

以形状文法为导向的参数化传统纹样设计技术研究

李敏, 白寒*, 殷果

(湖北工业大学 工业设计学院, 武汉 430068)

摘要: **目的** 将现代参数化生成技术融入传统纹样设计方法, 以此弥补传统的纹样设计方法对设计结果可控性低、产出效率低的不足, 从而探索传统纹样创新设计的新途径。**方法** 运用模块系统理论和图谱量化法提取传统纹样的文化基因图案, 采用 Grasshopper 参数化工具重构纹样, 并将形状文法推演规则转译为参数化语法表达的形状文法推演规则, 运用系统的文法规则控制感性随意的纹样参数衍生流程, 实现基于形状文法导向的参数化纹样设计方法。**结果** 以黄梅挑花八角莲纹为例, 编写形状文法控制的纹样衍生参数化程序, 生成多种八角莲纹衍生图案, 并应用于不同的文创载体。**结论** 参数化设计逻辑下的形状文法可以更高效地挖掘传统文化纹样的创新设计价值, 以形状文法为导向的参数化技术可灵活并科学地对传统纹样进行再设计, 为数字化时代下非物质文化遗产的保护和传承提供参考。

关键词: 传统文化纹样; 参数化设计; Grasshopper; 形状文法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)22-0242-10

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.22.027

Parametric Design Technology of Traditional Patterns Based on Shape Grammar

LI Min, BAI Han*, YIN Guo

(School of Industrial Design, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: The work aims to integrate modern parametric generation technology into traditional pattern design methods, so as to make up for the shortcomings of traditional pattern design methods in terms of low controllability of design results and low output efficiency, and thus explore new ways for innovative design of traditional patterns. The cultural genetic patterns of traditional patterns were extracted with the modular system theory and the graph quantification method. The patterns were reconstructed with the Grasshopper parameterization tool. The shape grammar derivation rules were translated into the shape grammar derivation rules expressed by the parameterization grammar. The systematic grammar rules were used to control the perceptually arbitrary pattern parameter derivation process, so as to realize the parametric pattern design method based on shape grammar orientation. With Huangmei picking flower octagonal lotus pattern as an example, the shape grammar-controlled pattern derivation parametric program was written to generate a variety of octagonal lotus pattern derivation patterns and applied to different cultural and creative carriers. In conclusion, the shape grammar under parametric design logic can explore the innovative design value of traditional cultural patterns more efficiently, and the parametric technology oriented by shape grammar can be used to redesign traditional patterns flexibly and scientifically, providing a reference for the protection and inheritance of intangible cultural heritage in the digital era.

KEY WORDS: traditional cultural patterns; parametric design; Grasshopper; shape grammar

我国拥有悠久的民族文化艺术历史和丰富的非物质文化遗产, 其中造型优美的传统纹样更是数不胜

数, 是中华各民族文化的直接抽象体现。大量的传统文化纹样是我国文化产业的瑰宝, 也是文创产业设计

收稿日期: 2023-06-16

基金项目: 教育部人文社科规划基金项目(20YJA760036); 2021年湖北省社科基金一般项目(2021292); 2022大学生创新创业训练计划项目经费资助(S202210500106)

*通信作者

师的灵感源泉。随着计算机数字领域的不断发展,各设计领域的计算机辅助设计参与度不断提高,制造业也在逐步完成数字化转型。然而文创设计由于其较为传统的呈现形式和难于融入现代产品设计的特点,设计方式和行业发展都较难突破现状。以“黄梅挑花图案”为例,大多造型优美的民俗纹样受限于传统手工艺制造的生产方式和“一传一”的传习形式,正在逐渐走向消亡。因此,在大量运用计算机数字化技术设计与工业生产的当今,开发高效且易用的计算机辅助传统纹样创新方法,并将其广泛应用于平面设计、家居设计、产品设计和建筑设计等领域,是保护并传承中华民族艺术和非遗的重要措施。而符合现代数理设计思维的参数化设计是当下各设计领域较为流行的设计方法,探索传统文创设计方法和现代参数化设计逻辑融合的可行性,是非遗文化创新的新思路。

1 传统文化纹样创新设计研究现状

目前国内外传统纹样创新研究的重点主要集中在准确撷取文化符号和扩充纹样存在形式两个方面。撷取文化符号特色的研究多以文化图案的感性语义为出发点,在创新传统纹样的同时尽可能地保证传达的文化含义不变,从而最大程度地保留原文化内涵,并在此基础上进行文创设计。早在 2013 年,朱上上等^[1]便构建了包括语意、语构、语用和语境四个维度的设计符号学解读模型,提出了当前较为完善的文化转译方法论体系;秦臻等^[2]利用可拓理论对民族图案的语义进行提取和量化,指导图案变化提升文创设计过程中的图案优度;胡珊等^[3]将眼动实验和可拓学结合得到最能表征文化内涵的楚漆凤鸟纹;王伟伟等^[4]利用文创图形的相似意象设计因子探寻纹样的可拓重构方法;苏晨等^[5]运用有限元理论逆向分析设计产品的所属区域文化,提炼出文化属性单元内的设计节点进行设计应用。

扩充纹样存在形式的研究多以平面构成规则为出发点探求传统纹样的结构规律和衍生可能。这类研究的主要目的都是尽可能科学客观地增加传统纹样的创新形式,扩充文化设计库。赵浩等^[6]在设计创新彝族图案的过程中使用图案学重组法将彝族纹样重构;韩冬楠等^[7]设计蒙古族文创图案时用“图案学”方法对蒙古族纹样进行分析和重组。罗茜等^[8]运用形状文法提取了汉代漆器云纹纹饰的基本形态元素,并进行了衍生性推演构建适合产品载体的云纹纹样;虞杰等^[9]则使用分层形状文法在设计过程中构建形状衍生树模型,修剪衍生树以产生不同的设计结果。

