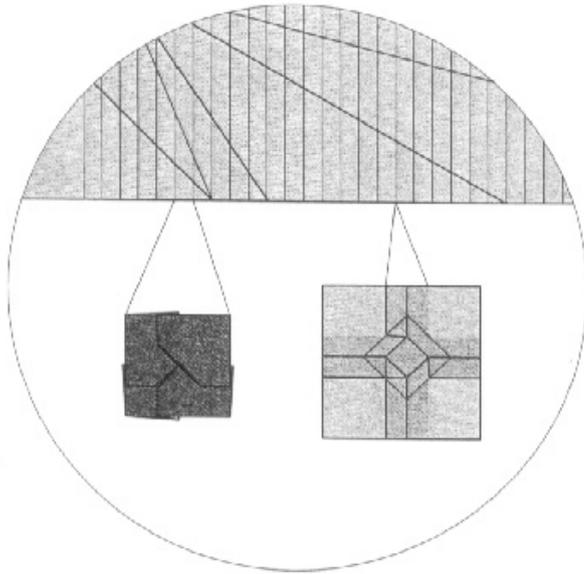


Figure 7.30.
Determination of the width of
the inserted pleats and creases.

图 7.30

确定插入的褶皱和折痕宽度

因此，折叠顺序是：（1）插入模式的折痕褶皱；（二）形成的褶皱（以及结构之间的小规模所有），（三）继续定期折叠序列的锦鲤。如果你的工作，通过折叠整个模型的方法，你可以祝贺自己都对你的理解和设计过程，因为有大约 900 个要形成规模，你的毅力。

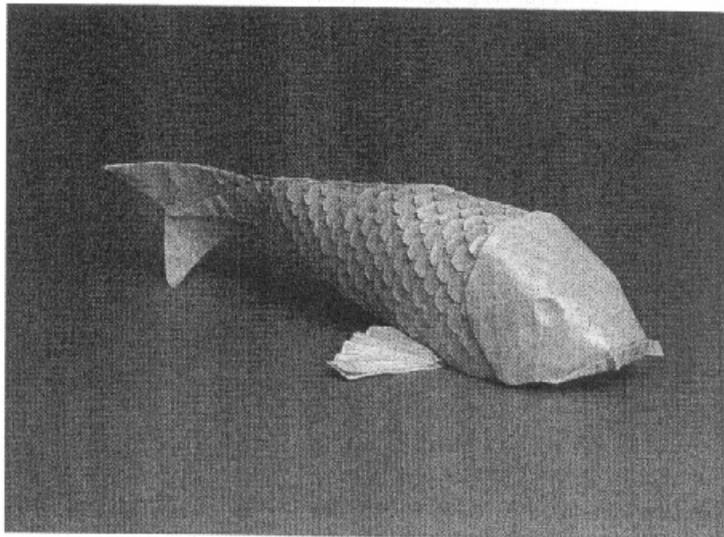


Figure 7.31.
The completed Koi with scales.

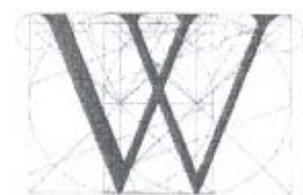
图 7.31

完成锦鲤与尺度。

（第七章完）



瓦片 8



虽然有许多不同的方法来折纸设计，是迄今为止我已经证明可以在复杂的粗糙层次安排。我们开始一些简单的结构---传统的基地。然后，我们修改了种种歪曲这些基地---抵销从正方形或扭曲整个图案中心的折痕模式。这两种类型的修改留下了数量不变的皮瓣，他们只能改变长度和宽度的皮瓣。

然后我们增加了细分成更小的点使用的各种分裂技术皮瓣皮瓣皮瓣部分数量。虽然在原则上任何皮瓣数可以达到，点分裂本质上是一个还原过程，你最终的皮瓣与总是小于你开始，因此，有什么你可以通过完成一定的限制点分裂。

我们可以通过嫁接逃避这些限制，通过有效地加入文件，在这样一个现有的折痕模式，该文件仍然广场后移植。嫁接允许添加不采取任何距离的功能，功能已经存在一个折纸基地。最简单的移植是边境移植，其中添加一个或多个文件大约在广场边，但这种方法也有它的局限性组成。你可以只添加文件--- ---功能，从而向那些从原材料的优势，使皮瓣岛é，角落和边缘皮瓣。另一个限制是，当你是边境移植术，皮瓣边缘不提供不少的相同点创作自由，角瓣那样;边界移植，可以创建一个角落里皮瓣 4 点创建于一两个同样大小的点缘襟翼。

但更多的附加功能变种而来的，当我们认识到，现行的折痕模式并非不可分割的，我们可以减少他们和整个结构插入地带移植。带钢移植创建点和沿边境边瓣移植一样做，但他们还创造了室内的纸张没有减少对邻近皮瓣大小加分。作为移植的地带扩展，我们可以在褶皱工艺，

创造跨面临运行额外的边缘，交叉和编织褶群体，共创规模，猪鬃等纹理元素。虽然它们都与现有的折痕模式，带，褶移植开始远比点多才多艺 - 分裂和边界移植，并提出在更多的变化。褶带和嫁接拥有这个伟大的多功能性，因为它们是在解剖折痕模式为基础，通常有许多不同的方法来剖析某一特定模式。

一旦我们采取的步骤，纳入解剖折痕模式，嫁接的折纸结构极其丰富的品种变得容易。当在纸条嫁接，我们可以改变宽度，长度，方向，位置的带，我们可以插入的多个带的，我们可以创建分支条，所有地方的和额外的点网络/或到纹理元素基本设计。

在已应用到我们的嫁接---鸣禽，蜥蜴，龟---我们瓣已经采取了相当狭长的形式模型。这些仍然是比较小的扰动到一个已经存在的模式。到鸣禽前体仍是一个鸟，蜥蜴与脚趾开始作为一个没有脚趾蜥蜴的生活，用图案壳龟龟仍然可辨时，其外壳光滑。但移植，可更大，更复杂的，可用于创建，以便从他们的前辈不同的新的基地，他们似乎很难相关。我们将探讨进一步扩大和重组概念的解剖我们的设计技术的调色板。迄今为止，我们已经处理基地，两个截然不同的对象类型移植，我们开始了一个基地，然后我们添加一个移植。在本章我们将学习如何分解成相同的基础结构，它可以在一个重新组合的方式变化无穷既基地和移植。我们还将学习到提炼到简单的折纸基地坚持数字，我们将使用新的工具，这些基地的设计，坚持数字。

8.1. 单轴基地

让我们注意到在我已经展示了迄今为止基地几个。首先，我们有经典的基础：风筝，鱼，鸟和青蛙基地，对这些，我们添加两个新基地的蜥蜴和海龟所用的。所有 6 见图 8.1。

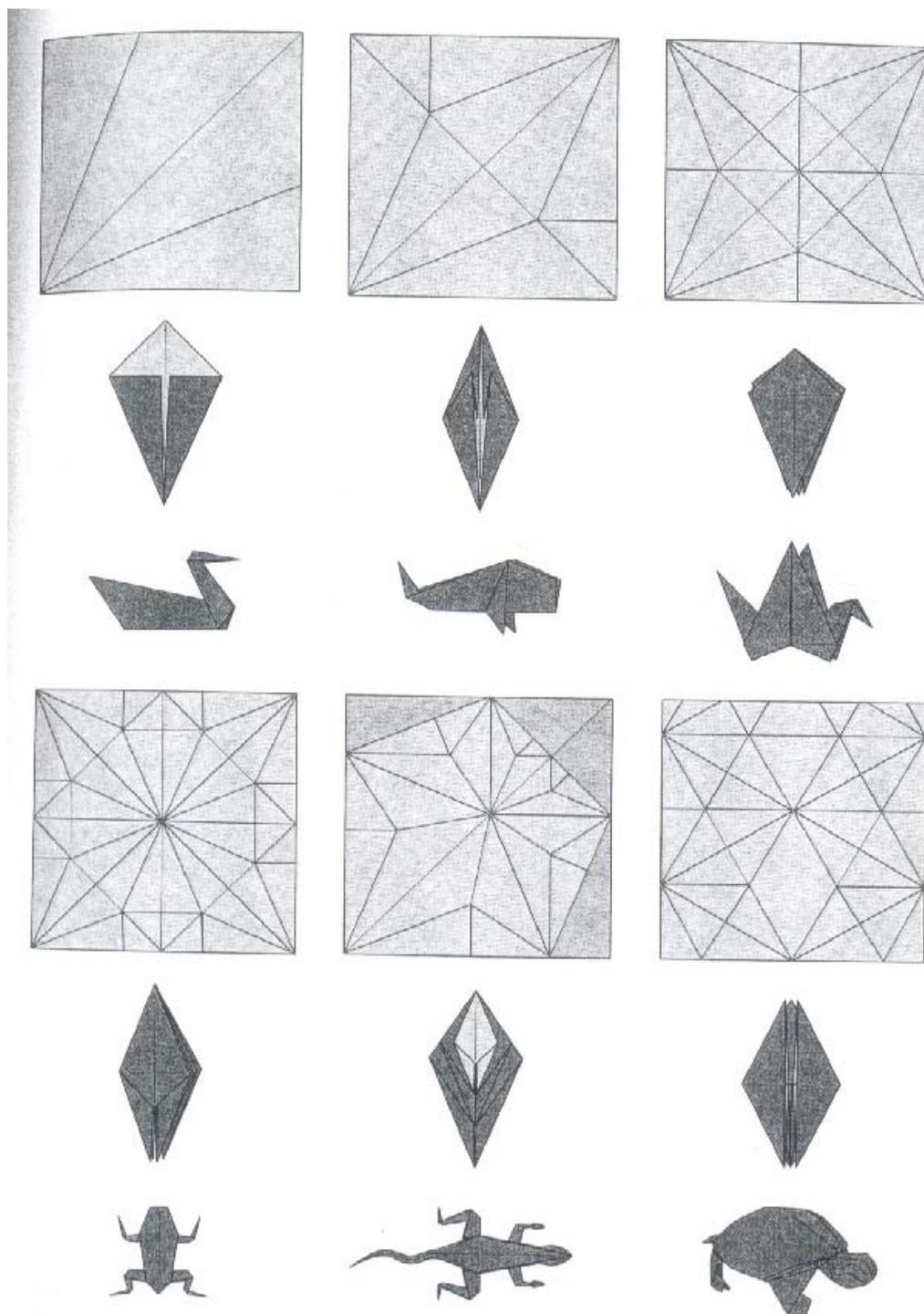


Figure 8.1.
Six bases. Top: crease patterns.
Middle: bases.
Bottom: representative designs.

图 8.1。

6 个基地。顶部：抗皱模式。

中：基地。

底部：代表设计。

所有这些基地 6 分享两个属性：第一，所有的皮瓣或躺在一起跨越一个或垂直线；第二：铰链在任何瓣（即两相邻皮瓣线）垂直于这条路线的基础。当所有的谎言皮瓣沿一条线，这条线被称为基轴。和任何基础，拥有被称为单轴单轴基地。六个基地的轴载由图 8.2 虚线。

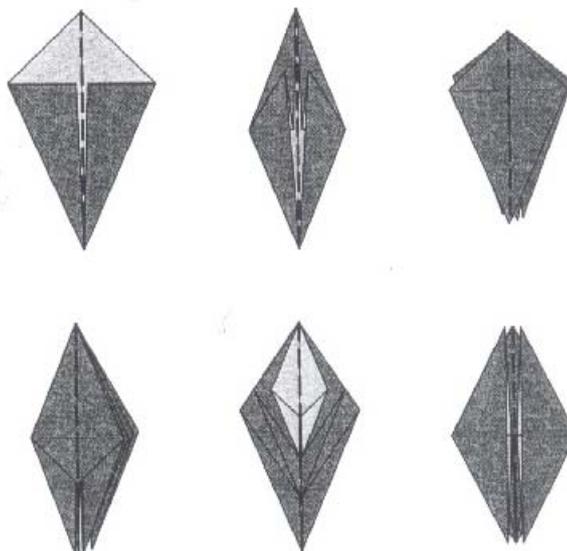


Figure 8.2.
The axes of six uniaxial bases.

图 8.2。

6 个基地的单轴轴。

单轴基地折纸是非常普遍，他们有几个属性，使它们相对容易建造，解剖，移植和操作。我们会研究他们专心在未来的几章。

不是所有的折纸基地单轴，然而，抛开所有其他之前折纸基地，这是值得采取一些时间来看看一些例外。

在传统的基础上，风车的基础不是因为它的四瓣单轴不会说谎沿单线，而是它有两个交叉轴和铰链折痕不垂直于轴。

一个比较近的事---约翰 montroll 的狗基地，其中基地的变化，他已经使用了多种数字评分---也并非单轴基地，有两个不同的平行轴。montroll 的基地，以有效率显着在纸张使用（和我，作为折纸最优雅的基地站）。因此，虽然单轴基地将被证明是显着的通用性，他们不是对所有折纸问题的灵丹妙药。

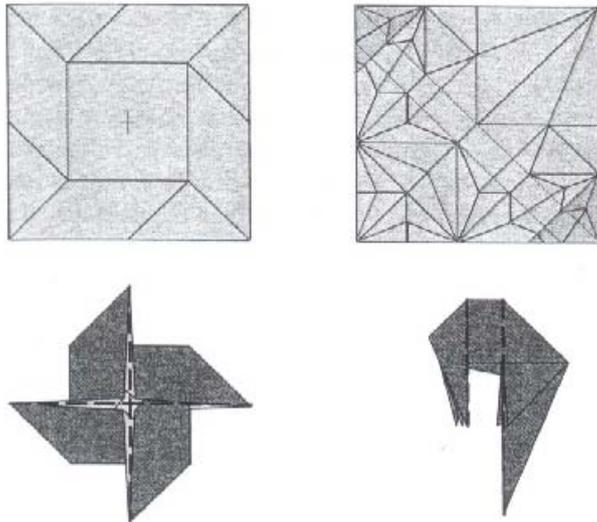


Figure 8.3.
 Left: The Windmill Base has two crossed axes.
 Right: Montroll's Dog Base has two parallel axes.

图 8.3

左：风车基地有两个交叉轴。

右：montroll 的狗基地有两个平行的轴。

montroll 的狗基地，特别是突出了单轴基地的限制;对于给定的模式，他们可能无法提供最有效的结构。然而，单轴基地建设相当灵活方便，我们将探讨他们彻底。

还应该指出，无论是否一个基地单轴可能取决于该基地的方向。在六个例子中，我展示基地，轴是沿镜面对称线。这是通常，但并非总是如此。例如，在水炸弹的基础上，如果我们尝试以沿轴线对称线，我们发现，原始的皮瓣边缘不在于沿轴和铰链不垂直，因此它没有达单轴基地。但是，如果我们旋转了 90 度，我们可以重新绘制沿原边的基轴，铰链是垂直的轴，从而揭示它是要在这个新的方向单轴基地，如图所示 8.4。

单轴基地借给自己剥离术，因为许多折叠边沿着现有的基础，使沿轴线对准那些边缘切割进入插入模式折痕自然地移植候选人的折痕。皱折处，沿中轴线的基础在于形成一个特殊的设置，他们被称为在折痕模式轴向折痕。在 6 个基地的折痕模式，我已经强调在图 8.5 轴向皱褶。我也同样标志着该文件，沿轴线在于原料优势的部分。

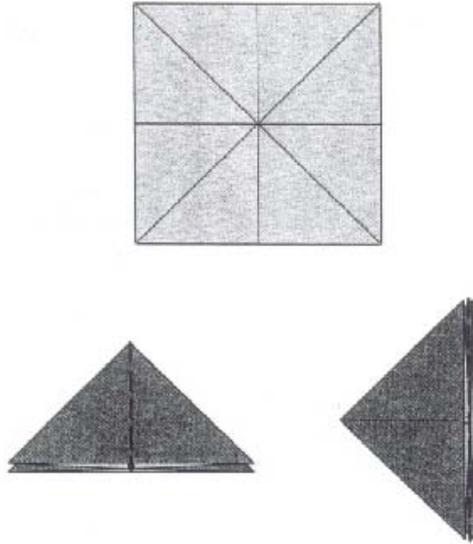


Figure 8.4.
 Top: crease pattern for the Waterbomb Base.
 Lower left: the Waterbomb Base is not uniaxial with respect to an axis along the symmetry line.
 Lower right: it is, however, uniaxial if we draw the axis along the raw edges of the base.

图 8.4。顶部：抗皱模式为基础的水炸弹。
 左下：水炸弹单轴底座不就行了沿对称轴。
 右下：它是，但是，如果我们提请单轴沿基地的原料优势的轴心。

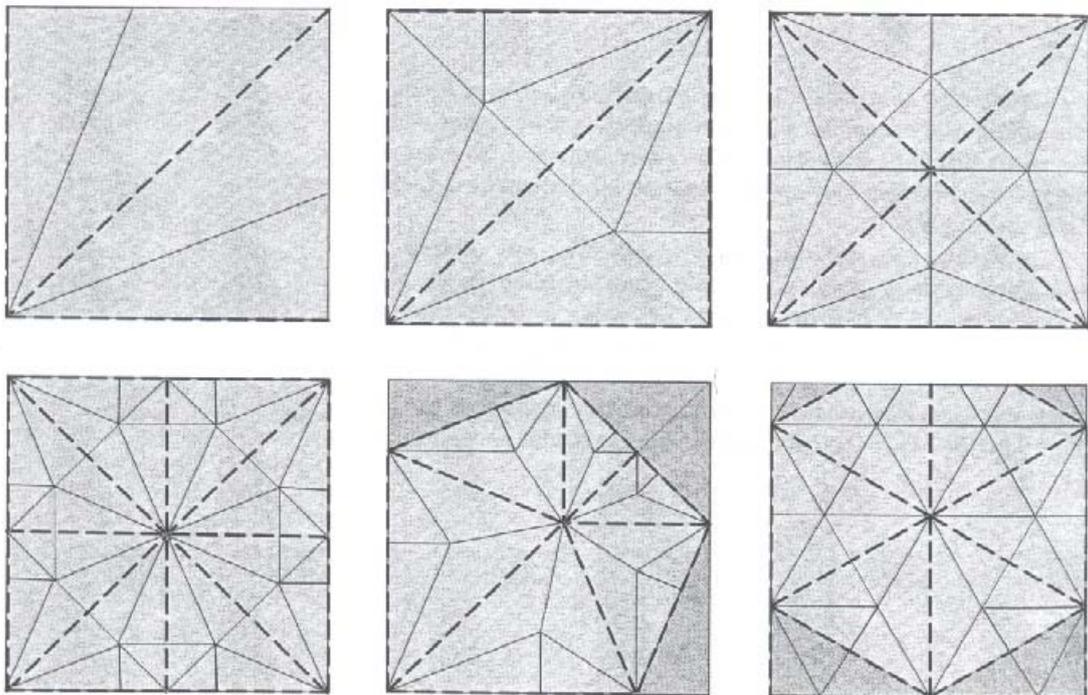


Figure 8.5.
 The axial creases in the six uniaxial base crease patterns.

图 8.5
 在 6 单轴基地折痕模式的轴向皱褶。

轴向折痕是切割和移植部分插入地带，自然的候选人，因为每瓣有至少一个轴向抗皱（或原边）运行它的一角。因此，我们总能沿轴向分裂折痕插入任何一家皮瓣移植。

观察到轴折痕网络划分成一个完全的任一轴向折痕或纸的原料优势明显的多边形组成的集合的边界折痕模式。我们将要求这些多边形轴多边形。

8.2 分裂沿轴线

该模式的折痕轴向多边形在他们自己的权利一个有趣的属性：在折叠的基础上，每个多边形的整个周长来一起躺在在一起共同线---该模型的轴心。你可以观察大谈削减基地和沿其轴心是此属性。如果你给剪了一个轻微的切口，所以大公它割裂折叠边缘，沿轴线的谎言，无论是基础和折痕模式将会崩溃成不同的部分，如图 8.6 所示的鱼，鸟，青蛙和基地。

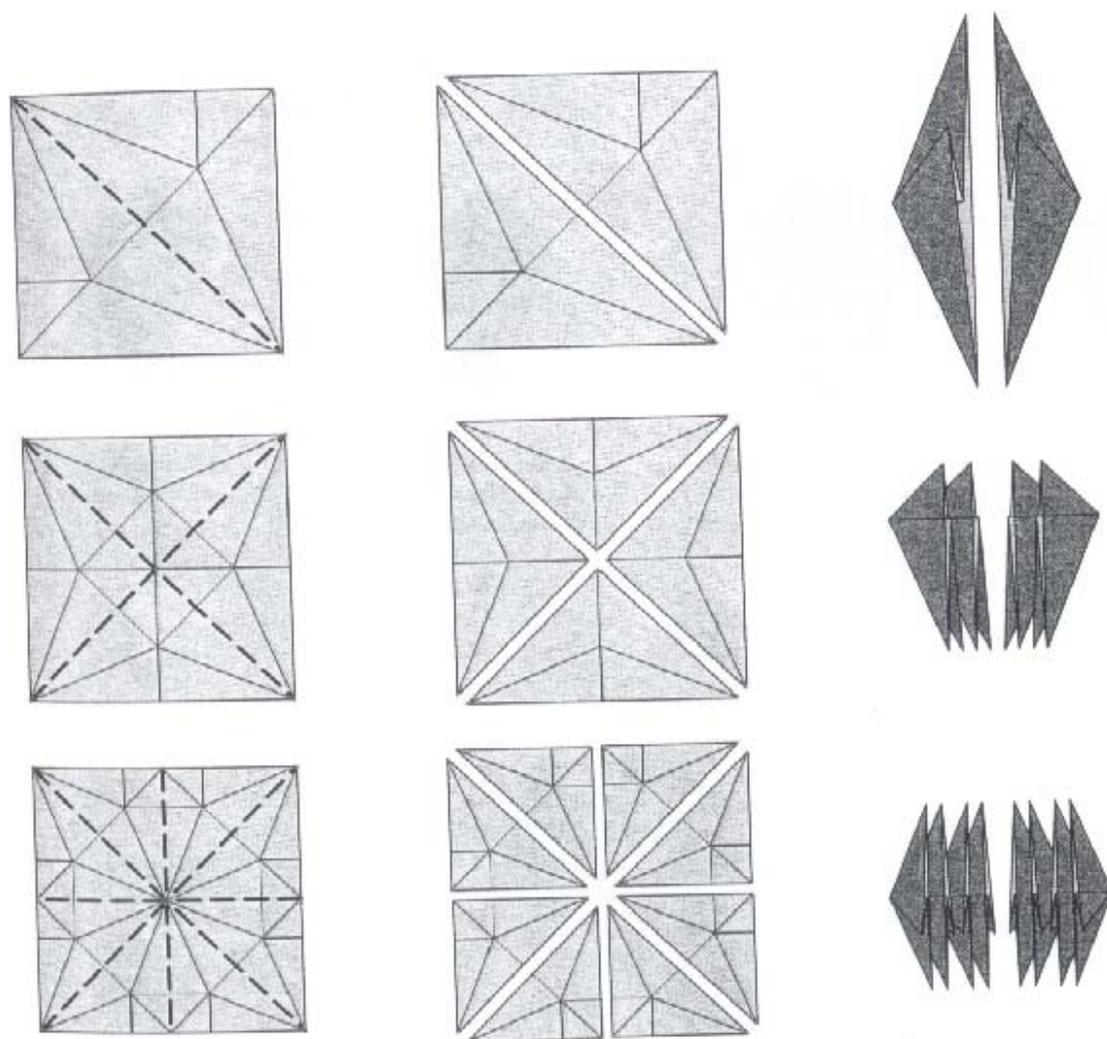


Figure 8.6.
Dissected crease patterns for the Fish, Bird, and Frog Bases.

图 8.6 鱼，鸟解剖折痕模式，青蛙基地。

一个或多个带沿可以插入任何分裂的空白或乘皮瓣。让我们来看一个例子。

图 8.7 说明了插入地带入鸟基地中间的过程。我们从中间切断基地，然后插入一个空白地带。

由此产生的形状配对的顶部和底部中间如果原来的基地只有单点分。

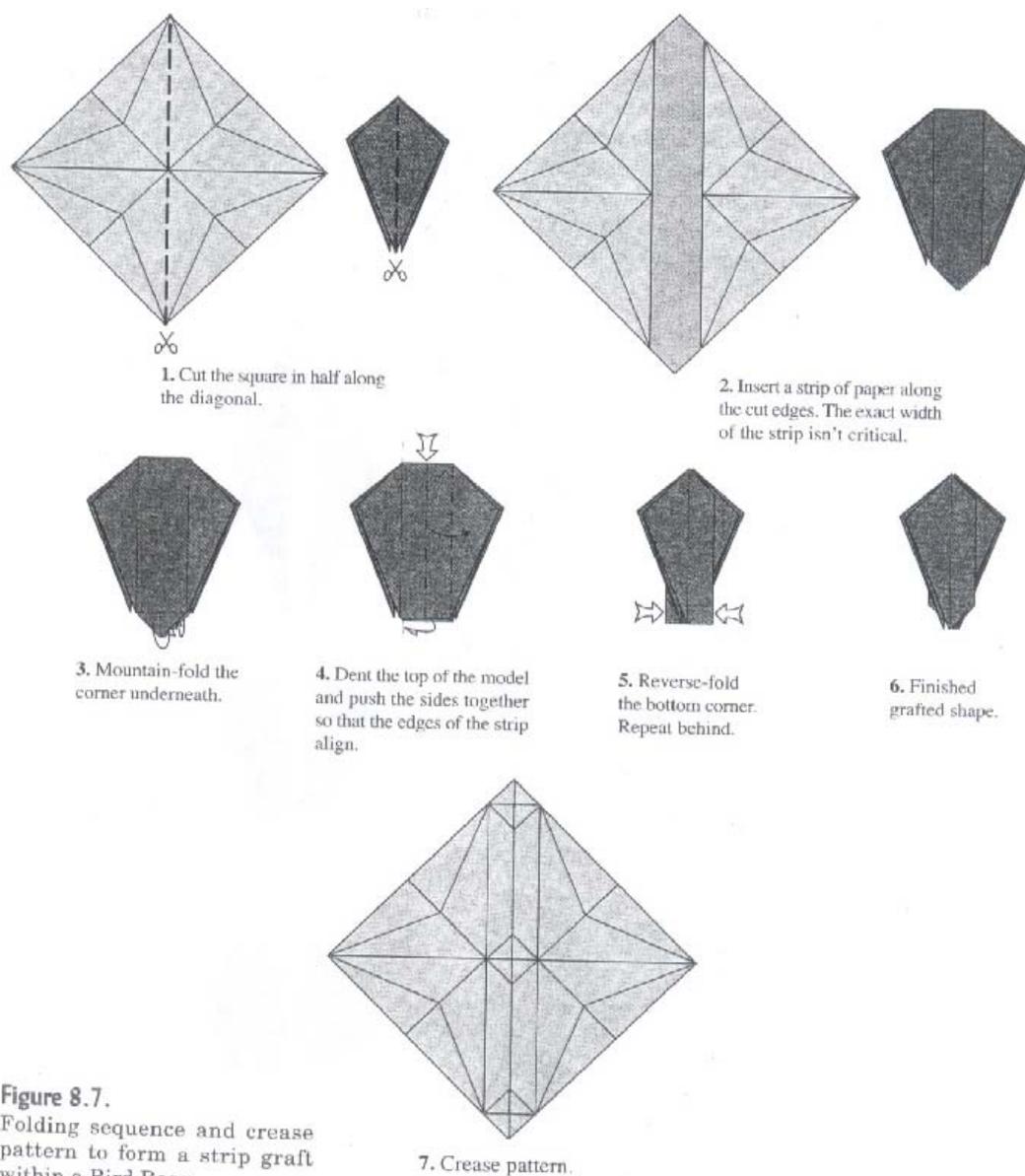


Figure 8.7.
Folding sequence and crease pattern to form a strip graft within a Bird Base.

- 1、减少了一半沿对角的平方。
- 2、插入沿切割边缘的纸条。在加沙地带的宽度是不准确的关键。
- 3、山角下的折叠。
- 4、削弱了该模型的顶部和推动双方合作，使加沙地带的边缘对齐。
- 5、反向折叠底部角落。重复落后。
- 6、完成嫁接形状。 7、折痕模式。

图 8.7 折叠序列和折痕模式，形成一个鸟基地内移植的狭长地带。

现在，让我们来看看我们的成就。鸟基础，我们从有五个瓣：4长的指点下，开始一短一朝上。两个长瓣在底部和顶部的短瓣现已成为沿其长度对中途分裂。这并不是完全从图 8.7 的最后一步明显，但如果我们旋转层，使插入的地带站从该基地休息，差距变得明显，如图 8.8 所示。



Figure 8.8.
Strip-grafted Bird Base with flaps oriented so that the gap is visible.

图 8.8。

脱衣接枝导向的差距是如此明显的皮瓣鸟基地。

有趣的是，在这里插入的地带，我们仍然有单轴基地。它是有启发性突出新的基轴折痕。

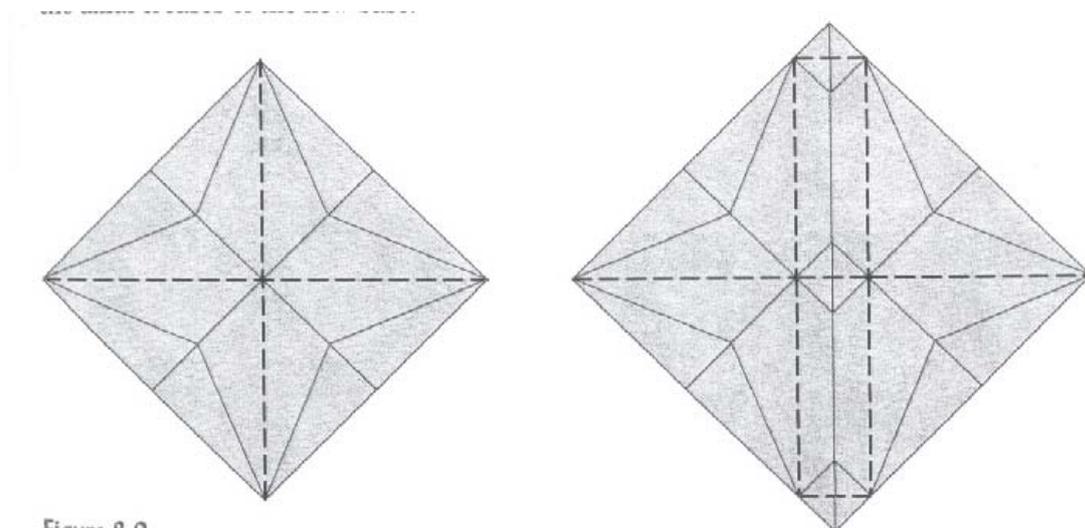


Figure 8.9.
Left: the crease pattern of the original Bird Base.
Right: the crease pattern of the strip-grafted version. The axial creases are highlighted in both.

图 8.9

左：原始鸟基地折痕模式。

右：在加沙地带接枝版本折痕模式。轴向折痕都突出。

请注意，在添加一个垂直地带的过程中，我们也创造了新的水平轴折痕。鸟基地组成 4 轴的多边形，这是 4 个相同的三角形。但我们同样是移植插入地带组成的多边形，其边界是轴向皱纹（或在纸张毛边）：除对禽流基础的四个三角形，我们增加了两个长方形和两个三角形。

我们现在可以查看在一个新的轻移植。而我们先前的原基地和边境地带或移植尊敬，我们已加入的模式，但他们确实没有那么不同。无论是基础和移植都用同样的基本要素，这是轴向多边形。

这使我们能够统一在一种新的方式方法的设计。在过去，我们几乎总是与一个基地开始，然后在它带来的变化。但由于基地都轴向多边形组成，我们可以省却起价基地，增加移植物的想法，相反，我们实际上可以从头构建一个基地---或许嫁接，也许不是简单地组装轴向---多边形作为一个折痕瓦，那么，设计问题成为一个问题，在装修瓷砖一起以这样一种方式，我们得到所有我们想要的襟翼和基地的瓷砖组合在一起，使一个正方形。

8.3 瓦的折痕模式

我们已经遇到的经典瓷砖和基地几种可能出现的嫁接迄今变种。让我们一一列举。

首先，有三角形的瓦片，使这四个经典的基地。它有三种不同的形式，取决于皮瓣方向（见图 8.10）。

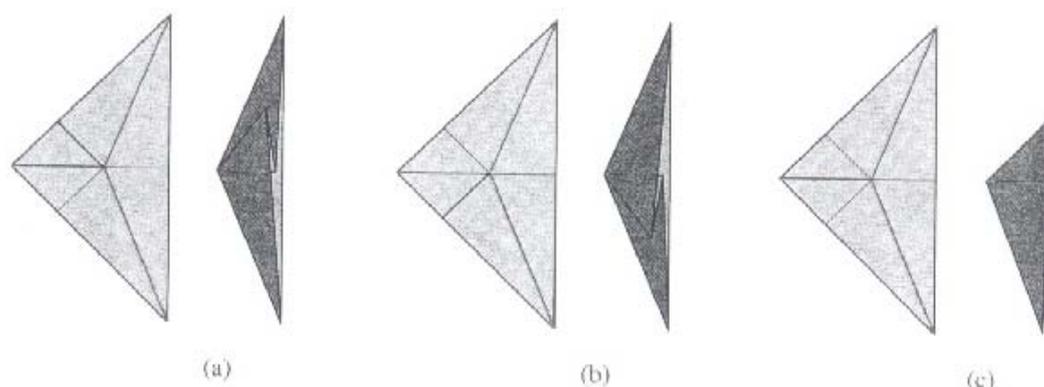


Figure 8.10.
The three orientations of the triangular tile that makes up the classic bases.

图 8.10 瓷砖的三角形是弥补了经典的三个方向。

这三种形式，只是从一个杰出的另一大山褶皱中的位置折痕格局与折叠形成皮瓣的立场。折痕模式在每个三角形内有 4 倍---从折痕路口延伸到各个角落和边缘。

蜥蜴和海龟的基地，也组成的三角形，但不同的：一个等腰三角的蜥蜴，以及从乌龟等边三角形。

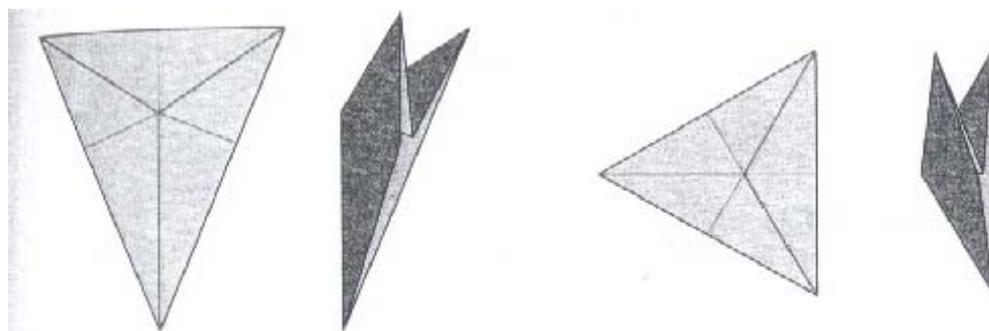


Figure 8.11.

Left: the triangle tile from the Lizard base and its folded form.

Right: the equilateral triangle tile from the Turtle base.

图 8.11

左：从蜥蜴基地，其折叠形成三角形瓷砖。

右：从海龟基地等边三角形瓷砖。

每一个这样的三角形瓷砖刚像等腰三角形三个可能的折叠形式，直角三角形，如图 8.10 所示瓷砖。在每瓦的折痕是三个从每个角落（总是满足于一个共同的点角平分线）为谷折，1 折，从山的交点垂直延伸到三个边缘之一。因为有三条边，有 3 个可能的选择山折。当我们列举砖，它不是要关心每一个三角的形式，你应该记住任何三角形，三个是可能的。这里显示的 3 瓦并不是唯一可能的三角牌，无论是。事实上，它可以证明，每三角形可以分为这样的瓦片揭开兴建三个角平分线和谷折下降从它们的交集 1 折，垂直山相邻的优势。

这些是唯一的三角形瓷砖？显然不是，再看看在图 8.9 嫁接折痕模式。加沙地带移植是由矩形和三角形。三角形是熟悉的矩形是新的。矩形，也可作为从哪个抗皱模式可能是组装瓦片。图 8.12 显示了从加沙地带移植的长方形砖，它也可以折叠，使其沿着一条共同的边界线所在。因此，在任何一个长方形矩形，不管它的长宽比。图 8.12 显示了三种不同的折痕长宽比，包括限制案件 1 平方米---这引起了水弹基地单轴定位为折叠形式。

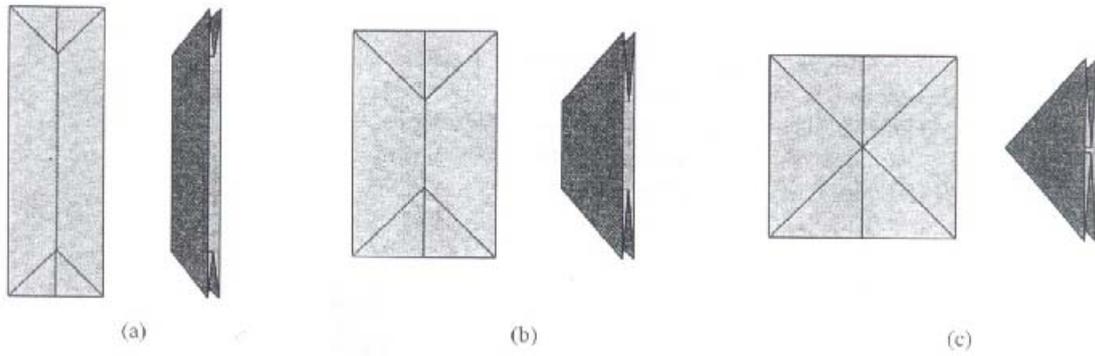


Figure 8.12.

(a) The rectangle tile from the strip graft.

(b) A wider rectangle.

(c) The limiting case of an equilateral rectangle, i.e., a square.

图 8.12

(一) 从加沙地带移植矩形砖。

(二) 更广泛的矩形。

(三) 建立一个等边矩形，即一个正方形极限情况。

我们看到的三角形，它可以在几个不同方向的一砖方式皮瓣。图 8.13 显示为长方形砖一皮瓣几个可能的方向。中出现的变异皱褶垂直运行的优势。我们能够认识和对待经由简单的绘图在一般形式的瓷砖，与未分化的折痕垂直，如图 8.14 到所有边缘所有这些变化基本相似。当瓷砖充分折痕模式组装，这些折痕部分会进入山区并转/或谷折，但我们可以将--- 推迟到稍后的时间分配。

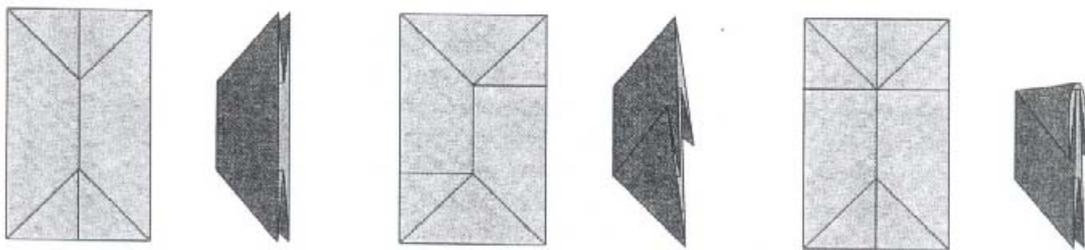


Figure 8.13.

Three different crease patterns and arrangements of flaps for a rectangular tile.

图 8.13

三种不同的模式和折痕皮瓣安排一个长方形砖。

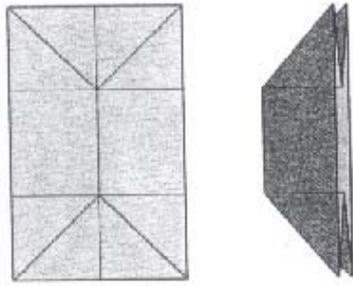


Figure 8.14.
Generic form of the rectangular
tile and one possible arrangement
of flaps.

图 8.14

一般形式的长方形砖，一皮瓣的安排。

有三个以上这些可能的瓷砖？不可数更多，因为它原来。除了三角形和矩形有来自五边形，六边形瓷砖，以及八角，定期和不定期两种。在以后的章节中，我们将学习如何构建新的任意形状特殊用途瓷砖，但即使是这些少数三角形和矩形的形状--- ---允许一个建造新的，定制的基地。

8.4 装配瓦

现在，如果一个基地可以从砖建造，我们需要为他们的大会的一些规则。瓷砖组合并不像它看起来很容易，因为每个瓦数不同的皮瓣贡献。当一个人正在设计一个数字，很自然地认为，在皮瓣上，它会很简单，如果任何一个单一的瓷砖相当于皮瓣，但相反，每个瓦块包含若干瓣。所以，当我们聚集地砖，我们必须确保他们以这样的方式去共同创造整个皮瓣---在正确的尺寸，并与正确的连接。

保持之间的对应砖和襟翼轨道资助的圆弧装饰用砖，如图为三角形，长方形，正方形瓷砖和 8.15 所示。

比较每瓦折叠折痕瓷砖的 4 种模式。每个循环都定义了一纸地区属于一个单一的皮瓣。

该限值，当两个队友，使瓷砖的圈子排队，然后每瓦折叠形式的队友也使相邻皮瓣互相配合的界限。一个例子是在图 8.16 所示。

在图 8.16，每瓦包含两个三角瓣和一短长瓣。如果我们沿着长长的队友边的两个三角形，

长瓣合并，顶部和底部，把两条长瓣，但两个侧翼保持独立，这样产生的折痕模式包含两个长两短皮瓣和皮瓣：鱼基地。

另外，在图 8.17 所示，由交配沿其短边的 2 瓦，而不是合并一长一短长瓣皮瓣合并，以及由此产生的基地有 3 个和 1 个短长皮瓣皮瓣（及其抗皱模式是一种直角三角形，而不是正方形）。

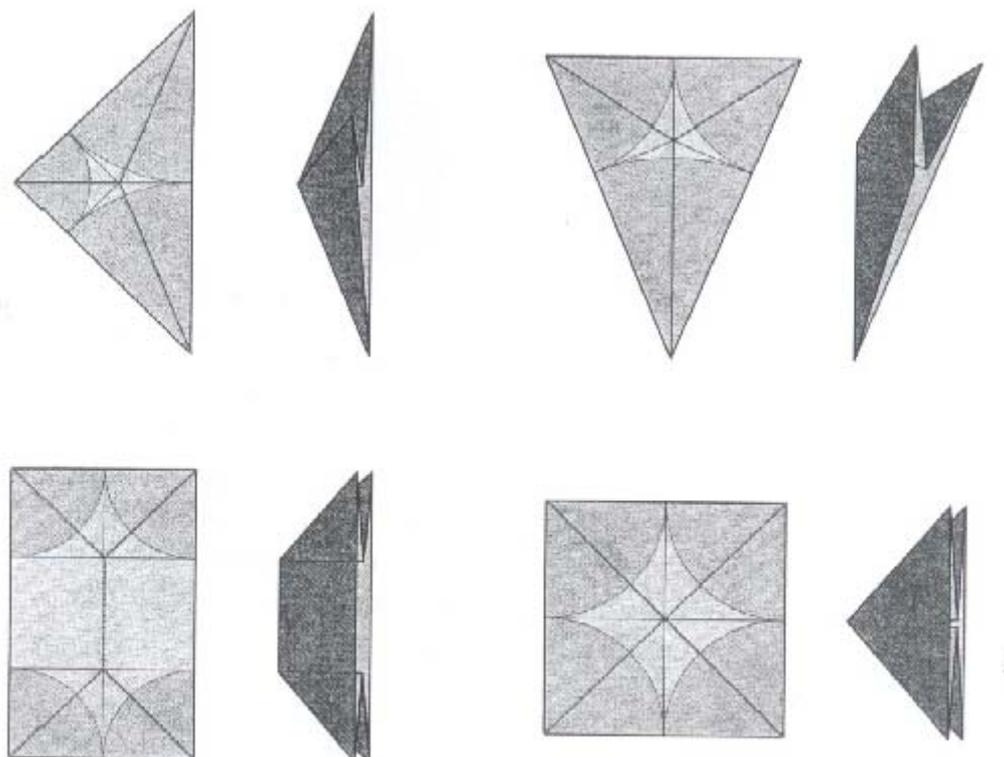


Figure 8.15.
Four tiles decorated with circular arcs and their folded forms.

图 8.15

4 瓷砖装饰的圆弧和他们的折叠形式。

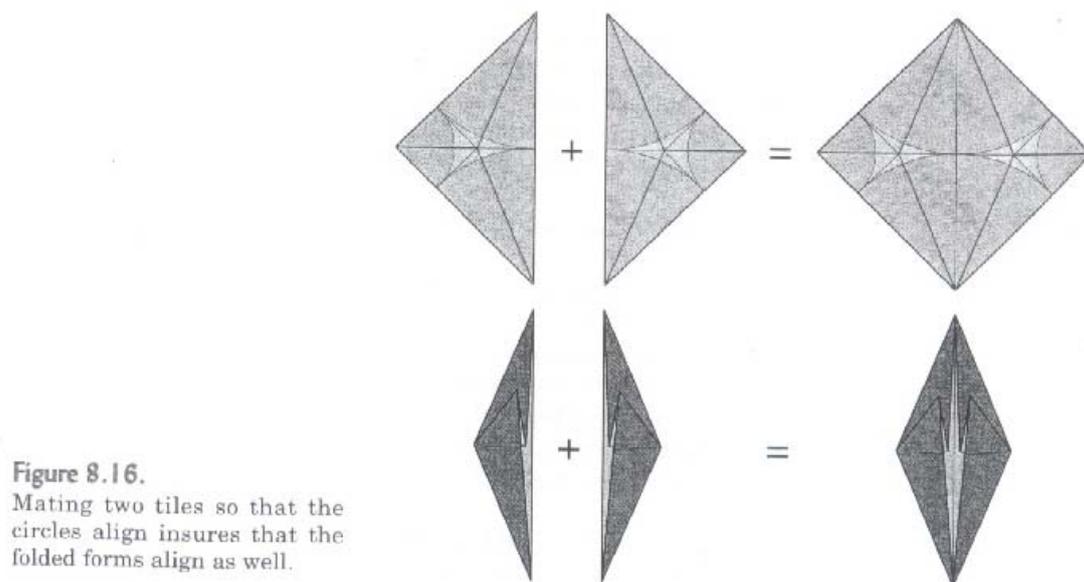


图 8.16

交配 2 瓦，让各界一致的折叠形式承保以及对齐。

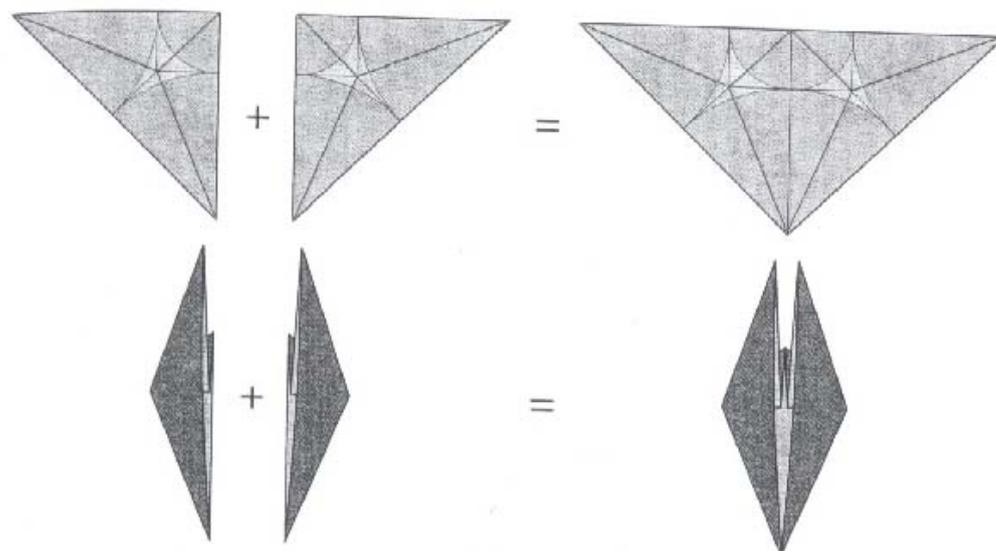


Figure 8.17.

The same two tiles can be mated along their short edges to create a different configuration of flaps.

图 8.7

相同的两个瓷砖可以交配沿其短边创建皮瓣不同的配置。

观察，在每一个交配，不同阶层的各界对应不同的皮瓣。因此，确定由折痕模式创建的皮瓣号码简单的方法是计算界的不同部分的折痕模式的数目。

在这一点上，你不妨一起探索适合不同的方式所产生的瓷砖和研究折痕模式（和挑战，尝试折叠相应的基地）。圈有两个目的。首先，他们创造的匹配规则，由此产生的折痕模式执行，可折叠。如果你符合了两个错位界牌，你就不会在一般情况下，可以折叠不增加新的皱纹折痕模式。例如，三角形的权利和蜥蜴瓷砖瓷砖不能交配，因为界不排队。如果您尝试在图 8.18 折叠的形状，你不能形成两个折痕事件或者垂直线交配后不增加新的内其他瓷砖折痕。

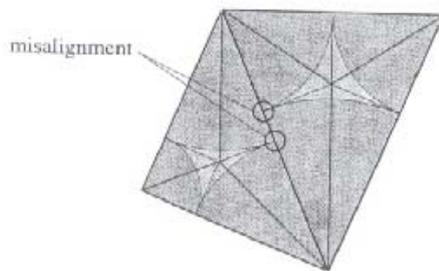


Figure 8.18.
Two tiles cannot be mated if their circles do not line up.

Misalignment: 错位

图 8.18

2 瓦，如果不能交配的圈子不排队。

因此，它是绝对必要的，各界配合沿边界交配瓦砖圈起来。这是对瓷砖可以分为折痕模式组装方式大幅限制。

1 另一方面，然而，往往比一方式的圈子内可得出一个给定的瓷砖。让我们来看看长方形砖。

它不同于三角形和水炸弹砖有两种方式：

- 1、在中间的折痕模式差距脱离圆下圆上的一双一双。
- 2、在折叠的形式部分脱离皮瓣低副瓣上的一对。

Figure 8.19.
Left: crease pattern for the rectangular tile.
Right: folded form of the tile.

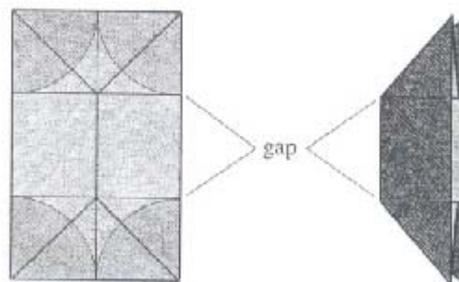


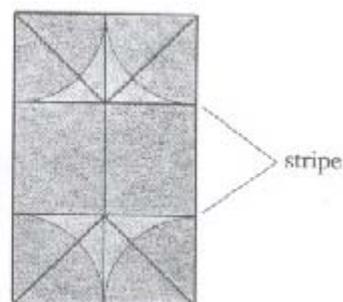
图 8.19

左：折痕图案为长方形砖。

右：折叠形式的瓷砖。

很明显的折痕模式从考试和折叠形式，在图案中的折痕差距给出上升到纸张折叠形式的分离点的两对。本文是，以自己的方式，一皮瓣善良，但它不是一个松散的，孤立的皮瓣，它是一个连接其他皮瓣皮瓣。我们可以允许这样的折痕模式（与模型）功能通过插入一个条纹图案折痕穿过矩形切割，如图 8.20 所示。

Figure 8.20.
The completed rectangular tile contains a river running across its middle.



Stripe: 条纹

图 8.20

已完成的长方形瓷砖包含一个河网纵横，中间运行。

我们将尽快给这条分隔界团体的一个特别的名称：我们会称之为河，是有原因的，将很快显现。

那么三角形瓷砖？有类似的结构？

长方形砖引起了两部分分离皮瓣对---像之间的正面和动物后肢机构。我们同样可以想出一个

三角形瓷砖为产生从第三皮瓣分离皮瓣由一个机构 1，如图 8.21 所示。

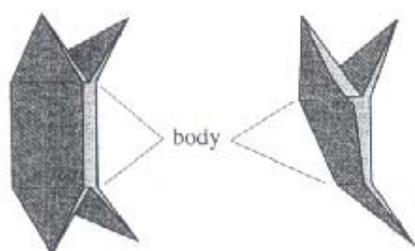


Figure 8.21.
Both a rectangle and a triangle can be folded into a shape with a body separating one or more flaps.

Body: 身体

图 8.21

既是一个长方形，三角形可以折叠成一个形状与一个或多个分离皮瓣机构。

我们可以装点自己的河流与相应的机构，这条河是从不同的圆圈代表等三角皮瓣瓦。这是不难看出，虽然在矩形瓦河是一个矩形的三角形皮瓣，适当的装饰州市的一环，即沿圆形矩形弯曲，如图 8.22。

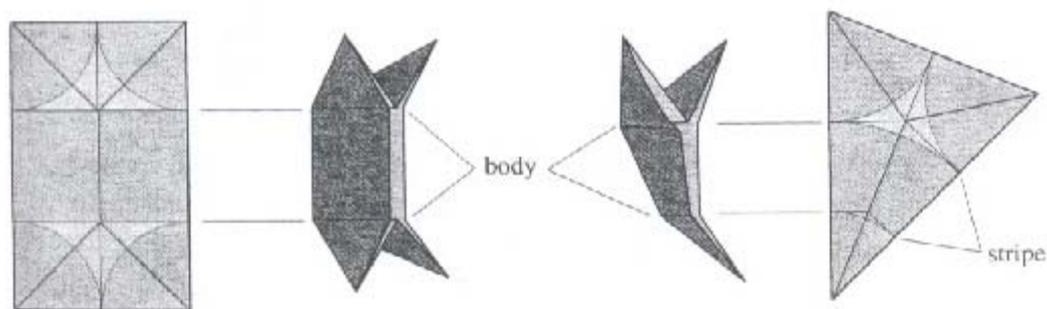


Figure 8.22.
A body can be inserted into a triangular tile by representing it as a partial annulus.

Body: 身体 stripe: 条纹

图 8.22

一个机构可以插入到一个三角形的瓦片由代表它作为一个局部环。

这个师是不是唯一的等腰三角形瓦;为瓷砖的任何角落，在该皮瓣循环可以分为一加一圆环形河流，从而使它成为搭配长方形瓷砖瓷砖或任何其它类似分歧。

因此，例如，矩形砖和瓷砖分为二等腰三角形现在可以交配，任何一方 1，如图 8.23 所示。

我们执行的双方，这制约了该矩形的长宽比相对于这两个三角形的圈子交配。

我们必须执行这两个圆圈和河流交配，如图 8.23 所示。现在，也许，你看到的河流名称的原因：在一个大的折痕模式，河流地区的固定宽度之间蜿蜒如河流蜿蜒的山间的圈子。

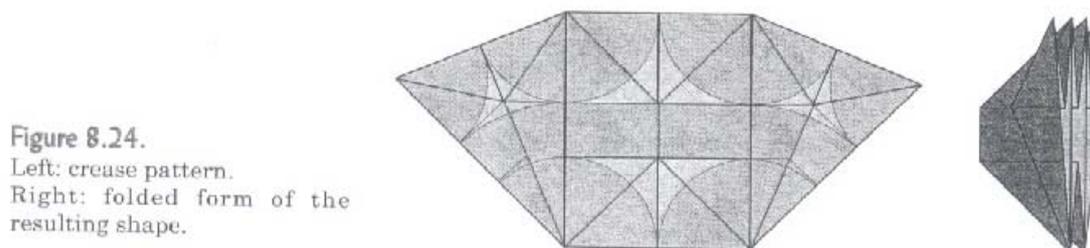


图 8.23

左：折痕模式。右：折叠由此产生的形状形式。

这不是一个折痕模式当然平方米。但我们可以通过包装成一个正方形这些砖一正方形图案，如图 8.25 所示。有两个可能的方向，对称轴，可面向沿边缘的方形或沿对角线。包装沿对角线在砖这是一种更有效，但仍有在顶部和底部的方形部分未使用的文件。

没有问题：我们可以简单地添加更多的瓷砖（适当的圆圈和/或河流），以创造更多的襟翼和装饰纸的消耗在广场休息，如图 8.25 所示。

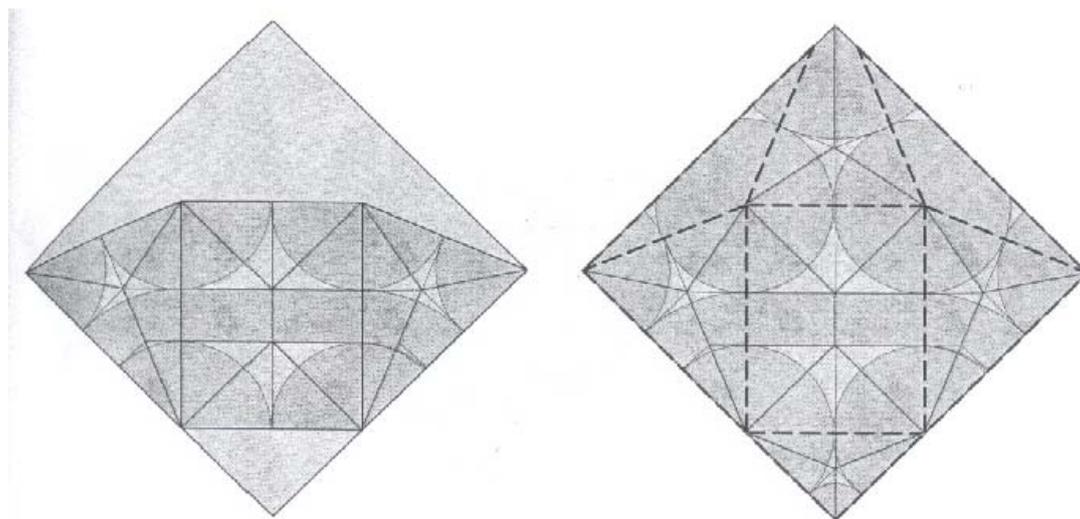


Figure 8.25. Left: the shape fit into a square. Right: add a few more tiles to add more flaps and consume the remaining paper in the square.

图 8.25。

左：适合塑造成一个正方形。

右：添加一些瓦片，以增加更多的襟翼和消耗在广场余下的文件。

通过实施循环匹配，我们保证折痕模式可以被折叠（我们将要添加一些折痕，以沿上的两个边三角形和分配折痕条子指示通用折痕）。此外，通过计数界和河流，我们可以澄清由此产生的基础结构之前，我们甚至开始折叠。有 5 个在顶部模式圈子，所有接触，这些将引起 5 瓣。最上面的圈，比其他四个较大，这将皮瓣比别人长。有两个圆圈的底部，一河横跨模式运行分开。这两个圆圈会引起两个皮瓣，与上 4 长度相同，但他们隔着一个机构；最后，在最底层的小圆圈将成为小瓣，加入到其他两个它涉及。

而事实上，适当的折痕转让，这种模式可分为如图 8.26 所示的形状，每一个匹配元素的结构描述折叠。

这种结构不仅是人为的例子，我已经用它来实现一个飞马。折叠模型及其抗皱模式见图 8.27。 折叠指示给予在本章结束。

如果你比较数字 8.26 和 8.27 的折痕模式，你会看到，虽然整体结构是一样的，第二个折痕模式已在个别砖有更多的皱褶。它是有用的，但事实上，以检查各种瓷砖，因为他们是对的变化说明你可以找到一些在瓦片。

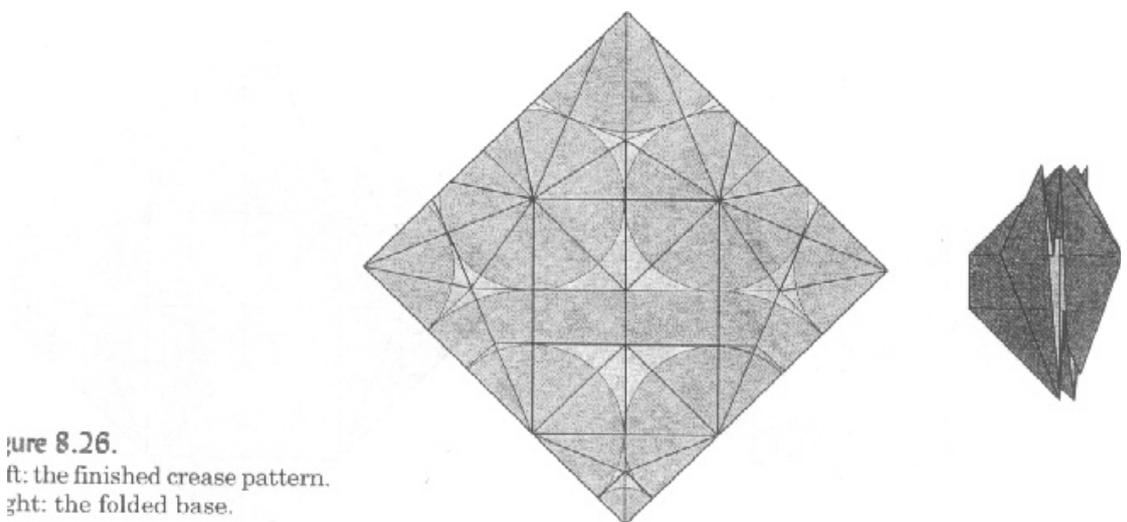


图 8.26

左：成品折痕模式。右：折叠基地。

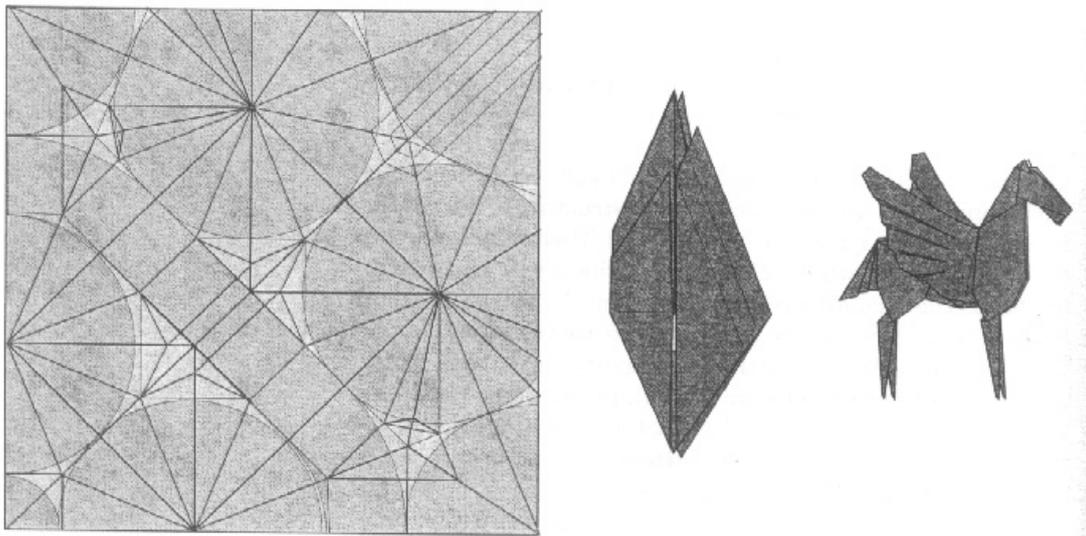


Figure 8.27.
 Left: Pegasus crease pattern.
 Middle: folded base.
 Right: finished Pegasus.

图 8.27

左：飞马折痕模式。中：折叠基地。右：成品飞马。

首先，让我们看看长方形瓷砖，构成身体和四个腿的动物。这两种形式---基本折痕模式，在折叠模型的形式---见图 8.28。

在 2 瓦折痕模式，圆圈和河流具有相同的半径和宽度分别与皮瓣折叠形式有相同的长度。唯一不同的是在折叠瓣的宽度和层在每个瓣数。狭义皮瓣必然有更多的层。

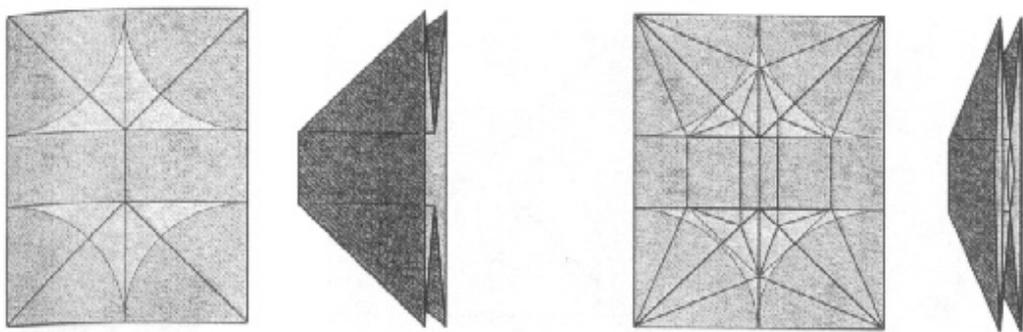


Figure 8.28.
 Left: the basic rectangle tile.
 Right: the tile with additional creases.

图 8.28。

左：基本长方形砖。右：用更多的皱褶瓦。

同样，三角形的瓦片也有较为复杂的折痕模式比我们以前看到的。

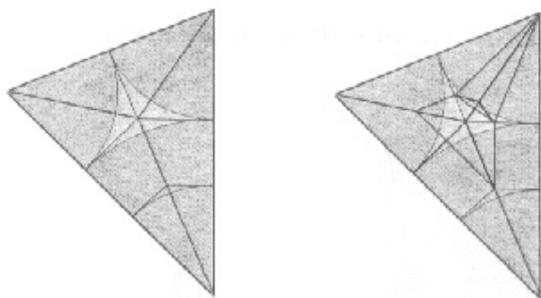


Figure 8.29.
Left: the basic isosceles triangle tile crease pattern.
Right: the same tile with additional creases.

图 8.29

左：瓷砖的基本等腰三角形折痕模式。右：用相同瓦额外的折痕。

如果你折叠这两个模式，你将看到差异又在于瓣宽度和层数，而不是长或皮瓣连接。

作为第三个例子，记得，蜥蜴基地两种形式来：用，宽一窄皮瓣皮瓣之一。首先，让我们来看看宽瓣（简单）的折痕模式和基础版本。我已经强调了轴的多边形，在界江上的瓦片绘制。

观察这条河是通过的方式，清楚地说明了它的名称模式蜿蜒。

现在，看的蜥蜴，其基地的实际折痕模式。我用同样概述了轴向多边形。

蜥蜴的基础狭窄的形式使用相同的瓷砖轮廓，圆，和河流，但也有许多在每瓦多折痕。

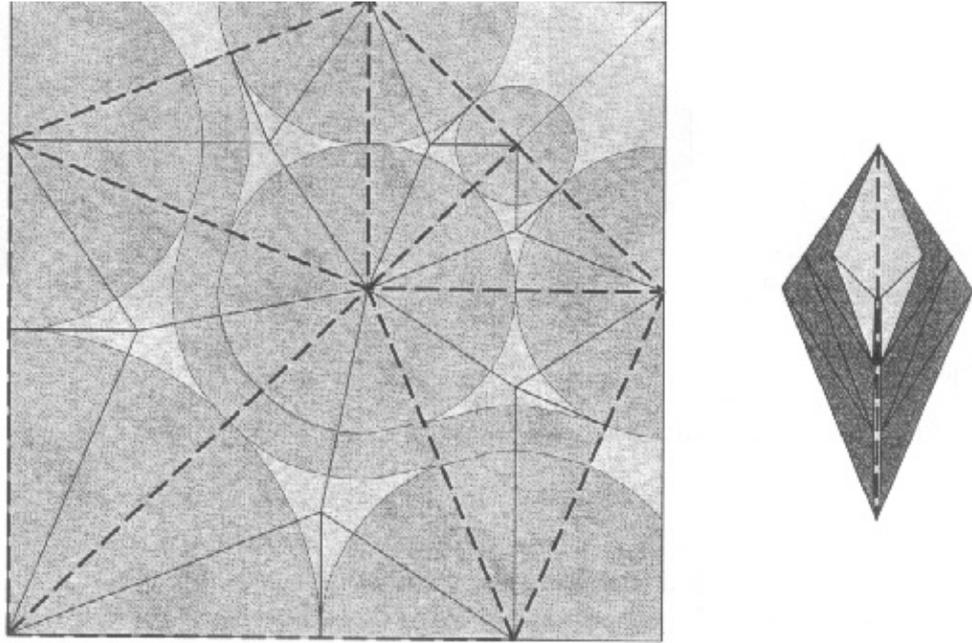


Figure 8.30.

Left: crease pattern with axial polygons highlighted and circles and rivers drawn.

Right: base for the Lizard with axis highlighted.

图 8.30。 左：折痕与轴多边形模式强调和各界和河流绘制。右：为与轴蜥蜴基地突出。

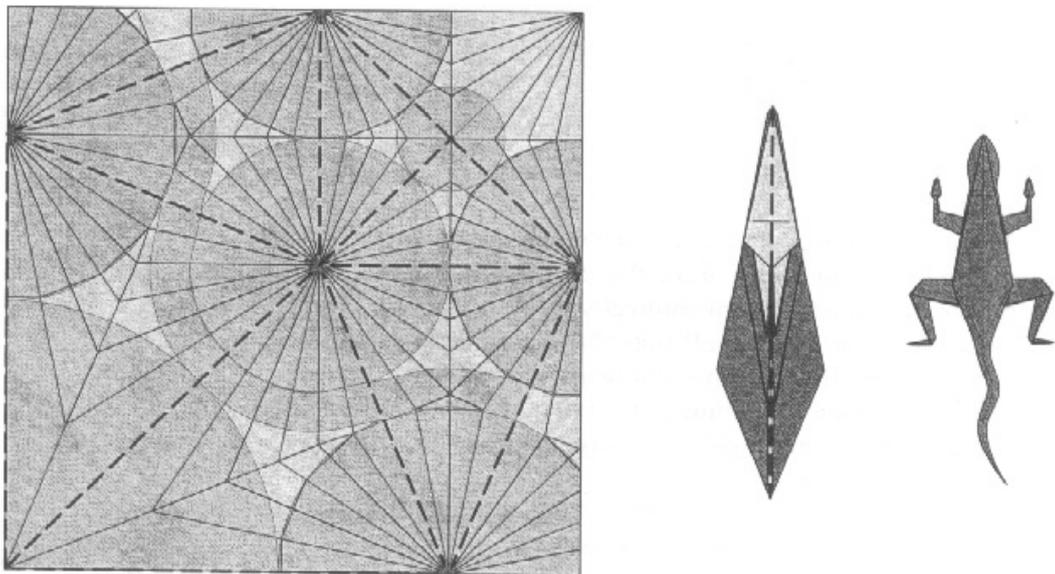


Figure 8.31.

Left: Lizard crease pattern with tile outlines, circles, and rivers.

Middle: base.

Right: finished Lizard.

图 8.31。

左：用瓷砖蜥蜴折痕模式概述，圆，和河流。 中：基地。 右：成品蜥蜴。

8.5 多重的瓷砖

我们必须保持对所有可能的方式为每个可能的折痕瓦曲目？幸好不是。更复杂的折痕模式通常可以来自于简单的模式通过缩小在几个不同的方式之一的瓷砖折叠形式的皮瓣。为缩小最常见的技术采取水槽折叠（占形式，部分用于沉折叠兴田的患病率在复杂的折纸设计）。具有广泛皮瓣瓦可以通过简单的一次或多次下沉缩小其皮瓣。这下沉可以提供更为复杂的折痕模式，但不应该忽略了解底层瓷砖你必须简单。

例如，让我们以等腰三角形瓦。有缩小皮瓣几种方法。更常见的两个见图 8.32 和 8.33。一个人守三角皮瓣，同时使他们更加尖锐，而其他他们变成四边形。

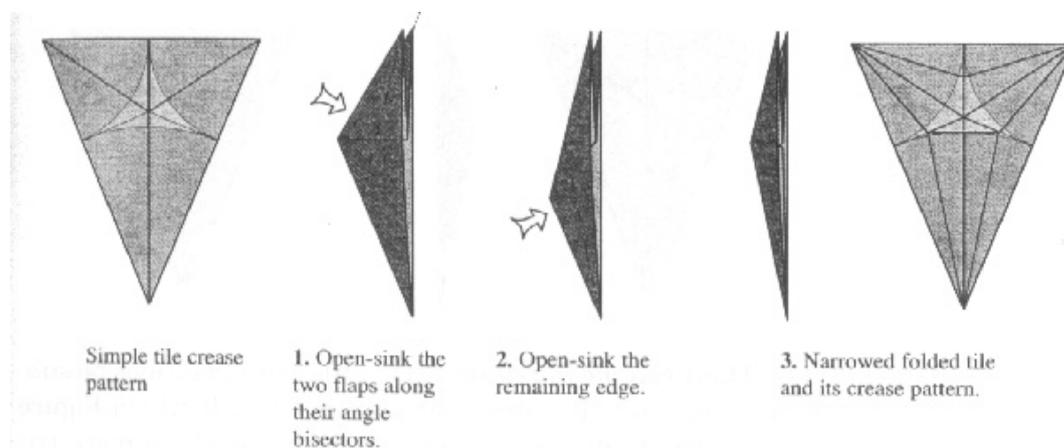


Figure 8.32.
Procedure to narrow a tile using angled sink folds.

简单的瓷砖折痕模式

- 1、开放式水槽沿其两个角平分线皮瓣。
- 2、开放式水槽，其余的边缘。
- 3、缩小折叠瓦及折痕模式。

图 8.32

过程来缩小瓷砖使用角度下沉折叠。

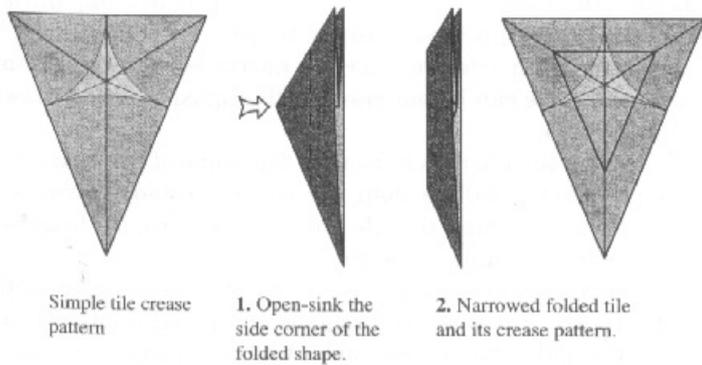


Figure 8.33.
Procedure to narrow a tile using sink folds parallel to the axis of the folded tile.

简单的瓷砖折痕模式。

- 1、开放击沉的折叠形方角落。
- 2、缩小折叠瓦及折痕模式。

图 8.33

过程来缩小瓷砖用汇折平行的折叠瓦的轴。

这两个使用主要是口味的问题。图 8.32 顺序给花瓣的锥度均匀，但难以形成密集的皱褶，因为他们对花瓣尖端收敛。图 8.33 层序分布更加均匀，但不顺利的锥尖。还有比这更多的可能性：你可以吸收一些花瓣，而不是其他人，并执行双重，三重，和更复杂的水槽。最重要的是，这个缩小后可以进行折叠的基础，所以你可以做你的设计，使用最简单的瓦片，然后返回并缩小他们如果需要。

你可能已经注意到，当我们缩小，如图 8.32 和 8.33 瓦，在一些折痕内的瓷砖创造最终躺在沿轴线的折叠形式，也就是说，它们也轴向皱褶。例如，等腰三角形汇缩小与角瓷砖有几个新的折痕，沿中轴线的折叠形式谎言，如图 8.34 所示。

Figure 8.34.
Left: the narrowed isosceles tile with all axial creases highlighted.
Right: the same tile composed of three triangular tiles and their circles.

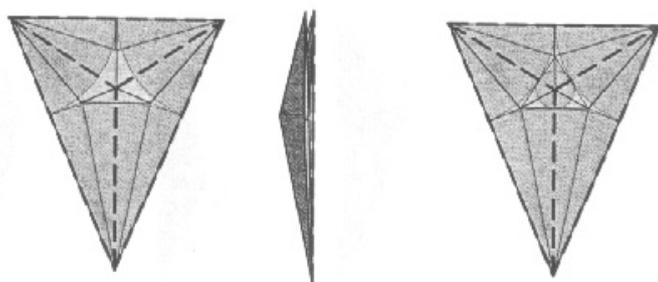


图 8.34。

左：变窄的等腰所有轴向皱褶瓦强调。

右：同样的瓷砖瓷砖和三个三角形组成的圈子。

这个例子说明了一个瓷砖有时可以细分为更小的砖;的等腰三角形,如图 8.34 瓦可以分解成三个三角形瓷砖,有三个圆弧各自的权利,并且随着数字显示,该点位置 3 瓦走到一起可以产生一个微小的第四个皮瓣。如果你折一个例子,仔细检查折叠的形式,你会发现,在第四层皮瓣埋藏在形状的内部。

长方形砖也可以缩小。一长,瘦长方形瓷砖可以用汇的角度缩小,如图 8.35 所示。

为缩小与三角形瓷砖,瓷砖在缩小一些会所在的折痕折叠形式沿轴线。但是,而不是解剖成更小的砖,最好把它看成是一个具有一些额外的折痕简单瓷砖。

在高宽比,这两个直角水槽不互动的矩形。但如果该矩形是相对于它的长度缩短,水槽褶皱连接,并介绍一些新的水平折痕。对于所谓的银色长方形,其宽度为长度比为 $1 \times \sqrt{2}$ (这是因为欧洲 a4 的信纸,210x297mm 相同的比例),该瓷砖缩小窗体有一个特别优雅的折痕模式,如图 8.36 所示。

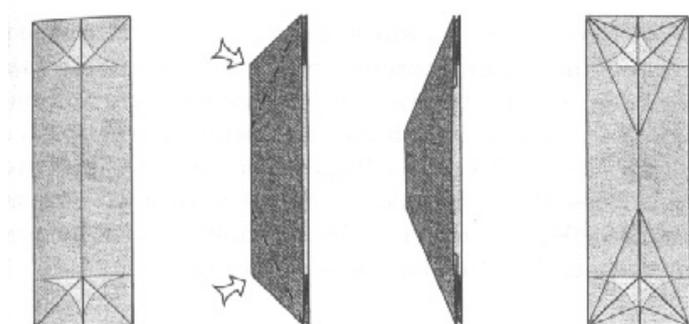


Figure 8.35.
A simple rectangular tile, narrowed with sinks, becomes a more complex tile.

图 8.35。

一个简单的长方形瓷砖,用汇的缩小,成为一个更加复杂的瓷砖。

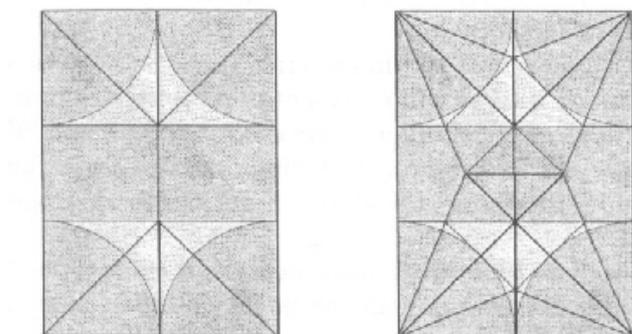


Figure 8.36.
Left: simple tile for a silver rectangle.
Right: narrowed form of the same tile.

图 8.36。

左:简单的瓷砖为银色矩形。右:缩小同瓦的形式。

广场上，也有一个缩小的形式。一个简单的正方形瓷砖，正如我们所看到的，水炸弹基地。变窄的形式是---意外的惊喜！---鸟基地作为同一折痕模式（见图 8.37）。

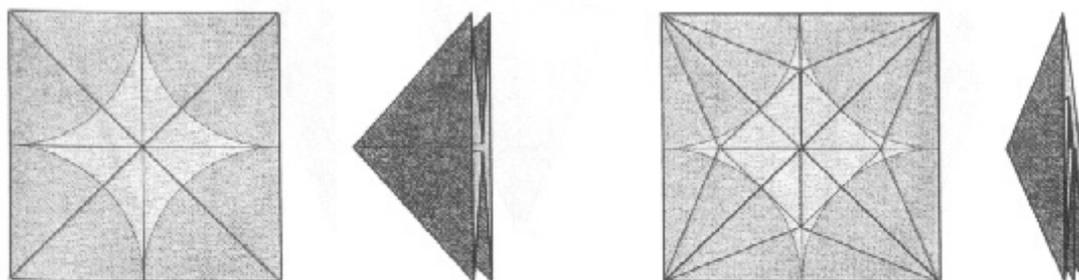


Figure 8.37.
 Left: simple tile for a square.
 Right: narrowed form of the same tile.

图 8.37

左：简单的瓷砖为一个正方形。右：缩小同瓦的形式。

因此，我们可以把这个作为一个正方形瓷砖狭窄的形式，或者我们可以分解成的，我们已经看到了（在这种情况下，我们要补充的第五圈的中心有四个三角形瓷砖广场，第五次代表访问花瓣）。

因此，似乎可以有一个给定的瓷砖里面有相同数目和长度的几种不同的花瓣折痕模式；只是宽度不同的花瓣。最简单的瓷砖具有最广泛的花瓣。通过各种方式沉没的瓷砖，可以使花瓣狭窄，事实上，通过反复下沉，我们可以利用每一个任意花瓣薄。

8.6 坚持数字和瓷砖

在这一点上，它有利于引入一种花瓣在一个折叠的形式安排瓷砖图案符号：棒子的数字。我们用一个线段的长度等于花瓣长度的线段，每个瓣折叠形式加入到彼此相同的方式加入到了花瓣对方。

如果两个圈子接触的瓷砖，那么他们的接触相应花瓣，我们将提请代表，通过他们的棍棒，截至年底感人相应的连接。因此，举例来说，一个三角形瓷砖折叠表 - 3 花瓣 - 示意图可以表示在未来的 3 点一起行。

图 8.38 显示了这个三角形的瓦片两个示意图的形式。一个三角形瓷砖可以折叠成一个 3 瓣形，我们将代表由 3 瓦 - 支棒图，其中枝是在瓷砖的皮瓣长度相同。

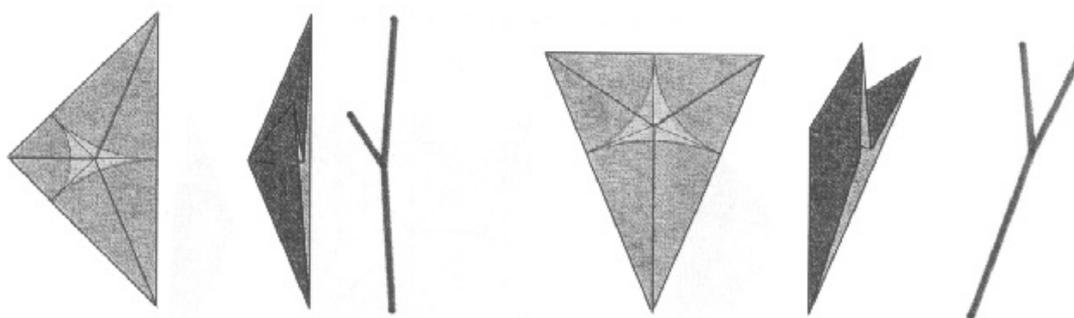


Figure 8.38.
Schematic representation of two triangular tiles. The length of each stick is equal to the length of the flap.

图 8.38

示意图两个三角关系。每一棒的长度等于该皮瓣的长度。

棒子的数字也可以看作是折叠形式的皮瓣极限情况是由狭窄。然而，有一个数字之间的坚持和基地的重要区别。虽然我们经常绘制在作为一个如图 8.38 基地（皮瓣同一方向棒图的分支），没有任何意义的秩序枝在他们共同的终点。该基地的皮瓣，可叠加，另一个顶上，但为了区分邻近皮瓣，我将永远坚持提请数字与某些角度分隔的段示意图。在坚持这样的数字，它不段间，数量可观的角度，只有长度的段和其相互连接的问题，因为每个区段的长度表示相应的皮瓣长度。这个长度也等于为皮瓣上的圆的半径是各界代表。

过它的运行河流瓦，我们都将代表皮瓣以及它们之间的线路连接以及。因此，一个长方形砖为代表河流示意图在对加入了对连接之间的四行，而一个正方形瓷砖组成的四界将由四行代表了所有在点走到一起。

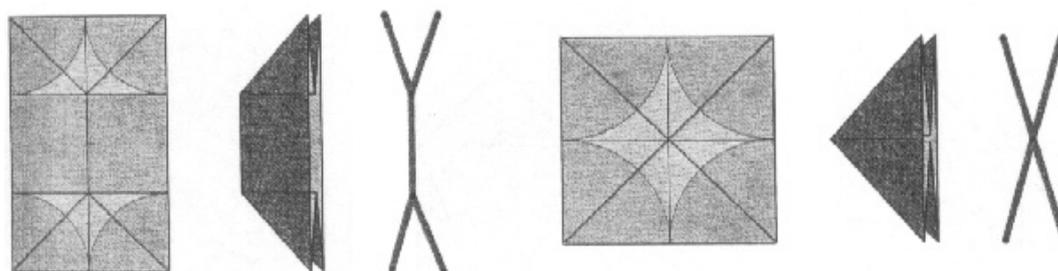


Figure 8.39.
Schematic representation of a rectangular tile with a river and a square tile.

图 8.39 示意图同一条河流和一个正方形瓷砖长方形砖。

棒子数字示意图是一个有用的工具，因为它没有对褶皱的细节取决于瓦内，只有在界内的瓷砖和河流。但它的效用超出个人砖;我们也可以用棍数字，以代表整个基础结构。

我们可以用数字勾勒坚持以治疗为一体的大型收藏界和河流的整个格局的折痕模式的整个结构，使用一些简单的规则：

每个界的代表是一个线段的长度是圆的半径。1段的端点对应的圆心，其他对应圆的边界。

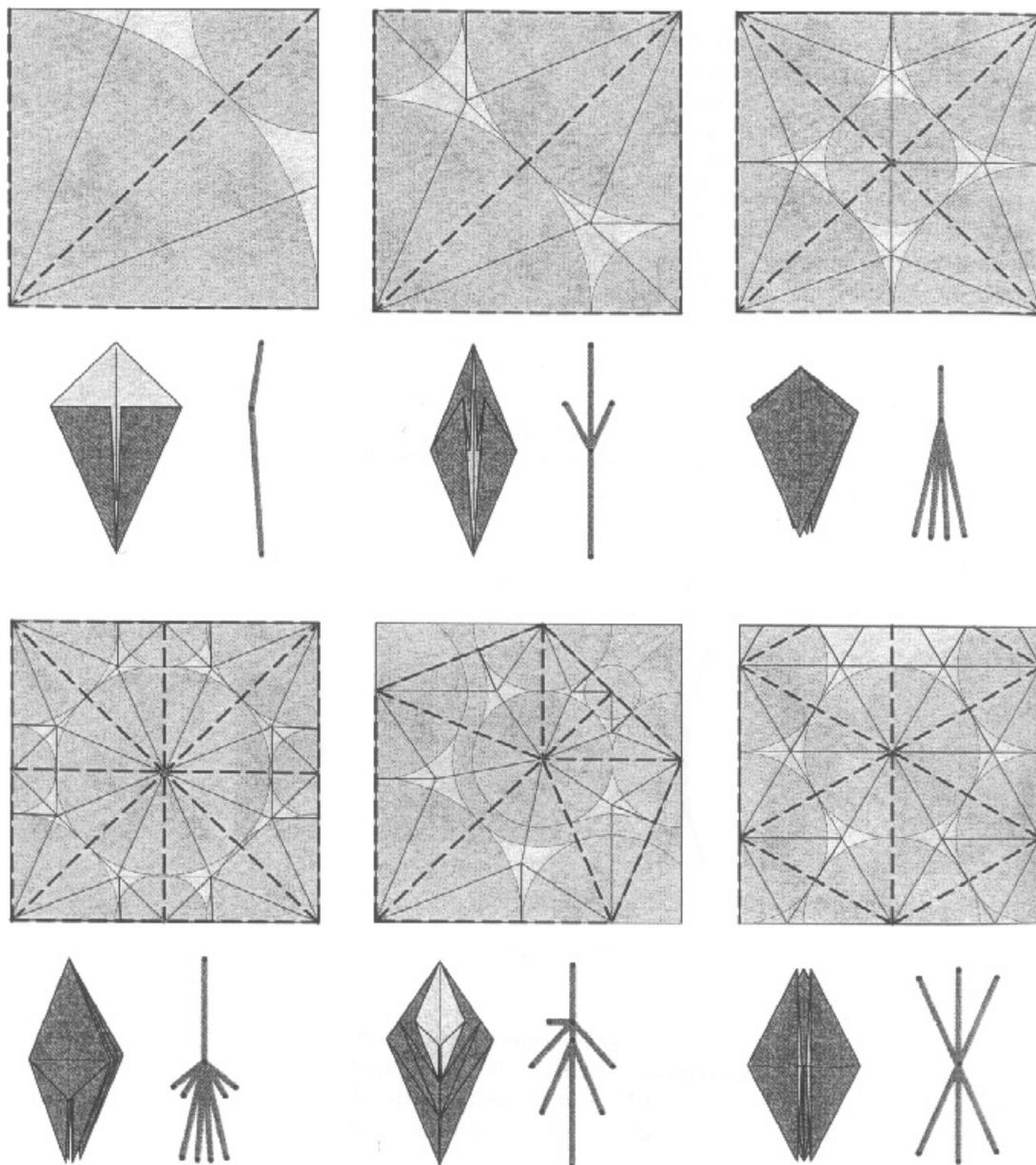


Figure 8.40.
Six bases, with inscribed circles and rivers; the bases, and corresponding stick figures.

图 8.40

6个基地，与上界和河流的基础上，坚持和相应的数字。

- 1、每条河流是由一个线段的长度是在河的宽度。1 段的端点对应一个河边，其他对应于河对岸。
- 2、如果两个特点（圆圈或河流）触摸任何地方，其相应的线路连接在相应的终端。

看到它的工作原理，让我们构建的 6 个基地，我们一直工作在本节开始棒子数字。

圆/内四个基地的折痕模式经典模式只包括河界，所以他们坚持数字只包括由一个共同的点线所产生的。因此，在折叠基地，花瓣全部出自一个共同的位置。蜥蜴基地（在第五行）是位有差异，但是，它的循环模式包含一条河流。河水带来了一个段分开点的两个基因。

因此，他们坚持数字服务连接到对方作为一种快速的，无论是长度的襟翼和速记的方式描述。你可以设计一个折痕模式使用界和河流只是瓦片，并绘制棒图，快速确定模式是否产生了必要的花瓣组合。只有在你已经找到了一个瓷砖的模式，给予了适当的长度花瓣正确的号码，你需要填写带折痕模式的瓦片。

让我们来看一个例子。一个正方形可以分成两个长方形解剖加两个不同的方块，如图 8.41 所示。这将是这 4 砖建造了一个基地的属性。

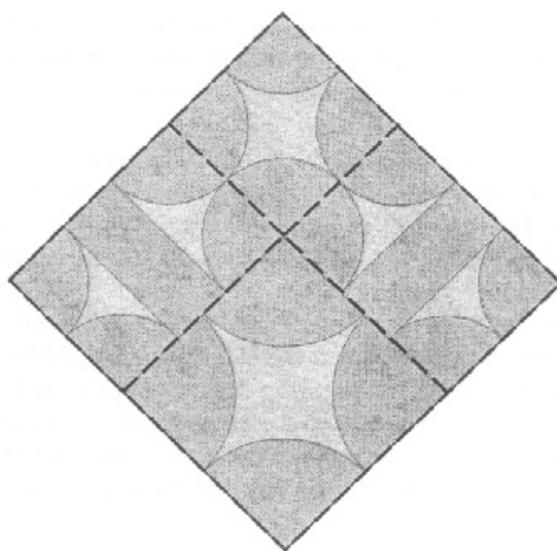


Figure 8.41.
Left: two rectangular tiles plus two square tiles fit together to make a square.

