

基于参数化设计的传统纹样结构衍生及应用

池宁骏, 谢佳阳

(西安科技大学, 西安 710600)

摘要: **目的** 将传统纹样的形式规则与参数化设计方法相结合, 探索传统纹样在现代设计中的衍生设计方法, 为纹样文化的传承和发展提供新的思路。**方法** 提取传统纹样造型中的构图规则, 利用现代图形设计中的函数曲线、曲线的控制点坐标参数, 重构参数纹样模型。通过空间点集的形式构建纹样的空间排列结构。制定演变规则, 调整可变参数, 对目标纹样进行结构衍生设计。**结果** 以马家窑旋涡纹为例, 分析并提取结构规则, 在此基础上, 利用参数化建模工具 Grasshopper 完成参数纹样建模和插件制作以及参数化纹样设计 and 应用。**结论** 传统纹样结构蕴含着有序的形式规则, 具备纹样参数化设计的基本条件。构建的参数化纹样结构可更灵活高效地进行纹样衍生和设计, 有利于传统纹样与现代设计的融合。

关键词: 传统纹样; 构图规则; 参数化设计; Grasshopper; 衍生与应用

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)12-0257-09

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.12.030

Derivation and Application of Traditional Patterned Structures Based on Parametric Design

CHI Ning-jun, XIE Jia-yang

(Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710600, China)

ABSTRACT: The paper aims to, by combining the formal rules of traditional patterns with parametric design methods, explore the derivative design methods of traditional patterns in modern design and provide new ideas for the inheritance and development of pattern culture. Extract the rules of composition in traditional pattern modeling and use the function curve in modern graphic design and its control points' coordinate parameters to reconstruct the parametric pattern model; construct the spatial arrangement structure of the pattern in the form of a spatial point set; finally, formulate evolution rules, adjust the variable parameters, and carry out the design of derived structure of the target pattern. Take the Majiayao whirlpool as an example, analyze and extract the structural rules. On this basis, use Grasshopper, Which is one of the parametric modeling tools, to complete the parametric pattern modeling and plug-in making, and the design and application of parameterized pattern. In concluding, the traditional patterns' structure contains orderly formal rules, and possesses the basic conditions for parametric design of patterns; the parameterized pattern structure can make pattern derivation and design more flexible and efficient, helpful to the fusion of traditional patterns and modern design.

KEY WORDS: traditional patterns; rules of composition; parametric design; grasshopper; derivation and application

中国传统纹样具有深厚的历史文化内涵和审美意象, 是中华文化中不可或缺的元素。中国传统纹样所蕴含的抽象形式源于对现实生活的体验, 是对自然规律的归纳与演绎, 具有形式与内容相结合的客观基础^[1], 既符合使用的要求, 又满足审美的需要, 有

着实际的研究意义。虽然纹样图案来源于自然, 但并不是纯粹地模仿自然, 其追求的是造型和构图的原则^[2]。这种原则蕴含着有序的形式规则、严密的数理特征, 符合现代数理设计理念, 具备纹样结构衍生和发展的基本条件。

收稿日期: 2022-01-17

作者简介: 池宁骏 (1978—), 男, 硕士, 副教授, 主要研究方向为产品造型设计与创新方法。

1 国内外纹样设计研究现状

传统纹样设计受限于手工设计对审美的要求,具有设计效率低的特点。几十年来,随着计算机图形学、计算机辅助设计(CAD)技术的发展,以及数字和图形设计的结合,提高了设计师的理解能力和感知设计能力,促进了相关CAD工具的开发,使图案及纹样设计更科学、更可靠。

计算机图形设计中常使用的基本方法有形状文法^[3]和分形算法^[4]等。形状文法是一种利用视觉替换规则探索图形衍生设计的机制,通过制定规则函数,可有效输出大量丰富的图形设计。目前,形状文法的相关研究,多着重于丰富变换规则、提高图形变换的计算能力。Chau等^[5]将形状语法与格点理论相结合,解决了形状计算中特定语法形状的几何运算复杂性问题。Nasri等^[6]通过参数形状语法来生成模板主题。除变换规则外,形状文法受限于初始形状的参数特征,多用于研究二维平面内有限形状集的衍生设计。分形(Fractal)是另一种将数学与图形相结合的图形设计方法,由著名数学家伯努瓦·曼德布洛特(Benoit Mandelbrot)创立。分形设计对初始形状要求较高,适用于部分具有自相似性的纹样,通过迭代算法生成。窦晓静等^[7]以分形设计中的Mandelbrot集为基础,提出一种模仿扎染纹样结构的纹样设计方式。张明春等^[8]结合递归算法和迭代函数系统算法,开发了UG平台下的装饰图案设计应用。分形图形形成的基础是图案本身的数理特征,通过这种方法,计算机可创作出各种拥有无限精细结构的自相似图案,但其演化规则也受限于初始纹样的结构特征,因此,在处理多种纹样时其适用性不强。

从现有研究成果来看,对初始形状的构成属性涉及较少。作为纹样构成的重要组成部分,初始形状蕴含着纹样的文化内涵,其结构在一定程度上也决定了纹样整体的造型属性。在进行传统纹样结构衍生设计时,不能过度依赖图形算法,应以纹样原有的文化内涵和特征属性为基础,进行优秀纹样的衍生和应用,从而促进传统文化的现代化发展和输出^[9]。同时,从纹样本身的结构出发,在二维纹样的基础上探索三维纹样的空间属性,有利于在三维空间及产品上对传统纹样进行应用研究,为其他图形设计方法提供新的思路。