综上所述,无论从准确撷取文化符号还是扩充纹样存在形式出发,主流的传统纹样创新研究的本意在于扩展传统文化纹样创新思路,延续传统文化的生命力。但随着设计的逐步完成,传统纹样创新过程的不可逆性越来越高,容错率越来越低,创新效率也将逐

渐降低。而且,受限于设计师职业水平的参差不齐,质量较高的创新方案很难被挖掘出来。为了提高纹样创新的效率,少数研究开始寻找纹样衍生数字化的方法,李至惟^[10]将云雷纹拆解为两条阿基米德螺旋纹,构建了复合云雷纹的数学模型;池宁骏等^[11]建立了马家窑旋涡纹参数模型,实现了旋涡纹的初步参数化衍生。然而目前的纹样参数化研究主要以构建数字化纹样模型方法为主,对参数化模型衍生后续少有探讨,纹样的参数化衍生大多都是通过简单调节构成纹样相关参数值的形式得到演变结果,缺乏系统的构成规则指导。拙文以传统纹样衍生规则的数字化制定及运用为研究重点,在以往纹样参数化构建研究的基础上,明确参数化初始纹样模型中树形数据结构的搭建方式,并提出以形状文法为导向的纹样参数化衍生规则,将形状文法的各推演规则转译为参数化程序,应用于以“黄梅挑花八角莲纹”为例的传统纹样设计活动。

2 理论基础

2.1 参数化设计

参数化设计理念由变量化设计理念演变而来,始于 20 世纪 60 年代, Sutherland 首次将几何约束表示为非线性方程来确定二维几何体的位置,之后,这一思想进一步发展并实用化^[12]。参数化设计主要应用于建筑设计,但近年来,参数化设计理念也逐渐在产品领域另辟蹊径,如扎哈·哈迪德结合泰森多边形的特征设计出极富张力的 MESA 桌;北京现代途胜 L、上汽荣威 RX5 PLUS 等车前脸的进气格栅都是参数化设计的产物。

参数化设计系统中,各种尺寸或工程的参数初值称为可变参数;几何元素之间的各种连续几何信息称为不变参数。参数化设计的本质是在可变参数的变化下,系统可以自动维护所有的不变参数。将工程内容编写为数学函数,建立各种约束关系,调整可变参数,可以实现设计过程的自动化^[13]。因此,参数化设计方法的本质是基于约束的产品描述方法。

2.2 形状文法

形状文法是由麻省理工学院教授史坦尼于 1972 年提出的以形状运算为主的设计推理方法。这种方法将某一个或几个基本形状在一定空间关系中按照预定的规则衍生^[14]。形状文法就像语言语法,形状元素为“单词”,推理规则为“逻辑”,单词按照一定的逻辑构成语句的过程,就是形状文法生成形状的过程。

根据史坦尼对形状文法的定义,形状文法是一个包括了形状元素 S 、标签 L 、形状推理规则 R 和初始形状 I 四大元素集合的四元组,即: $S_{SG} = (S, L, R, I)$ 。形状文法推理规则分为生成性推演和修改性推演两类:生成性推演包含增删和置换规则;修改性推演指在现有的形状基础上进行修改调整,使得形状造型产

生差异化,常见的修改性推演有仿射变换和贝塞尔曲线变形。其中仿射变换是一种二维坐标内的线性变换,主要有平移、缩放、旋转、错切和翻转。

3 以形状文法为导向的传统纹样参数化衍生的思路

3.1 以编写纹样构成程序为主的建模方式

运用传统手工绘制纹样模型的方式可准确提取纹样原型的造型特征,也能更直观地修改初始纹样的模型结构,但在经历规则衍生和适应设计载体的设计中后期阶段,无法针对产品的纹样细节进行便捷的批量化修改与调整,因而,纹样结构变化的设计活动与纹样载体的设计活动是分开的,二者无法并驾齐驱,这不利于传统文化和当代产品设计的结合。与传统建模方式不同,在参数化建模中,运用输入数据和程序自动运算的方式来代替传统手工绘制,构成纹样点、线和面的数据信息并非全部是准确的定值,而是可控的变量。将变量参数输入不同的指令会生成对应的指令效果,指令与指令之间存在着不同的约束关系,所有的指令与约束关系构成了纹样参数模型的程序逻辑。制定纹样构成逻辑是纹样参数化建模的关键。相比传统手工绘制方式,参数化建模更像是构建“函数关系式”,生成结果是基于“关系式”和“自变量”得到的“因变量”。因此,纹样参数化建模的输出结果是高度可调节的,这也是参数化设计的突出优势。

3.2 形状文法参与纹样参数化衍生的方式

当前纹样的参数化模型构建虽严谨理性,但后续设计师调节参数值生成衍生结果的过程仍感性随意,缺乏系统理性的纹样衍生规则指导。池宁骏^[11]较早提出了传统纹样参数化演变的方法,但只是浅析了初始纹样简单排列和基于控制点变化造型的可行性。形状文法是基于递归生成规则的严谨图解形式语言,在文创领域的应用多是系统指导纹样创新,如李树霞等^[15]利用形状文法生成多种明代璆珞纹样并进行设计应用,刘靓^[16]利用形状文法对羌绣纹样进行再生设计。国内学者运用形状文法的初衷是试图以有限的规则描述无限的纹样变化可能,但直接使用形状文法控制纹样变化的程度却趋于概略化。在常规的设计过程中,文法规则的更改成本和规则数目是成正比的,随着设计阶段的层层递进,形状文法在一定程度上限制了设计活动的灵活性。运用参数化语法表达形状文法可增加文法规则的函数描述能力,并在输出结果中将文法各规则的改动实时可视化。综上所述,形状文法的参与使纹样参数化衍生趋于严谨理性,而参数化表达不仅能减少设计过程中文法规则的修改成本,还使形状文法突破传统的欧几里得变换形式,使文法能够对多重变量或形式参数进行运算,允许更多样的纹样演变可能。