图 8.41

左：二加二方矩形瓷砖瓷砖组合在一起，使一个正方形。

如果我们插入 4 块---两个平方包含 4 个圈，加上两个矩形含有 4 圈和两条河流，我们看到的圈子里的广场上与队友妥善矩形的短边，但在较大的那些方不妥善队友的圈子和河流中的矩形。我们可以修复的。记得，任何循环可以细分成更小的圈子，一环河;同样，在每个矩形河流可分为二成两条河流交配与新创建的河流。结果是一个圆，河流格局中，所有匹配条件是沿瓷砖的边缘满意，如图 8.42 所示。

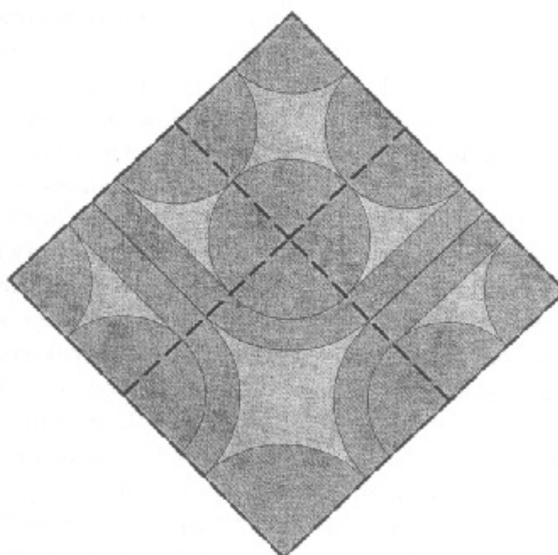


Figure 8.42.
 Tiles with circles and rivers that satisfy matching conditions across tile boundaries.

图 8.42。

与各界和河流瓷砖瓷砖，满足跨边界匹配条件的优化。

现在，无需增加任何更多的折痕，我们可以找出这个结构的折叠基地的皮瓣数目。在折痕的模式，我们从帽子，一信一 $1/4-1/5$ 每个圆圈和河流，如图 8.43。

顶部的四界从头 4 个平段分子皮瓣。因为涉及到 B 和 C，其对应的行必须被加入到线在同一点 B 和 C。因为 B 和 C 也触摸圆 A，这意味着线段 D 必须同时连接在同一点的好。

有一个微妙在这里，我不想速度;即使瑟克尔 D 不触及圆 A，两个对应的皮瓣是在他们的基地相连。该方法可以保持这个直是使用这两个部分都在一个点连接，如果在循环模式的规则，你可以从一个到另一个没有在一个圆圈或河流切割。

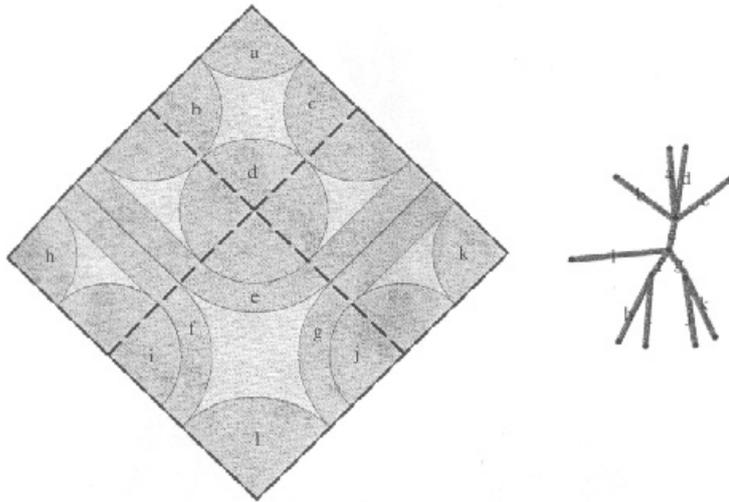


Figure 8.43.
 Left: the circle/river pattern with all features labeled.
 Right: the schematic stick figure, illustrating the lengths and connections among flaps.

图 8.43

左：圆/有河流的所有功能模式的标签。右：原理图棒图，显示的长度和襟翼之间的连接。

继续向下，皮瓣 a - b 是连接到一个短节段（五），其中，又是连接到两个以上的片段（F 和 G）和较长的点，1。既 f 和 g 是终止皮瓣对--- H 和 I;和 j 和 k 分别。

所以这个基地将有 8 个长长的皮瓣，沿着两个部分配对，比其中任何一个单一皮瓣更长。现在，如果该基地符合预期主题的需要，我们可以填补它与瓷砖折痕，如图简单，缩小砖 8.44 所示。

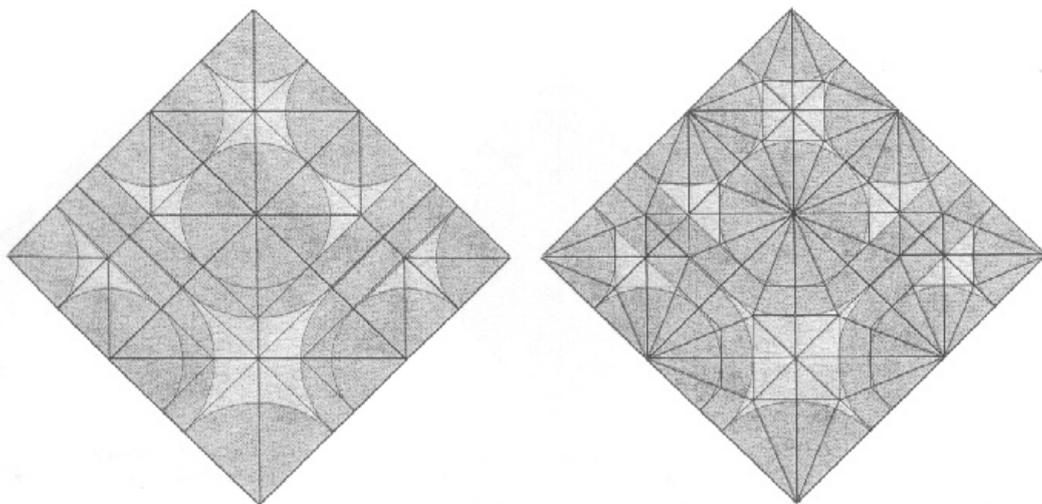


Figure 8.44.
 Left: the crease pattern filled with simple tiles.
 Right: the same pattern filled with narrow tiles.

图 8.44

左：折痕模式简单地砖填补。右：同样的模式与窄砖填补。

Figure 8.45.
Folded form of the base with narrowed tiles.

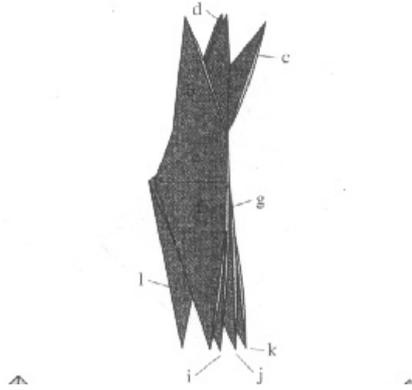
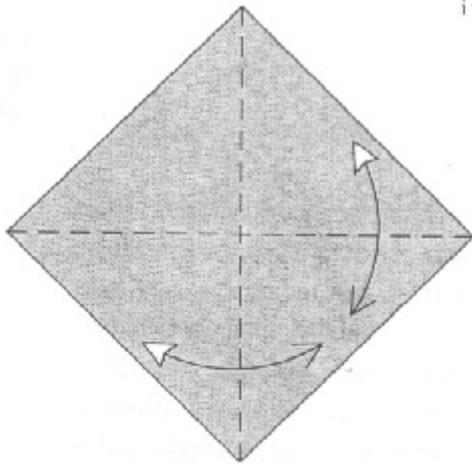
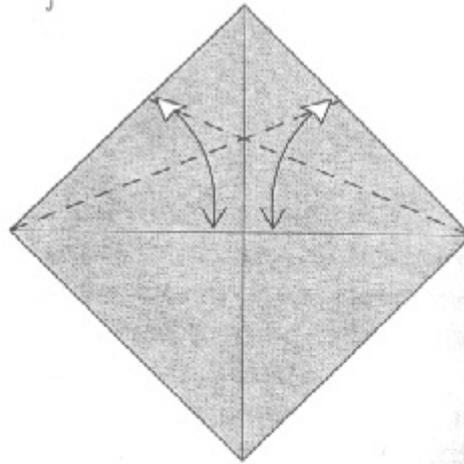


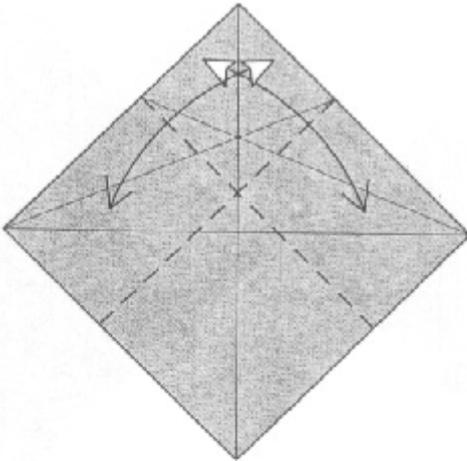
图 8.45 折叠形式与缩小砖基地。



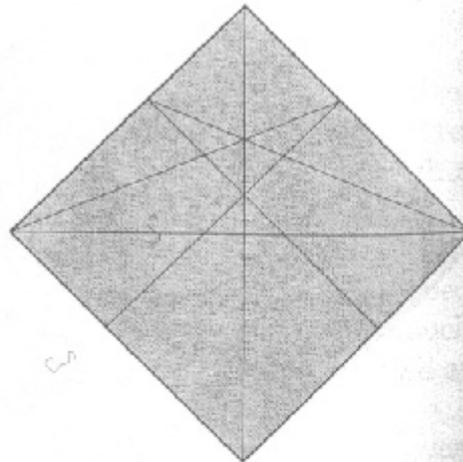
1. Begin with the white side up. Fold and unfold along both diagonals.



2. Fold the top edges down along the diagonal and unfold.



3. Fold the top edges down along a crease that hits the intersection of the edge and the crease you just made.



4. The creases you just made form the boundaries of the tiles.

Figure 8.46.

Folding sequence to divide the square into square and rectangular tiles.

- 1、与白方开始了。折叠和展开都沿对角线。
- 2、折顶边向下沿对角线和展开。
- 3、折顶边向下沿折痕的命中的边缘交叉和你刚才的折痕。
- 4、你刚才提出的褶皱构成的瓷砖的边界。

图 8.46

折叠序列分正方形和长方形砖。

如果我们不是折叠成一个基础模式，我们将获得一个相同的号码，长度基地，花瓣的配置是由循环模式预测。

你可以享受自己折叠的基础，如果你能看到确定花瓣。图 8.46 折叠序列给出了成正方形和长方形究其分裂的适当比例，从那里，其他可以通过一分为二折叠不同的角度构建。

我已经使用了一个夹层非常相似的模型作为塔罗闍湿婆这一点，但使用的比例 $2 \times (1 + \sqrt{2})$ ，而不是银色矩形 $(1 \times \sqrt{2})$ 。折痕的模式，基地，折叠模型见图 8.47。你能找出个别瓷砖？

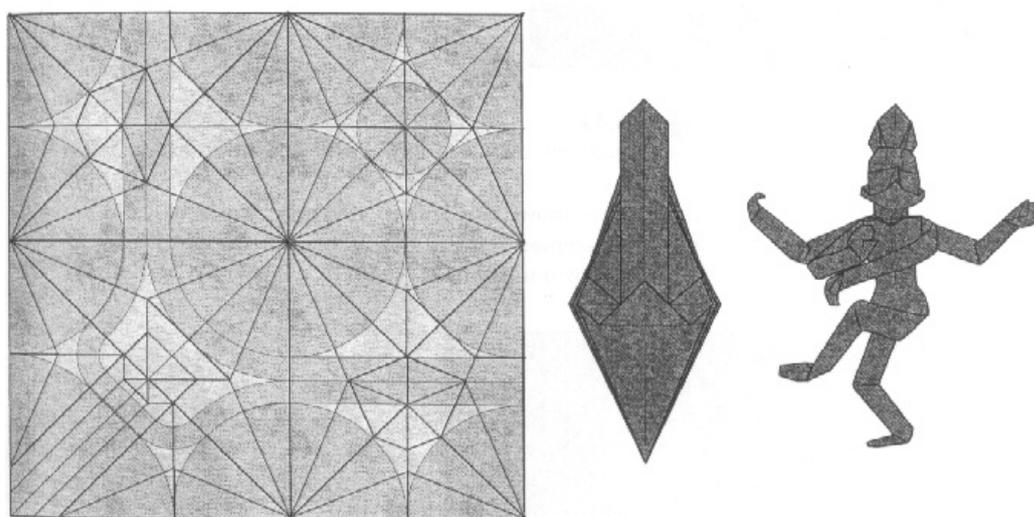


Figure 8.47.
Crease pattern, base, and folded form of Shiva.

图 8.47

折痕模式，基地，从湿婆折叠。

同样的基地，可用于多种不同的方向，创造显着不同的模型，它往往不是在所有的折叠形成明显的，根本的基础是相同的。 但如果您检查花瓣模式---在哪里长瓣，其中有短，它们如何加入---你可以感知的基本相似。同样的结构性基地在湿婆使用也可以用来实现大力士甲虫，如图 8.48 所示。

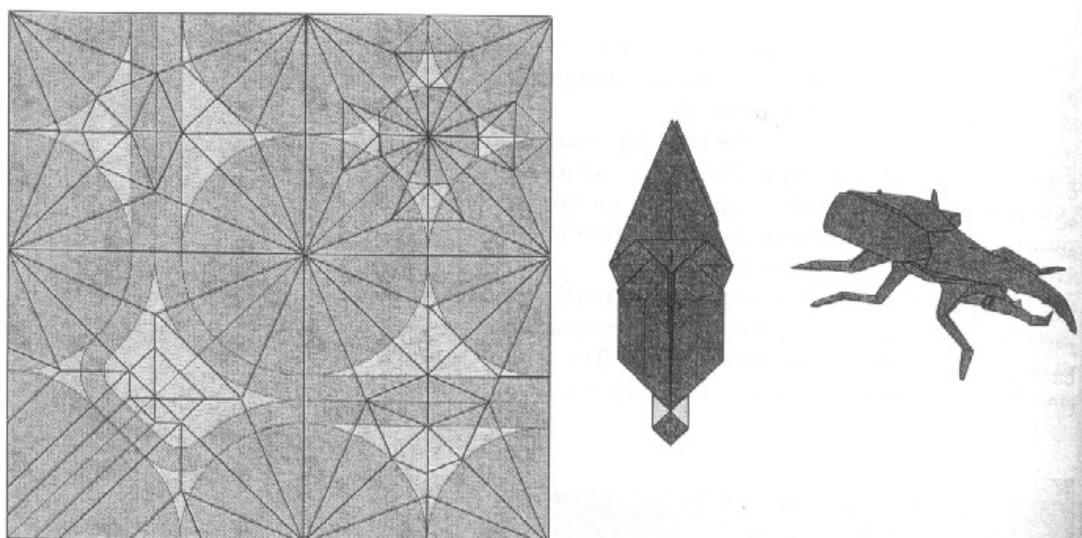


Figure 8.48.
Crease pattern, base, and folded model of the Hercules Beetle.

图 8.48。 折痕模式，基地，折叠模型的大力士甲虫。

1 也可以组合技术：构建一个由平铺基地，然后分割使用的一个或多个瓣点 - 分裂。祈祷螳螂图 8.49 所示的大力士甲虫采用几乎相同的基础，但到 4 点，中间瓣分裂形成的天线。

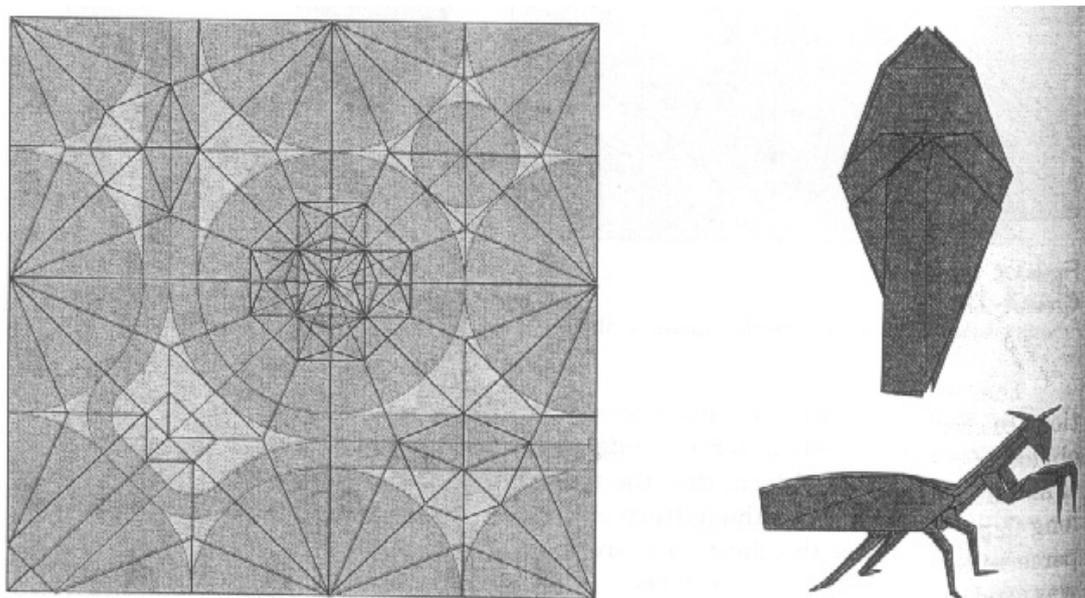


Figure 8.49.
Crease pattern, base, and folded model of the Praying Mantis.

图 8.49

折痕模式，基地，折叠模型的螳螂。

8.7 瓦内二维的关系

在任何瓦，每圈或河流遇到两个瓦方，这确立了双方之间的关系。所有这些关系的国家可以限制在 586796 界和可能的大小河流。在三个圆组成的三角形瓷砖，它是从 8.50 的数字表明，每个三角形边的长度等于两个相邻的圆圈（即，你还记得，半径总和等于其相关的长度皮瓣）。

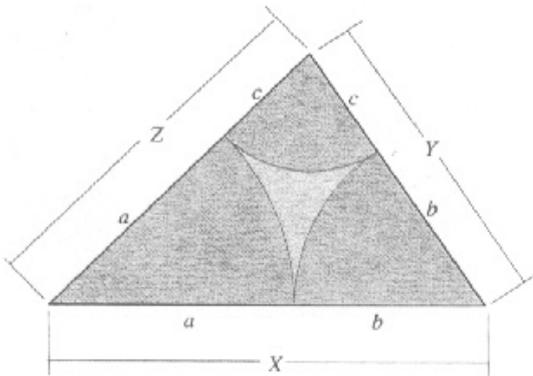


Figure 8.50.
A triangle tile composed of three different circles.

图 8.50

一个三角形的三个不同的瓷砖界组成。

它是明确的数字，如果三角形的两边是 X, Y 和 Z 和我们开始从长瓣 a, b 和 c, 则

$$X = a + b, \quad (8-1)$$

$$Y = b + c, \quad (8-2)$$

$$Z = a + c. \quad (8-3)$$

我们也可以转化的关系，找到可以从一个给定的三角形皮瓣取得的长度：

$$a = \frac{1}{2}(X + Z - Y), \quad (8-4)$$

$$b = \frac{1}{2}(X + Y - Z), \quad (8-5)$$

$$c = \frac{1}{2}(Y + Z - X). \quad (8-6)$$

在长方形砖，由于对称性，有较少的变量：界都具有相同的半径，如图 8.51 所示。如果界半径 a 和河流的宽度 b ，则该矩形的双方都给予

$$X = 2a + b, \quad (8-7)$$

$$Y = 2a. \quad (8-8)$$

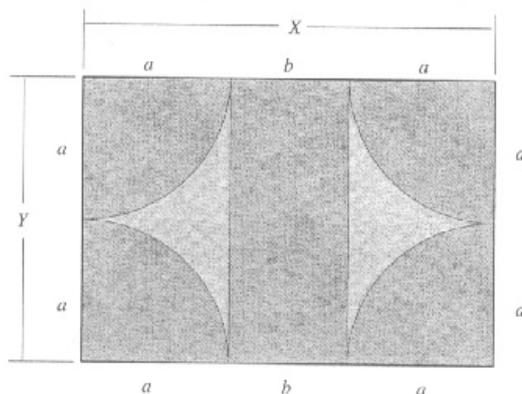


Figure 8.51.
A rectangular tile with a river.

图 8.51

同一条河流长方形砖。

因此，对于一个给定的矩形，圆和河流的根本维度

$$a = \frac{1}{2}Y, \quad (8-9)$$

$$b = X - Y. \quad (8-10)$$

为矩形或三角形，我们增加了河流，圆的半径是很明显的添加的河宽减少。

这些关系可以用来构建瓦片，引起了新的皮瓣组合超出标准剧目的新的基地组合。虽然这种方法可用于许多折纸科目使用，它是特别的昆虫，它的许多有效的附属物，往往长短不一，在历史上提供了巨大的挑战，折纸设计师。通过建立基地，从瓷砖，它是能够实现长期和短期皮瓣相当复杂的组合。在图 8.52 所示的周期蝉，6 等腰直角三角形砖，四 4 个不等边三角形，等腰三角形三角形走到一起，产生六只脚，两个长翅膀，头部，胸部和腹部。

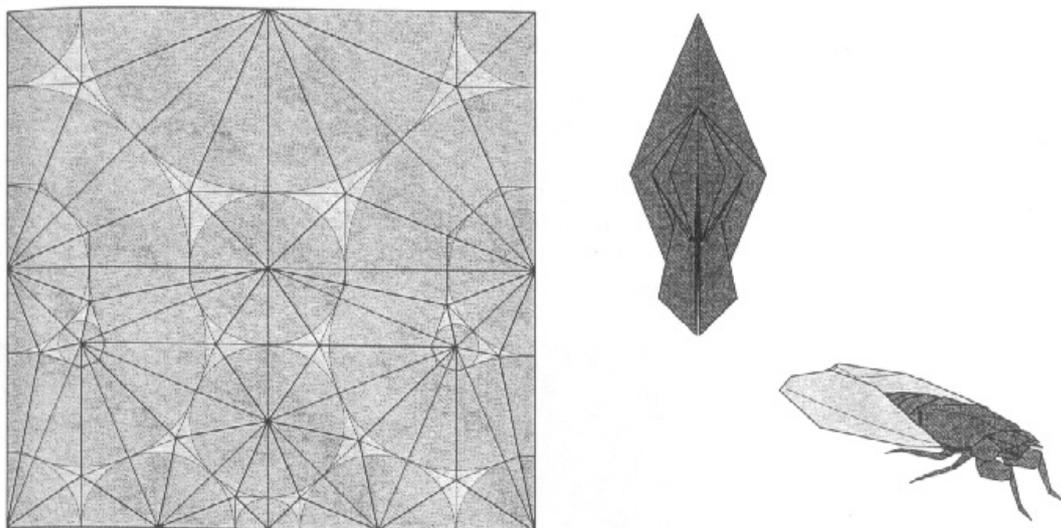


Figure 8.52.
Crease pattern, base, and folded model of the Periodical Cicada with a tiled crease pattern.

图 8.52

折痕模式，基地，折叠模型的研究期刊蝉与平铺折痕模式。

新瓷砖 8.8 新基地

有许多可能的瓦片。您可以通过搜索和产品目录的折纸文献，然后以新的方式结合起来，以实现新的基地现有的瓦片。或者，您可以寻求直接建造新砖。一个新型的瓷砖可以激发新的设计。正方形，三角形和并不是唯一可能的瓦片。它可以构建一个平行四边形内界和河流以及，如图 8.53 所示。

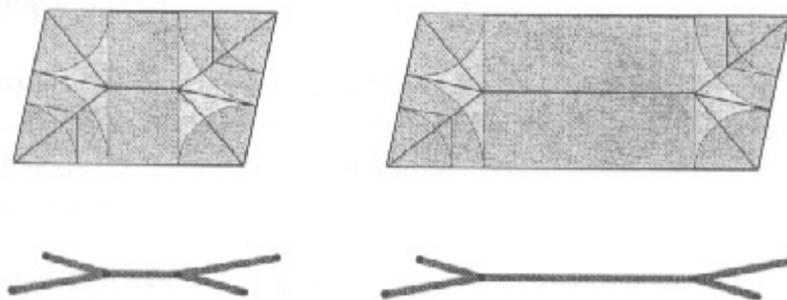


Figure 8.53.
Top left: a parallelogram tile.
Bottom left: schematic of its folded form.
Right: same for a longer parallelogram.

图 8.53。

左上：一个平行四边形瓷砖。

左下：它的折叠形式示意图。右：同样的一段较长的平行四边形。

如矩形，平行四边形，可随意伸展，在这瓦。沿长方向伸展可以采取行动，增加了运行垂直河流的宽度。

还像一个矩形，平行四边形可以平铺，填补了飞机。看看会发生什么，当我们这些瓦片叠两个垂直或水平。圈和河流排队，所以组合可以折叠。但倾斜的平行四边形相邻点之间创建一个抵消，从而使最终的结果是一系列的点均匀地悬挂沿着一个共同的线路输出。

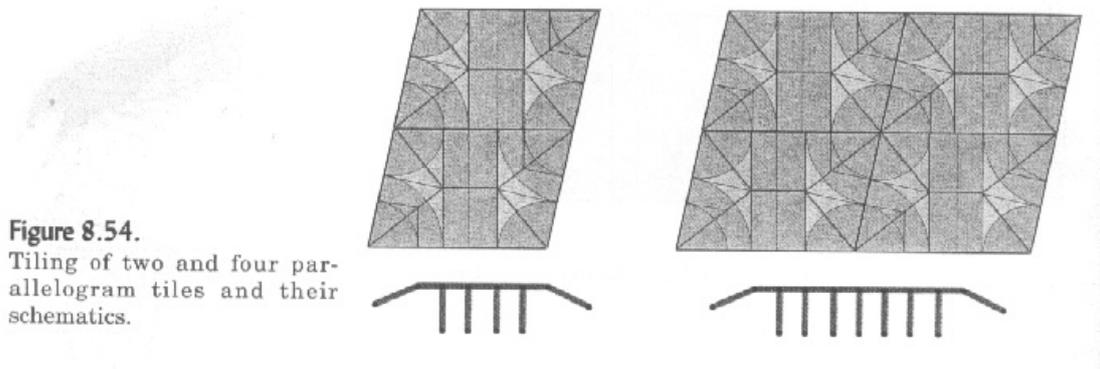


图 8.54

两个和四个平行四边形瓷砖和瓦片的原理图。

这是一个相当不错的把戏;的圈子里的折痕模式是在行和列中排列的，而在坚持数字对应的基础上，沿皮瓣一行分发。因此，瓷砖使我们能够建立一个基本的一维链的皮瓣而有效地利用一纸二维区域。一个平行四边形的矩形组合，给出了 14 腿和身体的一丸错误部分，如图 8.55 所示。由不同的长度和倾斜角度的平行四边形，你可以改变圆的半径和河流宽度，相应的腿的长度和它们之间的细分市场。

它也有可能加入圈子和河流中的一个相同的方式为平行四边形梯形。一矩形，平行四边形组合，给出了一个 20 梯形砖腿蜈蚣，其折叠折痕模式和形式，如图 8.56 所示。

同时可以将任何平行四边形变成一个圆圈/河川瓦，涵盖了飞机，只有特定的比例和倾斜角

度给予间隔均匀的腿。你可能会发现一个有趣的挑战，它的工作层面之间的平行四边形，腿的长度，体节长度的关系，以及行和平行四边形和梯形列数。

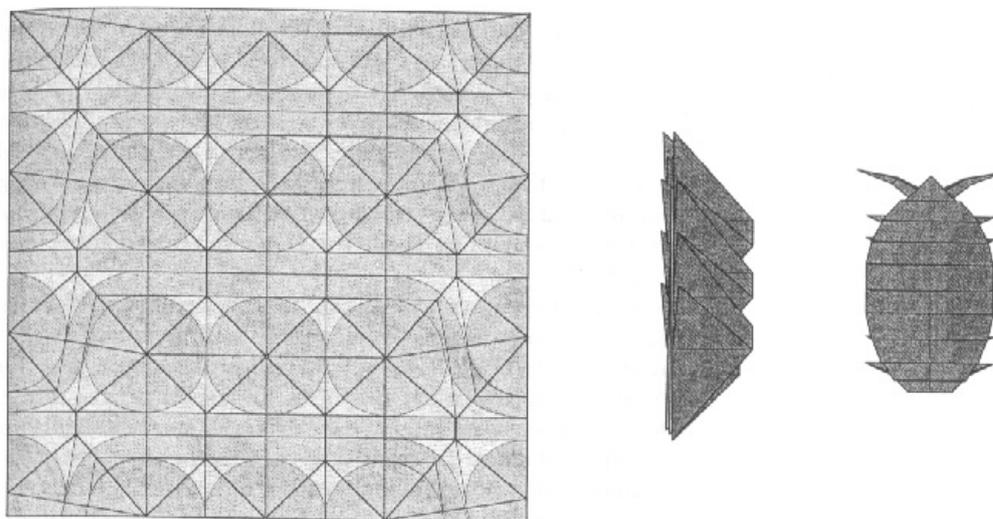


Figure 8.55.
Crease pattern with circles and rivers, base, and folded model of the Pill Bug.

图 8.55

折痕模式与各界和河流，基地，折叠模型的研究球虫。

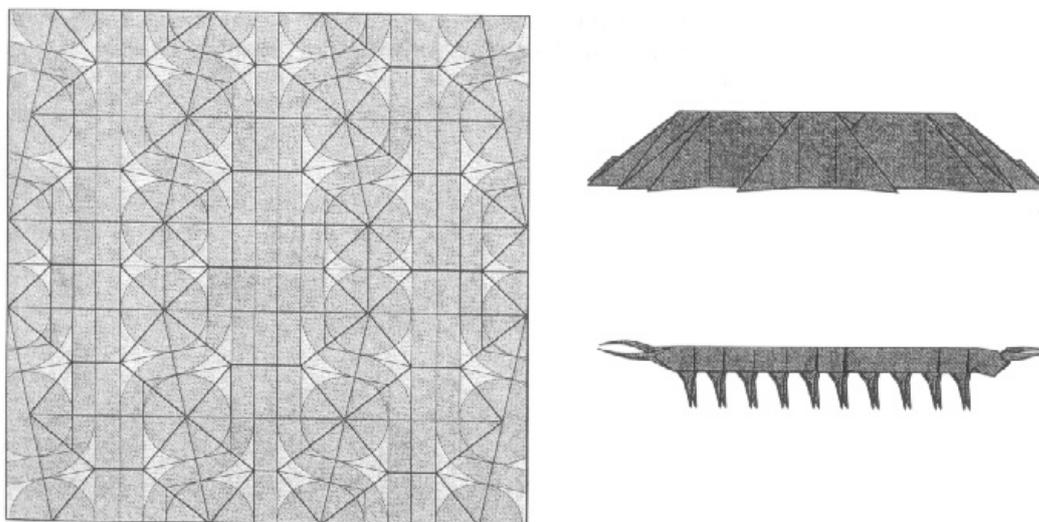


Figure 8.56.
Crease pattern with circles and rivers, base, and folded model of the Centipede.

图 8.56

折痕模式与各界和河流，基地，折叠模型的蜈蚣。

你这样做之后，你可以尝试在制定如何使只用矩形和三角形瓷砖多重蜈蚣你的手。

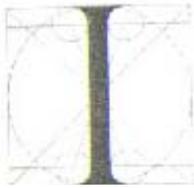
无论您使用三角形，平行四边形，梯形或砖，布使用更多的行和列，你可以增加任意数量的腿，事实上，它可能是从 1 平方米 1 100 足蜈蚣。使用的瓷砖给出了一个非常有效的蜈蚣。在折叠模型长度约三分之二的在广场边的三分之二，而令人惊讶，因为腿的长度之间的身体部分和固定比例，原来的长度大约是相同的，不管它有多少腿。

折纸设计的瓷砖，可用于发现一个新基地，新设计的折叠功能强大的技术。但是，仍然有一个尝试和错误位给它的是，我们接触的方式已到组装成一个图案砖，看看发生什么样的基础。如果你已经建立了许多不同的瓷砖类型的集合，然后为一特定主题，你可以尝试不同的瓷砖装修一起组成了各界和河流所需数量。但它仍然是间接的方式设计的模型。在平铺法的概念，但是---界，河流，也是最重要的是，单轴基地---是根本性的。我们可以建立这些概念，构建了一个针对设计中的几个算法：“我需要这么多的皮瓣，这里是如何得到他们。”在下一章，我们会遇到这些算法的第一次。

（第八章完）



圆包装 9



在最后一章中，我们看到新的基地可以通过组装的方式，允许在个人砖叠砖组成单位折痕模式构建。由装饰用瓷砖界和个别河流，我们创建了规则匹配的瓷砖，如果瓷砖两个队友，使他们的圈子和河流排队，然后两个瓷砖工会可以折叠折痕没有建立任何新的单位。

此外，我们可以使用圈和河势，以神所形成的基础：有多少瓣结构，它们是多久，互相连接。而给定多边形可能会引起不同的折痕模式具有不同宽度的皮瓣，在各界及河流的任何两个相同的图案瓷砖瓷砖必然产生相同的皮瓣配置。我们可以通过一棒代表数字，其中每一部分对应于不同的皮瓣这常见的配置。

当我们已经建立了有效的抗皱平铺模式，交配瓦圆弧对齐，创建部分或全部圈子。一中的一个圆圈相连的部分平铺模式对应于不同的皮瓣折叠基地。所以，你可能会奇怪，是什么呢？为什么用界？在各界的选择，创造匹配规则是不是任意的，而是有其深刻襟翼和各界之间的几何关系。对各界代表皮瓣是利用折纸内强大的工具，因此我们将进一步调查这一点。

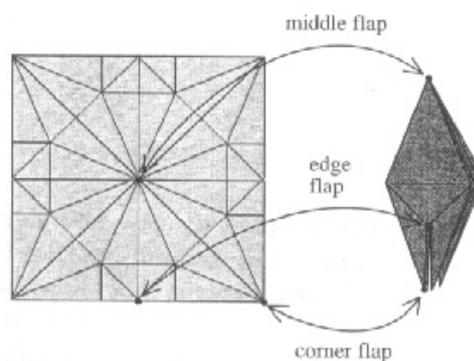
9.1 三种类型的皮瓣

正如我们已经看到，在折纸有三种不同类型的皮瓣：皮瓣角落，边缘皮瓣，皮瓣边缘和中间瓣。这些类型的皮瓣命名的地步皮瓣尖端的广场上，一个角落皮瓣下降有其尖端从广场，一边缘襟翼的角落来有其尖端介于沿边缘，中间瓣正如你所期望的，来自该文件中，例如，对青

蛙的四个基地，大瓣的角落皮瓣;四个粗短皮瓣是缘襟翼，以及在顶部是一个中间厚皮瓣皮瓣。所有三个见图 9.1。

Figure 9.1.

Flaps in the base have their tips at unique points in the crease pattern. Middle, edge, and corner flaps have their tips on the middle, edge, and corner, respectively, of the square.



middle flap: 中间瓣 edge flap: 缘襟翼 corner flap: 角落皮瓣

图 9.1

在基皮瓣在他们的折痕模式在独特点提示。中间，边和角襟翼对中，边缘的提示和角落，分别在广场。

纸人一样，只能在一个地方一次。文件指出，去到一个皮瓣不能用于其他，因此，每次你创建一个从正方形，纸张，部分由该皮瓣皮瓣得到消耗。原因是区分三个不同类型的皮瓣区别---角落，边缘，中间---是，相同长度的皮瓣，皮瓣三类每消耗一纸量不同。

单程看到这种差别是折叠角落，边缘和中间的大小完全一样的皮瓣从三个不同的方块，图 9.2 显示了一个角落皮瓣折叠。如果你想像（或折叠）一个横跨皮瓣基地边界，那么边界分为两个区域：上面的边界文件是皮瓣的一部分，下面的边界文件的文件是一切。该文件指出，将皮瓣去对所有意图和目的所消耗的皮瓣，任何其他皮瓣必须来自广场的休息。

因此，如图 9.2 所示，如果你从一个正方形折叠，使皮瓣尖端从正方形，角来当你展开的文件到原来的广场皮瓣长度 L 时，您会看到该区域该广场将皮瓣去大约一个圆圈季度确切地说，它是一个八角形的四分之一。假设我们的皮瓣一半的宽度，如图 9.3 所示，在我们展开它，然后在瓣变成了一个六边形的四分之一。如果我们一直使皮瓣瘦（使用无限薄纸!），该皮瓣边界将接近四分之一圈。在所有情况下，多边形部分刻由一圆形部分，它代表了一个无限瓣狭窄极限情况。因此，一个圆是最小的皮瓣所消耗的纸张可能的边界地区。一个角落皮瓣长度 L 时，因此。需要 25 年纸圈，圆的半径为 L ，该皮瓣的长度。

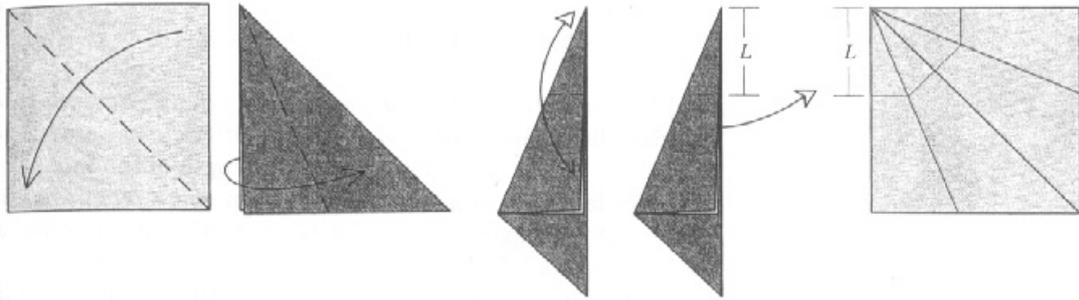


Figure 9.2.
Folding a corner flap of length L from a square.

图 9.2

折叠一个角落皮瓣长度提单持有人一平方。

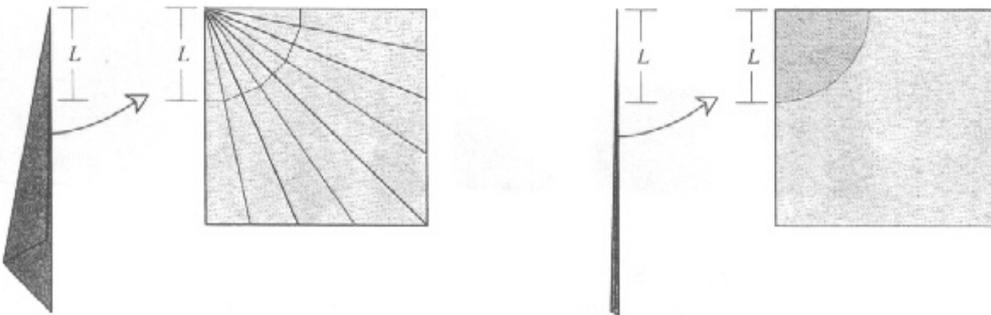


Figure 9.3.
Left: making a narrower flap makes the boundary a quarter of a hexadecagon.
Right: the limit of the boundary as the flap becomes infinitely thin approaches a quarter-circle.



图 9.3

左：作窄瓣使得边界的一个六边形的四分之一。

右：在边界限制的薄皮瓣变得无限接近一个四分之一圆。

因此，所有的文件，在方，圆瓣是由消费，而剩余的纸张是我们用来折叠模型的其余部分。

现在，假设我们正在从一个边缘的皮瓣。例如，如果我们在半折广场，然后点上的折痕点击成为角落的边缘，可以折出一个角落皮瓣这些新的角落之一，如图 9.4 所示。如果我们在整个皮瓣折叠和开展定义一个长度为 L 和皮瓣，然后发展到原来的广场，您会看到一个长度缘襟翼 L 消耗半纸圈，同样，圆圈的半径为 L ，该皮瓣的长度。

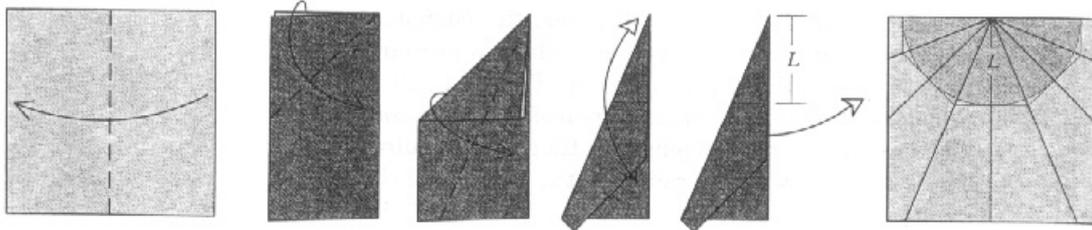


Figure 9.4.
Folding an edge flap of length L from a square.

图 9.4

折叠一个长度缘襟翼对提单持有人一平方。

同样，我们可以从一些在该文件（内部区域的皮瓣它不必须是非常中间，当然）。图 9.5 显示了如何作出这样的皮瓣。当你展开的文件，您会看到一个中等皮瓣需要一张纸圈，并再次，圆的半径是皮瓣的长度。

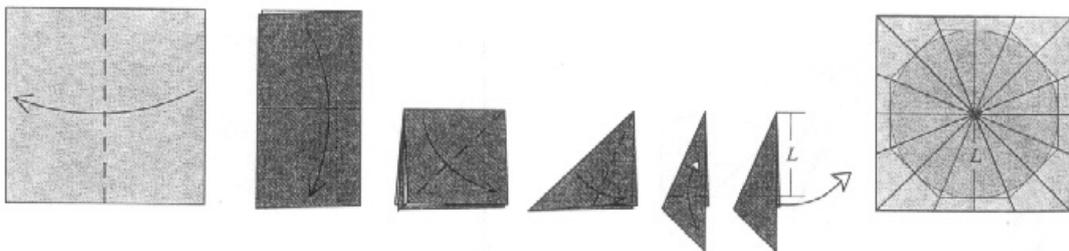


Figure 9.5.
Folding a middle flap of length L from a square.

图 9.5

折叠长度为中间瓣提单持有人一平方。

纸张的消耗量不到风度取决于该皮瓣尖端的角度来看，只有它的长度和位置。所以在任何模型皮瓣消耗季度的一半，或纸全部循环，取决于它是否是一个角落皮瓣，皮瓣边缘，或中间瓣。



这种关系并不取决于是否该基地是由砖建成，它不依赖于是否该基地是一个单轴基地。这是任何皮瓣来在任何一个点折纸模型任何财产。这种关系使我们的设计，允许一个比预先存在的瓷砖更直接的方法组装基地折纸一套新的工具，我们可以通过一个圆圈代表每瓣从界工作直接模式。

对所有的科学努力的目标之一是统一的概念:描述为一个单一的概念不同方面的几个不同的现象。思考模式,而不是在四分之一圈,半圈上,和全界不同的皮瓣,我们可以通过实现统一我们对这些不同类型的皮瓣描述,四分之一圈,半圈,和全界都是成立的重叠与方大圈,如图 9.6 所示。在所有三种类型的皮瓣的共同财产,是每一个可以通过与说谎在方某处圆心圆圈代表的文件。中等皮瓣,圆内全部位于广场。但是,与角落和边缘皮瓣,超过了在广场边的圆圈圈的一部分。圆的中心内仍躺在广场,虽然。因此,任何类型的皮瓣,可通过一个完整的圆圈代表的中心,它对应的皮瓣尖端,某处在方所在。

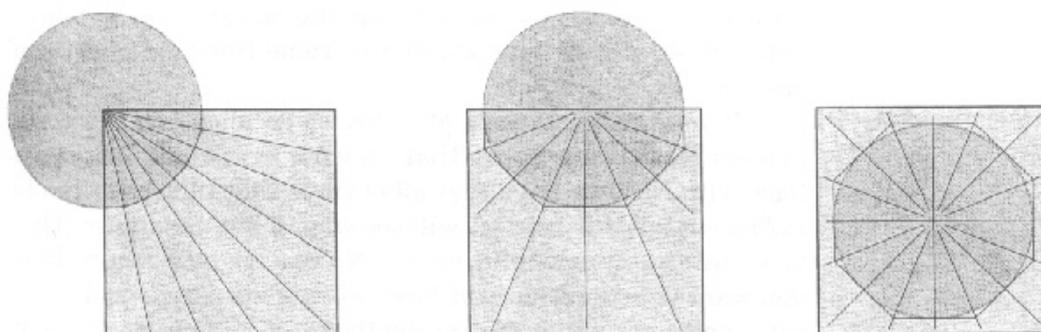


Figure 9.6.
All three types of flaps can be represented by a circle if we allow the circle to overlap the edges of the square.

图 9.6

所有三种类型的皮瓣可以由一个圆圈圈,如果我们允许重叠在广场的边缘。

9.2. 重叠

你可能已经注意到,任何一个基圆格局有趣的功能;相应的圈子接触个别襟翼,但不重叠。在平铺折痕模式,这是,当然,设计;无界重叠在我们开始与瓷砖,所以没有界将在组装折痕模式重叠。

但是,在任何基础,如果我们用不同的皮瓣界,他们永远不能重叠,是否折痕模式是从瓦片或不兴建。片刻的反思将揭示为什么必须如此。每个圆圈环绕皮瓣用于在单一的文件。如果两个圆重叠,文件共享之间的界将在两个不同的皮瓣,这显然是不可能的每个包括在内。因此,我们可以概括:

在任何有效的循环模式对应于折纸的基础上，相应的圆圈，以两个不同的皮瓣可能不重叠。

这种状况必须持有任何折纸基地不仅对经典的基地，不仅为基地---平铺。不管有多少瓣基可能具有的圈子里为基圆的模式不能重叠。虽然这似乎是相当无害的财产，它是规范和有用的事实。提出一种方法，它是现有基地有趣的属性：采取任何折纸基地，开展它，并以此为基础为每个皮瓣圈，每圈集中于一点，到瓣尖地图。没有两个圈会重叠。这种关系可以成为有用的工具，折纸设计的交谈，也是如此：如果你画 n 不重叠在一个正方形界，这是保证方可以成为一个具有 N 瓣的秘诀从中心到基地折叠圈。

如果你有一个正方形的 N 圈模式，这是相当明显，这是必要的，他们不重叠，折叠成一个具有 N 瓣基地。它并不明显，这种情况是足够的，但它是，我们将看到为什么在以后的章节。这是一个令人难以置信的强大的结果。不管有多少瓣要实现你的基地，所有你需要做的就是画一个圈的不重叠设置，以及界的中心绘制出每一个在基皮瓣的提示。

使用这一事实，我们可以通过一个简单的替换，几何，更容易直观，更容易解决问题（得出 n 不重叠界的中心广场内在于一个比较抽象的问题（设计一个给定长度为 N 瓣折纸基地））。由代表模型中的每个圆瓣和放置在广场上的圈子，我们确保我们有足够的文件，以兴建分配每个瓣。在圆柱罐放入一个盒子的问题，我们把这种模式一圆包装。

圈不一定是相同的大小。如果我们使用不同大小的圆，我们会得到不同长度的皮瓣（记得，所形成的皮瓣长度为相应的圆的半径）。因此，通过改组手忙脚乱只是一个正方形，可以构建一个可以被纳入一个以相同数量的基础皮瓣折叠点的安排，无论多么复杂。该事项选择不同的安排圆，你可以设计出许多不同的折叠序列给许多不同的基础，即使有相同数量的皮瓣。

而这样的循环模式是保证被折叠成一个基地，保证是不一样的蓝图一样。但在这里就是我们z可以申请从前一章的瓦片。如果循环模式，可为瓷砖切割的圆圈内，使每瓦配合已知的瓷砖了，那么我们可以组装完整的折痕模式从这些相同的牌。

9.3. 以瓷砖的连接

认为，就目前而言，我们所看到的那些砖包含（没有河流）只圆圈。他们有两种类型：三角形和正方形（水炸弹基地瓦）。在这两种类型的瓷砖，感动了上界沿线各瓷砖边缘，其中，你会记得其他被轴向皱褶。事实上，这触及对方界唯一的地方沿轴向皱褶。这是不是巧合，它可以证明（我们将这样做更新）存在任何轴圈包装折痕任何两个圈子接触的地方。新创建的轴向皱褶分为轴向多边形的面积，如果我们很幸运，多边形的轴向识别已知瓷砖，我们可以填补他们在与每瓦相关的折痕和使用所产生的折痕折叠的形状扁平。

因此，简单的 6 个基地，我们可以用来说明瓦片已被来自圈包装直接根据他们理想的皮瓣数目。我们所代表的每一个期望的一个圆瓣；包装界进入广场，然后构造轴向折痕，描述了瓷砖。

圆图也使我们能够解决折叠效率问题。由代表每一个模型的规模适当借鉴圆瓣和一个正方形的圈子，你可以很容易地找到在广场上，让最有效的襟翼和含有这些基地，往往不是因为点的安排，这将是一个优雅的基地，以及。

并自 1 皮瓣长度等于相应的圆的半径，如果我们设计奠定了在一个正方形的点，代表一个圆，每个基地的最有效的皮瓣将来自该基地的布局，其中的圆圈代表皮瓣是尽可能。按照我们已经证明上述情况，将被放置各界按照以下规则：

- 模型中每个皮瓣是由一个圆圈。
- 每个圆圈的半径等于相应皮瓣长度。
- 广场中心内的每个圆圈住户开支统计调查。
- 可重叠的圆圈在广场的边缘，而不是对方。

我们现在已经组装的必要组成部分进行了从地面折纸设计。整个折纸的历史，大多数设计都修改，我们学到了技术---到目前为止抵消，失真，点分裂，嫁接，瓦片---已经含蓄地假设的东西，我们开始合理地接近我们的最终目标。但接近不再需要，我们希望能够从受基地，其中包含所有必要的结构来实现我们的主题直接。在这里，因此，这是一个折纸设计的算法，称为圆的方法：

- 计数的附加物的主体探析，并注意它们的长度数目。
- 代表一个圆的半径是皮瓣长度每所希望的基础皮瓣。
- 位置的圆圈上一个正方形，这样没有任何两个是重复的，每个圆圈的中心广场内的所在。
- 连接触摸界的中心之一，另一个轴向皱褶，分为轴向多边形的面积。
- 确定瓷砖界的配合在轴向多边形的圈子了。
- 填写与瓷砖折痕轴向多边形。

由此产生的模式可以被折叠成一个皮瓣的数量和尺寸与您的基础开始。

9.4. 规模圆的格局

一旦我们的设计已经看到圆法方面，是那个角落皮瓣纸张消耗更少比缘襟翼，消耗不到中间瓣文件。把这个属性周围，你会发现，对于一个给定大小广场，您可以折叠一个更大的模型（用更少的纸张层）如果您使用的角落，而不是边缘皮瓣皮瓣，皮瓣，而不是中间瓣边缘。看到在圆法光。---传统的起重机和鸟基地，说到---是一个非常有效的设计，因为所有的四个角落都皮瓣皮瓣。和几乎所有的文件进入四瓣之一。但是，增加一个或两个瓣，你是被迫使用缘襟翼。一旦你开始混合缘襟翼和中等皮瓣，你开始遇到效率的权衡。有时，甚至是最好不要使用襟翼的角落，如果有要在广场上放置额外的皮瓣。

因此，举例来说，假设我们想用 5 倍相等长度的皮瓣基地。一个用铅笔和纸（或者小涂鸦，你可以减少一些纸板界和他们周围洗牌）会显示两个特别有效的圈子安排，如图 9.7 所示。

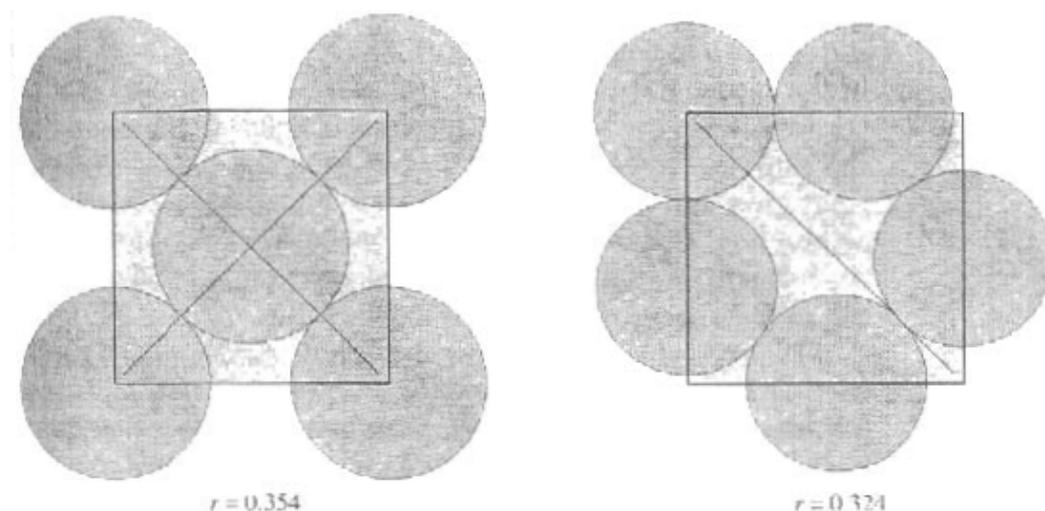


Figure 9.7.
Two circle patterns corresponding to bases with five equal-length flaps.

图 9.7。

两个圆形图案对应基地 5 个等长瓣。

现在有两个可能的循环模式。哪一个更好呢？有没有办法量化的折痕模式的质量？

如前所述，其中一个模型的质量是衡量其效率，即两者之间的折叠模型的大小，它是由折叠方的关系。定量测量的效率是比较如襟翼长度的一些标准功能的基础---规模---到原来的广场面积。最有效的基础是最大的一个给定大小正方形的可能基地。由于该基地的皮瓣是由各界的半径等于皮瓣，最有效的基础长度对应的最有效的循环包装，即代表，拥有最大包装界。

这比较方便，让我们假设我们的广场是一个单位一个侧面。（如果您使用标准的折纸，一个团结，相当于 10 英寸或 25 厘米。）为上图左 9.7，如抗皱模式各界都在相同的尺寸，它是很容易计算出每个圆的半径，因此，在每个基地的五个瓣的长度，是

$$r = \frac{1}{2\sqrt{2}} = 0.354 \quad (9-1)$$

为右边的模式，这需要一些代数计算，但你会发现圆半径

$$r = 1 + \frac{1}{\sqrt{2}} - \sqrt{\frac{1}{2} + \sqrt{2}} \approx 0.324 \quad (9-2)$$

因为 0.324 小于 0.354，每个在第二个模式圆的半径约为 10% 比左侧一小。因为圆的半径等于花瓣的长度，从右边的折叠模式基地花瓣约 10%，小于襟翼从左边的折叠模式。因此，5 瓣的基础上作出了从左边格局将略大和略多于从右边的一个有效的模式。

这两个循环模式相对简单。通过连接与折痕的圆圈的中心，更增加了一些折痕，可以折叠成一个基本模型具有花瓣的数量。事实证明，在已经存在的折纸文学基地相对应的两个圆形图案，如图 9.8 所示。左边的图案是约翰 montroll 的五边方形圈格局。

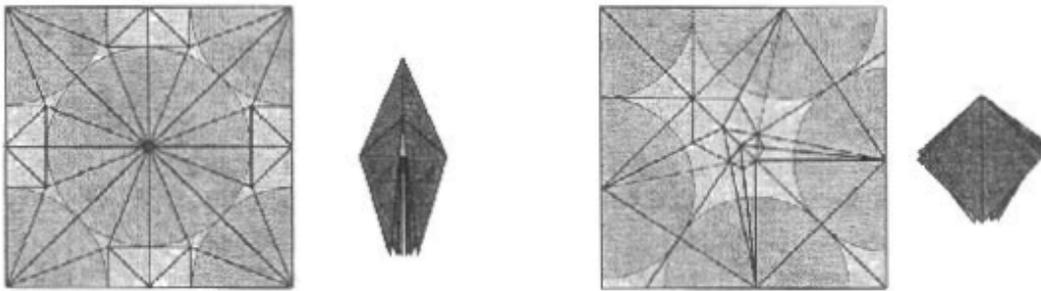


Figure 9.8.
Full crease patterns corresponding to the two circle patterns.
Left: Frog Base.
Right: Montroll's Five-Sided Square.

图 9.8

充分折痕模式相对应的两个循环模式。

左：青蛙基地。

右：montroll 的五边的平方。



有这不仅仅是一间大小不同的两个基地，也有它们之间质的区别。在青蛙基地，第五个花瓣中厚花瓣是在相反方向点四个角落花瓣；而在五边广场，四瓣边缘和角落花瓣在同一个方向走，可以很容易向看来相同。（这是为 montroll 的设计，在最右边的形状类似于原来的理由）初步折叠与一个额外的花瓣。这是一个审美之间的效率和效果的权衡，它的取得在所有

五个花瓣外观相似值得一大小略有下降。

高效填料圈也往往需要简单的瓦片。目前，我们唯一的砖在我们掌握的是三角形，长方形，平行四边形和。因此，它是最理想的使用自己的圈子中，创建一个包装诱导砖是三角形或四边形。这个对象是通过最大限度地接触点之间的界数目；平均每个圆圈越圆感动---一个编号，称为圆的价---越低，双方在周围的多边形数目。

你可以看到在这个数字的 3 个固定圈 9.9 包装工作的关系。在三角形包装，每圈涉及 6 人，都是三角形的多边形，在广场上包装，每圈涉及 4 人及多边形都是四边形；在六角形包装，每圈只涉及 3 人及多边形六边形。

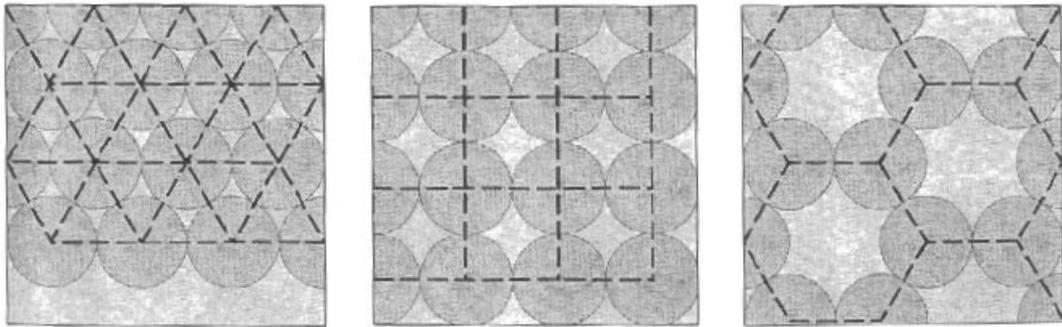


Figure 9.9.
Circle packings of varying density and valency.

图 9.9

不同密度和价圈包装。

作为邻居的下降，周围的圈子人数上升空的空间量。最节省空间包装的特点是与许多邻国，也使双方相对较少的多边形界。

9.5. 圆夹具

一个有用的找到一个有效的基地使用循环包装的概念模型是：一个圆圈代表通过其中心是局限于每个点的面积，其半径是成正比的点所需要的长度。最初，圆圈要比正方形小，因此，有一个大约每增加很多空间，他们可以在广场周围拨浪鼓。但然后你开始膨胀每个圆圈（或等价地，缩小平方米），以便获得额外的房间慢慢挤压出来的圆圈开始互相撞了。最终，所

有的房间是挤出来，每圈到位，在这一点上的折痕模式的基本结构是固定冻结。你那么适合瓦到界产生模式，沿界之间的接触线装修瓷砖的界限。

你可以找到最佳的循环模式的几种方法。最简单的是简单地画一个正方形，然后在绘画界，如果你能适合他们所有房间的空闲时间，做同样的事情了。但这次使用稍微大圆圈。重复，直到所有的圆圈你画紧贴。

这种方法，而最简单，最快捷，但是需要你有一个很好的大小眼（并且你可以得出一个准确的圆圈）。更容易的方法是使用夹具。使夹具，厚纸板切出相对应的圆圈在你的模型的每个皮瓣的大小，然后按中的每个圆的中心圆一个图钉。把各界以上（所以图钉点向上），你现在可以滑动兜圈子，直到他们联系，并很快出界尝试不同的安排。

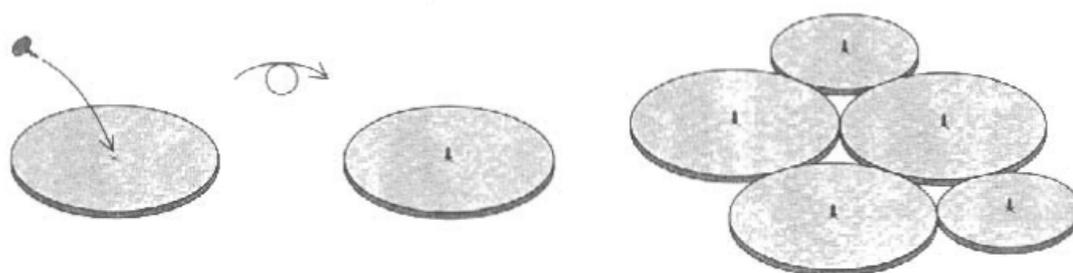


图 9.10

以圆形跳汰机，推动通过一个同样大小的圆一个图钉的理想皮瓣。那么你可以滑动兜圈子。

但你如何保证，这些中心都在 1 平方米的谎言？该夹具的第二部分是框架。切出两个 L 形的纸板片如图 9.11 和标志沿每个手臂内的 L 规模，开始在那里的两只手臂接触。

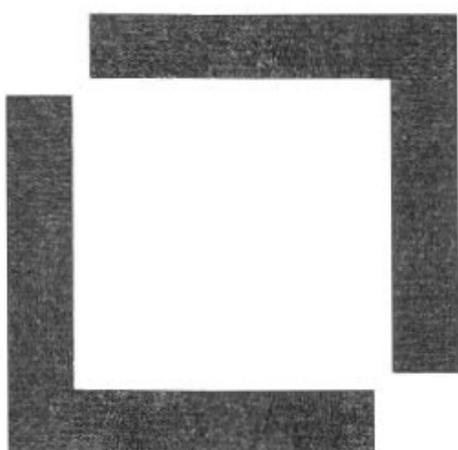


Figure 9.11.
Make two L-shaped arms with scales along their inner edges.

图 9.11

同沿其内在尺度边缘两个 L 形的武器。

现在你可以重叠的两个 Ls 优化的边缘，使他们的边缘形成一个正方形内，你可以保证他们的形式通过确保车厢内的边缘总是满足于规模的相同点，而不是一个正方形的矩形。设置框架下对你的圈子阵列和缩减带来的对对方的两个帧，如图 9.12 所示片广场。内部边缘会赶上的突出图钉，从而确保，该界都保持它们的中心广场内。当你缩小范围和移动兜圈子，你将达到的条件，其中大部分或所有的圆圈相互接触和框架两部分是举行触及界刚性网络分开。这个模式相对应的最佳圈包装为您的特定模式。按一纸掉进了图钉表，您可以将所有圆子的中心，另一个工作表，然后可以使用指南针和直尺，重建折叠最佳循环模式。

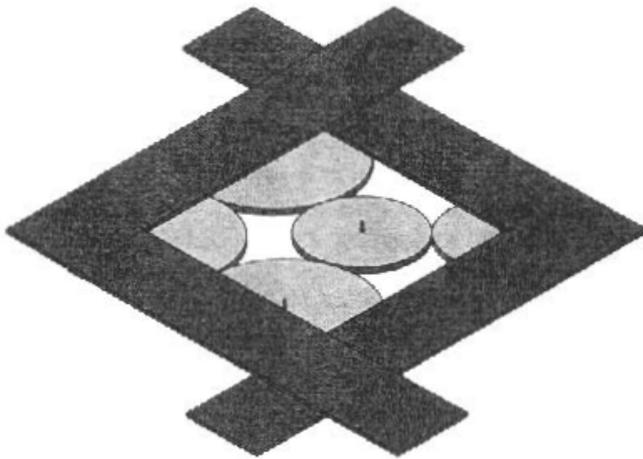


Figure 9.12.
Close the two L brackets toward each other, trapping the thumbtacks in the middle.

图 9.12

关闭两个 L 括号相待，被困在中间的图钉。

第三种方法是设置问题了数学和使用计算机，以解决数值最佳的安排。我将描述一个数值解圆包装上树理论的部分问题在本书后面。

为皮瓣小数字，您通常可以找到涂鸦的解决方案;为大量皮瓣，框架和圆夹具行之有效的。而机型拥有超过 800 同等大小的皮瓣低迷与皮瓣数量迅速增加的数字，有趣的是思考一个问题：你对皮瓣的大小及类型的限制？可以证明，由于瓣数 N 变得非常大，一个最有效的抗皱皮瓣长度 r 的的方法

$$r = \frac{1}{\sqrt{2N\sqrt{3}}} \quad (9-3)$$

1000 皮瓣，此限制需要的值 $R = 0.017$ ，为 25 厘米的正方形，这将意味着你可以与 1000 皮瓣基地，其中每个为 0.42 厘米长。在此基础上，将有最多四个角落皮瓣；会有 $(4/R)$ 或 235 瓣边缘，给予或采取一些，剩下的 761 皮瓣将皮瓣中。为基地折叠方法---以及主题---作为一个练习留给读者的选择。

9.6 对称性

圈包装允许一个去从皮瓣配置说明直接到基地。每个皮瓣是由一个圆；由包装成一个正方形和覆盖瓦片，我们可以构造一个的圆圈折痕模式，把所需的基础折叠。

然而，有一个重要的考虑，我们迄今忽视：这一问题的对称性。我们不但要匹配的附属物数量的皮瓣在基数和圆的圆圈图案的数目，我们也必须匹配到该基地受到对称性和对称性的圆的对称格局。

考虑，例如，一个 10 -附体主题，如蜘蛛。（1 狼蛛，作为一个蜘蛛，有八条腿，它也有两个突出的附属物在头部，被称为蒂唇瓣，这是技术上口器，但似乎是一对十的腿。）的狼蛛在对来腿，右边一个，左边一个。因此，当我们折的基础上，所有的皮瓣也必须在来配对。

蜘蛛，最喜欢的动物，是双边对称的，也就是说，一个狼蛛左侧是右侧镜像。如果我们绘制了一个狼蛛（或两侧对称动物中间路线），腿，而且在对其他附加物来将躺在一方或这条路线，我们所称的镜像对称线其他全模型。另一方面，大多数是来单独附加物，如头部或腹部---将皮瓣从那个谎言后，直接对称线。

该基地的皮瓣必须显示相同的蜘蛛对称性。基地应该有一个镜像对称线；皮瓣的腿应该成为一所在的对称或其他线一侧全。皮瓣成为一种头部或尾部应是直接的对称线。这些关系如图 9.13。

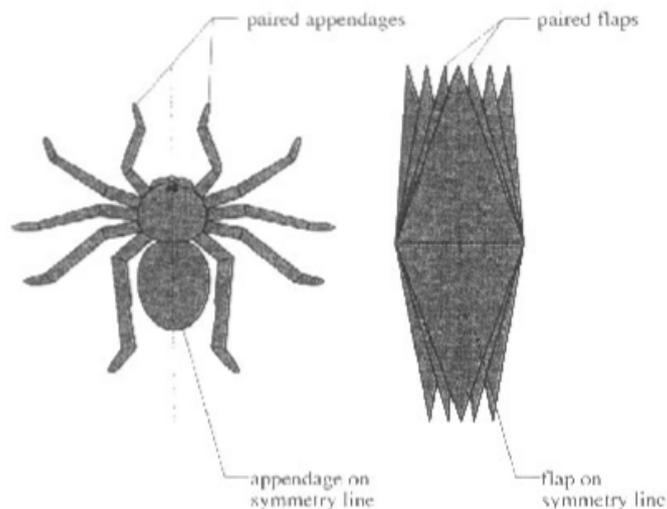


Figure 9.13.
 Left: a tarantula and its line of symmetry.
 Right: a hypothetical tarantula base and its line of symmetry.

paired appendages: ☒ 配对附加物

appendage on symmetry line: 附属物的对称线

paired flaps: 配对皮瓣

flap on symmetry line: 皮瓣对称线

图 9.13

左：一个蜘蛛和它的对称线。

右：假设狼蛛基础和对称线。

如果当事人双边对称，那么应该有双边对称的基础。如果双边对称的基地，那么折痕模式还必须具有相同的对称型。因为每个瓣可以在同一个特定的圈子折痕模式来说，我们不能用同皮瓣权数在任何折痕的模式，我们必须使用一个折痕的模式，其中每圈有相同关系的界线对称一样在其相应的皮瓣基地。

如果有折痕模式对称线，然后（通常）是对称线必须是在没有标记的正方形的对称线之一。一个正方形有四个对称，这在图 9.14 所示镜线。但事实上，只有两种可能的类型不同的对称性在折痕模式。它可以是对称的约之间的双方，我们呼吁书对称中间路线，或者它可以对一个广场，我们称之为对角线对称对角线对称的。

Figure 9.14.
Mirror symmetries of the square
Left: book symmetry.
Right: diagonal symmetry.

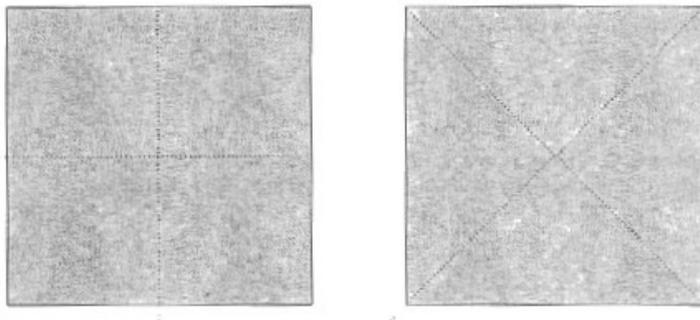


图 9.14

镜像对称的正方形。 左：预订对称性。 右：对角线对称。

这些对称的考虑，我们看到了一个新兴的圆圈安置：新规则不仅要圆的数量和直径匹配皮瓣的基数，但分布的圈子也应符合这一主题的对称性。有两种截然不同类型的圈子：那些在对称双来了，那些躺在直接的对称线。附属物，在镜像对来对应界已经在广场上镜像对。附属物不进来，例如对头部和尾部，对应界应该躺在广场的对称线直接。

如果我们想折 10 附属物狼蛛，我们应该选择一个对称线，分成两个对称线沿线的区域，广场，然后装到每个镜子对方图像区域 5 圈。这个任务很容易做，我的（猜测）为对称的两个可能的解决方案是最佳路线图 9.15 所示。

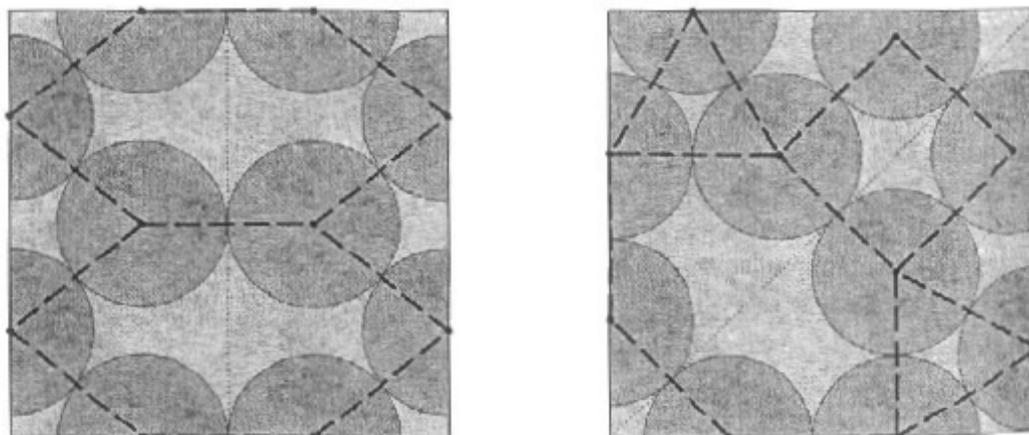


Figure 9.15.
Left: optimum ten-circle packing with book symmetry ($r = 0.197$).
Right: optimum ten-circle packing with diagonal symmetry ($r = 0.194$).

图 9.15。 左：最佳 10 圈包装用书对称性相关 ($r = 0.197$)。

右：最佳 10 圈的对角线对称相关 ($r = 0.194$) 包装。

在这里，与平行对称侧线模式更有效率略比 1，其中对称线是沿对角线。因此，相应的基地将有较长的皮瓣，和由此产生的模式将更有效率。不是很多，但是。不同的是只有约 1%。

对角线模式不是一个稳定的格局，也就是说，我们可以让两个皮瓣对没有萎缩，成为别的略大。两个皮瓣，可以增长是在图 9.15 右上角 2。你能明白为什么？

这种模式几乎和效率是 12 圈包装图 9.16，这使 12 搭配对角线对称或 10 配对襟翼和对称线 2 如果您使用的书对称皮瓣所示。即使你只需要 10 瓣，因为这种模式主要折痕线为 45° 直角或彼此都跑，这可能是简单的，使这个比前面的两个模式基地。与 12 圈的模式，效率损失轻微的偏移量由折叠方便和对模型的行清洁。

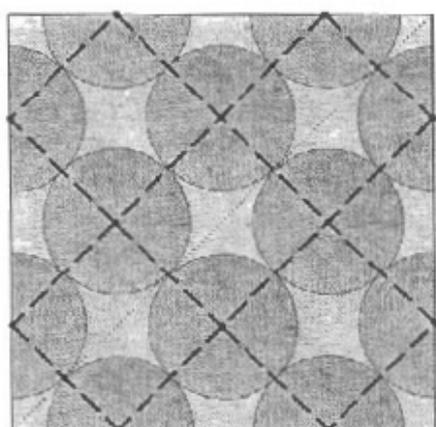


Figure 9.16.
A diagonal-symmetry twelve-circle packing ($r = 0.177$).

图 9.16

对角对称 12 圈包装相关 ($r = 0.177$)。

包装的圆数学研究往往集中在包装界的一致，与各界都一样大小相应的基地。然而，在折纸，我们往往是寻求建立基地，其中皮瓣不具有相同的长度。在蝗虫，例如，两后腿，更远远低于其他四腿更长。当我们试图寻找一个圆包装蚱蜢，我们应该使用的后腿和四个较小的前肢（或许为一体的中型大小的圆和另一头短 1 的两个大圆圈）。通常，人们会选择圈尺寸与对应所需皮瓣长度精确。然而，由圆圈的大小明智的选择，我们可以生产，特别是优雅和对称折痕模式，正如我们将看到的。

9.7. 选择性通货膨胀

我们可以通过利用一些在设计过程中变异使用高装填密度。在大多数折纸设计，对花瓣的相对长度是不是所有的绝对固定。毕竟，如果一个点是太长，可以缩短其尖端扭转或沉没。反之，如果它证明是太短，这方面的缺陷有时可以通过褶皱是如何塑造进行隐藏的，例如，在一条腿通过减少或消除角弯。因此，如果我们允许一些花瓣的长度变化，我们可以调整的圈子的大小，以获得相邻界接触更多的积分。

这是很少宜允许在所有模式的圈子，以独立地变化。至少，在对称的双瓣来 - 成对的腿，成对的翅膀，也许前和-后腿---应保持相同的相对大小。最佳的是要发现在所有的花瓣修复不具有相同的相对长度，也不是让每个瓣独立地变化，而是介于两者之间。要达到这个中间地带，我们划分花瓣成组有同样的缩放。

作为一个实际问题，它通常是最长的花瓣--- ---拥有最大界占主导地位的一个折痕模式结构。因此，人们通常会在开始设计通过把正方形的最大界和夸大他们，直到他们不再长大折痕模式。然后添加一个大圆圈中的位置，未来的圈子小的设置，直到他们也成为固定的；然后添加了下一组，依此类推。我把这种固定的圈子包装结晶过程中，由于类似的过程时，冷却液冰点以下原子结晶的。和公正作为一个液态晶体组成原子高度对称的安排，不少时候，折纸结晶圈包装，也具有规律性和对称的形式结构。

一个例子使这一过程清楚。让我们继续我们的狼蛛早些时候推出。正如我所说，蜘蛛除了他们 8 腿有一个附加物的所谓 **pedipalps** 这类似于---一对头部的腿第十增加对（虽然它们通常只有大约一半的长度腿）。因此，我们需要一个八脚和 2 有点短长的 **pedipalps** 花瓣花瓣基地。蜘蛛也有相当球状腹部，我们将代表的另一种花瓣，头胸部和（其中包含的头和身体），这也将需要 1 瓣。我们可以用 12 个平等的圆，如图 9.16 所示包装，但我们可以通过利用构造都长，在不同的花瓣基地的一个重要变化更优雅和有效率的基础。

花瓣分为多个逻辑分组。最长的花瓣是八条腿。虽然实际的狼蛛腿的长度各不相同，但也接近相同的长度和对称性和基础可折叠将可能会更高，如果我们选择他们全部是相同的长度。因此，八条腿组成第一集团。

下一组将包括 **pedipalps**，一般约一半的双腿长。我们可以首先选择他们是完全的腿长度的一半，但在实践中，从大约 40% 至 60% 可能给任何一个可行的模式

接下来，腹部也约有一半的一条腿的长度。因为只有一个腹部皮瓣，但必须两个 **pedipalp** 皮瓣来了配对，我们将给予更高的优先级配对皮瓣，适合他们在第一，然后尝试找到了腹部的空间。

最后来了头皮瓣。自 1 狼蛛头胸部很短，我们几乎不需要在所有这瓣，所以我们只能指望它在某个地方成品包装。

让我们现在的工作，通过一步一步的包装循环。第一步是挑选该基地对称行：将它面向平行边（书对称）或沿对角线（对角线对称）？让我们首先选择书的对称性。第一步将是包进入广场的 8 圈腿。

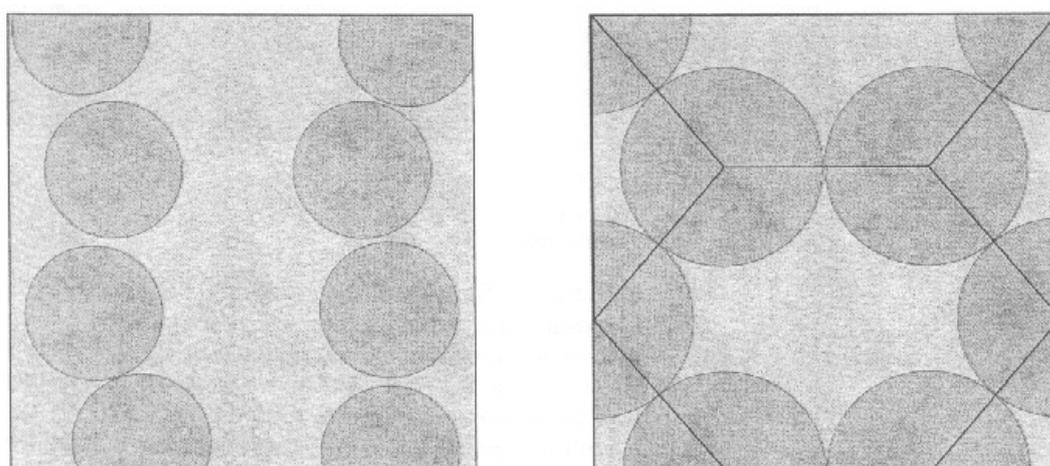


Figure 9.17.
Left: starting configuration.
Right: crystallized circle packing.

图 9.17

左：开始配置。 右：结晶循环包装。

然后，我们膨胀的圈子，他们周围移动，以防止他们重复，直到他们进入位置锁定。图 9.17 显示了蜘蛛圆的结晶，这是最大可能的书籍对称 8 圈包装成一个正方形的结果。（1 等效解决方案是相同的模式垂直翻转。）圆的半径相对的长度在广场的一边是 0.2182，所以腿皮瓣

长度将约 22% 方的边长。

现在，我们添加 **pedipalps**，这将是两个成对的一半大小的腿界代表。明显的地方来存放他们是在广场中的下半部大六角中心。继续在图 9.18 的通货膨胀过程。我们放入一个开放的格局两个小圆圈，然后花费他们，直到他们也坚决反对他们的邻居楔形。

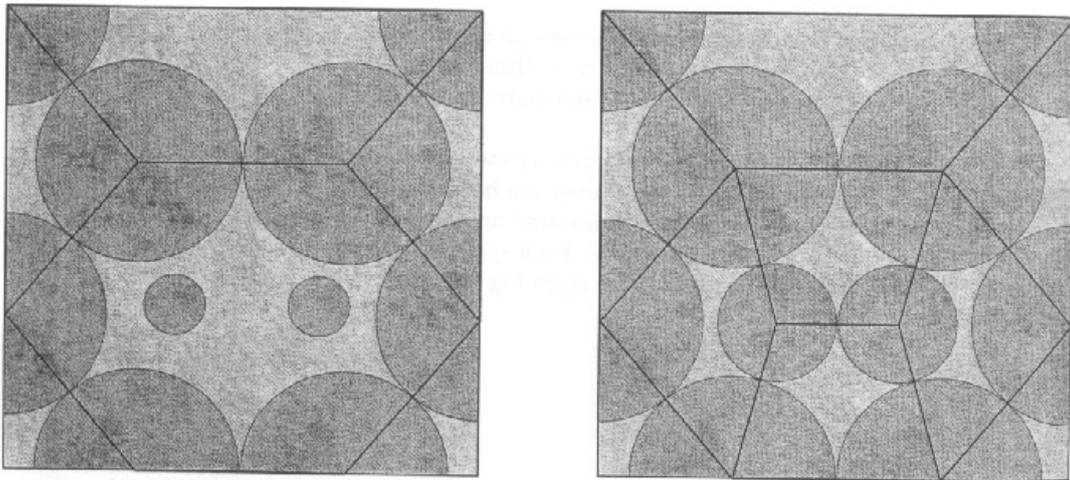


Figure 9.18.
Left: add two circles for pedipalps.
Right: crystallized circle packing.

图 9.18

左：增加两个 **pedipalps** 界。 右：结晶循环包装。

与此配置，**pedipalp** 皮瓣转出，只要将腿皮瓣---恰到好处的 0.583 倍。

其次是腹部，他的圈子，更要看到一半的腿圆圈的大小，所以我们可以适合在广场的顶部中间它，如图 9.19 所示。

当这个圈子是夸大的，原来是只要腿皮瓣 0.826 倍---时间比我们可能会喜欢的，但完全可以接受的，因为它很容易缩短 1 瓣。

最后来了头。有两个同样大小的洞或者只是在上面或略低于 **pedipalps** 循环模式其余的，我们可以把两者的头圈。两个方案见图 9.20。

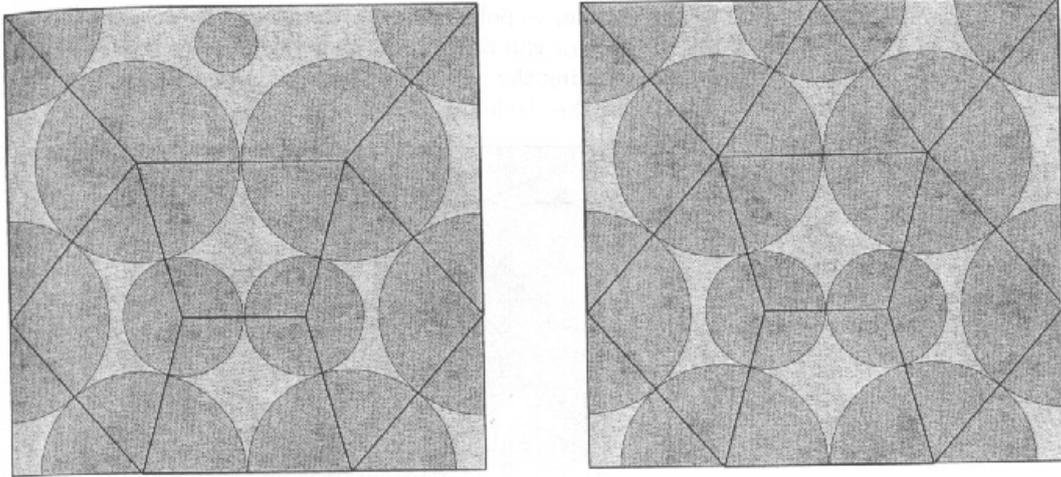


Figure 9.19.
 Left: Add a circle for the abdomen.
 Right: crystallized circle packing.

图 9.19

左：添加一个腹部圆。 右：结晶循环包装。

由于头部皮瓣是最后皮瓣，需要放置，也同样可以在这两个地方的差距，然后选择哪些皮瓣界一度成为该基地是折叠头。在两种情况下，不是所有的三角形或多边形四边形，所以现在可以用适当的填充砖的多边形，使由此产生的折痕模式，在图 9.21 所示的圆圈叠加。

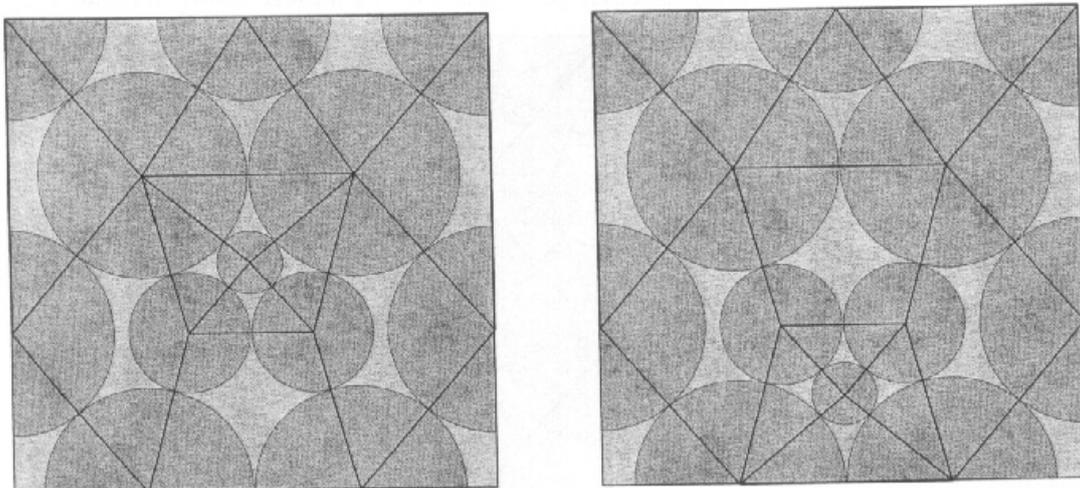


Figure 9.20.
 Left: one possible choice for the head circle.
 Right: the other choice.

图 9.20

左：一为头圈的选择。 右：其他的选择。

Figure 9.21.
The finished crease pattern.

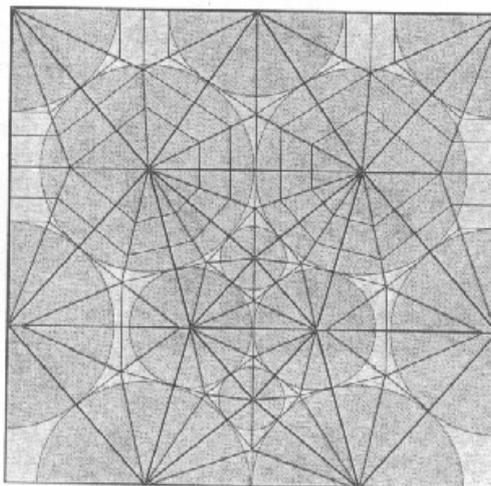


图 9.21

成品折痕模式。

虽然圈包装方法似乎很简单，但要前进的道路上做了很多的选择，让每一个不同的结果。例如，当放置 **pedipalps**，我们可以放置在广场的顶部，并把他们下腹部的中央六角形，给予圈包装和折痕模式如图 9.22 所示。

Figure 9.22.
An alternative circle packing
and crease pattern.