此外,进行纹样结构的衍生设计时,除需要对纹样本身的造型要素和构图方式进行归纳、解构和提取外,还需要拥有强大的数据数理能力,引入参数化设计理念将有效提高纹样的参数提取能力和衍生设计效率。

2 参数化纹样结构设计

将参数化理念应用于设计始于20世纪60年代,发展到如今已经成为一种独特的设计风格,且不断吸

引设计师和相关研究人员对其进行新的探索和研究^[10]。在现代设计中,参数化设计主要应用于建筑设计领域,扎哈·哈迪德率先开拓了参数化设计在当代设计中的应用,她的建筑设计作品在全球范围内都有着一定的影响力,如北京银河SOHO、广州大剧院等。近年来,参数化风格开始出现在产品设计中,如Triangulation系列椅子中的造形结构,宝马VISION NEXT 100上的表皮纹理。从以上案例可知,参数化在处理图形纹理方面的能力十分突出,特别是在几何图形及其空间结构的设计处理上,为参数化纹样结构衍生提供了研究思路。

参数化设计的核心是将工作内容编写为数学函数,再通过制定规则、调整可变参数,实现设计过程的自动化^[11],其发展源于近代科学的还原性和简单性原则,即将简单元素通过特殊方式构成复杂结构,这种线性的科学思维促进了现代科学的发展^[12]。参数化设计中科学描述结构特征的能力、强大的规则构建和处理能力以及批量处理信息的能力,可有效重构和处理纹样中复杂的结构,满足纹样结构设计的基础条件,适合传统纹样结构的现代化衍生研究。

3 参数化与传统纹样结构设计结合的思路

传统纹样结构来源于自然,是经过概括、提炼和后期加工创造而来的。例如,半坡文化中的鱼形纹样,由最初的抽象纹样逐渐演化为有规律秩序的几何形纹,并通过分割、提取、重复、对称等艺术手段转化为新的文化符号。这些艺术手段体现的解构和重构,表明了纹样的秩序性和规律性,是现代图形设计的基础,也是参数化进行图形设计的基本思路。参数化图形结构设计的基础原理是空间几何:通过特定规则构建坐标点集,对由坐标点控制的函数图形(如标准几何图形、贝塞尔曲线等)进行控制,再通过切割组合等艺术手段完成图形设计。参数化纹样结构设计的基础是将传统纹样的构成规则转化为由参数控制的几何结构,进而利用参数化设计的优势,结合纹样结构的特点,探索纹样的参数模型和衍生发展的演化规则。具体研究框架见图1。

3.1 纹样结构与树型数据的对接

数据是参数化设计的重要因素之一,在面对多个数据且每组数据中包含大量信息时,树型数据是解决数据对接的一种有效方式。同理,纹样造型的各个组成部分可视为由多个几何图案以一定的空间顺序排列而来,对各部分编码并分组管理后,记录为树型数据的形式,便可通过数据筛选对图形结构进行相应的变化。这样既有利于构建特殊的纹样结构,也有利于提高纹样的可控性和可变性,见图2。将整体图形记录为最高集合 $\{0\}$,其中包含的3个圆按空间关系分为 $\{0, 0\}$ 、 $\{0, 1\}$ 、 $\{0, 2\}$,再分别对控制圆的4段弧