3.3 可变参数与不变参数的形式

在参数化设计体系中,各尺寸等参数初值为可变参数,几何元素间的各连续几何信息为不变参数。在初始纹样参数化模型程序中,可变参数是控制初始纹样模型的各个可控变量,不变参数是初始纹样模型在不断变化的过程中维持不变的几何约束关系,这个约束关系是设计师基于设计结果愿景制定的。但在纹样参数化形状文法设计思路中,构成的文法规则虽然是基于参数控制变化的,但规则本身属于制定几何元素的连续几何信息,因此制定文法规则的本质是编写不变参数,而可变参数则是初始纹样的构成样式。

3.4 不同传统纹样的参数化衍生

中国传统纹样种类繁多,运用如旋涡纹、回纹和云雷纹等抽象化的纹饰在装饰不同的物品时,可灵活变化纹样结构以适应不同的纹样连续形式和纹样载体,而纹样的变化是基于几何构成和数理逻辑的。因此,以形状文法为导向的参数化衍生方法适合抽象化的传统纹样创新。然而并不是每种纹样都具有抽象的几何特征,如楚漆凤鸟纹、卷草纹等较为具体的传统纹样,不易用几何约束关系去描述纹样结构,也不易在保证自身语义不变的情况下变化纹样结构。因此,若以较为具体的传统纹样为基础进行以形状文法为导向的参数化创新,可在准确提取具体纹样的文化符号后,依照不同的扩充纹样存在方式将具体纹样转化为易于变化的抽象化纹样,再编写描述程序。

4 研究流程

第一步,收集现有所研究纹样的资料,结合模件系统理论和图谱量化法,提取文化基因图案;第二步,基于所提取的文化基因,利用 Grasshopper 参数化建模插件构建初始纹样结构的参数化模型,并确定可变参数;第三步,运用 Grasshopper 插件将形状文法的修改性基本文法转译为参数化修改性文法,设计形状文法推演规则,确定不变参数;第四步,对初始纹样执行参数化形状文法推演,修改可变参数和文法规则,生成若干种方案;第五步,对不同方案进行优度测评,选择较高优度的方案进行设计应用。具体研究流程图见图1。

5 以黄梅挑花八角莲纹为例的参数化创新

黄梅挑花发源于湖北省黄梅县,是首批进入国家级非物质文化遗产保护名录的民族工艺。由于黄梅县处于独特的地理位置,黄梅挑花的图案尽显禅宗色彩和楚韵文化。在挑花作品中,各式各样的八角莲纹出现频率非常高,是黄梅挑花的代表性纹样。八角莲纹源于佛教,在挑花技法的约束下,八角莲纹趋于几何化,这种抽象的几何造型非常符合参数化设计的基础条件。

5.1 八角莲纹基因图案的提取

通过对黄梅县文化馆的实地参观和考察,以及对单生荣先生编著的《黄梅挑花传统图案集》的翻阅,笔者收集整理了大量黄梅挑花八角莲纹样本,依据模件系统理论^[17],将可替换性较强的装饰单元模件隐去,得到黄梅挑花八角莲纹装饰母体模件,并用电脑软件将各模件纹样进行描摹,见图 2。

模件系统是雷德侯^[18]在《万物: 中国艺术中的模件化和规模化生产》中提出的概念,雷德侯发现中国艺术中普遍存在模件化的生产体系,匠人们会利用总数有限的装饰母体和装饰单元进行无止境的组合,从而适应多种应用需求。李鑫扬^[14]在分析黄梅挑花的图案特征中指出,黄梅挑花图案的组织方式蕴含着模件原则的设计思路,创作者们灵活调整、置换模件可以持续高效地创作新的艺术作品。运用模件原则可以准确地得到传达文化内涵的标志性纹样形状。以图 2 为例,该八角莲花纹中,装饰母体模件为有一定组合规律的 24 个平行四边形纹饰,其余图案皆为可替换性较强的装饰单元模件。因此,抽离图库中各黄梅挑花八角莲纹的装饰母体模件,作为各八角莲纹的样本结构图案。

各样本纹样的结构图案并不能代表所有八角莲纹的文化基因,因此,将所有提取出的样本结构图案图谱量化。图谱量化法,即抽离样本的外形轮廓线并谱化曲线建立一个针对性强的图谱体系,这种分析方法可以直观得出各样本造型的异同和继承性^[19],常应用于考古学领域。排除完全一致的结构图案,得到具有差异性的结构图案 9 个。见图 3。限制各结构图案的长和宽为 200 mm,将影响纹样形状的各节点所在区域进行划分,得到可以用最小面积框选所有节点变动位置的矩形区域,标出矩形端点的位置信息: B1 (60.32,72.42)、B2 (46.06,60.77)、C1 (3.56,54.23)、C2 (0.27,46.34)、D1 (9.87,50.28)、D2 (0.27,37.46)、E1 (30.4,35)、E2 (19.97,26.17)、F1 (42.23,4.12)、F2 (35.2,0.73),以及线段 A1A2 的端点 A1(30.39,100)和 A2 (21.35,100)。将图谱中的纹样结构作均值化处理,可以得出图 4 中的八角莲花纹。该纹样具有代表性,可作为黄梅挑花八角莲花纹的文化基因图案。比较分析图谱各曲线的异同和文化基因图案,发现黄梅挑花八角莲纹的各平行四边形角度为 45°和 135°,花瓣与花瓣间两两平行,图案整体为镜面对称结构,极富韵律。