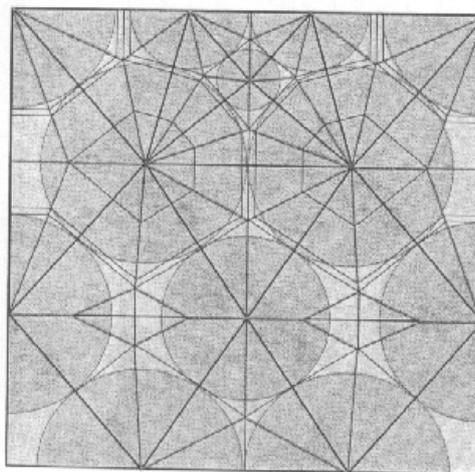


图 9.22。

另一种循环模式包装和折痕。

选择哪包装使用将会受到各种因素。例如，在图 9.21 模式，二是中年 **pedipalp** 皮瓣皮瓣，这意味着他们将在折叠基地内其他皮瓣包裹，这可能使它难以实现在折叠模型的双腿优雅的分佈。同时，作为中间瓣，他们将有很多的纸张时，层变薄。在图 9.22，但是，**pedipalps** 是缘襟翼和腹部皮瓣是一个中间，这将可能是更容易使用，因为腹部没有细化多达一腿或

pedipalp 将是（它实际上可能是向外膨胀），这将是在一个以上的中间层皮瓣固有额外的宽容。

请注意，在这两种情况下，两个腿中间瓣，这些将不可避免地比其他腿皮瓣较厚，尤其是作了比较两个以上的腿皮瓣立即角落。这腿厚度变化可以想象是一个无论从任何模式的弱点折叠基地。

一对圆包装基地，值得注意的是，尽管其建筑确定性的性质，是有一个给定的数量和分布通常许多可能皮瓣循环包装基地。考虑各种来源如下：

- 有两个可能的方向为基准对称。
- 通常有对称的每个方向的重重大数结晶。
- 有典型的每个小圈数结晶存款。

为狼蛛配置---八条腿，两个 pedipalps，一个腹部和头部---少量的实验揭示了一个可能的折痕模式的主机，其中有些是在图 9.23 所示

每个折痕模式给出了一个独特的基地。有的典雅，有些尴尬，有些可以在平面图折叠（即开出单位，像一本打开的书），而其他人只能在侧面，即在配置文件。都可以变成一个这样或那样的狼蛛。当您在细化和补充，以形成褶皱的无限变化的可能，你可以看到，包装循环利用的可能性几乎是无限的。

9 个模式，(b)（书对称性）和 (e)（对角线对称）实际上是相同的模式。两者都基于一个基本八角形，可分为对称与正方形或适合。在场的一折沿山谷为模型最对称线运行的基础，允许在计划的看法，这使得平稳和圆形的顶面狼蛛折叠。此外，所有的腿边缘点，并已完全相同数量的层。所有可能的的基础，我觉得它更倾向于最好的主题等等我都进行这种格局一直到一折叠模型，如图 9.24 所示。

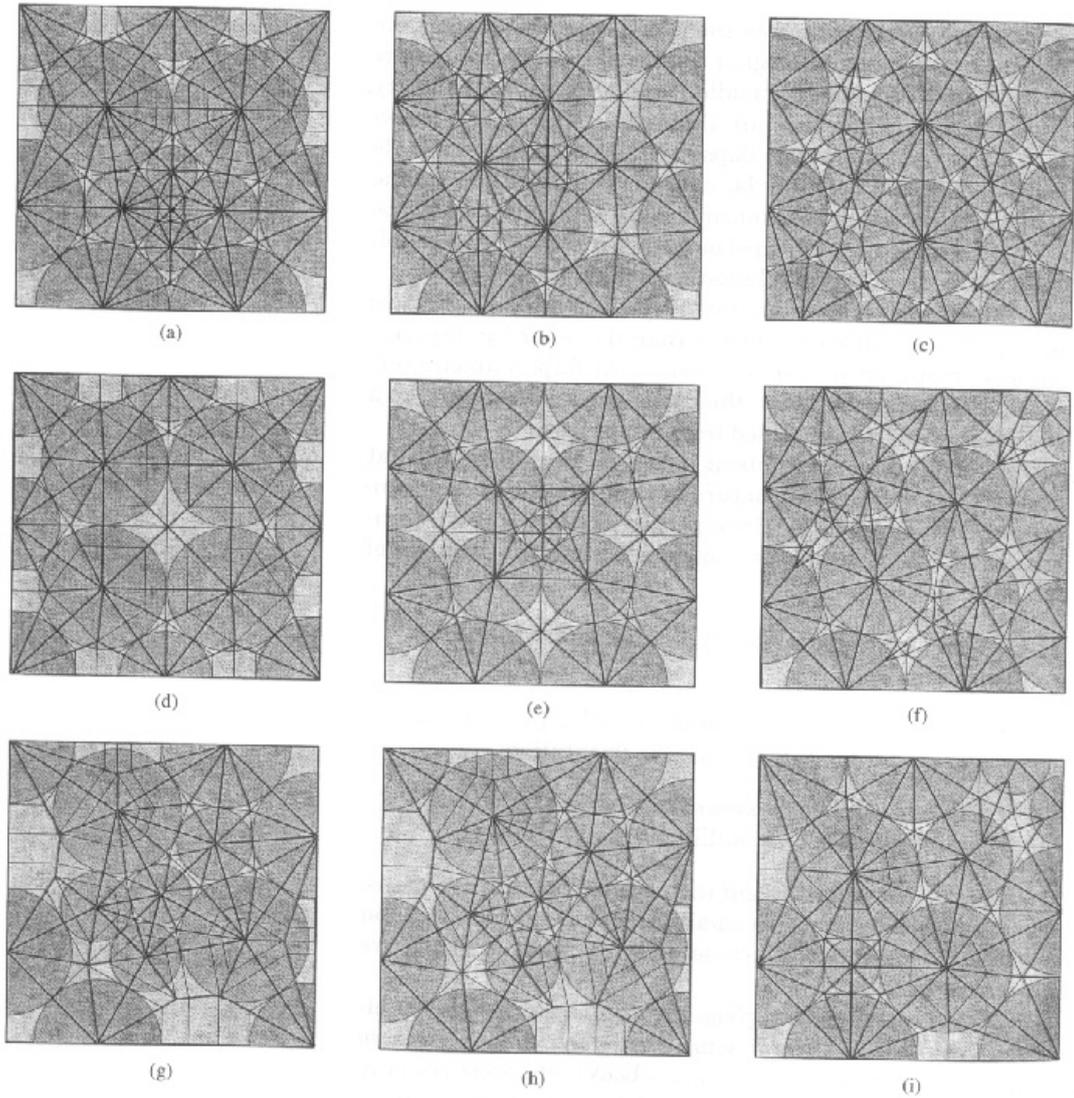


Figure 9.23.
An assortment of possible tarantula crease patterns.

图 9.23

一个可能的狼蛛折痕模式分类。



我会鼓励你尝试从他们的折痕折叠其他基地的模式，使之成为自己的狼蛛设计它们。

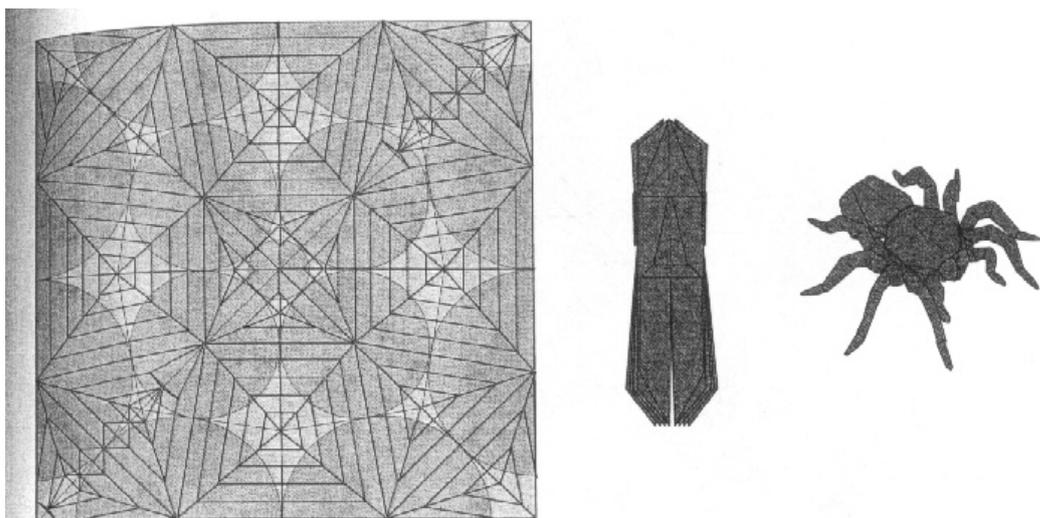


Figure 9.24.
Crease pattern, base, and folded model of the Tarantula.

图 9.24

折痕模式，基地，折叠模型的狼蛛。

正如我们在看到蜘蛛设计，包装循环模式和相应的折痕模式是最对称，如果圆半径（从而花瓣长度）是由一组值中只有少数，而不是让每一个不同的花瓣长度选择。它是常见的调整值，以实现特别对称模式。

图 9.25 折痕模式是基于对 6 大圈和 6 个中型的相反方向为导向，对应圆包装 6 个长瓣和 6 个中型花瓣；三个小圆圈被添加到填补空白。这给出了一个，在模型内部，模式可以完全充满了三角形瓷砖，而且运作非常良好的飞行昆虫，其中 6 瓣长可用于四个翅膀，头部，腹部，同时用六中的腿花瓣习惯。



我们也将旋转 90 度的模式和分配短瓣头部，腹部，翅膀，腿和长瓣同比例更长的腿一飞的昆虫。你能想出一套暗示为基础的模型？

而这个圈子包装是相当其对纸张的使用效率，它仍有闲置的角落，使它成为一个巨大的诱惑，以找出其他事要办他们。图 9.26 飞瓢虫使用相同的圆圈包装（虽然增加两个小圆圈），但进一步利用纸张的角落，以实现翅膀的景点。

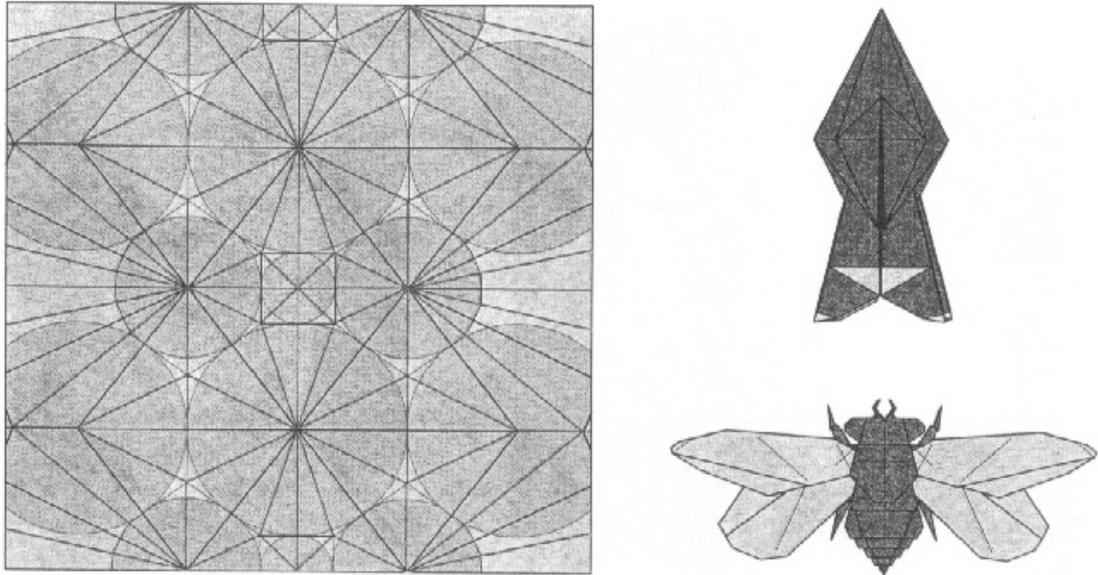


Figure 9.25.
Crease pattern, base, and folded model for the Flying Cicada.

图 9.25

折痕模式，基地，折叠模型飞行蝉。

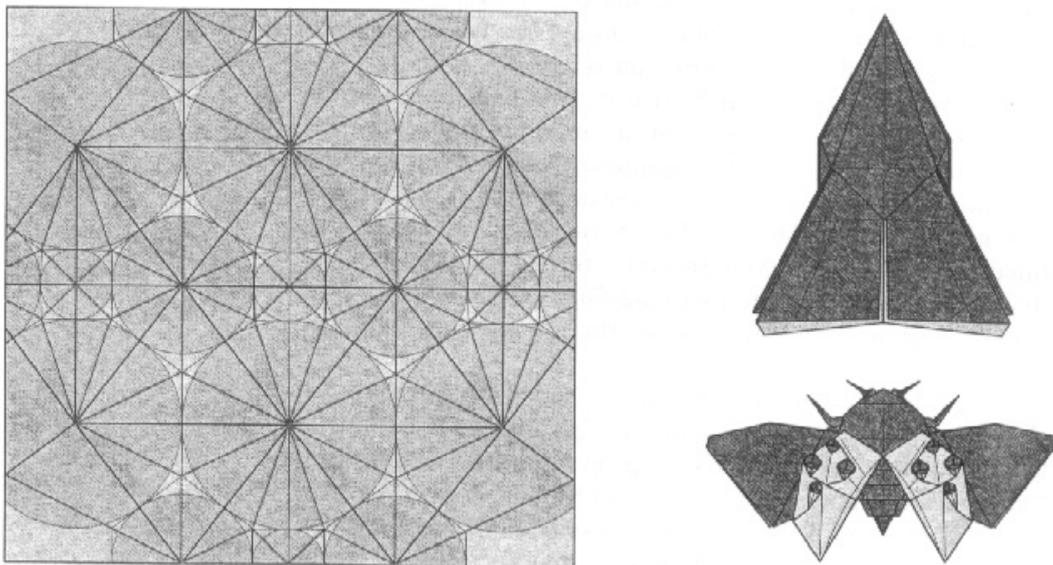


Figure 9.26.
Crease pattern, base, and folded model for the Flying Ladybird Beetle.

图 9.26

折痕模式，基地，折叠模型的飞行瓢虫。

9.8. 界和河流

迄今为止，我们已考虑从包装界唯一获得基地。在一个圆圈包装基地，皮瓣全部出自一个共同的问题。但是，你会记得，我们能够从砖构造含有河流，区域基地，这将皮瓣分离群体部分翻译。也有可能引入一个圆圈的方式包装了一个类似的河流。也就是说，我们引入了群体之间的界江段对应的分离皮瓣组。我们仍然可以通过叠加砖构造的轴载有关于多边形模式河流全面折痕模式。

此图 9.27 所示，随着拉丁名称 *Acrocinus* 浪金幔努士昆虫的例子。它包含四个长瓣（相当于两个长前腿和天线）和 8 个短瓣（腿部，头部，腹部）。我们引进一条河流周围的腿，它引入了皮瓣之间两组段连续 4。我们可以，但是，仍然填写的折痕模式，纳入河流的轴向多边形，结果是一个理想的皮瓣配置的基础。

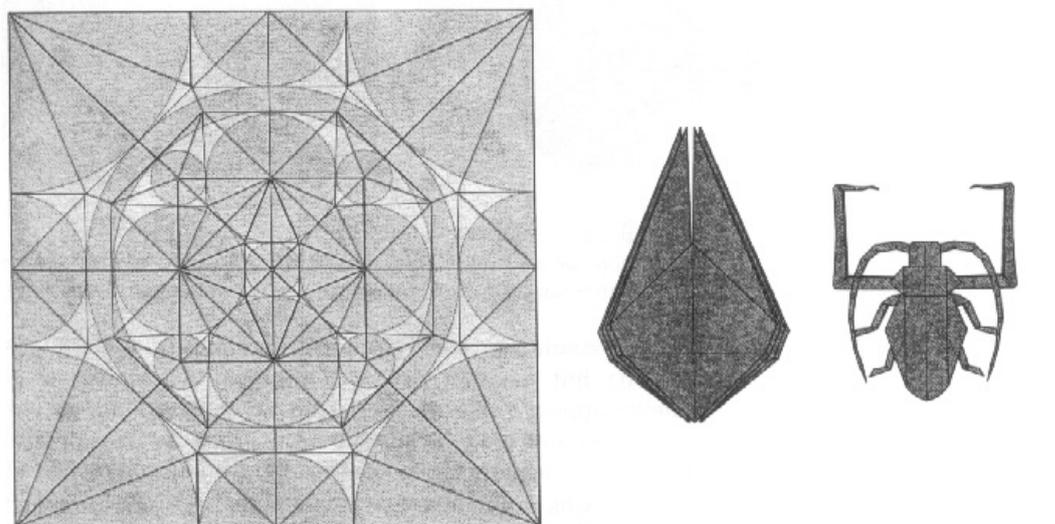


Figure 9.27.
Crease pattern, base, and folded model of the *Acrocinus longimanus*.

图 9.27

折痕模式，基地，折叠模型的研究 *acrocinus* 浪金幔努士。

9.9. 数学圈填料

圆方法使我们的设计基础，已通过有关它的任何一个简单的几何建筑的不同大小的皮瓣组合技术。具体而言，设计一个与 N 相等长度的皮瓣基地问题可以找到解决的 N 个不重叠的圆的中心都分布在一个正方形的谎言。



在折纸，包装界的不平等，往往出现平等界，因为折纸基地往往对不同长度瓣组成。当所有的皮瓣长度相同，但是，当时的圈子都是相同的直径。这个问题原来有一些有趣的数学关系，因此我们将简短地探索它们。 n 不重叠的包装带内的一个正方形的中心问题是各界相当于包装 n 完全不重叠的圆圈内的的一大一点的正方形，图 9.28 显示了同样的问题的模式解决了这两个问题。

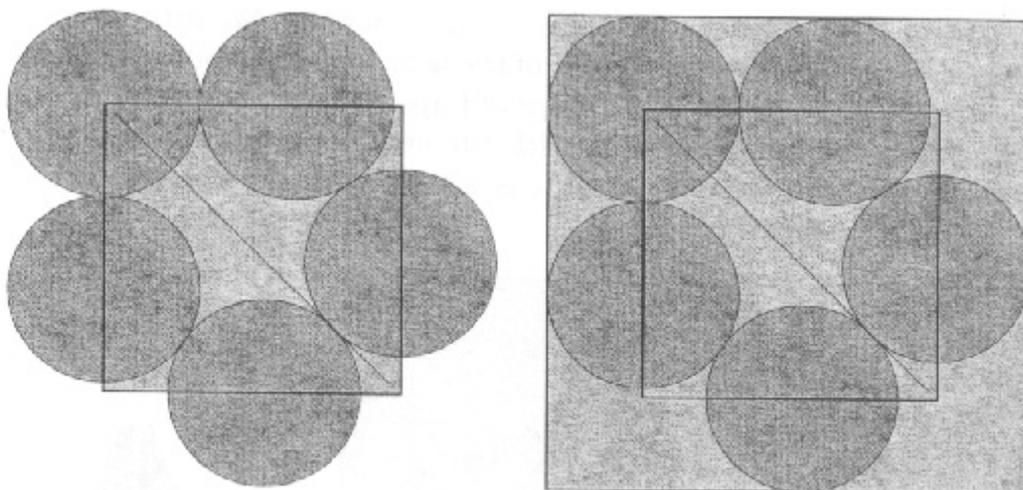


Figure 9.28.

A solution for an origami circle-packing is equivalent to a circle-packing in which the circles must lie completely inside the square.

图 9.28

为圆一个折纸包装相当于一个圆圈，圆圈中，包装必须完全躺在广场内的解决方案。

这两个问题之间的相似性将只有一个好奇，但有一点，里面的包装完全不重叠的几何数字等于界的问题是在数学和深入研究的领域。这之间的折纸设计问题和圆包装的数学信件是幸运的，因为绕包装问题的解决办法已在许多公开的数学文献列举。一个解决方案，而不是 *rederiving*（并不是一件容易的任务，这取决于瓣数），可以只查找一个给定数字的圆圈圈的最佳模式。

用于包装 N 等于把一个正方形不重叠的圆圈数学问题，对 $N = 1$ 到 10 的最佳解决方案是已知的，并已被证明是最佳的数学。因此，对于一个具有 N 折平等长瓣基地折纸问题，折痕的最佳模式也被称为。最佳循环模式和每个作为一个单位正方形边的一小部分皮瓣（长度），

给出了 $N = 1$ 到 9 的图 9.29。我只是得出部分每个圆圈内的广场出现。

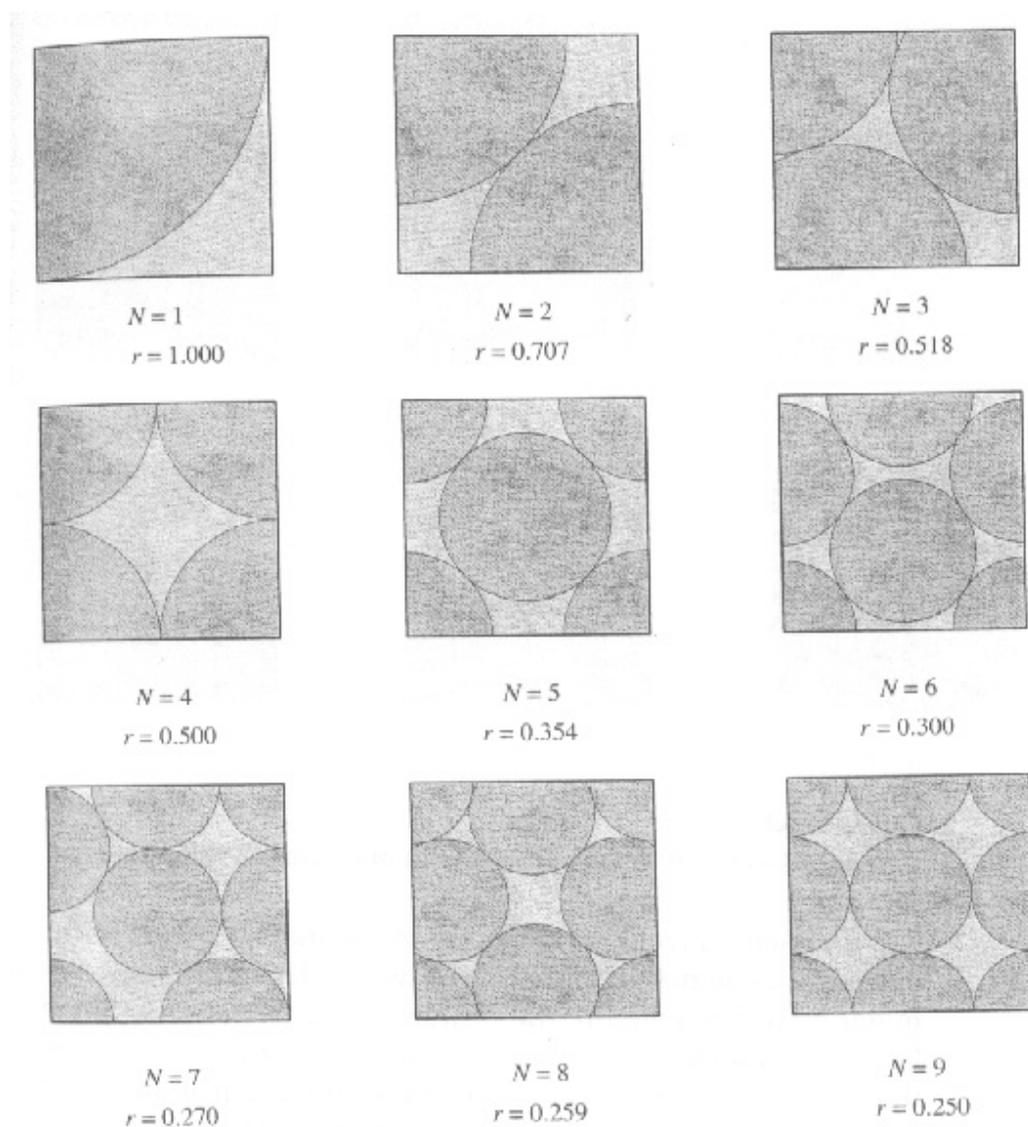


Figure 9.29.
Optimal packings for one through nine circles.

图 9.29

1 到 9 圈的最佳包装。

因为循环包装，实际上是一个数学领域探索，就可以期待的模式，引起折纸基地（我的数学论文都在这里完成）。事实上，随着新包装循环发现，新的折纸基地将与他们一起来到权利。9 圈图 9.29 所示包装各有相应的折纸折痕模式，这在图 9.30 所示的圆圈包装叠加。

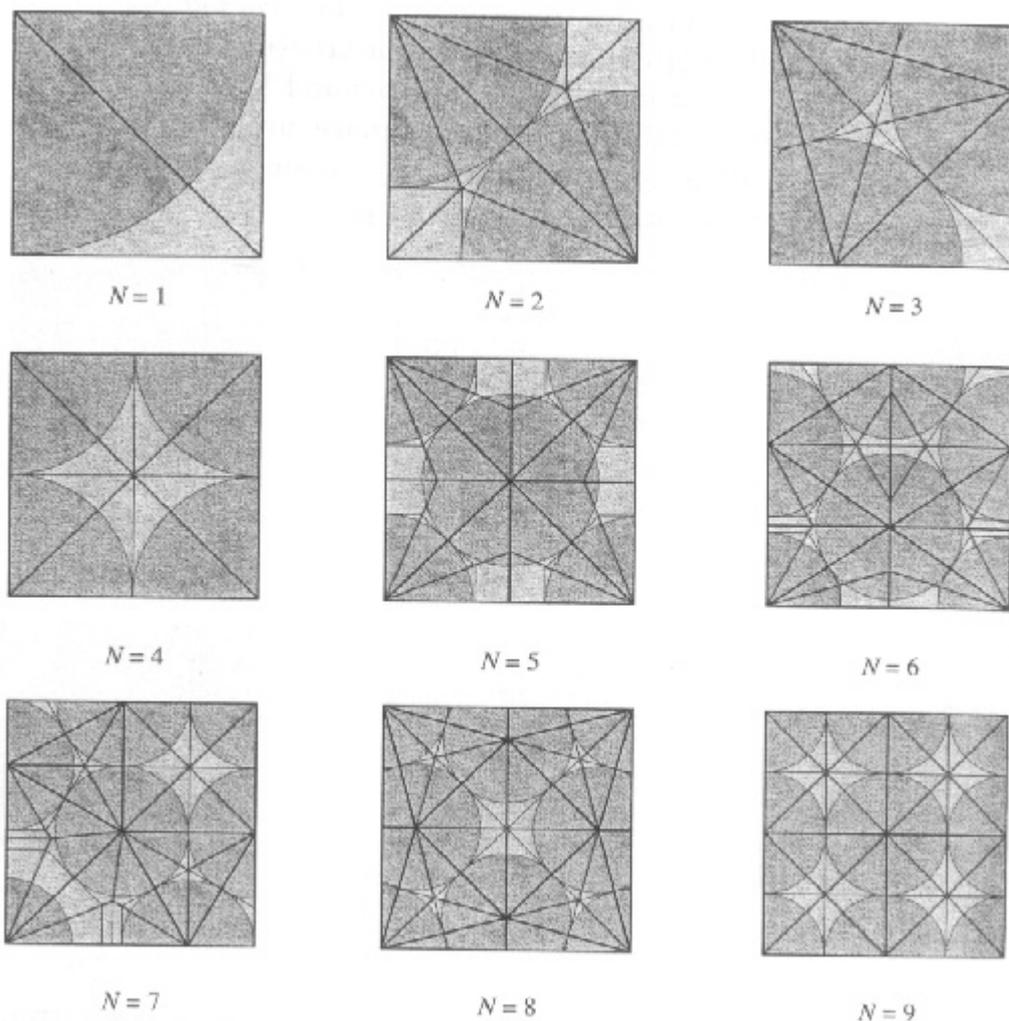


Figure 9.30.
Crease patterns for optimal bases with one through nine flaps.

图 9.30

与 1 到 9 花瓣最佳基地折痕模式。

在每一个数字，我已在该基地的主要折痕。通知的内容：只要两个圆接触，有一个重要的折痕连接的两个圆的中心。这些行中的数字显示为山区折叠。请注意，那就是，任何折痕的点击这些山线为圆心以外的一点击它在一个直角。这些特性暗示填料之间的循环模式和相应的折痕一些更深的关系。正如我们将看到在后面的章节，有几种不同类型的折痕，所有财产份额一致。

你可能会发现它一照明行使转让折痕表明这里折纸折叠正方形模式和相应的基地，以验证它们这样做，确实有适当数量的花瓣和花瓣都是相同的大小在每个基地。你还会发现有关的折

痕着色模式的东西。黑折痕大部分将山折叠;有色折痕都将被谷折叠;和光折痕可以在任何一个方向,你如何选择方向的皮瓣而定。

它也启发注意什么样的皮瓣---角落,边缘,或中间---你与每个基地获得。该皮瓣分布表 9.1 列举了

Circles	Corner flaps	Edge flaps	Middle flaps
1	1		
2	2		
3	1	2	
4	4		
5	5		1
6	2	3	1
7	2	4	1
8	4		4
9	4	4	1

Table 9.1.
Numbers of corner flaps, edge flaps, and middle flaps in optimal circle-packed bases.

表 9.1

角落里的皮瓣,皮瓣边缘号码,并在最佳圈包装基地中间瓣。

鉴于中间瓣与瓣边缘的低效率---记住,一个中等皮瓣需要 4 倍的相同长度的角落皮瓣高达文件---它是有点惊讶地发现,作为数为 5 瓣,这是更有效地使用中间瓣比创建另一个缘襟翼。只有 3 瓣,瓣边缘有两个最好的两个角落皮瓣。



因为这些模式给予了皮瓣所需数目的最有效的基地,这并不奇怪,他们几个已经在数百年来一直存在。该模式为一,二,四,五皮瓣对应于传统的四个基地---风筝,鱼,水弹,和鸟类的基地,分别为(其中禽流基地顶部形式的第五皮瓣)。前三个基地对他们的皮瓣所有角落,因为上有一个中间瓣。



什么是令人惊奇,不过,是这几个循环模式相对应的是尚未在折纸文学出版基地!具体而言,我不知道出版设计的基础上,对 $N = 3, 6, 7$ 和 8 的模式对称性。我觉得这是了不起,因为有相当多的模式,需要三,六,七,八瓣或和这些模式对应于每个皮瓣得到最有效的机构数目。它是启发,以更详细研究这些模式的每一个折痕。

9.10。从平等的圈子包装基地

在这不寻常的第一组为 $N = 3$ 的情况。我怀疑这是未被发现的，因为这种模式是不相类似著名基地角平分发现。其对称是基于罕见 $30^\circ - 60^\circ - 90^\circ$ 直角三角形，而不是比较熟悉的 22.5° 角，你在四个经典基地找到。同时，三个皮瓣两个躺在一个优势，而不是在角落里，因为往往是边瓣厚，最早期的折纸设计避免使用缘襟翼，除非绝对必要的。我没有任何折纸模型，使用这种模式在一个正方形，以实现与三大主题皮瓣知道，尽管有一个约数等科目，如长脚鸟。（有，并不奇怪，模型提出从一个等边三角形，利用三角形内的皱褶。）一个是我自己的模式，使用这种对称的例子是图 9.31 所示的在本章结尾折叠指示。

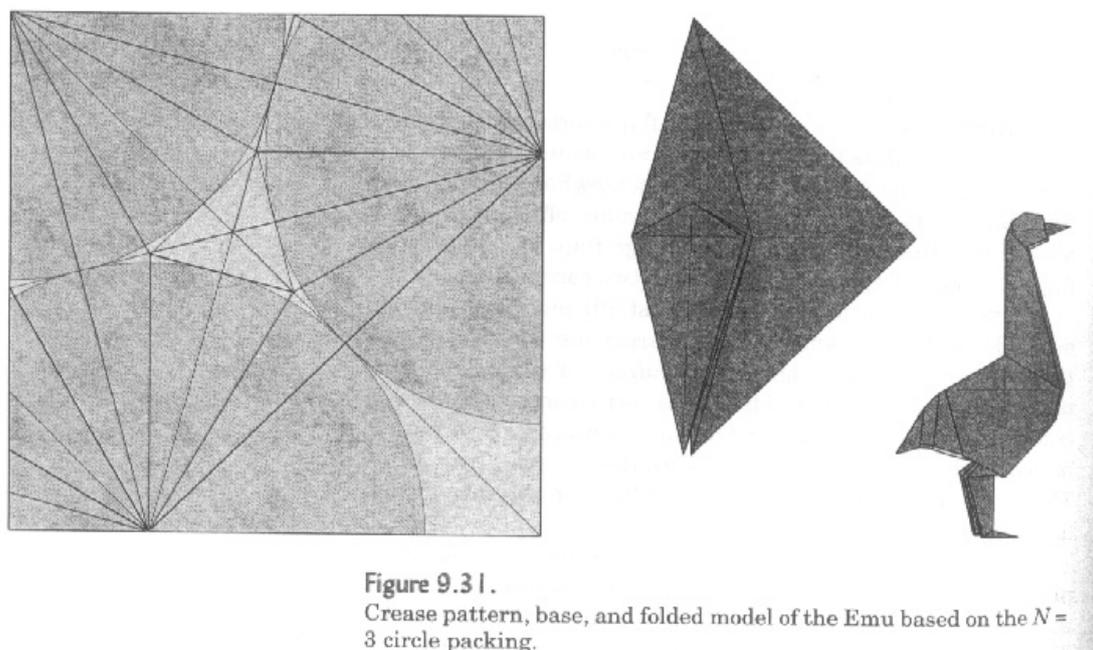


图 9.31。

折痕模式，基地，折叠模型的鸸鹋在 $N = 3$ 圈包装为基础。

请注意，在广场三个走在此基础上未使用的四个角落，我怀疑这样一个大的文件的一小部分挥霍废品已不敢作此基础上使用文件夹，而事实上，这是难以抗拒的诱惑使用的翅膀，羽毛一些额外的纸张，颜色变化，或从这种模式所产生的模式的东西。我用了最大的未使用的角落，以扩大在鸸鹋的尾巴。

在 $N = 4$ 的情况是很明显的水炸弹的基础上，已广泛用于折纸模型使用抗皱模式。同样，在 $N = 5$ 的情况已经在广场的中间一块皮瓣，它是鸟的基础。但出人意料；禽流基地通常认为有四个平等皮瓣，不是五个。怎么会这样？

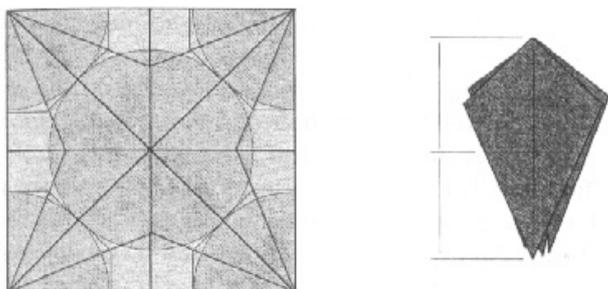


Figure 9.32.
The Bird Base as a five-flap base.

图 9.32。

作为一个 5 瓣基地鸟基地。

如图 9.32 所示，如果我们把起价 1 点之间的顶部和模型，四个鸟基底部完全长瓣中途变短和钝顶瓣每瓣变长。我们可以得到所有 5 个瓣收窄顶部有相同的皮瓣长宽比，如图 9.33 所示。

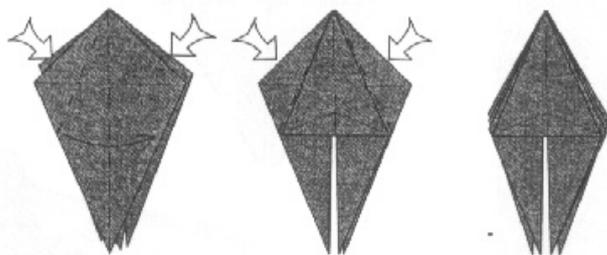


Figure 9.33.
Narrowing the flaps of a Bird Base by spread-sinking turns it into a five-equal-flap base.

图 9.33。

缩小了的传播沉井基础的皮瓣鸟变成了 5 平瓣基地。



如果我们增加四个小圈的 5 个圈模式对应四个小瓣，我们得到的又一个经典的基础折痕模式，青蛙基地。

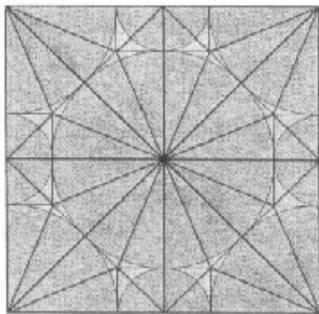


Figure 9.34.
Circle and crease pattern for
the Frog Base.

图 9.34。

圆和折痕模式为基础的青蛙。

在 $N = 1, 2, 4$, 对应 5 例已数百年著名古典基地。然而, 在 $N = 6$ 的解决方案, 如在 $N = 3$ 的模式, 没有探索, 或到我的知识, 甚至承认。我怀疑这是因为在 $N = 6$ 模式并不包含任何标准的 22.5° 对称或不太常见的 $30^\circ - 60^\circ - 90^\circ$ 对称的, 因此不可能被尝试和错误折叠发现沿对称线。因为它有一个双边对称的两个及两个躺在一边, 另一方面, 它理想地适用于哺乳动物和鸟类似乎皮瓣行。我已经用了一个通用的鸟基地, 让双腿和翅膀很有效的。两个未使用的角落皮瓣也可以拉出来, 用在颜色的变化有很大的影响, 使多种颜色的鸟。这个基地的一个例子, 一两色的鸟从它折叠见图 9.35; 折叠的指令是在本章最后给出。

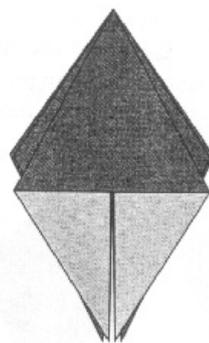
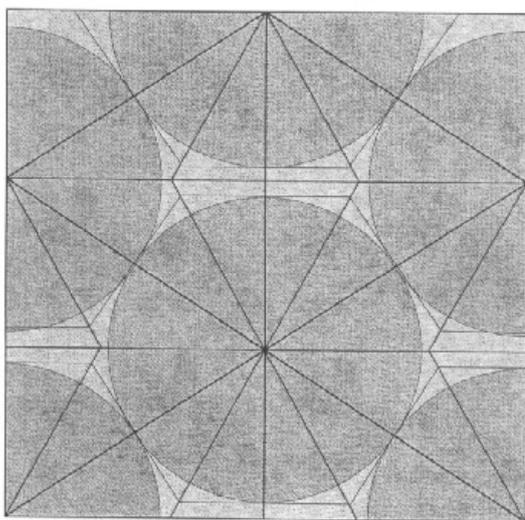


Figure 9.35.
Crease pattern, base, and folded model for the Songbird, based on
the $N = 6$ circle packing.

图 9.35

折痕模式, 基地, 折叠模型的鸣禽, 在 $N = 6$ 圈包装基础。



这个模型是在这本书的第二鸣禽（第一是在第 6 章）。这两个模型说明了一个单一的主题可以理解为以不同的方式折纸模型，根据其特点是强调，这只是建议，以及如何形成褶皱和细节呈现的事实。

你也应该比较这个折痕模式和基地的龟（第 7 章，图 7.1），这也从一个 6 瓣基础的。乌龟基地已全部折痕在 30° 的倍数运行，从而有更多的对称折痕的模式，更接近一致的边缘。这里是基地的鸣禽少对称的，但相对于稍大的正方形的大小。你可以从这个基地的乌龟？

在 $N = 7$ 的解决方案组合成两个对称的基本广场和等边三角形。这一解决方案的一个特点是不寻常的事实，即圆（在左下角一）一不接触任何其他循环。左下之间的循环，而其余的模式是浪费纸张。人们可以把这个多余的纸张使用，但是，通过扩大左下圆（相当于延长相关皮瓣）及使用此基础上，以同一个特别长的折叠模型的附属物，例如，一个额外的长尾巴。我们可以进行扩大左下圆，直到它触及了人（中圈之一的扩大，因为它原来）。这个扩充，使循环模式如图 9.36，相当于 6 个同等大小的皮瓣和第七大的一个形状略。我也有一个折痕叠加模式，让一个七瓣基地。我鼓励你们放大图中，它利用一个正方形，和褶皱的基础，这是了不起的圈子如何与各线的所有一旦你已经崩溃到其他基地的广场。

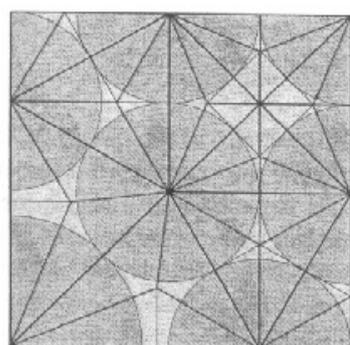


Figure 9.36.
Left: crease pattern for the $N = 7$ circle packing with one flap enlarged.
Right: seven-pointed base.

图 9.36

左：折痕模式为 $N = 7$ 圈与一皮瓣包装扩大。

右：7 指出基地。

有一个条件，其中一个圆圈可自由移动而不改变了该模型的总规模：数学术语，如果没有任何改变圈可以移动的规模，该模式被认为是稳定，没有任何模式中，可以循环此举被认为是稳定的。很容易地看到，一个模式是稳定的不仅是在广场上的每一圈的边缘或者其他涉及三个圈以及分隔点。它会为我们探索出更精密的设计算法，稳定的问题中扮演的折痕模式对基地建设的关键作用。



该基地获得了 8 瓣时遇到一个问题试图折叠最简单的昆虫。甲虫，例如，必须有一个头部，腹部，和六只脚，在最低限度。当然，这是永远充满了挑战，以增加更多的身体部位：胸部，天线，下颌骨骨，角，翅膀，前翅将是不错的，每人都需要另一瓣（我们将看到的例子，他们有所有）。但即使是最简单的昆虫必须有六只脚，而根据经典折叠的标准，是不容易的事。历史上首次公布了 1 件昆虫腿，而我知道 6 指示是乔治罗兹的虫子。它是由一个 blintzed 鸟基地，它对应到 $N = 9$ 圈图。

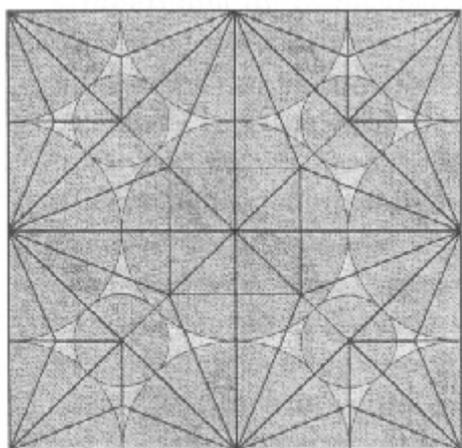


Figure 9.37.

Left: $N = 9$ circle pattern.

Right: Rhoads's Bug, made from a blintzed Bird Base.

图 9.37。

左：每组 9 圈的模式。

右：罗兹的虫子，从 blintzed 鸟基础的。

我们遇到的 blintzed 鸟基地早在第 4 章。它是由折叠构造的四个角落，一个正方形，折从减少禽流基地中心广场，然后去包裹的额外文件，以形成新的皮瓣。也有这样的事情作为双 blintzing，其中的四个角落折叠的中心，这四个角落，再折向中心，然后折叠基地，去包

裹所有的层。双 blintzed 青蛙基地，其 13 个同等长度的皮瓣，采用由日本大师吉泽早在 20 世纪 50 年代他的著名的螃蟹，并拥有了一定的古典时期点的基础记录。

圆模式提供了一个简单的方法来看 blintzing 一个基数效应。虽然每一阶段的 blintzing 双打的正方形区域，它不一倍皮瓣由于该文件的一些数字消费转向一些季度或半圈。在 blintzed 青蛙如图 9.39 所示基地进展，原有的青蛙基地有 5 个长瓣；的 blintzed 青蛙基地有 9 个，与双 blintzed 青蛙基地有 13 个，数字是很容易通过检查循环模式验证。

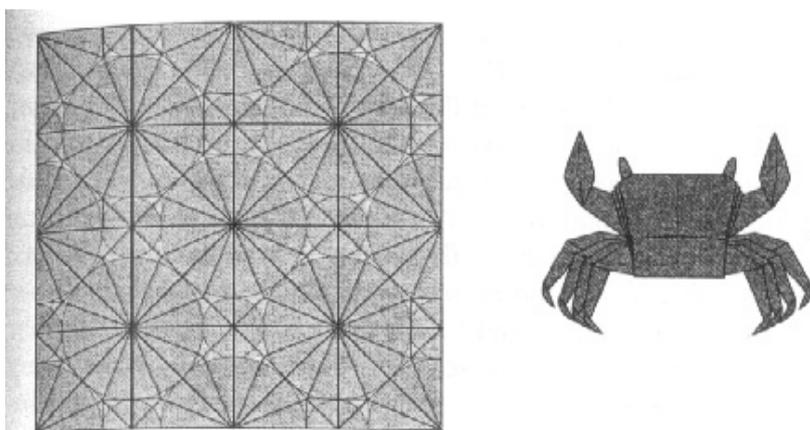


Figure 9.38.
Double-blintzed Frog Base crease pattern and Yoshizawa's Crab.

图 9.38

双 blintzed 青蛙基地折痕模式和吉泽的螃蟹。

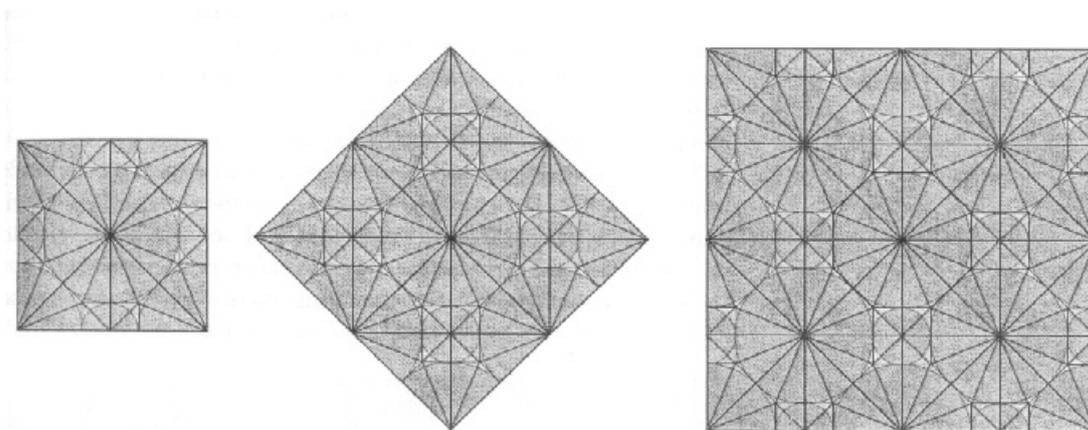


Figure 9.39.
Three stages in the progression of the blintzed Frog Base. Left: the Frog Base. Center: a blintzed Frog Base. Right: a double-blintzed Frog Base.

图 9.39

3 在 blintzed 青蛙基地进展阶段。左：青蛙基地。中心：1 blintzed 青蛙基地。右：1 双 blintzed 青蛙基地。

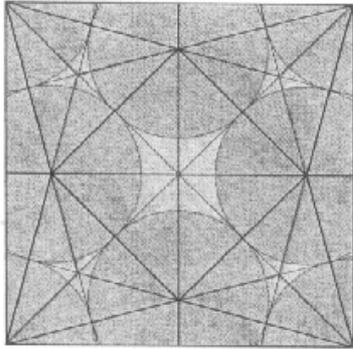


Figure 9.40.
Left: $N = 8$ circle pattern.
Right: a base made from the $N = 8$ circle packing.

图 9.40

左： $N = 8$ 的循环模式。

右：从 $N = 8$ 圈包装作出了基础

9 瓣，9 圈，圈最亲密的包装给人的单 blintzed 鸟基地，这对于罗兹的虫子使用。但你只需要一个简单的昆虫八瓣——头，尾，和六只脚——和 $N = 8$ 最佳循环包装解决方案，如同 $n = 6$ ，给出了一个折痕模式很适合这个简单的昆虫。对于相同大小的广场， $N = 8$ 的模式让八瓣是 4% 左右的时间比皮瓣从 blintzed 鸟基础派生。与 $n = 3$ 和 $N = 6$ ，最有效的基础是相当意外。八瓣的四个中间瓣——通常，最有效的方式使皮瓣——和我事先并不知道在此基础上设计图案。不过，整体解决方案是最有效的 8 平瓣基地有。我留给读者设计一个模型，利用该基地。

在 $N = 9$ 的模式，如前所述，对应于 blintzed 鸟基地。下一个案例折痕模式， $N = 10$ 的襟翼，是产生一个特殊的数学意义循环包装。同时，该模式有数字显示在 9.29 和 9.30 的 $N = 1$ 到 9 的数学证明是最有效的可能，最有效的包装对 $N = 10$ 一直是有些争议的来源。不是直到 1997 年已知的最有效的包装。在 25 年的跨度，对 $N = 10$ 5 个不同的圈包装发现，每个比以前更有效的（尽管在每个解决方案的皮瓣的长度是 1 1% 之内所有另一个）。在每种情况下，发现者猜测，他已经找到最有效的安排可能的；在所有但最后，更有效的解决方案案例后来被发现。最新的解决方案，在 1990 年发现的数学家莫拉德和延河，给出了 0.2106

+皮瓣的长度，它是由荷兰数学家证明在 1997 年梅利森汉斯最优的。五解和对称的线条图给出了 9.41。

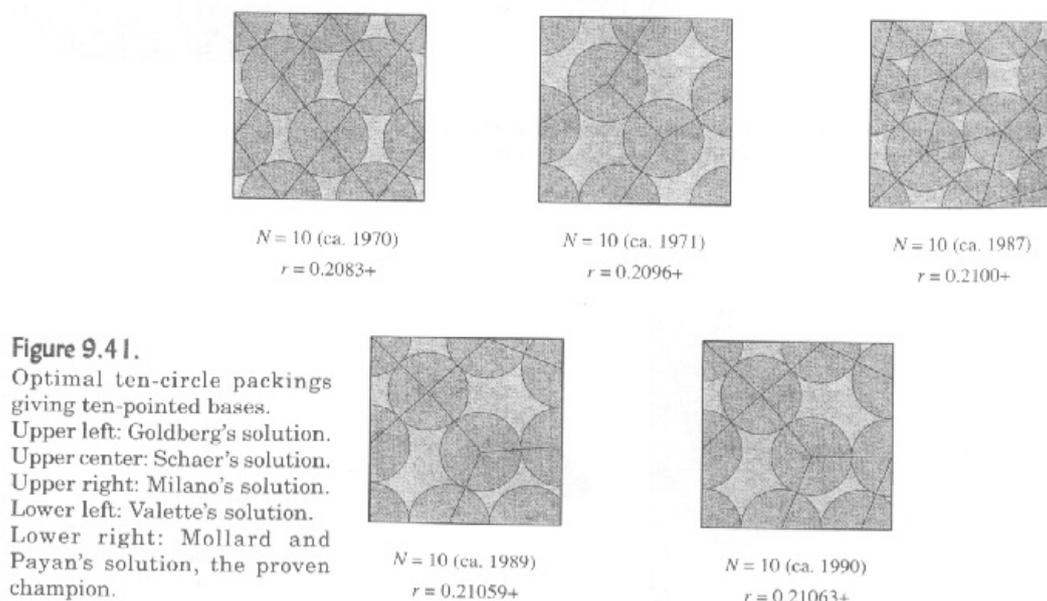


图 9.41。

最佳 10 圈包装给予 10 -指出基地。

左上：戈德堡的解决方案。

上层中心：施尔的解决方案。

右上：milao 的解决方案。

左下：瓦莱特的解决方案。

右下：莫拉德和帕恩的解决方案，经过验证的冠军。

我感到奇怪的是，这样一个简单的答案到广场上的 10 圈最有效的包装应该是如此难以捉摸。

如果有这么多的圈包装变化空间，这一个特定的折纸的基础上，认为任意折纸结构的可能性。

9.11. 餐巾问题的马古利斯

我们现在有机械设计任何数目的皮瓣基地。我们也有一个有趣的工具来解决数学问题，在 90 年代中期数学家分发，叫做马古利斯餐巾问题。提出的问题是作为一个证明的要求。

证明，无论你怎么折叠餐巾一个正方形，扁平形状不能有一个周长超过了原广场周边。

也就是说，如果你以一个正方形，每边我的单位，证明你不能折叠形状的周长大于 4 个单位。

在有些令人惊讶的事实是，说法并不真实姿态---它确实有可能与外围折大于 4 形状。图 9.42 显示了一个形状的周长是稍微大于 4 个单位--- 4.120 单位，要确切，显着，一本最近数学猜想的反例可从一个 200 岁的形状：可敬的折叠序列鸟基地。

这种形状的仔细考察，我们不足的圆圈法折纸设计站在结合，揭示了如何来做到这一点。的折痕和鸟基圆模式见图 9.43。鸟的基础包括四个角落的四个角落界为蓝本瓣（）和一个中间瓣，这是由单圈中提供。四个角落的每个皮瓣是一种在广场周边季度，因此，如果瓣张开到一个星形的，恒星的四周会，最多相当于在广场周边。但中间瓣是一个额外皮瓣。细化的中间瓣可以伸出整个基地，创建额外的周长。进一步细化的基础，如图 9.44 所示，消除了重叠的中心，让周边得到略微细化基较大的限制的一些方法，其中每个皮瓣具有零厚度及周边办法时 4.414 价值。

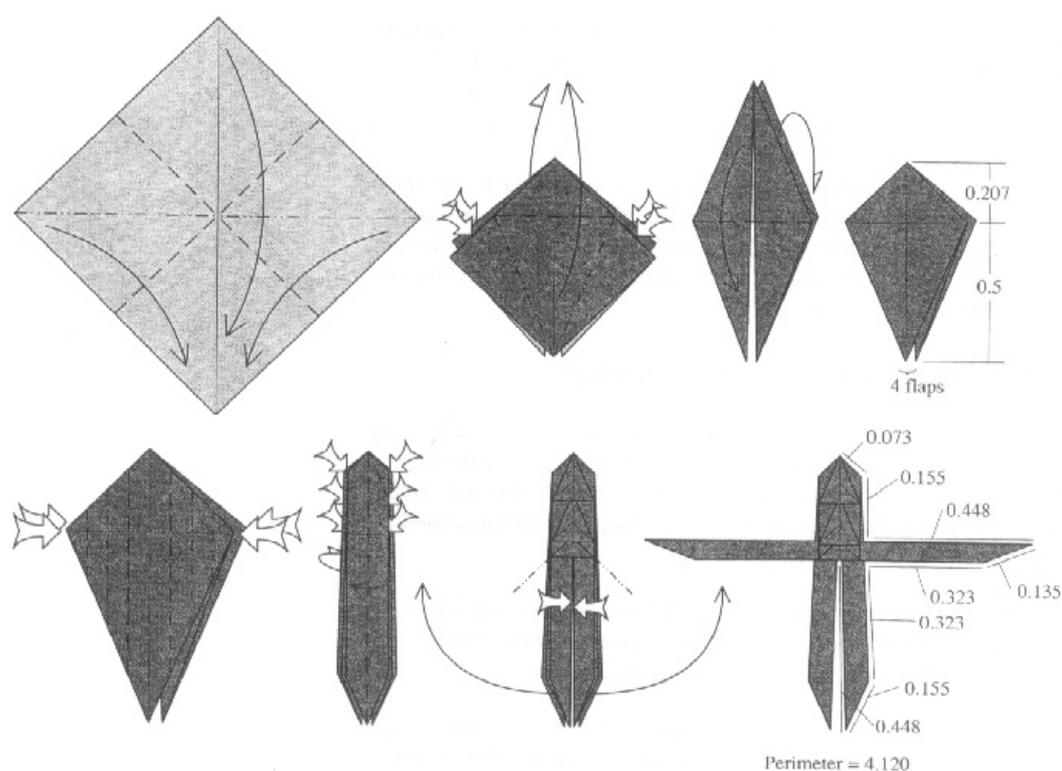


Figure 9.42. Folding sequence for a shape that disproves the conjecture known as the Margulis Napkin Problem. The dimensions of the various segments of the perimeter are given in the last step; the total perimeter adds up to 4.120.

perimeter=4.120: 周长= 4.120

figure 9.42

图 9.42

折叠序列的形状驳斥为马古利斯餐巾已知问题的猜想。对周边的各个部分的尺寸给出了最后一步，总周长加起来 4.120。

Figure 9.43.
The circle-packing for the Bird Base.

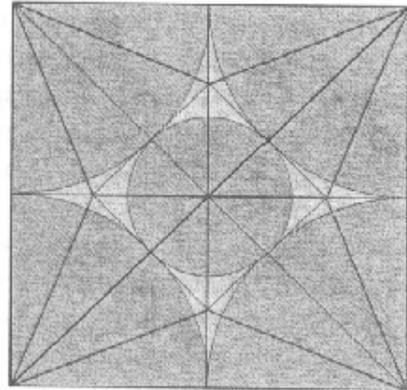


图 9.43 圆包装有关禽流基地。

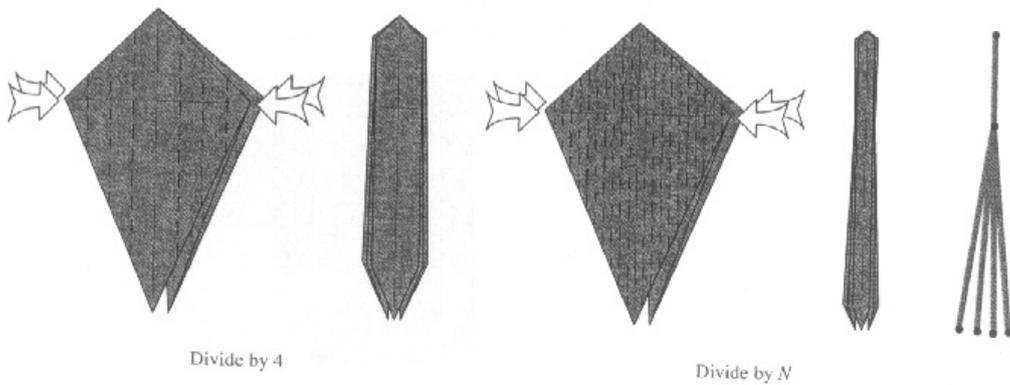


Figure 9.44.
Left: Sinking in fourths narrows the flaps.
Center: Sinking a larger number of times thins the layers further.
Right: the limiting case with zero-thickness flaps.

divide by 4: 除以 4 divide by N: 除以 N。

图 9.44

左：在下沉缩小了四分之三皮瓣。

中心：沉没 1 次较多层进一步变薄。

右：在极限情况与零厚度皮瓣。

它是一个中间瓣，允许周长超过 4 条约资料推测限制创作。但创造更多的中间瓣，我们可以增加周边走得更远。事实上，相当惊人，没有上限的周边---至少一个单位，一个数学上作出的理想（零厚度）的文件。你可以从最小的为您喜欢的表。从邮票，理论上你可以折叠形状的周长，是周长的星系。

如何才能做到这一点？圆包装给人的关键。假设我们打包到一个单位正方形一个 $N \times N$ 大小的圆阵，如图 9.45 所示。

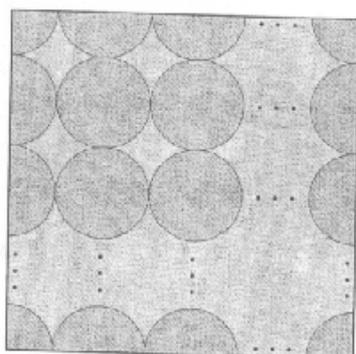


Figure 9.45.
An $N \times N$ circle packing.

Each of the circles has a radius

each of the circles has a radius: 对每个人都有一个圈半径。

图 9.45

一个 $N \times N$ 大小圆形包装。

$$r = \frac{1}{2(N-1)}. \quad (9-4)$$

使用我们的圈子，包装和瓦片技术---填写轴向皱褶，增加小圈，打破成三角形，四边形---我们可以添加到这个模式折痕折叠成一个具有 N^2 基地总皮瓣。

Figure 9.46.
Crease pattern for the $N \times N$ circle packing. Only the upper left portion is filled in.

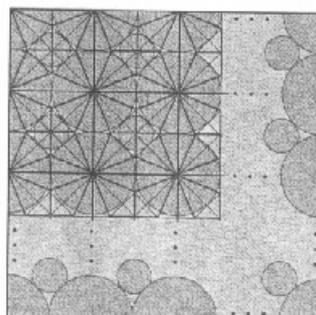


图 9.46

折痕模式为 $N \times N$ 大小循环包装。只有左上角的部分填写。

折叠后的折痕的模式，这将是一个具有 N^2 点，每个基地的长度 $1 / (2(n - 1))$ 。采用下沉标准折纸技术，可任意点薄。一旦点变薄，它们可以反向折叠在各个方向，使一个具有 N^2 分的明星。这个序列是图 9.47 所示。

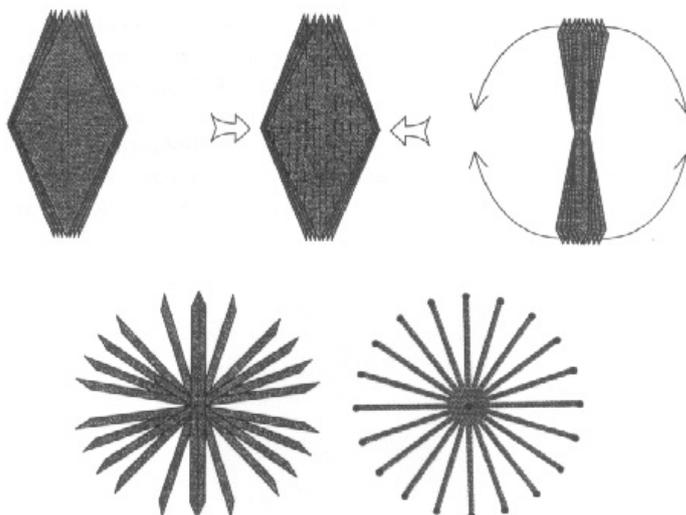


Figure 9.47.
Sequence for turning the base
into a star.

图 9.47。

序列变成一个明星的基础。

现在，虽然有些重叠点在对方的基地，他们可通过使接收器任意薄折叠任意接近。所以恒星的形状总周长接近价值

$$2 \times (\text{number of points}) \times (\text{length of each point}), \quad (9-5)$$

2 (点数) × (每个点的长度), (9-5)

其中的 2 个额外的因素来自于一个事实，每个点有助于双方的边界。因此，总周长

$$\frac{N^2}{N-1}. \quad (9-6)$$

让我们来看看几个值的 N 周长：

N	2	3	4	5	6	7	8
Perimeter	4	4.5	5.33	6.25	7.20	8.17	9.14

Perimeter: 周长。

事实上，为 N ，点沿一边数，变大，周长 N 的方法及其限制值。因此，周长可任意大。我们也可以使用这个结果从工作所需的外围向后。例如，边折叠，使其具有相同的周长为---让我们看看一些小---世界（24,000 英里）的周长 1 平方英寸的邮票之一，我们需要作出 n 等于约 1.5 亿分，由此产生的形状会的约 200 亿分点，每个点大约是 17 微米长---约 $1/5$ 人类头发的直径。显然，我们就需要这种特殊的零厚度的纸张，在数学家的想象力存在折这样的事！更何況一个很大的耐心。

有趣的是，艺术家们创造了一些折纸模型对这些原则，掩盖问题的马古利斯餐巾几年前，甚至出现了数学界（归因，可能 apocryphally，以马古利斯，俄罗斯著名数学家）。我自己的海胆，我们看到了在第四章（图 4.8 回）利用这样一个方形阵列 25 分，和积分，适当细化和夷为平地，给一星，其周长接近一个极限 $2x(25) \times (1/8) = 6.25$ 。类似的海胆他人，包括目黑俊之，谁率先在日本圆包装设计方法，比比皆是。

9.12 评论



折纸设计的圆法本章描述可以是设计复杂的折纸模型，特别是甲虫和昆虫非常有力的工具。任何圈子模式，存在着一个折叠方法，转变成一个具有适当数量和规模基地，分模式。然而，尽管包装界保证折叠序列的存在是为了转换成相应的圆圈图案的技术，它并没有提供多少指导，以如何执行一步一步的折叠序列的基础--- 1 大多数算法的缺点折纸设计。因此，即使你制定出一个圆圈图案，你还有一些工作要做，你们要搞清楚如何成为一个基地折叠折痕模式。

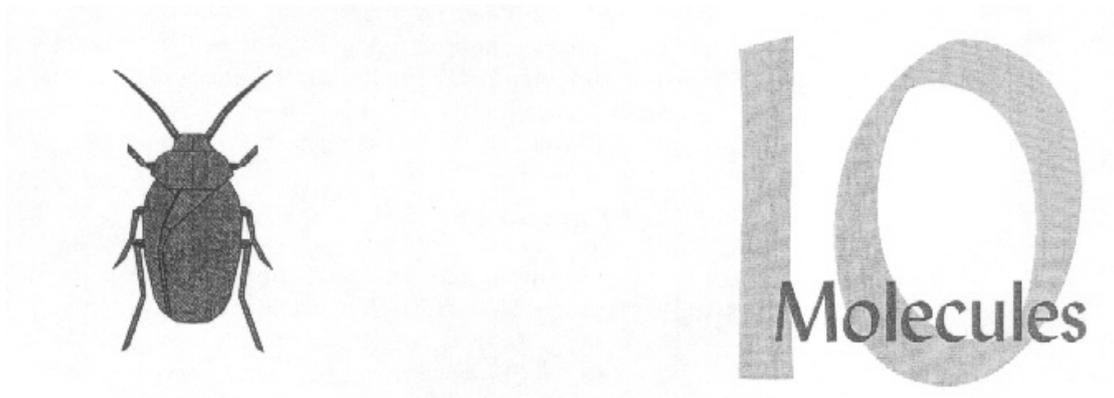
由包装界密集，使每个圆圈涉及几个国家，我们可以连接与折痕，而变成是在基轴折痕感人圈的中心。如果圆的多边形和碎片的轴向皱褶概述变成类似于已知砖圈的模式，我们可以填写与瓷砖和折痕模式的多边形，瞧，构建一个完整的折痕折纸基地格局。

此外，我们可以有一些进一步的努力，加上不断的宽度河流圆包装基地创建包含部分分离花瓣组。这些圆/河模式，也可以填写与折痕的模式，如果他们恰巧已知的瓦片。

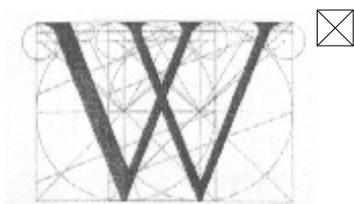
但是这是一个很大的假设。虽然我们取得了进展，在设计折纸基地很长的路，使我们可以从任何数字，长度和皮瓣我们想要的连接，我们仍然呼吁瓷砖模式存在依赖填写的轴向多边形的折痕。也不能保证，这种瓷砖存在。

至少，我们不能保证公正呢。但正如我们将在下一章看到，有一个一般用途的少量折痕模式，使我们能够填补任何圆圈图案任何责任。这些模式---一些新的，一些老---提供了一个广义单轴基地建设的最后一步。

(第九章完)



10. 分子



我们已经看到，可以构建新的基地从砖，旧基片。由内瓦和交配上写圆弧他们根据一些简单的匹配规则，我们可以建立新的安排与皮瓣新的基地。但是，瓷砖大会，建立新的基地可以是一个冒险的命题：你是仅限于那些你曾瓷砖编目工作，而且保证比一砖给大会的文件放入一个正方形有效。

在前面的章节中，我们看到一个可以使用循环包装内找到一个正方形的点模式（或许多其他形状的纸），是保证变成一个折纸基础，具有指定的长度和分布皮瓣折叠。当各界的配置情况，以配合已知瓷砖的圈子（如果需要，河流），那么我们可以填写与瓷砖折痕折痕模式，和纸张可以折叠成一个基地。但是，如果出现问题的圆圈图案匹配的瓷砖，我们知道到目前为止没有。用短短的几个模式然而，除此之外，我们可以找到任何圆平板折叠折痕模式/河包装---和大量的外。



这个过程并不困难，因为你可能会认为，因为没有很多不同的图案，需要的类型。大部分时间，由循环产生的多边形/河川包装是三角形（因为他们在我们已经看到了迄今最例子）。更复杂的基地可能有四边形，五边形，或我国高等阶多边形。都可以被折叠，使他们的优势就在于一条线，他们与另外一个适当的调整。是什么使得设计一个基地驯服的问题是，在很大程度上，每个多边形可在其自己的，具有高度复杂的多点基础治疗可以分解成一个相对简

单的多边形集合起来，每个单独分析；及当你有个人多边形的折痕模式，你可以把它们放在一起，为实现全面广场折痕。

10.1。切点

让我们再次审视了折痕的模式，我们能与它的底层圈行话一些共同的特点现有基地。通过 10.5 10.1 显示折痕和基地循环模式，通过与一个数字 5 同等大小的点。这些折痕模式包括 5 个不同的基地，但分享几个有趣的功能。在每个折痕模式，我与一个 P 标记的邻界点触摸。

图 10.1 展示了折痕和圆圈图案的风筝基地。风筝基地似乎是一个单一的皮瓣，但我们也可以看成是一个与一个长瓣基它加入到一个短瓣；皮瓣的代表都在图 10.1 圈子，如果我们认识到，在正确的横向折痕图 10.1 是两者之间的皮瓣边界，那么我们看到，每瓣是由一个圆的定义，这一点在两个圆圈触摸，它是，他们是切圈，并认为有两个折痕，通过运行切点，标示在图 P。垂直折痕，连接的两个圆的中心是一个我们已经遇到的类型，它是一个轴向折痕。另一种是垂直于轴向起皱，是这两个圆相切。

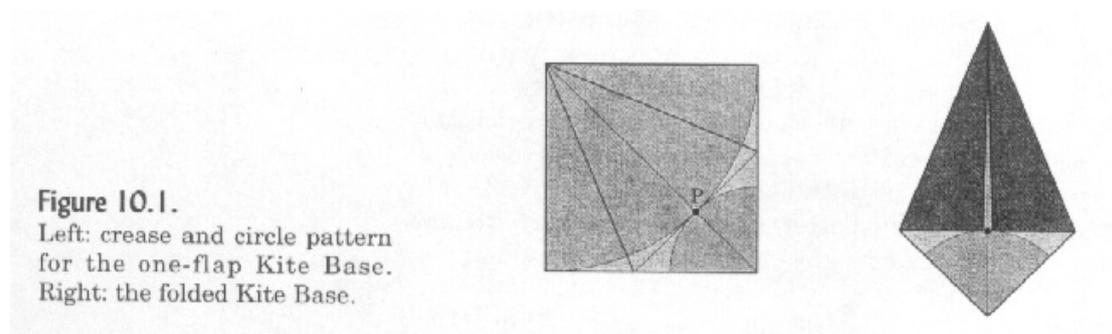


图 10.1

左：折痕和循环模式的一个风筝皮瓣基地。

右：折叠风筝基地。

看看数字 10.2，表明该鱼的折痕和基圆格局。鱼基地有两个长瓣和两个短瓣。所有四个皮瓣是由各界代表，和触摸相邻界。如同风筝的基础上，有一轴之间的接触各界折痕中心（或原边），并在每个切点，有一个折痕中心之间的垂直皱纹。

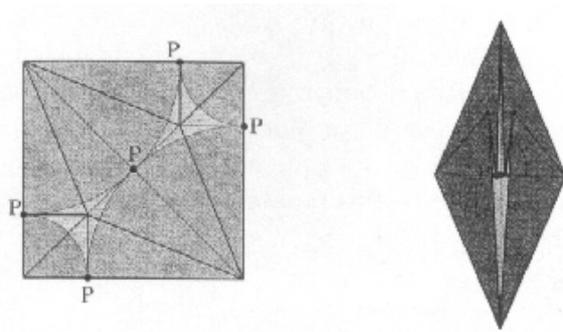


Figure 10.2.
Left: crease and circle pattern for the two-flap Fish Base.
Right: the folded Fish Base.

图 10.2

左：折痕和循环模式的双瓣鱼基地。

右：折叠鱼基地。

有一个有趣的现象，也是第二。观察到，其中有 5 个点相邻界互相接触，称为切点，我已经标明在折叠基础，这是对体育的正确显示他们全部的切点都在于双方的分一边或另一种之上，如果你通过他们一戳一个引脚，该引脚将打击模型中的每一个切点。



现在让我们来看看另一个基地。图 10.3 展示折痕和圆一个有三个平等皮瓣基地。再次，我们之间的接触各界和第二组的垂直轴折痕折痕第一盘，在两岸的切点。有三个切点，并在基地，所有三个切点在于对彼此的顶部。

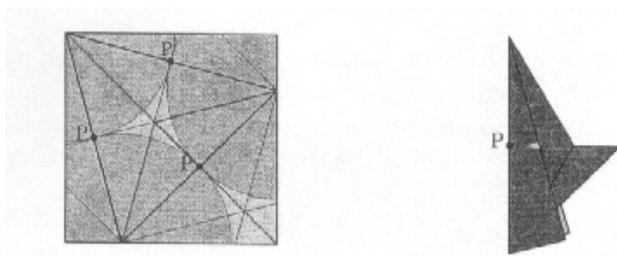


Figure 10.3.
Left: crease and circle pattern for the three-flap base.
Right: the folded base.

图 10.3

左：折痕和循环模式，在这 3 瓣基地。

右：折叠基地。

前 3 圈基地只有边和角襟翼。这样的模式中，我们观察到皮瓣举行？的确是这样。图 10.4 展示了鸟基地，其中有四个长瓣和一短一，它是一个中间瓣。再次，圆中心是由连接轴折痕，

折痕和从哪里发出界接触点是垂直于轴向的褶皱。有八个折痕模式切点，而在折叠的基础上，所有的一切都在于彼此前八名。

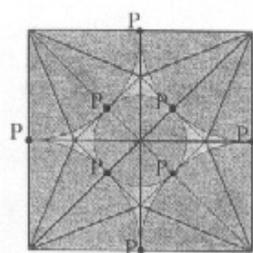


Figure 10.4.
Left: crease and circle pattern for the five-flap Bird Base.
Right: the folded base.

图 10.4

左：折痕和循环模式为 5 瓣鸟基地。

右：折叠基地。

并继续在该模式图所示 10.5：轴向褶皱之间的接触界的中心，从垂直切点所产生的折痕，和所有切点（这时候，他们 16）对对方最常说的谎言青蛙基地。

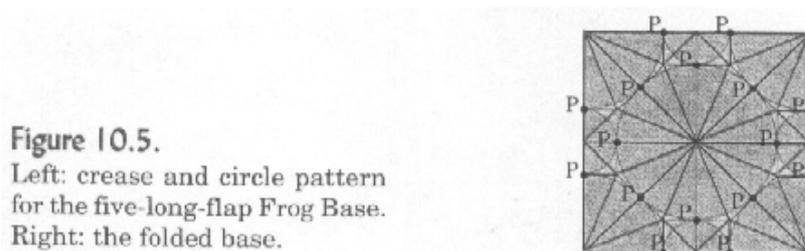


Figure 10.5.
Left: crease and circle pattern for the five-long-flap Frog Base.
Right: the folded base.

图 10.5

左：折痕和循环模式五个长瓣青蛙基地。

右：折叠基地。

5 个例子并不证明普遍性，但他们建议，有共同特点的所有循环模式基地。事实上，也有圆法折痕模式几种常见的属性：

- 其中两个圆接触，总有一个折痕，连接的两个圆的中心。我们已经遇到这些，有轴向褶皱。
- 当你进入基地的折叠折痕模式，触摸界之间的皱纹都---轴向褶皱---结束对彼此，即顶部说谎，沿着一条单一的线，这是该基地的轴心。

- 其中两个圆接触，也有折痕是相切的两个圆，并垂直于中心之间的折痕。这些折痕在数字显示为 10.1 水平线基地通过 10.5。我们会打电话给他们较折痕。皱褶的铰链，铰链之间形成皮瓣。
- 在折痕模式，铰链折痕互相连接，使一个连续的路径，要么就开始和停止运行所有的边缘或周围每个圆圈的方式。
- 所有的切点---其中的两个圆接触点（即标记的数字规划）---躺在轴向折痕的交叉点和铰链折痕。在折叠的形式，他们正是在总结中每个折叠基地其他高级说谎。

在搜索的基本原则，寻找不同寻常的巧合之一。在这里，我们有 5 个，其中折痕模式显示相同的行为设定不同的基地。他们不只是巧合，它们是圆的设计方法的一般原则。

我们可以利用这些概念，以填补这些折痕，与任意圈包装去。有 3 套不同的折痕

首先，对于任何两个圆的触摸，有一轴之间的折痕中心运行。当折痕模式为基础折叠，折痕都轴向平行，躺在彼此顶部。此外，切点---点---在所有接触各界沿线各基地的折叠轴其他高级谎言。

第二，有铰链折痕垂直于轴向折痕，这从切点所发出的。

然后有一个第三套，这是皱褶的传播从轴多边形的角向内。在折叠的形式，这些折痕构成了折叠形状的山脊。我们会打电话给他们的山脊折痕。皱褶的山脊线在轴向对开多边形的每一个角落的角度。

这三个家庭如图 10.6 青蛙基地。

三个家庭的折痕密切相关的圈子自己。在概念上的折痕铰链的最容易理解的：他们纲要多边形近似的圈子。所以每个多边形的铰链折痕概述勾划出一个单一的基础皮瓣边界。我们可以看到着色模式的折痕这些多边形一看到这一点，在风的地方折叠起来的基础。几个例子见图 10.9 10.7 通过。在每种情况下，彩色多边形提供了精确的一个皮瓣层所有。

而铰链折痕最容易与原来的基础和循环模式，轴向皱褶---圈中心之间的线路---同样重要，但在一个完全不同的方式。

折痕的狂欢中概述的多边形限定了我们用来表示个人皮瓣界。当我们崩溃一轴多边形的边缘，使该基地位于沿轴线，所有的切点来一起在一个单点。因此，有两个必须满足的折痕模式在一个轴向多边形属性：

- 其边缘必须被谎言沿一行。
- 每个圆圈沿边界的切点必须聚集在一个点。

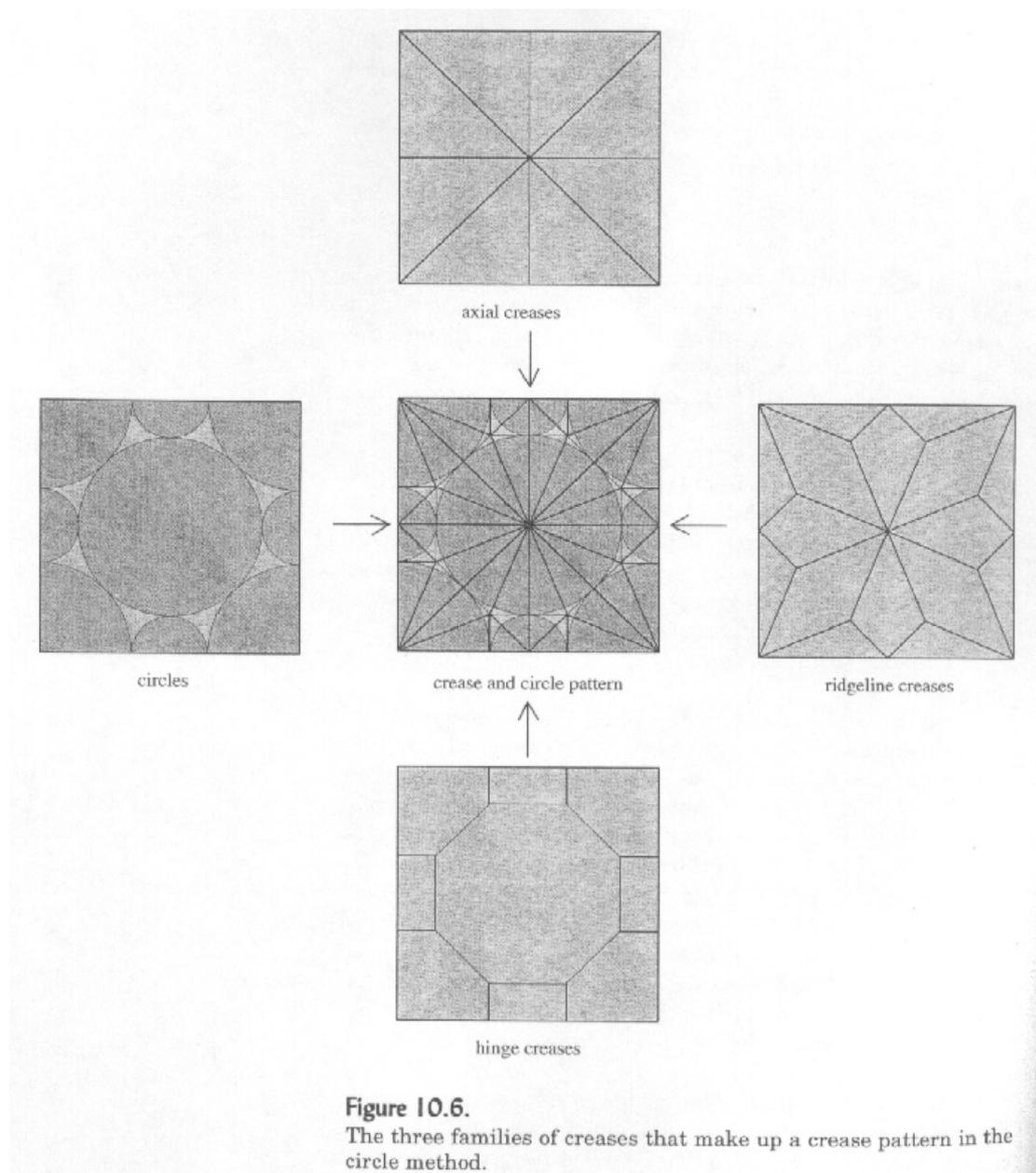


Figure 10.6.
The three families of creases that make up a crease pattern in the circle method.

axial creases: 轴向皱褶

circles: 界

crease and circle pattern: 折痕和循环模式

ridge line creases: 山脊折痕

hinge creases: 铰链折痕

图 10.6

构成的折痕在圆法折痕模式的三个家庭。

崩溃的问题，使一个多边形的边在一行谎言以及折纸与数学都知道。在变项，它关系到一个有名的问题作为一个割问题知道：你如何折叠一张纸，以使用一个切，你切出任意多边形或

多边形集？一个割问题已经解决了一些作者（见参考附录 B）。但是，第二个要求---对齐的切点---是独一无二的折纸，并导致新的和专门抗皱模式。

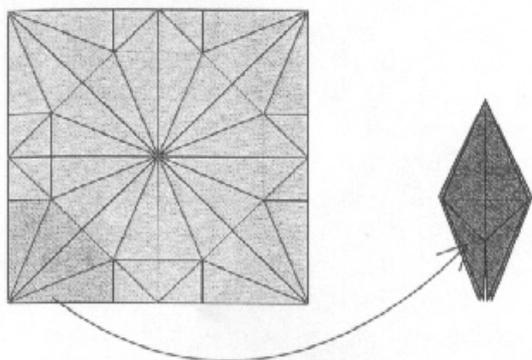


Figure 10.7.
A polygon outlined by hinge creases becomes a single flap of the base. This shows a polygon that becomes a corner flap.

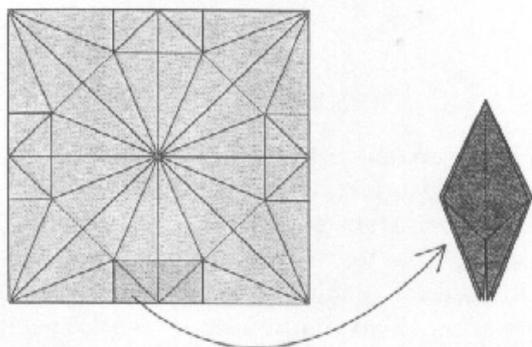


Figure 10.8.
A polygon that becomes an edge flap.

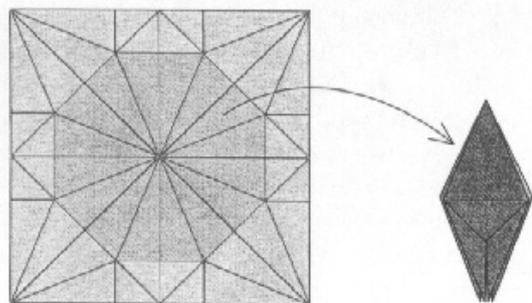


Figure 10.9.
A polygon that becomes a middle flap.

图 10.7

通过铰链折痕概述了多边形变成了单一皮瓣的基础。这显示了一个多边形，成为一个角落皮瓣。

图 10.8

成为一个多边形的边缘皮瓣。

图 10.9

这成为一个多边形中间瓣。

在折纸的世界，我和其他几个艺术家和科学家---显着的 Husimi 曲，6 月前川，目黑俊之，文昭川幡，和川崎敏和研究---有折痕的模式，使各种多边形，以符合其边缘坍塌下降到一个单一的线。它原来的折痕模式相对较小，可组装成一套非常庞大和复杂的瓷砖，果然，整个折痕模式;无论从包装循环所产生的，以及原始的模式由（其他方法得出，如树法，我们将在短期内遇到）。

所有折纸可单轴基地建设从一砖一小部分的最小。类似的情况是生活本身，其中一小分子的氨基酸数可以到所有的蛋白质，使生命成为可能，并组装构成了自然王国的多样性。因为这个比喻。目黑，一个生物学家，有被称为这些基本瓷砖图案包石，或分子。在下一节，我们将探讨折纸分子。通过列举并确定折纸的分子，我们将开发折纸生活的基石。

10. 2. 三角形分子

找到一个多边形的折痕折叠设置，以便所有的边行秋季其实很简单。然而，可以有一个以上的折痕等设置。选择集，得到的切点都可以走到一起相当困难。这第二个条件得到满足的困难有更多的切点对齐同时，由于有一个为每个多边形的边缘相切点，较小的多边形更容易找到比较大的折痕。因此，让我们从最小的非平凡多边形三角形--- ---出折痕和工作模式，能够满足上述两个条件。

图 10.10 显示了一个任意三角形的三个感人界形成。如果你已经有一段时间折叠折纸，你已经遇到了到崩溃的边缘行所有的技术：不起眼的兔耳折叠。兔子的耳朵是折叠形成了沿角平分线（这在一点满足三角形三个角）;的要点之一，是摆在一边，整个结构夷为平地。任何武断的三角形可以折叠成兔耳中所指出的贾斯汀，和川崎的 Husimi，但基本的几何关系的兔耳（即角平分线的一个点，通过会见和下降的平分线相交线形成相邻三角形所有这三个方面是一致的）最初于 2000 年证明了欧几里得年前。因此，折纸设计的种子播种在古代。

然而，对于折纸的目的，我们需要满足两个条件一致。它是不够简单，三角形的所有行下跌的边缘。这也是至关重要的切点都走到一起。幸运的是，不难证明数学是通过连接三个接触各界，兔耳折痕格局形成的三角形的中心汇集了切点为好。

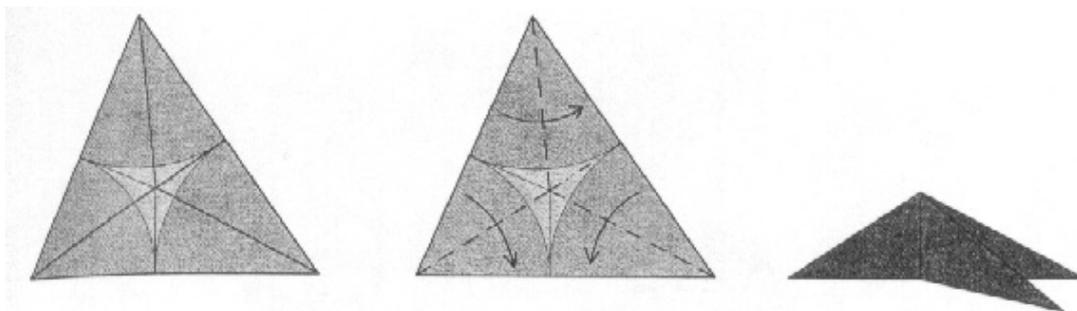


Figure 10.10.

The rabbit-ear fold brings together all edges of a triangle so that they lie on a line. Furthermore, the tangent points are all brought together to meet at a point.

Left: crease pattern.

Middle: folding sequence.

Right: folded molecule.

图 10.10。

兔耳倍汇集了一个三角形，让他们在网上的谎言所有边缘。此外，切点都聚集在一起，以应付在一个点。

左：折痕模式。

中：折叠序列。

右：折叠分子。

因此，我们现在有找到任何三角多边形的折痕模式建筑，只需折一只兔子的耳朵。或者，建设没有折叠的折痕，建设的每个三角形，这在一点满足的角度平分线。然后绘制从每边切点线的平分线的交点。我们将调用此折痕模式的兔耳分子。

10. 3。 四边形分子

这是令人鼓舞的是三角形是那么容易。它是进一步令人鼓舞的是最常见的多边形一个圆圈法基地遇到一个三角形，而事实上，为两是通过在前面的章节看到 5 瓣基地，所有的多边形三角形。因此，利用兔耳分子，我们可以找到这些基地为每一位正式折痕模式。会不会是好，如果我们的任何粒沿边界折痕循环模式，多边形总是被证明是三角形？唉，这种情况并非如此。下一个循环的非常模式，在数字显示 6 等于 10.11 点模式，我们发现一个四面多边形庄稼。

为数字 10.11 折痕模式确实包含几个三角形。注意到，在广场上只有两个圈子基本上未使用的纸张上角落的两个三角形，可以忽略。在模型的底部有三个三角形，可与兔耳分子填补。

Figure 10.11.
Circle pattern for a six-pointed base.

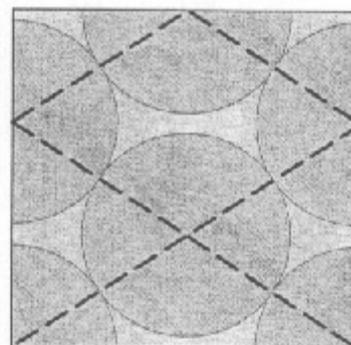


图 10.11

循环模式为六指出基地。

但看在纸张上中间多边形：多边形不是一个三角形---这是一个四面钻石。所以这里我们有一个具体表现，我们将要处理超过三面多边形。有时会有四个方面。因此，让我们看看倒塌的四边形，使他们的边缘线，全部在一个谎言的问题。

10.4。水炸弹分子

一个三角形，正好有一个折痕模式，把上一行的边缘所有。幸运的是，这一个折痕模式的切点条件感到满意---所有的切点自动走到一起。一个四边形，情况比较复杂一点。对于任何由连接四个触摸界，4角平分线的中心形成的所有在点满足如图 10.12，这表明一倒塌的方式显示一个四边形四边形。

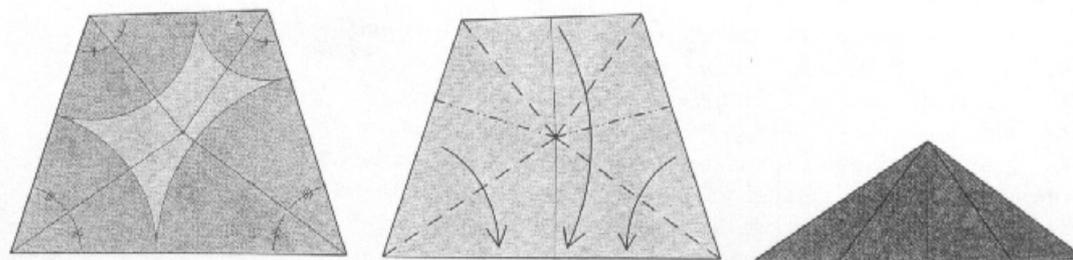


Figure 10.12.
The bisectors of a quadrilateral defined by four touching circles meet at a point, which permits the quadrilateral to be folded so that all of its edges lie on a single line.

图 10.12。

一个四边形定义四个触摸界满足点，它允许四方将其折叠，使边缘都在一行谎言平分。

我们称这种模式的水分子的炸弹，因为折叠的形状和拓扑结构的折痕是传统的水炸弹的人。

但是请注意，并非所有的四边形可以分为水炸弹分子折叠，事实上，只有4圈——触摸称为四圆四边形——可以这么折叠形成的。此属性是相当容易证明。如图 10.13，如果有四个圈半径 a, b, c, d ，则该四边形方分别是： $(a+b)$ ， $(b+c)$ ， $(c+d)$ 和 $(d+a)$ 。相反的边长总和是 $(a+b+c+d)$ 对双方都对。我们称这种关系的条件，水炸弹在四圆四边形：，相反双方的金额相等。

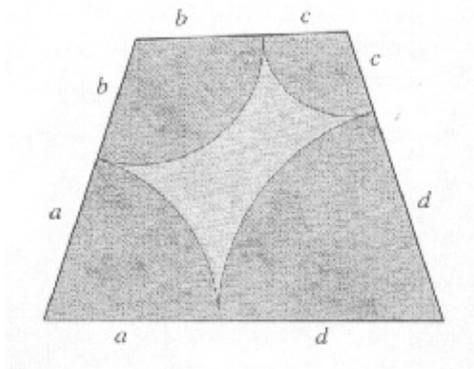


Figure 10.13.
For a four-circle quadrilateral, the sums of the lengths of opposite sides are equal.

图 10.13

一个四圆四边形，对两侧的长度相等的数额。

现在，让我们来看看相反的是真实存在。在四圆四边形，一个其总和的两侧，以平等的价值观念，构建从四个角落的角平分线。左侧两个平分线必须满足这一点，同样，右边的也必须在1点（满足可能或可能不相同点二）。假设它们是两个不同的点。从二垂线平分线交点下降到相邻各方，如图 10.14。

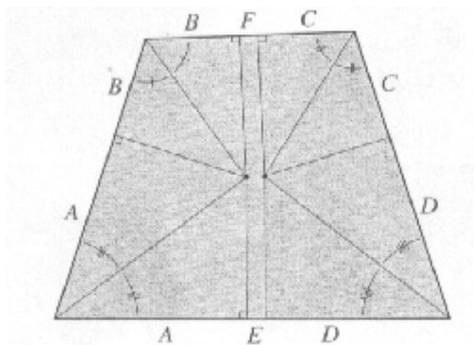


Figure 10.14.
Drop perpendiculars from the bisector intersections to all four sides.