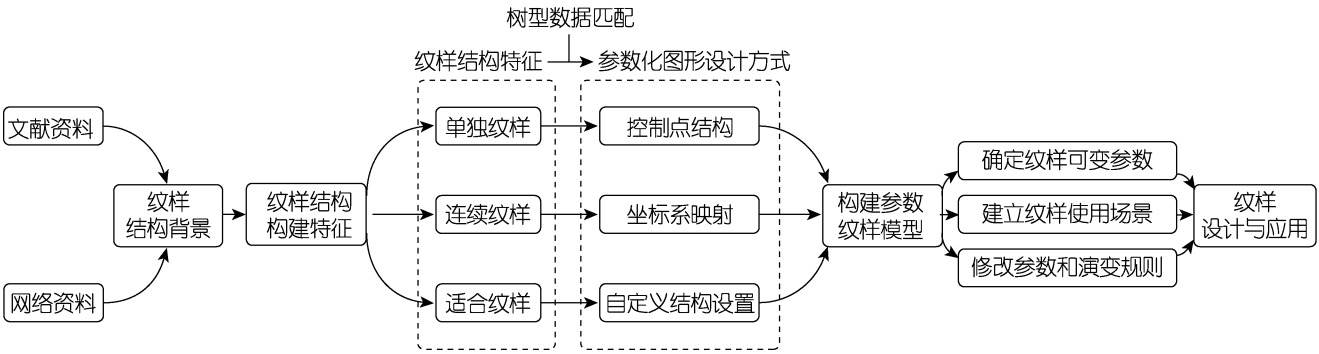


图 1 研究框架
Fig.1 The research framework

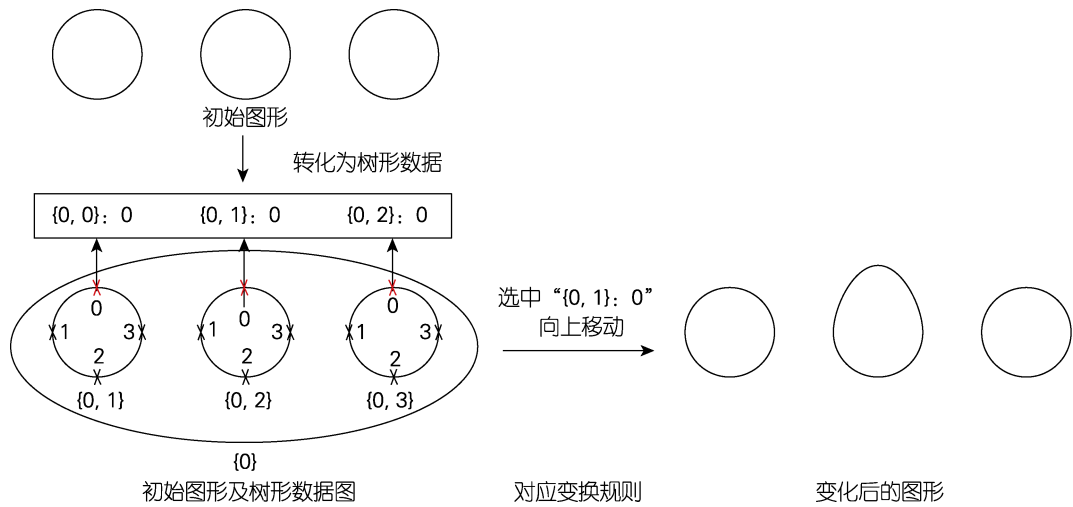


图 2 树型数据演示图
Fig.2 Demonstration diagram of tree data

线和 4 个点进行编码, 就可通过编码选取集合中对应的结构, 从而精准地控制图案的演变。这种树型数据对接的方式是参数化处理复杂图形变化的基础之一。

3.2 基于控制点的纹样演变规则

在传统的图案演变规则中, 一般以初始图案或元素为基础, 依照空间移动、旋转、缩放等规则对初始纹样进行相对变化, 具有一定的局限性。在现有计算机图形设计中, 常用坐标点来构建并控制图案造型, 通过调整和改变控制点的空间位置, 实现灵活可控的图案演变, 从而产生多样的造型设计方案。这种方法的优势在于可通过控制所有点实现整体纹样的等比变化, 还可以通过控制对应点精准地调整单独纹样的造型, 增强纹样的演变能力和适用能力。此外, 利用控制点的空间参数分解并构建初始纹样后, 只需依照变化规则改变控制点的空间坐标, 即可得到新的单独纹样。在此基础上, 利用计算机算法对演变规则进行迭加计算, 能高效地衍生出更丰富多样的造型元素, 见图 3。

3.3 基于坐标系映射的纹样空间排列

纹样的排列结构被称为骨式, 中国传统纹样的骨

式类型大致可分为: 单独纹样、连续纹样、适合纹样和不规则纹样^[13]。基本的组合方式主要有连续、交错、对称、重叠等。纹样的骨式结构记录了纹样的位置、方向和尺寸等信息。因此, 可以利用具有参数性质的几何坐标记录纹样的位置关系, 利用空间向量记录纹样排列的结构方式, 见表 1。原点的坐标参数可确定单独纹样及其所在的坐标系位置, 向量的大小决定相邻纹样之间的距离, 方向控制相邻纹样的位置关系。通过这样的方式, 构建出标识纹样空间排列的点阵 (每个点代表一个相对坐标系), 利用树形数据记录位置信息, 可筛选出所需要修改的纹样坐标位置, 进而对目标位置上的纹样进行特异演变。

此外, 构建出的点阵坐标系位于三维空间中, 说明可进一步将二维纹样的结构拓展到三维空间中, 见图 4。在一般情况下, 设置坐标点集时, 只需确定初始坐标系的原点坐标位置, 以其原点坐标为初始值, 通过递归算法生成所需的坐标点阵, 其表达式为:

$$w: \begin{cases} x' = ax + by + e \\ y' = cx + dy + f \end{cases}$$
 式中, w 代表变换; x' 和 y' 是变换后平面原点的横纵坐标值; a 、 b 、 c 、 d 、 e 、 f 是可变系数^[14]。当三维的点阵 (坐标系集合) 建立完成