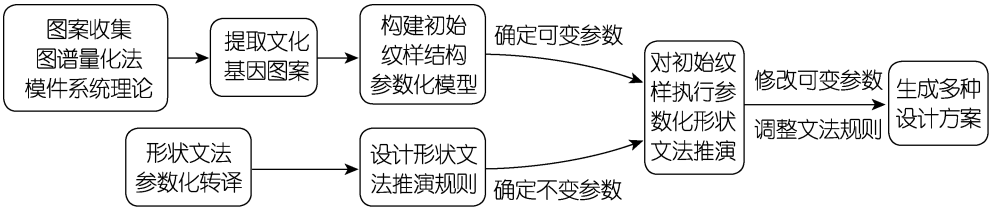


图 1 研究框架
Fig.1 Research framework

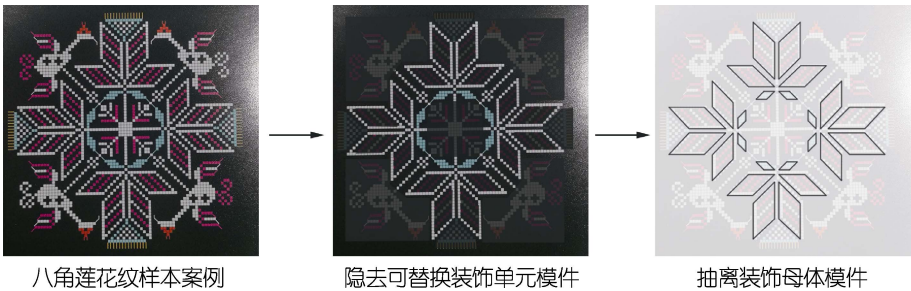


图 2 八角莲纹样本结构图案提取案例
Fig.2 Structure pattern extraction cases of octagonal lotus patterns

文化基因图案的各参数值是参数化设计中的初始参考值,不同的适应纹样都是基于初始文化纹样变化的,未来可变参数无论如何变化,都需有固定的指标去衡量变化参数。因此,文化基因图案的提取要尽可能客观准确。

5.2 构建初始纹样结构参数化模型

构建纹饰参数化模型的重点是几何结构和数据结构的搭建。八角莲纹的整体图案主要是由 A、B 和

C 三个平行四边形衍生而来 (见图 4)。确定 A、B 和 C 的位置、大小和形状,由 y 轴翻转后再连续逆时针旋转 90°三次可得完整的图案模型。依照提取的文化基因图案,按上述逻辑建立纹样模型,但在建模过程中不用传统的绘制方式,而是在 Grasshopper 插件里通过输入数据和程序来制定约束关系,生成纹样。编写程序时需按树形数据的形式来规范纹样图案的数据结构,树形数据排列形式类似于一棵树,数据分布于不同层级的数据集之中,数据集与数据集之间形成

树状联系。以图 5 为例, 组合成单独纹样的各线段数据为树形数据的“叶”; 将每 96 个“叶”数据嵌套在一起的数据集是树形数据的“分枝”, 通过数据筛选可以精准地控制纹样的变化。八角莲纹的参数化编程步骤见图 6。将单位八角莲纹内的平行四边形位置数据、大小比例数据和形状数据编写为可变参数, 由此便可以通过调整不同的参数, 自由地对单位纹样的结构、样式等进行调节, 直接生成适用的可控单位。

5.3 形状文法参数化转译

运用 Grasshopper 插件转译形状文法修改性推演规则的基本公式, 使推演规则可以直接编入纹样衍生的程序里。见表 1。在平移规则中, t_x 和 t_y 表示图形在 x 轴和 y 轴方向上的位移; 在缩放规则中, s_x 和 s_y 表示图形在 x 轴和 y 轴上的缩放比例; 在旋转规则中, x_c 、 y_c 为旋转中心 C 的坐标, θ 表示图形绕旋转中心 $C(x_c, y_c)$ 逆时针旋转的角度; 在错切规则中, h_x 和 h_y 表示图形在 x 轴和 y 轴上的错切量; 在镜像规则中, x_m 和 y_m 为对称点的坐标, x_v 和 y_v 为对称轴的法向量坐标; 在阵列规则中, x_c 和 y_c 为环形阵列中心坐标, N 为阵列数量, x_v 和 y_v 为阵列方向向量坐标, Δd 为阵列间距; 在贝塞尔曲线调整规则中, n 为贝塞尔曲

线阶数, i 为控制点数。将公式中的各参数值都设置为 Grasshopper 中的参数变量, 如此, 便制作出参数化形状文法插件包, 实现在 Grasshopper 中通过变化参数数值执行形状文法。