图 10.14。

从垂线平分线交点下降到四周。

我们沿着标签边缘所示 A - F 选项不同的部分的长度，因为每个人都是一个距离，所有 6 个数量大于或等于零。如果这是一个四圆四边形，那么两边的款项必须相等，即

$$(A+B)+(C+D)=(A+E+D)+(B+F+C). \quad (10-1)$$

这意味着

$$E = F = 0. \quad (10-2)$$

这意味着两国之间的平分线的交点的距离是零，也就是说，它们是相同点。因此，任何满足四边形的水炸弹条件有角平分线相交于一个点，可分为一水炸弹基地模拟折叠。

注意到，距离 A - D 是不一定等于圆半径 a - d 的，我们开始与;有许多不同的四圆图案，引起完全相同的四边形。3 例子见图 10.15。

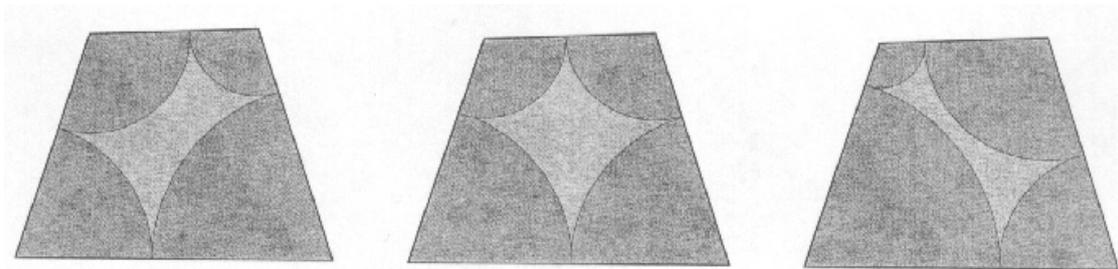


Figure 10.15.
Three identical polygons formed by four different circles.

图 10.15。

由四个不同的圆圈组成三个相同的多边形。

水分子炸弹四边形有其他有趣的性质夫妇。如果我们借鉴的垂直平分线相交的四个边四行，它们都具有相同的长度，这意味着一个圆圈内，可上下四方如图 10. 16，首次出现了财产的 Husimi 浩二，还注意到贾斯汀和前川。

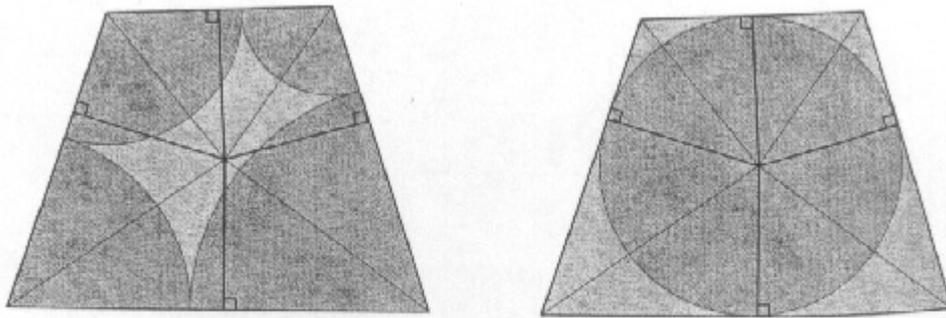


Figure 10.16.
A quadrilateral defined by four touching circles can have a circle inscribed within it that touches all four sides.

图 10.16

一个四边形定义四个触摸界可以在其中一个圆上，涉及四个方面。

它也很容易证明这种关系的交谈，这与一切圆相切的所有四个方面的任何四边形四个顶点是两两切圈的中心。

如果一个四边形的水炸弹满足条件，则该基地水炸弹的 4 倍---平分线，再加上 4 垂线---是唯一指定。所以只有一条路可以折叠成一个水分子的炸弹四。但正如我们所看到的，有许多可能的循环模式，可以泽相同的四边形。只有一组特定的圈子有属性的切点与线的铰链折痕，如图 10.17 所示。

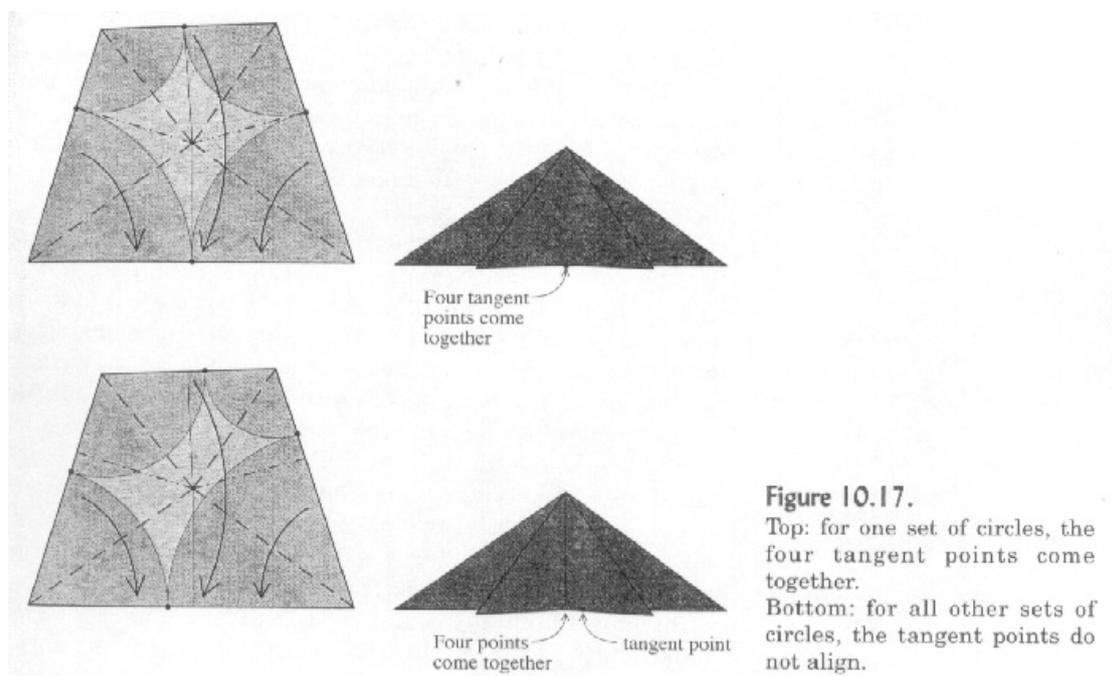


Figure 10.17.
Top: for one set of circles, the four tangent points come together.
Bottom: for all other sets of circles, the tangent points do not align.

four tangent points come together: 四切点走到一起。

four points come together: 4点走到一起。

tangent point: 切点。



图 10.17。

顶部：一圆集，4切点走到一起。

底部：为界所有其他套，切点不对齐。

为菱形，在 6 圈包装（图 10.11）出现，这也是这种情况：水分子的炸弹并没有带来共同的切点，如图 10.18 所示。

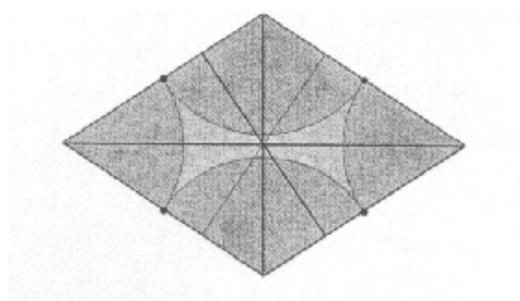


Figure 10.18.

Waterbomb molecule within a four-circle rhombus. Note that the perpendiculars do not hit the tangent points.

图 10.18 内四圆菱形水炸弹分子。注意，不打垂线切点。

因此，即使一个四边形满足水炸弹的条件下，水分子的炸弹可能不是适当的折痕模式，汇集了切点。幸运的是，还有其他能填补这方面的需要四边形分子。

10.5 箭头分子

虽然炸弹的水分子并不总是把切点一起，还有其他那些折痕模式。一个很简单的建造和图 10.19，如图所示。这种模式，由前川目黑和描述，将始终把四切分在一起。我们称之为箭头分子。

通常有一个以上的箭头分子可以从一个给定的四边形建造。在图 10.19，我们开始从左下角，但是，我们可以轻松地开始从右上角和衍生的分子模式的折痕，如图 10.20 所示。

一对箭头分子好的特点是，所有的折痕或很容易通过计算或折叠构造。一对箭头分子的缺点是，当折叠，不仅仅是边外缘的沿基轴的谎言。事实上，褶皱重型虚线左边的数字还在于 10.21 沿轴线以及时折叠起来的分子标记的边缘线。我们看到，在充分折痕模式，线，沿该模型的轴所在的轴向皱纹，折痕，连接触摸界的中心。于图 10.21 右图所示，我们可以认为，作为一个水炸弹从 4 感人界，其中 3 4 次长短合适的额外雪佛龙形件，形成分子结合箭头分子加入，使第四点到适当的长度。

任何分子内部的褶皱该行已与时折叠的分子被称为复合分子原料优势。一个没有内部折痕分子是一种简单的分子。箭头分子是一种复合分子。

另一个箭头分子的缺点是，它甚至可以当底层不对称多边形和圆形图案是对称的。图 10.22 显示了箭头分子范围内兴建的钻石从数字 10.11 6 圈格局。虽然钻石及其界左右对称---右边是左的箭头分子---抗皱模式的镜像（和折叠分子）没有。

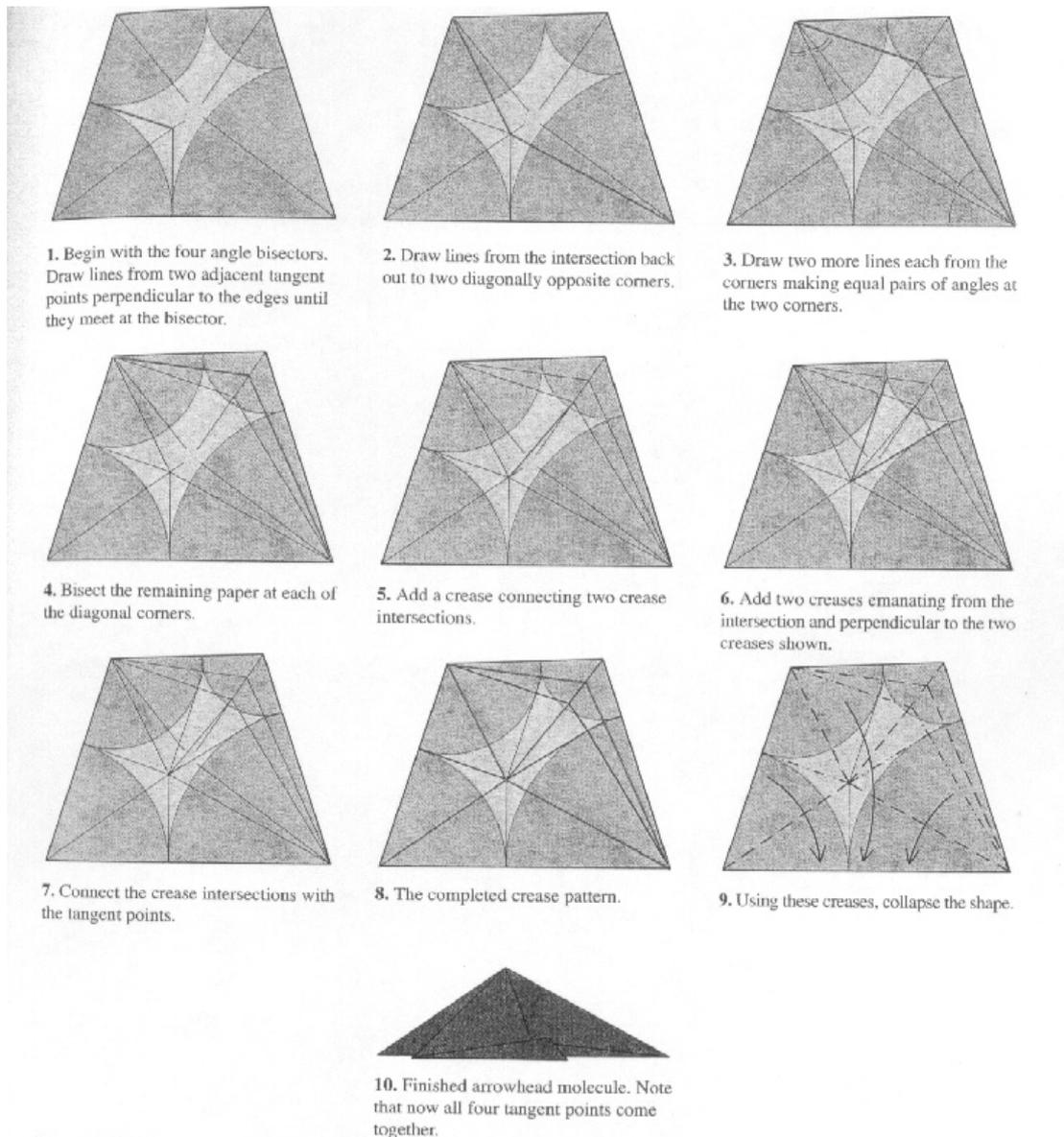
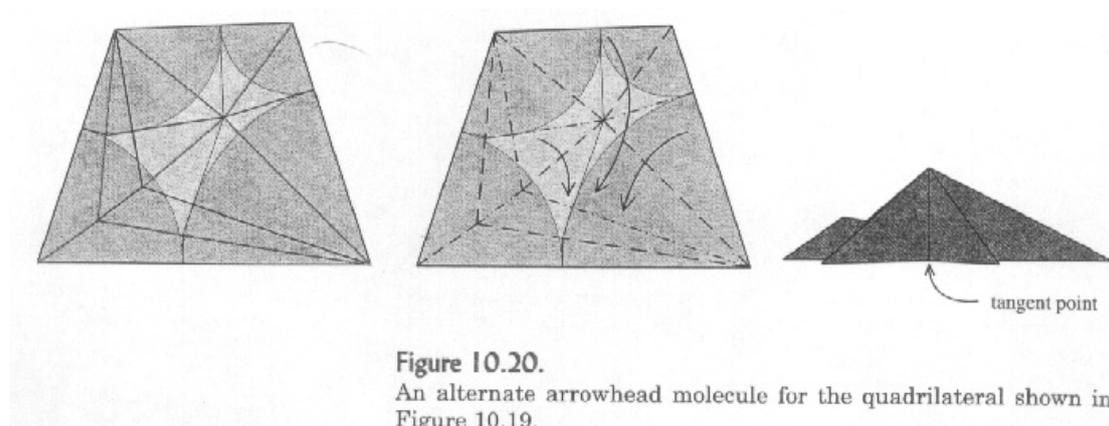


Figure 10.19.
Construction of the arrowhead molecule.

- 1、开始的 4 个角平分线的。借助两个相邻的切点垂直线的边缘，直到他们在平分线满足。
- 2、吸取了两个路口回斜对面线。
- 3、画两行分别来自使得在两个弯道的角度对平等的角落。
- 4、对开在每个角落的对角线，其余文件。
- 5、添加一个连接两个折痕折痕路口。
- 6、添加两个折痕的交叉和垂直两个折痕显示产生。
- 7、连接与切点的折痕路口。
- 8、完整的折痕模式。
- 9、使用这些折痕，折叠的形状。
- 10、完成箭头分子。请注意，现在所有的四切点走到一起。

对称循环模式，如六圈包装，使用非对称分子中的对称多边形将导致不对称基地。这可能是不可取的一个对称的主题。



tangent point: 切点

图 10.20

为四方图 10.19 所示箭头交替分子。

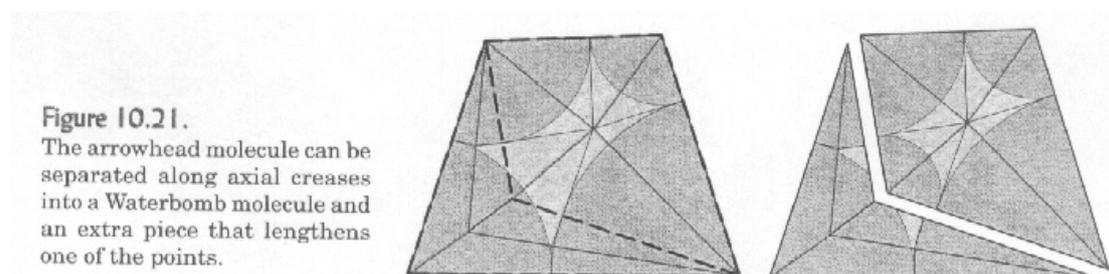


图 10.21

箭头分子可以沿轴向褶皱分离成一个水炸弹，分子和一个额外的一块延长的要点之一。

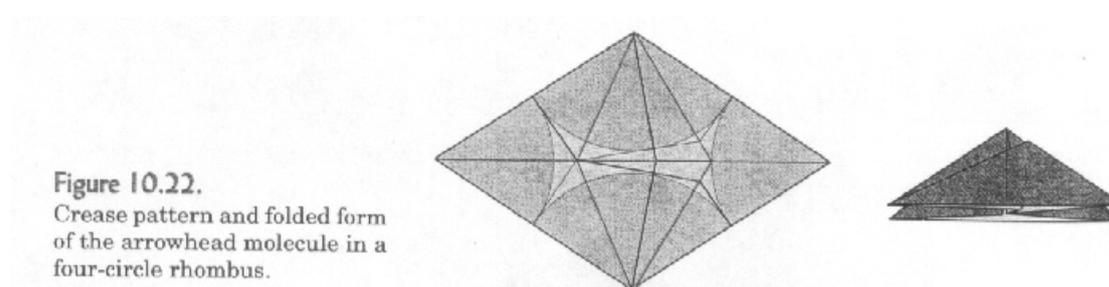


图 10.22

折叠折痕模式和形式的箭头分子在一四圆菱形。

10.6. 扣板分子

箭头分子并非四边形最后分子，但是，折痕模式如图所示为 10.23，是一种分子我称之为扣板分子可以面向维护一个有效的折痕基本对称格局。

如箭头分子，分子的扣板可以构建任何四圆四边形。但是，扣板分子有一个优势在箭头分子夫妇。有没有沿当它折叠轴谎言内部折痕，因此它是一个简单的分子。简单的分子导致基地已沿轴线较少的层模型。

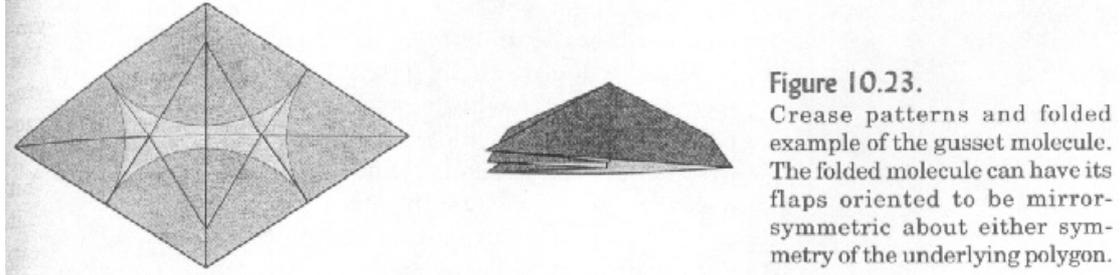


Figure 10.23.
Crease patterns and folded example of the gusset molecule. The folded molecule can have its flaps oriented to be mirror-symmetric about either symmetry of the underlying polygon.

图 10.23。

折叠折痕模式和扣板分子的例子。折叠分子可以有它面向皮瓣是镜面对称约任基本多边形的对称性。

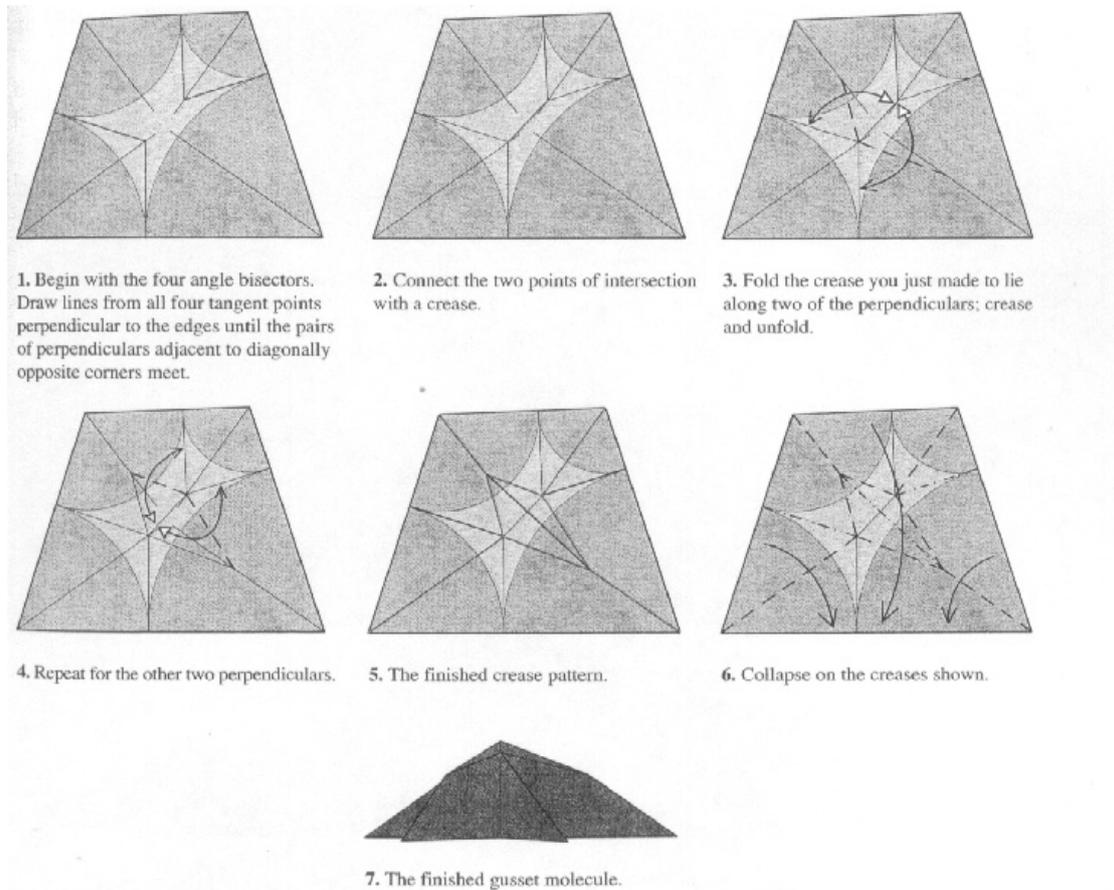


Figure 10.24.
Construction method for the gusset molecule.

- 1、首先对角平分线。吸取所有四个垂直切点的边缘，直到垂线的对角斜对面邻近线满足。
- 2、连接一个折痕的交点的两点。
- 3、折叠折痕你刚才的哟谎言沿垂线两个，折痕和展开。
- 4、重复其他两个垂线。
- 5、成品折痕模式。
- 6、塌陷显示折痕。
- 7、成品扣板分子。

图 10.24

施工方法为扣板分子。

扣板分子的也有优势，它是对称的圆圈时，基本模式是对称的。例如，在图 10.22，圆格局左右对称，但箭头分子没有这种对称性。在扣板分子一样。

缺点是，扣板分子是有点难兴建比箭头分子。但是，它可以通过使用构造图 10.24 所示的处方折叠。也可以构造数值，利用解析几何电脑的折痕如图 10.24，或我们将在下一章看到，利用树理论的算法。

在基地扣板分子，该扣板（由在图 10.24 的最后一步隐藏线表示）基线平行于轴。但是，您可以通过不同的折一小费或其他方式这个角度。几个变化也显示在图 10.25。

有，以及，在其中一个版本扣板延伸至由一个角落都在它的中间卷曲，如图 10.26 所示增加。

许多其他的变化也是可能的。我的猜想是，对于一个给定的一组特定的切点四边形，基本扣板分子与分子最小总长度折痕，但尚未得到证实。



在扣板分子的用途非常广泛。如果你重新审视从前一章的折痕一些模式，你将看到随着兔耳炸弹分子和水分子数扣板模式。

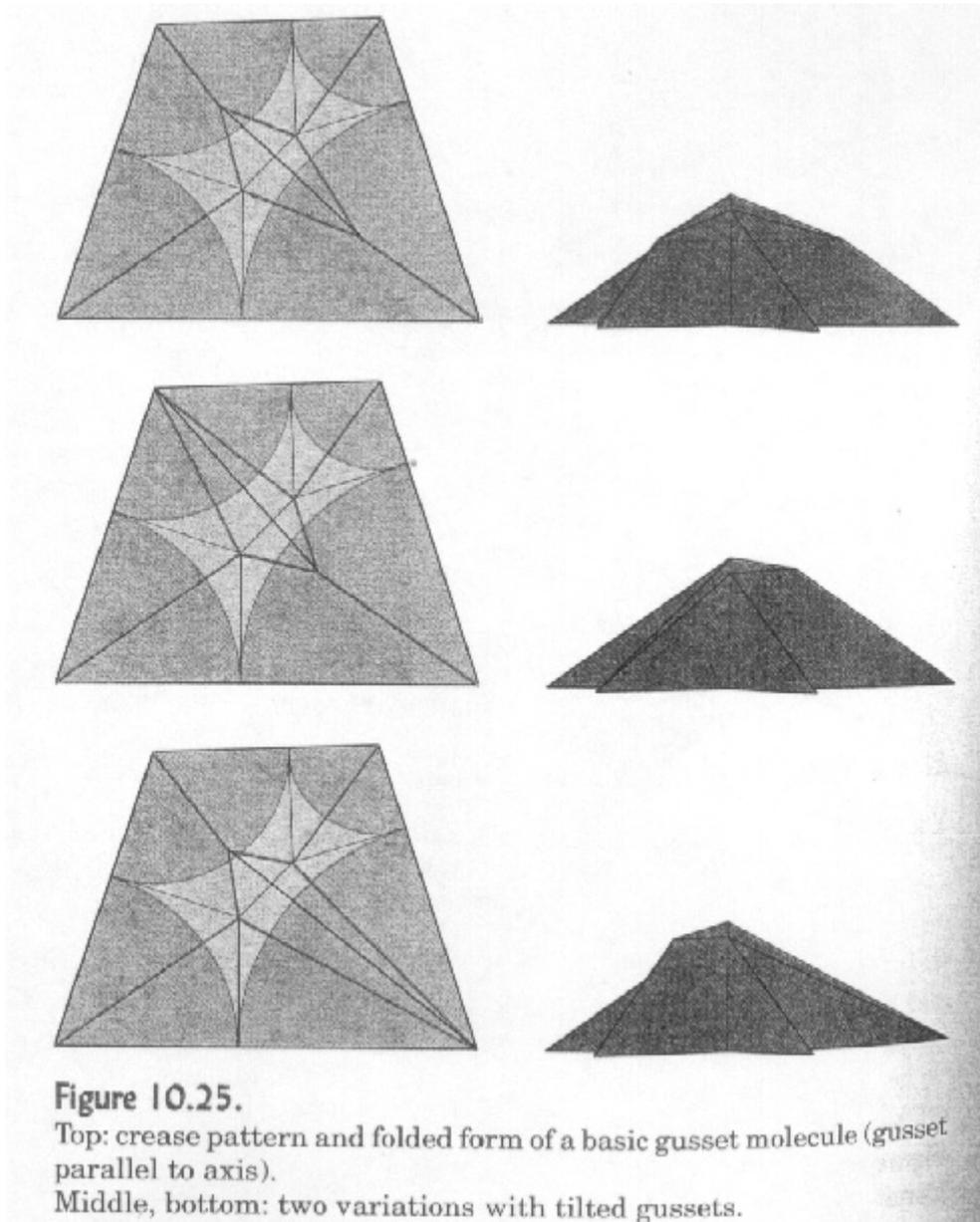


图 10.25

顶部：抗皱模式和折叠形成一个基地扣板分子（折平行轴）。

中，下：两个平铺扣板变化。

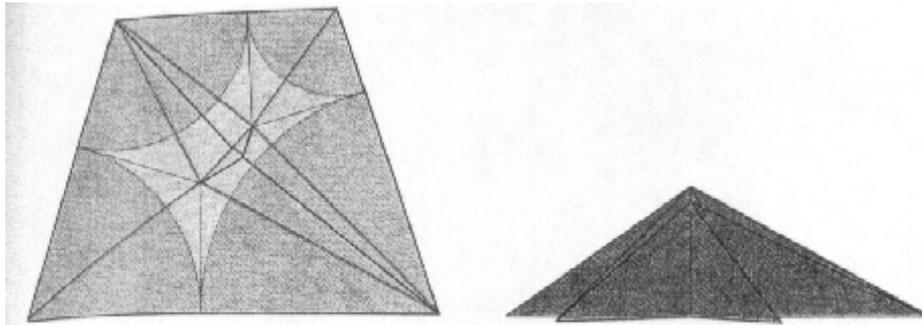


Figure 10.26.
Crease pattern and folded form of another variant of the quadrilateral gusset molecule.

图 10.26

折叠折痕模式和形式的另一个四边形扣板分子变异。

10.7. 分子与河流

当我们从已经存在的砖建折痕模式，我们一直通过装饰用瓷砖界和河流皮瓣与皮瓣连接轨道。同样，当建立了插入循环圈包装河流一经包装折痕的模式，我们可以将基础插入片段。打破这种模式分解成分子的分子是指一些必须包含河流。分子迄今我们所看到的---兔耳，水炸弹，箭头，和折---没有包含河流，因此，必须适用于圆/河川包装额外分子。

并有，但大多数可以从纯圆包装分子产生。让我们开始与三环路兔 - 耳分子，并添加一条河。必须沿河流进入和退出一边沿着相邻的边缘。没有一般性的损失，我们可以表示为图 10.27 的情况。

在图 10.27，三角形，三场半径圈 a ， b 和 c ，加上河流的宽度 d ，但在孤立地看待，这只是相当于一个 3 圈三角，可以作为河流（时间性）被吸收到的圈子之一。在折痕模式是一样的，在这 3 圈三角相同的：一个兔耳折痕。唯一的区别是，由于之间的边界河流和循环，我们沿着皮瓣和一个铰链是指一套折痕折叠分子在边界的切点额外的设置。

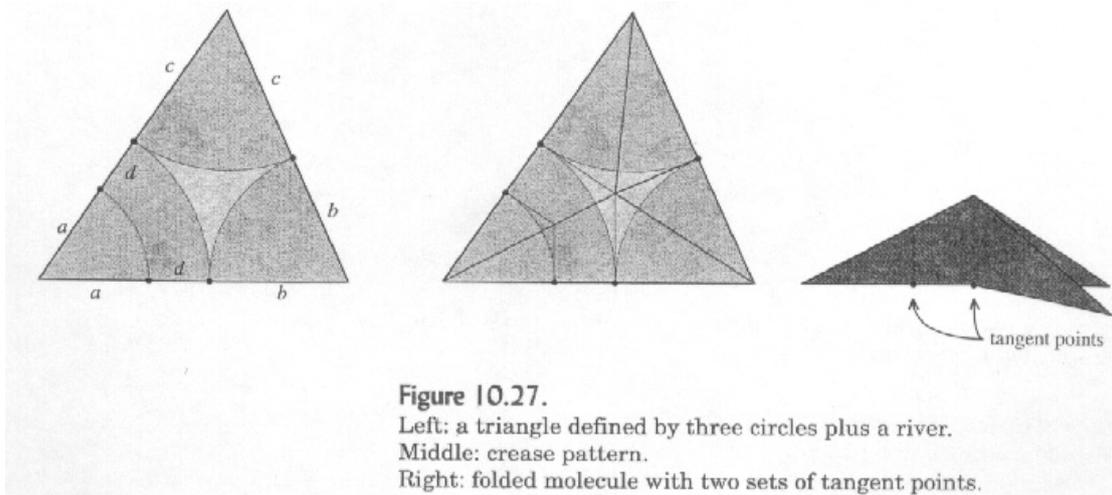


图 10.27

左：一个三角形的三个圆加一条河流定义。

中：抗皱模式。

右：折叠两个切点集分子。

这种情况在很多相同的四边形，当河流连接两个相邻的边缘。就像三角形，河流可以被吸收到圈，切断和折痕格局坍塌事件的四正是作为纯圆的四边形包装版本模式一样的，铰链此外，折痕来表示河流的边界。

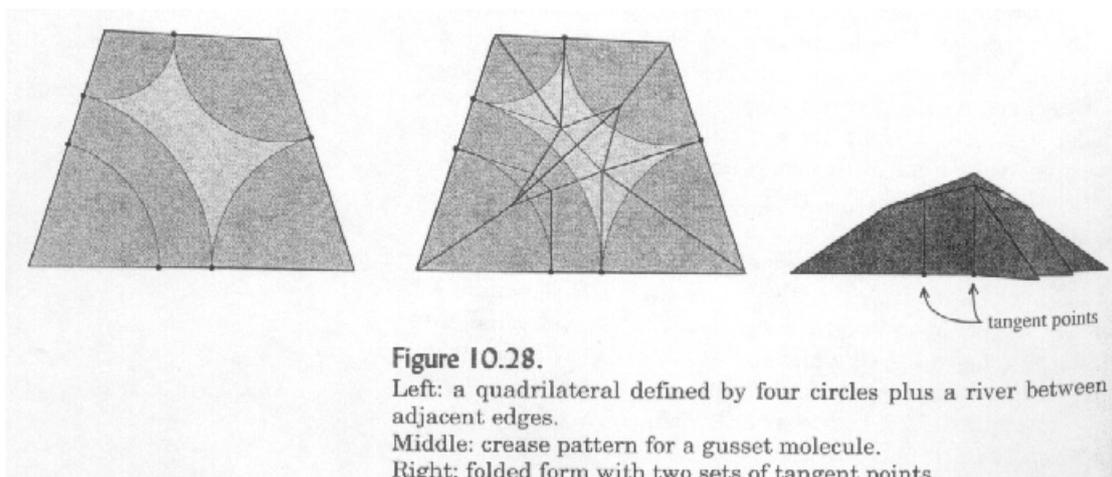


图 10.28

左：一个四边形四个圆圈加上相邻边河界定。

中：抗皱模式的扣板分子。

右：折叠两集形式的切点。

我离开作为读者的练习它来构建这个四边形的箭头分子。

这种情况是完全新的，但是，如果跨过河流切割的四边形，连接两个对立面，因为现在的河水不能被吸收到一个圆圈。其实，一个新的模式出现折痕。

最简单的模式，如图 10.29 所示，当四方和各界满足一些特殊的条件。

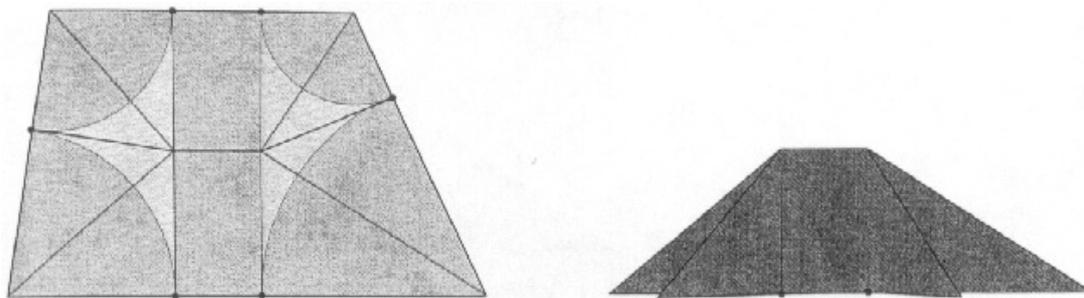


Figure 10.29.
Crease pattern and folded form for the sawhorse molecule.

图 10.29

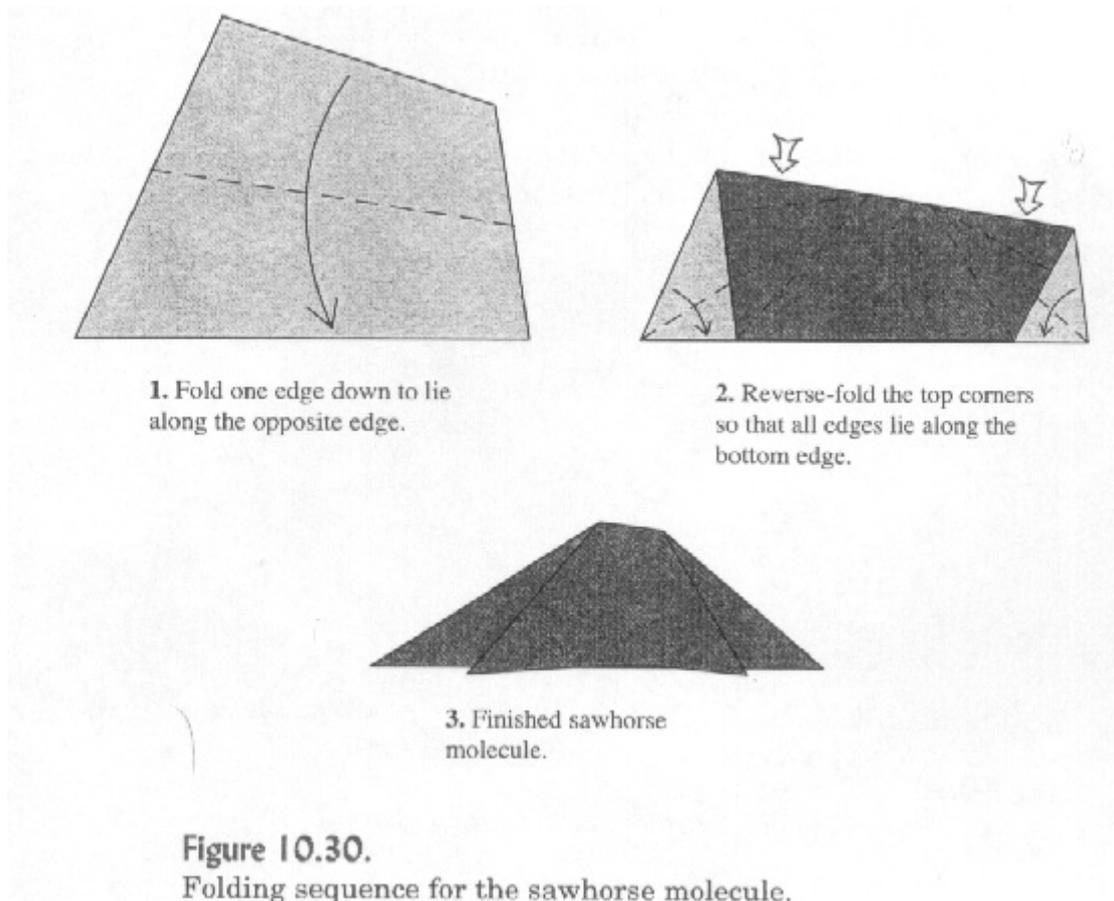
折痕模式和折叠凳形式的分子。

这种模式，我们将调用凳分子，是描述和前川目黑，它可以从任何四边形折叠很简单，因为在图 10.30 序列所示。

水分子的炸弹可以被视为特殊情况的工作凳分子---极限时，中央河去零宽度。

记得，即使四边形满足条件的水炸弹（相反的双方是平等的款项），水分子的炸弹不一定是分子对齐切点。类似的情况发生与凳分子；即使您可以折叠成一个凳分子任何四边形，特定的工作凳分子不一定使切点排队。图 10.31 显示了凳皱褶叠加在一个有效的循环/河模式，很明显，皱褶的铰链在不触及的圈子和河流的切点的边缘。

再次，但是，扣板分子来到救援，它可以构建一个扣板分子带来的所有版本一起切点。我还没有找到一个简单的几何构造的折痕（1 数值处方将给予更高版本），但如果你的角平分线 **precrease** 和铰链折痕，你就可以开始崩溃的文件和迫使切点排队时，必要时，会形成折痕压平的文件。



- 1、 折叠一个边到沿相反的优势所在。
- 2、 反向折叠，使所有边缘沿底边所在顶部角落。
- 3、 完成工作凳分子。

图 10.30 折叠凳序列的分子。

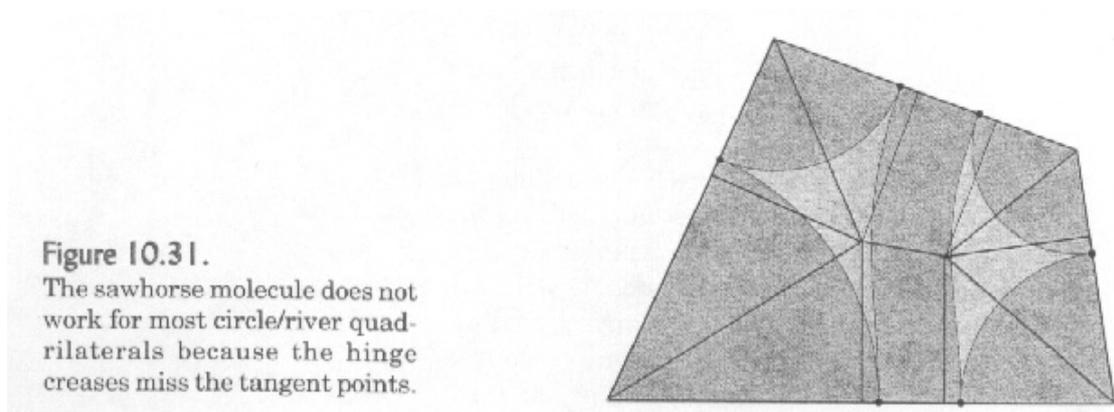


图 10.31

分子的工作凳不为大多数圈工作/河四边形铰链折痕因为错过了切点。

这 5 个分子---兔耳，水炸弹，箭头，凳，并折---足以填补任何一个圈子和河流的模式定义

了单轴折纸基础平面折叠折痕模式。在同圆/河被称为/折纸设计方法圈河包装这些分子结合。

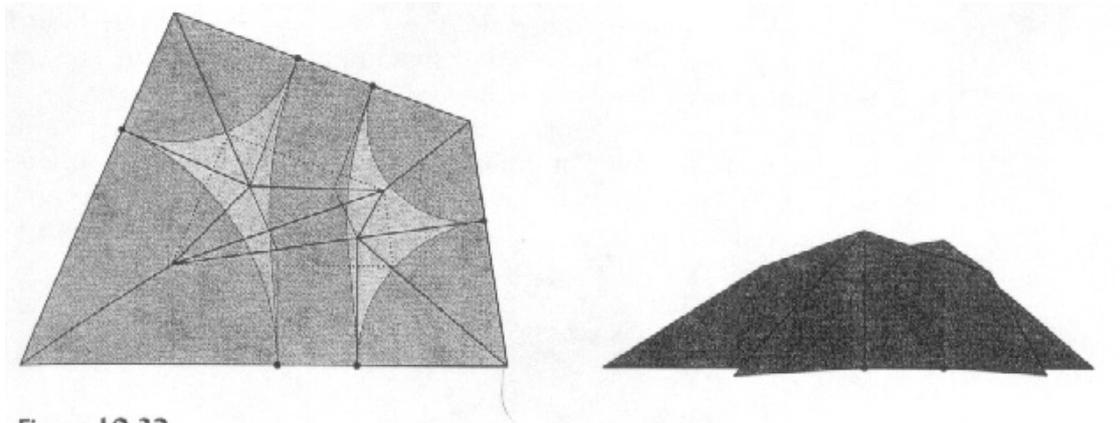


Figure 10.32.

Left: gusset molecule for a circle/river quadrilateral.

Right: the folded form. Note that the hinge creases now hit the tangent points, which are brought together along the bottom edge of the folded form.

图 10.32

左：一圆折分子/河四边形。

右：折叠形式。注意，现在的铰链击中切点，这是带动了折叠形成一道皱折底部边缘。

10.8。在分子折痕转让

我故意掩饰的折痕分子内转让兴田话题现在是理顺的问题。当我们创建了一个由各界和河流的基础上，我们划分成不同的使用多边形的轴向折痕的文件，我们可以单独地对待每一个轴的多边形，填充与它相应征收的分子模式研究。分子选择的是本地的选择，这取决于界和河流的模式只能在每个轴的多边形。然而，是否每个折痕平价---抗皱是一座山，谷，或开展折痕---是全球性的任务，它取决于该模式的整体结构。

不过，我们可以指定许多--- ---虽然不是所有的折痕在一个模式的平价在地方一级，这是非常有用，使之成为最后折痕模式不完整逼近这个鉴定。

考试的分子模式，我们已经看到了迄今发现的平价（山区或山谷的折痕）在其中的一些经验法则。折痕平价取决于个人的角度来看，当然，该公约的我一直在使用（并将继续使用）是该文件是两色;抗皱模式被视为从一张白纸的一面，而模型折叠，使最终的颜色在外面（可

见表面模型)。

根据该公约,在任何分子,皱褶的山脊---那些折痕,扩展从角落外来---总是谷折叠作为在上
一节的分子检查,将显示。

在一折分子,对扣板的界线也山脊折痕,因此是谷折叠。该扣板基地,然而,始终是一个山
折叠。

铰链折痕,但是,是可变的,它们可以被山,谷,或折痕展开,取决于分子的皮瓣方向。图
10.33 显示了在一个折铰链分子折痕几个完全有效的抗皱任务。

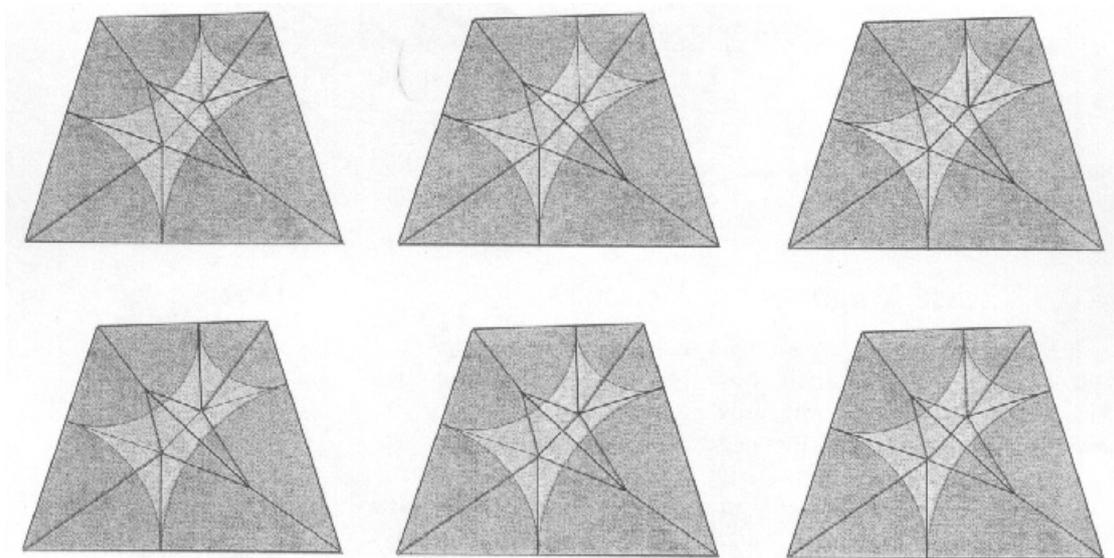


Figure 10.33.
Six possible valid crease assignments for the hinge creases in a gusset molecule.

图 10.33。

六种可能的分子铰折皱褶有效抗皱任务。

你可以尝试了这 4 种模式的折叠和观察的折叠形式的差异,折痕折痕平价的铰链的选择影
响了皮瓣的方向。因为,在一个完整的折痕模式,最皮瓣包含几个相近,分子部分,平价的
折痕在特定分子的选择不能在隔离,但只有后决定在全皮瓣方向。

当构建一个从分子折痕模式,它有利于转让两个步骤折痕。我们首先定义一个在其中 (a)

山脊线折痕为谷褶皱显示的每个分子，一般形式；(b) 折基线山折叠；及 (c) 所有铰链都列为折痕展开折痕。

对我们所看到的分子所有普通形式见图 10.34。

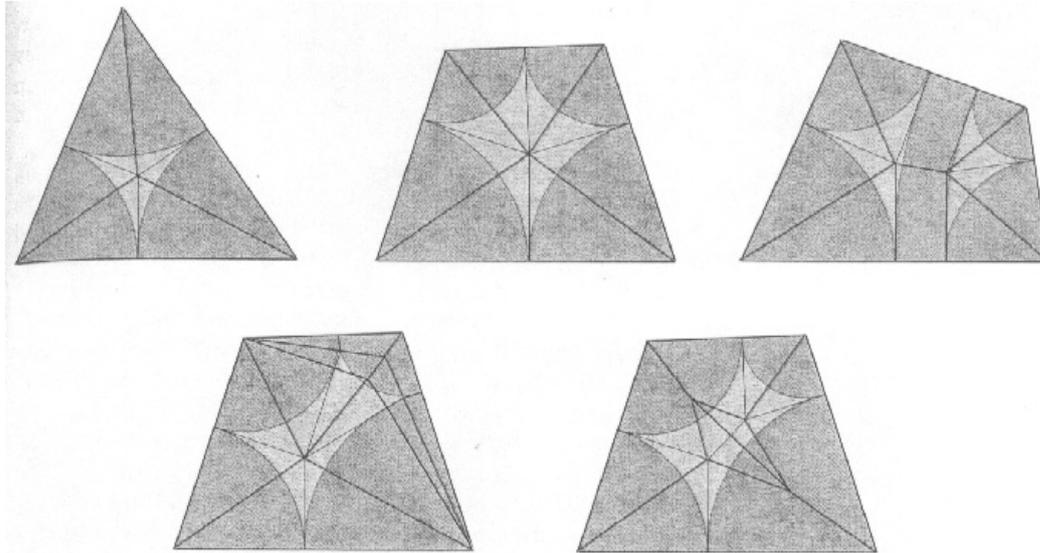


Figure 10.34.
Generic form of molecules.
Top row: rabbit-ear, Waterbomb, and sawhorse molecules.
Bottom: arrowhead and gusset molecules.

图 10.34。

一般形式的分子。

第一行：兔耳，水炸弹和凳分子。

底部：箭头和扣板分子。



这是一个奇怪的事实，一个分子的一般形式是不实际的平面折叠的，但我觉得作为普通照明形式，如果不是更多的话，比真正的折痕模式，因为一般形式的折痕任务携带更多的结构比真正的折痕分配信息将用于特定瓣方向。它往往更有助于了解是否折痕是轴向皱纹，山脊皱纹，折痕或铰链比知道它是否是专门山区或山谷。

分子没有孤立地发生，当然，他们是为瓷砖和整个折痕模式团聚。在这样的宏观结构，分子加入了轴向折痕边缘到边缘，还必须有自己的平等分配。 ---但往往又不一定---轴向折痕是山区折叠。

时出现的异常分子完全包围了该文件的内部顶点，然后就必须改变轴向折痕 1 或到谷折叠，等价，分配的轴向折痕二是开展折痕。在此之前从内源性由前川和 Justin，哪些国家相对独立折纸著名的公式：

$$V - M = \pm 2. \quad (10-3)$$

也就是说，任何单位周围折叠内部顶点，山之间的褶皱 (M) 和谷折叠 (V) 人数的差额为 ± 2 的标志选择，正根据是否折叠顶点是凹 (± 2) 或凸从观察者的角度 (-2)。

如果 N 分子出现在室内顶点，每台贡献一山脊线和一轴向折痕。在 N 山脊线都必须山谷折叠，这意味着轴向皱纹 N 的 (N - 2 的) 必须山区折叠和 2 必须展开或山折叠 N - 1 和 1 谷折叠。

它有利于整个折痕定义一个通用模式的形式，正如我们对个别分子，其中所有的轴向折痕折叠显示为山区做，他们是否连接到内部顶点或没有。一般形式为单轴基地折痕模式已经成为山褶皱赋予的各项轴向皱纹，所有的山脊折痕的谷折叠，所有铰链折痕重新展开折痕。而这样的折痕模式是不是作为一个规则，花瓣，可折叠，所有这一切都需要使平板折叠式是改变了极少数的折痕转让，没有添加新的折痕。我发现，在工作了设计，一般形式的折痕模式实际上表达了该基地的结构信息比文字更清晰地将折痕模式，在折叠过程中，人们往往翻转花瓣和来回重新排列层，以满足审美目的。而每一个这样的变化改变了文字折痕模式，是为基础，例如轻微变种通用折痕模式维持不变。所以，我往往会只给出了分子的折痕模式和模式，按照一般的形式。

10.9. 小结

我们现在有所有构件必须从头开始构建一个定制的基础上，与所需的数量，长度开始，襟翼之间的连接。让我们通过这样的工作，详细模型。我们将选择一个兰花开花，它提供了一些有趣的挑战，但不是太复杂。

兰花在一个巨大的品种来。我会选择一个比较常见的形式。图 10.35 显示了一个兰花开花

素描。兰花通常有 6 个花瓣，是重大的修改。在我所选择的品种，生长两个不同的花瓣底部突起中途出花瓣的两侧，我们将包括在不同的花瓣这些理想基地。我们可以用一根棍子的数字代表的皮瓣想要的配置，如右图所示。

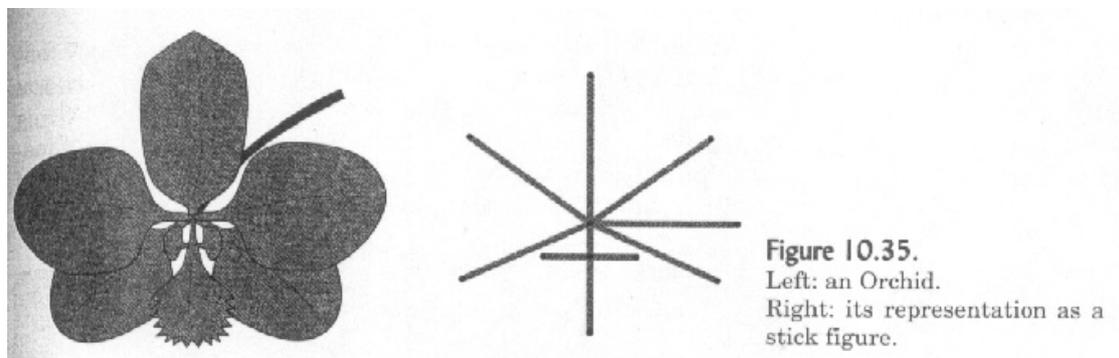


图 10.35。

左：兰花。右：作为一个坚持的数字表示。

现在，让我们的计算皮瓣。有 5 个同样大小的普通花瓣，为干六届皮瓣，然后三个小瓣构成的复合皮瓣花瓣。这些皮瓣是由其他人分开的短段。因此，我们的折痕模式将组成 6 个大圈，三个小圆圈，和一个相对狭窄的河道，如图 10.36 所示。

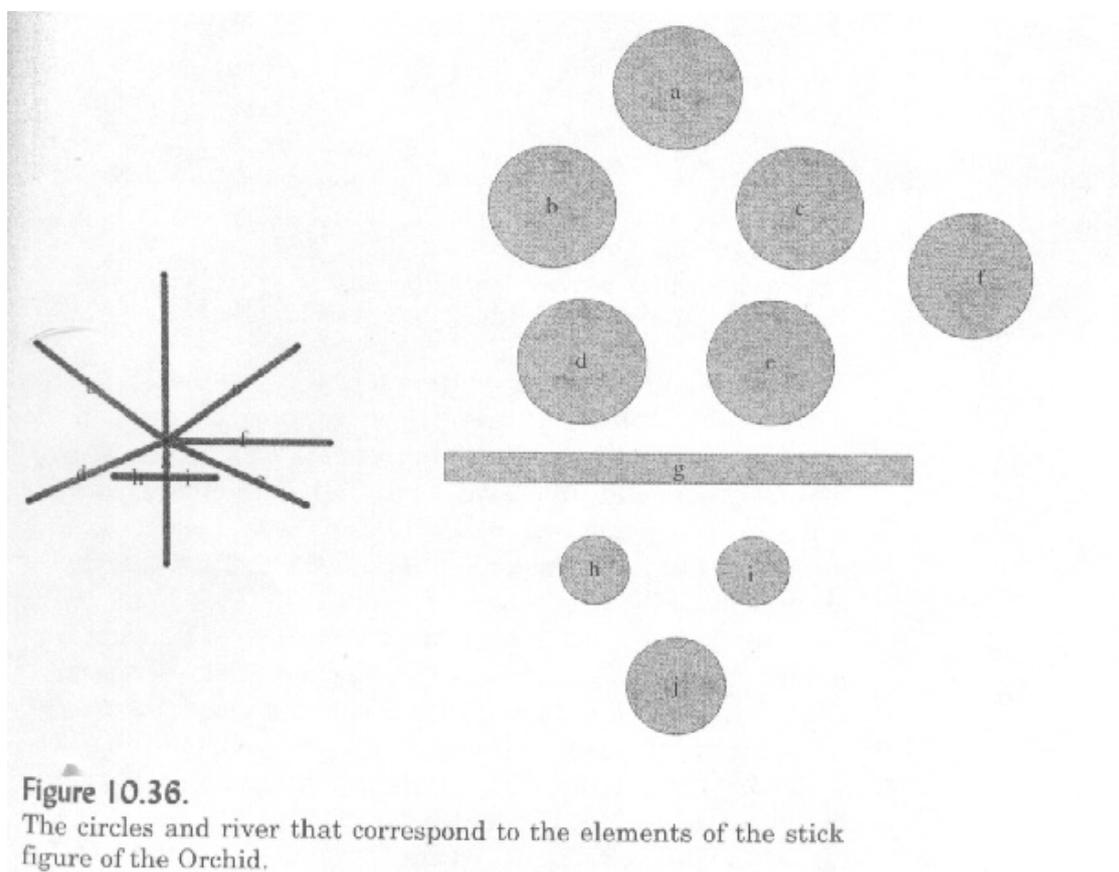


图 10.36。圈以及河流对应的兰花棒数字的元素。

现在到了有趣的部分：我们如何能在一个有效率的方式包装成一个正方形这些项目？记得，

(a) 各界中心必须仅限于广场和 (b) 界河流，必须以同样的方式，他们都在坚持数字连接的连接。如果你喜欢的东西具体的，你可以切出界和幻灯片在他们周围的圆圈跳汰机载以前，我通常只画草图。操纵位揭示了界，河流优雅对称的安排，如图 10.37 所示。

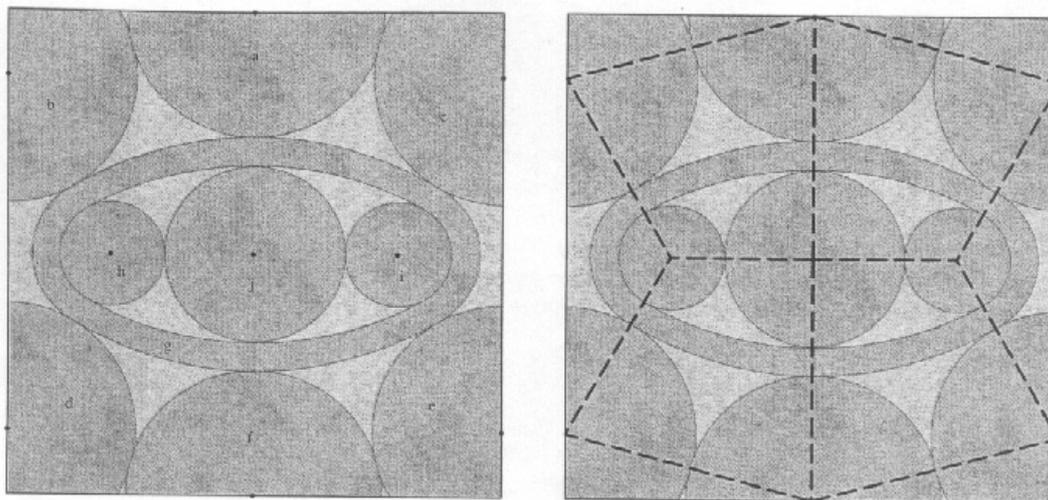


Figure 10.37.
Left: a circle/river pattern for the Orchid.
Right: the circle pattern with axial creases highlighted.

图 10.37。

左：1 圆/河为兰花图案。

右：与轴向皱褶循环模式突出。

还有一些显然是在界和河宽的大小变化的可能。但是，一旦我们得出的轴向皱褶（沿线在圈和河流触摸），我们可以选择的圆圈大小将在所有轴向 15° 的倍数折痕---这将使其更易于折叠 60° 。另一本圈大小的选择效益将很快显现。

但首先，让我们看看我们有什么股票。有 4 个是圆加过境河流型相同四边形。这些可以填补要么凳分子（如果我们还好）或折分子（如果我们不）。在身边，我们有两个圆圈加河型三角形，我们可以填补兔耳分子的这些研究。该文件的其余部分就由四个三角形在正方形的四角，因为这些只会有助于两个三角形皮瓣，每年他们基本上未使用的，我们可以折下，而忽略他们的人（或拉出来后在如果一个新的模式使用时）。

关于四边形，一个 15° 几何的选择是还好（或启发），因为它允许我们使用的折痕模式的极

为简单的工作凳分子。填写在其折痕通用表格给所有 6 个分子在图 10.38 所示的模式。

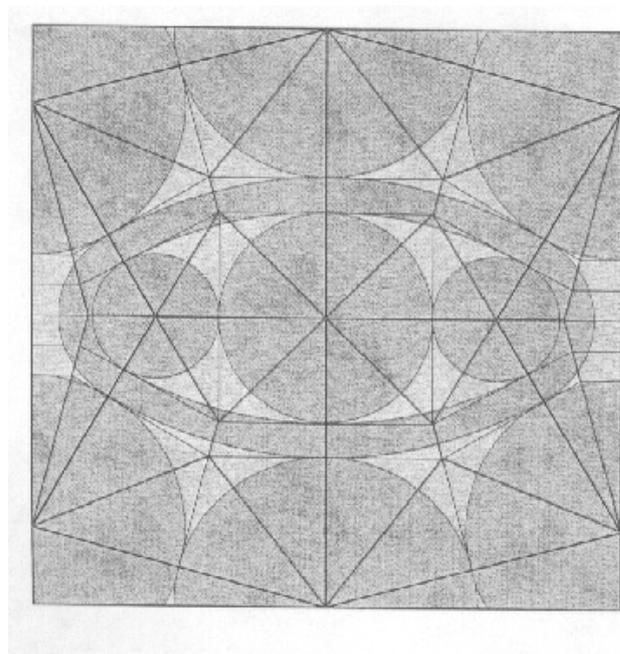


Figure 10.38.
Generic form of the filled-in
crease pattern.

图 10.38。
一般形式的填充模式的折痕。

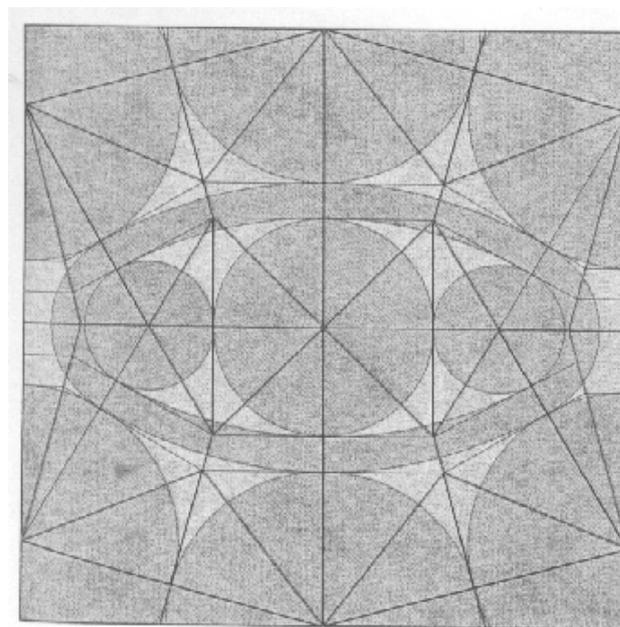


Figure 10.39.
Crease pattern and folded base.

图 10.39
折叠折痕模式和基础。

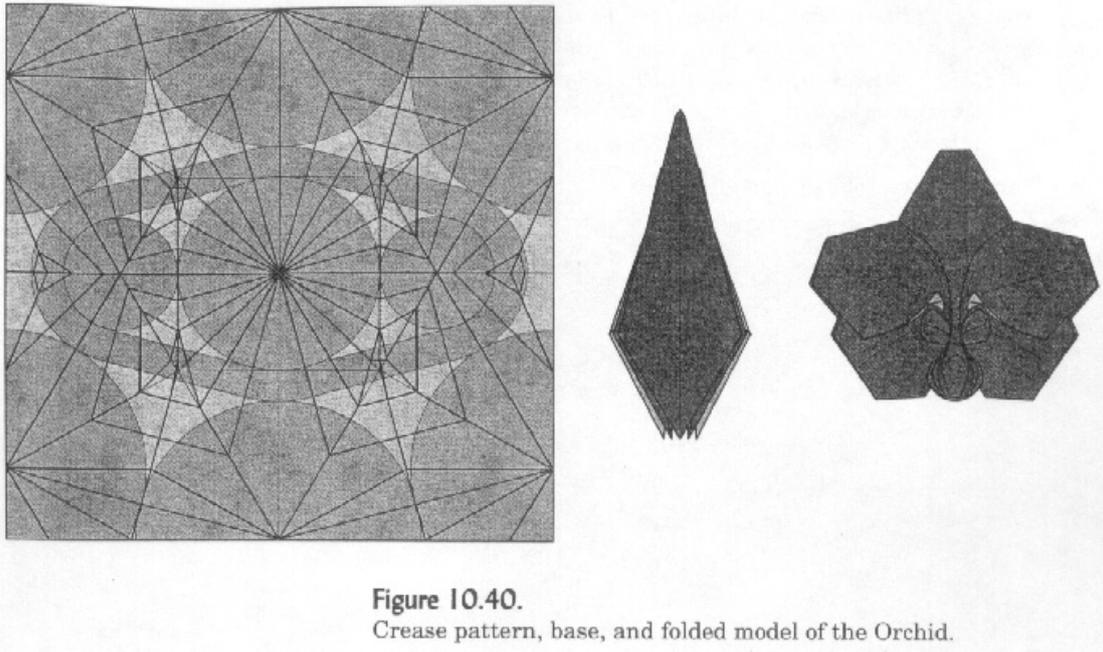


图 10.40

折痕模式，基地，折叠模型的兰花。

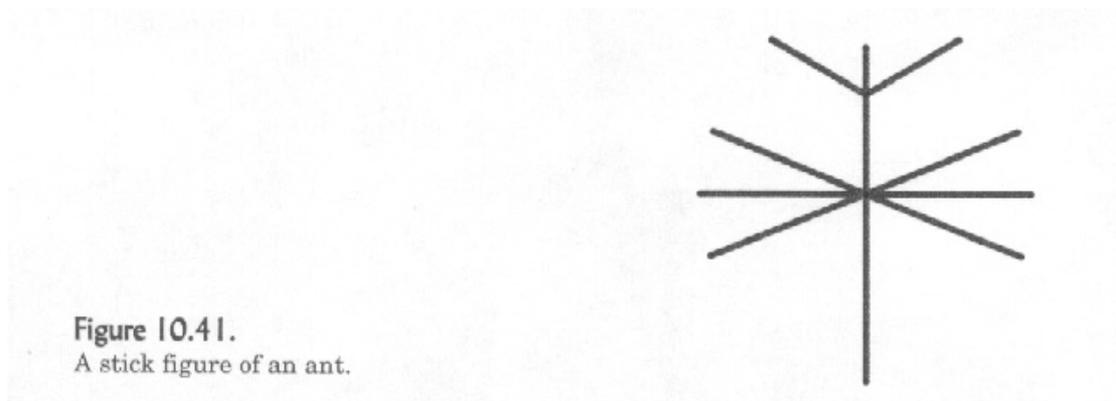


图 10.41

蚂蚁的一棒的数字。

一般形式的折痕模式不平坦，可折叠，但它们包含了所有必要的折痕，使平面折叠基地。在这一点上，最简单的方式完成作业是折痕实际切出，预折痕和褶皱的通用模式，提出关于瓣方向的决定，你折叠。1 皮瓣可能安排在图 10.39 与适当的折痕和完成任务的基础相应的折痕模式。

你会发现，这个基地包含皮瓣我们设置了折叠所有。当然，他们是有相当广泛的（两个花

瓣突起很容易忽视)，但传统的缩小技术（如多汇），可以把所有这些不同的皮瓣。一旦皮瓣到位，基地可以变成理想的兰花主题在许多方面，我的自己的版本，如图 10.40 所示。折叠指示给予在本章结束。

让我们做一套。这个时候，我们会做另外的昆虫。一个相当简单的蚂蚁有六只脚，头部与天线连接到头部和腹部。与所有的这些功能，简单地使用蚂蚁数字见图 10.41。

从棒图，我们可以看到，我们需要 6 个腿，另一腹部，为腿部和头部之间，两个较小的天线连接圈河，其余为更小圆圈圈圆头。

再次，有许多可能的配置，这取决于界河流及其相对安排的具体尺寸，但一个相当简单的配置，如图 10.42 所示。连接轴折痕与各界接触的中心定义的多边形，我们将填充分子研究。

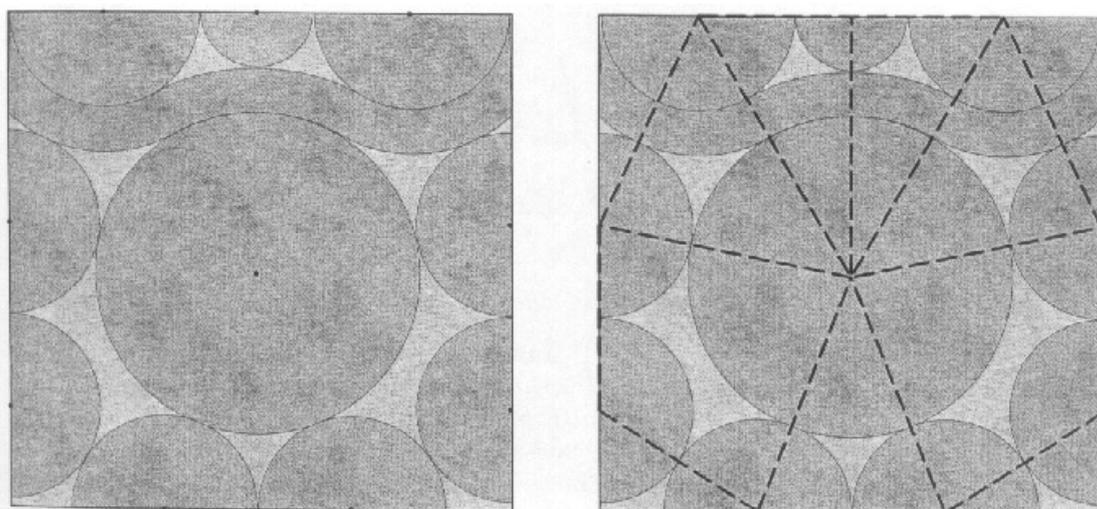


Figure 10.42.
Left: circle-river pattern for an ant.
Right: pattern with axial creases highlighted.

图 10.42。

左：圆形图案为一只蚂蚁河。

右：轴向折痕模式突出。

这种模式使四个三角形和两个四边形。这个时候所有的广场去未使用（不与循环包装设计中不常见的发生）的四个角落。在三角形，我们没有选择：他们收到兔耳分子。在四边形，这一次他们并不满足水炸弹分子的条件，所以我们可以使用箭头或扣板分子。

没有什么特别的对称性，将有利于扣板分子，使我们的箭头分子对一些转移皮瓣，最终成为腹部多余的纸张，所以我选择在我自己设计的箭头分子。（你都不妨尝试你自己，看看你喜欢）。通用形式抗皱模式，造成基地，该基地从折叠模型，见图 10.43。

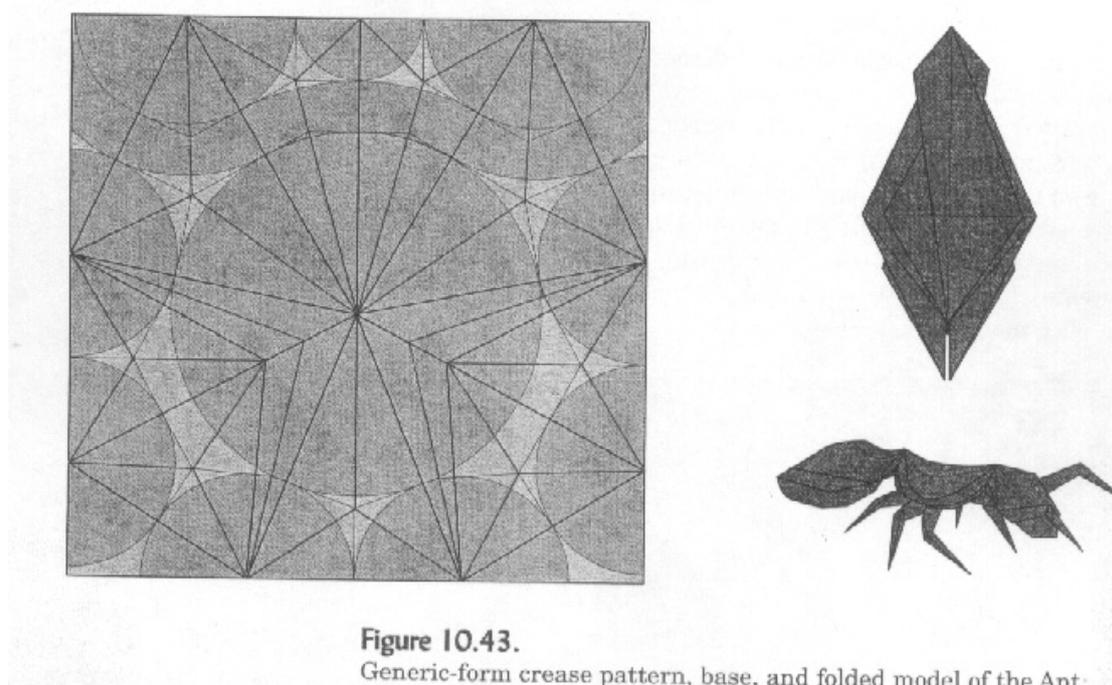


Figure 10.43.
Generic-form crease pattern, base, and folded model of the Ant:

图 10.43。

一般形式的折痕模式，基地，折叠模型的蚂蚁：

图 10.44 显示了一个更小的昆虫的设计和 challenge。这蟑螂，蚂蚁一样，包含六条腿和触角，但我已经添加了两个河流（其中双腿之间建立的对空白），推翻原来的腿的长度。你能重建坚持从本图设计得来的？第二，你能找出轴折痕和分子的类型我用？和去年，由于通用折痕模式在这里，你能找出折痕转让和褶皱的基地？（如果不是，都与这个模型和蚂蚁折叠指令引用给出了参考。）

10.10。高阶多边形

我们现在有三角形，这是常见的分子，和四边形，这是偶然。那么高阶多边形？可能我们看到过一个五边形，六边形，七边形，或更大？

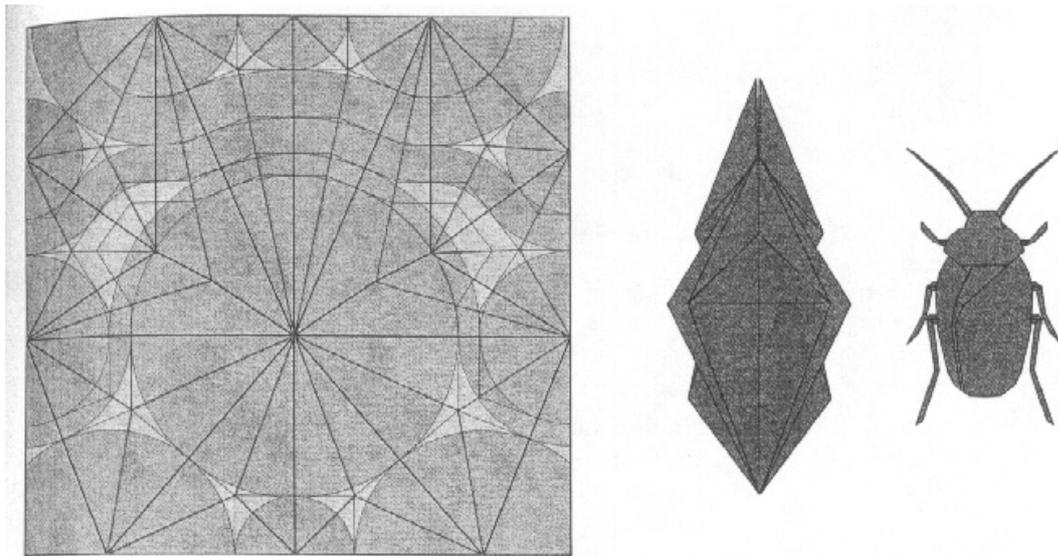


Figure 10.44.
Generic-form crease pattern, base, and folded model of the Cockroach.

图 10.44。

一般形式的折痕模式，基地，折叠模型的蟑螂。

确实如此，事实上，我们已经看到这样一个例子。如果我们选择设计出五个平等花瓣基地，并要求所有花瓣从纸张边缘到来，我们将到达圈包装图 10.45 所示。连接轴折痕与各界接触中心产生一个单一的主要有五个方面的多边形。同时，我们预期 6 缘襟翼，我们将结束与一个 6 边形。所以我们的确需要担心的高阶多边形分子。

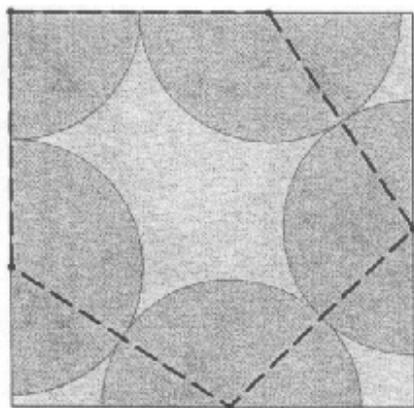


Figure 10.45.
A five-circle base with all five circles on the edge of the square yields an axial polygon with five sides.

图 10.45

一个对双方具有 5 轴多边形面积产量边缘所有五个圈 5 圈的基础。

图 10.46 显示了这 5 圈多边形，它产生了 5 瓣分子一般形式的折痕模式。它是非常相似的四边形扣板分子，这表明，也许有一个五角形折分子以及。

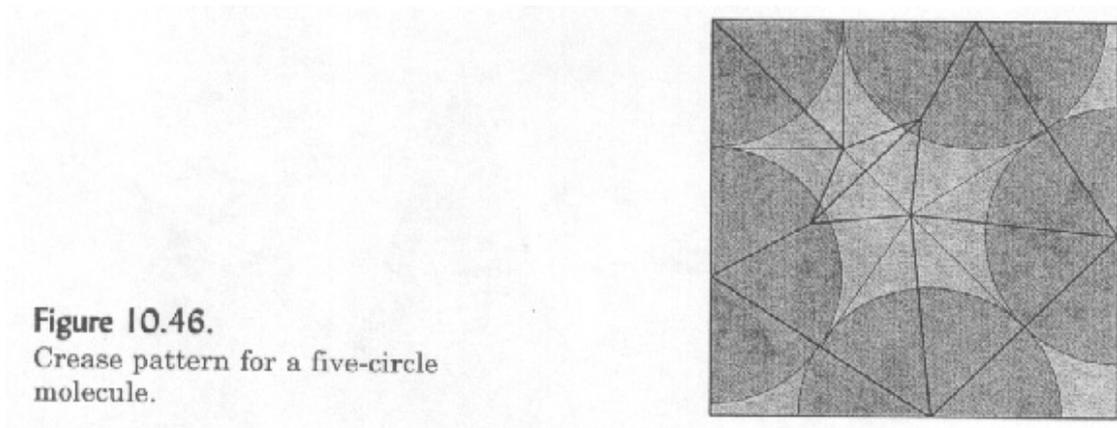


Figure 10.46.
Crease pattern for a five-circle molecule.

图 10.46

抗皱模式进行为期 5 圈分子。

事实上，为 5 个相同的圈子，有很多五角形折分子，对各界的具体安排而定。图 10.47 表明，存在着这样的分子，这是得到了轻微的扰动成一个正方形，以一个 5 圈包装，不幸的是，似乎没有成为一个简单的几何构造方法，从分子圈包装，实际上，它不是很吨甚至不清楚其中折去，让五角大楼倒塌与 1 线和对齐切点的边缘。（图中的数值模式进行计算---我们将看到如何做到这一点以后。）

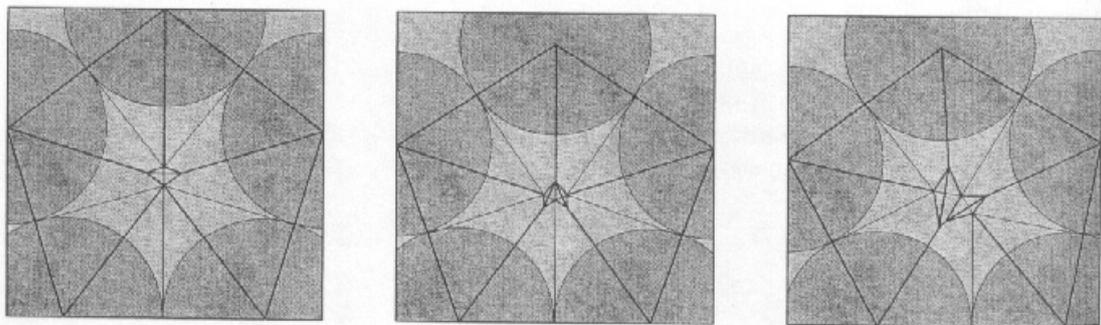


Figure 10.47.
Three pentagonal circle packings and crease patterns that collapse them. Slight changes in the arrangement of the circles can make significant changes in the arrangement of the creases and gussets. Note how the gussets vary among the three patterns.

图 10.47

三五角圈填料和折痕模式，它们的崩溃。在各界的安排略有变化可以在折痕和折安排的重大变化。说明如何折各不相同的三种模式。

的可能性为 5 和双方更高的爆炸是令人担忧的数字。幸运的是，没有必要为列举高阶多边形的所有独特的分子;有办法转变成一个三角形，四边形分子组合任何高阶多边形---我们称

为复合分子，基本思想是很简单。文件之间的圈子，关键是，在某种意义上说，没有使用。我们可以通过添加我们自己的新的循环，如图所示 10.48 使用它。认为现有的磁盘作为刚性界，我们添加一个小圆圈，然后夸大它，直到它击中其邻国。一旦接触的 3 人圈，它会创建三个新的轴向皱褶，其中分解成几个低阶多边形的高阶多边形。

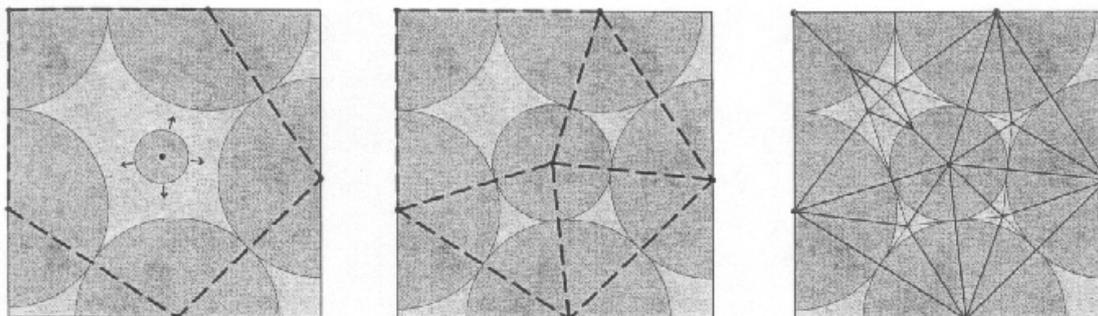


Figure 10.48.

Left: add a circle and expand it until it hits its neighbors. Center: when the circle touches its neighbors, add axial creases between touching circles.

Right: fill in the resulting triangles and quadrilaterals with rabbit-ear and gusset molecules.

图 10.48。

左：添加一个圆圈，扩大它，直到它击中其邻国。中心：当涉及到其邻国的圆圈，圆圈之间添加动人的轴向皱褶。

右：填写所产生的三角形和兔耳和扣板分子四边形。

因为一个新的循环有三个自由度的---它的中心和半径两个坐标---你总是可以展开一个循环，直到它击中至少有三个邻国。（在图 10.48，由于对称性，我们实际上可以得到新的圈子，接触邻近四个圈）。当两个圆接触中，我们添加新的轴向皱褶。在显示的例子，这是分成三个三角形和四边形，所有这一切，我们知道如何填写与分子五角大楼的结果。

这种技术始终作品，并且可以重复一遍又一遍。假设我们有一个具有 N 边多边形。一个圆圈，中间添加可随时扩展，直到它触及至少 3 人。如果连续 3 个触及圈，您将创建两个三角形，另一 N 边形，这是没有帮助。但总有不止一种方法添加另一个圈子，如果三个感人界不连续，那么最大的多边形其余大部分将在 $N - 1$ 的两侧，从而简化了问题。多次运用这一过程的每一个命令或更大的多边形五将导致一个完全由三角形和四边形，可与兔耳，箭头，折轴充满皱褶的模式，及（如适用）水分子的炸弹。

一个有趣的问题尚未解决圈包装折纸设计是证明了对所有 N -触及与 $N > 4$ 圈坤，它始终可以添加一个圆圈感人，最大的多边形产生了，最多等 3 人至少， $N - 1$ 的两侧。它可以找到及安排在那里，除了留下一个圆一个 N 边形，但在所有我已经检查的情况下，出现了另一个圈子的安排，需要向下一个缺口最大的多边形。

人们很容易认为我们可以继续申请的过程四边形，从而减少每一个单轴基地，兔耳分子的集合，但四边形变成很特别。如果您添加一个圆的中心一四边形，涉及四个圈 3，您将有两个三角形和四边形了另一个。因此，它不是可能的，在一般情况下，采取循环包装折痕模式，加入到包括不改变现有的任何界人士完全兔耳分子。

因此，在图圈包装 10.49 ---相当于一个 13 瓣，并在平等的两面稍微长瓣基地---对角线对称轴折痕大纲和四个三角形五边形。加入另一个循环（指另一瓣）到每个五边形，每个人都可以被分解成两个四边形和一个三角形。

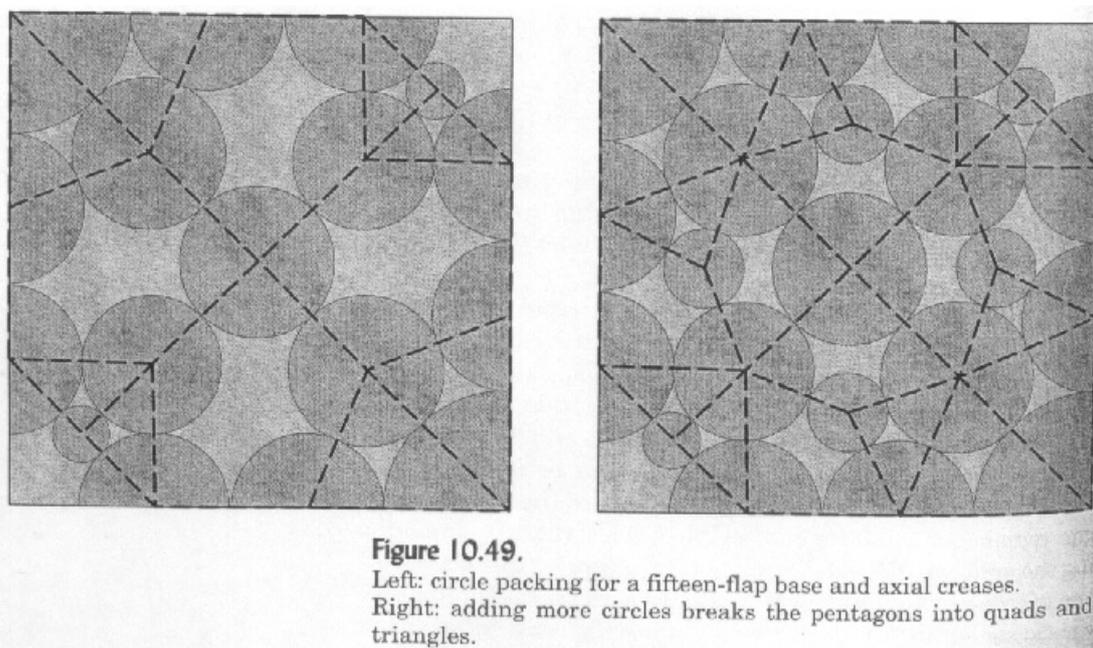


图 10.49

左：包装为 15 圈，皮瓣基地和轴向的褶皱。

右：增加更多的圈分解成四边形和三角形的五边形。

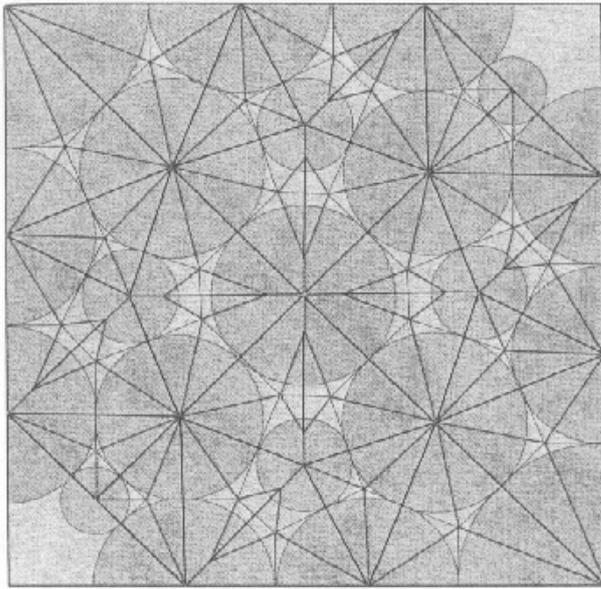


Figure 10.50.
Generic-form crease pattern,
filled in with molecules.