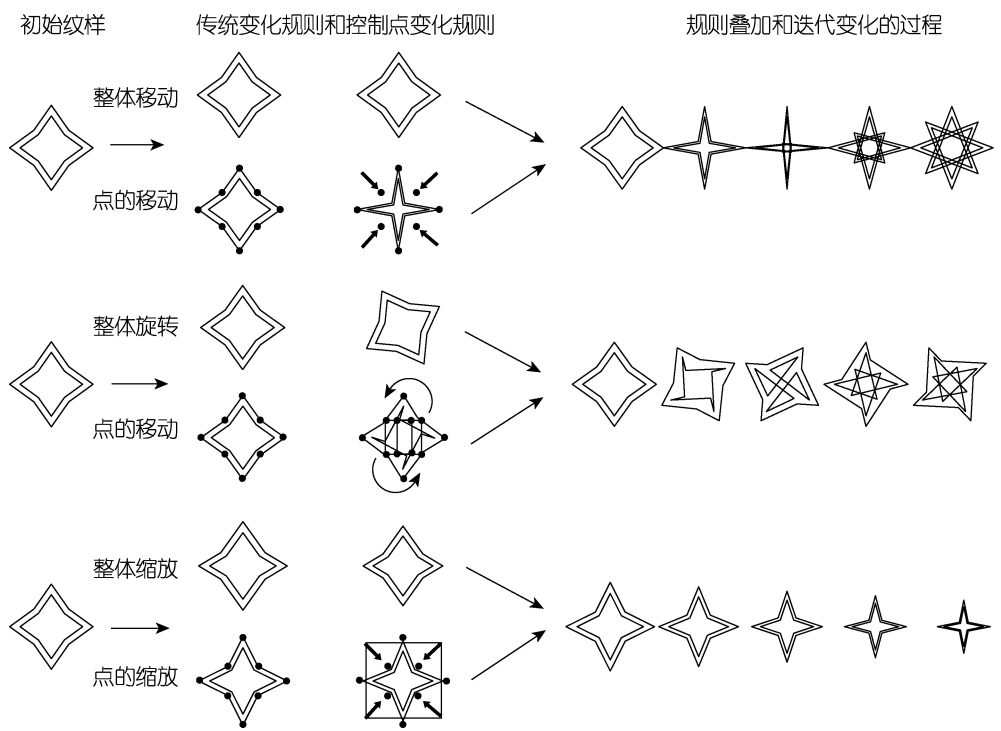


图 3 基于控制点变化的纹样演示图

Fig.3 Demonstration diagram of patterns with the changes of control points

表 1 纹样空间排列的坐标结构

Tab.1 Coordinate structure of patterns' spatial arrangement

纹样结构类型	纹样照片	纹样名称	结构属性	排列结构图
单独纹样		商代饕餮云纹	上下对称	
		马家窑旋纹彩陶	中心对称	
		明代缠枝莲纹	平衡型/放射型	
二方连续		唐代敦煌纹样	折线式	
四方连续		云锦菱形莲花纹	重叠式	
适合纹样		铜镜上的边缘纹样	边缘纹样	
		清代装饰角花	角隅纹样	

后，通过坐标映射的方式，可将单独纹样应用于三维空间。同理，依照目标曲面上控制点的法线方向和切线方向建立坐标集，可将纹样投射到三维产品表面，见图 5。这样产生的纹样不仅能贴合产品表面，减少

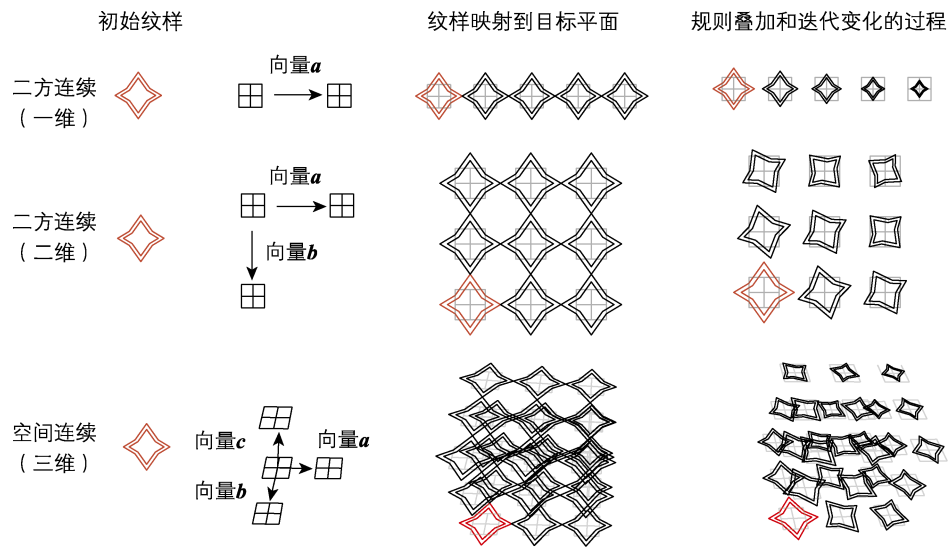


图 4 基于坐标系映射的纹样结构
Fig.4 Pattern structure based on coordinate system mapping

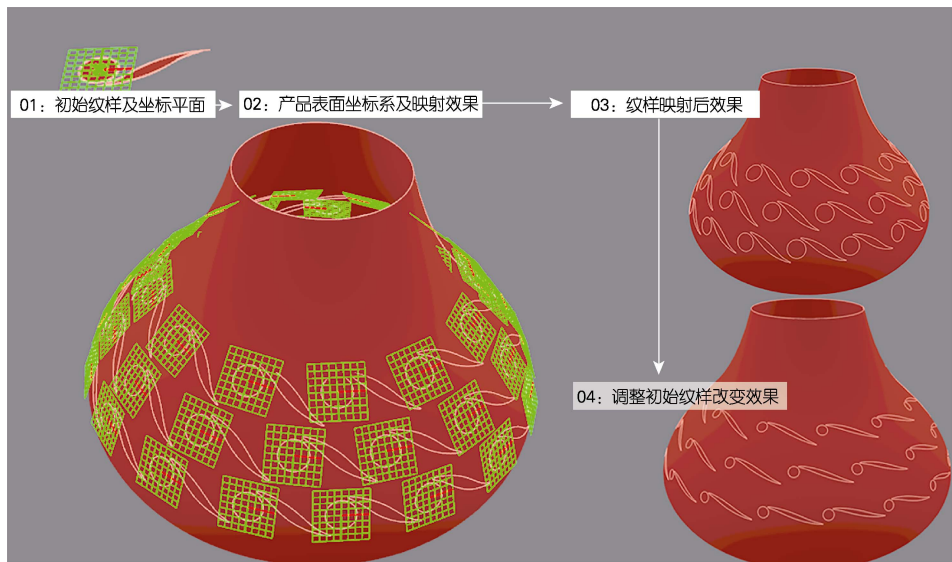


图 5 曲线上的纹样映射图
Fig.5 Pattern mapping on the curved surface

拉伸产生的变形, 还可以通过修改初始纹样, 实时可视地改变其在产品表面上的造型, 为进一步的产品设计打下基础。

3.4 适合纹样的结构设置

纹样结构并非都是规整的, 例如适合纹样。适合纹样源于特殊的装饰需求, 需在外形的限制范围内进行素材的加工变化。相比于连续纹样和单独纹样, 适合纹样可与使用环境巧妙地结合起来, 并常作为辅助纹样与其他纹样共同出现, 起到调整边缘、填充角隅的作用, 呈现出更强的严谨性。包含适合纹样的器具多具有鲜明的艺术特征, 例如我国的青铜器、铜带钩、铜镜、瓦当等。在实际设计过程中, 常会出现与纹样比例不同或特殊的表面造型, 因此如何构建适合纹样的结构, 是纹样设计必须解决的一大问题。