5.4 形状文法的推演规则设计案例

同一初始纹样被执行不同的推演规则, 可以得出不同的规律性衍生结果。在这个过程中, 制定推演规则是设计师的主要设计活动。灵活运用形状文法的参数变量能够让计算机完成更为复杂的演变逻辑。如图 7。单位六边形为初始纹样, 使初始纹样执行 Rule1 镜像规则 6 次, $y_m=n5.5, x_v=0, y_v=1, (n \in 1, 2, 3, 4, 5, 6)$, 得到单列六边形基本图形。令基本图形执行 Rule2 阵列规则, $x_v=45, y_v=0, i=5$, 且 Δd 按 Conic 曲线函数递减, 得到距离递减的阵列图形组合基本单元。最后使基本单元执行 Rule3 缩放规则, 每个基本图形都依照该图形的中心点到图中线段上的最短距离的缩小比 (映射到 0.4 至 0.95 区间) 进行缩放, 得到最终衍生图案。参数化形状文法后, 生成衍生图案的方式更快捷、更理性, 可控性更强。相较于以往形状文法在文创上的应用, 参数化形状文法可以更高效地产出符合人们预期的纹样图案。

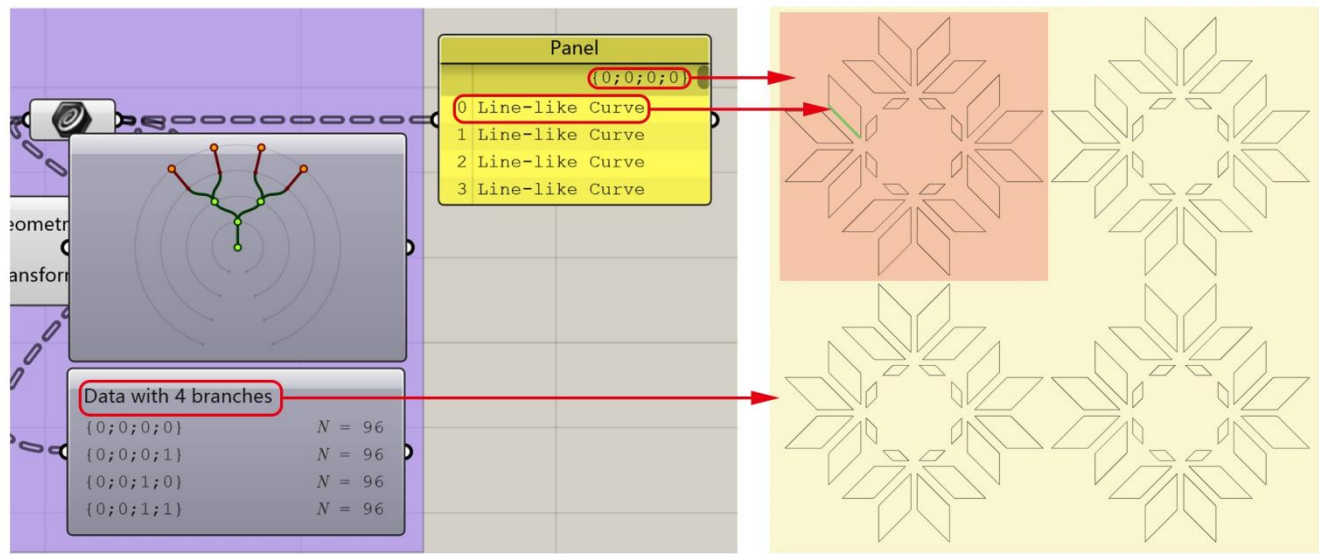
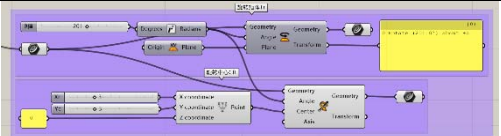
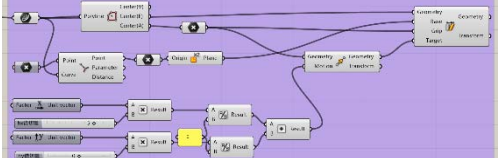
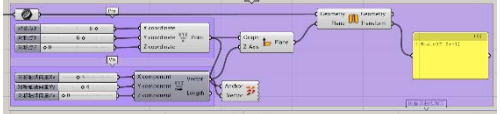
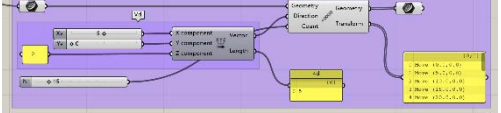


图 5 树型数据举例
Fig.5 Example of tree data

表 1 形状文法参数化转译
Tab.1 Parameterized grammatical representation of shape grammars

修改规则	变换矩阵	转译程序
平移	$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	

续表

修改规则	变换矩阵	转译程序
旋转	$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x_c & y_c & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x_c & -y_c & 1 \end{bmatrix}$	
错切	$S = \begin{bmatrix} 1 & h_x & 0 \\ h_y & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
镜像	$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x_m & y_m & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1-2x_v^2 & -2x_vy_v & 0 \\ -2x_vy_v & 1-2y_v^2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x_m & -y_m & 1 \end{bmatrix}$	
环形阵列	$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ x_c & y_c & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos(2\pi i / N) & \sin(2\pi i / N) & 0 \\ -\sin(2\pi i / N) & \cos(2\pi i / N) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -x_c & -y_c & 1 \end{bmatrix}$	
方向阵列	$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ i \cdot \Delta d \cdot x_v & i \cdot \Delta d \cdot y_c & 1 \end{bmatrix}$	
贝塞尔曲线变化	$B(t) = \sum_{i=0}^n \binom{n}{i} P_i (1-t)^{n-i} t^i, t \in [0,1]$	