图 10.50

一般形式的折痕模式，与分子填补。

现在所有的多边形可以填写与分子折痕，让一般形式折痕模式如图 10.50 所示。

我将离开你的另一个挑战，折叠成一个基地这个模式的。它是不容易的，因为所有的中间瓣，但你可以很容易地获得通过折叠单独的比例；关键线路许多在 22.5° 的倍数传播。

你可能不知道，你会永远做一个从 15 皮瓣基地？我已经用了一个飞行 *Eupatorus gracilicornus* 这个圈子包装（1 角甲虫），但不是以这种方式打破了轴向多边形，采用了五边形的箭头分子模拟 I。你可以享受比较图 1 和 10.50 折叠试图从一个模型图 10.51 折痕模式。

在/折纸设计圈河方法非常强大。由包装成一个正方形界和河流，你是保证所有的皮瓣您有需要，利用分子折痕模式，以填补在你的包装所造成的轴向多边形，你保证一个平面折叠基地。利用这些和其他类似技术，折纸艺术家们创造了令人难以置信的复杂性。这些技术正处于最好的时候有很多的题目长，瘦附属物；昆虫，蜘蛛和其他节肢动物的首要人选。20 世纪 90 年代看到了发生在西方和日本这些技术开花，并发起了一个非正式的跨太平洋竞争的虫子的战争，其中在每个折纸展览，这些技术的首席设计师展示了他们最新的和已知的最大的翅膀，角，*antennaed*，有时发现和条纹的创作。这是一个昆虫学家的喜悦（和一

arachnophobe 的恶梦)，并在比赛仍在进行新的启示每一年。

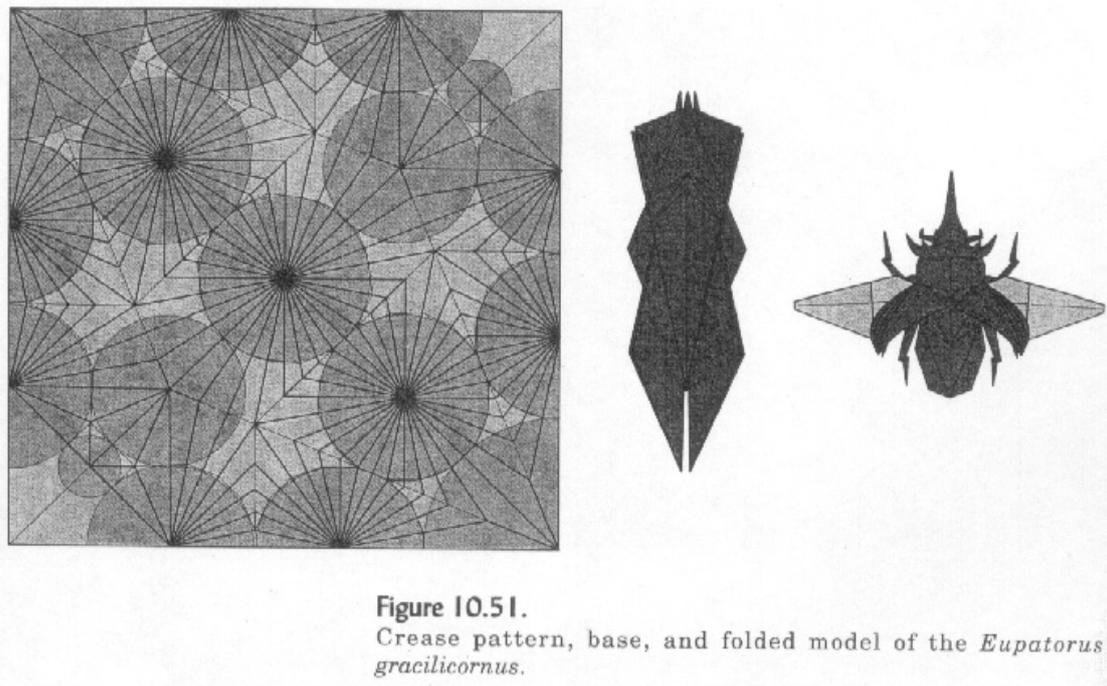


图 10.51

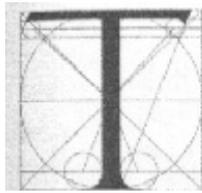
折痕模式，基地，折叠模型的研究 *Eupatorus gracilicornus*。

在圆/河流设计方法，该人士和河流进入广场包装仍然是一个有点特别，设计者必须在纸上 shuffle 的圆形（或实际操作纸板界）找到有效率的安排，但有没有特别的寻找有效率的安排处方，更遑论是最有效的安排。界，河流和一个神奇的工具使用可视化文件，但他们也可以是从一些基本原则分心。通过重新引进一个概念，我们已经看到了棍子---数字或树木和建筑物之间的连接性能和抗皱树直接模式，在下一章我们将能够建立严格的数学工具，允许的数值解本地及全球性高效率的折痕模式。

（第十章完）



11. 树理论



这部分描述了数学思想背后的折纸设计树的方法，这是对我有什么特别推出了一些几何概念在过去的几章数学公式，最终在圆/河流/分子设计方法单轴基地。树的方法做同样的事情---而事实上，这笔费用用于最终折痕模式生成分子---但在演员的形式直观的是少一点，也许问题是，但都更加严格，是更经得起数值解。

在圆/河方法，我们由各界代表和河流瓣与瓣连接上一个正方形的纸，我们然后连接触摸界的中心，折痕轴多边形，而这又是充满与分子或细分通过增加新的圈子，然后在这个过程中充满给出了一个具有适当的数量，规模基地的一般形式的折痕模式，皮瓣配置。

在这一进程中的薄弱环节是圆与河流原包装;圈包装相对简单，但是当我们开始添加河流，问题会变得非常复杂，由于许多方式可以蜿蜒的河流中的圆圈。在树理论，我们避免与各界和河流完全免除这个问题。相反，我们从建立一个理想的基地坚持代表性的人物直接连接到折痕模式本身。

11.1. 树

我们已经推出了使用简便的方式作为一个小棒图的想法描述一个基地。棒子数字捕捉皮瓣数，长度，以及它们如何被连接到对方。利用图论的术语，我们会请这样的人物，树图坚持一个给定（或假设）单轴基地，或只是短暂的树。一树图组成（线段）和节点（线段两端）

的边缘。

我们也将分为两种类型的节点：节点是叶节点，在一个单一的优势来结束。叶节点对应的腿，翅膀的窍门，以及其他附属物。节点形成两个或两个以上的边缘走到一起被称为分支节点。同样，叶子边缘，至少在一个叶节点目标；一个分支，是一个边缘的边缘，在两个分支节点结束。这些数字显示了 11.1。

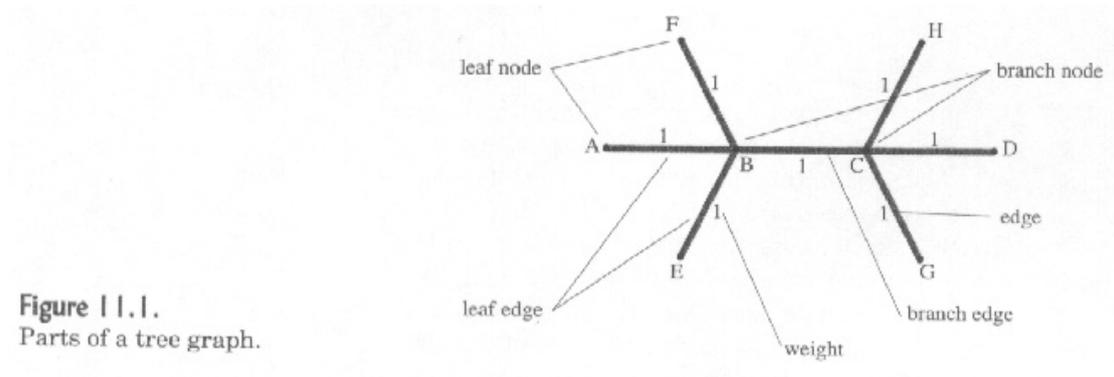


Figure 11.1.
Parts of a tree graph.

leaf node: 叶节点 branch node: 分支节点 edge: 边缘
leaf edge: 叶边缘 weight: 重量 branch edge: 支边

图 11.1 部分树图。

在坚持我们在前面部分的数字画，每个区段的长度等于花瓣或连接器，它对应的长度。在树上，我们将通过一个重量标签，这是相应的花瓣数值每条边的长度。它有利于吸引与每个边的长度成正比，其重量树，所以我会继续这样做。因此，在图 11.1 树，每个重量 1 的边缘，这意味着每一个对应于花瓣或单位长度的连接器。

现在，一个单轴基础的定义是可以导向，使 (a) 所有瓣沿着共同的线 (轴) 谎言的基础上，和 (b) 襟翼铰链之间的相互垂直的轴。垂直的铰链是一个重要的属性，它允许花瓣在三方面使所有花瓣边缘在于一个共同的飞机，作为一个假设的基础图 11.2 所示的操纵。我们把这种平面的投影机。正式提出，对基地的投影机是一个平面，它包含该基地的所有花瓣轴和轴向边缘，这是垂直于基层。

这个属性允许另一个树图的解释：它是由一个平面垂直于基地的基础层，如图所示的阴影 11.2。这个比喻只能推迄今为止，但是。在许多单轴基地---哪怕是像鸟基地---一些简单的皮

瓣包裹周围其他人是这样一种方式，个别皮瓣的阴影难免出现重叠。的真谛阴影将显示比实际所拥有的树边数较少的细分市场。为避免这种含糊不清，我将永远显示与边的树（或节点）明显分开，如图 11.3 所示。

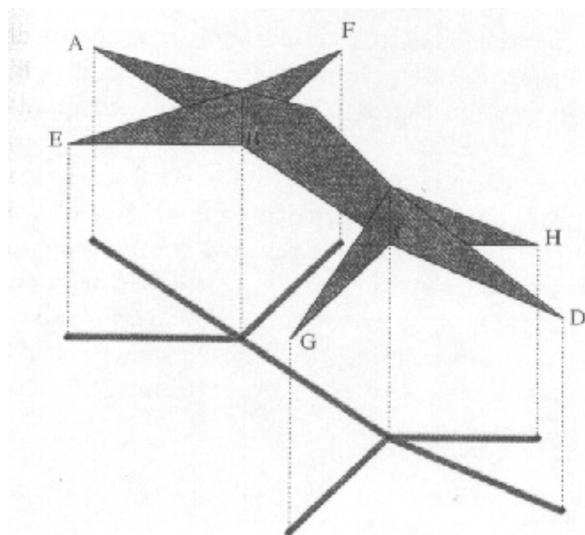


Figure 11.2.
Schematic of a hypothetical uniaxial base for an animal with four legs, a head, body, and tail. It's a uniaxial base if it can be manipulated so that all of the flaps lie in a plane and all of the layers are perpendicular to the plane. The shadow of the base consists entirely of lines.

图 11.2

一个假设的基础原理的单轴与四腿，头部，身体和尾巴的动物。它是一个单向的基础，如果它可以被操纵，使皮瓣在飞机上的所有谎言和层次都垂直于平面。该基地的阴影完全由线。

这一点强调的另一个树木含糊：没有什么特别意义的树图的边的方向。所有事项边缘重量和他们的连接。特别是，一树图没有说明是否在其相应基地的皮瓣都可以传播外，如图 11.2 或周围一些人，如图 11.3 包裹。

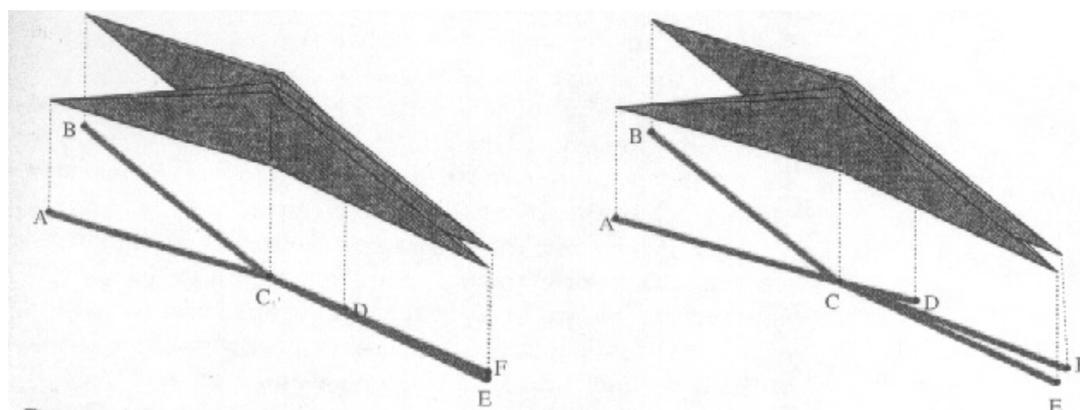


Figure 11.3.
Left: shadow cast by a Bird Base. The shadows of wrapped flaps are superimposed.
Right: base and schematic tree; the shadow is perturbed to distinguish flaps wrapped around one another.

数字 11.3。

左：阴影的鸟基地。包皮瓣的阴影叠加。

右：基础和原理树；阴影是困扰区分彼此周围包裹皮瓣。

树图是一个示意图的形式，抓住一个基地：即皮瓣数量的某些基本特征，对皮瓣的长度，它们是如何互相连接。它不捕捉，但是，该皮瓣的宽度，也不是襟翼，如果有的话，是周围其他包裹。然而，在与所传达的树图的同样属性的许多案件。

11.2。路径

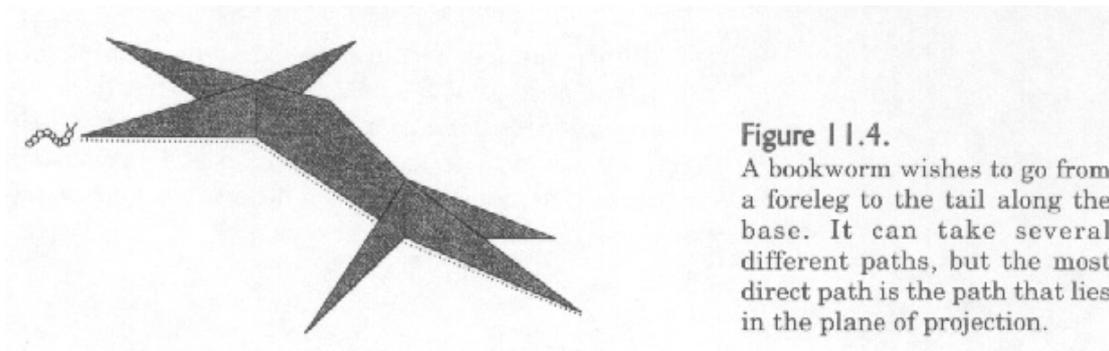


假设我们有一个单轴基地从一个正方形折叠，我们构建的树图。如果我们开展的基础上，我们得到一个有折痕模式，独特的定义基础广场。在投影到一个平面的行为---铸造基地的影子---可以被认为是确定在广场上和树上分，点与点之间的映射。在数学的语言，它是一个满或到映射---也就是说，对于每一个在广场上有相应的点上树点，但更多的在广场上一一点就可以映射到同一个点树。

这不是一个映射到一个从图 11.3 明确；只要你有垂直层纸，有在基地上的树映射到相同的点多点。但是，如果皮瓣来尖角，在树的叶节点，然后，有一个明确的一点，在广场上的节点图。因此，每个基地瓣，我们可以找出在广场上，成为该皮瓣尖端的独特特点。

一个尖锐的问题，必须形成共同的点来几个折痕。因此，有折痕的模式，在此时顶点，这样的顶点图一到一，一树的叶节点，因此，我们称之为叶顶点。

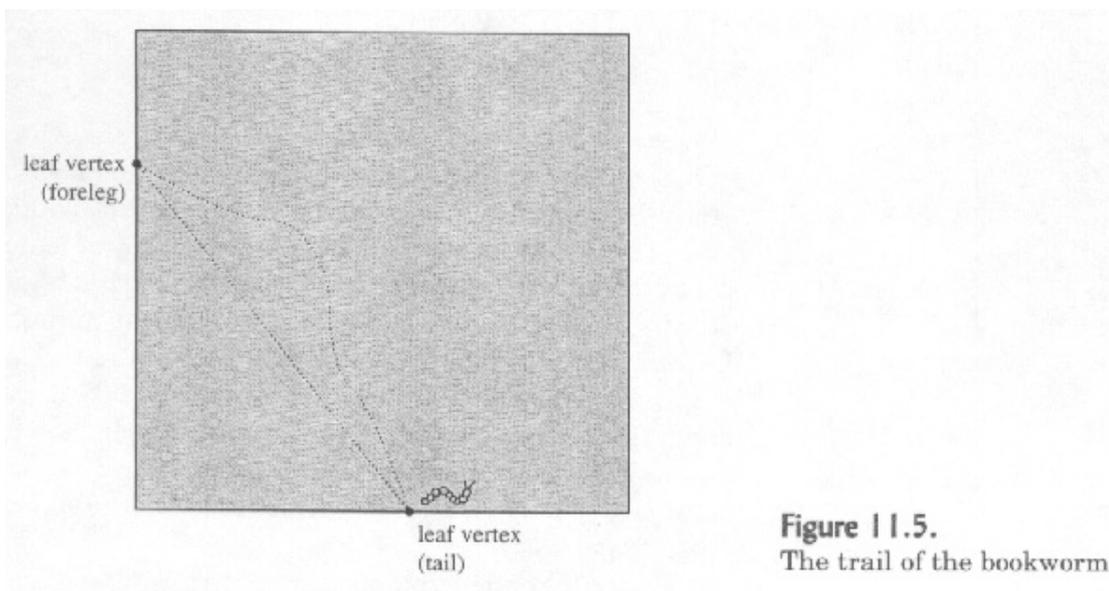
让我们从复活第五章害羞的书呆子；记得，这书呆子完全在一张纸的两个表面之间的旅行，从来没有离开一个工作表，或从一个表到另一个通道。假设书呆子是坐在了该基地的一条腿尖和希望前往的另一基础的一部分---也就是说，不留尾巴---的文件。它必须爬下来的前腿身体，降低身体，回到了尾巴。它走过的距离将是（对前肢长度）+（身体的长度）+（尾巴的长度）。



数字 11.4。

一个书呆子希望从前腿到沿基地的尾巴。它可以采取几种不同的路径，但最直接的路径是路径，在投影机的谎言。

现在，让我们来想想该书呆子路径想在开展广场（你能想象到墨水浸渍的书呆子，使其毕业生一个线索，通过浸泡，因为它的文件检索）。显然，它的起点和叶子顶点结束。在广场上，路径可能直接从一个顶点到其他叶片，也可能有点周围漫步，或者甚至会走回头路。如果通过最短旅行路线。然后在广场上的路径长度等于为沿基底部测量长度。任何蜿蜒或后退的道路会更长。因此，距离前往广场上展开，必须至少只要沿着最短距离基地前往。



leaf vertex (foreleg): 叶顶点（前腿） leaf vertex (tail): 叶顶点（尾）

图 11.5

对书呆子线索

这说明了一个非常重要的属性映射到任何从一个广场，一个基地：尽管我们的例子从一个顶

点到另一叶，一般的财产是：在任何两点之间的距离在广场上必须大于或等于距离两者之间的对应点的基础。

由于该树图是该基地的阴影，沿基地底部距离为沿树图测量距离相同。因此，两叶顶点在广场上的距离必须至少为相应的两个之间的距离大叶节点，沿着树的边缘检测。

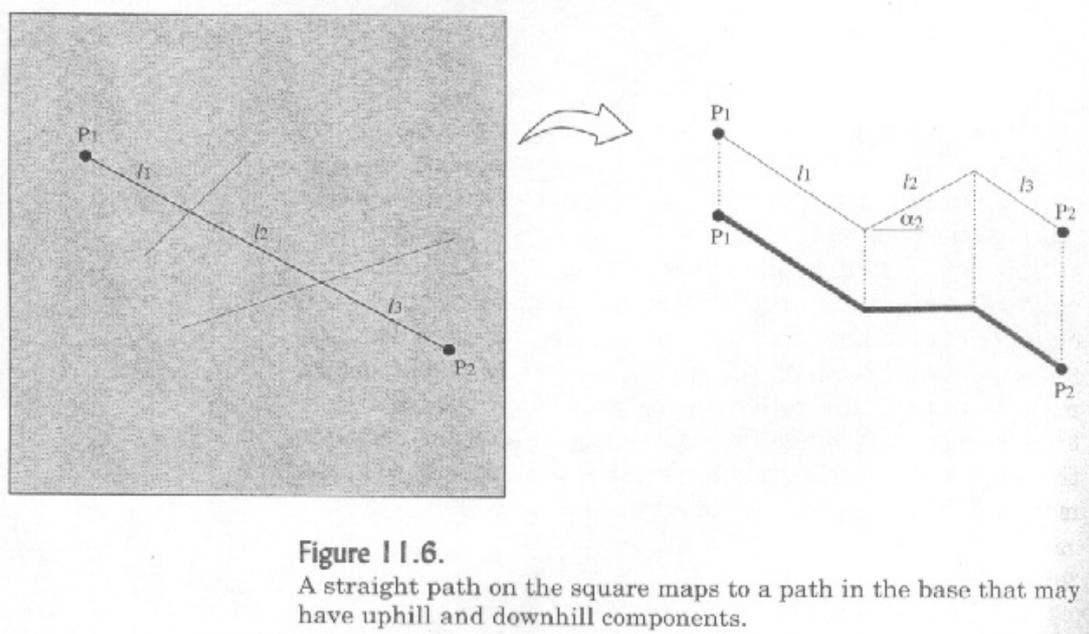


图 11.6

一个在广场上直线路径图中的一个基础，有上坡和下坡，可能组件的路径。

特别是，这种关系必须持有对应的基础上树节点的任何两点。而现在这种状况，必须持有任何点上的碱基对，原来，如果它的每个叶节点对持有，它将于每个点上的碱基对。也就是说，如果你能在广场上确定相应的一组点的树的叶节点的所有顶点--- ---叶和叶顶点满足的条件是他们之间的任何一对距离较大大于或等于相应的节点之间的距离作为衡量的树，那么这是保证一个折痕模式存在转变成一个基本的预测是由于树的广场。

这是一个了不起的属性，它告诉我们，无论多么复杂，所需的基础是，无论有多少点，它可能已经和它们是如何互相连接，我们总能找到一个折痕模式转换的方(或任何其他形状)的纸，这一问题)进入基地。放进数学语言，我们到达了树的设计方法(我称之为简称树定理基本定理)：

定义一个单连通的叶节点树 T 度 $P_i, i = 1, 2, \dots, N$ 。确定由 l_{ij} 的 P_i 和 P_j 节点之间的距离为沿树边测量，这是 l_{ij} 是节点之间的所有 P_i 和 P_j 边的长度为每个叶节点 P_i 总结，确定在 1 叶顶点 u_i 直到方 $u_{i,x} \in [0, 1], u_{i,y} \in [0, 1]$ 。那么折痕模式存在，变成一个基地，其单轴投影面积的单位是 T ，当且仅当 $|u_i - u_j| = l_{ij}$ 的每一个因子。此外，在这个基础上， P_i 是所有岛的 u_i 投影。

虽然该树定理的证明超出了本书的范围（你可以找到一个在引用证明），我们将继续使用它。树定理告诉我们，如果我们能够找到一个正方形内为其中任何两个之间的距离大于或在树上，然后一个折痕模式等于其相应的叶子节点之间距离的叶子顶点集存在，可以改变该模式为基础的顶点。

因此，例如，图 11.1 树的叶节点有 6 个，有 15 叶节点可能对可担心的。从节点 A 到节点 E 的距离是 2 个单位，因此，在广场上对应节点 A 和 E 必须至少 2 个单位外叶顶点。同样，要获得从节点 A 到节点 D，您必须前往 3 个单位，等等之间的叶顶点 A 和 D 在广场上的距离必须至少 3 条约资料以及。等，可能对其他 13 对。

对于给定的树，往往有几种可能的安排，满足叶顶点树定理，每个产生一个不同地理位置的基础。为我们的六基指出，一个小涂鸦笔和纸将显示在图 11.7 所示的节点模式，如果满足上述条件的广场上有边长为 $2\sqrt{((121 + 8\sqrt{179})/65)} \approx 3.7460$ ，在此情况下，固体得出的距离线等于最低值，所有（由虚线表示）其他路径比最低的长度。

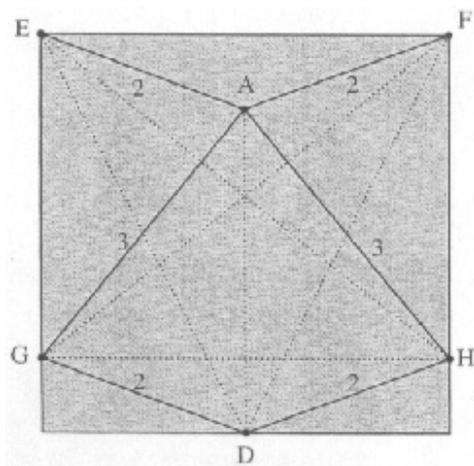


Figure 11.7.
Node pattern that satisfies the tree theorem for the six-legged tree.

图 11.7

节点模式，满足了 6 条腿树定理。

树定理是一个存在定理，它说，一个折痕模式存在，但它并没有告诉我们这个所谓的抗皱模式实际上是。它提供了一个强有力的线索，但是。树定理说，叶顶点对折叠成为基地的皮瓣的提示。有在广场上，我们可以识别的基础上的任何其他功能？

考虑在树定理的不平等。二叶顶点必须分开在广场上的距离大于或等于在树上的相应节点之间的距离。在特殊情况下的平等认为，我们可以唯一标识两个顶点之间的路线。我们将调用一个在广场上，任意两个顶点叶线运行的路径。每一个路径有一个最小长度，这是对两国之间的叶子模式，定义路径树边的长度的总和。在该树的象征意义定理（ l_{ij} 是交叉路最低的路径长度。）实际一个路径的长度是由折痕模式之间的对应顶点的距离的叶节点作为衡量后给予广场 $|u_i - u_j|$ 在树定理）。任何其国内的实际长度的折痕模式路径是等于其最小长度由树图定义的所谓积极的道路。

在基地，两皮瓣提示，等于叶节点之间的距离的唯一途径是在投影机。因此，任何两个顶点叶在广场上积极路径成为一个基地，在投影平面上，因此优势，我们还有一个重要的结果：

叶顶点之间的任何形式的积极路径的基地，在基地投影机的优势所在。

活跃在路径上的投影机的方方的谎言，但投影在平面的纸张在基层垂直连接到对方。换句话说，由于对道路两侧上述文件中的折叠基本路径在于，必须有一个沿路径折叠。这必须是真正为每个活动的路径。因此，积极的路径是该基地不仅边缘：他们是该基地主要折痕，而不是只折痕；自投影机包含皮瓣轴向边缘，这些折痕必须轴向皱褶。

所以现在我们有折痕为基础模式的雏形。我们知道，在广场上，对应于树的叶子节点成为该基地的皮瓣的提示点，我们知道，在广场上成为该基地轴向皱褶积极路径。

我们可以构造要素之间的树和折痕的模式，即进一步通信，分支节点。在地图上的路径折痕

模式上的树图轴折痕，因此任何在树上点对应一个或多个点沿轴向皱褶。具体地说，我们可以找到每个轴沿折痕对应于每个分支节点的点，点，我们将调用分支的顶点。

如果你从一个假设的书呆子旅行到另一个顶点叶，遇到在距离 d_1 , d_2 级, d_3 的分支顶点等等一路走来，当我们绘制折痕模式，我们可以找出沿同一顶点的距离每个分支活动路径连接两叶的顶点。因此，我们可以添加到我们的分行顶点折痕模式的所有萌芽。在图 11.8 中，我发现所有的顶点，叶片及分支机构，由一对树图的信，并增加了其相应的顶点，在广场上的折痕模式的积极途径，观察，在一般情况下，分支节点可能出现在多个活跃的路径。

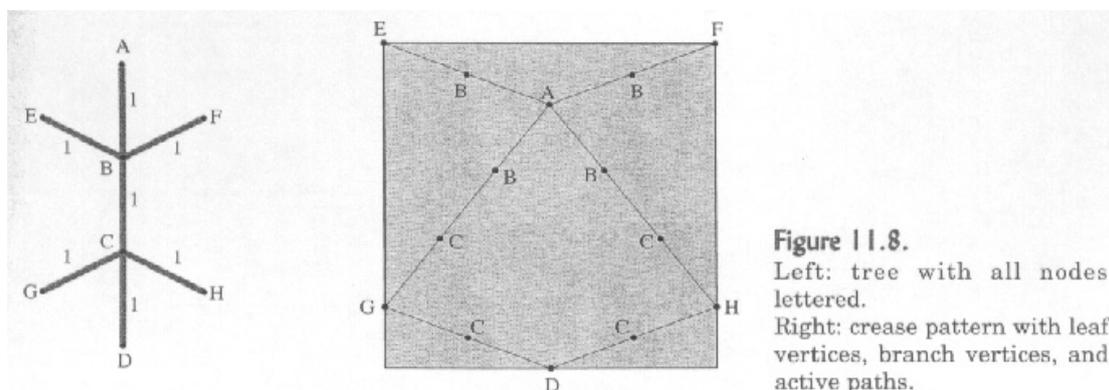


Figure 11.8.
Left: tree with all nodes lettered.
Right: crease pattern with leaf vertices, branch vertices, and active paths.

图 11.8

左：所有节点树字母。

右：折痕与叶顶点，顶点分支格局，积极路径。

这也是值得指出的是，我们不显示沿着广场边缘的顶点，因为叶节点对之间的路径 \check{G} 和 E , E 和 F , F 和 H 和不活跃的路径。

11.3. 规模

在图 11.8 所示的模式，我们给予每棒单位长度，但这个以适应一个广场，广场上必须比大团结广场。为了适应一个单位正方形的折痕模式，我们引入了我们所说的数量规模，而仅仅是在广场上，对应于一个单位在树图的距离。我们可以放入一个单位正方形图 11.8 折痕模式，如果我们选择一个比例系数 = 0.267 米，也就是说，在树上的一个长度单位，相当于一个 0.267 的距离在折痕模式。那么我们必须修改树定理纳入规模的因素。我们的道路条件变为：每间叶顶点路径 u_i 和 u_j 区，叶顶点必须满足不等式

$$|u_i - u_j| \leq ml_{ij} \quad (11-1)$$

比例因子为 1 米。我们呼吁所有给定的路径树图等条件方程组。

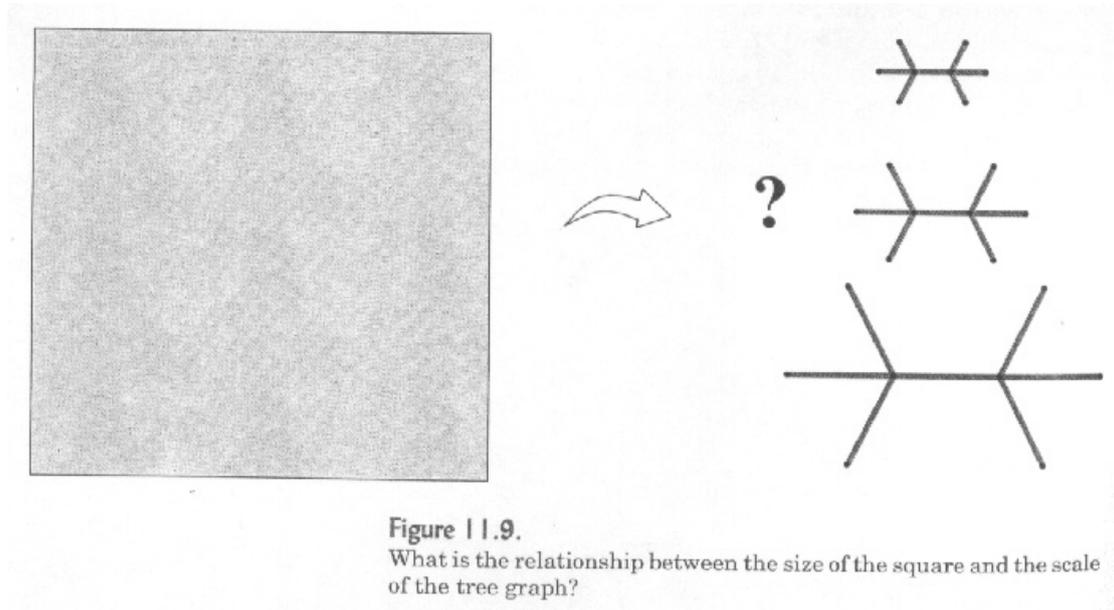


图 11.9

什么是方之间的大小和树的图规模的关系？

在这种方式，规模因素成为该模式的折痕效率的定量测量，并为最有效的抗皱模式搜索可以表示为一个优化问题正式：给定一树，它定义一个基地，优化规模因素，而不同的顶点坐标叶受到的限制是：(a) 路径的条件得到满足，和 (b) 所有顶点在单位叶面积的谎言。

11.4. 子树和底基层

它可以证明，只有在积极的道路交叉互叶顶点。因为主动路径成为轴向折痕，折痕的轴向轴多边形到了广场休息的模式。在一些多边形，他们双方都积极路径（如在图 11.8 中心倒风筝形四边形）。如果一个多边形的一方在一个正方形的优势在于，它可能是也可能不是一个积极的路径图 11.8（对每个三角形的面积是不是一个积极的道路边的一面。）每轴向多边形的财产，其双方都映射到基投影机时，广场是折叠成一个基地。因此，要找到一个折痕模式，坍塌成基广场，它是要找到一个折痕模式映射网络上的基轴投影平面多边形。

这个问题应该很熟悉，这就像一个分子工作的声音。记得，树是基础，这是从完全平折预

测。广场上的每个多边形对应的整体基本部分，如果你到了崩溃的任何部分多边形的基地---我称之为底基层---对底基层投影本身就是一个部分的投影完整的基础，即，原树图的一部分。一个子基树图被称为子树。例如，图 11.10 显示了我们的六腿每个底基层基础和相应的子树的多边形。注意到，由于一个轴多边形的角都必须叶顶点，在广场的不是轴向多边形的三角形底部的角落，事实上，这样做无助于基地的重要方式。

一我们在前面章节看到的轴向多边形的要求是，如果两个轴多边形有着共同的一面，这一面是一个轴向的道路，任何折痕模式，坍塌成一个底基层第一多边形必须与一个折痕模式坍塌事件的兼容相邻的多边形到它的底基层。在瓷砖，我们在执行由轴向多边形绘图界和河流，迫使界和河流排队这个匹配。那么，当我们推出的分子，我们发现，圆/河的路线，可以通过要求在各界的切点对准执行。

让我们来看看圆/河处理这一问题。当道路条件为方程式书写，难以形成一个直观的图片，其中，但这种治疗的价值是，这可以作为一个优化的方程被现有的计算机算法，制定一套能够解决。（一方程给出了一套完整第 14 章。）我们也可以有一个相应的圆圈基地解决此树/河川方法，如果我们这样做，我们便来到了界和河流配置我们可以从图上叠加 11.8 简陋折痕模式，如图 11.11 所示。

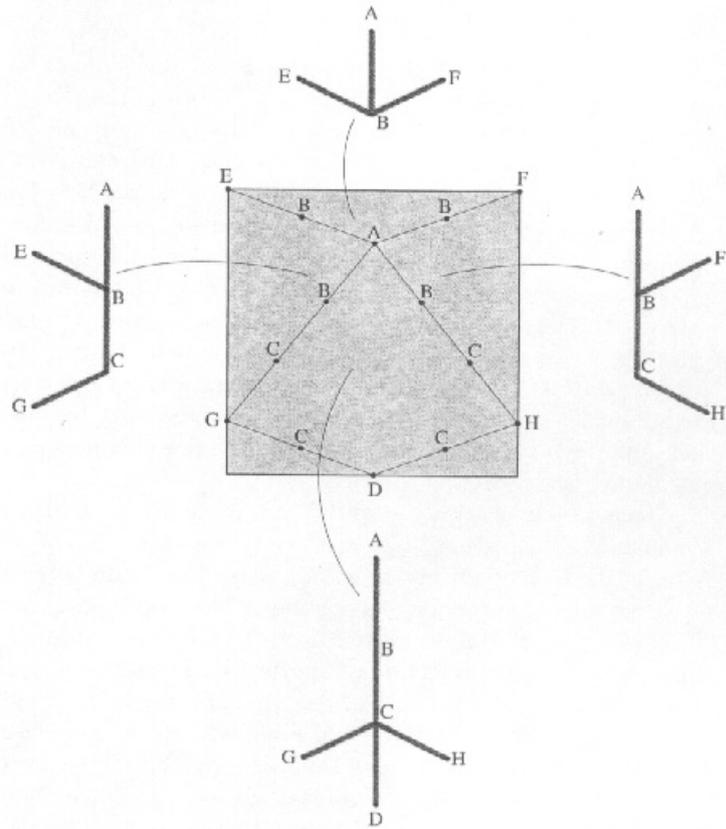


Figure 11.10.
The four axial polygons for the six-legged base and the sub-trees corresponding to each subbase.

图 11.10

四六个腿基础和子树对应于每个子基轴多边形。

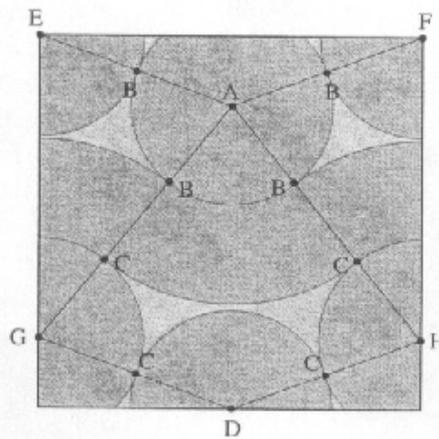


Figure 11.11.
The pattern of leaf vertices and axial paths with circles and rivers from the corresponding base.

图 11.11

叶片的顶点和各界和河流从相应的基轴的路径模式。

图 11.1 明确：切分，我们在一个特设的方式介绍了在前面的章节，只是分支的顶点，沿轴向路径，对应于树的分支节点点。皱折处，在此结构填充将是那些折痕倒塌的个人多边形，使周围的每一个多边形周长分支顶点对齐。因此，分子折痕的模式，我们看到---兔耳的三角形（），水炸弹，箭头，扣板，和凳（为四边形）---将这些图案，在轴向多边形填补好。

你还可以看到从图 11.12 界认为，不重叠，河流的使用仅仅是执行路径条件，适用于叶顶点对几何方法。例如，采取与它们之间的单一分支，如图 11.12 所示的两个节点的叶节点的情况。如果两个节点都是叶子长边与分离的折痕模式 a 和 b，那么他们之间的对应顶点的道路条件下叶子会

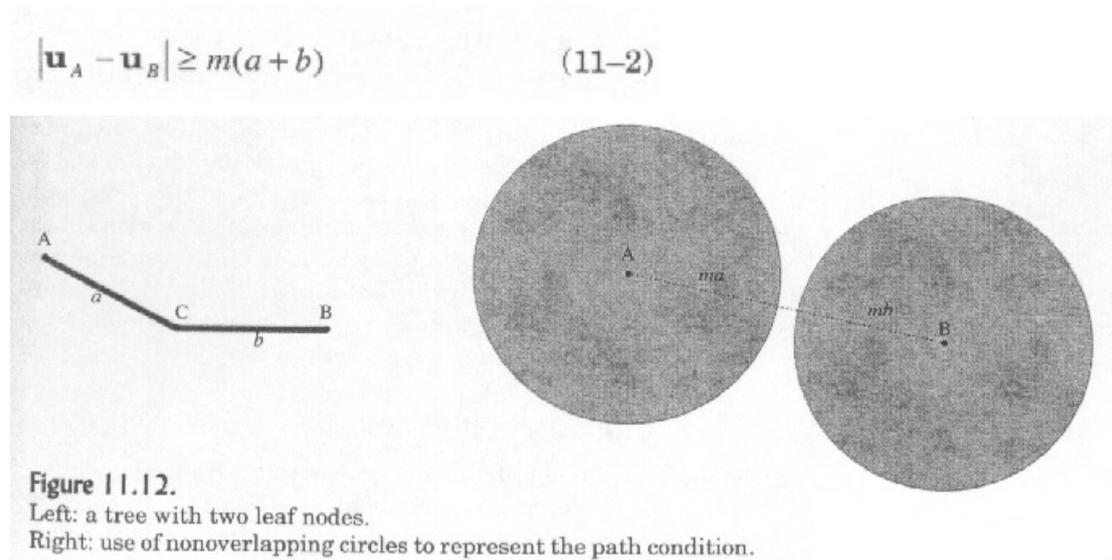


图 11.12

左：有两个节点树的叶子。

右：不重叠的圆圈来代表路径的条件。

如果我们画一个圆圈周围半径 ma 点（即一个规模花瓣长度 A ）和周围半径 mb 的节点 B ，则路径条件满足，当且仅当两个圆不重叠，以及在平等，两个圆接触。

同样，如果两个叶子节点是由如图 11.13 分隔的多个边的树，我们仍然可以代表这个几何插入河流的宽度比例（由同一比例因子 m ），以树的相应部分。

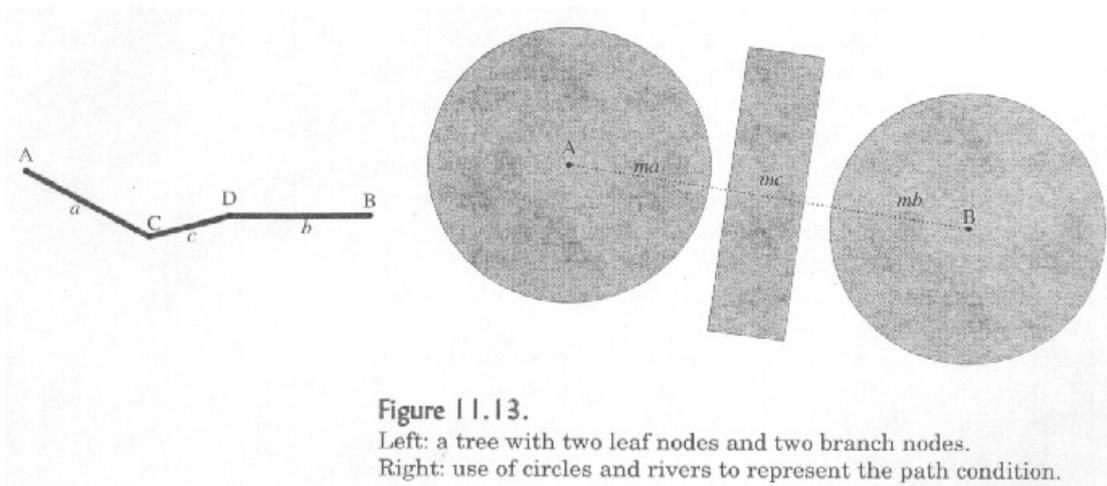


Figure 11.13.
 Left: a tree with two leaf nodes and two branch nodes.
 Right: use of circles and rivers to represent the path condition.

图 11.13

左：有两个叶子节点和两个分支节点树。

右：圆和河流来代表路径的条件。

界和河流的使用，设计一个折痕模式和路径的方程的解是完全等价的方法。为什么使用一个，而不是其他？界河流有具体的几何对象，容易 **visualizable**，所以是一个人的工作与一般容易。但方程有其自身的价值，他们可以被操纵，严格验证，并把算法。对于复杂的折纸的设计和充分证明了其第一台计算机算法是基于路径方程。但是，大多数折纸设计师谁使用这些技术与各界和河流做自己的设计。它仍然是一个有用的援助，以自己的直觉折痕模式工作时，通过路径找到方法来绘制在相应的圆圈（和/或河流）来说明底层结构。

11.5. 计算分子

在对分子前一章，我们尊敬他们花瓣数量相近，分子和他们是否有花瓣群体之间的连接器。这种区别是简洁捕获每个分子的特殊树图（一基地树图子树），在其中它对应关联。



正如我们所看到的，有一个三角形分子，兔耳分子，它有三个花瓣是到了一个共通点，因此它的树有 3 个叶节点和三个边，这是在一个共同的分支节点加入。

如果你是折叠轴的多边形，你可以找到角平分线的交点---点图中 E 捏住---沿角平分线各一半的地步，找到所有三个折痕走到一起。如果你是数值计算的折痕位置，有一个为任意三角

形的角平分线的交点位置优雅的公式。如果 \mathbf{p}_A , \mathbf{p}_B 和 \mathbf{p}_C 的载体弯道格 A, B 和 C 和 \mathbf{p}_E 坐标的坐标平分线相交, 然后 \mathbf{p}_E 是由简单的公式给出

$$\begin{aligned} \mathbf{p}_E &= \frac{\mathbf{p}_A(b+c) + \mathbf{p}_B(c+a) + \mathbf{p}_C(a+b)}{2(a+b+c)} \\ &= \frac{\mathbf{p}_A(s-a) + \mathbf{p}_B(s-b) + \mathbf{p}_C(s-c)}{2s} \end{aligned} \quad (11-3)$$

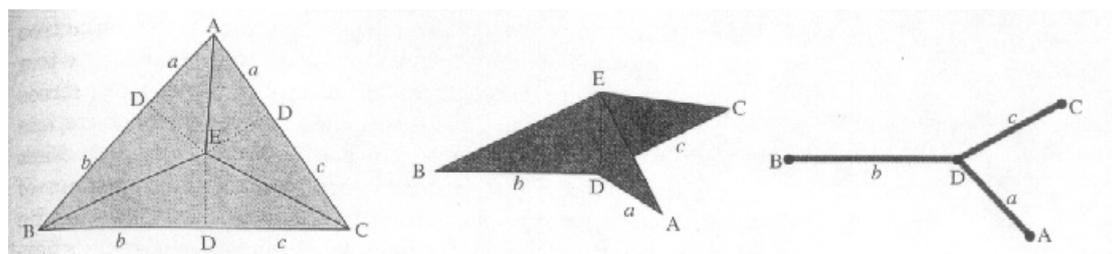


Figure 11.14. Generic-form crease pattern, folded form, and tree graph for a rabbit-ear molecule.

图 11.14

一般从抗皱模式, 折叠形式, 树一兔耳分子图。

其中 s 是三角形的周长。也就是说, 在平分线的交点位置是简单的三个角坐标的加权平均, 与对面的两个边的长度的总和加权每个角落。

发生了什么时, 这个三角形的一方是不是一个积极的道路? 这可能发生, 例如, 当三角形的两边一沿广场的优势所在, 在图 11.8 三角形都是这种类型。因为任何两个叶片之间的顶点距离必须大于或等于最小的路径长度, 一边说, 是不是一个积极的路径必须是稍微过长, 是一个积极的路, 而不是太短。幸运的是, 只有轻微的兔耳修改是必要的, 以解决这一情况。

图 11.15 显示了折痕模式和底基层时, 方 BC 略有太长。

如果三角形有两方面是不活跃的路径, 类似的修改, 仍然是适当的崩溃。

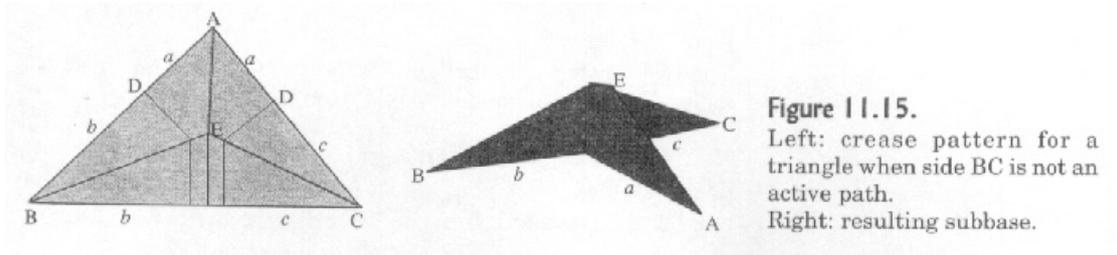


图 11.15

左：一个三角形折痕模式时方 BC 是不是一个积极的道路。

右：造成基层施工。

另一起案件中，我们应该考虑的是一个三角形的树已沿两侧由于分支节点的子树中的一个或多个分支的顶点。例如，图 11.8 中的两个边子树的每个叶节点有三个，但在每一个树，边缘人，因为一个分支节点的子树已经在该点扭结。这种情况对应于两个圆圈和三角内河流的存在。我们仍然可以使用兔耳分子提供的折痕大多数，但只要我们沿着一个轴一个分支路径的顶点，我们需要一个铰链折痕传播从分支节点向内山脊起皱，回落到邻近的方。

11.6. 四边形

正如我们在上一章所看到的，有两类四边形分子：没有河流或河流连接相邻的边缘，并且与整个四边形的河流的人。这两个类对应的两个四叶节点，如图 11.16 所示拓扑不同的树图。

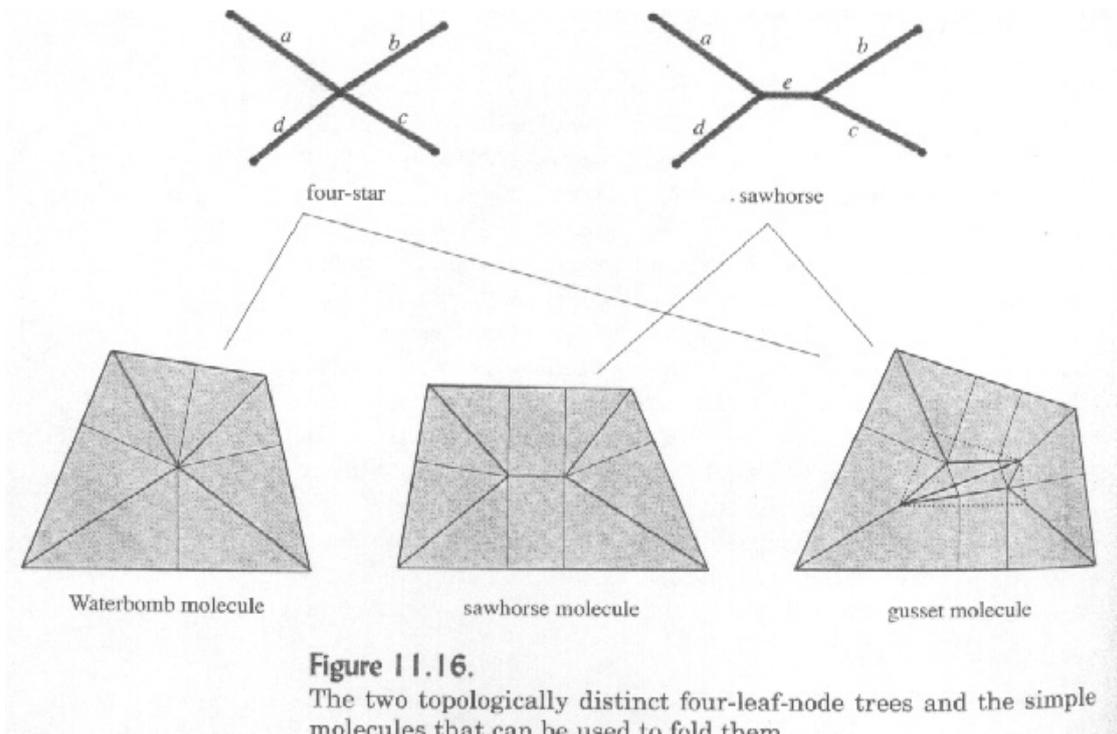


图 11.16。

两个不同的拓扑四叶节点树和可用于折叠他们简单分子。

我们将调用两个树图的四星级和凳。他们你看看下面这三个简单的分子，可用于折叠他们：水炸弹，凳，并扣板分子。四星级的图可以看作是一种堕落的工作凳图形式，作为中央部分（e）的转到零长度的极限情况。无论是水分子的炸弹和凳分子可以被认为是扣板分子的特殊情况下，由于扣板分子担任任何四边形的树是否是一家四星级或凳，让我们通过其数值建设。

在上一章，我展示了如何构建分子折折，在这里，我会拿出计算建设。考虑一个如图所示的四边形 ABCD 的 11.17，构建一个更小的四边形内的双方是平行四边形的原始向内移，但距离 h 的（即双方的 h 价值尚未确定）。表示新的四边形由 A'，B'和 C'中的角落，和 D'。从上述四个角落落垂线与原四边形的两侧。标签的交叉点上的格 A_{AB} 从 A'点击方 AB 公司中，B_{AB} 线从 B'点击其中 AB 线，等等。

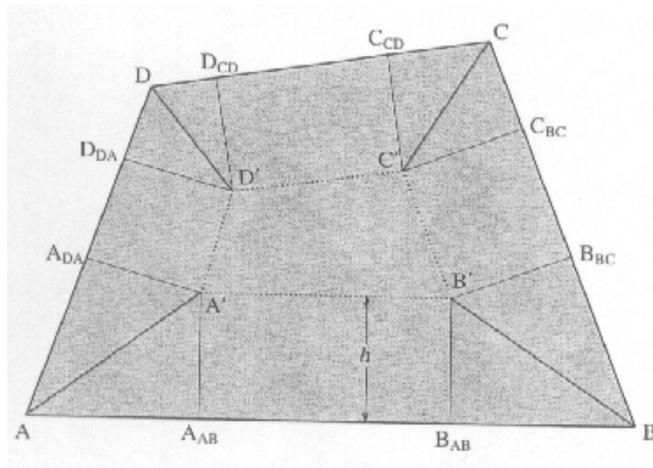


Figure 11.17. Construction of the gusset quad for a quadrilateral ABCD. Inset the quadrilateral a distance h; then drop perpendiculars from the new corners to the original sides.

图 11.17

建设一个四边形 ABCD 的四对折。镶嵌四方距离 h 的，然后下降，由新的角落垂线原来的两面。



现在我们需要从树图的一些距离。让 l_{AC} 交联是从距离节点 A 到节点 C 一个树和 l_{BD} 是从节

点 B 向节点 D 的距离。在大多数情况下（见下文例外），有一个距离的 h 为哪一个拥有这两个方程独特的解决方案：

$$AA_{AB} + A'C' + CC_{BC} = l_{AC}, \text{ or} \quad (11-4)$$

$$BB_{BC} + B'D' + DD_{AD} = l_{BD}. \quad (11-5)$$

让我们假设我们找到了方程的解 (11-4)。对角线 $A'C'$ 划分，如图 11.18 所示的内在四边形分成两个三角形。找到每个三角形的平分线的交点，并称呼他们 B'' 的'和 D'' 。 (如果第二个方程给出了解决方案，您会使用内部四边形和斜对面找到平分线的交点格 A'' 和 C'' 。)

Figure 11.18.
On the inner quadrilateral, construct the bisectors of each triangle to find points B'' and D'' .

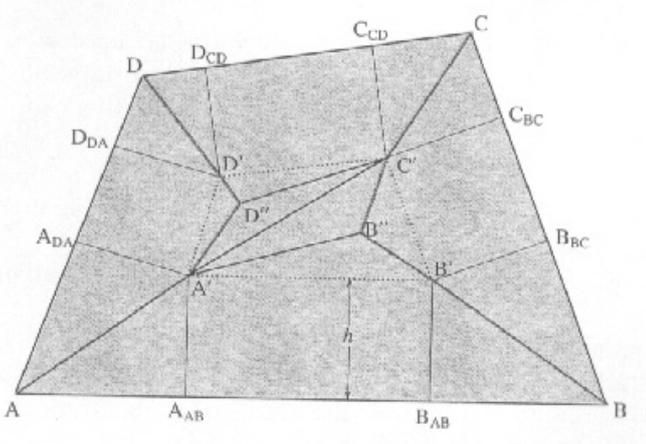


图 11.18。

在内部四边形，三角形构造的平分线的每个点 B'' 找到和 D'' 。

在点 A' ， B' 类， C' 的，和 D'' 用来建构下降垂线的四个方面的完整的折痕模式。

Figure 11.19.
Drop perpendiculars from the new vertices B'' and D'' .

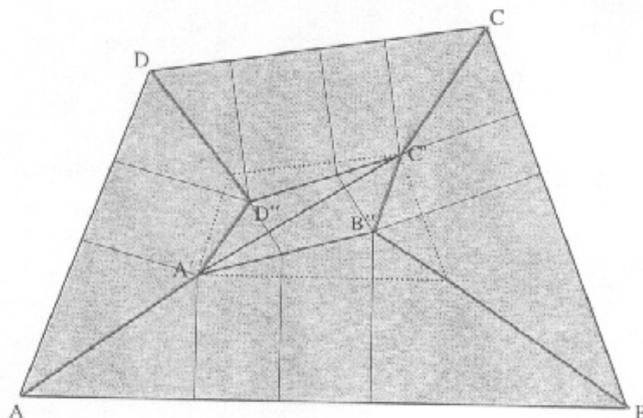


图 11.19

在新的顶点下降垂线 B'' 和 D'' 。

你可以建造在四个角落的距离和坐标计算的距离为 h 的方程，它是一个相当复杂二次方程。在适当的顺序使用代数公式来解决 h 是在第 14 章给出。

如果你解决了折四数值，你会看到有一些四边形为其中点 A' 、 B' 类、 C' 的，并且以线或 D' 点'所有下降。在这些特殊情况下，你没有得到一个四边形的扣板内，而是你得到一个工作凳分子（如 1 线）或水分子的炸弹（如 1 点）。所以扣板分子，其实，任何四边形一般分子。

使用了三角形兔耳分子和分子的四边形折，你可以填写任何的三角形和四边形组成，以获得完整的基轴多边形折痕模式树定理衍生的集合。图 11.20 显示了 6 条腿树全折痕模式和由此产生的基础。你可以很容易地验证切割出来的线条和折叠它的折痕模式。正如你可以看到，该基地将投影机的确是树，以及皮瓣都有适当的长度。

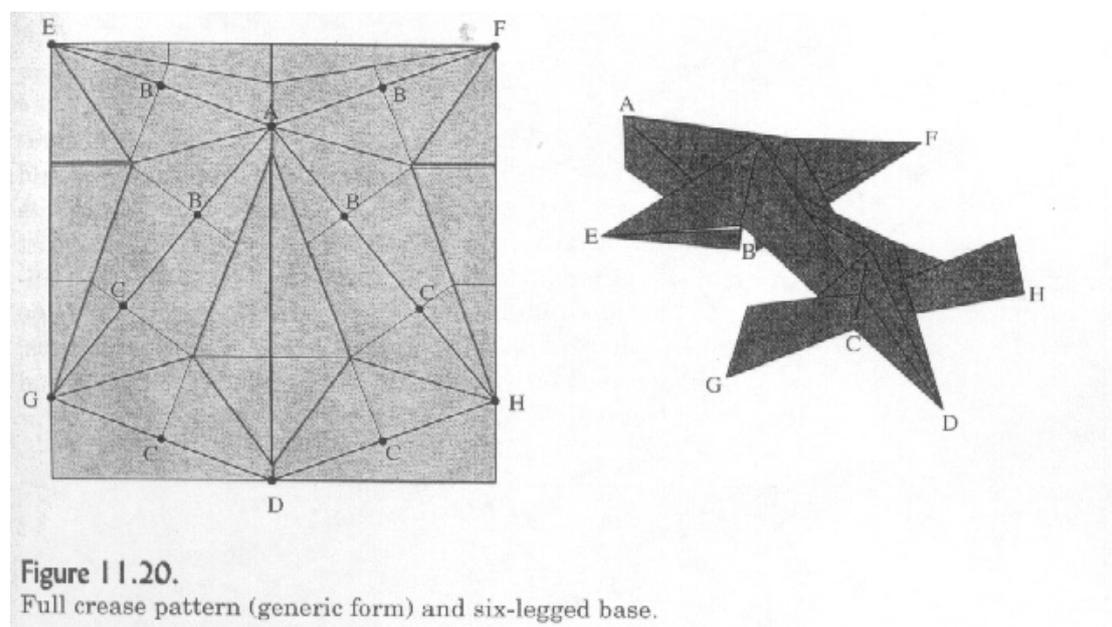


图 11.20

充分抗皱模式（通用表格）和 6 条腿的基础。

11.7。高阶多边形

怎么样轴向多边形超过四面？正如我们在上一章所看到的，我们可以减少高阶轴在圆/河流形成，增加了包装内的多边形和夸大它接触圈三个（或河流）其他各界多边形。有一种树理论在相应的程序。

让我们以同样的例子中，我们使用过：一五边形，这将是 5 瓣基地。这将有树含五叶节点。虽然有计算的几个可能的五叶节点的树，让我们以最简单的例子，用一个单一的分支节点，即五星级之一。这个图和样品轴向多边形，见图 11.21。

与圆/河模式，我们分手了高层次的多边形加入圈子内的多边形和夸大他们，直到他们接触三个（或更多的其他各界）。

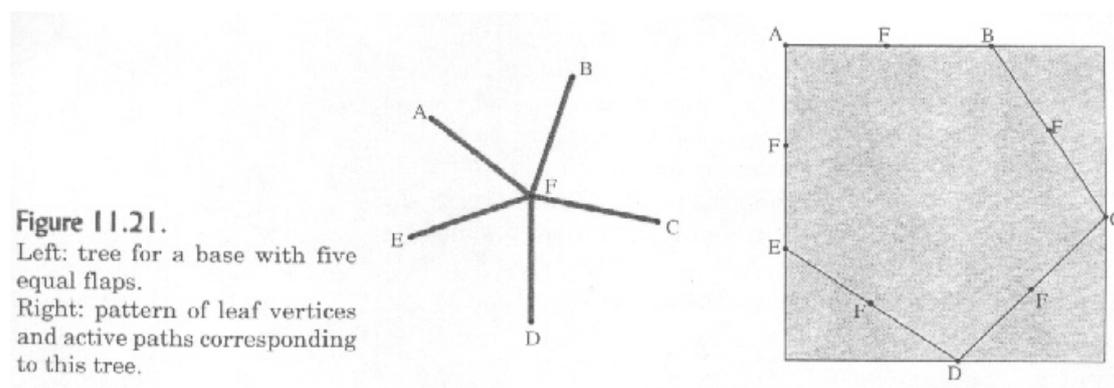


图 11.21

左：树与五个平等皮瓣基地。 右：叶顶点和对应这棵树积极路径模式。

加入 1 圈 1 圈/河模式等于创造一个新的皮瓣。在树相当于行动理论是将增加一个新的叶子节点和边的树和路径不平等延长至其长度至少三个其他节点（而剩下的其余节点满意不平等）。其结果将是相同的模式，我们是否用圆圈和河流或路径方程，并在图 11.22，兔耳和扣板分子填补。

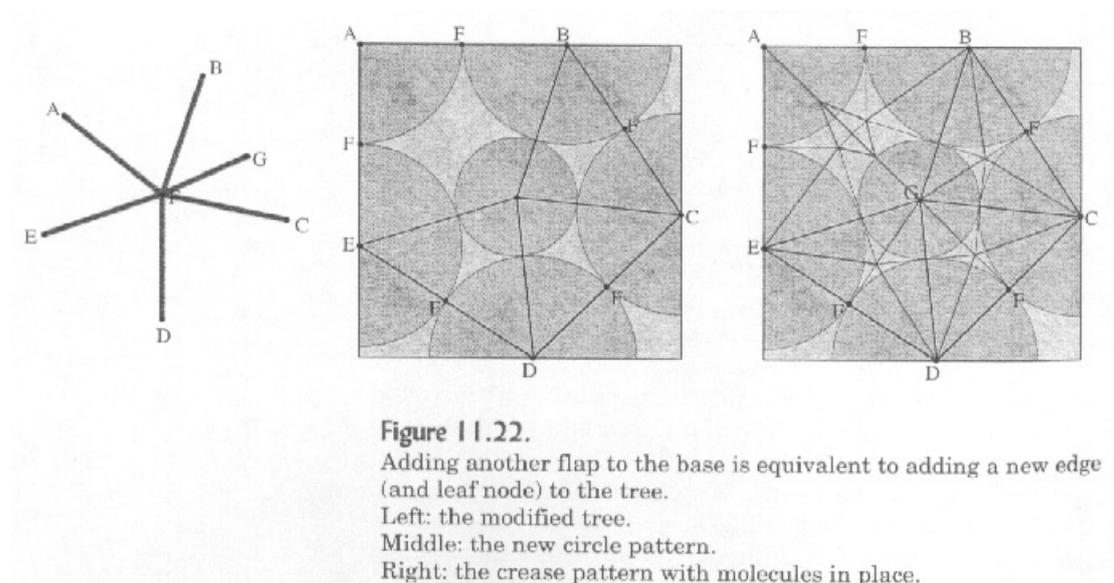


图 11.22

加入另一瓣基地相当于增加一个新的边缘（和叶节点）到树。

左：修改后的树。

中：新的循环模式。

右：在地方与分子折痕模式。

在此多边形，因为双边对称，我们能够使新的圈子接触其他四个圈（或等价地，变成等式 4 路径不平等）。但在一般情况下，这通常是不可能的。这可以看到通过计算自由度，当我们添加一个新的圈子，我们三个自由度：其中心（2）协调加圆的半径。所以我们可以一般情况下，使用自由度，以满足这三个只有三个等式。

由于此限制，我们通常不可以细分为三角形四边形。例如，在图 11.23 四边形 ABGE 想，如果我们加上另一个圈子内的四边形（相当于增加一个边缘节点 F 在树图），我们会发现，我们的四边形划分成两个三角形开放，- 和另一个四。加入这个新的四圈仍有四落后。这一进程能够继续下去，永远永远留下残余四边形，这就是为什么我们需要折四分子和其他四边形。

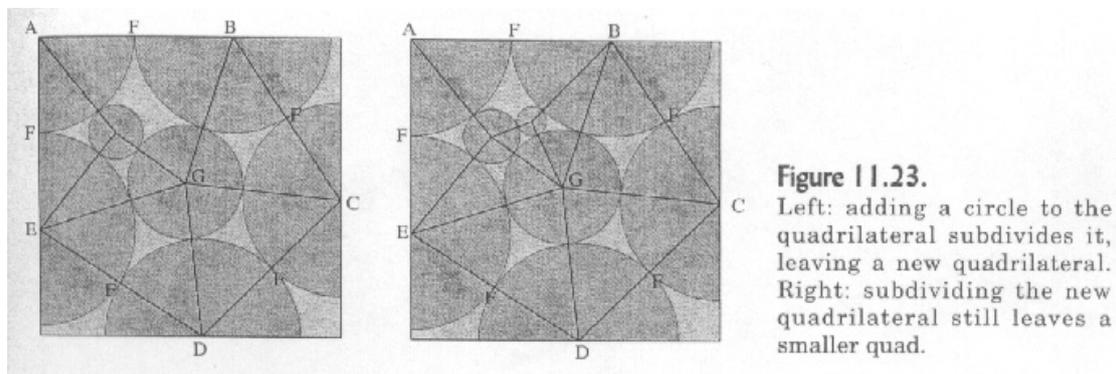


图 11.23。

左：增加一个圆的四边形细分它，留下一个新的四边形。

右：在新的四边形细分仍有一小四。

有一种方法，但是，加入第四个自由度。我们可以添加沿树边一现有的一个新的分支节点，并添加一个新的边缘和新叶节点到新的分支节点。现在有 4 个自由度：新叶顶点两个坐标，新的边长，以及沿现有的优势在新的分支节点放置的距离。

有 4 个自由度，这是原则，可以同时满足四个路径等式。在树图，我们一直在努力，事实证明，我们可以添加我们新的分支节点，要么两个边，连接到叶节点和 G 的一个解决方案，都给予满足道路条件，显示的数字 11.24 和 11.25。

这两种解决方案划分成四个三角形四边形，在一般情况下，任何四边形可以用同样的分歧。我称这个过程中添加存根树。通过反复添加存根一单轴基地折痕模式，任何此类折痕模式可以分为最终都是三角形的，于是他们都可以与兔耳轴多边形填充分子。一折痕模式，已取得了这种结果，即完全由兔耳分子，已被三角。

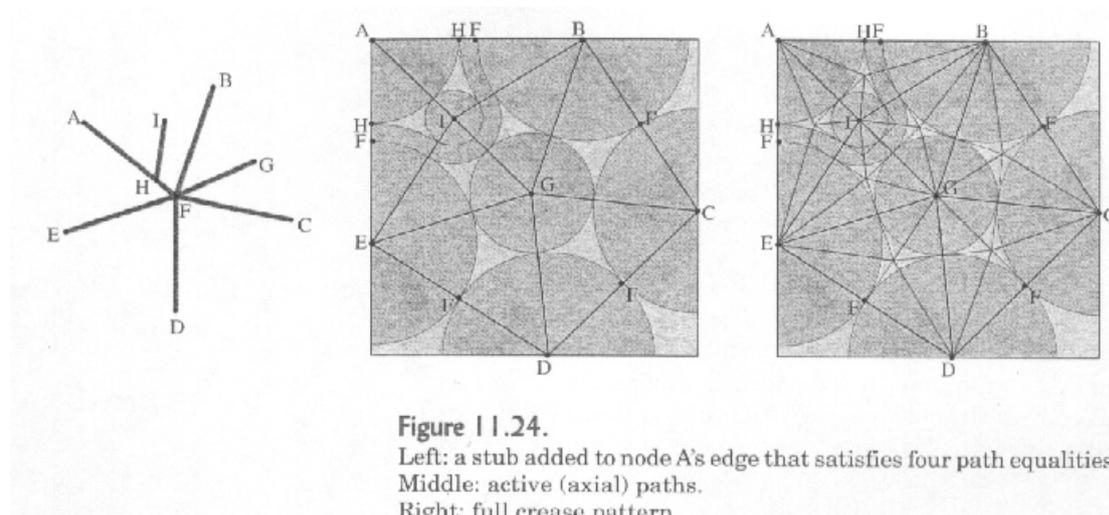


图 11.24

左：1 存根添加到节点 A 的优势，满足 4 路等式。

中间：激活（轴向）路径。

右：全折痕模式。

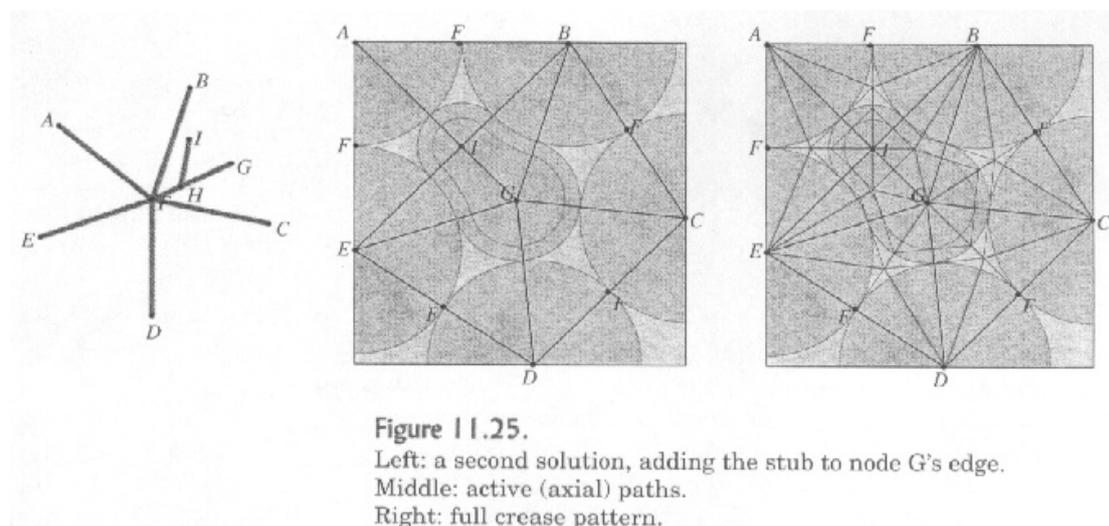


图 11.25

左：第二个解决方案，添加存根节点 G 的优势。

中间：激活（轴向）路径。

右：全折痕模式。

有一个有趣的四边形之间的关系已进驻使用存根和箭头分子。看看图 11.26 四边形折痕模式。通过删除一些折痕，有可能转变为任箭头分子版本这个四边形这种模式。

另一个关于存根，分为四芯：在一小作品，分为四的折痕模式有趣的现象是拓扑等价于鸟基地，通过改变一些的折痕方向，就可以使用一个存根四到折痕模式折叠成一个模拟的任何此类鸟基地四。

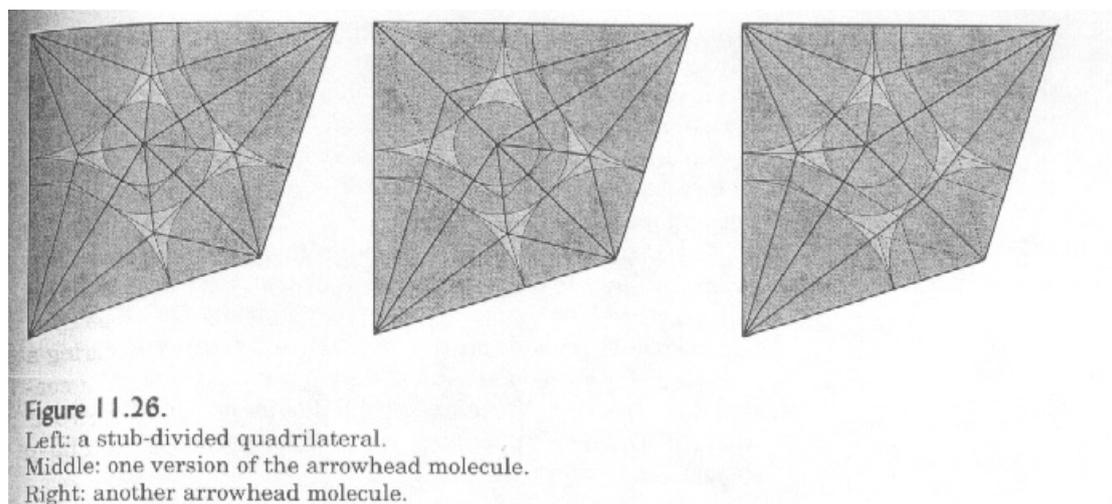


图 11.26。

左：一个小作品，分为四边形。 中：一对箭头分子的版本。 右：另一个箭头分子。

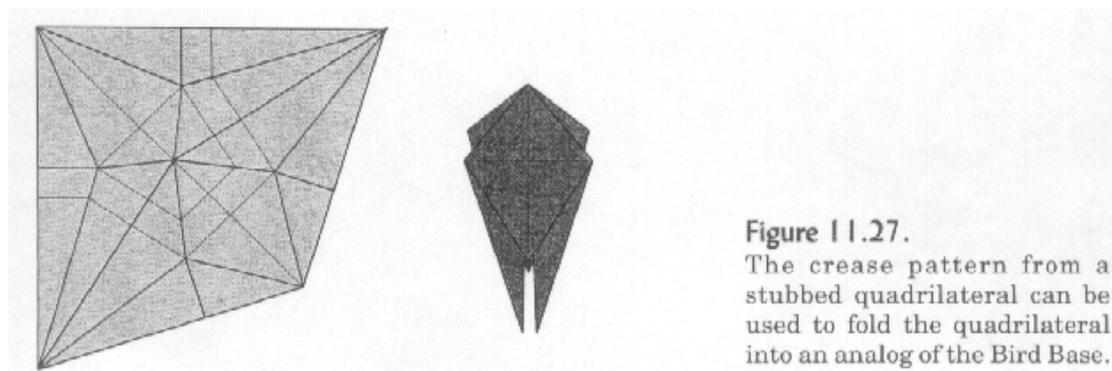


图 11.27。

模式的折痕从存根四边形可以用来折叠成一个模拟的鸟基地四方。

与鸟基地折痕模式扭曲四边形的性质一直是自己相当的调查对象;贾斯汀, 的 Husimi, 和川崎都列举的各种特殊情况。

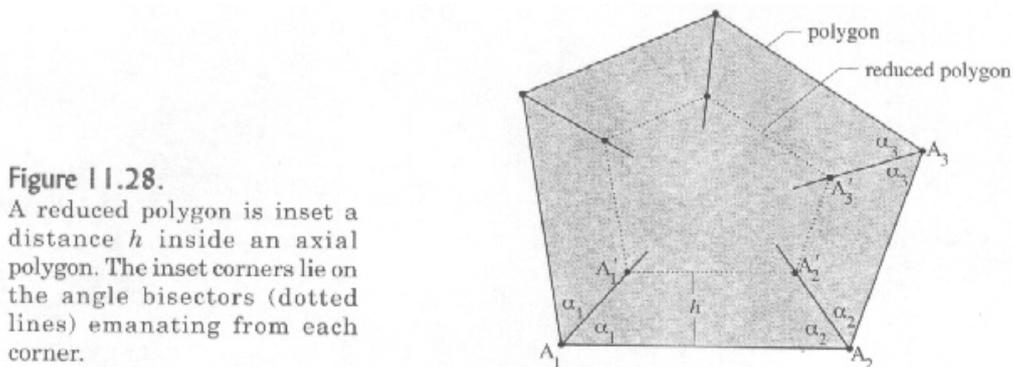
11.8。普遍分子

因为每一个多边形网可分为三角形和四边形了由额外界, 三角形和四分子除了是本身就足以填补树中的任何折痕模式。如果我们细分与存根四边形, 我们可以得到的一切到三角形, 使兔耳分子是唯一一个需要。然而, 还有许多其他可能的分子, 其中包括可用于高阶多边形使用的分子。它原来的折四只不过是一个更一般的建筑是适用于任何高阶多边形的特殊情况。我请这方面的建设普遍分子。事实上, 在已知的简单分子都是普遍分子的特殊情况。在本节的其余部分介绍了一个任意多边形的这种分子的建设。

考虑满足一般多边形树定理, 即, 对任意两个顶点的多边形是由距离大于或等于在树上的相应节点之间的隔离分开。因为我们正在考虑一个单一的轴向多边形, 我们知道, 不相邻的顶点之间的路径, 没有一个是其最小长度 (否则这将是一个积极的路径和多边形会被拆分)。

假设我们用一个嵌入的距离 h 的多边形的边界, 如图 11.28 所示。如果多边形的顶点是原来的格 A_1, A_2, \dots , 那么我们将标签嵌入顶点格 A'_1, A'_2, \dots 的, 在我们为扣板四建设的做法。

我会打电话叫镶嵌多边形的多边形减少多边形的折纸。



Polygon: 多边形 reduced polygon: 减少多边形

图 11.28

1 减少多边形镶嵌多边形内部的轴向距离 h 的。躺在角落的插页角度平分线（虚线）由每个角落产生。

注意，分格 A_i' ，从点上的任何格 A_i h 的产生平分线所在。首先是考虑减少多边形是分段由无穷小量。在折叠的基础上，减少多边形的所有谎言在双方共同的飞机，正如原轴多边形都在一个共同的飞机所在的两侧。但是，对减少多边形的边的飞机是从抵消轴向多边形的平面垂直的两侧由 h 的距离。图解说明了这一点在图 11.29。

我们增加 h 的，我们缩小了减少多边形的大小。是有一个限度，收缩？是的，有，这是限制的普遍分子的关键。记得，任何多边形满足树定理，任何两个顶点之间的路径满足约束的路径长度

$$|A_i - A_j| \geq ml_{ij}. \quad (11-6)$$

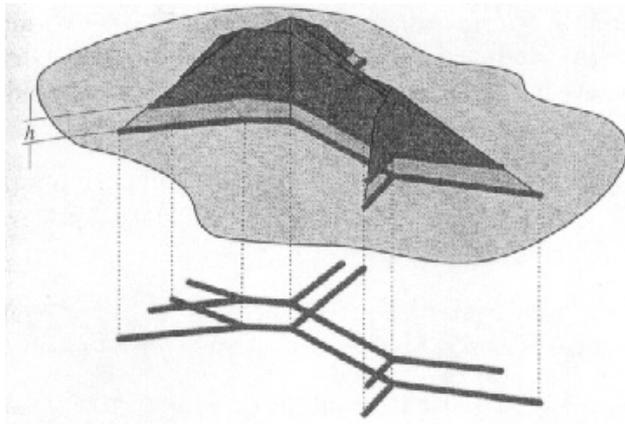


Figure 11.29.
The reduced polygon in the folded form corresponds to the original polygon cut by a plane a distance h above the original plane of projection.

图 11.29

在折叠的形式降低到原来的多边形多边形对应一个以上的原机平面投影距离 h 的削减。

其中 l_{ij} 是节点之间的路径长度 i 和 j 沿树衡量。有一个减少多边形类似的状况;减少多边形的任意两个顶点必须满足的条件

$$|A_i' - A_j'| \geq ml'_{ij} \quad (11-7)$$

其中 l'_{ij} 是一个减少路径的长度给予

$$l'_{ij} = l_{ij} - h(\cot \alpha_i + \cot \alpha_j), \quad (11-8)$$

和 α_i 是角平分线之间的角度 i 和相邻的一面。方程 (11-7) 称为一分段距离 h 及减少多边形减少道路不平等。任何路径的路径减少不平等成为一种平等的, 在类比与节点之间的积极的路径, 称为主动减少道路。

所以对于任何距离 h , 我们有一个独特的降低和减少多边形路径不等式, 每个对应于原始路径不平等问题之一。我们已经假定的原始路径的不平等都满意, 因此, 我们知道, 减少道路不平等都是为 $h = 0$ 例 (无分段距离满意)。也可以表明, 总是有一些积极的 h 无穷小, 但其价值减少道路不平等也感到满意。另一方面, 由于我们增加了嵌入的距离, 都会有一个超过这个限制或减少道路更是违反了点。



假设我们增加 h 以最大可能的价值, 每个减少道路不平等仍是如此。在 h , 一个或两个下列条件将持有的最大值:

- 两个相邻的角落, 减少路径的长度已经下降到零, 二分段落退化;或
- 不相邻的两个弯道, 弯道之间嵌入路径已成为一个活跃的减少道路。

这两种情况都说明在图 11.30。

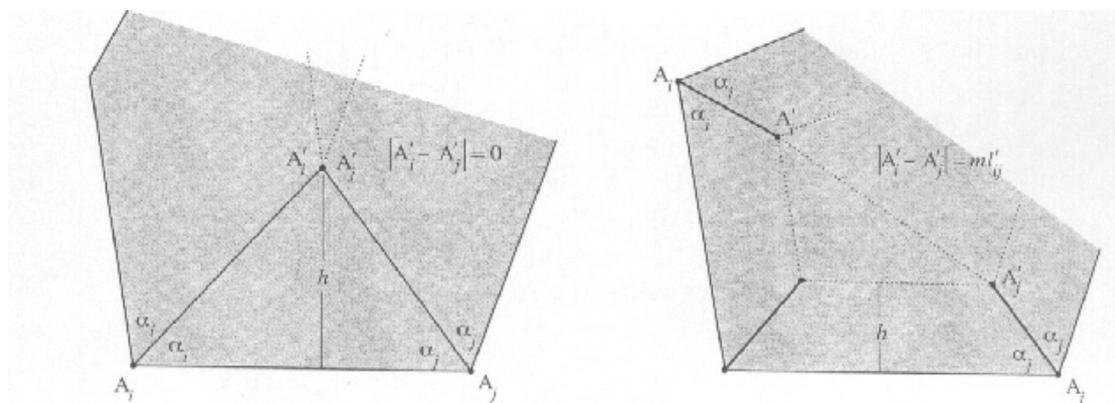


Figure 11.30.

Left: two corners are inset to the same point, which is the intersection of the angle bisectors.

Right: two nonadjacent corners inset to the point where the reduced path between the inset corners becomes active.

图 11.30。

左：两个弯道是嵌入到同一个点，这是角平分线的交点。

右：镶嵌其中的各点之间的分段角落减少道路变得活跃两个不相邻的角落。

再次，一方或另一方（或这两种情况），必须申请，这是可能的路径都对应到邻近的和不相邻的角落，已成为活跃的同时减少或多个路径，已成为同值 h （这种情况令人惊讶的积极经常）。在两种情况下，减少多边形可以简化，从而降低了问题的复杂性。

在减少多边形，如果两个或多个相邻的角落变成了单点合流，然后减少多边形较少侧（及路径）比原来的轴向多边形。如果一间不相邻的道路，已成为活跃的角落，然后减少到单独的多边形可以主动减少多边形沿路径，比原来的多边形（更少双方各分裂就像多边形网络，积极在一轴多边形路径分裂成两个较小的多边形它）。

在扣板分子，是一个越来越活跃的路径减少的例子。在扣板分子减少四边形是分段，直到它的对角线 1 成为活跃的道路，减少四，然后分裂成两个三角形沿对角线。

无论在哪一种情况，你是留下了一个或多个多边形比原来少两面。在镶和细分的过程，然后应用到内部多边形每个再起，必要时重复这一过程。

如果多边形（主动或减少）有三个方面，没有不相邻的则有 3 位是减少道路。平分线相交于 3 个点，而多边形的多边形蒸发减少到 1 点，留下了背后的平分线组成的兔耳分子。

四面有 4 个多边形镶嵌到一个点或一条线，在这种情况下，没有进一步的镶需要的角落，或到一个或两个三角形，然后再镶嵌到一个点。高阶多边形细分为直接类比低阶的。

因为每个阶段的过程中绝对减少了减少的创建多边形（边数虽然有可能在他们创造更多的费用），这个过程必然终止。因为每个多边形 (a) 可以放平，和 (b) 满足树定理，那么整个集合的嵌套多边形还必须满足树定理。因此，任何满足轴向多边形树定理---没有多少双方可以充满一个折痕使用上述的程序模式，把对所形成的褶皱基础崩溃的问题。

因此，举例来说，5瓣五角大楼，我用来说明加入界和商业登记存根也可以直接转成一个分子利用通用分子建设。五角大楼是 $ABCDE$ 的插页，形成五边形 $A'B'C'D'E'$ ；的分段距离是如此选择，减少道路 $E'B'$ 变得活跃。这成为一座山倍，并分裂成两个不同的多边形减少多边形，三角形 $A'B'E'$ 和四边形 $B'C'D'E'$ 。对这些重复每个镶进程表明，在各种情况下，新的多边形可以嵌入到一个共通点，产生了前兔耳分子和在后水分子的炸弹。

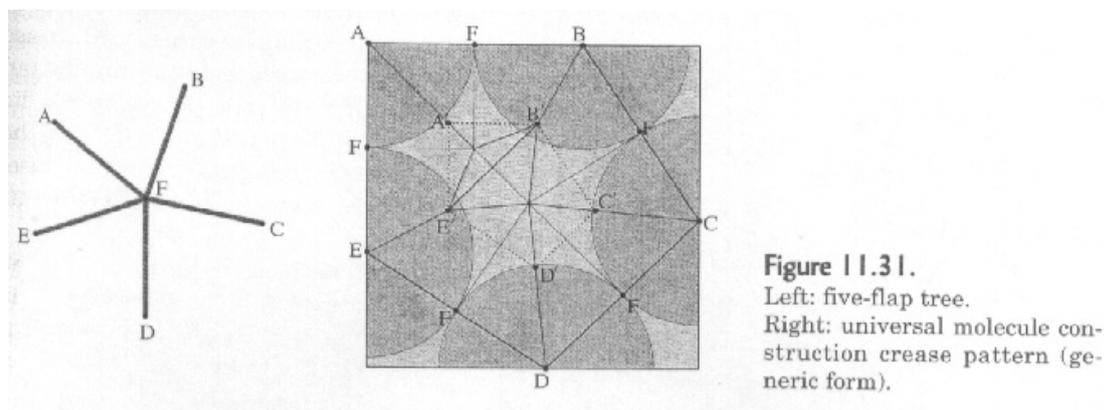


图 11.31。

左：5瓣树。

右：通用分子巷道施工中的抗皱模式（通用表格）。

一个分子的普遍显着的特点是，简单的分子折痕以前曾列举模式都只是它的特殊情况，包括兔耳分子，折四，双方凳和水炸弹四边形。所以非常值得普遍分子的名字，它是唯一需要分子折叠基地变成任何树的方法单轴基地。

不幸的是，以高于四边形多边形，一般不存在简单的方法来构造普遍分子的折叠单，在大多数情况下，必须计算。为数值计算给出处方在第 14 章。

具有五边以上双方面临的轴向多边形，你可以做三件事情之一：

- 添加一个圆圈（相当于增加了一个边缘，一树现有节点），它创建三个或更多的新的积极途径。
- 添加存根树（相当于增加一个优势，一个新的节点到树现有的优势），它创建 4 个或更多的新的积极途径。
- 构建一个通用的分子。

因为多边形细分通常要求在几个地方，你可以混合和匹配方法；说，添加一个存根分子。或者你可以将一些通用分子多边形和细分等。作为初始多边形边数的增加，爆炸的可能性。所有折痕模式能够折叠成基地具有相同数目和花瓣的长度，也得到了树指明；的差异在瓣宽度的谎言，是额外的花瓣存在，以及纸张的谎言沿层数基轴。图 11.32 显示为 5 瓣五角大楼的折痕模式三折叠形式。

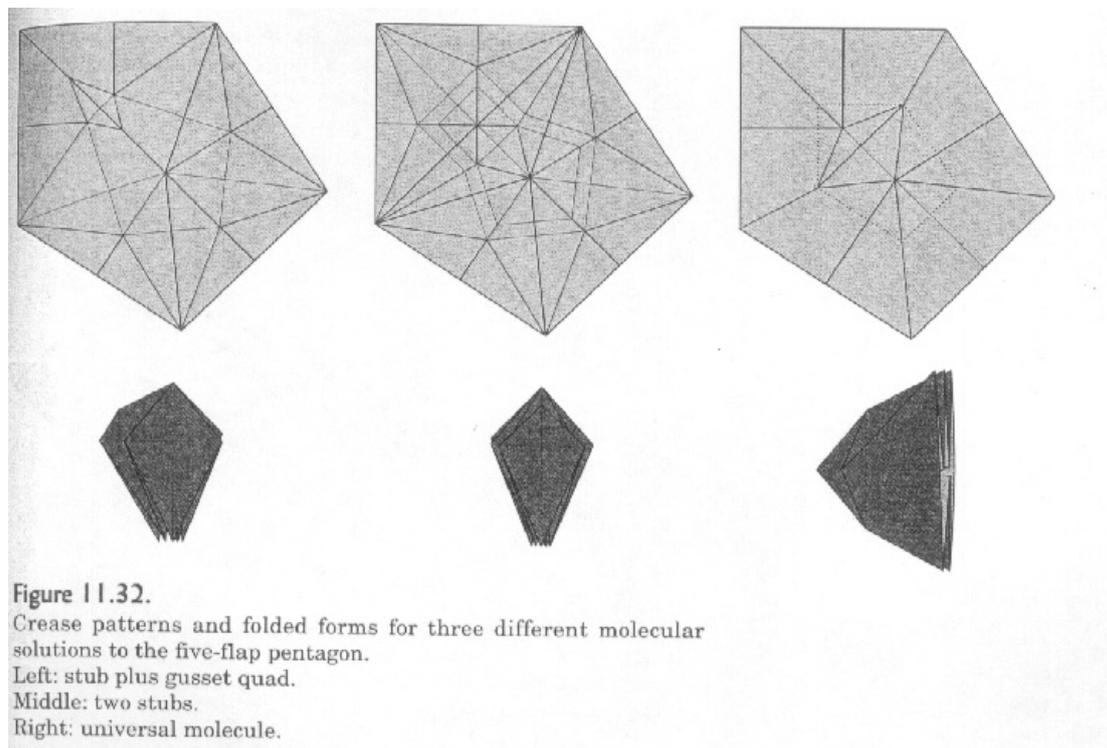


图 11.32

折叠折痕模式和三种不同的形式向 5 瓣五边形分子的解决方案。

左：存根加扣板四。 中间：两个存根。 右：通用分子。



这些图像也说明了一些不同的做法一般特点。一个好的分子的普遍特点是，它是非常节俭的折痕。与普遍分子填补了树往往有相对较少的折痕和大型，宽瓣（其中一个，当然，在其后根据需要任意缩小）。事实上，我猜想，任何轴多边形，通用分子与折痕的总长度最短的折痕折叠的多边形模式，以单轴基地。少数的折痕转化为在基层相对较少，至少直到你开始下沉的边缘缩小它们。1 瓣狭窄基地将需要许多折叠，无论你怎么设计它。但与普遍分子，因为你没有任意添加界（因此点）到一个折痕模式来敲门多边形到四边形和三角形，与普遍的基地分子作出倾向于较少的纸张少聚束层关节附近的基地，即使乘法沉没花瓣，更清洁和更容易——有时到折叠的理论模型。

11.9。其他技术

另一种设计方法，共混物方面的圆圈/河川法和树的方法，他形容川端和前川。它被称为，串珠，设计方法研究。如在树的方法，你和你的模型树开始折叠。每一行树，树是一折叠，填补平方米扩大到与该树的节点，围绕就像在一个字符串珠广场的边缘间距。界和圆弧构造，然后在广场周围每个叶顶点。这个过程说明了在图 11.33 所示的 6 瓣基地。

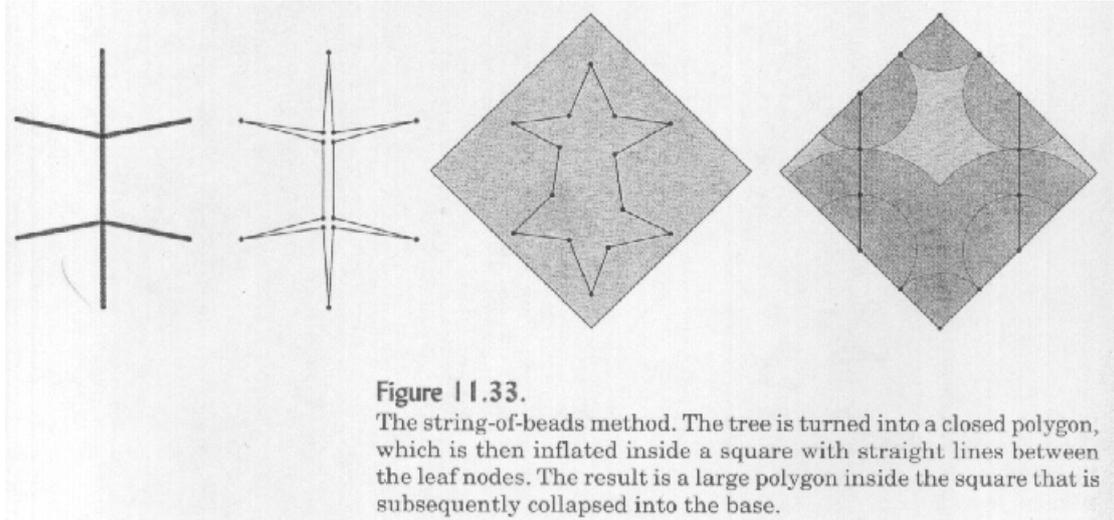


图 11.33。

该字符串的-珠方法。树是变成一个封闭的多边形，然后这种内部的叶节点之间的直线方形膨胀。结果是内是后来基地大面积倒塌多边形。

中，珠法串，树是成为一个大的多边形，其中每个角落是一种树的叶节点，每方转换的，只要相邻叶节点的路径。很显然，这种叶子节点分布仅仅是树的方法，使我们有限的所有节点躺在在广场边的特殊情况，它避免了创建中间瓣，但在尽可能低的代价的效率。

对，串珠，方法产生一个单一的大多边形，必须将基倒塌。由前川介绍的技术包括放置在图 11.33 所示的最后一步轮廓切圈。这是类似于我们的额外界使用分解成较小的多边形树方法轴多边形。川端的项目从边缘算法在双曲线定位参考点的分子模式，并产生另一种类型的分子。

人们也可以普遍适用于分子直接向-串珠多边形，实现高效抗皱模式，另一种为基地倒塌。



图 11.34 显示了普遍分子。最初的六角形镶嵌的一点是，这两个水平减少道路变得活跃，六角分为两个三角形和一个长方形的分裂。三角形与兔耳充满皱褶；矩形进一步分段，形成一个凳分子。

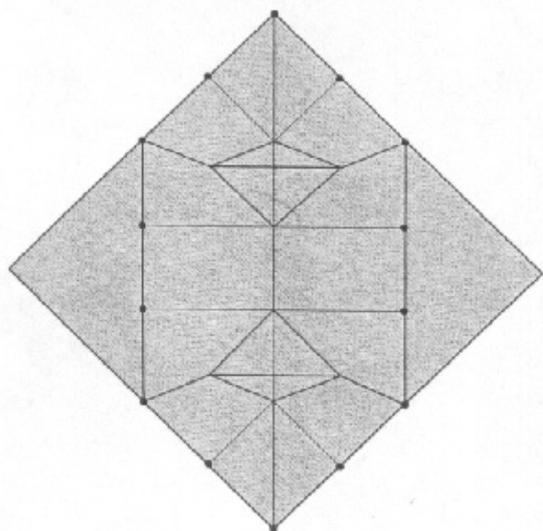


Figure 11.34.
Universal molecule for the
polygon shown in Figure 11.33.