结合表 1 中的坐标映射方法, 提取适合纹样特殊的位置信息, 找到纹样对应的空间坐标位置, 从而构建出适合纹样的排列结构, 见图 6。通过目标造型或产品表面的 UV 展开图来获得适合纹样的使用区域, 再根据设计需求找到所需的纹样位置关系。例如图 6a 中, 通过构建位置曲线并分解为点集来确定位置; 图 6b 中, 通过输入自定义的点集来确定位置。当坐标点集建立好后, 可利用坐标系映射的方式完成适合纹样的构建; 当出现特殊平面时 (见图 6c), 需对映射后的纹样进行分组, 利用计算机算法进行递加缩放或递加移动, 使其适合使用环境, 从而解决适合纹样的构建问题。

综上所述, 利用参数化设计方法能有效记录并构建出纹样结构, 使其在二维及三维空间都具有衍生潜力。基于参数化理念的纹样重构, 一方面可证明

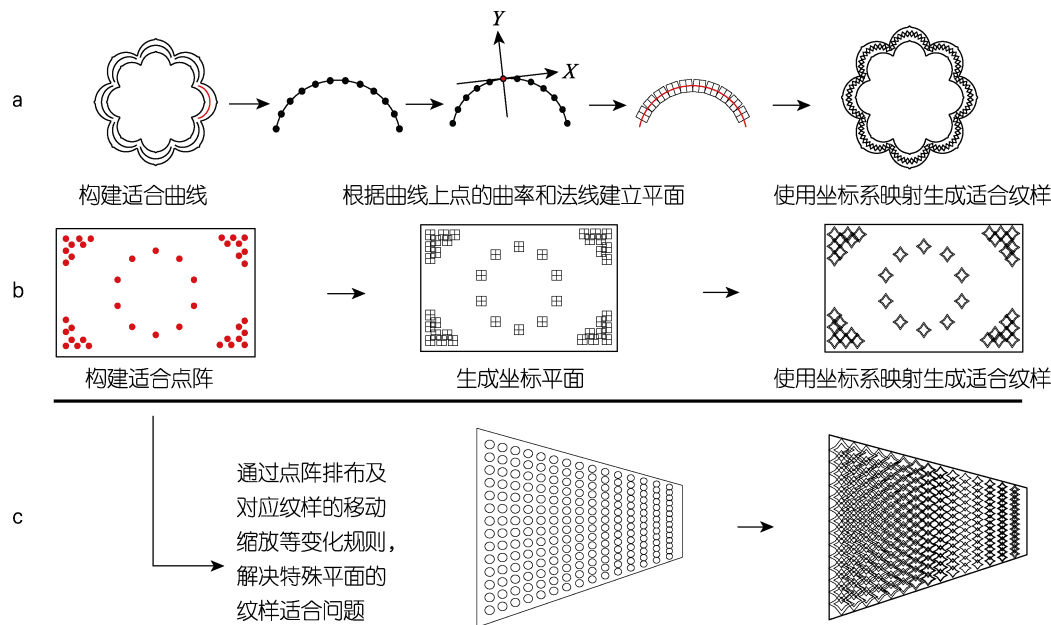


图6 自构建坐标平面解决适合纹样问题

Fig.6 Construct suitable patterns through self-constructed coordinate planes

纹样参数化衍生设计的合理性和可用性,另一方面也为纹样衍生发展拓展了思路。

确定参数化纹样结构设计思路后,可通过参数化建模工具对纹样造型进行构建和衍生设计。在参数化建模工具中,Grasshopper 是一款可视化的三维设计插件,其与 Rhino 软件联系密切,是目前最常被使用且最适用于产品造型设计的参数化工具^[15],它包含许多基础图形设计中的变化规则,如移动、旋转、缩放、镜像等,并允许用户自行设置约束条件及参数,有利于纹样结构衍生模型的搭建和处理。除此之外,它可以实现 NURBS 曲线及曲面的建立,能将衍生结构转化为可用的产品造型元素。

4 以马家窑旋涡纹样为例的参数模型构建

作为新石器时代晚期文化的代表,马家窑以彩陶文化闻名世界。其中,漩涡纹是出现较多、演变较广且形式较为复杂的纹样之一,既表现了先民对自然的认知和抽象概括,又体现了日月往来、寒热交替、周年轮回的普遍规律^[16],对之后的文化和艺术有着深远的影响,具有较高的历史和审美研究价值。从形式结构的角度来看,旋涡纹的构建采用了抽象的几何线条和图形,具备使用参数化设计和衍生的基础条件。

4.1 马家窑旋涡纹的几何造型提取

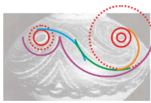
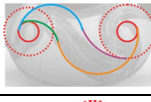
旋涡纹样总体呈旋转的运动形态,其主体由中心圆及多条并行旋线构成。从整体效果来看,旋纹的组合方式多样、结构巧妙、节奏感强烈;波纹曲线粗细错落,呈波涛形流动;点或圆的分布具有等距均匀的特点^[13]。在结构上,旋涡纹大致可分为3个部分,第1部分为处在核心的同心圆;第2部分是由中心圆展