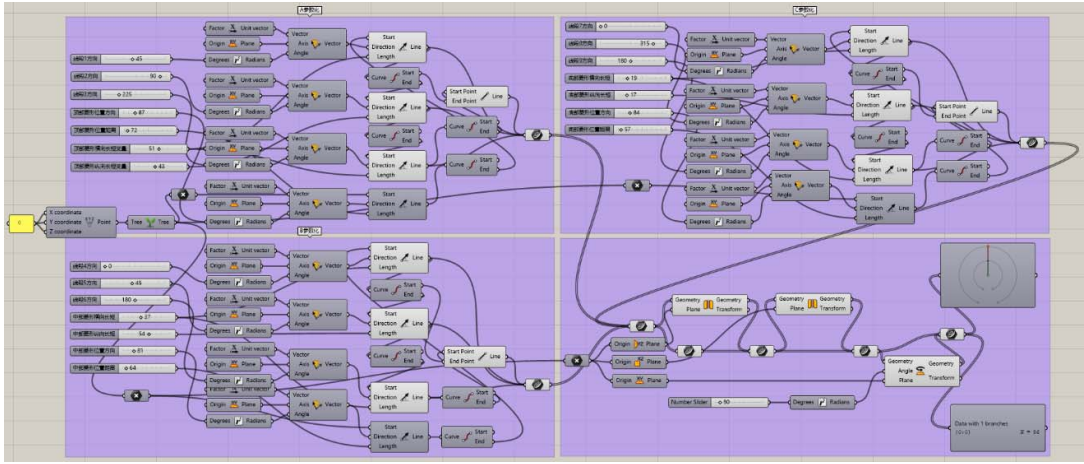


图 6 八角莲纹参数化编程
Fig.6 Parametric programming of octagonal lotus patterns

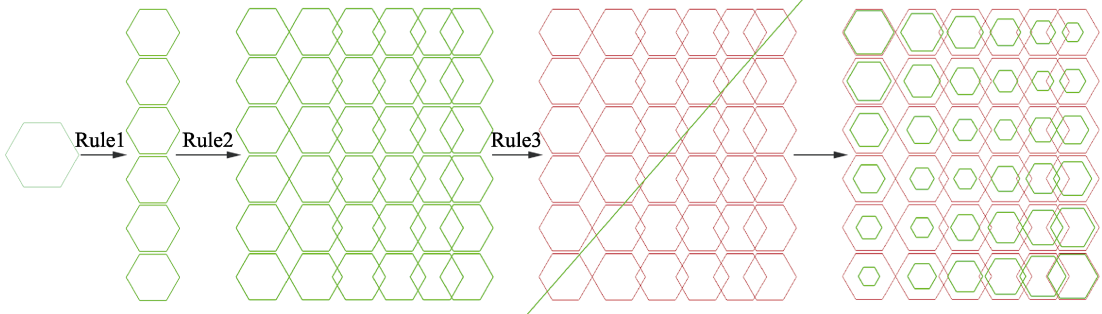


图 7 形状文法推演规则制定案例
Fig.7 A case for shape grammar derivation rules

5.5 八角莲纹参数化形状文法衍生

将初始纹样参数化模型的程序输出端接入参数化形状文法程序插件的输入端,可以实现纹样参数化形状文法衍生。根据不同的设计要求和纹样载体,制定不同的形状文法推演规则并应用于已构建的初始纹样参数化模型,文法规则的组合方式和顺序约束着初始纹样的演化方向和衍生止点,作为基本图形的初始纹样会在既定的框架下生成大量不同的方案。同时,参数化转译后形状文法可控性更高,设计师可以随时调节推演规则内容中的相关参数,更细致地调整图案结构中的几何关系信息。同一初始纹样基本图形无法适应不同的文法规则,改变初始纹样模型的可变参数,可以生成形态各异的初始纹样基本图形,以适应不同文法。这种分别操控可变参数和不变参数、搭建逻辑使计算机自动生成设计素材的设计方法,极大程度上降低了设计过程中的失误成本,提高了设计效率,见图 8。

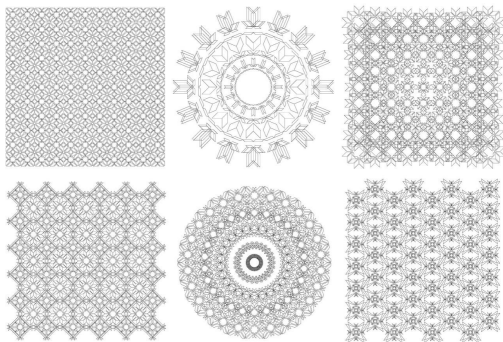


图 8 八角莲纹参数化形状文法的衍生图案
Fig.8 Parametric shape grammar derivative patterns of octagonal lotus patterns

5.6 不同纹样方案的优选

优度评价法^[20]是以定量的方式反映被评价对象的综合水平的基本方法。运用优度评价法对生成的不

同方案进行优选,其步骤如下。
1) 选取测评标准,即衡量指标。选取图案样式优美 c_1 、适合纹样载体 c_2 、关键语义准确 c_3 为衡量指标,得到衡量条件集: $O = \{(c_1, v_1), (c_2, v_2), (c_3, v_3)\}$, v 是 c 的量值。

2) 确定权系数。运用二元对比法和 1~5 的比率标度法对衡量指标进行比较,1、2、3、4 和 5 分别表示前一指标比后一指标的不同重要程度:同等重要、稍微重要、明显重要、强烈重要和极端重要。由于文化创新不仅是图案形式上的创新,而且创新后的图案即需准确地表达原纹样的语义,又需和谐地结合纹样的设计载体,因此 c_3 比 c_1 强烈重要, c_2 比 c_1 明显重要。基于三个衡量指标的比率标度构建判断矩阵,见式 (1)。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/4 \\ 3 & 1 & 1/2 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