图 11.34

普遍分子在图 11.33 所示的多边形。

树的设计方法是基于方程，并通过了严格的证明工作。严格证明可以减轻一个人的心，但求解的方程可以是相当困难的事了。这种计算密集型问题最好的处理由计算机，事实上，上述程序可在数学和逻辑术语借给自己的计算机模拟票。我已经写了计算机程序，树制造商，实现了这些算法。使用 **treemaker**，我已经创造了一个学科，其多年来没有实现我的解决方案---具有不同大小和鹿角，32 脚蜈蚣类型鹿数量的基地，飞行昆虫等。利用计算机程序加速由数量级的发展模式，从树的充分折痕模式只需不到 5 分钟，到基地虽然折叠折痕模式之后，可能需要两到三个小时！

电脑化解决方案提供了一个附加的好处：精度。它可以指定为每个单独皮瓣长度不同的价值。这是特别适宜在有不等长的长度必须在其中一些属于经常进展型多皮瓣。例如，要求这是一个蝎子。有许多文献在折纸蝎子，没有例外，它们都具有相同的腿的长度。但在实际的动物，腿变长由前向后，他们也恰如其分的机构来进行。在一个适当的腿长度树木堵塞，就可以与电脑的腿毕业分配的基础上，允许一个更为现实的主题陈述。

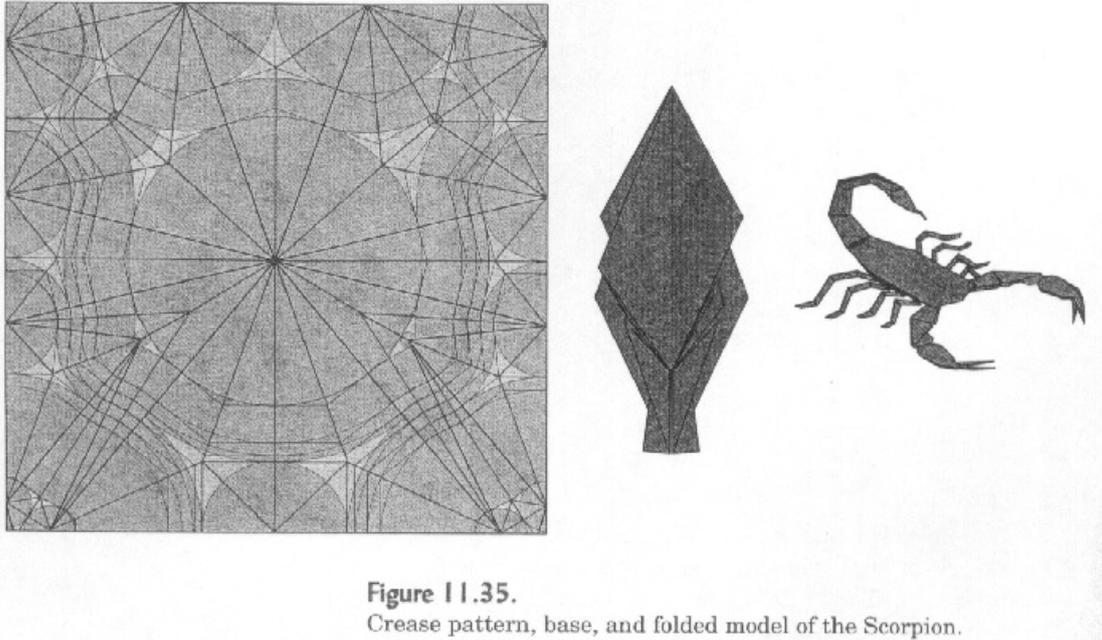


图 11.35

折痕模式，基地，折叠模型的蝎子。

然而，计算折痕模式的缺点是，它可以是相当困难的折叠构造一个线性序列。

计算技术还创造了极其复杂的科目，如在许多不同大小的皮瓣，基地有帮助。飞行蝗虫，例如，有六只脚---两个比其他 4 ---随着天线（中间长度），头部和胸部（短）和腹部长（长）。腿，翅膀和触角占 6 皮瓣对。有代表皮瓣界许多人士的安排。较对称和美观的安排之一，是折痕模式如图 11.36 所示，随着它的基础和折叠模型。你能找出一对的存根是在该模式中添加？

计算还允许一个引入折痕模式对称性，无论是提出的折叠序列简单或审美的原因。一对称的要求主机可以作为额外征收方程来解决：将迫使皮瓣镜像，或需要积极路径下降沿对称线。这最后一个条件是必须折叠计划浏览模式--- 1，可与半层左侧的轴与上半向右侧本位---或者说，一个封闭的折回来了典范。你也可以强制折痕运行在特定的角度。在图 11.37 所示的阿拉莫种马，有几个这样的对称性。

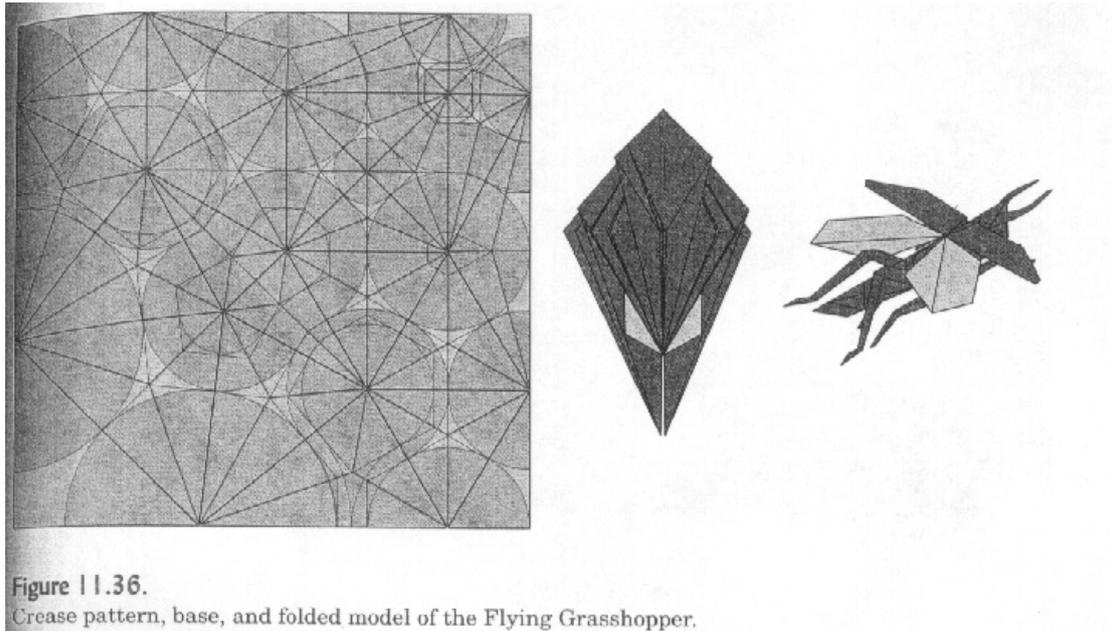


图 11.36。

折痕模式，基地，折叠模型飞行蝗虫。

- 积极路径运行从头部到尾部，使背部是无缝的。
- 该基地是关于一个双边对称线对称。
- 特别是折叠角度，迫使其折叠序列变得相对容易处理，需要几个任意参考点。

这最后对称有点微妙。观察，在右下正三角形与山脊线对齐折痕相邻三角形，除其他外，这一选择势力之间的尾长和后肢长平等，你可以看到这种选择的影响对折叠方便，完全用于本型号的折叠序列给出在本章结束。

11.10。评论

树理论是在单轴基地建设某些方面的不同技术的所有成果。单轴基地是美妙的事情，但他们决不是所有的折纸。而昆虫，节肢动物，以及其他多腿动物通常可以成功地解决了单轴基地，有很多的其中一个单轴基地瓣狭窄许多并非特别适合折纸科目。此外，多年来的设计折纸绝大部分数字不兴建从单轴基地，许多设计师---最显着的约翰 montroll ---已制定的其他办法来设计，显然不单轴。

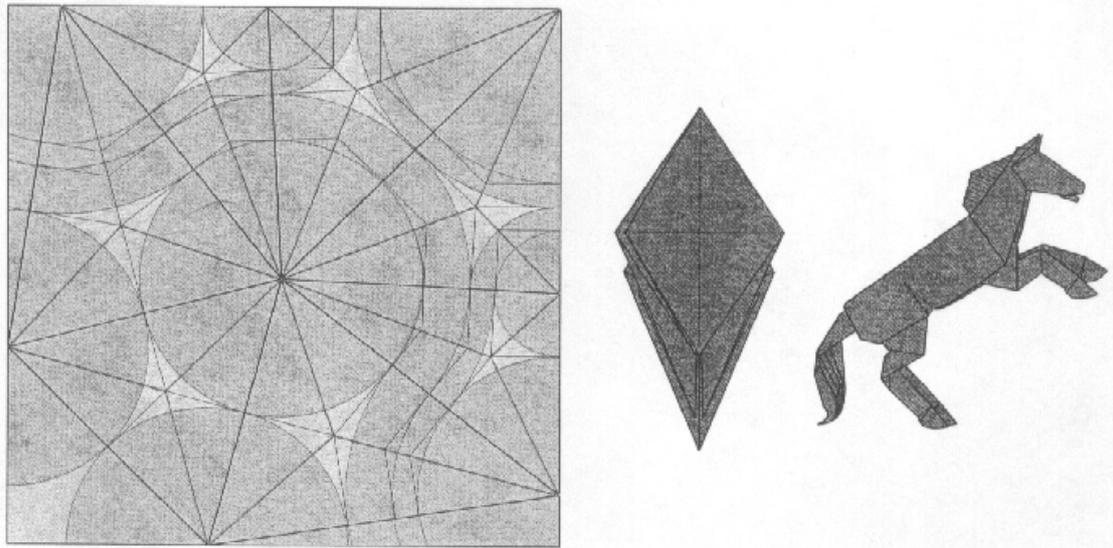


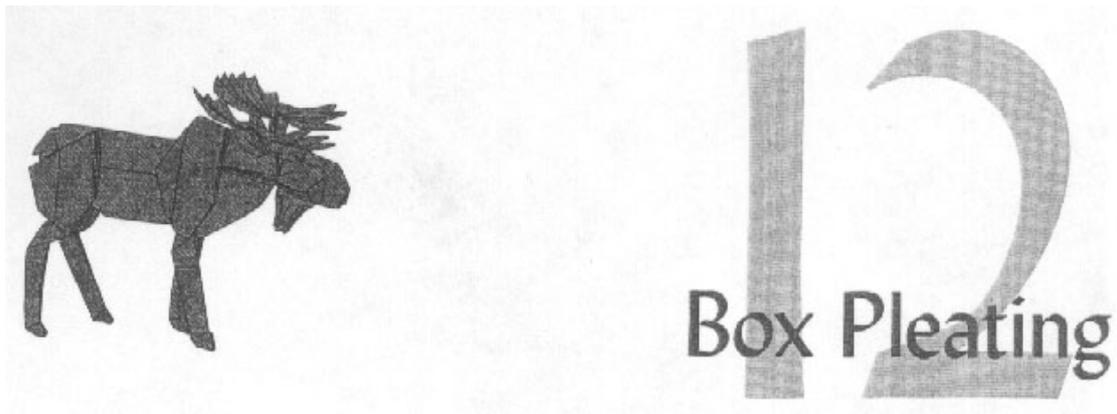
Figure 11.37.
Crease pattern, base, and folded model of the Alamo Stallion.

图 11.37

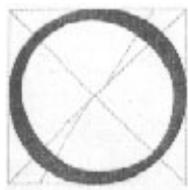
折痕模式，基地，折叠模型的阿拉莫种马。

然而，令人惊讶的多功能单轴基地，因为他们可以构造系统，它们可用于不少折纸问题。此外，底层技术是更广泛的适用，从树理论，圆/河包装，定点分裂的概念，更可以混合，并与其他技术相结合，产生高效，新颖，有时美丽的结构。接下来的两章展示，那就是在这些混合的方法在于许多可能性 2。

（第十一章完）



12. 盒褶裥



其中许多努力创作主张的特点---以及科学和工程,也具有重要的艺术成分---是创新爆发的存在。折纸也不例外。通过折纸设计的 20 世纪的进步是一个稳定的,渐进的非凡创造力提前偶然事件所打断。这是一个普遍现象:这是因为如果一些达到阈值,是一个真正的新的设计方法是发现的,那么技术或技术的探讨和利用,以便迅速,一个令人瞠目结舌的新领域看起来好像从稀薄的空气。通常在事后,历史学家可以梳理出一个特定革命的先例,但在往后的日子导致的关键事件,没有人看见它的到来。这种现象发生在许多领域的努力:在量子理论的革命 20 世纪初物理学;印象派绘画的世界改变了永远。在折纸,一个创造性的爆裂是最突出的例子埃马纽埃尔穆瑟博士的列车,这是从一个单一的表多学科的时代迎来了代表折纸,60 年代中期出现人为的文章,以及收集的技巧这个日子已经成为被称为盒褶裥。

12.1. 穆瑟的火车

在小型,松散的西方世界折纸编织,穆瑟的火车,在图 12.1 所示,是一个重磅炸弹的东西。虽然许多文件夹已增加到了使用多个工作表的纸张,实现从这个广场,后腿和尾巴---这里是从遥远的另一个极端:用一个单一的主题---头和前腿一个舒适的概念纸实现许多不同的对象,发动机和一个完整的车厢!其结果是如此令人难以置信的文件夹抢看它是怎么做。

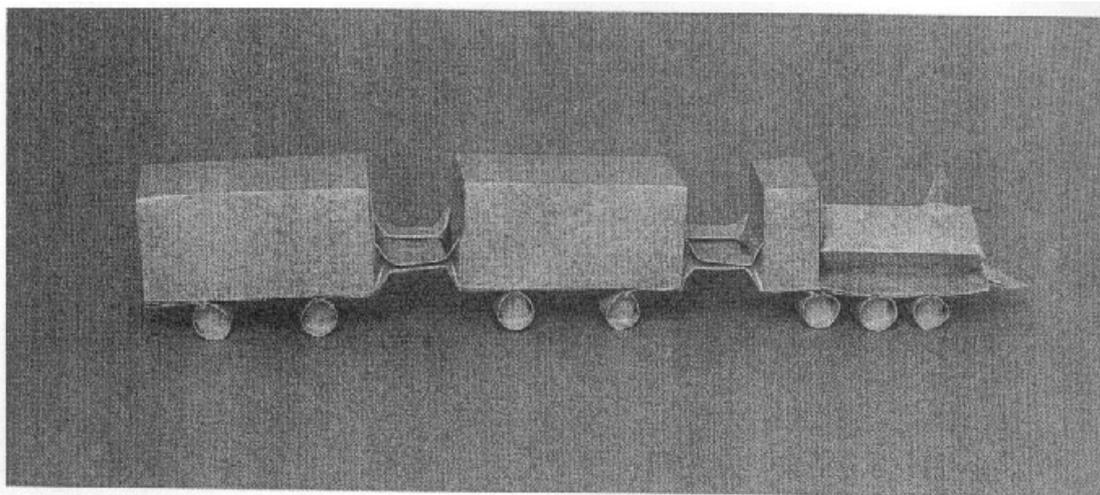


图 12.1。

穆瑟的火车，由作者折叠。

这种新颖的结果是完成了一个同样的新方法。怎样设置从折纸绝大多数穆瑟的列车外，是折叠的风格和技巧，以及由此产生的模型的复杂性。立即明显的差异甚至是肤浅的考试模式的折痕。在几乎所有的古代和近代早期的折纸，主要的皱褶是径向为主。他们所发出，明星般的从各点在广场：中心，弯道，对边的中点。

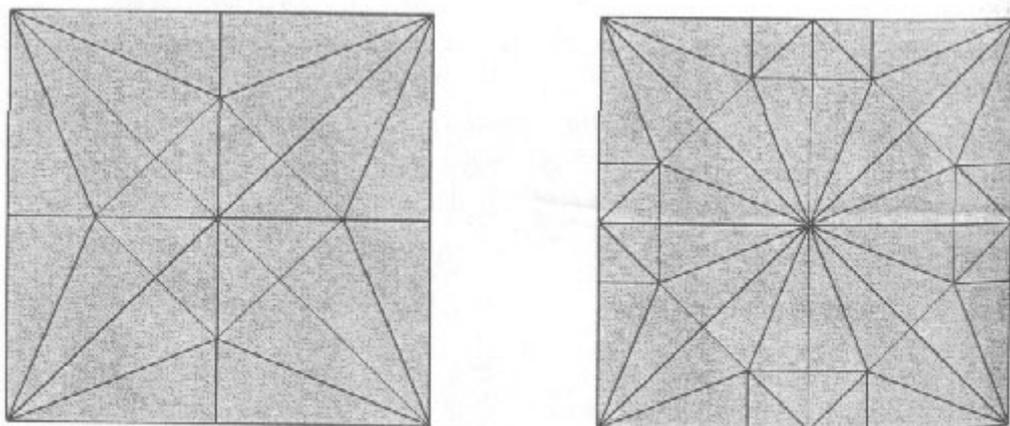


Figure 12.2.
Crease patterns of the Bird and Frog Bases, illustrating the radial pattern of creases.

图 12.2

折痕模式的鸟和青蛙基地，说明了皱折径向模式。

但穆瑟的设计，不同的事情。首先，他从一开始长矩形，这不单单是一个新奇的几个传统模式与一个矩形开始。但相对于大多数折纸，在穆瑟的皱褶形成了培训，其中多数是均匀分布的平行线网格，偶尔在 45 度运行到纸张的边缘对角线打破。在整体外观的折痕模式是完全不同于传统的折纸的模式。

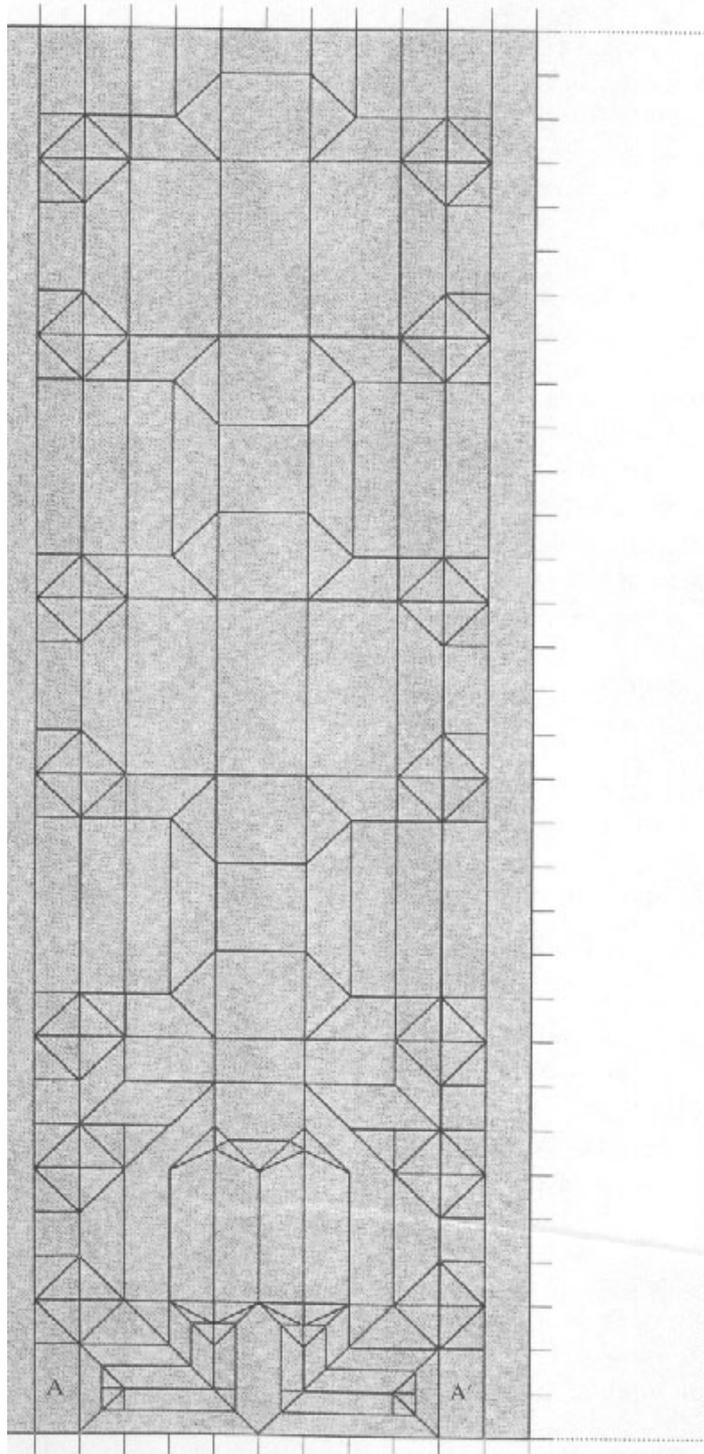
幸运的是好奇，折纸大体上煽动的结果和双方如何分享文化到，它是一种耐寒的文件夹之前没有长，雷蒙德光麦克莱恩，已建成并分发一为设计说明书。在正式出版的书---折纸代替了寥寥可数在 60 年代和 70 年代通过---这是由人对人，复印，并重新复制这一次（当复印机还远远没有普及）。吓人，一个单一的指示载有折痕的模式，没有不断研发新的分步图，以及零星的小页面组成，手写的口头指示缠的格局的边缘。我在图重绘 12.3 麦克莱恩的指示，如果你想尝试一下自己，为爱冒险的灵魂谁想要体验从原来的折叠，他们在图 12.4 转载。

具有挑战性的图表，以及他们对普遍缺乏可用性只增加了神秘的光环围绕这一模式，不久后，它的出现成为了试件 1 人反对该折纸，希望他或她必须测试折叠技能。和任何折叠穆瑟的火车即刻便成为折纸聚集在它出现的焦点。

穆瑟的火车完成了宝贵的作用：它的折叠提供了证据，该文件夹已经达到了艺术的顶峰。这本身就是一个有价值的作用。但穆瑟的火车是不是一个新的风格的高潮，相反，这是路线图，领导方式，以一种全新的方法来设计和折纸折纸主题---新类的人造物体。它将通过一系列激励创造性发展十年的折纸设计师小群，探索和推动的界限是什么在一个工作表/折纸范例可能没有削减。他们的创新，反过来，通过展示什么是真正的折叠单可能会导致多页，或复合材料，折纸设计靠近放弃。和他们的工作将继续激励了整个一代折纸设计师，包括这本书的作者。

即是由穆瑟的模型，认真开展革命开始时，它的技术是通过和另一创新的夹扩大。由 60 年代中期，尼尔埃利亚斯已经是美国最有创造性的文件夹之一，绘图和他自己的新设计数百人。埃利亚斯表现出与传统的折纸基地惊人的创造力。经典鸟基地---已经感觉一些文件夹已经发挥出埃利亚斯手中---成新的形状开花。最值得注意的是，埃利亚斯有例如一个 01 期多学科的创作才华，有两个对等的禽鸟从单一鸟基地，鸟舍。当他看到穆瑟的列车，他立刻看到了它的巨大潜力。

Mooser's Train Crease Pattern & Order of Attack



Worked out by R. K. McLain,
March 20, 1967
Hindman, KY 41822

Begin with (2) x (1) square.
Divide (2) into 32 squares.
Divide (1) into 16 squares.
Remove 4 squares the long way.
You now have 32 x 12 squares.
Mtn. fold under 1 square the long way
on each side.

Now make the crease pattern as
indicated. Each box car requires 10
squares long and 12 squares wide. The
locomotive requires 12 x 12.

Now mould the model much as you
would clay.

Several things must give at once so
that a firm crease pattern without
extraneous creases is helpful. Be patient
& gentle.

When moulding is
completed, squash & partially
petal fold the wheels & turn
under the end points a little.
(Make catcher with A & A')

Dent inwards the platform between
cars, lock the end of the last car by
valley folding inwards the platform
part, lock the underside by folding
inward the extra material between &
behind the wheels.

Bend the locomotive's snout upwards,
penetrate (with a cut) it inwards into
the boiler & bring it back outwards
(with another cut) (and a valley fold)
as a smoke stack. If you succeed, you
get the prize for diligence! I'll take
one too! This surely is a clever model
& points the way to future 3D origami.

Perhaps the crease pattern could be
scratched onto paper (making valley
folds only on both sides of the paper)
with a knife denting but not cutting
through.

Figure 12.3.
Folding instructions for Mooser's Train.

穆瑟的火车抗皱模式及攻击命令

制定了由 R.K. 麦克莱恩。1967 年 3 月 20 日。欣德曼肯塔基州 41822。

开始 (2) × (1) 广场; 鸿沟 (2) 到 32 平方; 鸿沟 (1) 为 16 个正方形。

删除 4 平方的漫长道路。你现在有 32 × 12 平方。MTN 的传闻。广场上的 1 倍, 每边长的路。

现在, 使折痕模式所示。每个车厢需要 10 平方和 12 平方长期广泛。机车需要 12 × 12。现在模具的模型, 象您将黏土。几件事情必须立即使一个企业没有多余的折痕折痕模式是有帮助的。要有耐心和温柔。



当造型完成后, 壁球及部分花瓣折叠的车轮与之交, 在终点一点点。(同 A&A 的捕手。) 登特病房的赛车之间的平台, 由谷锁向内折叠的平台的一部分, 过去车底。由向内折叠锁之间和背后的车轮额外材料的底部。

机车弯曲的鼻子走。渗透 (与切) 是否进入锅炉及向外带回来与另一切 (向内) (和一个谷折叠) 作为一个烟囱。如果你成功了, 你的勤奋奖! 我就买一个呢! 这当然是一个聪明的模式与点到未来 3D 折纸方法。

或许可以划伤折痕模式纸上 (使谷折叠只在纸张的两面) 与一凹, 没有通过刀切割。

图 12.3

为莫塞的火车折叠指示。

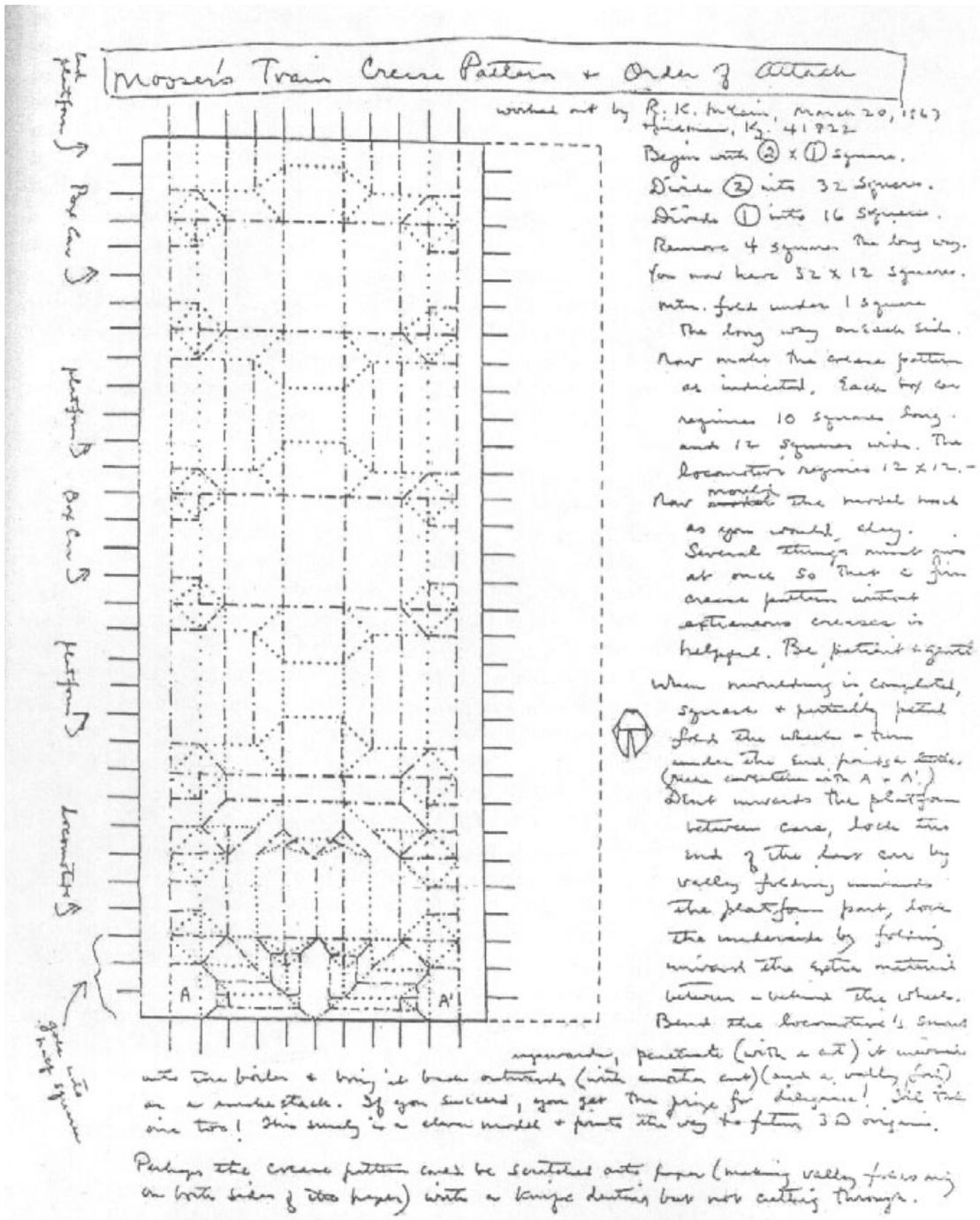


Figure 12.4.
Raymond K. McLain's original instructions for Mooser's Train.

图 12.4

雷蒙德光麦克莱恩的对穆瑟的列车原始指令。

了解这一模式意味着，我们要回顾在 20 世纪 50 年代和 60 年代的折纸设计状态。折纸设计师通常选择了一个主题，然后选择该有几个瓣与几个基地之一。作为理想的选择对象，并希望在大致为主题的功能相同的位置安排皮瓣皮瓣与相同数量的基础上，设计人员可以发芽，进一步形成褶皱，按摩成一些假象基地所需的主题。20 世纪 50 年代在日本和西方 20 世纪 60 年代的设计师们系统地确定了十几个已知的基地。他们有两个基地，使杂交组合件的基地。---特别是美国一些文件夹（和埃利亚斯友好竞争对手）弗雷德罗姆---已制定自己的新基地。

但 3 节车厢中，并无任何已知的折纸基地，单轴或不相似。这种列车结合了相同的 14 瓣需要形成车轮大，四四方方的形状，适当沿 3 辆汽车（在机车底部分布六，四对货车车厢每个）。这是很具体的。没有人是永远要四折，从传统的基础火车。即使在 50 年代和 60 年代，不断有新的基地正在试验和错误中发现，某一有正确的数量和正确的地方只是使一列火车的皮瓣大小基地的可能性要一百万次。即使快进到 90 年代，单轴基地技术---界，河流，分子，和树木---可以处理皮瓣，但不会产生固体元素。穆瑟发现什么，在他的出色表现和训练，显然是为制造三维盒和皮瓣在将一套技巧。

这怎么可能？什么是对的列车，赋予这个令人难以置信的多功能防皱模式呢？答案是没有立即明显。了穆瑟的火车折痕模式最大的特色是，大部分的折痕运行起来，和式或左到右。一小部分运行在 45°。这是与其他在该折痕先阅读似乎运行在许多不同的角度和方向，每两个因素，何种方式折纸基地。该模式更具灵活性：约束，小区/市中心/列车，或许多，不同方向的传统折纸模式罗斯敦模式？很明显，其中火车构建规则较传统的折纸的规则限制。怎么会是一个更严格的规则设置导致较少限制，更加灵活的结果呢？

矛盾的是，它是箱形褶裥，使人们有可能折叠的限制，这种复杂的设计非常紧张。它一直难以开发新的折纸基地的理由是，基地是一个形态，一个不可分割的整体，各个部分的互动模式与其他部件，所以这是非常困难的，在一个零件的重大变化模式，而不必改变所有其他部分。模式的折痕相似的蜘蛛网正好比喻；拿出一单链，它在整个网络回荡。也许是一个更好的比喻是一个苹果堆栈：移动一个圆圈，包装和整个包装错误的苹果和堆倒塌，将一个圆圈可能需要重新整理。变化中的一个折痕模式单一顶点，其影响在整个传播格局。

而这些影响很可能促成一个堕入开展能力。让我们以一个简单的例子：青蛙的基础上，如图 12.5 所示。假设我们希望为一些移动顶点对应的中心点的原因。动议顶点的最小金额远离中心，没有其他变化，以及抗皱模式能够成为开展（或者说，联合平板折叠式，它可以向再按下不造成皱纹单位）。它是可能的，然而，移动到其他顶点返回基地单位可折叠，如在右图 12.5 所示的，但这样做需要我们改变了所有其他的内部顶点位置，在几乎每一个移动造成的折痕在该模式。

一个看似无关痛痒的改变格局的力量在整个设计的变化。这是一个企图使转变的一个单点定位的结果。我们甚至还没有添加任何内容。在早期的折纸，设计是渐进的，在一时间改变。但如果这样的一个微小变化的力量格局的折痕彻底重新设计，有什么希望的逐步建立设计师 1 14 轮，三 vehicled 如火车运送？如何将一个真正的钢铁和木材的列车设计师最轻微的变化，如果---说，移动门拉手---被迫在每个人的每个部分的结构尺寸不可预知的变化？

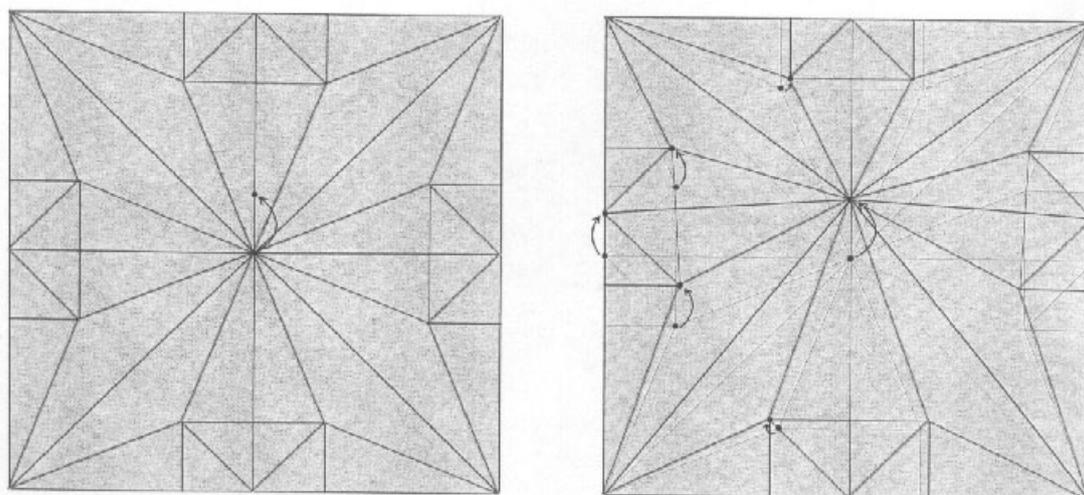


Figure 12.5.
Left: the crease pattern for a Frog Base. Suppose we move the central vertex upward.
Right: the new flat-foldable crease pattern. Note that every other interior vertex has also moved.

图 12.5

左：一个青蛙基地的折痕模式。假设，我们提出中央顶点向上。

右：新的平板折叠折痕模式。注意，每一个顶点其他内部也感动。

但穆瑟的火车，一些变化不会引起这么大的麻烦。在火车上，不运行的折痕每哪种方式。事实上，他们只延长四个不同的方向：上/下，左/右，对角线向上，向下斜。以及不属于折痕

随便找个地方：有一个潜在的网格，使上/下和左/右折痕沿网格线运行只，而对角线折痕始终连接对角线网格点。所以折痕模式是相当严格的限制。

网格的限制，以使该折痕模式，它赢得了机群可能下降到一个可管理的模式设置难以想像的韧皮空间。最重要的是，它限制的方式，该模式可以相互交流的不同部分。与像青蛙基地旧式基地问题不只是与周边点中心点交互：那就是它与每一个不同的方式 *surrounding* 点交互。这样一类型的变化在其周围环境造成的，然后在他们创造更多的变化几种类型的变化，等等。这意味着复杂性的一个变化引起的变化迅速传播瀑布离原扰动。 但在一个盒子里，由褶模式，那里的折痕模式不同部位对应于模型的不同部分，都在相同的基本交互方式。因此，相当小的基本技术工具包可以合并，建成了相当复杂的结构。



该工具包的基本要素是莫塞的火车可见，所有的箱褶模式，遵循原型。这两个因素是建立和连接盒（用于发动机的机构和两辆汽车）技术，以及创造皮瓣（所用的轮子，以及技术特别是烟囱）。两个方块和皮瓣生长出相同的折痕，这允许任意组合框和直线电网皮瓣被创建并结合自己的意愿。

12.2。折叠箱

该技术以创造框式结构，其前身是在众所周知的，包括（并不奇怪）一个简单的盒子，几十年来已知的可能，如果不是数百年的传统模式。该框显示的基本机制，使箱作为一种风格褶裥和弥补了莫塞的列车的整体结构。箱形褶裥作为一种风格一直坐在那里。等待被发现，但最常见的折叠序列的传统方块图 12.6 给出（）和对角线方向模糊模型的基本结构及其与火车。

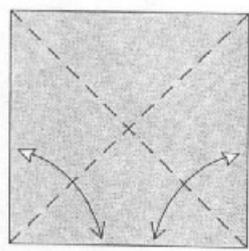
这是一个相当普遍的现象折纸：已发布的折叠序列通常为便于可折叠，或在某些情况下兴建的，优雅的介绍（在最后一个惊人的举动）。在任何情况下，折叠序列的选择很可能隐匿，而不是照亮，该模型的基本结构。

表面上，我们在这里只是一个有两个把手框。但是让我们看看它作为一种形式的集合。我

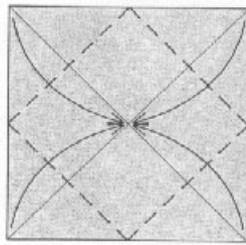
们有一系列的线性形式。

- 一个单位的形式（句柄），
- 从一个平面的形式过渡到三维的形式，
- 三维形式（盒子本身），
- 另从三维的形式过渡到一个单位的形式，
- 最后另一单位形式（相反句柄）。

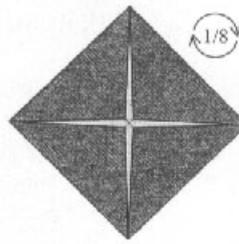
请问这两个和三维的形式出现的平板组合？最好的方法是采取找出该模型回单位表，记录，其中部分是从哪个国家。如果我们在箱子标签---基地，边的特点，前轮，后轮，并注意处理---从每个地区中开展工作表来了，我们之间建立一种可以折叠和展开表，我们可以建立对应之间对应的折叠和展开模型的形式，如图 12.7 所示



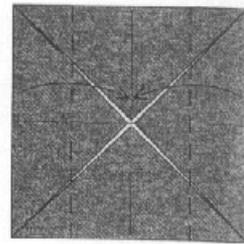
1. Begin with a square. Fold and unfold along the diagonals.



2. Fold the four corners to the center of the paper.



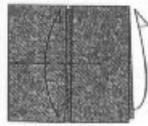
3. Rotate the paper 1/8 turn clockwise.



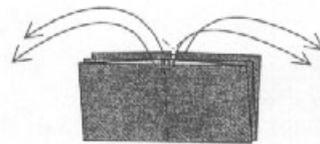
4. Fold the sides in to the center line.



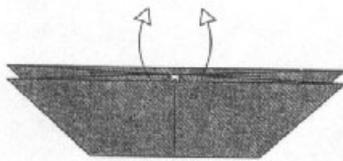
5. Mountain-fold the top half of the model behind.



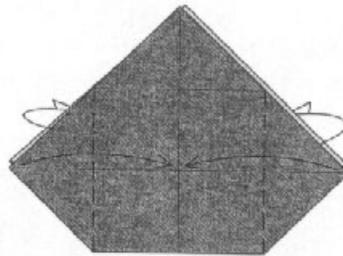
6. Fold one flap up to the top edge in front; repeat behind.



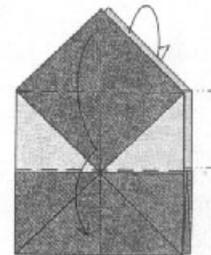
7. Pull the corners out to the sides as far as possible and flatten the model.



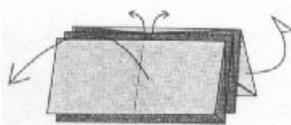
8. Pull the raw corners out completely in front and behind.



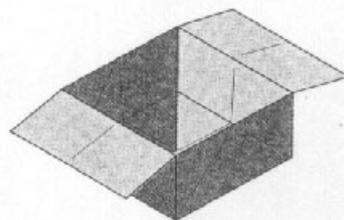
9. Fold the corners in to the center on existing creases. Repeat behind.



10. Fold the top corner down; fold the resulting flap down again. Repeat behind.



11. Grasp the two white flaps and pull them in opposite directions, opening out the model.



12. Finished Box.

Figure 12.6.
Folding sequence for the traditional box.

- 1、首先一个正方形。折叠和展开沿对角线。
- 2、折叠四个角落，在纸张的中心。
- 3、旋转纸 1/8 顺时针旋转。
- 4、折叠中心线的两侧。

- 5、山折叠顶端模型背后的一半。
- 6、折一皮瓣到前面的上边缘;重复落后。
- 7、拉弯出双方尽量压平的模式。
- 8、拉原始的角落，完全在前面和后面。
- 9、折叠的折痕中心现有的角落。重复落后。
- 10、 右上角向下折折所产生的皮瓣下来。重复落后。
- 11、 把握两个白色瓣和他们相反的方向拉，打开了该模型。
- 12、 成品框。

图 12.6

折叠序列的传统框。

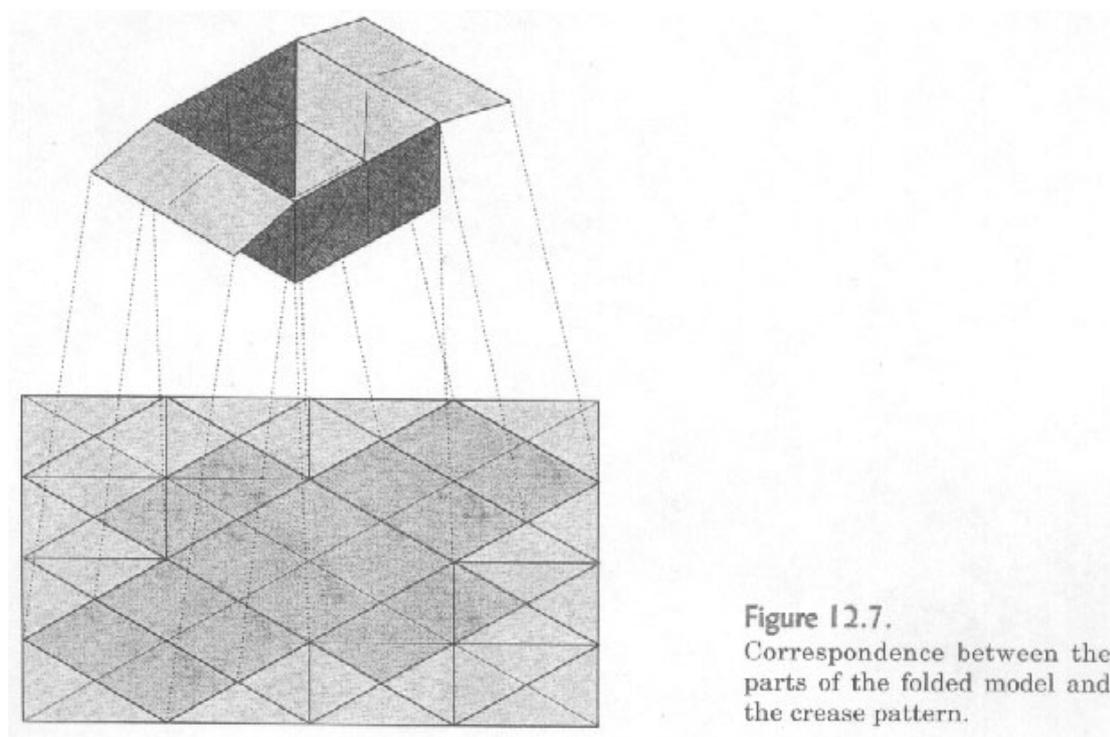


Figure 12.7.
Correspondence between the parts of the folded model and the crease pattern.

图 12.7

信件之间的折叠模型零件和折痕模式。

如果我们审视自身的折痕模式，我们看到的是，并非所有需要的文件，以使模型。尤其是顶部和底部的角落（这是夹在里面了该模型的底部向下）不利于多（比其他一些额外的刚度，由于多层）和侧角经过已处理卷起以及。

请注意，在这个三维模型，在一些山区和山谷折叠作二面角---相邻表面之间的角度--- 90° ，而另一些压平在折叠模型。

在标有数字的折痕模式图 12.8 表明，我们不需要整个广场折叠此框。事实上，我们可以折叠什么本质上是从一个 3×2 矩形相同的模型，如在图 12.9 虚线概述。

虽然一 3×2 的矩形被认为是非标准的折纸（或至少不常见）和 100-104 比少一个正方形的对称，它是一个折叠的盒子形状更自然，因为纸张的边缘与双方一致的包装盒及层分布更均匀。我们基本上可以从 3×2 矩形折叠的同一个盒子，如图 12.10 所示。但是请注意，该折叠序列有很大的不同。

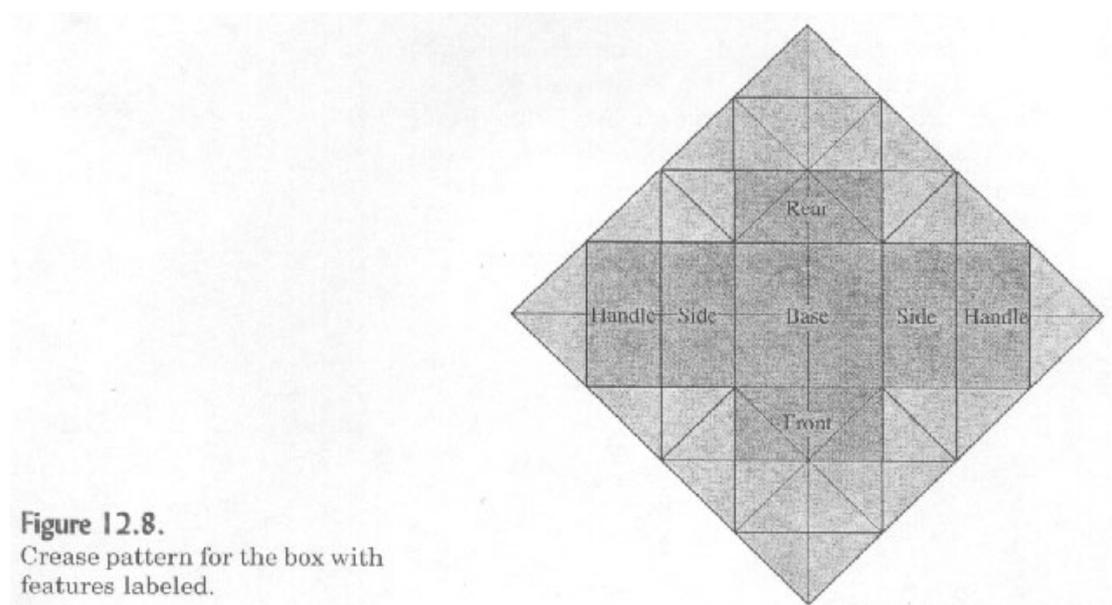


Figure 12.8.
Crease pattern for the box with features labeled.

Rcart: 车 handle---side: 方处理 base: 基地 front: 前

图 12.8

折痕模式为与标记功能框。

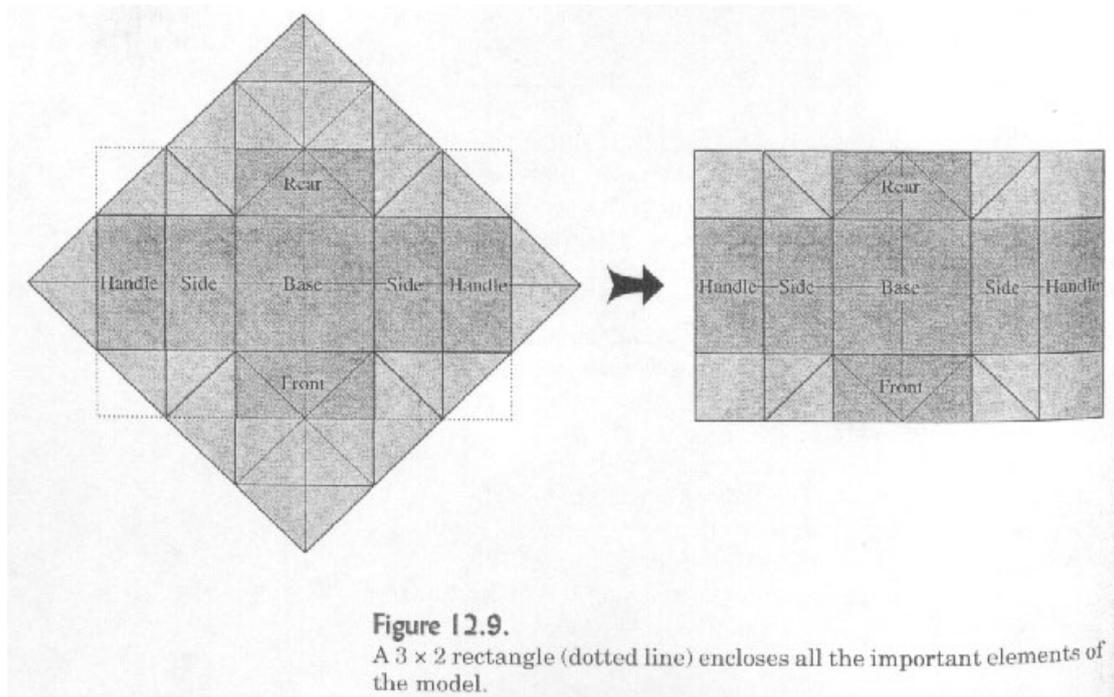
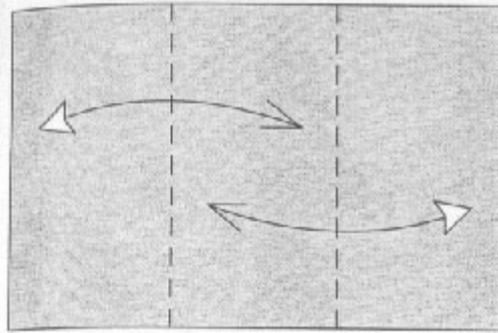
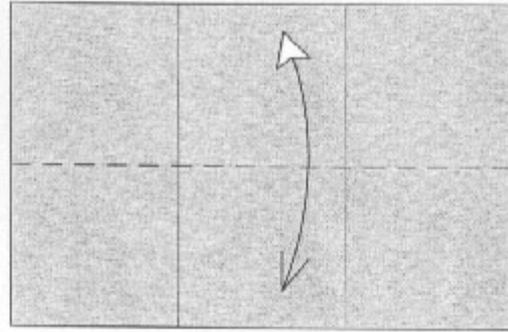


图 12.9

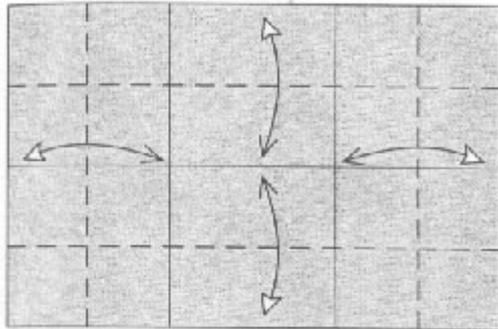
一个 3×2 的矩形（虚线）包围了该模型的所有重要因素。



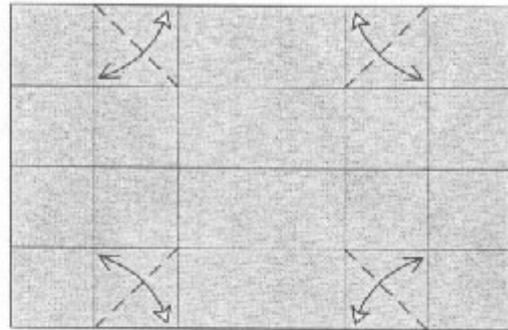
1. Begin with a 3×2 rectangle. Fold and unfold in thirds.



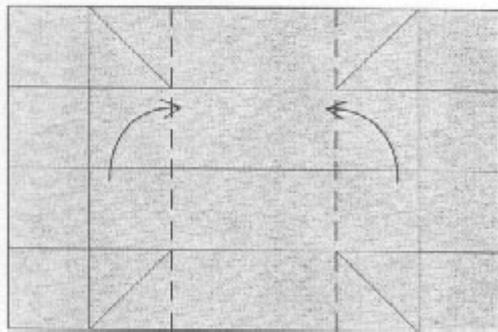
2. Fold the top down and unfold.



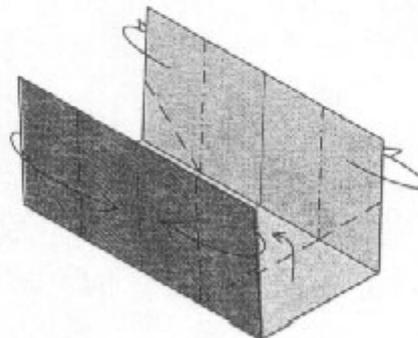
3. Fold each edge to a crease line and unfold.



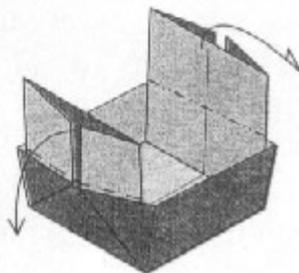
4. Bring the bottom edge to the vertical crease line, crease, and unfold. Repeat on the right, and in two places up top.



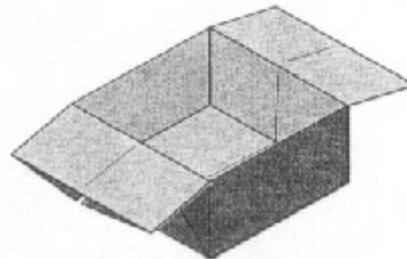
5. Fold the sides up so that they stand straight up.



6. Fold the raw edges of each side toward each other, lifting up the front and rear edges at the same time.



7. Fold the sides down.



8. Finished Box.

Figure 12.10.

Folding sequence for the traditional box from a rectangle.

- 1、首先有一个 3×2 长方形折叠和展开的三分之二。
- 2、折叠自上而下和展开。
- 3、每到一个边折叠折痕线展开。
- 4、把底边缘线的垂直皱纹，折痕，并展开。重复的权利，并在两个地方最多的顶部。
- 5、双方折叠起来，使他们站在直线上上升。
- 6、折叠每对对方的每一个原材料的优势，解除了在同一时间的前部和后部边缘。
- 7、双方向下折叠。
- 8、成品框。

图 12.10。

折叠序列，从一个传统的矩形框。

这个简单的箱盒，褶模式的基石之一。它是一种可以被拉伸结构，压缩，修改，最重要的是，重复自身的变化和组合，收益率显着复杂的对象。让我们通过一个最简单的可能的变异数。

第一个变化源于一个事实，有两种方法可以折叠同一个盒子。如果您在同一步骤 1-6 折叠，但在第 7 步，环绕到另一边的垂直边缘，你就会得到一个类似，但略有不同，结构如图 12.11 所示。

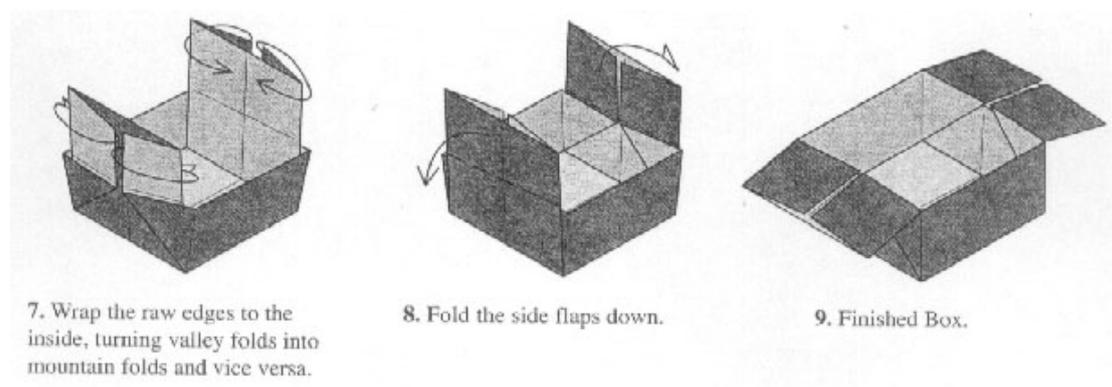


Figure 12.11.
A different finish for the 3×2 box.

- 8、原边包到内部，把山褶皱，反之亦然谷折叠。
- 9、折叠侧皮瓣下来。
- 10、成品框。

图 12.11

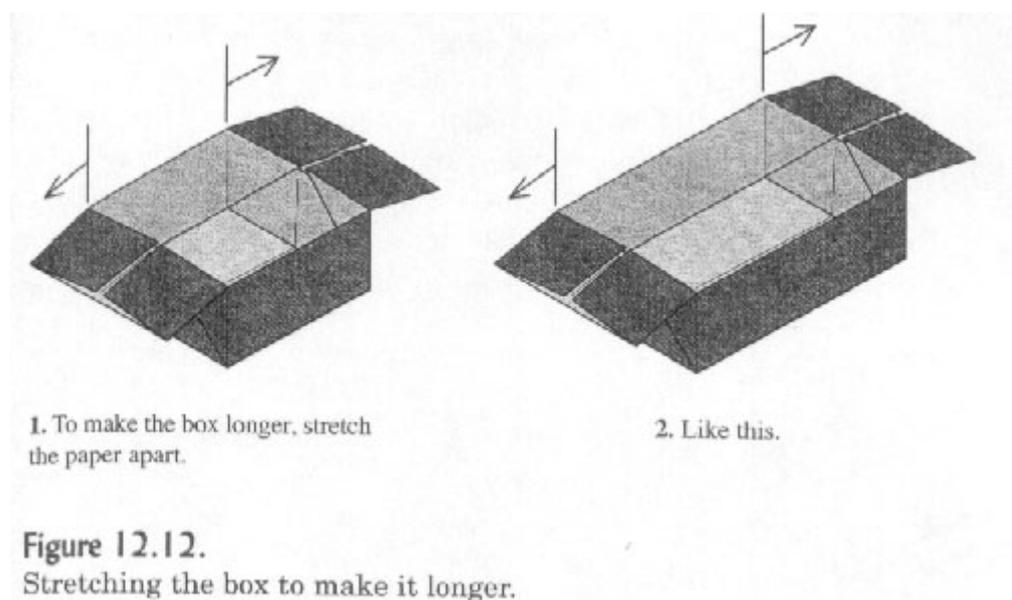
为 3×2 盒不同的光洁度。

在箱子的两个版本略有不同的处理。第一，是白色的手柄，而在第二，他们的颜色。但还有一个更重要的区别：在第二种形式中，该论文的原始边缘的盒子上面有一面暴露出来。我们将利用这个有点迟。

接下来，我们可以改变它的比例。我们可以把它更长，更宽，或高，或任何 3 个组合。我们可向我们希望使较长（即转移远离对方句柄）。如果该报告的橡胶制成，我们可以简单地伸展它，如图 12.12 所示。

但由于纸不能伸展，我们需要另一种方法，假设我们想要的方块 50% 的时间，即只要一半又是现在。这种办法不需要拉伸是在两个模型和削减添加更多的文件，我们需要它，如图 12.13 所示。

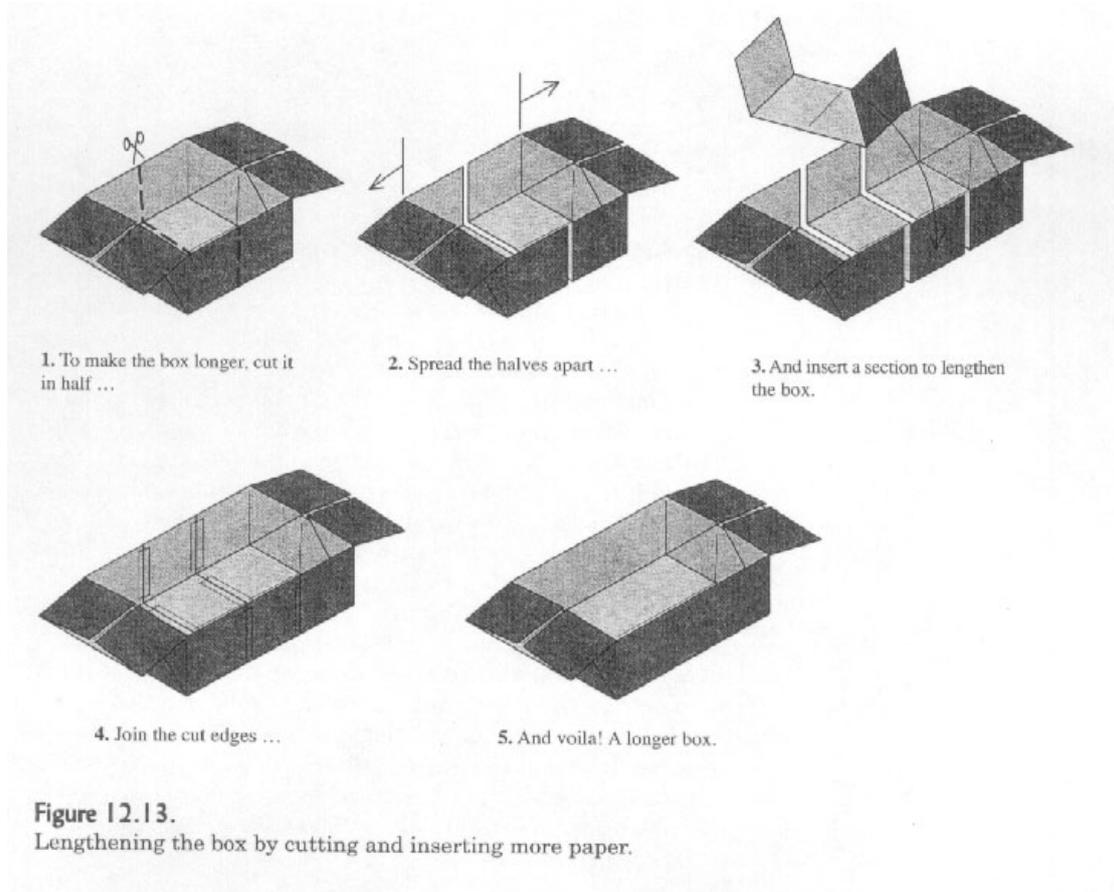
在这一点上，折纸纯化论者是在抗议嚎叫：折纸是一种折叠艺术，而不是切割和录音文件！如何能够被称为折纸？它是纯粹的折纸，我们将不得不从一纸折叠未经切割片此框。但是这比嫁接，我们在第 6 和第 7 章什么也没做。如果您构建一个框根据图 12.13 处方，然后展开它，你将结束与几个部门组成的平板纸，录音于边缘在一起，形成一个比较大的矩形。已经自己使用的是矩形，我们可以简单地转换成一个新的，略长的矩形再次，一个完整无缺页，如图 12.14 所示的录音矩形。



- 1、使中长，舒展的文件分开。
- 2、像这样。

图 12.12

伸展的方块，使其较长时间。



1、使框长。它减少了一半.....

2、散布半分开...

3、并插入一节延长框。

4、加入削减边缘...

5、和瞧！较长的框。图 12.13。 延长削减和插入纸张的方块。

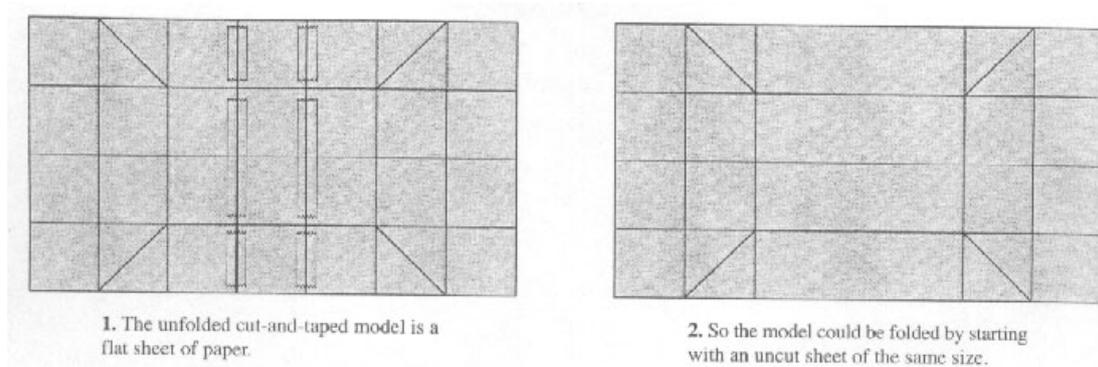


Figure 12.14.
The unfolded model, and an uncut sheet that can be used to fold the longer box.

- 1、折叠剪切和录音模式是一张平板。
- 2、这样的模型可以被折叠，与一个同样大小的未切割片开始。

图 12.14。

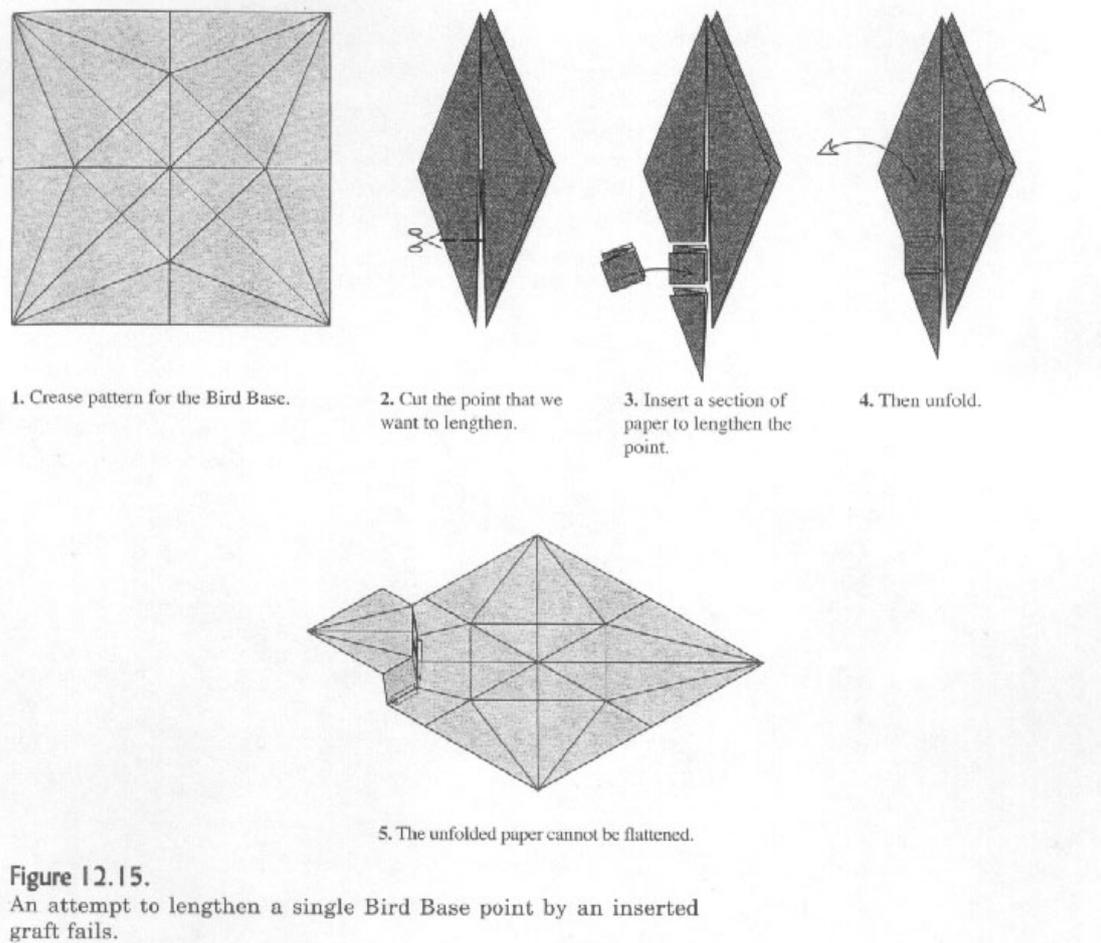
折叠模型，以及未经切割片，可用于折叠的时间越长方块。

所以，盒子可再通过添加更多的文件，开始矩形。我们改变了它的比例，当然---我们开始有一个 3×2 （或等价的， 6×4 ）矩形，我们现在正在使用的 $3\frac{1}{2} \times 2$ （或等价的， 7×4 ）的矩形。但如果你从一个长方形折叠是另一个几乎一样好。

人们可能开始怀疑，该方法可以普遍适用，处处要延长一点，只需添加一个部分来处理的纸张折叠模型，然后展开它获得新的折痕模式。但是这并不总是可能的，事实上，这是很少有可能以最传统的折纸基地，作为我们与嫁接看到，我们往往被迫补充文件，显示在几个不同的地方。很难增加功能，例如我们与圈构造/河川包装类中的一个径向折痕基地的地方移植。要知道为什么，我们来看看传统的鸟基地，并设法延长其要点之一只是由同一嫁接战略。

如图 12.15 所示，这是行不通的。您当然可以通过削减和延长插入一张纸，一节中的点，但由此产生的形状，折叠时，不能夷为平地。经常在折纸，我们开始一纸平板任何尝试建立模型，折叠的折叠为平板，在这里，我们有相反的问题：该模型是平的，但它的表，从泉水是不是！因此不能无可奈何地使用移植作为一种手段来改变模型的一个小部分的比例。

但与 3×2 盒---与盒褶模式在一般情况下，你可以经常改变---通过改变矩形的从你开始，好像你的比例，减少了零部件的比例折叠模型原来的矩形和插入 1 条。是什么让这一切成为可能，是削减和折痕之间的交叉淘汰（在这里我只角的关系是指那些折痕折叠，折痕不前遗留下来的一些褶皱开展跨过分）。如果所有的褶皱，跨 1，请在 90° ，剪开，然后可以在一般情况下，添加一个文件切割边缘地带之间改变了模型的比例。我们看到这条时，我们增加了单轴嫁接基地，我们沿轴向皱纹减少，使交叉的削减是唯一的折痕较折痕，按定义交叉 90° 。



- 1、折痕模式为基础的鸟。
- 2、切一点，我们要延长。
- 3、插入一张纸节延长了这一点。
- 4、然后展开。
- 5、折叠纸不能夷为平地。

图 12.15

为了延长一个单一的抗体鸟基点插入移植失败。

在一箱褶模式，几乎所有的折痕是垂直或水平。因此，如果削减是由垂直或水平，那么折痕不是平行的切割，在这种情况下，他们不打削减，或者它们的垂直切割，在这种情况下，他们在适当的角度击中它。所以，只要你小心，以避免通过数对角线折痕切割，它可以扩大和延长重复了剪切和磁带技术的应用盒褶模型。

回来我们的 3×2 盒，你应该可以看到现在如何通过添加地带穿过，矩形的中间水平，这个

过程中，从而改变由 6×4 的矩形框，而不是再扩大 6×5 ，如图 12.16。

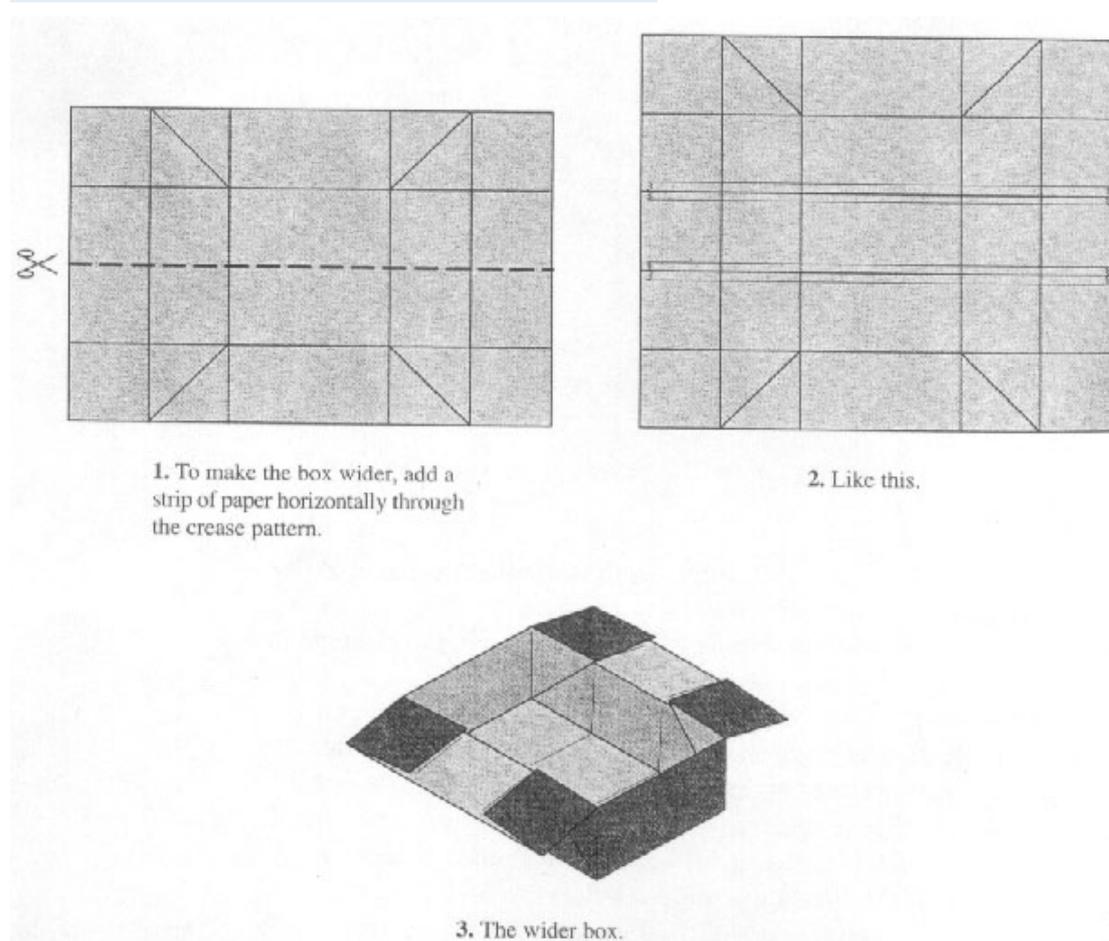


Figure 12.16.
Adding a strip to enlarge the box in the other direction.

- 1、使广大中，添加了纸条通过横向折痕模式。
- 2、像这样。
- 3、更广泛的框。

图 12.16

加入地带扩大在其他方向框。

如果我们想使小的方块，而不是更大？而添加文件之后，我们将粘性纸了。让我们减少在每个方向都单一方的长度和宽度的方块。我们这样做既削减了纵向和横向剥夺了。

因为我们已经削减文件指出，对花瓣的处理中的每个其他折叠现在重叠。最好是避免这种重叠，我们可以消除，增加了一些额外的扭转，折叠，如图 12.17 所示。

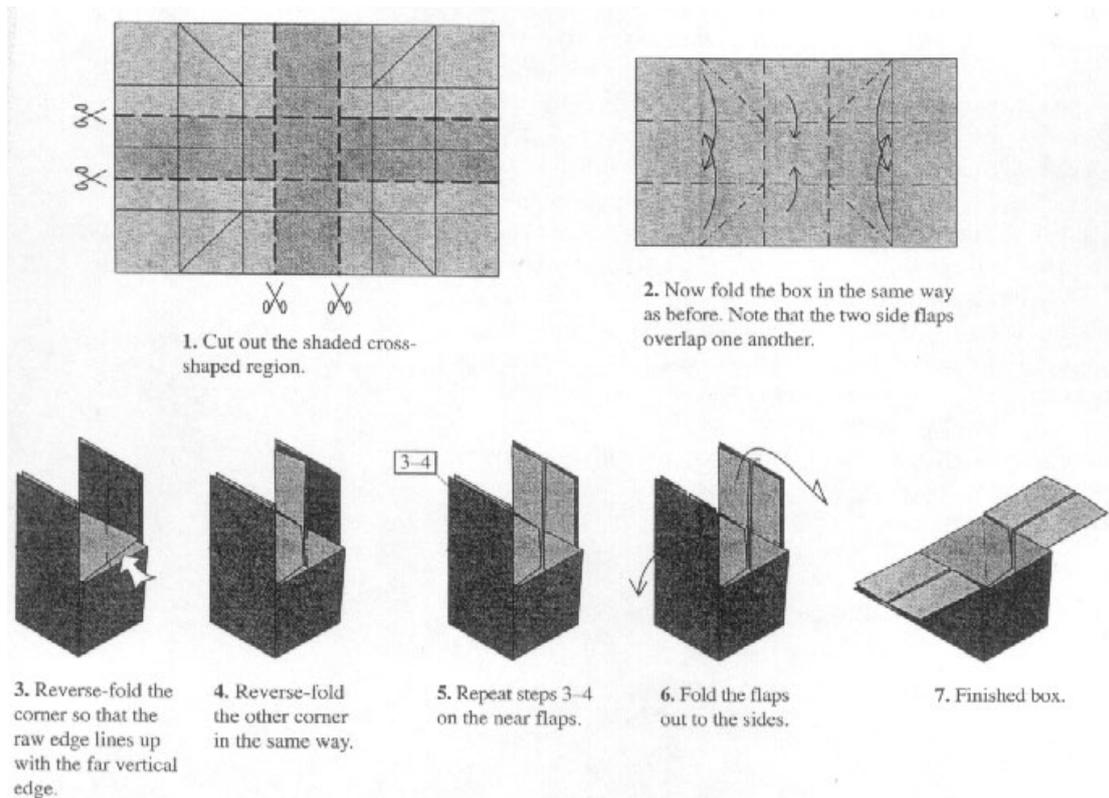


Figure 12.17.
Folding a smaller box.

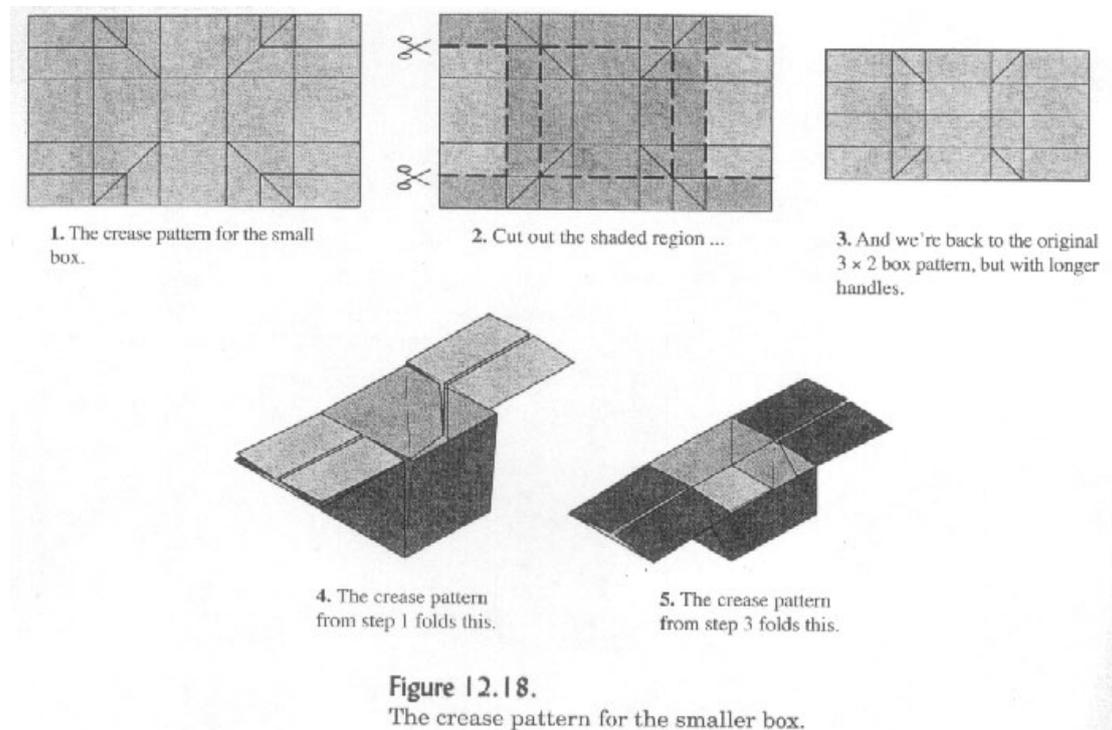
- 1、切出的阴影十字型区域。
- 2、现在折叠在和以前一样的方式框。注意到，两个侧翼互相重叠。
- 3、反向折叠角落，使原边排队远垂直边缘
- 4、反向折叠，以相同的方式的其他角落。
- 5、重复步骤 3-4，在靠近皮瓣。
- 6、折叠出来的皮瓣两侧。
- 7、成品框。

图 12.17 折叠小方块。

额外的反向折叠添加一些新的折叠的折痕模式。他们也主要是垂直和水平。如果你削减这一盒（图 12.18 阴影区域部分），你会回到原来的 3×2 盒刚好一半的原始模式与较长把手（大小）。

比较步骤 4 和 5 表明，浅水中之间更深的盒子和一个区别就是在第 2 步阴影区域。因此，我们可以通过添加简单的带纸，并增加了更为复杂的形状，如步骤 2 所示的图 12.18 一个

盒子更宽或更长的时间，我们可以更深入的框以及。因此，它是可能的，基本上使用相同的结构，使许多长度，宽度，或深度，框。



- 1、为小盒子折痕模式。
- 2、切出的阴影区域...
- 3、我们又回到原来的 3×2 盒模式，但较长的句柄。
- 4、从步骤 1 折叠这个折痕模式。
- 5、从步骤 3 折叠这个折痕模式。

图 12.18

为小方块折痕模式。

但这还只是一个单一的框。我们很快就超过了一单箱兴趣。不过，另一盒褶设计好的属性，如果你小心地保存了原始的纸边跟踪，你可以很容易地加入的方式非常相似的结构，以扩大他们的方式。

图 12.19 显示了如何在两个箱子可以使自己的优势加入到双框，可反过来，从一个单一的 4×12 矩形折叠。

有可能加入两个盒子，因为沿着一条沿纸边毛边一行在奠定了由该模型的折叠。该原料优势，

因此可以搭配一个同样对齐边缘。

这是没有必要，但是，原始的边缘上有两个形状单行谎言被加入。原边，竟然可以在任何三维路径什么，只要交配部分发生在相同的路径。在下一个结构（图 12.20）和部分队友箱箱，实现完全密封箱。

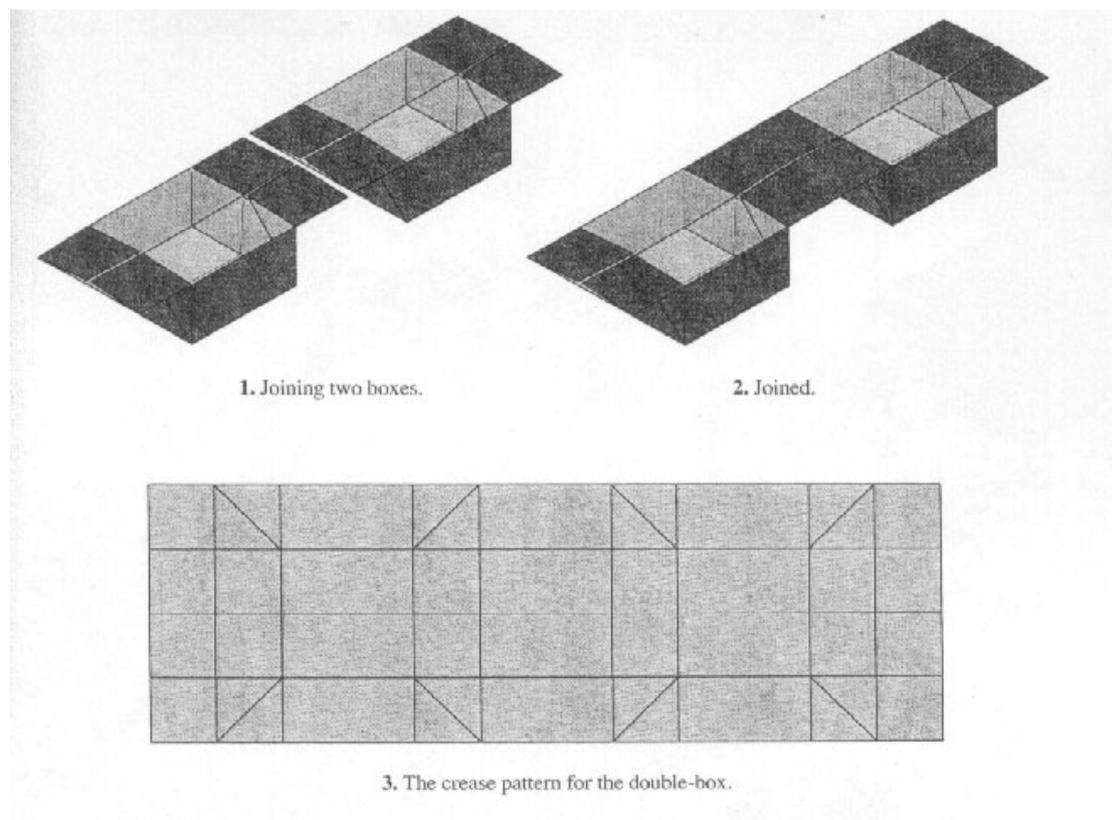


Figure 12.19.
Joining two boxes, and the resulting crease pattern.