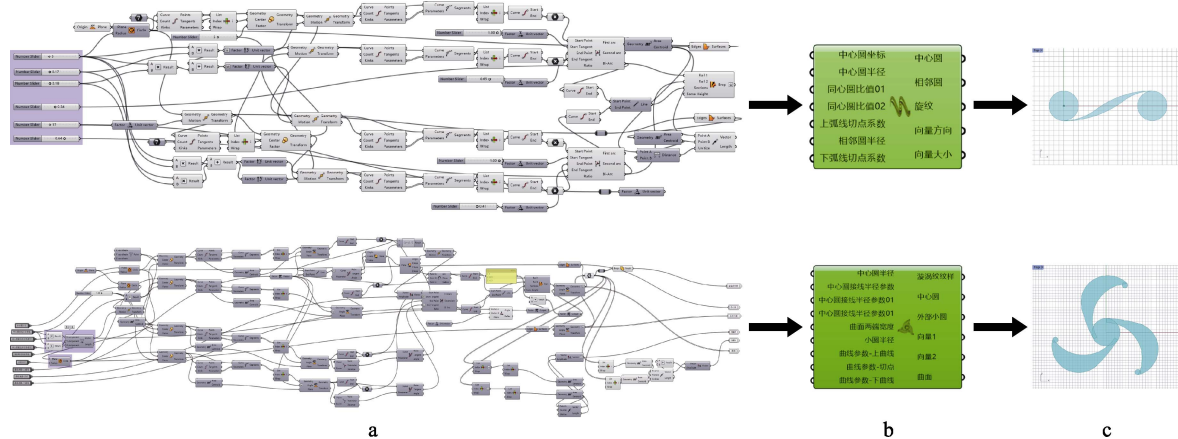
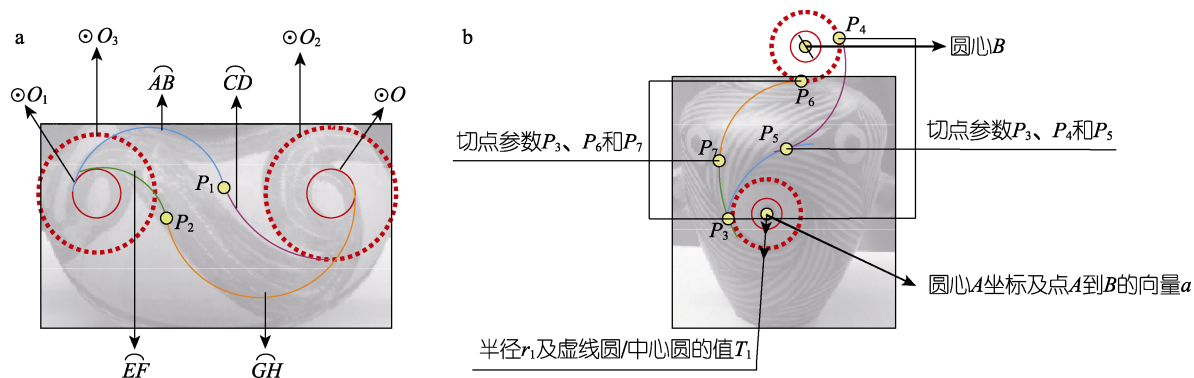
开,总体呈“S”形旋纹的曲线;第3部分为修饰用的随机分布的点或圆。其中,同心圆内的装饰纹样和随机修饰的图案纹样因纹样造型和应用场景的不同而变化。在进行参数化结构设计时,需要对目标纹样进行解构,优先寻找纹样的共性,并将类似元素进行归纳整理(类似元素可视为由基本型演变而来)。再通过提取和分析,找到纹样本身的结构规则,结合结构规则和几何构成原理,为传统纹样的参数化结构设计寻找依据,见表2。

在提取马家窑旋涡纹的几何结构时,可将中心视为一个标准圆 O ;上部弧线由相邻中心圆 O_1 与同心圆 O_2 的内切弧 $\widehat{AB}$ 、 $\widehat{CD}$ 组成,同时这2条弧线外切于点 P_1 ;下部弧线同理相切于点 P_2 ,见图7a。根据马家窑旋涡纹的几何结构可提取出控制旋涡纹的相关参数,如中心圆圆心 A 的坐标决定纹样位置,圆 A 的半径 r_1 决定中心圆的大小,虚线圆与中心圆的半径之比 T_1 影响弧线的弧度和切点位置,圆心 A 与相邻中心圆圆心 B 的向量 a 决定纹样的排布方向及距离,切点 P_3 、 P_4 、 P_5 、 P_6 和 P_7 的相对位置决定弧线的造型,见图7b。确定基础几何结构以及可变变量后,可在参数化辅助建模工具中完成纹样的参数建模。

4.2 几何构图的参数化建模

通过重构纹样结构,提取造型特征,确定限制规则和可变参数,在参数化辅助工具 Grasshopper 中建立参数化纹样程序,见图8a。此外,还可将纹样程序设置为内置插件,供其他使用者直接调取,见图8b。在纹样插件中,左边为可调节的参数,右边为可导出的图形信息,通过添加和调整相关参数,可以构建出满足造型规则的参数化目标纹样,见图8c。