(1)

采用特征向量法计算各衡量指标的权系数,求得 $\alpha_1=0.122\ 0$, $\alpha_2=0.319\ 6$, $\alpha_3=0.558\ 4$ 。

3) 建立关联函数。建立八角莲纹参数化形状文法衍生方案的图案样式优美、适合纹样载体和关键语义准确的离散型关联函数,见式 (2)。

$$K_i(x) = \begin{cases} 5, x = \text{很优美 / 很适合 / 很准确} \\ 4, x = \text{较优美 / 较适合 / 较准确} \\ 3, x = \text{一般} \\ 2, x = \text{不优美 / 不适合 / 不准确} \\ 1, x = \text{很不优美 / 很不适合 / 很不准确} \end{cases}$$

(2)

以花瓶作为纹样载体为例,根据原始设计要求和相关领域的设计师意见,获得各衍生方案的评价特征取值,见表 2。

将表中的特征值代入关联函数 (1) 中,得到各衡量指标关联度,见式 (3)。

表 2 各衍生方案评价特征取值
Tab.2 Evaluation characteristic value of each derivation scheme

		方案 P ₁	方案 P ₂	方案 P ₃	方案 P ₄	方案 P ₅	方案 P ₆
纹样载体	评价特征						
	图案样式优美 c_1	一般	很优美	一般	较优美	较优美	一般
	适合纹样载体 c_2	不适合	一般	一般	很适合	很不适合	较适合
	关键语义准确 c_3	很准确	很不准确	较准确	较准确	不准确	很不准确

$$\begin{cases} k_{c_1} = (3, 5, 3, 4, 4, 3) \\ k_{c_2} = (2, 3, 3, 5, 1, 4) \\ k_{c_3} = (5, 1, 4, 4, 2, 1) \end{cases} \quad (3)$$

4) 根据规范关联度公式计算各衍生方案的规范关联度。规范关联度见式(4)。

$$k_i(O_j) = \frac{k_i(O_j)}{\max |k_i(x)|} (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (4)$$

各衍生方案的规范关联度见式(5)。

$$\begin{cases} K(P_1) = (0.6, 0.4, 1) \\ K(P_2) = (1, 0.6, 0.2) \\ K(P_3) = (0.6, 0.6, 0.8) \\ K(P_4) = (0.8, 1, 0.8) \\ K(P_5) = (0.8, 0.2, 0.4) \\ K(P_6) = (0.6, 0.8, 0.2) \end{cases} \quad (5)$$

5) 计算不同衍生方案的优度, 见式(6)。

$$C(K_p) = \sum_{i=1}^n \alpha_i k_i(x_j) (i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3, 4, 5, 6) \quad (6)$$

将各规范关联度代入优度公式(6)中, 求得方案 P_1 等 6 个衍生方案的优度分别为 0.759 4、0.425 4、0.711 7、0.863 9、0.384 9、0.440 6。因此, 对于花瓶, 方案 P_4 具有较高优度。

在衍生纹样和纹样载体结合的过程中, 可根据设计要求灵活调整纹样的各参数值以修改衍生纹样的形态细节。参数化形状文法推演得到的八角莲纹衍生纹样应用于不同纹样载体的案例, 见图 9。



图9 八角莲纹衍生纹样在家具、产品设计中的应用
Fig.9 Octagonal lotus-derived patterns in furniture and product design

6 结语

参数化设计思维结合传统纹样设计打破了原有文化创新的单线式设计定式, 参数化设计的高可控性和高容错性使设计师可以将更多的精力放在设计本

身而非重复工作。然而纹样参数化的构建方式虽然是理性的, 其变化形式仍然过于感性, 为了将基于感性的设计过程转化为理性的逻辑推理过程, 引入以形状运算为主的形状文法规范传统纹样的参数化变化。这不仅为参数化纹样设计提供了系统的形状衍生学指导, 而且还为形状文法的使用提供了新的方法和思路。参数化语法表达的形状文法可以推导出更多类型、更高精度的纹样模型, 并在输出结果中将文法规则的改动实时可视化, 减少形状文法的修改成本, 提高设计师的工作效率。为非遗文创融入数字化领域和现代化设计提供了新的实施方案。由于技术的局限性, 相较于具象的传统纹样, 参数化形状文法的纹样衍生方法更适用于抽象的传统纹饰, 而且文化创新不仅是形式图案上的创新, 还需考虑纹样背后的人文理念, 后续将对参数化技术结合文化创新进行综合探究。

参考文献:

- [1] 朱上上, 罗仕鉴. 产品设计中基于设计符号学的文物元素再造[J]. 浙江大学学报(工学版), 2013, 47(11): 2065-2072.
- [2] ZHU Shang-shang, LUO Shi-jian. Re-Creation of Heritage Elements Based on Design Semiotics in Product Design[J]. Journal of Zhejiang University (Engineering Science), 2013, 47(11): 2065-2072.
- [3] 秦臻, 季铁, 刘芳, 等. 基于民族图案基元可拓语义的产品设计方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2021, 33(10): 1595-1603.
- [4] QIN Zhen, JI Tie, LIU Fang, et al. The Method of Product Design Based on Extension Semantics of National Pattern Primitives[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2021, 33(10): 1595-1603.
- [5] 胡珊, 贾琦, 王雨晴, 等. 基于眼动实验和可拓语义的传统文化符号再设计研究[J]. 装饰, 2021(8): 88-91.
- [6] HU Shan, JIA Qi, WANG Yu-qing, et al. Research on Redesign of Traditional Cultural Symbols Based on Eye Movement Experiment and Extension Semantics[J]. Art & Design, 2021(8): 88-91.
- [7] 王伟伟, 宋贞贞, 李培. 文创类图形中的相似意象设计因子可拓重构方法[J]. 图学学报, 2020, 41(6): 1024-1030.
- [8] WANG Wei-wei, SONG Zhen-zhen, LI Pei. Extension Reconstruction Method of Design Factors for Similar Images in Cultural and Creative Graphics[J]. Journal of Graphics, 2020, 41(6): 1024-1030.
- [9] 苏晨, 孙小童, 周福莹, 等. 基于有限元理论逆向分析区域文化产品设计[J]. 包装工程, 2019, 40(12): 189-194.
- [10] SU Chen, SUN Xiao-tong, ZHOU Fu-ying, et al. Design of Regional Cultural Products Based on Reverse Analysis with Finite Element Theory[J]. Packaging Engineer-