- 1、加入两个盒子。
- 2、加入。
- 3、为双箱防皱模式。

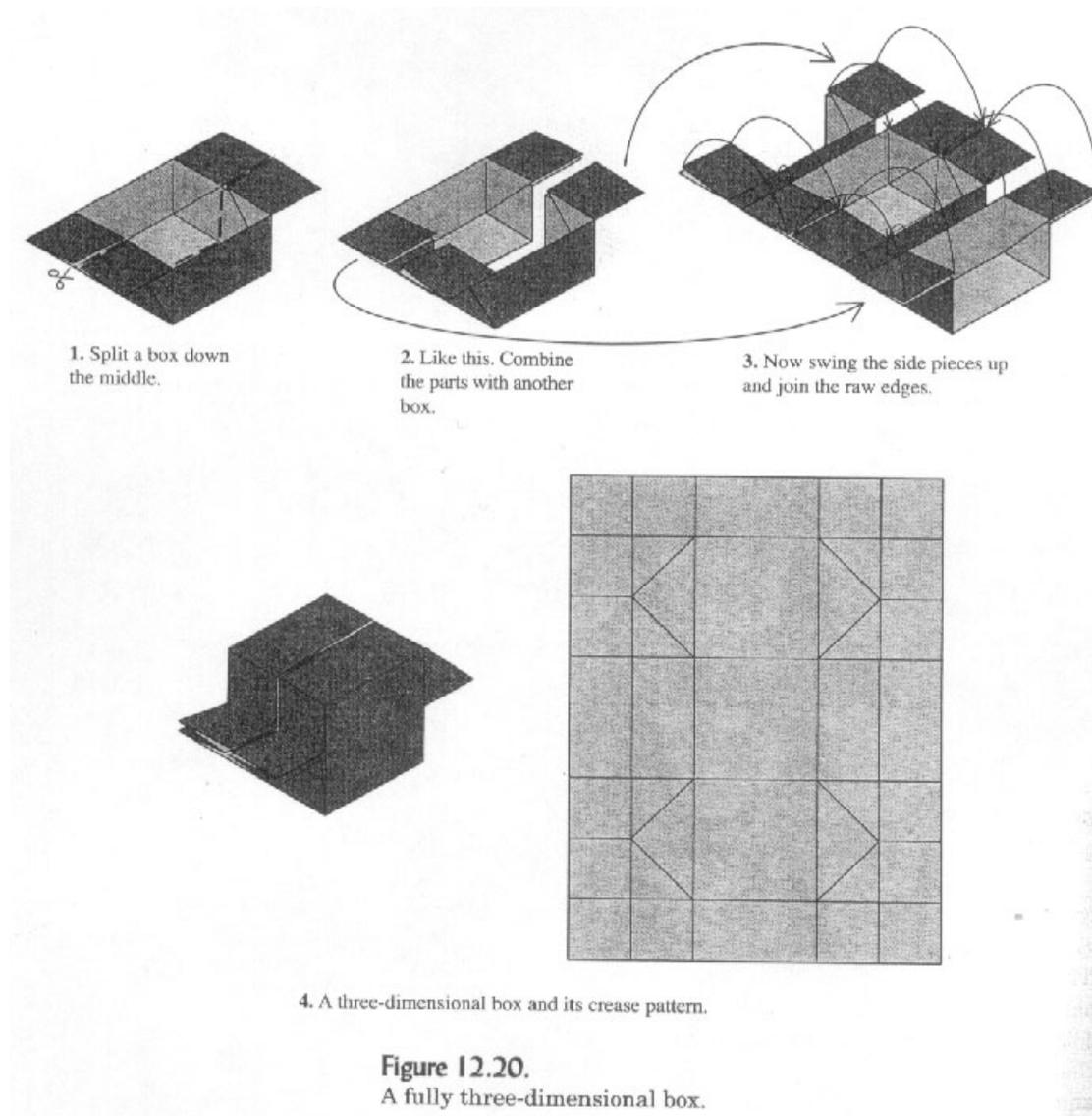
图 12.19

加入了 2 盒，和由此产生的折痕模式。

两个或三个这些框可以加入他们的目的。他们可以延长，使高，并对接加入，并作为收集箱的增长，它是由矩形折叠相应增长。

另一本框思维方式是一个处于两端挤压管，如图 12.21 所示。

所以现在，我们有一个制作盒：盒长，宽盒，打开盒子通用的方式，封闭箱，盒及链，各种形状和大小盒子。但作为一个起点，为折纸，盒子有点限制：你只能用它来使事情是，那么，箱等。幸运的是，这可能是更多的票房比---一个像棚车？或者，在穆瑟的火车，火车货车车厢的一个案例！它并不难，看看如何从一个箱子链发展到了货车车厢的火车。虽然穆瑟的火车是不是正是这种箱式兴建，主要结构元素，如图 12.22，是它的一个小的修改。

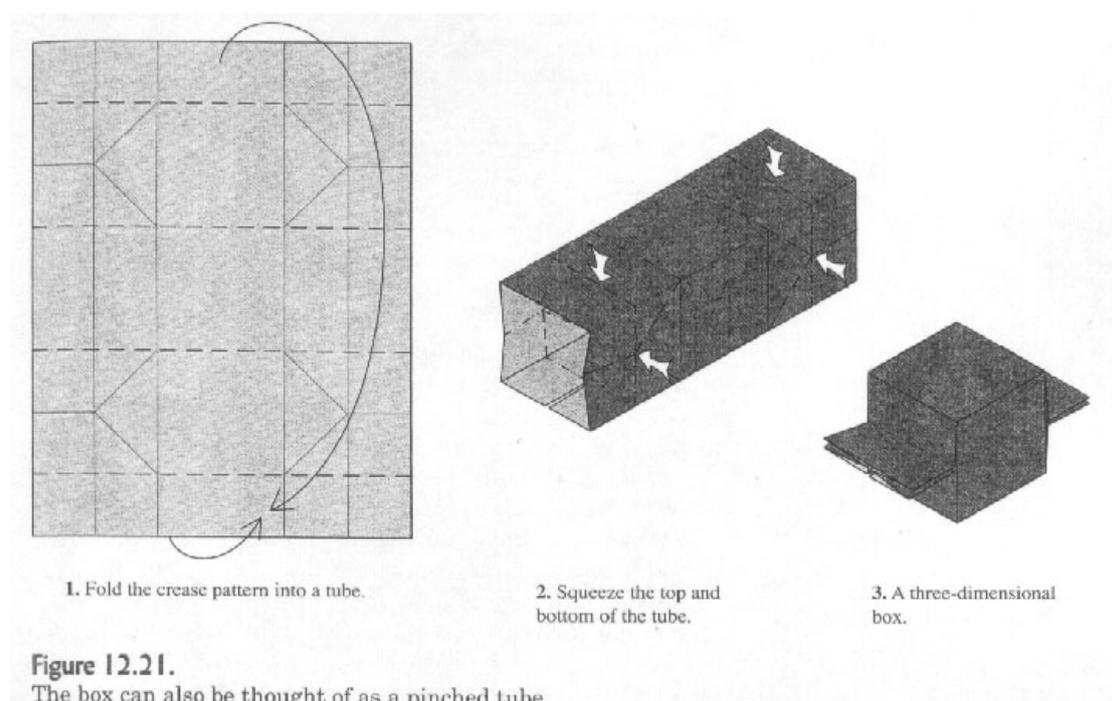


- 1、从中间分裂一个框。
- 2、这样，结合另一箱的部分。
- 3、现在摆在一边件和加入原料优势。
- 4、一个立体方块，它的折痕模式。

图 12.20

一个完全 3 - 立体方块。

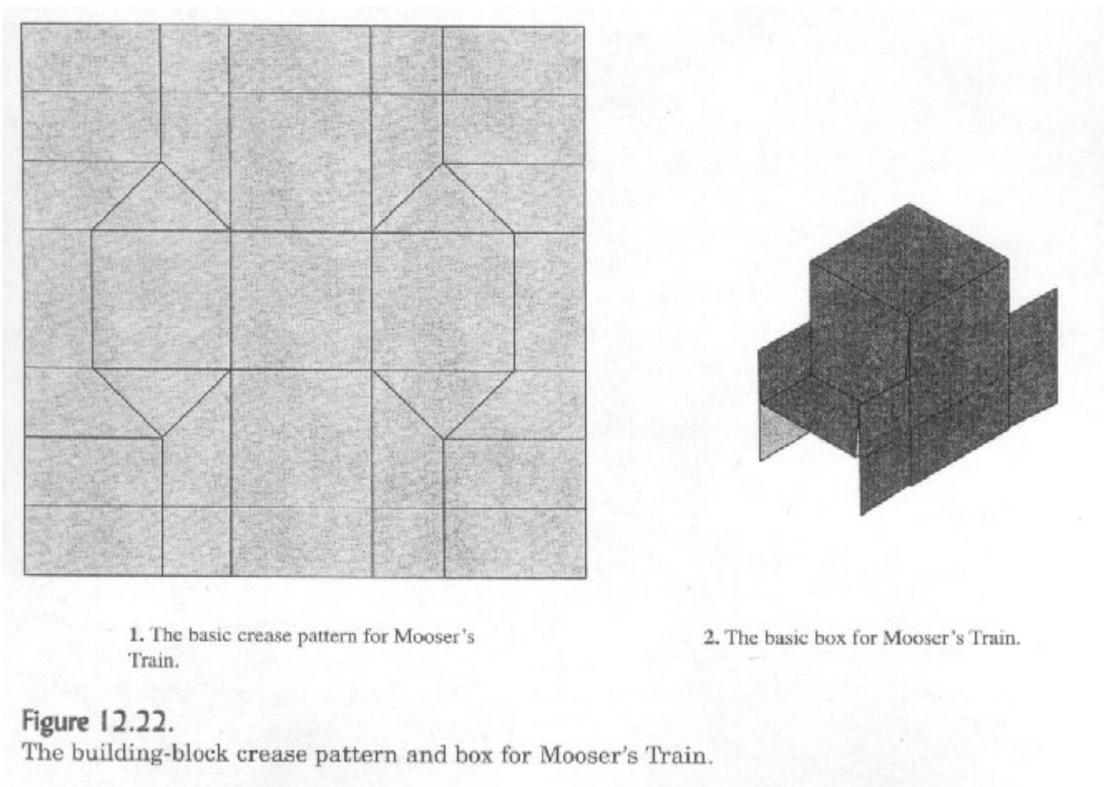
这种形状看起来并不像一个非常尚未棚车。但通过使用本节中显示的技术，可以延长车，沿底部添加额外的文件，把多余的---下，突然，该模型棚车开始看起来非常类似。 ---货车车厢连接，将其变成一个正方形，即连锁店的单汽车广场，沿矩形---产生一个整个列车。折痕的主要正交允许使用相对简单的不同箱型结构嫁接在一起。但最后的元素，它在埃利亚斯，休姆手中的开，和其他人，是箱褶结构，使皮瓣与整合的盒子：带轮的皮瓣，为腿，武器，为整个机构。所以我们现在把注意力放在皮瓣。



- 1、 折叠成一个管子的折痕模式。
- 2、 挤压的顶部和底部的管。
- 3、 一个三维框。

图 12.21

盒子也可以看作是一个掐管。



- 1、对穆瑟的列车基本折痕模式。
- 2、对穆瑟的列车基本框。

图 12.22。

建筑块抗皱模式和箱穆瑟的列车。

12.3。箱形褶皮瓣

当然，我们已经知道了如何生成皮瓣，至少是那些属于一个单轴基础的一部分：我们包圆和河流代表皮瓣和连接器，或者我们解决路径方程组。在两种情况下，我们填写了与分子产生折痕模式轴向多边形网格。

但是，当我们构建分子折痕模式，皱褶经常运行在奇怪的角度，特别是在扣板分子和普遍分子，他们不这样做，作为一项规则，符合箱褶裥，其中所有的皱褶在 45° 的倍数运行模式。但可能吗？分子是有集满足盒褶裥公约？

每个分子是由折痕概述，所以箱褶分子必须填写在 45° 的倍数多边形的边运行。但事实上，情况是比这更严格。每一个简单的分子已经在每个角落折痕是两个角形成双方角平分线。如

果双方之间的夹角为 45° ，然后由角平分线多了多是 22.5° 奇多---不是在一个盒子里，褶模式有效。因此，两国之间的任何一箱褶分子相邻的角度必须是偶数倍数为 45° ，即一个 90° 的倍数。这意味着，在箱褶模式的所有凸分子必须是长方形或正方形。特别是，所有的轴向皱褶必须是最新的和式或侧侧。

我们已经知道有两个分子，在工作矩形：水分子的炸弹和凳，如图 12.23 所示。两者的属性，皱褶的山脊在 45° ，铰链的折痕和皱褶多轴向倍数谎言谎言即使在 45° 的倍数。因此，这两个分子满足盒褶的限制，既可以用来构建一个盒子内，褶皮瓣模型。

分子的定义和构造，以创造单轴基地。箱形褶基地不再一定单轴---他们甚至不平躺---但我们仍然可以移植周围的框边单轴基地部分附加皮瓣他们。

因此，看来，我们可以使用循环包装，构建皮瓣箱褶集合。但我们必须增加一个额外的条件：因为轴向折痕形成两个圆圈的地方（或河流）接触，以确保这些折痕是有效的轴向箱褶折痕，感人界必须是垂直或水平排列，使其中心轴，连接折痕只运行垂直或水平。

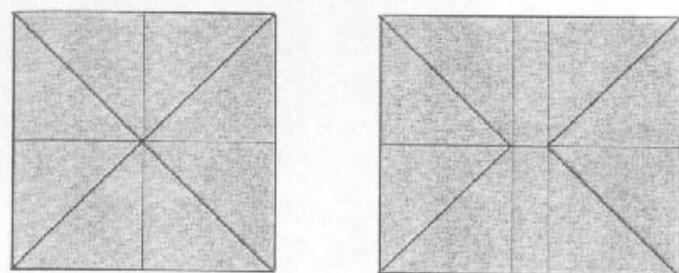


Figure 12.23.
Left: waterbomb molecule.
Right: sawhorse molecule. Both satisfy the definitions of a box-pleated crease pattern.

图 12.23

左：水分子的炸弹。

右：工作凳分子。既满足一箱褶折痕模式的定义。

如果所有的轴向皱褶垂直或水平运行，然后连续轴向皱褶之间的角度必须是 90° 或 180° 。

90° 显然是一个角落； 180° 也许是不太明显，这种状况发生时，三个或多个圆或沿河流触摸单面，如图 12.24。这让边中间的一个圆。

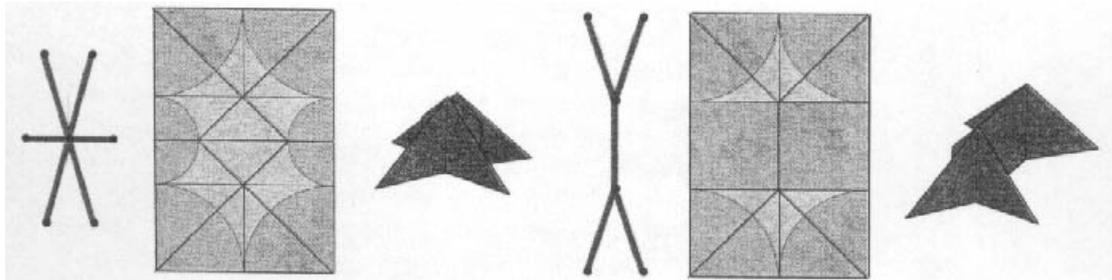


Figure 12.24.

Left: tree, crease pattern, and folded form for a six-flap molecule. Note that two circles occur in the middle of an edge.

Right: tree, crease pattern, and folded form when the edge circles are replaced by a river.

图 12.24

左：树，折痕模式，折叠形成一个 6 瓣分子。注意到，两个圈子的边缘中发生。

右：树，折痕格局，折叠时形成的边缘界是由河流所取代。

在图 12.24 两个模式，折痕模式可能会得到普遍应用分子建设。幸运的是，计算出所有折痕履行箱褶裥的要求。

但普遍分子经常不给一箱褶抗皱模式，即使存在。例如，引入两个数字 12.24 树图的一个显着的不对称有点扭曲的普遍分子，在图 12.25 所示的非盒褶分子造成的。

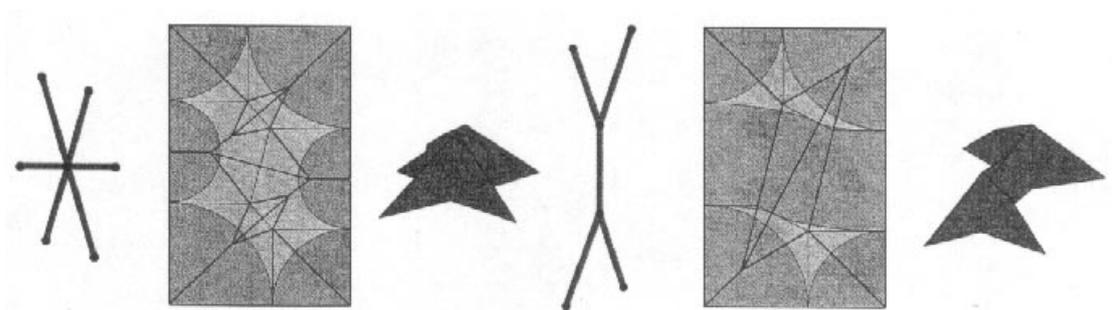


Figure 12.25.

Left: tree, crease pattern, and folded form for an asymmetric six-flap molecule.

Right: tree, crease pattern, and folded form when the circles are replaced by a river.

图 12.25

左：树，折痕模式，折叠形成一个非对称的 6 瓣分子。

右：树，折痕格局，折叠时形成的圆圈是由河流所取代。

当然，这两个分子，是完全有效的分子，可以肯定将在折纸人物的，他们只是不会框褶。为什么大的关注？在盒褶裯，因为在 45° ，它们是（通常）相对容易折叠单独兴建的倍数运行皱褶所有。然而，在图 12.24 的分子内部的折痕是在多角度，比较难以构建而不诉诸于数值计算。由于其简单的角度，箱褶抗皱模式可以更容易开发线性折叠序列。他们与一个代价，但是，并不是所有的圆形图案具备箱褶能够分子。在图 12.25 的两个例子，左边的树也有一个盒子，褶分子对应于它的圈包装，如图 12.26 所示。右边的树，但是，不允许一箱褶分子。

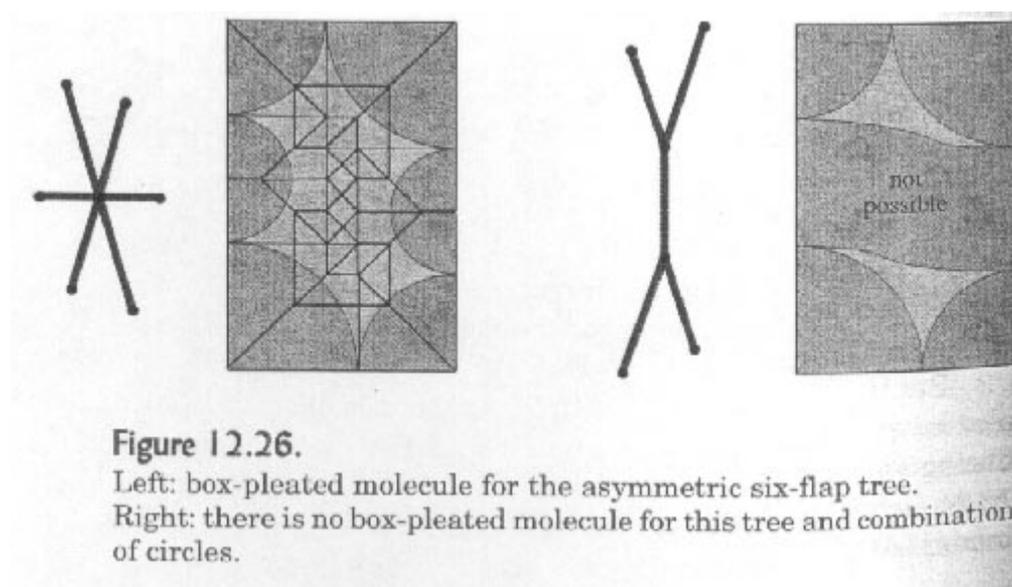


图 12.26

左：盒褶分子的不对称 6 瓣树。

右：有没有这种树和各界组合箱褶分子。

有很多考虑在这两个例子。第一，在左边分子并不像我们所看到的迄今为止的任何分子，这表明在工作中有一些新的原则。第二，在正确的模式无疑是一个有效的循环/河川包装，它的一箱褶分子缺乏表明，对于一个箱褶分子存在的条件和可能有些不同---更严格的比对于一个分子存在的基础上圆/河川包装条件。

顺便提一句，图 12.26 折痕模式是由于在一般的形式，即不指定所有铰链折痕方向。这是一个愉快的小拼图削减了如图所示的模式，并尝试找出折痕转让，而组装成一个平面折叠基地。

事实上，生产条件盒褶单轴基地圆以上这些限制性/河川单轴基地。考虑三个顶点，A，B，C，这对基轴的谎言，如图 12.27 所示。在折痕模式，A 和 C 谎言沿着一个共同的垂直线（它

必须是一个轴向折痕)。同样位于 B 和 C 沿着共同水平线 (这也必须是轴向皱纹), 所以 A 和 B 是对角线互相抵消。因为顶点乙在于基轴的折叠形式, 顶点, B 和 C 必须躺在同一线 (轴)。

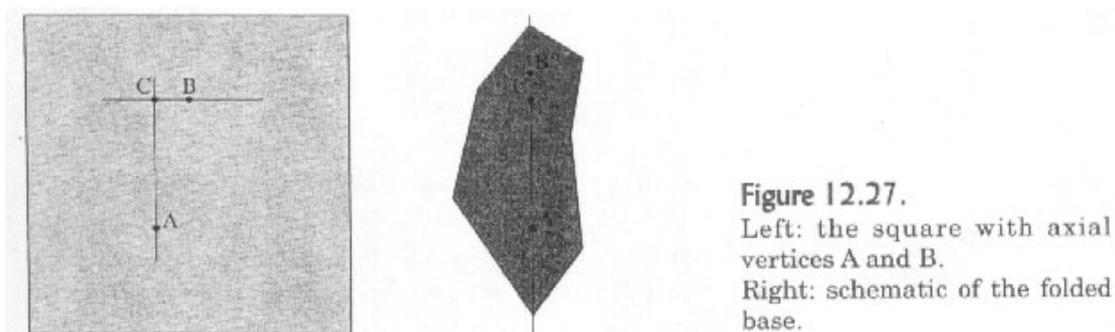


Figure 12.27.
Left: the square with axial vertices A and B.
Right: schematic of the folded base.

图 12.27

左: 用轴顶点广场 A 和 B。

右: 折叠基地示意图。

现在的问题是: 如果 B 也一轴顶点, 顶点如何远离它躺在一个可以在基?

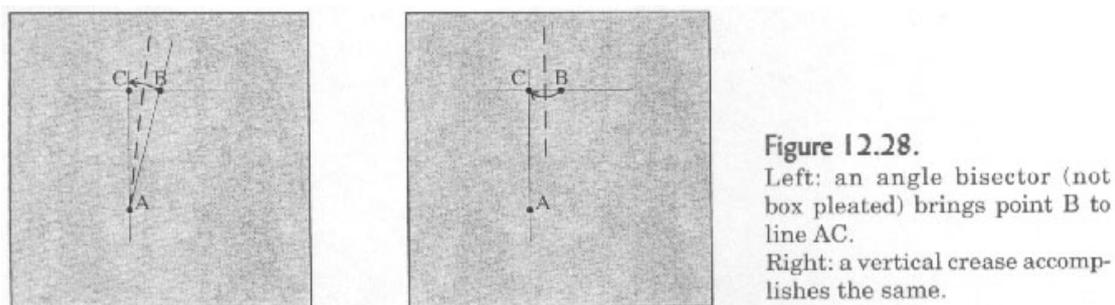


Figure 12.28.
Left: an angle bisector (not box pleated) brings point B to line AC.
Right: a vertical crease accomplishes the same.

图 12.28

左: 1 角平分线 (不框褶) 将 B 点到线 AC。

右: 垂直折痕完成相同的。

我们必须考虑所有可能的褶皱, 可以带上线 B 点 AC。在图 12.28, 我们看到一个角平分线带 B 的线 AC, 这使得 A 和 B 的基础等于其在折痕模式分离点之间的距离, 这是由三个理论规定的限额。角平分线, 但是, 在大多数情况下, 没有一个有效的盒褶裥折痕。唯一有效的折痕了 B 上线 AC (放线 AC 没有缩短) 是垂直的折痕上图 12.28 正确显示。但与此折痕, B 点是在折叠的形式, 这意味着, 即使从 A 的 B 可能是由比 C 折痕模式中的一个, 在折叠的形式越远不能更远 C 点重合。

如果这种分析适用于 A 和 B 之间，比其横向分离更大的垂直间隔，一个类似的分析适用于如果他们的横向分离更大。两个组合的分析可以说简洁如下：

两个顶点之间的轴向折叠形式在距离小于或等于其纵向和横向的折痕模式分离更大。

这听起来非常相似的道路条件下，应用到圆/河基地，这是：

两个顶点之间的轴向折叠形式的距离小于或等于其在折痕模式绝对分离。

事实上，我们可以修改，然后使用的机械多树理论构建的箱褶设计叶顶点有效模式。记得，对于一个普通的折痕模式的存在，我们要求每 u_i 和 u_j 叶之间顶点路径，叶顶点必须满足不等式

$$|u_i - u_j| \geq m l_{ij} \quad (12-1)$$

其中 l_{ij} 是节点之间的距离 i 和 j 沿树和 m 是规模因素。为箱褶的模式，类似的情况是：

$$\max(|u_{i,\alpha} - u_{j,\alpha}|, |u_{i,\sigma} - u_{j,\sigma}|) \geq m l_{ij} \quad (12-2)$$

我们呼吁（每个路径 ij 的一个）的箱褶道路条件下，改性方程组。节点的顶点有效模式可能会被我们在树的优化理论中的同类解决，即规模最大化因子 m 受该箱褶道路条件的限制。然而，正如树理论的路径在圈子里拥有一个 **visualizable** 和河流几何模拟条件，所以也做箱褶条件。而包装界和环形河流，我们会发现，我们包正方形，长方形，和一河（不久将介绍），构建新型有效的纹路。

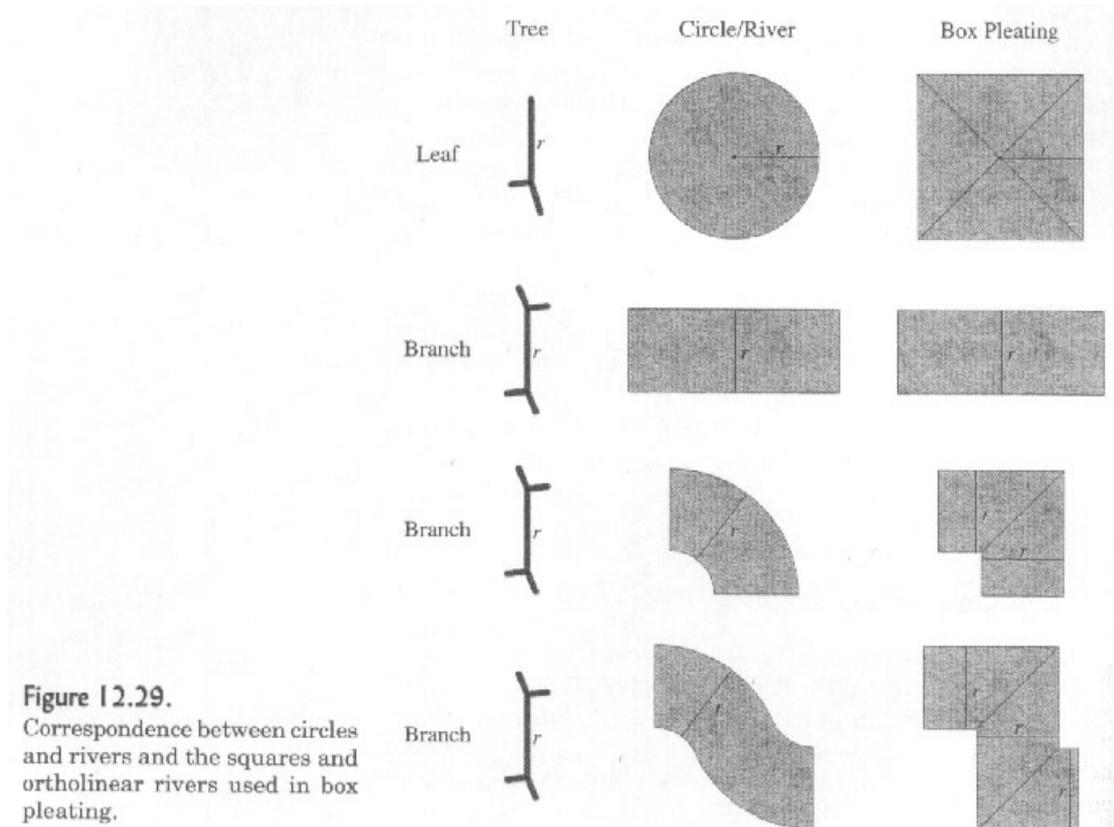
更妙的是，虽然它没有在所有常见的圆形包装导致距离和参考点，为唯一的多项式方程，作为高层次的根源集的定义，我们可以看到，定义平方米的河流包装的盒褶维度模式产生的距离，似乎是在基础树，因此，参考点几乎总是容易被发现单独折叠简单的线性组合。

12.4. 平方/河包装

我们构建了包装界和河流到相应的树图的边叶为单轴基地顶点有效模式。我们要求 (a) 该中心位于界内的纸包，和 (b) 和河流的圈子不重叠。我们同样可以建立由包装广场和一河问题的新类型相同的规则，可对箱褶叶单轴基地顶点有效模式：在广场的中心必须位于纸和内广场，河流不能重叠。

树的每个图形元素都有一个盒子，褶裥模拟。在圈子/河包装，对于叶力，我们用一个圆的半径是该皮瓣的长度。另一种描述方式是圆说，从它的边缘圆的中心距离是皮瓣的长度。褶裥框，而不是一个圆圈，我们使用一个正方形，其中从中心到边缘的垂直距离等于的皮瓣长度。也就是说，在广场的一边是两倍相应瓣的长度。

支边，襟翼，连接到对方皮瓣组，则较为复杂。在圈子/河理论，分支边缘的代表是一条河流，一个不断宽度曲线，这是我们俗称分段连续环空中的代表。框褶裥，分支机构的边缘是由 ortholinear 河，其中，粗略地讲为代表，是一个不断的宽度，其两侧是垂直或水平的河流。在这两个圈子都叶和枝对象/河包装盒褶裥的例子见图 12.29。



Tree:树 circle/river: 圆、河 box pleating: 盒褶裥 Leaf: 叶 branch: 枝

图 12.29

界之间的对应关系，河流和广场，在使用中褶裥 **ortholinear** 河流。

有必要限定的 **ortholinear** 河---定义，因为通常采取的宽度是指过河---最短的距离并不一定是在一 **ortholinear** 河常数。 **ortholinear** 河流总是转动 90 度，但如果两个这样的轮流相距甚近，如图 12.30，在弯中的实际宽度比两端大。一个清洁的 **ortholinear** 河流的定义依赖于在每个弯 45°线（如图 12.30 所示），每一条直线平行于河边，反映在每个 45°线，并保持各银行之间的垂直距离不变思考。

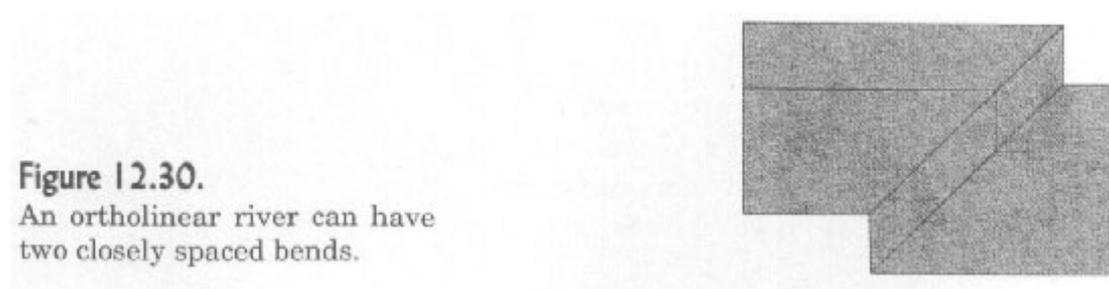


图 12.30

一 **ortholinear** 河能有两个密集弯。

它是相当直截了当地表明，箱褶裥道路条件是一组顶点节点满足当且仅当一个正方形和 **ortholinear** 河流不重叠的包装存在。此外，这种有效的包装可以用来作为一个箱满皱纹褶单轴基地格局的起点。我们把这样一个模式一个正方形的包装，或者，如果它包含 **ortholinear** 河流，一平方/河包装。

我们现在可以使用方形包装的概念来研究图 12.26 所示的两个分子模式。六个瓣分子，我们包成长方形六个他们的中心广场，如图 12.31 所示。他们伏贴不重叠，它告诉我们什么，我们已经看到：有一个盒子，褶分子对应于此包装。

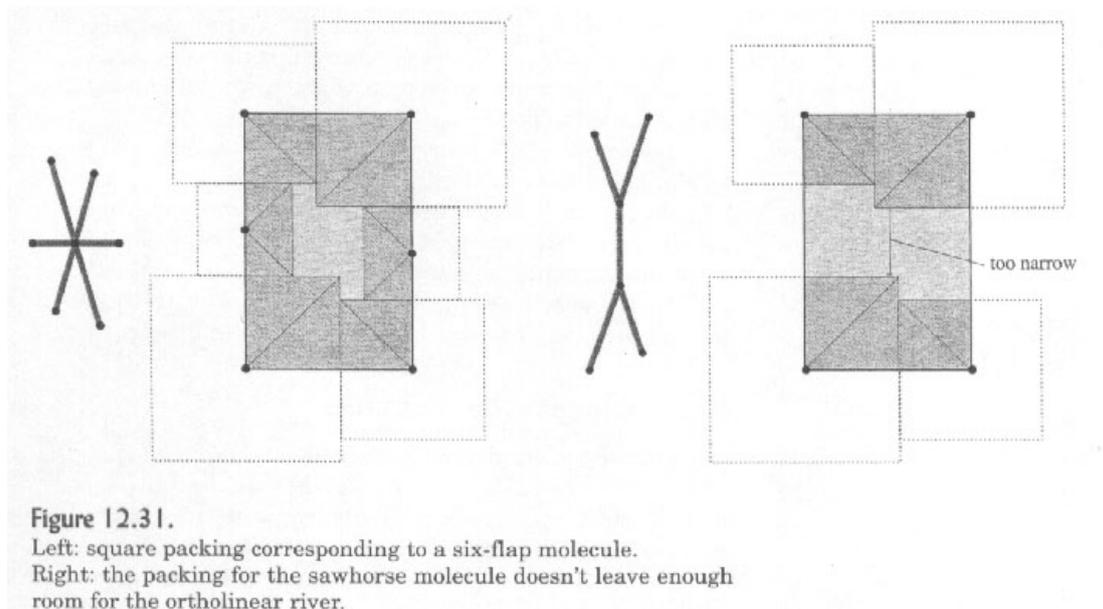


图 12.31

左：方形包装相当于六个瓣分子。

右：为锯马分子包装不留给 ortholinear 河足够的空间。too narrow: 太窄。

第二个分子，如果我们的角落里，装入四个广场和审查关于 ortholinear 河的左岸的空间，你可以清楚地看到，在广场中央，有一个狭窄的区域，使得它不可能把一 ortholinear 河必要的宽度。因此，没有有效的包装，因此，没有盒褶分子是可能的。

这是可能的，但是，扩大双方的矩形，使包装和箱褶分子；一个这样的扩张，如图 12.32 所示。

如果你比较图 12.29 阴影对象的地方，你会看到，广场和河道褶裥箱 ortholinear 占用比圆和圆/河流包装河流更大的面积。此外，在广场和 ortholinear 河流的尖角可以得到在那些可能是一个有效的包装方式。因此，箱褶的设计往往是在其位不使用纸张比圆/河川那些基于包装效率的区别，但是，是不是非常大，效率损失往往超过由折痕模式简化埋没。

又一箱褶不应该被忽视的优点是，它常常是可能用什么也没有比铅笔和纸张更合适的正方形包装。正如我们将看到，这是经常的优势，使所有皮瓣长度小整数倍数为单位的共同的距离，在这种情况下，包装及防皱模式完全符合上一个正方形网格整齐，可在裁定图纸绘制。

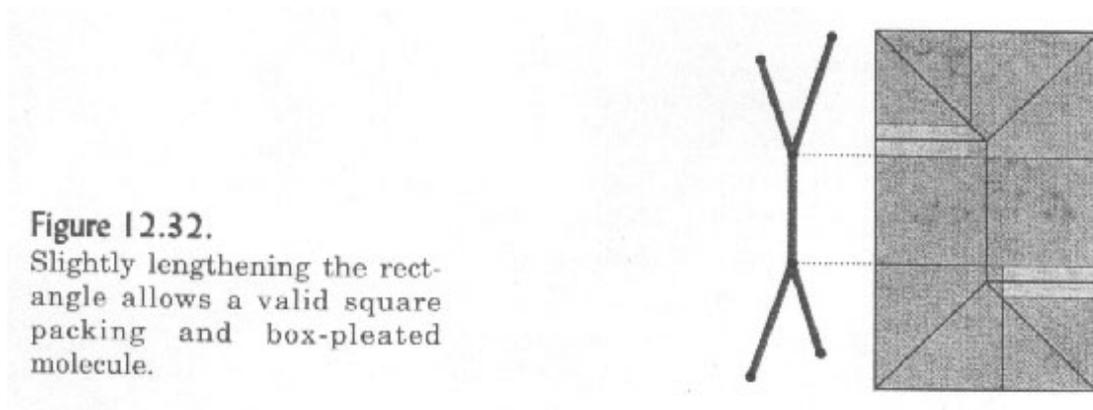


图 12.32

稍延长允许一个有效的方形包装和箱褶分子。

12.5。 填补了分子

在构建箱褶单轴分子的第一步是正方形包装，我们把所有叶成正方形顶点，随着河流的广场和 ortholinear 对应于每个基地瓣（或其他形状的开始，如果需要的话）。广场和河流的任何安排，以避免重叠，给出了一个有效的配置叶顶点，但最有效的基础是一个包装的元素在其中尽可能相对方大。这个最佳之后，能变成一个完整的折痕格局中的折痕，连接叶片的顶点灌装。

我们怎么办呢？哪里皱痕去？我们已经看到，普遍分子并不总是为一箱褶分子合适的算法，事实上，它很少合适。幸运的是，还有一个一般程序，我们可以使用，我将描述一个设计举例。

考虑，例如，树如图 12.33，相当于一个长角天牛虫的家庭类型。长角甲虫，否则虽然不起眼，有很长的天线。让我们看什么是传统的圆形包装生产先看看。如果我们选择的触角瓣三倍的腿和腹部皮瓣长度，并进一步要求，无论是触角和腿从角落和纸张的边缘来了，周围整齐地以外的，我们会发现，他们的圈子包广场上，留在室内的腹部圆充足的左右英寸的空间。

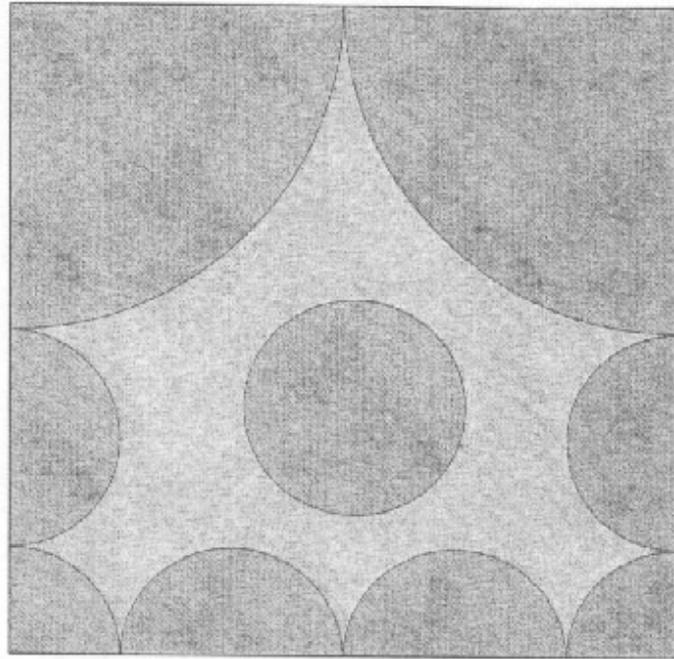
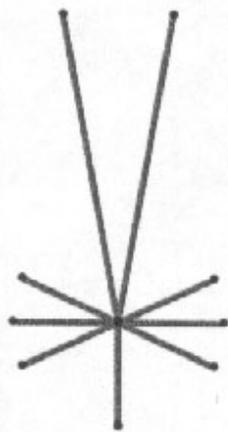


Figure 12.33.
Left: tree for a longhorn beetle.
Right: initial circle pattern.

图 12.33

左：一天牛树。

右：初始圆形图案。

现在，用传统的方法，我们可以在腹部膨胀直到它圈与其他四个圈接触，结晶成一个僵化的模式循环模式。该模式可以几种方式填写，我们已经看到在分子。两个如图 12.34。在每一个具有普遍填充多边形给出了最简单的分子折痕模式，同时充分三角通过添加额外的圈子和存根树让我们填写兔耳分子的所有多边形。

也不是特别可折叠这些纹路。奇怪的折痕运行角度和出自什么似乎是在纸张内部比较随意的参照点。

然而，我们也可以设法找到一个箱褶格局。在这个设计中有没有河流，所以我们将只包装广场。正方形代表了每包皮瓣到整个广场整齐，如图 12.35。请记住，在圈包装，我们只要求每个广场中心内的文件的边界范围。

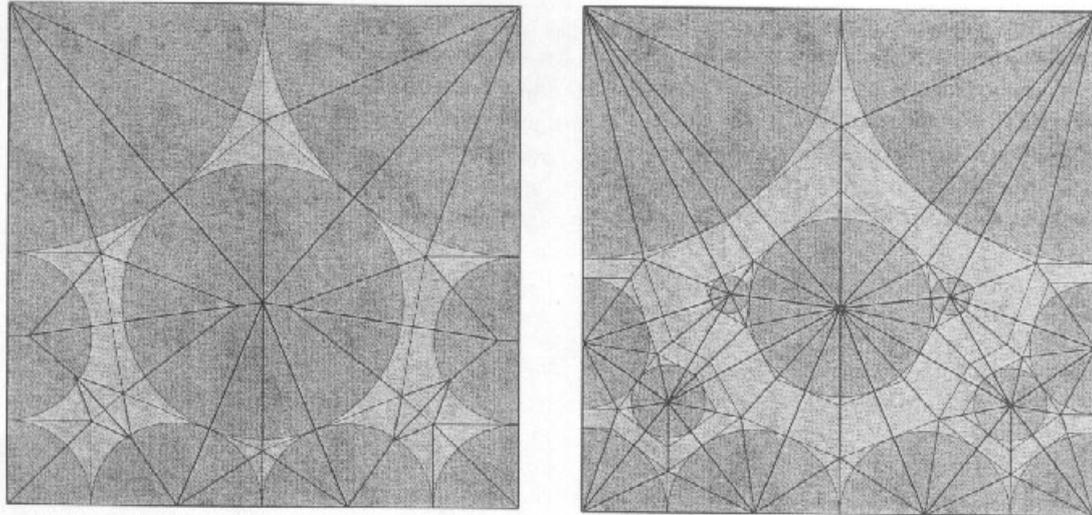


Figure 12.34.
 Left: universal molecule-based crease pattern with the abdomen circle maximized.
 Right: same circle packing, but with all molecules triangulated down to rabbit-ear molecules.

图 12.34

左：通用分子为基础的最大化，腹部圆折痕模式。

右：同一个圆包装，但三角到兔耳分子，所有分子。

在方图 12.35 较轻的地区是纸张不属于任何树的图形功能。在算法的第一步是通过扩大吸收两种方式之一广场作为这个多余的纸张尽可能。我们可以统一展开任何方，相当于延长相关的皮瓣。这个过程类似于在膨胀圈/河包装界。

我们也可以通过拉伸它垂直或水平成一个长方形广场，如图 12.36 所示。这种改动不得延长皮瓣，但它吸收到皮瓣更多纸张。

在甲虫包装，我们可以改变腹部方水平，有效地吸附所有的未分配的文件，如图 12.37 所示。

它并不总是能够吸收这样，所有文件---我将展示一个例子（和怎么做这件事）在一分钟内---但在这个设计中，延伸到一个长方形的广场消耗所有的腹部未使用的纸张，所以我们现在为下一步做好准备。

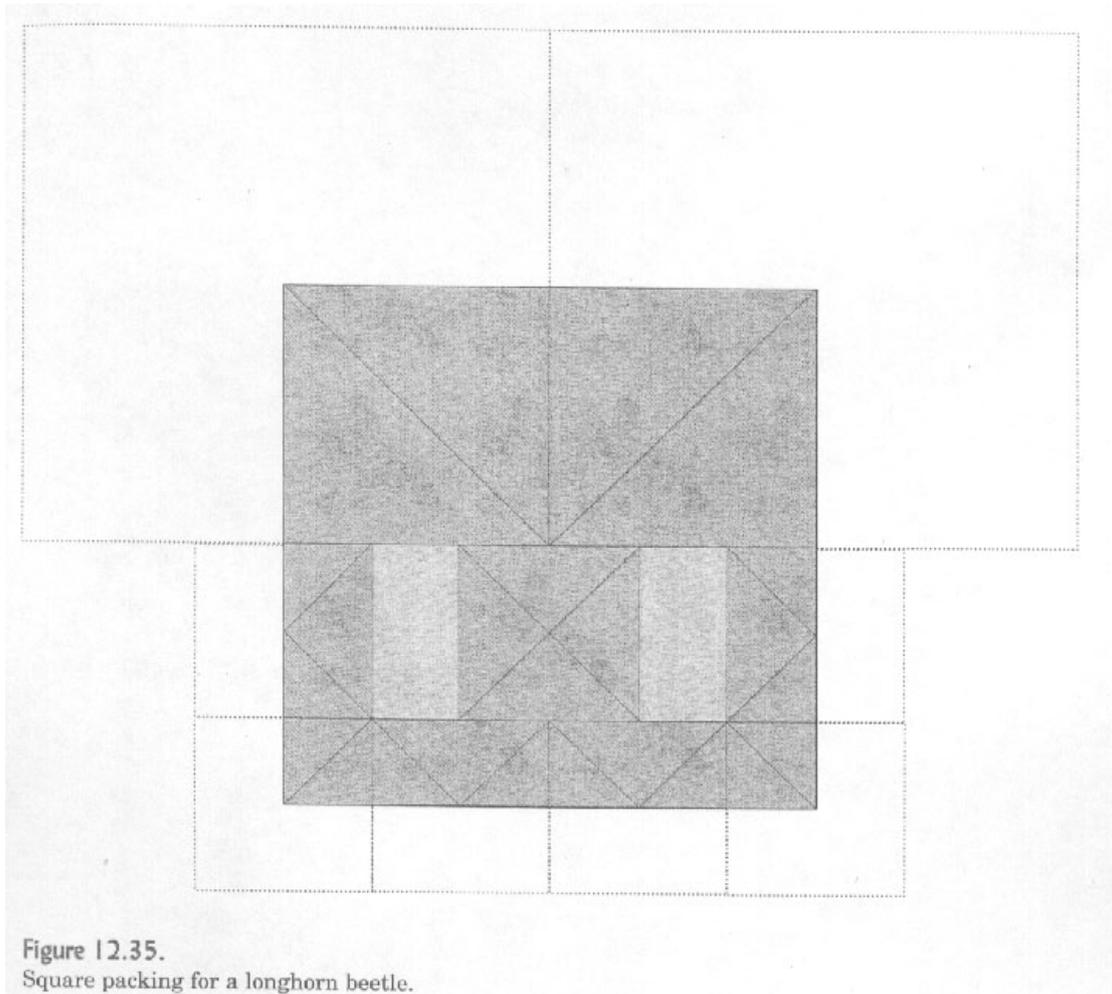


图 12.35

方形包装的天牛。

下一步是开始在折痕灌装。当我们同圆/河流包装一样，我们将使用其中一个通用的所有轴向折痕是山区，所有铰链折叠折痕是未指定折痕。每个对象---正方形，矩形或 **ortholinear** 河流---接收山和谷折痕特定模式，如图 12.38 所示。

记得，分子是一种折叠折痕模式，在这样一种方式，它的周长完，躺在一行沿着平坦。在图 12.38 的模式是每一个分子的一部分，这是难以抗拒的诱惑，称他们为原子。

在与相应的原子箱褶图案填充模式给出了一个初步的折痕，如图 12.39 所示。

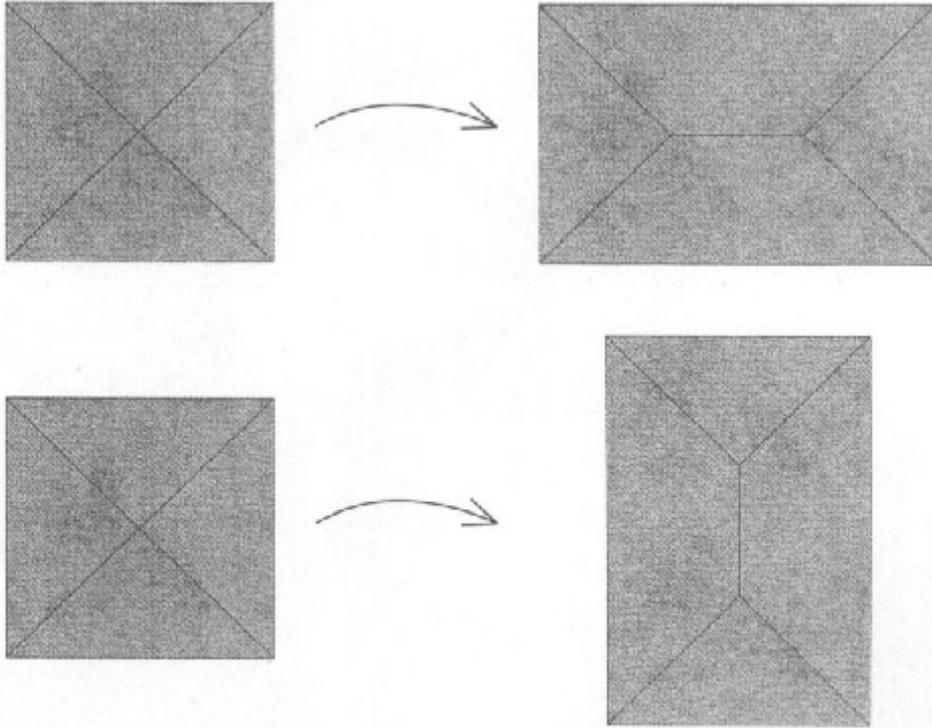


Figure 12.36.

A square can be stretched either vertically or horizontally into a rectangle to absorb unused paper in a packing.

图 12.36。一平方可拉伸成长方形垂直或水平吸纳一未使用的纸张包装。

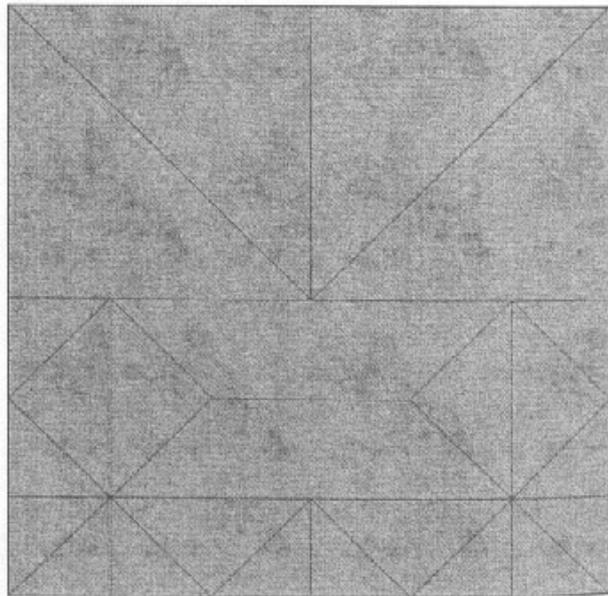


Figure 12.37.

Square (and rectangle) packing for a longhorn beetle.

图 12.37 方（和矩形）包装的天牛。

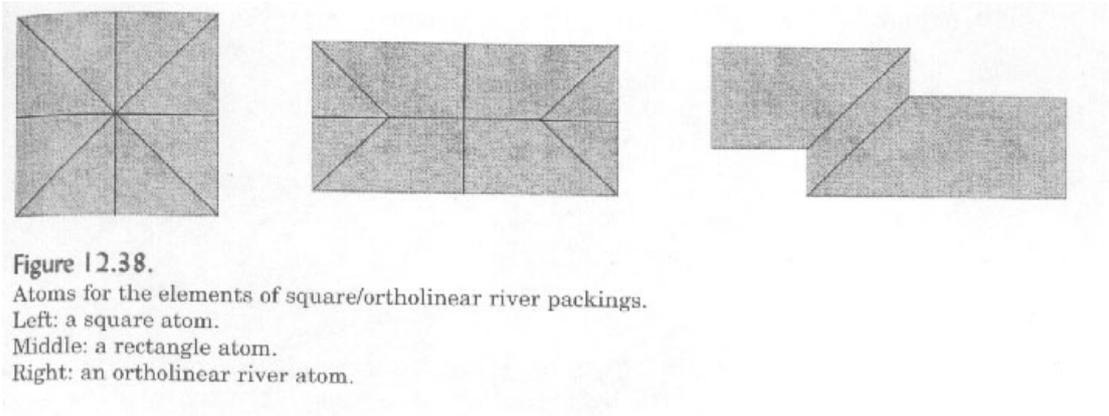


图 12.38

原子的广场/ ortholinear 河包装的元素。

左：一个正方形的原子。

中间：一个矩形原子。

右：一 ortholinear 河原子。

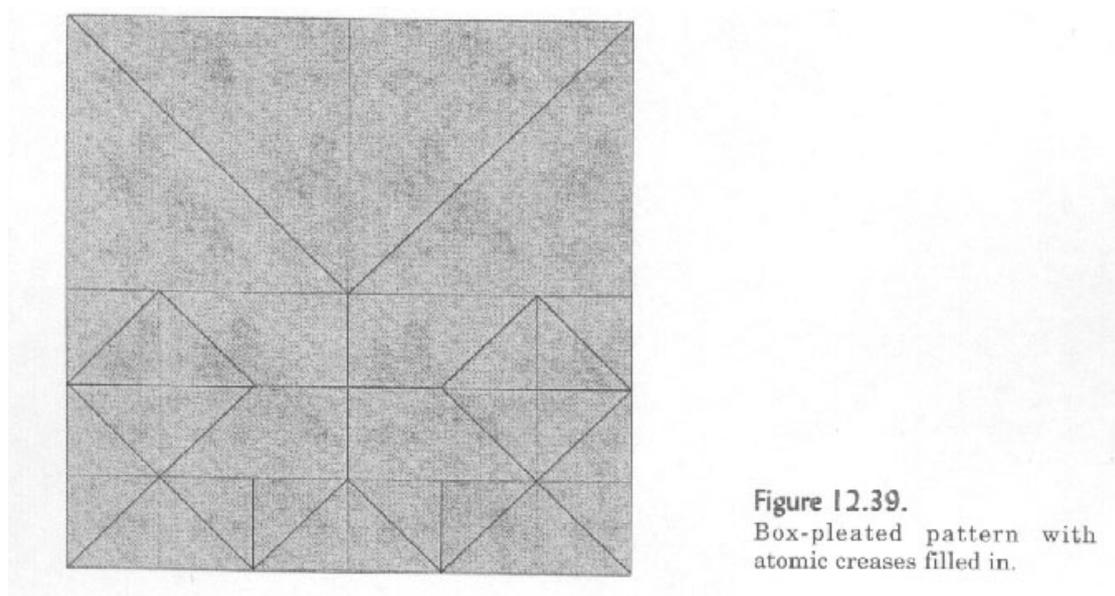


图 12.39

箱型褶，填充原子折痕。

这显然是不完整的折痕模式：一方面，有折痕的终止在该文件，我们知道是不可能的中间。在其他地方，周围的皱纹顶点模式不能放平。下一步保险业监督一箱褶裥和独特的概括：有新增的模式，扩展和更改根据一些简单的规则折痕方向特征。

- 1、两个垂直 45° 折痕，以满足开展新铰链相同的奇偶从交叉点（即，山或谷）的折痕。新的折痕拆分两个原有的折痕钝角。二 45° 折痕，以满足垂直传播也可以终止折痕。发起和终止的例子表明，谷折叠图 12.40。

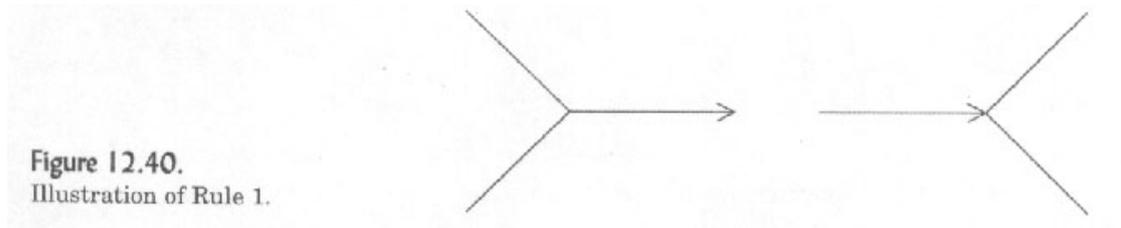


图 12.40。 插图：第 1 条。

- 2、如果一个折痕命中 45° 线，它反映了整个行，以便使即将离任的折痕折痕的传入同一角度，并保持相同的奇偶性。在传播的折痕平价匹配的折痕对转外，并有平等的对里面翻到对面的平价折痕。这一点在图 12.41。

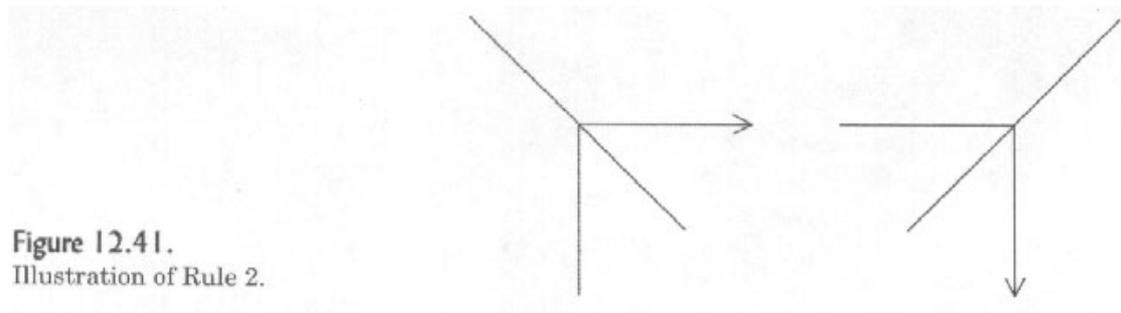


图 12.41。 插图：第 2 条。

- 3、一个折痕，一经推出，并通过反射传播直直到它终止（在 45° 折痕两个交界处）或冲出纸张的边缘。
- 4、折痕跨越另一个 0° 或 90° 折痕或交换机在十字路口的平价或开关一个交叉线一侧的平价。为传入山折叠三种可能性都见图 12.42。

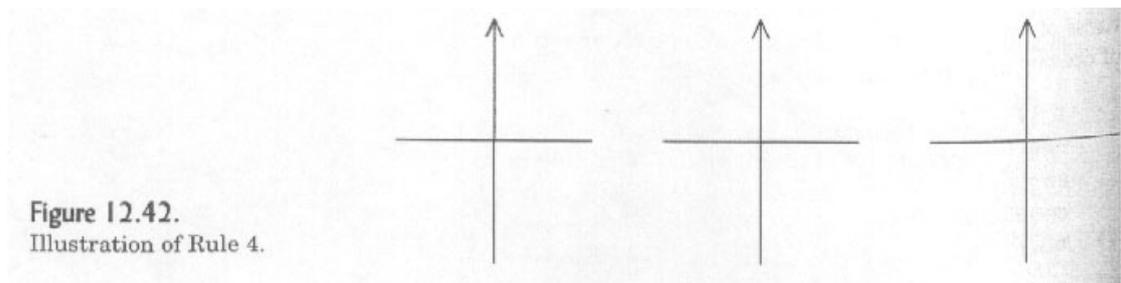


图 12.42。 插图：第 4 条。

5、折痕跨越一个 Ψ 路口（三折痕科）跨越，并保持相同的奇偶性，如图 12.43 所示，但翻转了 3 条线的左边或右边平价。

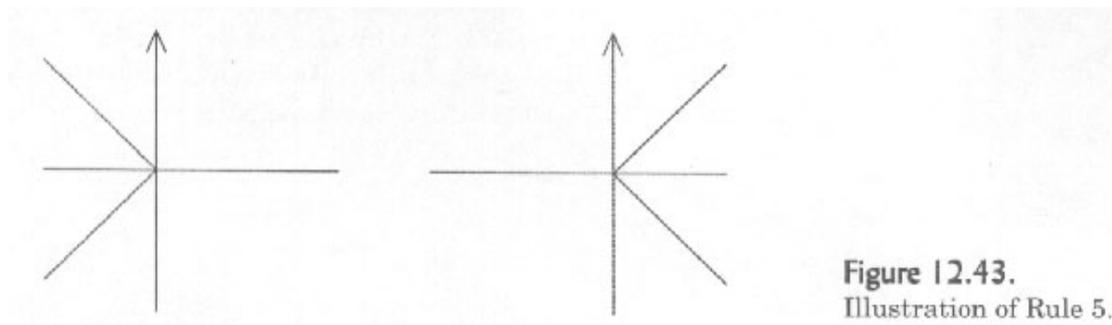


图 12.43 插图：第 5 条。

6、两个相同的奇偶平行折痕推出平价的对面是平行的，间隔两个原有的折痕中间，如图 12.44 所示，防皱。

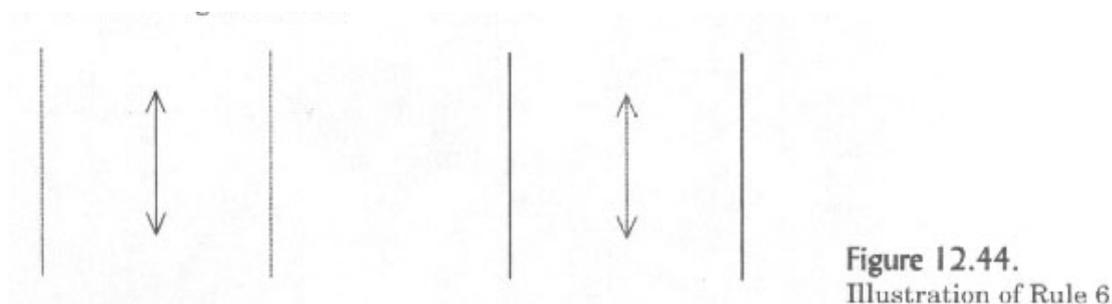


图 12.44 插图：第 6 条。

这七条规则也有可能不是所有必要的（他们也没有证明完成），但他们的工作对许多广场/ortholinear 河包装，他们将努力为我们的甲虫设计。运用这些规则在图 12.38 给出了初步的折痕模式通用表格折痕模式如图 12.45 所示。

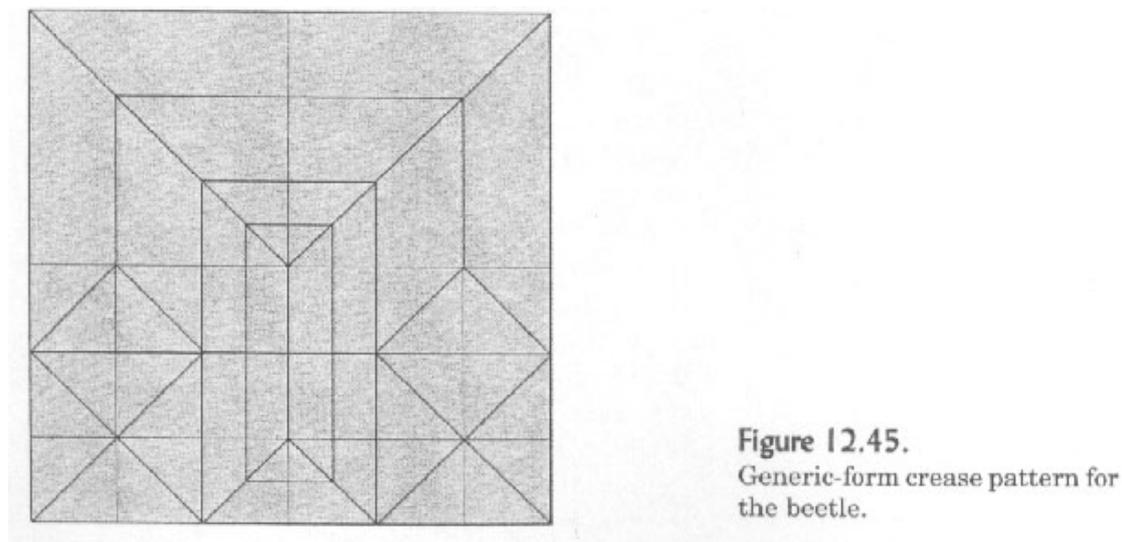


图 12.45。 一般形式的甲虫折痕模式。

记得，通用表格纹路通常不会放平，它们是基本近似。在这个模式中，铰链折痕是未指定的（如同产生瓣方向）和轴向折痕一些需要得到扭转，使基地放平。进一步壁球折叠和重新安排一些层的腹部，就可以实现扁平化基地，其精美的图案是完整的折痕，如图 12.46 所示。

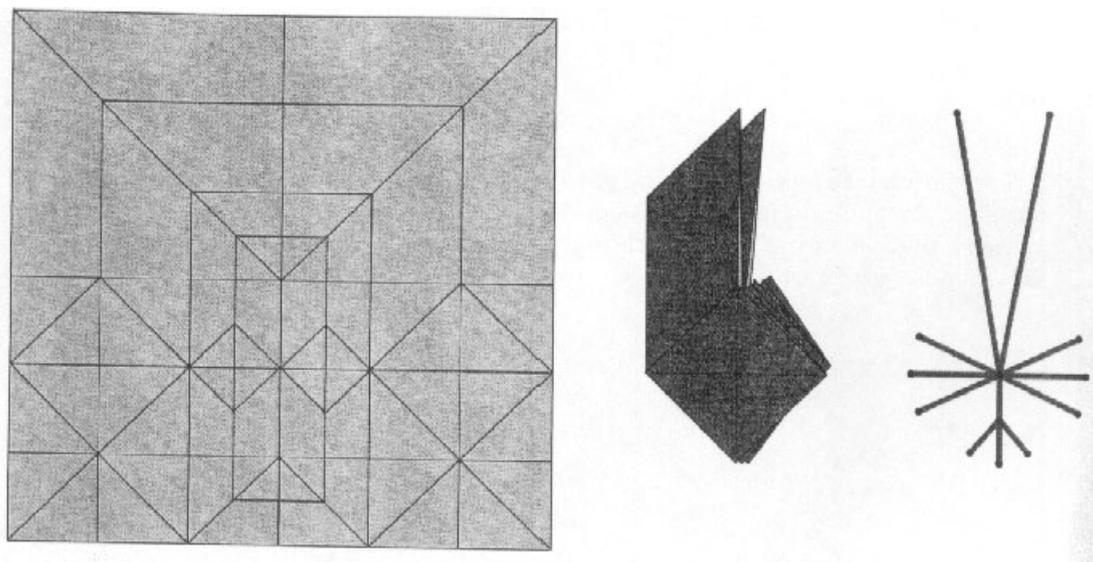


Figure 12.46.
Left: crease pattern.
Middle: folded base.
Right: the underlying tree.

图 12.46。

左：折痕模式。 中间：折叠基地。 右：基础树。

在壁球折叠和重新排列层法在腹部建立三个小点，你可以看到在图 12.46 基地。

同样的树，圆和河流的安排也有一个有效的折痕模式的基础上普遍分子，如图 12.47 所示。但是就像它的圈子/河包装的前身，它包含运行在任意角度无数折痕。

折痕模式变得更加复杂，当谈到缩小皮瓣。在箱折叠模式，我们可以缩小腿长宽比为 1:4（触角及对 1: 12），是沉没在进出弯道的基地，平行折痕。平行折痕创造的适合整齐成片的折痕模式的平行线和允许一种层均匀分布在皮瓣，如图 12.48 所示。

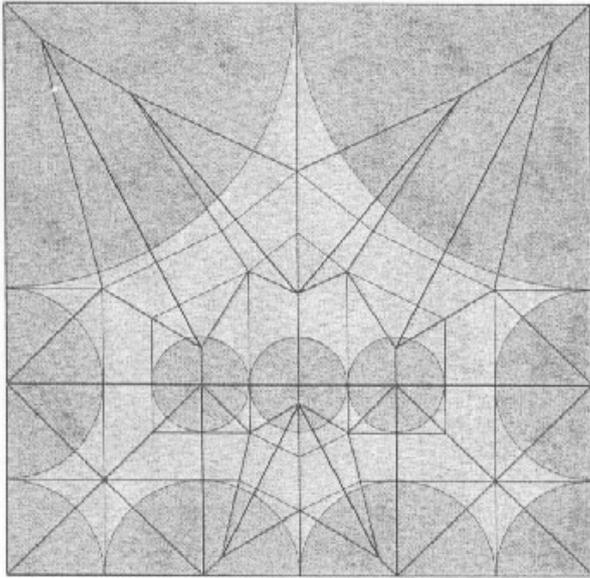


Figure 12.47.
The universal molecule crease pattern for the same number and arrangement of flaps.

图 12.47

普遍分子为同一数量和皮瓣安排折痕模式。

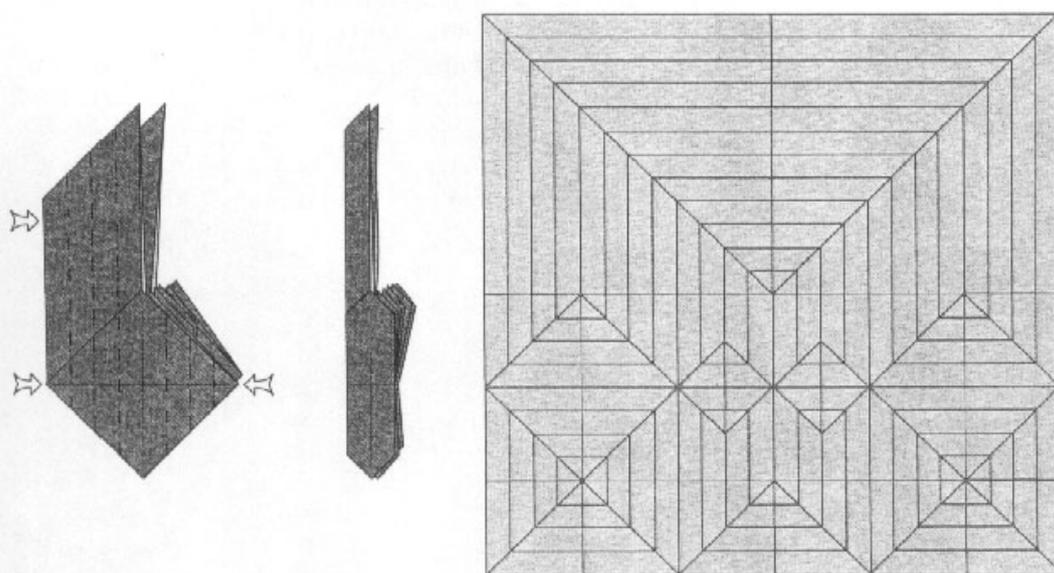


Figure 12.48.
Left: sink the flaps of the base multiple times to narrow the flaps.
Middle: the narrowed base.
Right: the resulting crease pattern.

图 12.48

左：汇基多次皮瓣缩小皮瓣。

中间：狭窄的基础。

右：产生折痕模式。

相反的规律性和与通用分子版本已遭受了相同的一组汇，如图所示在图 12.48 12.49 折痕格局优雅。

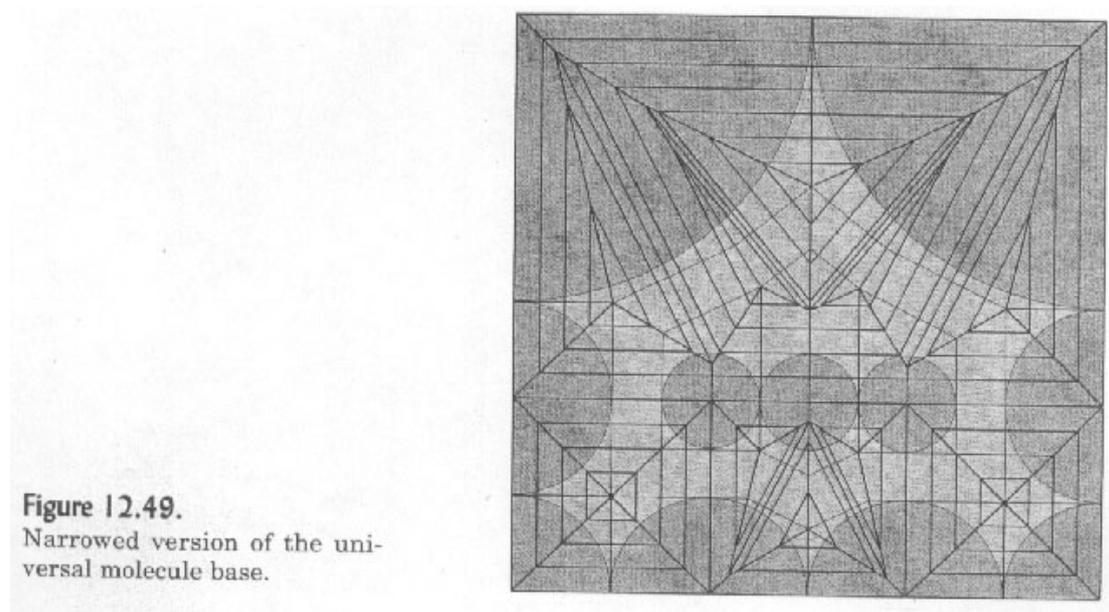


图 12.49。

缩小分子的普遍基础版本。

在一箱褶基地，花瓣边缘通常是平行的，事实上，在折叠模型等瓣的存在往往是一个符号，底层基础为箱褶。平行线的性质是不常见的，他们在折纸模型的存在可以给它一个不自然的外观。在自然的主题，然而，塑造皱折消除平行双面花瓣人工外观，并在人造物体交涉--- ---像一列火车通过 Box 打褶介绍了平行线常常资产。

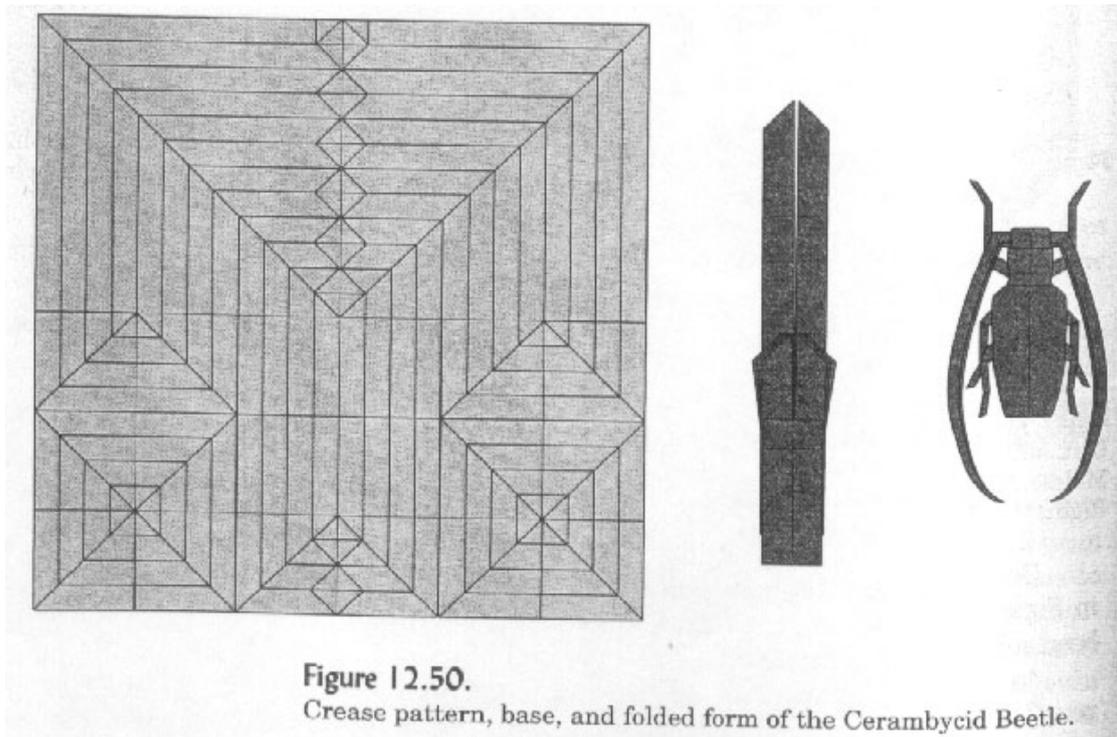


图 12.50。

折痕模式，基地，折叠的 cerambycid 甲虫的形式。

昆虫和其他节肢动物的谎言介于自然和人工在外观上。他们长期工作的腿和触角从平行缘襟翼并，以及层层箱折叠瓣均匀分布，使它们更容易瘦。但圆形头，胸，腹部将需要更多的形状，以保持自然的外观。已完成的 cerambycid 甲虫与树和图 12.37 平方米包装为基础的折痕模式，如图 12.50。

12.6. 弹跳折痕

对箱褶纹路独特的特点之一是产生一个意想不到的复杂性，当我们开始宣传和反映的皱褶，在 0° 和 90° 运行。从这样的折痕反弹对角线对角线，可以描述一个非常曲折的道路，加倍回到自己一次又一次地前关闭。

作为一个例子，考虑图 12.51 和两个广场包装成长方形可能会引起它的树。一包装的是一个对称卧式线对称，它是最有可能首先想到的包装。上图 12.51 正确包装同样有效，但是。在其中，一半的箱底横向移位相对于上半部分。（在广场的中心，在两个边界矩形和矩形的边角不再必须略微延长。）本包装包装是一个连续的家族之一，它可能会受到距离 d ，这是

特点之间的偏移在包装的顶部和底部的一半。数量 D 是作为花瓣的六个分数表示的长度，所以矩形的比例 $2 \times (4 + d)$ 项，对于图 12.51 例如， $d = 0.190$ 。

现在，让我们的构造为包装的箱褶分子；第一，包装上的对称，如图 12.51 左侧。图 12.52 显示了箱褶分子。

这种模式并非完全出人意料。它包括加盟方侧的两个水弹基地。现在要做的是兴建一所抵消包装盒折叠折痕模式。对 45° 折痕的四对每推出新的向上和向下传播，然后弹离，另一边从侧面对角线旅行到另一边，直到他们再次反弹在另一对角线垂直折痕。这个过程持续了相当大的距离之前的折痕终于终止运行的文件了。结果，如图 12.53 所示，是相当惊人的。

这不是一个分子，它是一个迷宫。轴平行的折痕每个反弹围绕在相当长的矩形，你可以尝试追查其中任何一个，看看它跑多远。这也是令人惊讶的是，在模式折痕总长度不随偏移大小的顺利进行。在这个例子中，改变了只是有点抵消削减近一半数量的折痕，如图 12.54。

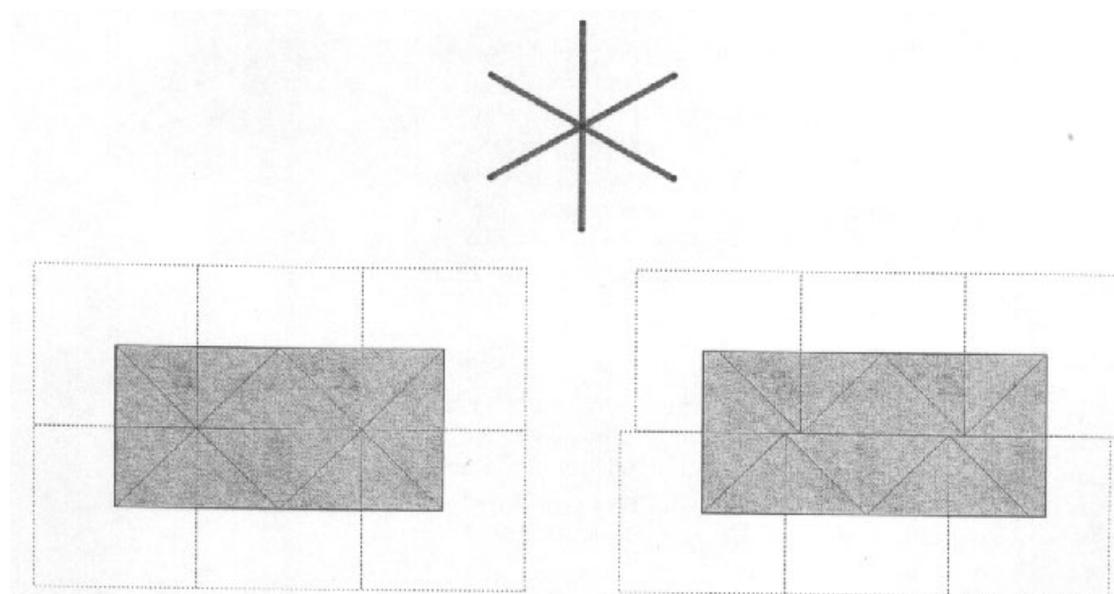


Figure 12.51.
Two packings of six squares with their centers in a rectangle.
Top: the six-star tree graph.
Left: a symmetric packing.
Right: the squares are slightly offset and fit into a slightly longer rectangle.

图 12.51

二六个正方形包装在一个长方形的中心。

顶部：六星级树图。

左：一对称的包装。

正确的：正方形略有偏移并融入稍长的矩形。

Figure 12.52.
Box-pleated molecule for the symmetric packing.

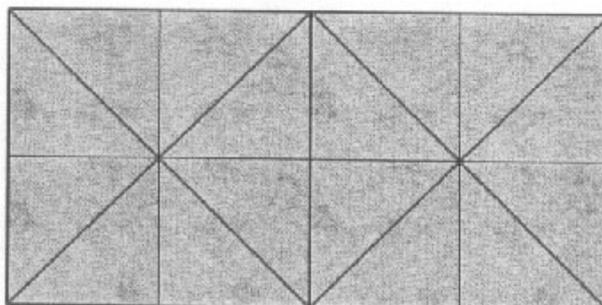


图 12.52

箱式折叠分子的对称包装。

Figure 12.53.
Box-pleated molecule for the offset square packing with $d = 0.190$

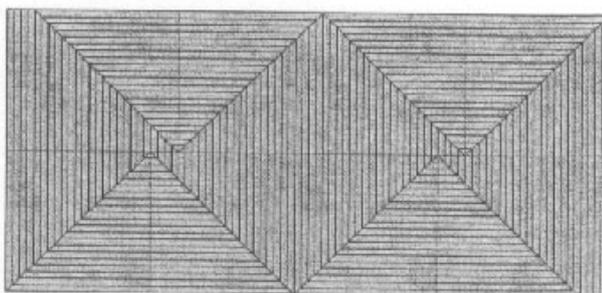


图 12.53

箱褶分子为正方形包装胶印与 $d = 0.190$ 。

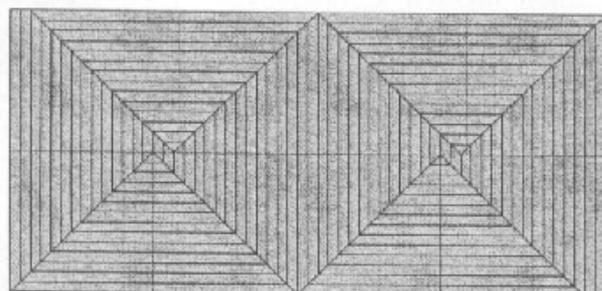


Figure 12.54.
Box-pleated molecule for offset $d = 0.143$.

图 12.54

箱褶分子胶印 $d = 0.143$ 。

在分子的数量不会因折痕顺利的偏移的大小。当你改变抵消 d 0 和 1 之间，简单和复杂的图案都是精心点缀。事实证明，每当出现密集模式 d 办法值 $\{2/3, 2/5, 2/7, \dots\}$ ，即， $d = 2/(2n+1)$ 个的整数 $n>0$ 。相反，相对简单的模式出现时， d 对值 $\{1/2, 1/3, 1/4, \dots\}$

需要 即对于 $n > 0$ $d = 1/n$ 的。

为了尽可能保持简单的纹路，最好保持相邻的广场，广场的大小作为简单的分数的偏移量。这是最容易做到使所有的距离---所有皮瓣长度---一个共同的单位小数倍，例如，反而使皮瓣 1, 2 和 2 个单位，只要我们生活在一个圈子/河包装可能，我们可以算 2, 3 和 4 个单位（或 5, 7, 和 10），保持几乎相同的相对比例。从这样的选择另一个好处是适合整齐的折痕模式上格子，可以很容易地勾勒出来。由于这个原因，它是相当盒褶设计，使所有皮瓣相同长度的整数倍数为自然。瀑布的折痕模式走上了广场上和各主要电网的折痕和参考点通常可以自然除以甚至折叠成纸建造师。历史上，最常见的分歧一直是 2 的幂和/或 3，因，也许到了他们的分工简单的折叠方式的存在，但事实上，任何可能出现的分歧，从一数平方米的包装设计。

12.7. 埃利亚斯舒展

正如你所看到的，箱褶基地典型特点是平行折痕，或交替褶皱山脉和山谷组成的褶皱，行。在垂直和水平运行模式褶皱的折痕和皱褶纵横集团开会沿新增编号 45 度的倍数对角线折痕对方。通常，有一个主导方向的褶皱，更跑得比水平或垂直，反之亦然。在这种情况下，有一个相当简单的创建反对折痕三角楔形折叠方式。所有褶皱首先形成的主导方向运行，也就是说，垂直方向。然后，通过分离的褶皱和伸展特别对它们分开，是有可能增加一个一个的褶皱，在水平方向运行。这个过程如图 12.55。

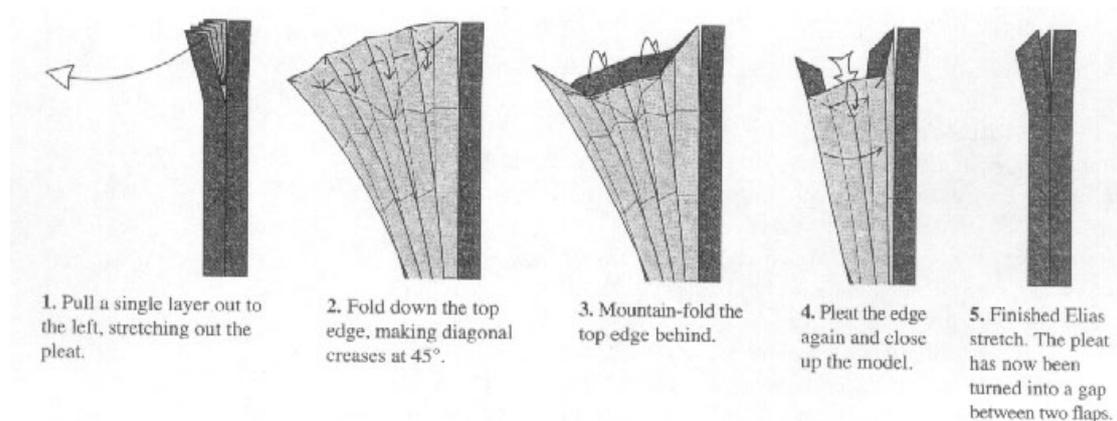


Figure 12.55.
Folding sequence for an Elias stretch.

1、拉向左边单层出来，伸展出褶。

- 2、顶边折叠，使 45° 对角线折痕。
- 3、山折顶边落后。
- 4、褶边缘再次关闭了模型。
- 5、完成埃利亚斯舒展。该褶现已变成了两个皮瓣的差距。

图 12.55

折叠序列的一埃利亚斯舒展。

这个动作常常出现在尼尔埃利亚斯和最大休姆的盒褶设计。埃利亚斯普及了在 20 世纪 60 年代和 70 年代初褶裥框样式，因为这个原因，图 12.55 演习已经被视为已知埃利亚斯伸展。你会发现许多例子和埃利亚斯变化的两个模型，其在章末出现折叠序列的延伸。

12.8. ortholinear 河流

甲虫的例子是比较简单，因为它的树是一个只有一个分支节点，并没有分支的边缘明星树。在一般情况下，一树将有一个或多个分支边缘，必须在包装为代表的一 ortholinear 河流。正如我们所看到的，ortholinear 河流可以打开角落，直行河，河的形式是完全指定，有没有更多的自由程度。的狗腿洞河，但是，可以从一边转移到另一边，如图 12.56 所示。

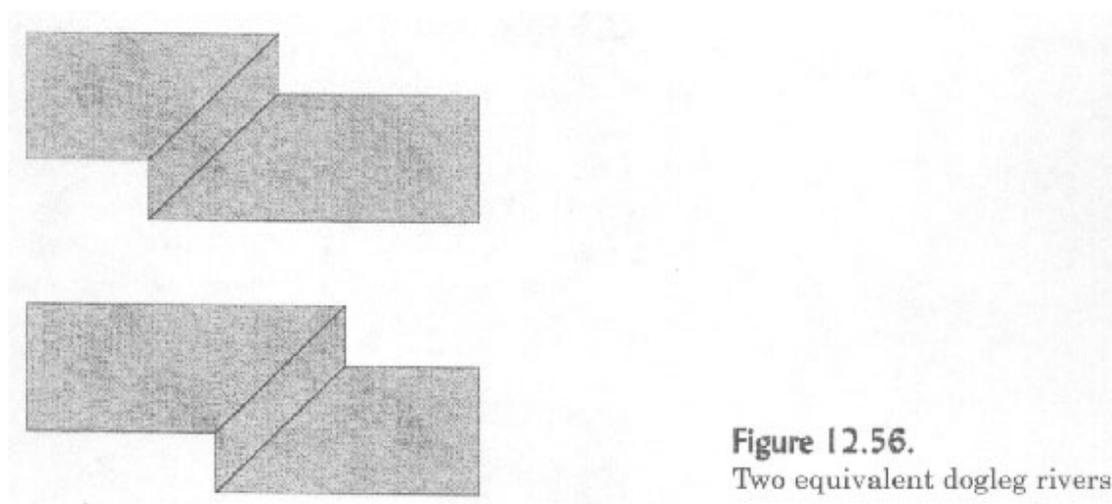


Figure 12.56.
Two equivalent dogleg rivers.

图 12.56。

两个等价折线河流。



具体折线配置往往是固定的立场伸展到相邻的正方形成长方形，如图 12.57，我们在那里显示哪些对象可以被拉伸显示。请注意，ortholinear 河流不能随意伸展，而是双方必须一起移动。

经常有一个以上的方法，来扩展矩形吸收所有的文件。不同的选择会导致不同宽度的皮瓣，和有些事情（如在上一节的例子）或多或少复杂的折痕模式。

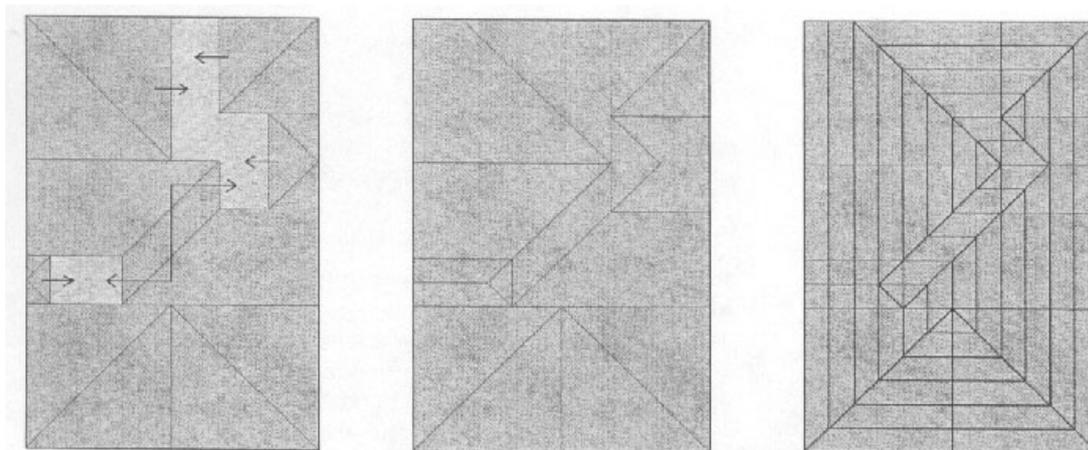


Figure 12.57.