纹样原型	结构提取	结构特征	几何结构
		同心圆为核心，旋纹呈“S”形并行展开，相交曲线相互裁切组合	
		同心圆为核心，两侧旋纹呈“S”形展开并与相邻圆形相切	
		同心圆为核心，3条主旋纹呈中心对称，内分布有错落有致的弧线，弧纹之间有相切圆修饰	
		同心圆为核心，5条旋纹呈相对对称分布，内部有错落有致的弧线，四周有大小不一的圆形点缀	



步调整参数或增加演变规则,对基础纹样及其排列结构进行衍生设计。其中,在基础纹样的衍生创新中,既可以采用旋转、镜像、移动、复制等传统的构成方式进行排列组合,也可基于控制点的演变对基础纹样进行重构,从而得到新的纹样造型。见表3。在结构

上,可灵活地采用构建点坐标集合的方式,通过坐标映射,将初始纹样映射到目标坐标系中,以实现整体效果,见表 4。

表 3 初始纹样结构的演变方法
Tab.3 The evolution method of the initial pattern structure

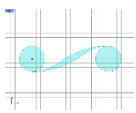
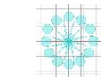
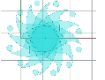
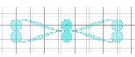
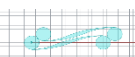
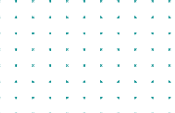
初始纹样	演变方法	结果 1	演变方法	结果 2
	旋转		基于控制点的演变调整	
	镜像			
	平移			

表 4 纹样的点坐标排列结构
Tab.4 Arrangement structure of point coordinates of patterns

初始纹样	点坐标构建	整体纹样效果
	四方连续点阵	
	三角形点阵	
	随机点阵	

构建出二维的纹样结构后,还可进一步探索三维纹样的设计,即通过改变纹样控制点的三维参数,将原本的二维线条转化为三维线条,实现三维纹样的建立,见图 9a。首先,在保持原有结构特征的基础上,调整控制点的坐标参数,使其向空间逐级移动,接着通过控制点重构曲线,以得到纹样的三维结构。这种方式产生的三维纹样具备原有的结构特征,因此,二维纹样的排列方式也同样适用,见图 9b。通过以上步骤对三维纹样进行构建和演变,不仅有利于直观深入地研究传统纹样潜在的透视关系,也可为纹样的衍生发展提供一个新的思路。

5.2 衍生纹样在产品设计中的应用

为满足消费者日益增长的精神文化需求,越来越多的现代设计与传统文化元素相互结合起来。构建参数化纹样结构有益于传统文化在现代设计中的探索和应用,也能为现代产品设计注入深刻的文化内涵,提升其文化设计价值。旋涡纹样的衍生结构造型应用于产品造型中,不仅满足了产品所需的功能需求、审美需

求,提升了产品造型的视觉效果,也延续了先民敬畏自然和生命的文化传统,见图 10。

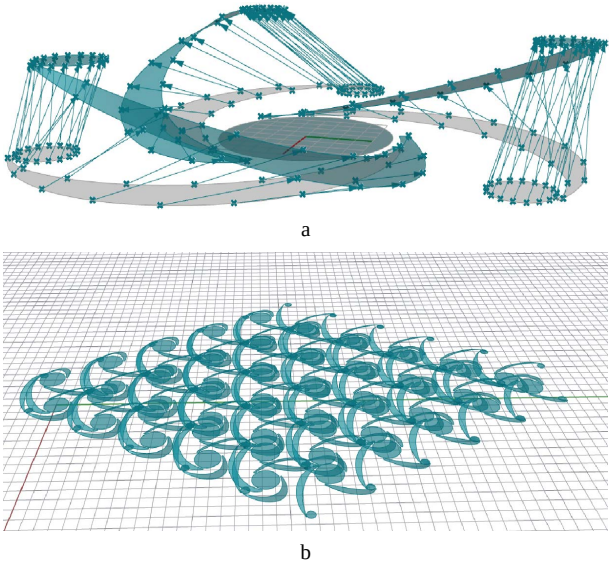


图 9 参数化纹样的三维衍生结构
Fig.9 Three-dimensional derived structure of parametric patterns

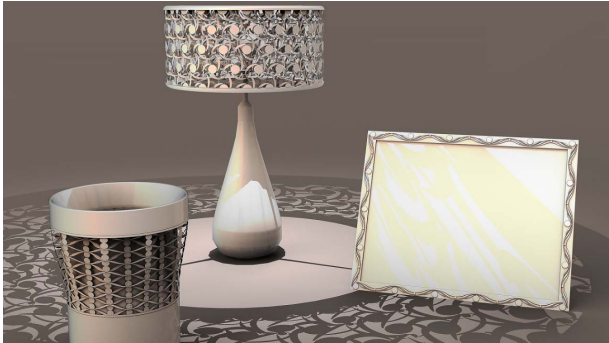


图 10 衍生纹样结构在产品造型设计中的应用
Fig.10 Application of derived pattern structure in product modeling design

现代设计竞争与文化竞争无异。产品不仅要强调传统与功能,还要通过差异化才能更具竞争力,因此,传统纹样在设计上的运用,要把握好纹样的意义和特征,将衍生纹样与产品协调搭配。

根据参数化衍生纹样的设计应用,能够总结出以下 4 点设计基本原则:

- 1) 传承性原则。在进行文创产品设计时,设计需求要与纹样蕴含的本土文化背景、特殊的结构属性相匹配。
- 2) 抽象性原则。纹样在提取和重构时,具有可简化性。
- 3) 可控性原则。虽然提取的纹样结构受初始形状的属性约束,但其造型需具有可控性,能够适应不同产品的造型结构,如各种饰品、家具的不规则表面。
- 4) 多维度原则。在不破坏初始纹样结构属性的前提下,参数纹样模型具有向多维度拓展演变的能