- ing, 2019, 40(12): 189-194.
- [11] 赵浩, 高菊兰. 不弃本质: 彝族图案创新与传承方法研究[J]. 装饰, 2018(9): 130-131.
- [12] ZHAO Hao, GAO Ju-lan. Don't Abandon the Essence: A Study on the Innovation and Inheritance Methods of Yi Patterns[J]. Art & Design, 2018(9): 130-131.
- [13] 韩冬楠, 边坤, 韦贝贝. 蒙古族图案元素提取与重构[J]. 包装工程, 2019, 40(6): 1-7.
- [14] HAN Dong-nan, BIAN Kun, WEI Bei-bei. Extraction and Reconstruction of Mongolian Pattern Elements[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(6): 1-7.
- [15] 罗茜, 余鲁. 形状文法视角下汉代漆器云纹纹饰的应用研究[J]. 包装工程, 2021, 42(4): 292-298.
- [16] LUO Xi, YU Lu. Application of Lacquerware Moiré Patterns under Perspective of Shape Grammar[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(4): 292-298.
- [17] 虞杰, 吕健, 潘伟杰. 基于分层形状文法的蜡染花朵纹创新设计研究[J]. 包装工程, 2020, 41(10): 255-261, 273.
- [18] YU Jie, LYU Jian, PAN Wei-jie. Innovative Design of Batik Flower Patterns Based on Layered Shape Grammars[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(10): 255-261, 273.
- [19] 李至惟. 基于数学模型参数化立体复合云雷纹生成研究[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2021(5): 205-207.
- [20] LI Zhi-wei. Research on Parametric Stereo Composite Yun Leiwen Generation Based on Mathematical Model[J]. Journal of Nanjing Arts Institute (Fine Arts & Design), 2021(5): 205-207.
- [21] 池宁骏, 谢佳阳. 基于参数化设计的传统纹样结构衍生及应用[J]. 包装工程, 2022, 43(12): 257-265.
- [22] CHI Ning-jun, XIE Jia-yang. Derivation and Application of Traditional Patterned Structures Based on Parametric Design[J]. Packaging Engineering, 2022, 43(12): 257-265.
- [23] 金建国, 周明华, 邬学军. 参数化设计综述[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(7): 16-18.
- [24] JIN Jian-guo, ZHOU Ming-hua, WU Xue-jun. Review of Parametric Design Method[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 39(7): 16-18.
- [25] VOGEL D. Form+Code in Design, Art, and Architecture, by Casey Reas, Chandler McWilliams, and LUST[J]. Journal of Mathematics and the Arts, 2012, 6(4): 221-223.
- [26] STINY G. Introduction to Shape and Shape Grammars[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1980, 7(3): 343-351.
- [27] 李树霞, 张春明. 基于形状文法的明代璆珞纹样再生设计与应用[J]. 毛纺科技, 2022, 50(7): 78-86.
- [28] LI Shu-xia, ZHANG Chun-ming. Design and Application of Regeneration of Wreaths Patterns in Ming Dynasty Based on Shape Grammar[J]. Wool Textile Journal, 2022, 50(7): 78-86.
- [29] 刘靛. 基于形状文法的羌绣纹样再生设计应用研究[J]. 包装工程, 2020, 41(24): 294-300.
- [30] LIU Liang. Application of Qiang Embroidery's Innovation Pattern Design Based on Shape Grammar[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(24): 294-300.
- [31] 李鑫扬. 黄梅挑花图案的模件系统[J]. 装饰, 2021(4): 120-123.
- [32] LI Xin-yang. Modular System of Huangmei Pattern[J]. Art & Design, 2021(4): 120-123.
- [33] 雷德侯. 万物: 中国艺术中的模件化和规模化生产[M]. 北京生活·读书·新知三联书店, 2005.
- [34] LEI De-hou. Everything: Modularity and Scale Production in Chinese Art[M]. Beijing Life Reading Xin Zhi San Lian Bookstore, 2005.
- [35] 欧华健. 基于分型图谱量化法的高速列车造型设计研究——以日本新干线为例[J]. 工业设计, 2021(8): 54-56.
- [36] OU Hua-jian. Study on high-Speed Train Shape Design Based on Classification Graphic Quantization Method—Taking Japan Shinkansen as an Example[J]. Industrial Design, 2021(8): 54-56.
- [37] 赵宁. 浅析知识集合的优控方法——优度评价法[J]. 现代情报, 2009, 29(6): 21-24.
- [38] ZHAO Ning. Analysis on the Optimal Control of Knowledge Set—Priority Degree Evaluation Method[J]. Journal of Modern Information, 2009, 29(6): 21-24.

责任编辑: 陈作