Left: a square packing that includes an ortholinear river.

Middle: the pattern with stretched rectangles. The river is now pinned in place.

Right: the resulting crease pattern.

图 12.57

左：一个正方形包装，其中包括一个 ortholinear 河流。

中：与拉伸矩形模式。现在的河流是固定到位。

右：模式所产生的折痕。

12.9。孔和插头

大部分的时间皮瓣长度（平方米大小）和选择，通过拉伸成长方形的广场，就可以完全覆盖与原子折痕模式平方米，其中包括跳动的山脊，是完全确定。但是，有些时候是不可能和矩形图 12.58 所示。

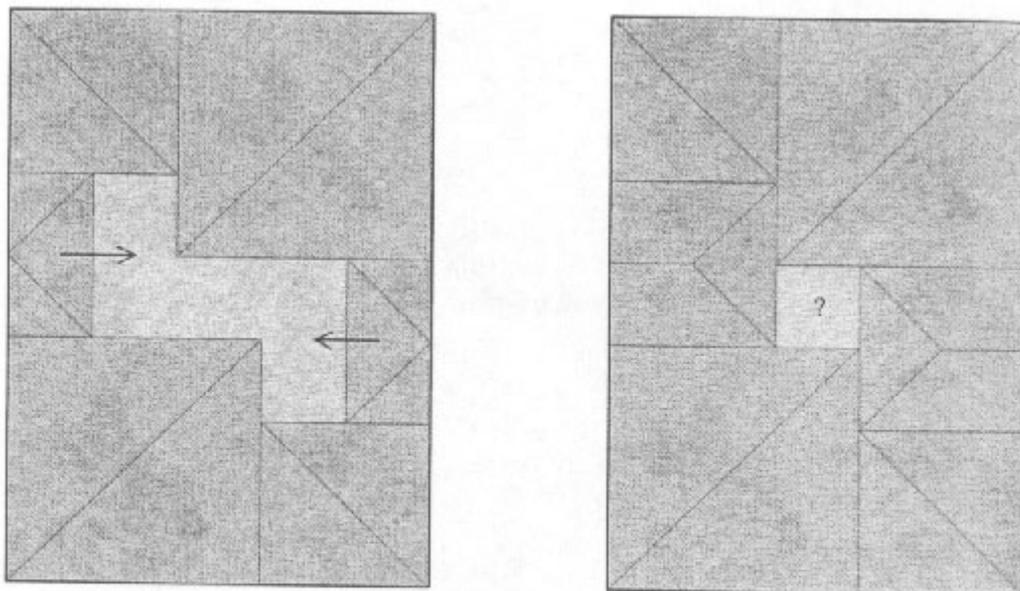


Figure 12.58.

Left: a six-flap square packing into a rectangular molecule. Only two of the squares are stretchable.

Right: there remains an unaccounted-for patch inside the molecule.

图 12.58。

左：将一长方形分子 6 瓣方包装。只有两个是伸缩的正方形。

接下来的问题在于：我们用什么做填充孔？提供一个线索是通过检查孔的周长，它的各种原子的边界组成。但原子间的边界变成枢纽基地折痕折叠，因此在折叠分子，任何孔边界必须折叠，使其沿着单铰折痕所在。

这是非常类似的一个分子，它是一个平面折叠折痕模式，以便它的外围沿轴线的基础是原始的定义。所以我们可以用任何已知的分子来填补这个洞，但在折叠的形式，将旋转 90° 相对于轴，它的周长会说谎沿折痕铰链，垂直轴。

所幸的是，箱褶模式，剩余洞往往是相当简单的形状，通常正方形和长方形。这样可以堵塞漏洞由两个最简单的长方形分子，水分子的炸弹和凳图 12.59 所示，组合。

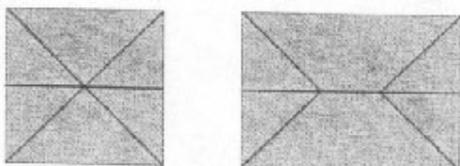


Figure 12.59.

Left: the Waterbomb molecule.

Right: the sawhorse molecule.

图 12.59。

左：水分子的炸弹。 右：工作凳分子。

这些形状启动和终止以同样的方式，原子做折痕；通过加入，宣传，反映与那些从其他原子产生的折痕，可以构建完整，有效的分子和基地。

如果你将一个网格模式折痕下降（使所有皮瓣相同的公共距离整数倍数为单位），那么任何漏洞的单位将广场---配件通常，只有一个单位正方形。在这种情况下，只有水分子的炸弹需要每平方米堵塞漏洞。其实，还有一个更简单的形状，发射没有 0° 或 90° 折痕，如图 12.60 所示，它是对折沿折痕都对角线的正方形图案。



图 12.60

为在一箱折叠分子或基方孔简化插头。

在简单的方芯，对角线折痕来三个一平价和其他人。有两个可能的党派和各四个方向，有八个可能的模式。然而，唯一不同的折叠基地位于一个小褶，通常是在该基地内埋葬的方向。图 12.61 显示了完整的例子（通用表格）折痕从这个使用方芯截面形态。如果你切开模式出来，把它折叠起来，你可以看到自己如何不同配置的插件折痕影响折叠的基本配置。

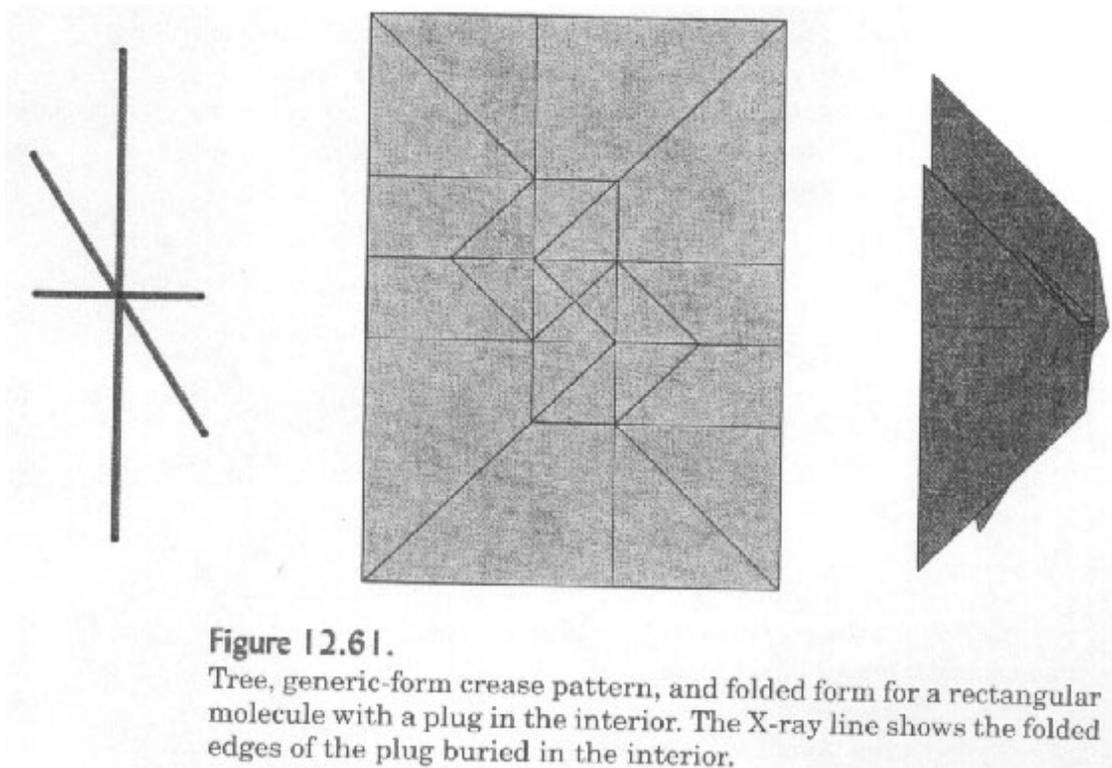


图 12.61

树，通用表格折痕模式，并折叠为一个在室内外挂长方形分子形式。的 X 射线谱线显示在室内埋堵塞折边。

12.10. 箱褶与最佳基地

箱褶基地可以用来实现很多皮瓣高度复杂的结构。他们都没有，但是，通常是最有效的基础，正如我们所看到的，由路径的优化方法建立了一个基地将是最有效的单轴基地。在效率相差都不多，然而，箱褶基地更容易折叠的折叠序列的线性，我将出现在本节。

另外一个箱式折叠设计的例子是公牛驼鹿，如图 12.62 所示。

它不是来自折叠模型明显，但多头麋鹿，其实，从单轴基础制成。这可以更容易看出在图 12.62 中所示的基地。该基地的皮瓣都清楚谎言沿中轴线，并仔细检查表明，铰链也是垂直轴，单轴基地的两大特色。

如果该基地是单轴，有一个基本的模型树。底座和皱纹格局进一步检查发现，如图 12.63

所示的树。

我们可以用同样的树进行路径优化设计中的应用。如果我们用圆/河流的设计方法（或更确切地说，使用数值树方法；圆/河包装问题可能是太复杂，解决手动），然后应用普及分子，我们到达了图复杂的折痕模式 12.64。

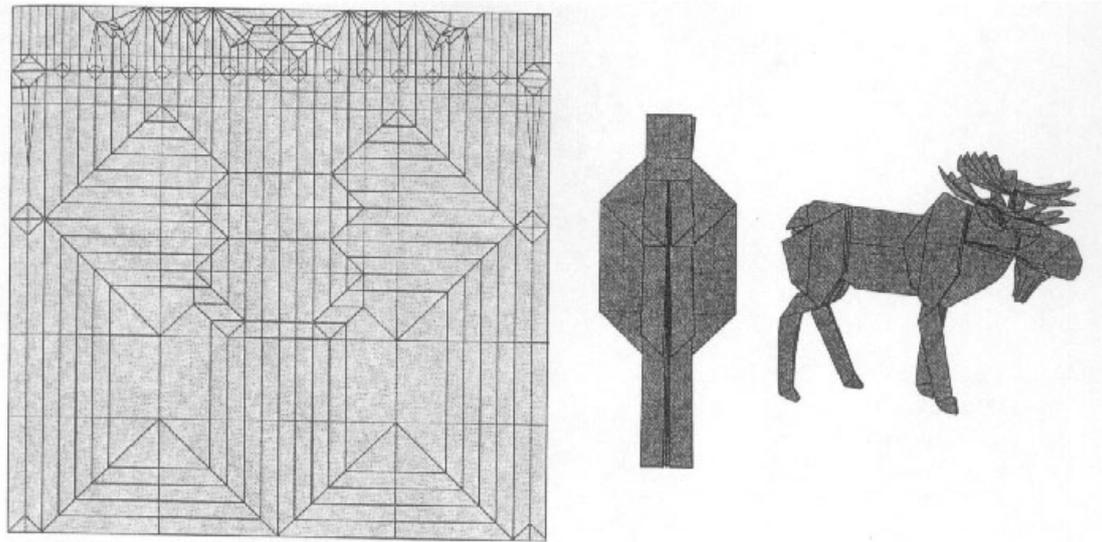


Figure 12.62.
Crease pattern, base, and folded model of the Bull Moose.

图 12.62

折痕模式，基地，在公牛驼鹿折叠模型。

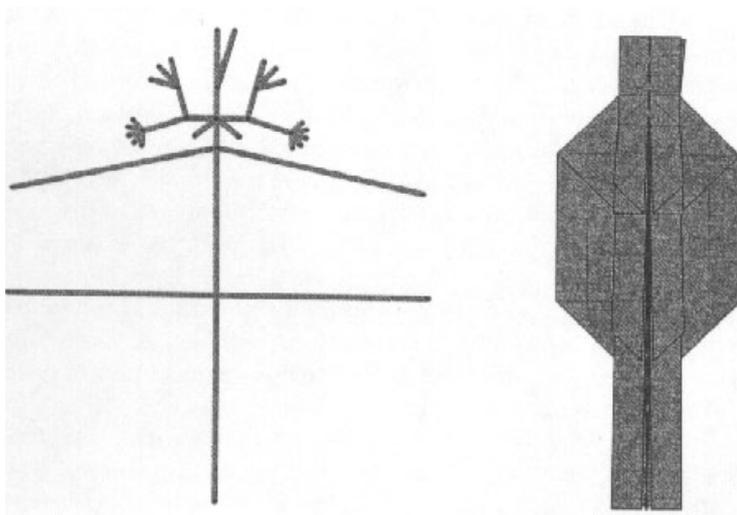


Figure 12.63.
Tree and uniaxial base for the Bull Moose.

图 12.63

树和公牛驼鹿单轴基地。

美是在旁观者当然，眼睛，从追求效率的角度来看，这其实是一个很不错的基础，它是绝对比箱褶基地效率。如果我们定义了一个作为我单位，然后规模---一树单位之间的关系，在广场一侧---腿的长度是在箱型褶， $7/32$ （，因为腿七个小方格，每个小方形长的 $1/32$ 广场的一侧 32 ）。这部分涉及到 0.2188 。为树的方法折痕模式，规模可谓是 0.2423 ，即大约 10% 为高。所以树方法，符合市场预期，给出了一个更有效的解决方案。

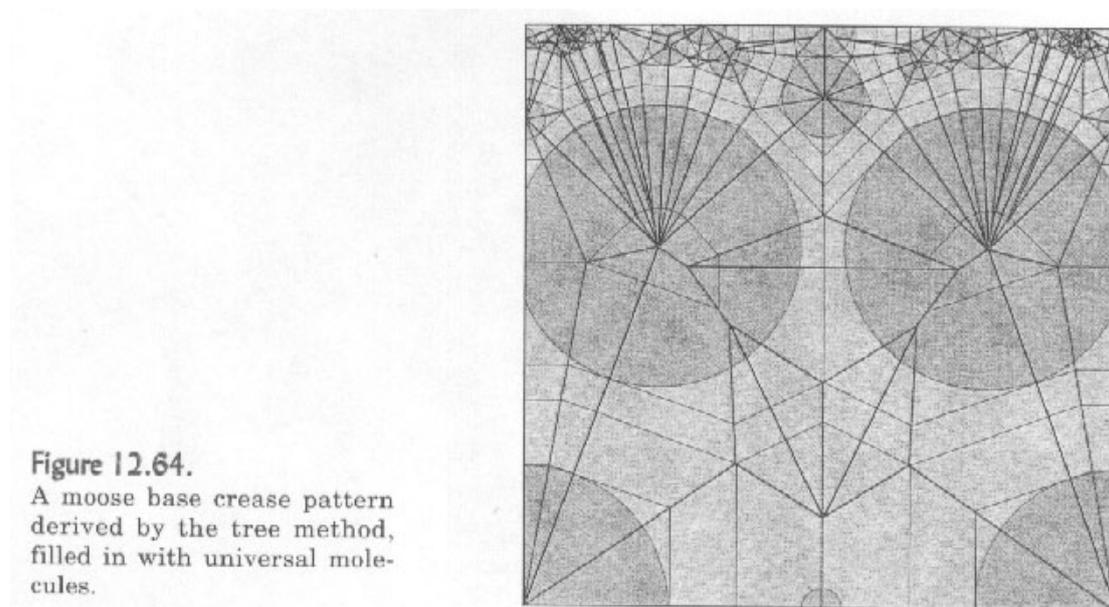


Figure 12.64.
A moose base crease pattern derived by the tree method, filled in with universal molecules.

图 12.64

一驼鹿基地折痕模式由树法得到，充满万能分子的研究。

但代价是什么？树的方法模式是相当不规则，有几个审美缺陷，注意从长远，从前腿瘦扣板延伸到小鹿角点。此外，由于是典型树法的模式，对模式的顶点的折痕最简单的引用没有与他们有联系点。有 17 个总协调所需的只是指定的轴向折痕（不包括那些可在对称线由另一个反射点）的顶点值。由于准确地定位一个单一的参考点可能需要三至五年折痕，一个是看褶皱的几十只，以确定这些参考点，更遑论上的皱褶，在每个轴多边形内部的谎言。

但是，当然，这是罕见的，一个具有原始树的方法模式的作品。如前面章节所述，一个通常会进行小的调整树的尺寸，以按摩到的东西更简单，更对称的折痕模式。如果我们做与驼鹿树和它的圆此/河包装，我们可以得出图 12.65，这是相当简单的模式。

然而，除了扭曲的树枝树（由最大可达约 6% 的数额的原始值），我们也减少了规模， 0.2240 ---现在只是稍微更有效率比箱规模褶设计。（你可以看到那里成纸变成了失去失去一些规

模：

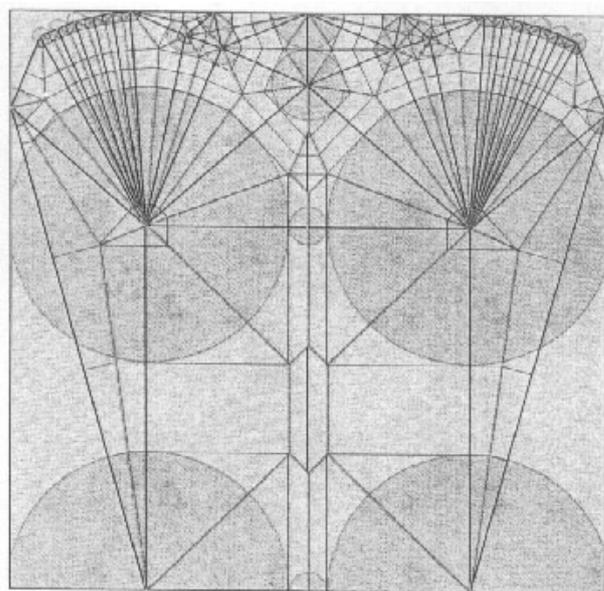


Figure 12.65.
Revised crease pattern for a
moose base.

图 12.65

变更后的驼鹿折痕模式。

沿三角形的左下和右边是不再使用)。因此，我们已经牺牲了可折叠的效率。最后，这个盒子-折叠设计几乎是一样的清理行动树方法设计效率，但它是非常容易折叠，你可以看到自己。你会发现本章结尾箱褶牛市驼鹿指示。寻找树方法设计的折叠方法---我会离开，作为读者的练习！

12.11。评论

箱褶裥提供了一个生成具有指定结构中的设计和折叠方法可以比树更简单的方法所产生的替代基地的设计方法，事实上，设计往往可以在其全部工作，没有更多的出比铅笔和纸张。

采用箱褶的回报是双重的。第一，所产生的折痕模式可以，因为它的规律性，往往是构建一个线性良好定义的参考点折叠序列。折痕模式是简化，可折叠，进一步增强如果所有皮瓣长度，是一个普通的小数量的整数倍数，在这种情况下，折痕模式都存在于一个普通的方格网如 cerambycid 甲虫和公牛的麋鹿图案，（ 24×24 和 32×32 分别）。在这种模型，可以先压线成等分的文件一序列的折叠方式和/或其他，在这点了该模型的折痕很多人都会存在。

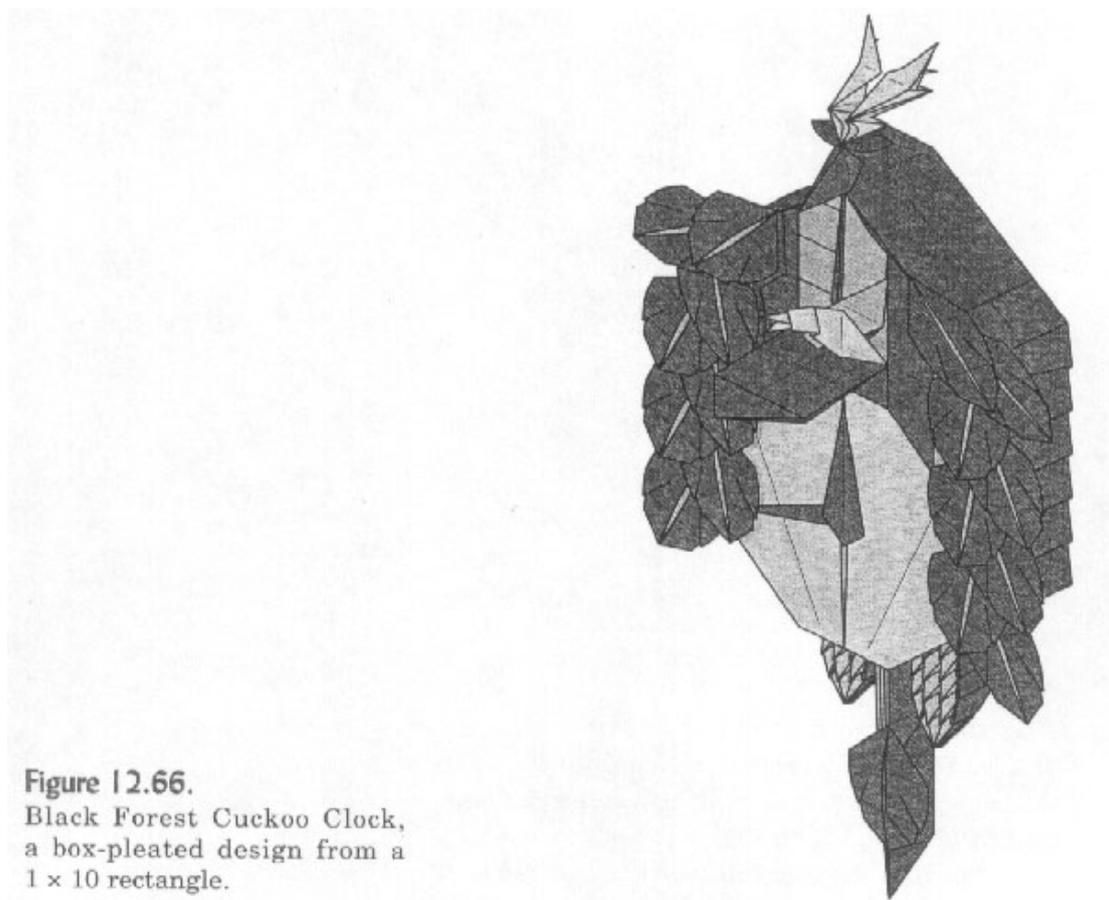


Figure 12.66.
Black Forest Cuckoo Clock,
a box-pleated design from a
 1×10 rectangle.

图 12.66

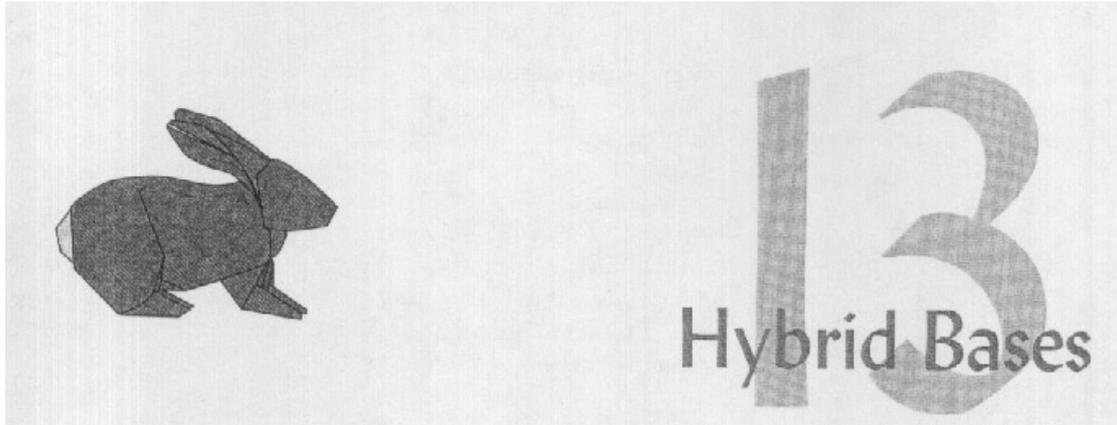
黑森林咕咕钟，从 1×10 矩形盒褶设计。

如果你折痕成，也就是说，一个 32×32 方格纸，你会创建在模型上的皱褶很多。但你也造成了不属于基础的一部分许多折痕，而事实上，每瓣或表面将与电网覆盖的折痕。这些多余的折痕，可以分散注意力的在折叠模型眼。虽然这是很难制定这样一个折叠序列，它的可取，尽量减少不必要的模型时 **precreasing** 折痕数量。采取按该为这样的例子牛市驼鹿折叠序列看看。

使用中的褶裥的回报是，第二个获得皮瓣箱褶结构与构造盒-折叠结构兼容。因此，可以使复杂的三维结构同时包含二维皮瓣和三维固体。最荒唐的和令人难以置信的折纸彻头彻尾的一些结构设计采用箱褶：由尼尔埃利亚斯，包括人类的数字和一些数字组成（一公牛，斗牛士，从一张纸角）设计的数以百计的各种车辆由 Max 休姆（一斯蒂芬森火箭火车头，一辆双层巴士）；当然，开始的模型这一切，莫塞的火车。盒褶也很好地结合与利用的褶皱纹理定义，一个被拿下，如埃里克 joisel 和神谷哲现代大师利用相结合。

近几年，一个复杂的模型平方米伦理增长强劲，但在 20 世纪 60 年代，70 年代和 80 年代，矩形的合理使用仍然普遍。莫塞的火车是从当然折叠矩形，，因为是对尼尔埃利亚斯的许多设计。符合这个传统在 20 世纪 80 年代初，我制定了一个从一矩形，我后来与我在本节中描述的许多技术增强布谷鸟钟。我将关闭这个模型及其说明本节。它说明了技术的箱褶一切：立体盒，众多皮瓣，他们的组合和连接的创建。其折叠序列 - 在 216 个步骤，并从未发表——是不是为胆小！但是如果你在折叠它成功，你可以在那里找到灵感之内为自己的盒褶设计。

（第十二章完）



13. 混合动力基地



盒褶裥是圆/花瓣代法和单轴基地河流专业化，但它也是他们的一种延伸，它使人们能轻松地结合在同一个模型二维花瓣和三维对象。这也说明了折纸设计的一般原则：一可以混合和匹配在同一型号不同的风格和技术，利用特殊设计需要的地方元素。许多---也许是最---折纸设计是这种杂种的类型。圆包装技术是强大的，但重点花瓣代完全可以限制，有的只是这么多了有 23 对附肢。几乎我所展示的技术，迄今所有的基础上，单轴基地的概念，但也有许多潜在的折纸的课题，不适合棒位数组成部分，是抽象的单轴基地包裹。

当面对一个问题，并不适合进入单轴模具，而不是从头开始，经常可以适应单轴基础元素，并结合其他的折叠技术，他们形成一个混合的基础上，同时提供了一个更好的代表性所选择的主题和视觉上更加有趣的物理结构。

那么问题出现了：在混合结构，我们应该怎样使用循环包装和树的方法呢？这些技术都产生花瓣，特别长，瘦的好。一个主要的长，瘦附属物组成的主体是一个纯圆/河川或箱褶设计的完美人选。但随后的反问题也产生了：什么我们不使用循环包装？答案是，任何不近似一筒笔画相当不错。最值得注意的是，大，通常不平坦的地区产生了一圈包装基地，因为最大化的过程中往往一个花瓣长度减少它的宽度。此外，大，球茎，立体形状不一般，大，球茎，立体形状通常不产生环路包装，首先是因为在设计单轴基地所在单位，二是因为（再次）的过程优化花瓣长度有利于减少他们的宽度了。与课题，大，二维表面大片，必须采用其他技

术。试图设计这样一个问题是使用循环包装使用了类似于砸向钉钳：可以做，但结果往往并不理想。

然而，圈包装能有一个这样的设计的地方，如果你使用它时，它的适当的。在设计中结合了许多狭窄瓣大而平的大片，您可以分配为平坦区域纸多边形，然后配合他们的圈子一起包装区域生成所需的皮瓣。

13.1. 单位和襟翼

下面是这种混合方法的一个例子。而包装是圆的昆虫和其他节肢动物的设计理念（如您所期望从我所展示的许多 **arthropodic** 例子），它不工作，特别是良好的蝴蝶或飞蛾。在鳞翅目的成员，机翼模型中占主导地位的结构，事实上，多年来，唯一的折纸蝴蝶翅膀只组成，另外，也许一些卷曲和/或钝点建议的机构。腿和触角甚至没有考虑。

作为新的几何设计之手法，在 80 年代初发现的，然而，几个文件夹丢在他们的眼睛蝴蝶以其独特的挑战：如何创建在某些情况下大翅膀，加上体积小，腿和触角（而且，即使面的眼睛，吻！）。艺术家和建筑师彼得恩格尔设计的第一个（也许还有其对纸张的使用条件最好的），由 20 世纪末，其他几个文件夹，包括我自己，在他的路径。

相结合的小腿和翅膀问题大平面功能提供了一个很好的挑战。无论蝴蝶和飞蛾有四个大翅膀，但由于中脱颖而出，找到翅膀不可避免的重叠，人们总是有代表的由一个或两个不同的小组对纸张的选择。

观察到，所有蝴蝶的翅膀大约四个三角形的一个方法建议：建立每个从一个折叠式半翼瓣方形区域，如图 13.1 所示。我们将在分配的广场四角各有四个这样的正方形（每个机翼一），如图 13.2。该襟翼之间的四个文件的其余部分则用于创建头部，胸部，腹部，触角和腿。

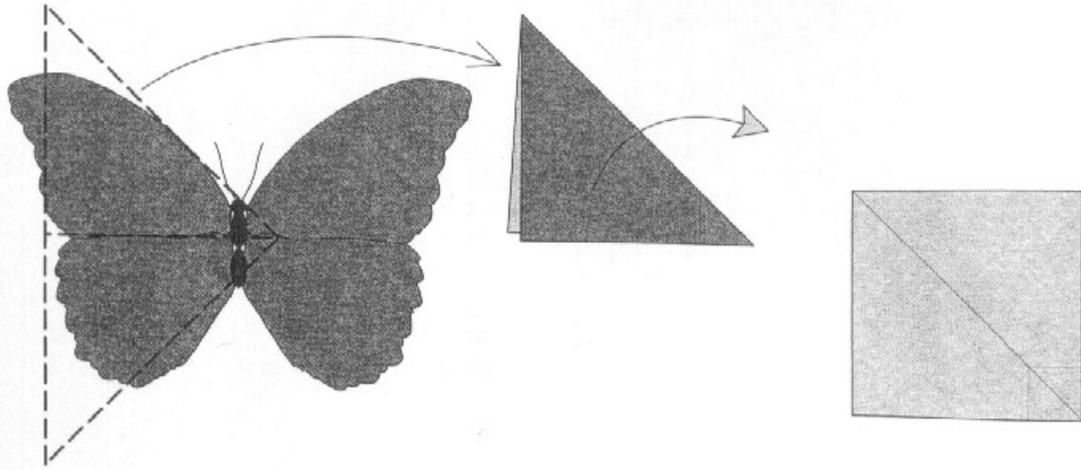


Figure 13.1.

The four wings of a butterfly are roughly triangular; each can be folded from a square region of paper.

图 13.1。

一只蝴蝶翅膀的四个大致三角形;每个人都可以从一个正方形区域的纸折叠。

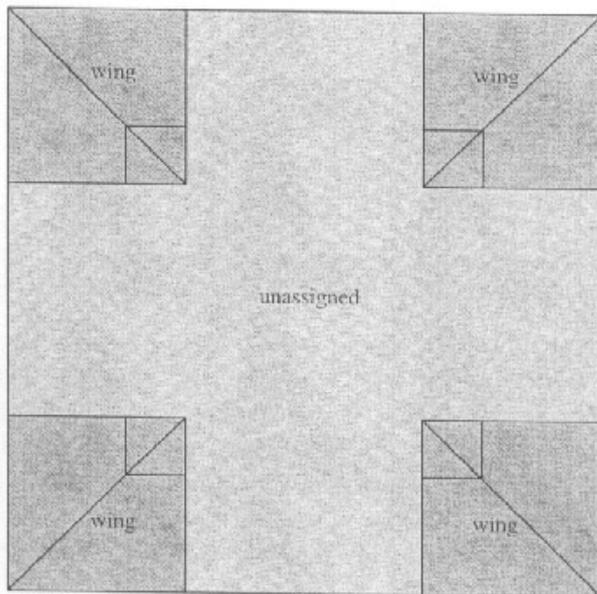


Figure 13.2.

The four wings can be obtained by placing the four wing-squares in the four corners of the paper.

图 13.2

四个翅膀，可放置在纸张的四个角落的四翼广场。

现在，在指定的四个角落地区成为翅膀，如何处理纸张的休息，我们将需要病程襟翼，但同样重要的是：我们需要的差距。一只蝴蝶的四个三角形的翅膀加入到对方的身体只是在最近的角落，因此，我们需要引进之间的左，右机翼（而且，如果我们想单独的差距船头和船尾之间的双翅膀，以及）。

我们看到了如何引进回来时，我们的差距在第 6 章分割点，我们增加了一个地区之间的差距，需要带嫁接。加沙地带的宽度为两倍的差距深度。在这里我们可以做到这一点使用对于图 13.3 移植未分配的文件，我补充说，划定的差距对角线折痕。我还增加了半圈，而这样做。差距可以被认为是两个半瓣，在加入了他们的基地，因此，我们可以用圆圈部分（及分子纹路的部分），以建造的差距以及皮瓣。

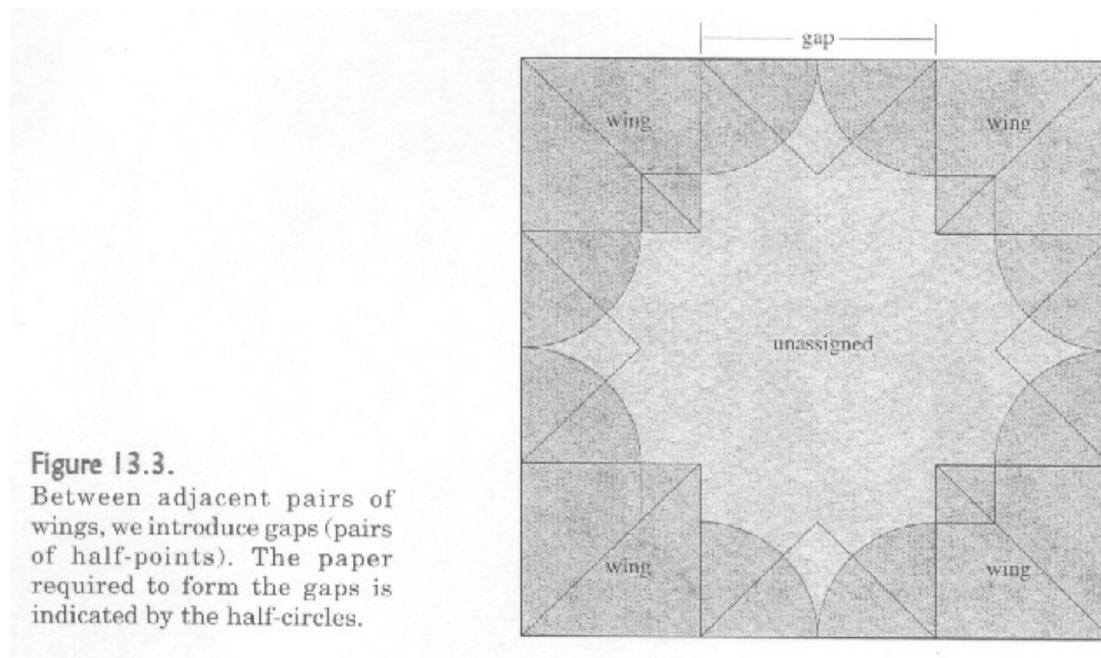


Figure 13.3.
Between adjacent pairs of wings, we introduce gaps (pairs of half-points). The paper required to form the gaps is indicated by the half-circles.

wing:翼 gap:差距 unassigned:未分配

图 13.3

对相邻之间的翅膀，我们引进差距（对半分对）。需要形成的缺口所指示的文件是半圈。

在这种模式下，我做了两方面的差距在机翼上的三角形边长的三分之二。它是可能的，当然，延长差距一路翼三角形的技巧，但是如果我向它只是中途，那么我可以用另一种方式的翅膀三角形的角落，为 4 个集群点点形成的身体，腿和触角。

头部，腿部和腹部都来自同一个点发出。一个合理的近似，天线也可以被视为在同一位置，这意味着所有十皮瓣---两个触角，六条腿，腹部和头部---可以用一个简单的圆圈代表产生的包装。但我们现在需要的不仅仅是适合的圈子进入广场，但他们没有闯入翼地区至少不超出圆圈，划定的空白---

一操纵位显示，九圈放进可用空间，如图 13.4 所示，整齐。不幸的是，这是一个圆圈太少。

下一步是明显减少的圈子和重新安排他们增加第 10 圈。但九圆包装得优雅，这将是很好找到一种方法，利用它，而不是重新安排，我们可以抛弃一个皮瓣，一个单独的头部皮瓣是不是真的需要存在，如果我们使用两个天线头皮瓣建议。这意味着，为附属物和为两翼的方面圈最后的包装，可凝固为图 13.4 所示。

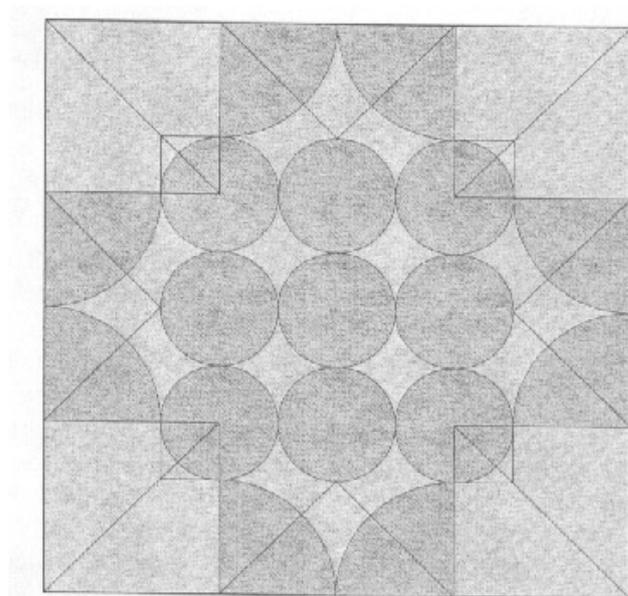


Figure 13.4.
Circle packing for butterfly with flat regions allocated for the wings.

图 13.4。

圈包装与分配为两翼钢构地区的蝴蝶。

在这个包装，轴向折痕都正交，这表明一箱折叠折痕模式是可能的，的确是。我们有多少个部门使用的箱褶部分的选择。在这个模型发布的版本，我选择使用 12，如图 13.5 折痕模式，基地，折叠模型所示。

同样的包装和皮瓣的安排，也可以折叠使用更多的分歧，这给瓣狭窄。你可能会喜欢的工作指出，折痕模式（和折叠的结果）将采用 20 个师，而不是 12 个箱褶部分的挑战。

请注意，我们的九瓣将理想进来的四个换腿和触角，加上一项为胸部对称线对称单皮瓣皮瓣对的形式。在这个模式，皮瓣三落在对称线，这意味着他们二人被操纵躺在并排在折叠模型的一面。幸运的是，这层允许重排。

在创造四项为两翼分别皮瓣回想可能是代表性矫枉过正。对企图造成太大的危害是非常附属物的方式不可避免地，一些型号的其他方面受到损害。它并没有得到很好的艺术点算结果是

正确的，如果畸形，笨重，或毫无生气。在随后的蝴蝶图案，我已经回到代表着脱颖而出，由一个单一皮瓣船尾的翅膀。即便如此简化，这样仍然可以认为是一种审美加入腿的错误。因为他们几乎从来不细如真正的蝴蝶的腿（这是没有一个极端特写或静态照片，几乎不可能看到），明确创建的腿比一提高到模型更频繁的分心。但也许这并不是一个主体的固有限制，只是一份声明中准确地再现，但艺术优雅，蝴蝶折纸图尚未设计。或许是运用在这里我已经提出的一些技巧，你可能是第一次。

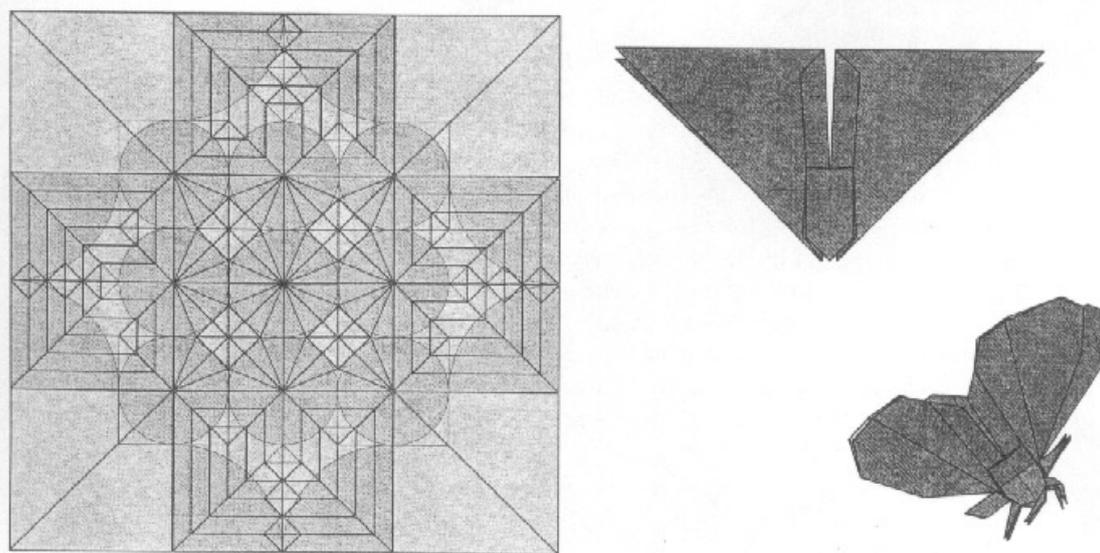


Figure 13.5.
Crease pattern, base, and folded model of the Butterfly.

图 13.5

折痕模式，基地，折叠模型的蝴蝶。

另一个分配多余的纸张，以扩大皮瓣的例子说明了在图 13.6 蜻蜓设计。在腹部和腿部的建设是典型的循环包装。然而，通过添加一个到的四个襟翼每所初中的矩形部分，我们创造额外的纸张，使一个统一的宽度沿其长度的翅膀。你可以找到在折痕模式将纸吗？

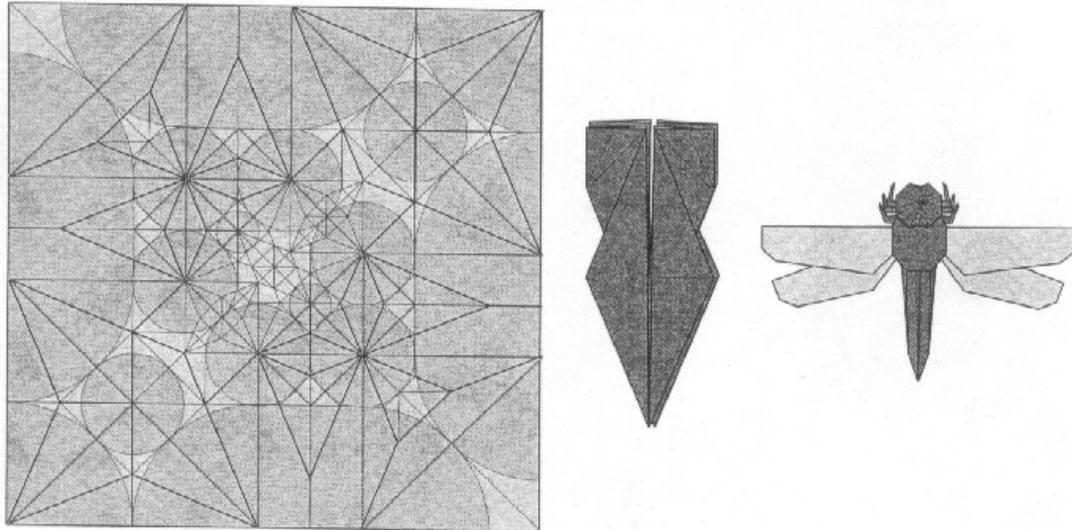


Figure 13.6.
Crease pattern, base, and folded model of the Dragonfly.

图 13.6。

折痕模式，基地，折叠蜻蜓模型。

13.2. 多轴基地

之间的技术和主题，在使用时单轴基地之一，是最大的错配，多拍打基地往往是瘦，而许多学科有部分是厚，厚实。特别是，许多动物都比较结实的身体和四肢相对于其后躯：老鼠和松鼠，河马和象。一个纯粹的单轴基地，而主要的附属物所有拥有皮瓣，可能无法提供的，这对于体内使用襟翼足够的宽度。此外，非常效率并不多，如果有多余的纸张可拉出扩大所需的皮瓣。

另一个问题是较为微妙。如果我们创建了一个从单轴基地是相对于计划视图侧面代表动物主题，我们通常会折了腿皮瓣向两侧，然后折了一半的模型，因为，例如，是与完成公牛驼鹿在前面的章节。

当我们将折单轴基地，折线发生在基轴，这自然成为动物的后面。腿皮瓣向下延伸的轴线，如图 13.7。这意味着，腿需要遍历身体才超越它延长整个高度，以及皮瓣延伸，超出了身体比原来缩短皮瓣部分。实际上，一个来之不易的皮瓣长度一部分被用光体内，它没有用处。

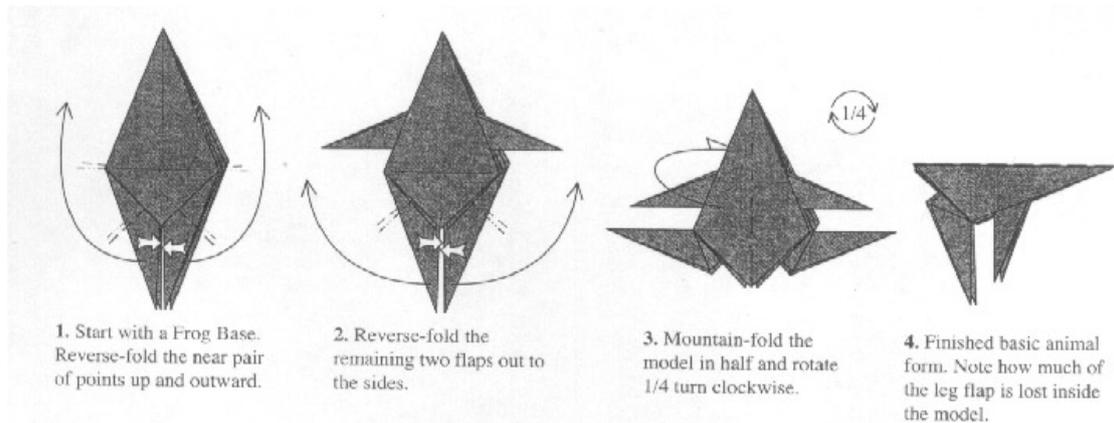


Figure 13.7.

Folding sequence for a basic animal. Since the axis runs along the spine, portions of the leg length are lost inside the model running from the spine down to the point where they emerge.

- 1、与青蛙基地开始反向折点附近配对及离港。
- 2、反向折了剩下的两个皮瓣向两侧。
- 3、山折叠半模型和旋转 1 / 4 顺时针旋转。
- 4、动物的形式完成了基础。说明如何将腿皮瓣是多少内部模型丢失。

图 13.7

折叠广场为一个基本的动物。由于轴是沿着脊柱，腿部的长度内的点都将丢失的脊椎骨下运行，以至于出现的模型。

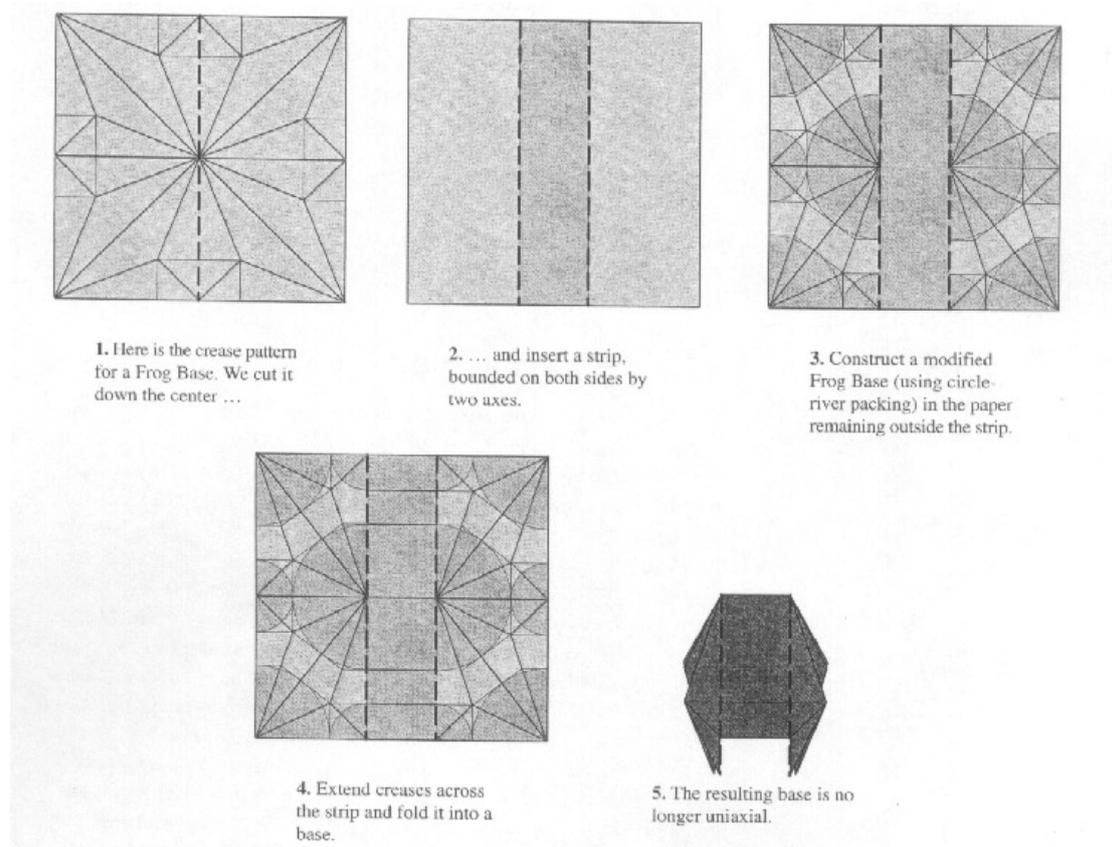
更广泛的身体区域，更大的派系的腿会越走越消耗皮瓣。显然，我们可以减少身体的废品缩小，但如果我们需要一个特定机构的宽度，该选项不可用。补偿，腿皮瓣必须延长原设计，最终降低了一切的相对大小，使整体效率较低模型比需要。

理想地，腿皮瓣也不愿意从这一问题的脊椎所发出的。这个目标是可以实现的几种方式，通过改组，该轴是不再单独脊椎，或通过移动距离完全由单轴基地示范等。一些艺术家，尤其是约翰 montroll，在制定该回避这个问题，以非凡的效率单轴基地众多聪明的选择，过去几十年。一种方法是使用由许多艺术家的一个概念我刚才所说的两个天然产物在这本书，嫁接和单轴基地。因为我们与蝴蝶例子中一样，我们结合了折叠结构，提供对这一问题的不适合到单轴模具整齐的部分单轴基地部分。

在一个脊椎动物的情况下，我们可以创造一个动物和包件单轴基地宽体大平面多边形围绕它创造的附属物皮瓣；而不是分布沿多边形中心线的皮瓣在单轴基地，我们可以分发他们周围

的边缘，从而减少或消除宽体。

取得的成就，这将是削减部分沿轴向折痕并插入一个地带移植基地最简单的方法，正如我们在第 6 章一样，但不是褶裥的地带，变成了更多的积分，所以我们给它相对展开。图 13.8 展示了手术过程在图 13.7 青蛙基地进行。



- 1、这里是折痕模式青蛙基地。我们剪下来的中心...
- 2、...并插入一个地带，两侧由两条轴线为界。
- 3、修改后的青蛙基地建设（使用圆河流包装）在加沙地带以外的其余文件。
- 4、在加沙地带扩展折痕和折叠成一个基地。
- 5、由此产生的基础是不再单轴。

图 13.8

建造一个多轴基地。

通过插入带，我们已经建立了基地内两条轴线，它现在是多轴。通过对距身体插入带，我们可以利用的部分缩小单轴几乎腿皮瓣的完整长度，而保持其中央地带的宽度，如图 13.9 所示。

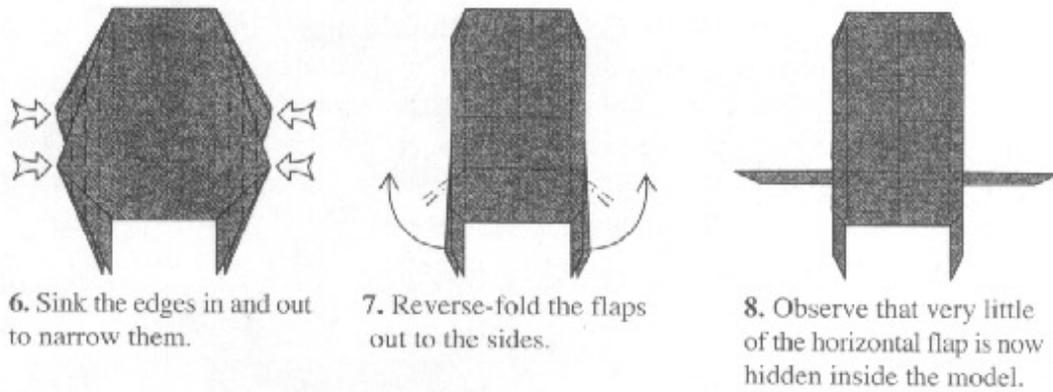


Figure 13.9.

Narrowing the edges that would conceal the leg flaps still leaves paper available for a wide body.

6、水槽边缘，将掩盖腿皮瓣仍留下一个宽体文件分发。

7、反向折叠出来的皮瓣两侧。

8、观察到非常小的横向皮瓣现在隐藏在这一模式。

图 13.9

缩小边缘，将腿皮瓣隐瞒仍有一个宽体文件分发。

图 13.9 的例子是有点做作来说明这个原则。但是你可以使用这种技术在许多方面，不同的插入带钢宽度相对剩余的文件不同的身体宽度比长度，同时仍保留皮瓣效率。

13.3. 嫁接风筝基地

该地区没有插入是一个长方形地带，当然。远非如此：为动物创造使用 **numberous** 艺术家设计，插入一个风筝基地（或修改其中进入一个正方形角）的形式，最通用的技术之一。或者，从另一个方面来说，它包括移植的狭长地带，两侧的风筝基地，类似于地带移植，创造了在第 6 章 **KNL** 龙方。但现在，而不是简单地用在加沙地带建立了模型的角落的小功能，条作出足够宽，当皮瓣创造分子填补，它有助于围绕一个三角形，使周边的皮瓣集合组成了风筝基地剪影。这一附加材料从而产生了该模型的整体结构了。更好的是，这是非常变量：通过改变嫁接带钢宽度，你可以添加更多或更少的皮瓣，使其放大或缩小，并创建一个平面和立体动物显着不同。我请了家庭的结构嫁接风筝基地。

该嫁接风筝基地的概念是在图 13.10。从基本结构是风筝基地，其抗皱模式是在广场之中。

在中央的三角形风筝基地将被保留在最终模型，给人一种大而平的地区从中形成的身体。而不是向下运行在广场中心模型的轴心，我们可以对待作为轴组成的三角形周长保存，我们再使用，如圆形，常规技术/河流包装，创造来自区域外的皮瓣保存三角形。

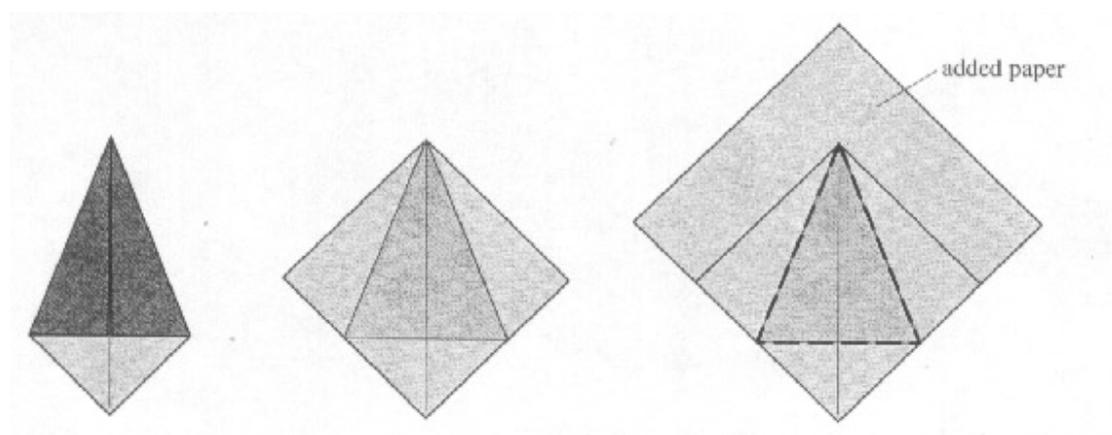


Figure 13.10.

Left: Kite Base.

Middle: crease pattern for the Kite Base.

Right: Kite Base embedded within a larger square.

added paper: 补充文件

图 13.10

左：风筝基地。

中：抗皱模式为基础的风筝。

右：风筝基地内嵌入一个更大的正方形。

并非所有的理论进行了;我们构建的分子折痕模式是假设所有的轴向皱折风在折叠模型共线的基础。这将无疑并非如此，如果我们继续从折叠平板彩色三角形。然而，我们仍可以使用文件分配各界的皮瓣，将位于沿折痕。

我们也可以纳入皮瓣部分的彩色三角形，让我们的圈子，以部分重叠的三角形，但不会被这些皮瓣轴型皮瓣。这可能不是一个问题，事实上，它可能是很可取的。因此，例如，在图 13.11，嵌入式的两个三角形的底部角落显示成为动物的后腿的兔子。显然，他们不是轴型皮瓣，但对于这个数字，轴型皮瓣不会非常有用的后腿。另一方面，轴型皮瓣的工作很好的头部和耳朵，和四圈包装---与折痕模式结果---应该到现在，很熟悉。

之间的嵌入风筝基地的规模和面积比原来的设计，是一个不断变化（这就是为什么嫁接风筝

基地是一个家庭的基础，而不是单一的基地)。小风筝基地是相对完整的广场，更是对其他文件皮瓣可用。因此，在图 13.12，在那里我得出三个不同的大小，你可以看到，在图像左侧，四圈在广场（从而在基及其相应的皮瓣上）相对较小相比，较低的皮瓣;比较 A, B, C 圈 ,图 13.12。减少风筝基地面积相对较大的 A 型允许四瓣放大，你可以看到在图中的进展。

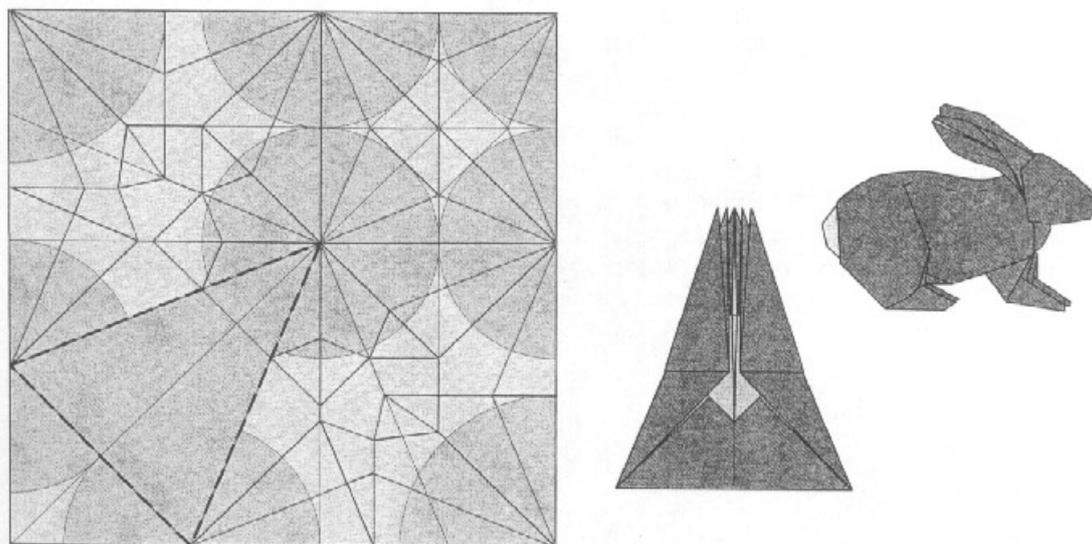


Figure 13.11.
Crease pattern, base, and folded model of the Rabbit.

图 13.11

折痕模式，基地，折叠模型的兔子。

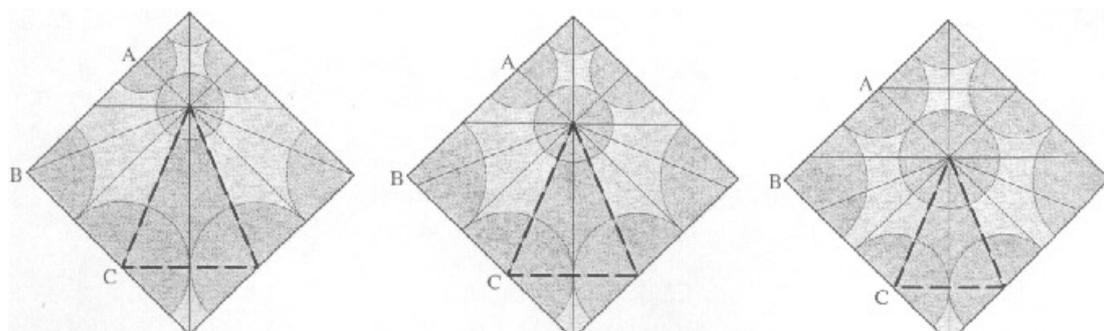


Figure 13.12.
Three different ratio embeddings of the grafted Kite Base.

图 13.12

三个不同比例嫁接风筝基地嵌入。

什么是不那么明显，但也是一个考虑是圆之间的差距对 **AB** 和 **BC** 的长度。在头两个模式，公元前圈接触，表明其相应的皮瓣是在他们的基地会合。相反，在过去的模式，圆 **A** 和 **B** 都在触摸与 **B** 和 **C** 之间的差距，这意味着皮瓣 **A** 和 **B** 是在他们的基地会合。通过调整广场内嵌入的风筝基地规模和操纵界的分配皮瓣纸，你可以调整不仅皮瓣的长度，而且他们的拓扑结构。

你也可以移植到其他形状的广场以类似的方式。设计如图 13.13，例如，移植到一个正方形的一条鱼基地钻石。

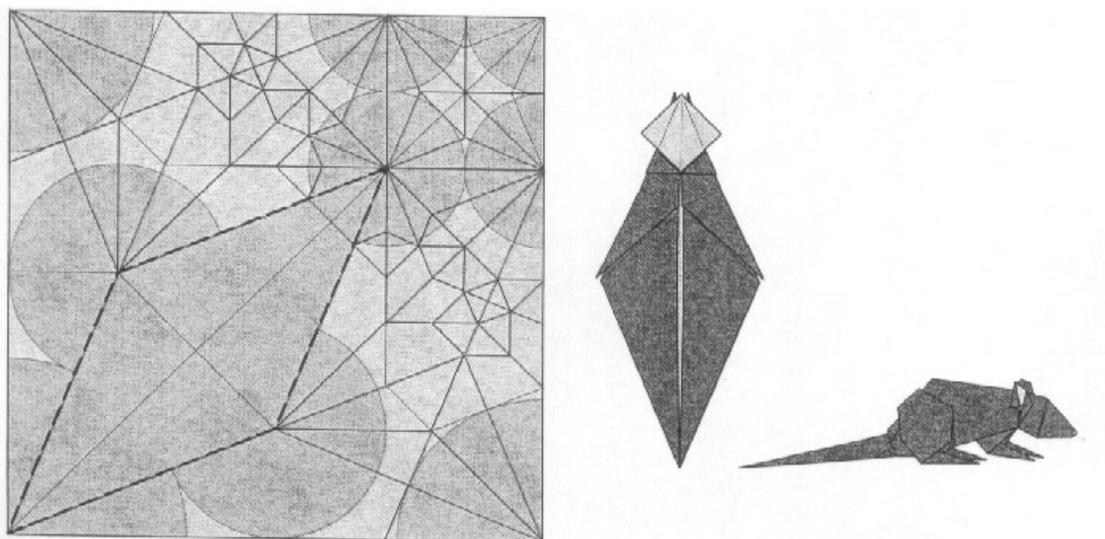


Figure 13.13.
Crease pattern, base, and folded model of the Mouse.

图 13.13

折痕模式，基地，折叠模型鼠。

在所有的例子嫁接风筝基地，该基地顶点风筝成为一个相对厚的中间瓣。在前面的两个模型，这中间皮瓣最终未使用的，沉没了该模式。但它也有可能利用它的功能，例如，由点分裂，我们将很快看到。

该做的事你应该永远当你学习一门新的技术之一是要问：如何能够一概而论？在嫁接风筝的基础上，一个明显的概括，是不同的风筝基地的规模相对于包围正方形的。另一种概括，也

许不太明显，但同样强大，是不同的风筝基地顶角。不同的角度给予不同长宽比的嵌入式三角形。也许更有趣，其他的角度可以有不同的对称性折痕模式。你可能会觉得有趣，探讨这些其他一些角度的可能性；— 60°，特别是提供多种富有成果的可能性顶角。

13.4。混合和匹配

想到这本书，我选择的例子，人是各种数学的设计技术，纯插图。现实世界的设计，但是，很少如此纯洁。10 多比不，最好是一个折纸设计由聘用的技术混合物：框褶裯在这里担任，圈子有包装，嫁接，分子，点裂，纹理---褶及以后这里显示的其他人。

各种设计技术是在会议结束时，工具和公正作为一个画家可以使用画笔和颜料的品种，以实现他的设计，可以采用的折纸艺术家在同一型号的设计技术，实现各种单一的统一设想这一主题。

这最后的设计汇集了设计技术我有几个所示。如兔子和老鼠在这一章中，我用的是嫁接风筝基础，以嵌入到折痕模式，从这些庞大的躯来一个大三角形，我聘请点一分为二，变成一个额头上的大中间瓣，拍打耳朵；我使用循环包装到指定的前腿，躯干的折痕，和其他地方，甚至听到，克宁回书中的第一个设计，我提出的第 2 章中的各种大象头部设计使用。结果是，当然，另一个大象。从最简单到复杂，横跨非洲大象的折纸技术的频谱，以及作为一个合适的折纸设计为我们进军到最后的例子。

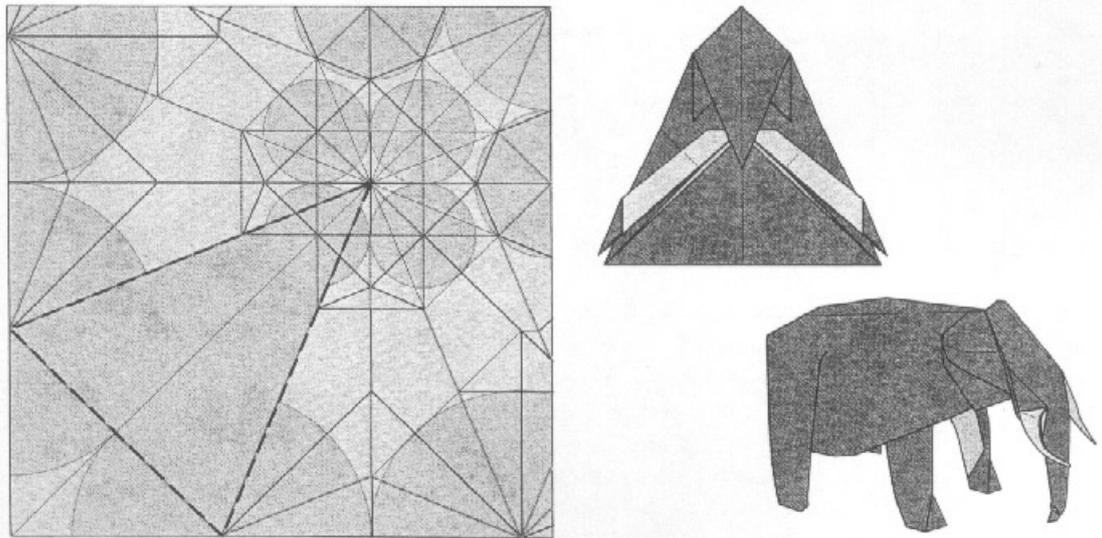


Figure 13.14.
Crease pattern, base, and folded model of the African Elephant.

图 13.14

折痕模式，基地，折叠模型非洲大象。

13.5. 收尾

在大向西中期的 19 世纪人口迁移，这在美国先锋谁是俄勒冈步道上设置了说起来：“我要去看大象。”象是对自己的目标，他们的希望，他们的梦想所有的比喻，他们的愿望。他们并没有列出无配备；他们带来的工具，使一个新的生命，新的突破，与运气，使他们的财富。

尽管古代，折纸艺术仍处于创业时期。新的创作实践始于上个世纪内，通过对吉泽，内山的作品，乌纳穆诺，然后在自己的周围世界蔓延向西扩展。这是领导的名字已经成为传奇折纸：奥本海默，哈尔滨，兰德利特，索洛萨诺萨格莱多，蒙托亚，罗门哈斯，埃利亚斯，克劳福德，塞尔塞达等不胜枚举。折纸创作的先驱者没有什么比一个传统的设计和自己的直觉更多地引导他们一小撮。但作为艺术和知识的传播，收集的知识和技术已经出现，类似的路径向西燃烧。

我试图在本书中提供的工具的集合，是一个帮助你降低了你折纸设计的道路。这些工具，像任何其他人，只适用于有知识如何挥舞他们。他们变得更加实际有用。你可以应用我所看到的东西解构显示概念。如果你折聪明或有吸引力的模式，拉它拆开，检查折痕模式，为结构

的迹象看。什么文件进入皮瓣？有一个轴？有多个轴？有些皱褶比别人更重要？

只是作为工具的做法变得更加有用，因为它们更加广泛的应用，他们得到改善，扩大，甚至取代。我不怀疑，折纸设计似乎很奇怪，一旦外国---分裂，数学方法嫁接，瓷砖，圈子，河流，方形包装和树木---最终将增大，如果不是取代，以更强大和更一般技巧。我们现在的目光来看待 20 世纪 50 年代和 60 年代的开拓者折纸设计师，但我们可以整个 20 世纪被看作是新的，令人惊奇的创作折纸时代的开拓者看到未来的发现通过使用这些新技术出现。

而早期的美国先驱开辟的山径，下一波变成用更好的设备和知识经济的道路，他们有什么是可能的。每个设计师的折纸艺术新浪潮到新的高度，创造不只是更复杂的结构，但在利用新的和意想不到的方式折叠纸的内在能力。在这项工作中，我都集中在一个比较狭窄的概念并列设置与所取得的皮瓣在受控制的方式指定的配置基地一起共同主题。但新的设计远远超出了这个狭隘的概念，有些---如克里斯复杂的几何图案帕尔默，埃里克 joisel 弯曲和旋转口罩，以及圣文森特 floderer ---重新界定自己的边界折纸形式有机皱巴巴。

每到折纸设计的旅程是个人的，原始的。这是我希望在这本书中的数学思想---工具，几何形状，结构和公式---将帮助你把你设计自己的旅程。至少，他们可能提供一种新的方式看折纸，一个超越最后出现一种方式来看待，除了折叠的线性序列，了解结构，其组成元素，折叠的基石。

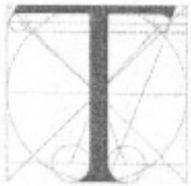
以加州 40 - niners 拍摄，“看到大象”是他们的伟大，光荣的目标。那些谁也没有能力还是不幸被遣返的，说他们没有看到过比大象的曲目或尾巴。您折纸旅程，您可以装备的系统设计，克服任何折纸主题所构成的挑战，实现您在自己的追求成功地看到大象的工具。

（第十三章完）

14 Algorithms

14. 算法

14.1. 数学模型



树理论转换寻找到约束的非线性优化，一个问题已深入研究了计算机科学界，在这方面有许多需要解决几个已知的算法类型不同类型的其中一个有效的折纸折痕模式问题。

这里的关键是数量效率的目标是使最有效的模式（即在比例最大的出发文件）。在数量规模最大，因此，这是一个单位皮瓣大小相比，在广场的大小。有两个必须为任何有效的抗皱模式满足约束的家庭。

- 坐标必须尽在广场的每一个顶点。
- 任何两个顶点之间的广场上分离必须至少作为相应的两个节点之间的路径长度作为尺度衡量沿树大。

如果在一个数字 N 叶节点，第一个条件设置为 $4N$ 线性不等式约束，而第二组 N 次 $(N - 1) / 2$ 对 $2N$ 个顶点二次不等式约束的坐标。除了这些限制，以执行各种对称性的模型：

- 一个顶点可以有它的位置设置为一个固定值。
- 一个顶点可以约束就行，如果双边对称的谎言。
- 两个顶点可以限制在撒谎的对称线对称。
- 三个顶点可以是共线的限制。

- 边缘可以限制在一个固定的长度。
- 两个边可以限制在具有相同的失真（株）。
- 一个路径可以被迫活跃。
- 一个路径可以有它的角度设置为一个固定值。
- 一个路径可以量化的角度来给定角的倍数。

问题是解决了转换的路径树定理的条件和成数学公式，具体而言，一个约束的非线性优化的所有限制。本节列举的方程式定义每个类型的优化。

14.2. 定义和符号

U 定义是所有量值设置顶点坐标 $\mathbf{u}_i, i \in I^n, I^n$ 是其中的一个顶点指数集: $I^n = \{1 \dots n_n\}$ 。

每个顶点的坐标变量 $u_i, u_{i,x}$ 和 $u_{i,y}$ 。

E 定义是对所有边缘 e_i 套, $i \in I^e, I^e$ 是一个边缘指数 $I^e = \{1 \dots n_e\}$ 。每条边恰好包含节点 $n_i, n_j \in e_k$ 。2。每条边的长度和一个小数失真，所谓应变 σ_i 。

u_i 每个顶点对应一个与一节点 n_i 。

U' 定义是叶顶点，这是那些设置顶点相对应的连接到精确的一个边缘节点。 I^m 定义是叶节点指标体系。显然， $U' \subseteq U$ 和 $I^m \subseteq I^n$ 。

P 定义是对所有的路径设置, $P_{ij}, i, j \in I^n, i \neq j$ ，每个路径是由节点的指标确定在每个路径的末尾。每个路径的长度, l_{ij} ，这是由在道路边的长度总和由于紧张，也就是说，

$$l_{ij} \equiv \sum_{e_k \in P_{ij}} (1 + \sigma_k) l_k \quad (14-1)$$

P^i 定义是叶路径，这些路径是叶节点，连接两集。

界定的 m 是树的整体规模。

界定的 w, h 是在纸张的宽度和高度。该文件是一个长方形的左下角为原点 $(0,0)$ ，其右上角是点 (w, h) 。

14.3. 规模优化

最基本的优化是所有叶顶点的位置优化，设计总规模。这相当于解决该问题：

$$\text{minimize } (-m) \text{ over } \{m, \mathbf{u}_i \in U^i\} \text{ s.t.:} \quad (14-2)$$

$$0 \leq u_{i,x} \leq w \text{ for all } \mathbf{u}_i \in U^i \quad (14-3)$$

$$0 \leq u_{i,y} \leq h \text{ for all } \mathbf{u}_i \in U^i \quad (14-4)$$

$$m \sum_{e_k \in P_{ij}} [(1 + \sigma_k) l_k] - \sqrt{(u_{i,x} - u_{j,x})^2 + (u_{i,y} - u_{j,y})^2} \leq 0$$

$$\text{for all } P_{ij} \in P^i. \quad (14-5)$$

Minimize: 最小化 for all: 所有

14.4. 边缘优化

边缘优化的目的是通过有选择地延长相同的相对数额填写一折痕模式皮瓣。 m 是固定的规模，以及对边 E^i 的主题是服从于同一个变量应变 α 。 $1U^i$ 叶的顶点子集，允许移动。边缘优化解决了这个问题：

$$\text{minimize } (-\sigma) \text{ over } \{\sigma, \mathbf{u}_i \in U^s\} \text{ s.t.} \quad (14-6)$$

$$0 \leq u_{i,x} \leq w \text{ for all } \mathbf{u}_i \in U^s \quad (14-7)$$

$$0 \leq u_{i,y} \leq h \text{ for all } \mathbf{u}_i \in U^s \quad (14-8)$$

$$m \left[\sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^f}} [(1+\sigma)l_k] + \sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^s}} [(1+\sigma_k)l_k] \right] - \sqrt{(u_{i,x} - u_{j,x})^2 + (u_{i,y} - u_{j,y})^2} \leq 0$$

$$\text{for all } p_{ij} \in P^f \quad (14-9)$$

方程 (14-9) 可分为固定部分和可变部分：

$$\underbrace{m \cdot \sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^f}} [l_k]}_{\text{fixed}} + \underbrace{\sigma}_{\text{variable}} \cdot \underbrace{m \sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^s}} [l_k]}_{\text{fixed}} + \underbrace{m \sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^f}} [(1+\sigma_k)l_k]}_{\text{fixed}} - \underbrace{\sqrt{(u_{i,x} - u_{j,x})^2 + (u_{i,y} - u_{j,y})^2}}_{\text{fixed or variable}} \leq 0. \quad (14-10)$$

请注意，但是，上一届可能或可能不是一个固定和可变部分的混合取决于顶点移动。

14.5. 应变优化

应变优化的目的是扭曲的树边最小以对其他全球性的限制，例如，对称，特别是角度等，整体折痕模式。作为边优化，整体规模是固定的，但在这种情况下，应尽量减少而优化的每一个潜在的边有一大套不同的应变力 RMS 的压力。作为优化的边缘，有一个 strainable 边集合 E^s 和 U^s 移动顶点 1。应变优化解决了这个问题：

$$\text{minimize } \sum_{e_i \in E^f} \sigma_i^2 \text{ over } \{\sigma_i |_{e_i \in E^f}, \mathbf{u}_j \in U^s\} \text{ s.t.} \quad (14-11)$$

$$0 \leq u_{i,x} \leq w \text{ for all } \mathbf{u}_i \in U^s \quad (14-12)$$

$$0 \leq u_{i,y} \leq h \text{ for all } \mathbf{u}_i \in U^s \quad (14-13)$$

$$m \left[\sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^f}} [(1+\sigma_k)l_k] + \sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^s}} [(1+\sigma_k)l_k] \right] - \sqrt{(u_{i,x} - u_{j,x})^2 + (u_{i,y} - u_{j,y})^2} \leq 0. \text{ for all } p_{ij} \in P^f. \quad (14-14)$$

方程 (14-14) 也可以分为固定和可变部分破碎:

$$\sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^s}} \left[\underbrace{\sigma_k}_{\text{variable}} \underbrace{ml_k}_{\text{fixed}} \right] + m \underbrace{\left[\sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^s}} [l_k] + \sum_{\substack{e_k \in P_{ij} \\ e_k \in E^x}} [(1 + \sigma_k)l_k] \right]}_{\text{fixed}} - \underbrace{\sqrt{(u_{i,x} - u_{j,x})^2 + (u_{i,y} - u_{j,y})^2}}_{\text{fixed or variable}} \leq 0. \quad (14-15)$$

14.6. 可选的条件

在增加上述规定的条件, 总是需要得到满足, 就会对常用的折痕模式, 通常是严格等式的附加条件。这些额外的条件来执行不同的对称放置, 任主体 (该模型是双边对称) 或折痕模式对称性 (即主要折痕, 即积极的路径, 在固定的角度 **Lie** 对称性)。这些条件很容易融入到非线性约束的额外等式约束优化机制。方程的几个条件和相关实施常用树理论如下。

1、顶点位置固定。

一个顶点 \mathbf{u}_i 具有一个或一个固定的坐标点必须同时满足一个或两个动作方程

$$u_{i,x} - a_{i,x} = 0, \quad (14-16)$$

$$u_{i,y} - a_{i,y} = 0. \quad (14-17)$$

2、顶点位置固定在角落里的文件。

\mathbf{u}_i 这是一个顶点约束对一个角落谎言的文件必须满足两个方程

$$(u_{i,x} - w) \cdot u_{i,x} = 0, \quad (14-18)$$

$$(u_{i,y} - h) \cdot u_{i,y} = 0. \quad (14-19)$$

3、顶点位置固定在边纸。

一个顶点 \mathbf{u}_i 是固定在纸张边缘的谎言必须满足方程

$$(u_{i,x} - w) \cdot u_{i,x} \cdot (u_{i,y} - h) \cdot u_{i,y} = 0. \quad (14-20)$$

4、顶点位置固定线路。

\mathbf{u}_i 是顶点约束躺在通过点在角 α 运行, 如对称线, 路线, 必须满足方程

$$(u_{i,x} - a_x) \cos \alpha - (u_{i,y} - a_y) \sin \alpha = 0. \quad (14-21)$$

5、大约一两个顶点配对线。

\mathbf{u}_i 和 \mathbf{u}_j 的顶点是要限制镜面约 1 点在角度，通过 α 运行，如对称线，对称线，必须满足两个方程

$$(u_{i,x} - u_{j,x}) \cos \alpha - (u_{i,y} - u_{j,y}) \sin \alpha = 0 \quad (14-22)$$

$$(u_{i,x} + u_{j,x} - 2a_{i,x}) \sin \alpha - (u_{i,y} + u_{j,y} - 2a_{i,y}) \cos \alpha = 0. \quad (14-23)$$

6、三顶点共线。

三个顶点格 \mathbf{u}_i , \mathbf{u}_j 和 \mathbf{u}_k 是共线的限制是必须满足的方程。

$$(u_{j,y} - u_{i,y})(u_{k,x} - u_{j,x}) - (u_{k,y} - u_{j,y})(u_{j,x} - u_{i,x}) = 0. \quad (14-24)$$

7、边长度固定

1 e_k 边的长度是固定的，必须有其应变满足方程

$$\sigma_k = 0. \quad (14-25)$$

8、边一脉相承

2 e_j 和 e_k 边具有相同的应变必须满足方程

$$\sigma_j - \sigma_k = 0. \quad (14-26)$$

9、积极路径

P_{ij} 的路径两个顶点之间的 \mathbf{u}_i 和 \mathbf{u}_j 是制约活跃必须满足方程

$$m \sum_{e_k \in P_{ij}} [(1 + \sigma_k) l_k] - \sqrt{(u_{i,x} - u_{j,x})^2 + (u_{i,y} - u_{j,y})^2} = 0. \quad (14-27)$$

10、路径角度固定

一两个顶点之间的路径格 P_{ij} \mathbf{u}_i 和 \mathbf{u}_j 是限制在一个角度 α 的谎言必须满足方程

$$(u_{i,x} - u_{j,x}) \cos \alpha - (u_{i,y} - u_{j,y}) \sin \alpha = 0. \quad (14-28)$$

11、路径角度量化

1 P_{ij} 两个顶点之间的 \mathbf{u}_i 和 \mathbf{u}_j 是在于限制在一个窗体的角度路径格 $\alpha_k = \alpha_0 + k \cdot \delta\alpha$ 的地方

$$\delta\alpha \equiv \frac{180^\circ}{N}$$

必须满足方程

$$2^{N-1} \cdot \left[\left[(u_{i,x} - u_{j,x})^2 + (u_{i,y} - u_{j,y})^2 \right]^{-N/2} \right] \cdot \left[\prod_{k=0}^{N-1} \left[(u_{i,x} - u_{j,x}) \sin \alpha_k - (u_{i,y} - u_{j,y}) \cos \alpha_k \right] \right] = 0. \quad (14-29)$$

这一职能的财产，转到零量化路径时，去±1之间的量化路径，并没有在缩短路径（方向梯度组件，可能会导致问题在哪里时，很多这样的限制）。然而，对这一功能梯度代码相当复杂。

14.7. 存根

一个存根是一个叶节点，并添加到树边---通常产生于一个现有的优势，这样的中间---水电部叶节点创建正是在四到其他节点树的积极路径

当一个存根是增加现有的 N - 边形里面分成四个方面都超过 N 少新多边形的多边形。因此，由存根此外，高阶多边形转换为低阶多边形，直到最后所有的折痕模式的多边形是三角形，可以与兔耳分子填补。这个过程被称为三角测量模式的折痕。通过不断增加存根，任何折痕模式可以充分三角。

我介绍几个更多的定义：

Q 是定义一个多边形由叶集 U^Q 顶点构成的多边形的顶点和叶路径集 P^Q ，这是所有路径跨越 U^Q 。

定义顶点集和格 U^Q ，因为所有的顶点和边的是在一个或多个路径为 P^Q ， U^Q 和 E^Q 的构成多边形 A6 的子树中的节点 E^Q 的边缘。在 U^Q 的定义为顶点，同时也是叶顶点，即是， =

第 $U^Q = U^Q \cap U^m$ 。 Q 座

让 e_{ab} 是一个与 u_a 的子树边的顶点在一个 e_{ab} 的结束和在另一端 u_b 座顶点。

一般来说, 每边 e_{ab} 和 u_i 的四个不同的顶点, u_i 和 u_k 和 u_l 中, 设置有一个小作品, 关于一个新的顶点 u_m 的终止; 存根是由四个量的定义:

- 顶点坐标 $u_{m,x}$ 和 $u_{m,y}$ 。
- 从节点 u_a 的新作品在哪个 e_{ab} 的一套正规的距离从 d_m 的边缘。
- 新的存根 l_m 的长度。

这四个变量找到解决的四个同步等式

$$m \left[\sum_{e_k \in P_{ia}} l(e_k) + \begin{cases} d_m & \text{if } e_{ab} \in P_{ia} \\ -d_m & \text{if } e_{ab} \notin P_{ia} \end{cases} + l_m \right] - \sqrt{(u_{i,x} - u_{m,x})^2 + (u_{i,y} - u_{m,y})^2} = 0 \quad (14-30)$$

为四个顶点 u_i 的, 每个素 u_j , u_k 和 u_l 的。虽然有可能找到解决方法的任何四个顶点, 并不都是有效的; 了顶点 u_i 的, 唯一有效的组合素 u_j , u_k 和 u_l 和 e_{ab} 的是那些边缘的 (a 组) 的四个顶点是不同的, 及 (b) d_m 的迹象的代表都在四个方程。此外, d_m 的是负或大于长度更大的 e_{ab} 解非物质的, 必须丢弃。

注意, 这些方程被用来作为书面上面, 就不可能有罩在系统中的压力。他们可以清楚地进行修改, 以包括压力。

14.8. 万能分子

分子是一个普遍的折痕模式, 是由一系列的多边形减少重复建设。建筑是进行镶的多边形和减少道路建设成更小的低阶多边形压裂产生的网络。作为与三角测量, 过程是保证终止。

我们使用相同的多边形作为人的存根描述定义。此外:

假设顶点 $\mathbf{u}_i \in U^0$ 的是他们的指数，即 n 边多边形命令包含指数 $\mathbf{u}_1, \mathbf{u}_2, \dots, \mathbf{u}_N$ 中，顺时针方向排列的，你周围的多边形旅行。构造如下：

α_i 是的内角顶点 \mathbf{u}_i 的一半。我们定义的数量 $\zeta_i \equiv \cot \alpha_i$ 。

定义为运营商，旋转 90° ，即向量顺时针 R_{90} ， $R_{90} \circ (u_x, u_y) \equiv (u_y, -u_x)$ 。

定义为运营商，正常化一个载体，即 N 。

$$N \circ \mathbf{u} \equiv \frac{\mathbf{u}}{|\mathbf{u}|}. \quad (14-31)$$

\mathbf{r}_i 的是，在 \mathbf{u}_i 形成的角平分线缩放，指着朝着规模 $\csc \alpha_i$ 与多边形的内部。 \mathbf{r}_i 的载体以

及 ζ_i 的，可按照以下构造处方：

$$\mathbf{r}' \equiv N \circ (\mathbf{r}_{i-1} - \mathbf{r}_i), \quad (14-32)$$

$$\mathbf{r}'' \equiv N \circ (\mathbf{r}_{i+1} - \mathbf{r}_i), \quad (14-33)$$

$$\mathbf{r}''' \equiv N \circ R_{90} \circ (\mathbf{r}'' - \mathbf{r}'), \quad (14-34)$$

$$\mathbf{r}_i = \frac{\mathbf{r}'''}{\mathbf{r}' \cdot [R_{90} \circ \mathbf{r}''']} \quad (14-35)$$

$$\zeta_i = \mathbf{r}_i \cdot \mathbf{r}'. \quad (14-36)$$

在分段距离 h 是最大的价值，使

1、每 l_{ij} 的路径长度之间的不相邻的顶点 \mathbf{u}_i 和 \mathbf{u}_j p_{ij} 的

$$\sqrt{(u_x + hr_x)^2 + (u_y + hr_y)^2} \leq m[l_{ij} - h(\zeta_i + \zeta_j)]. \quad (14-37)$$

2、每相邻顶点 \mathbf{u}_i 和 \mathbf{u}_j p_{ij} 的路径，

$$h \leq \frac{\mathbf{u} \cdot \mathbf{u}}{\mathbf{u} \cdot \mathbf{r}}, \quad (14-38)$$

哪里

$$\mathbf{u} \equiv \mathbf{u}_i - \mathbf{u}_j, \quad (14-39)$$

$$\mathbf{r} \equiv \mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j. \quad (14-40)$$

虽然这个问题也是一个非线性约束优化，因为只有一个变量和路径的数目通常很小，是可以解决的简单直接为每个所有可能的路径 p_{ij} 的平等和加固缝最小的正 h 的实际价值，解决发现。第二个关系，方程 (14 - 38)，为按取代平等不平等的 h 值。为平等的解决方案 (1)，方程 (14 - 37)，这是在 H 二次，给予下列顺序替换

$$w = \zeta_i + \zeta_j, \quad (14-41)$$

$$a = \mathbf{r} \cdot \mathbf{r} - w^2, \quad (14-42)$$

$$b = \mathbf{u} \cdot \mathbf{r} + l_{ij} w, \quad (14-43)$$

$$c = \mathbf{u} \cdot \mathbf{u} - l_{ij}^2, \quad (14-44)$$

$$h = \frac{-b + \sqrt{b^2 - ac}}{a}. \quad (14-45)$$

显然， h 的负面或复杂的价值观应该被忽略。

一旦找到一个解决方案，我们创建了一个新的顶点减少 \mathbf{u}'_{ij} 和 l'_{ij} 的 p'_{ij} 的长度缩短路径设置：

$$\mathbf{u}'_i = \mathbf{u}_i + h\mathbf{r}_i, \quad (14-46)$$

$$l'_{ij} = l_{ij} - h(\zeta_i + \zeta_j). \quad (14-47)$$

减少顶点和路径然后可以减少检查的工作状态，并细分成多边形，这个过程重复。

(第十四章完)

(全文完)