力,进而衍生为三维纹样,能够作为装饰性结构丰富产品细节。

6 结语

分析了传统纹样的构成规则,提取、分解了纹样的主要结构,实现了曲线参数化、图形函数化。结合树型数据,调整纹样的参数信息,以实现更灵活可控的纹样衍生设计。采用空间点集的形式描述纹样的构图规则,利用坐标映射的方法,直观高效地对纹样进行排列组合,提高了纹样的设计效率。通过参数化纹样结构实现三维纹样的构建,为传统纹样与现代产品设计的融合提供了新的思路。

参考文献:

- [1] 田自秉. 工艺美术的抽象和抽象主义[J]. 装饰, 1983(3): 2-3.
TIAN Zi-bing. Abstraction and Abstraction of Arts and Crafts[J]. Art & Design, 1983(3): 2-3.
- [2] 雷圭元. 漫谈图案造型规律——对图案教学的改进意见[J]. 装饰, 1997(3): 58-59.
LEI Gui-yuan. Random Talk on Pattern Modeling Rule—Suggestions on Improvement of Pattern Teaching[J]. Art & Design, 1997(3): 58-59.
- [3] MCCORMACK J P, CAGAN J, VOGEL C M. Speaking the Buick Language: Capturing, Understanding, and Exploring Brand Identity with Shape Grammars[J]. Design Studies, 2004, 25(1): 1-29.
- [4] DENG Li, WANG Guo-hua. Application of EEG and Interactive Evolutionary Design Method in Cultural and Creative Product Design[J]. Computational Intelligence and Neuroscience, 2019, 19: 186-192.
- [5] CHAU H H, MCKAY A, EARL C F, et al. Exploiting Lattice Structures in Shape Grammar Implementations[J]. Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, 2018, 32(2): 147-161.
- [6] NASRI A, BENSLIMANE R. Parametric Shape Grammar Formalism for Moorish Geometric Design Analysis and Generation[J]. Journal on Computing and Cultural Heritage, 2017, 10(4): 1-20.
- [7] 窦晓静, 张聿. 基于 Mandelbrot 集的仿扎染纹样设计方法[J]. 纺织学报, 2012, 33(7): 82-87.
DOU Xiao-jing, ZHANG Yu. Design Method of Imitation Tie-Dye Pattern Based on Mandelbrot Set[J]. Journal of Textile Research, 2012, 33(7): 82-87.
- [8] 张明春, 李珂, 邓倩. 装饰图案参数化设计方法研究[J]. 科技创新导报, 2013, 10(27): 219.
ZHANG Ming-chun, LI Ke, DENG Qian. Research on Parametric Design Method of Decorative Patterns[J]. Science and Technology Innovation Herald, 2013, 10(27): 219.
- [9] 赵敏婷, 仲佳儿, 陈丹. 传统剔犀漆器云纹纹样的提取与设计应用研究[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 318-324.
ZHAO Min-ting, ZHONG Jia-er, CHEN Dan. Extraction and Design of Cloud Pattern of Traditional Rhinoceros Lacquerware[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 318-324.
- [10] 戈特弗里德·森佩尔. 建筑四要素[M]. 罗德胤, 赵雯雯, 包志禹, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
Gottfried Sampel Four Elements of Architecture[M]. LUO De-yin, ZHAO Wen-wen, BAO Zhi-yu, Translated. Beijing: China Construction Industry Press, 2016.
- [11] 黄一阳, 洪毅, 申晓辉. 数字化手段下几种织理形态设计方式研究[J]. 中外建筑, 2021(1): 194-198.
HUANG Yi-yang, HONG Yi, SHEN Xiao-hui. Research on Several Design Methods of Woven Forms under Digital Means[J]. Chinese & Overseas Architecture, 2021(1): 194-198.
- [12] 张峰, 李兆前, 黄传真. 参数化设计的研究现状与发展趋势[J]. 机械工程师, 2002(1): 13-15.
ZHANG Feng, LI Zhao-qian, HUANG Chuan-zhen. The Research Status Quo and Development Trends of Parameterized Design[J]. Mechanical Engineer, 2002(1): 13-15.
- [13] 吴山. 中国纹样全集 新石器时代和商·西周·春秋卷[M]. 济南: 山东美术出版社, 2009.
WU Shan. Complete Works of Chinese Patterns Neolithic Age and Shang, Western Zhou and Spring and Autumn Volume[M]. Jinan: Shandong Art Publishing House, 2009.
- [14] 徐燕妮. 论中国传统纹样在现代包装设计中的应用[J]. 现代装饰(理论), 2012(5): 19.
XU Yan-ni. On the Application of Chinese Traditional Patterns in Modern Packaging Design[J]. Modern Decoration (Theory), 2012(5): 19.
- [15] 卞京. 产品造型设计的参数化探讨[D]. 杭州: 中国美术学院, 2012.
BIAN Jing. Parametric Investigation of the Product Modeling Design[D]. Hangzhou: China Academy of Art, 2012.
- [16] 蒋书庆. 破译天书远古彩陶花纹揭秘[M]. 上海: 上海文化出版社, 2001.
JIANG Shu-qing. Deciphering the Gobbledygook: The Secret of Ancient Painted Pottery Patterns[M]. Shanghai: Shanghai Culture Press, 2001.

责任编辑: 马梦遥