

基于分形 L 系统的纺织品图案的自动生成

杨旭红 李栋高 颜晓华 张 聿

(苏州大学材料工程学院, 苏州, 215021)

摘 要: 根据分形 L 系统的构图原理, 运用 VB 语言编写了用来生成典型的分形曲线——Von Koch 曲线和 Peano-Hilbert 曲线的程序。利用程序, 通过改变参数, 产生出各种变化的适用于纺织品的艺术图案。

关键词: L 系统 纺织品 分形 艺术图案设计

中图分类号: TS 941.2 **文献标识码:** A

纺织品是艺术性与实用性相结合的产品, 在具备广泛的实用价值的同时, 通过对环境的装饰美化, 亦给人以艺术陶冶和享受。因此, 纺织品的设计在引导消费、美化生活和环境方面起着重要的作用, 而图案设计是其中的一个重要环节。传统的图案设计是由专业人员首先在头脑中构图, 再通过纸或其他介质把图案表现出来。图案的创作和修改过程都十分烦琐, 往往成为产品设计中的一个瓶颈, 难以满足人们越来越高的求新、求美、求舒适的欲望。而分形艺术图案则可利用计算机程序, 通过对参数稍作改变, 产生出形态各异、千姿百态的艺术效果, 使人们获得更高更新的艺术追求。

分形艺术图案的设计与一般的计算机艺术图案设计又有着根本的区别。就目前已开发的计算机艺术图案设计系统来看, 它们在基本纹样及图案构成的原理和方法上, 主要还是采用传统的欧氏几何方法。即运用美学原理和简单的构图规则, 通过对基本几何元素构成的纹样进行条理性反复、变换或位置的交叉组合、排列、旋转以及色彩变化等, 产生各种图案。而分形艺术图案设计, 是利用分形的自相似性, 构造出千变万化而又具有任意高分辨率的艺术图案。分形艺术图案是无序和变幻无穷的美的体现。分形图案的构成, 在很大程度上取决于构图算法模型的建立和构图原理与创作思维的综合运用。

分形艺术图案的计算机生成方法有很多, 如基于复动力系统的生成算法、基于迭代函数系统的生成算法、基于 L 系统的生成算法等。现对基于 L 系统的分形艺术图案的生成方法和生成的效果图以及在家用纺织品上的应用作一介绍。

1 L 系统的构图原理

L 系统又称串复写系统, 它通过产生一系列字符串来构造图形或曲线。L 系统描述的对象, 最初主要是诸如藻类及原始生物等的简单形态, 后来才用

于生成树木。自 20 世纪 90 年代起, L 系统又被列入“人工生命”的研究范畴。

L 系统的基本构图原理是, 利用一个三元式, 表示所需构造的对象:

$$L = \langle G, W, P \rangle$$

其中, G 是一个字符集, 由“F”、“[”、“]”、“+”、“-”等字符组成, 它们是用来解释字符串的图形命令; W 是起始符号元, 用以确定字符串的起始状态, 并且 $W \in G$; P 是生成规则集。

最先组成的字符串 W , 即起始符号元, 其中的每个字符, 由生成规则集给出的字符串的替换规则进行字符的替代, 产生新一代的字符串。按照规定的循环次数, 重复这一替换过程并产生最后一代的字符串。

解释 L 系统输出字符的算法, 即产生图形的方法, 按照 G 中的字符命令进行。如规定字符“F”表示在当前方向向前走一步; “[”表示将系统的当前状态压栈保存; “]”表示将栈中状态弹出, 即恢复系统的原来状态; “+”表示顺时针转一给定角度; “-”表示逆时针转一给定角度。此外, 还要对 L 系统的起始状态、位置和方向作出定义。同时, 在构图时, 还要给出循环次数或递归深度。

2 L 系统的构图实例

根据 L 系统的构图原理, 利用 VB 语言编写了用来生成典型的分形曲线——Von Koch 曲线和 Peano-Hilbert 曲线以及由它们各自变化而来的艺术图案的两个程序。根据生成规则集, 由起始符号元和递归深度得到用来描述图形的字符串(链语言)。由字符串输出图形时, 按照以下规则:

设绘图时起始坐标为 (x_1, y_1) , 起始角度为 α_0 , 行走一步的步长为 L , 旋转角为 α , 行走一步的终点为 (x_1, y_1) , 则每当遇到字符串中的“+”时, $\alpha_0 = \alpha_0 + \alpha$; 遇到“-”时, $\alpha_0 = \alpha_0 - \alpha$; 遇到“F”时, $x_2 =$

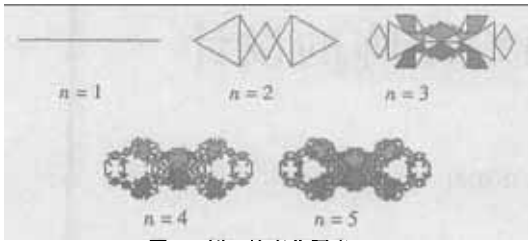


图6 例5的变化图案

2.2 Peano-Hilbert 曲线及其变化图案的生成

仍设: $L_2 = \langle G, W, P \rangle$

其中: 符号集 $G = \{F, +, -, X, Y\}$; 旋转角 $\alpha = 90^\circ$; 起始符号元 $W = X$; 生成规则集 $P = \{F \rightarrow F, X \rightarrow -YF + XFX + FY-, Y \rightarrow +XF - YFY - FX+, + \rightarrow +, - \rightarrow -\}$; 递归深度 n 。X 的生成元为“ $-F + F + F -$ ”, Y 的生成元为“ $+F - F - F +$ ”。由 L_2 产生的字符串如表 2 所示。产生的 Peano-Hilbert 曲线图形如图 7 所示。当递归深度达到一定程度后, 曲线即充满整个平面。

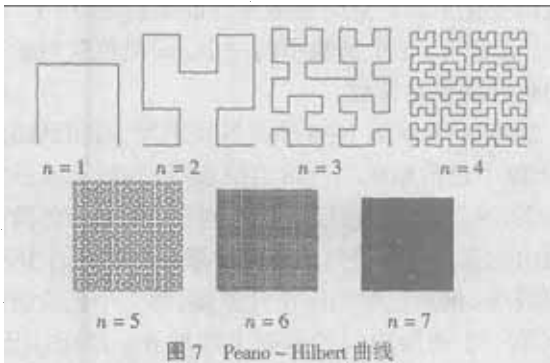


图7 Peano-Hilbert 曲线

表2 L_2 产生的 Peano-Hilbert 曲线字符串

递归深度 n	L_2 产生的字符串
1	X
2	- YF + XFX + FY -
3	- + XF - YFY - FX + F + - YF + XFX + FY - F - YF + XFX + FY - + F + XF - YFY - FX + -
.....

若改变绘图时的线宽, 而其余参数都不变, 则可得到不同效果的图形; 当线宽达到 15 以上时, 图形则变得与原始图形风格迥异; 若再加上采用随机颜色绘图, 则又可得到色彩变化非常微妙精细的变化效果, 如图 8 所示。

3 分形艺术图案在纺织品上的适用性

由以上两个程序产生的这些图形能适合不同用途的纺织品。如图 2 中的图案, 上下对称, 能产生严谨、端庄的装饰效果, 且具有铅垂感, 给人以平稳安定之感, 可用作装饰挂毯或艺术壁挂的基本图案; 图 3 中的图案平稳、匀称、完整, 外形轮廓精细, 而幅围

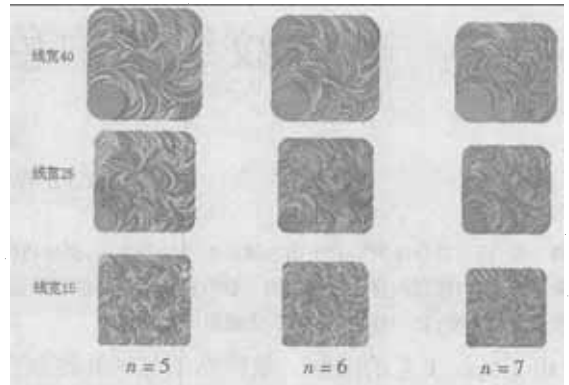


图8 Peano-Hilbert 曲线的变化图案

内有较大的空间, 可插入其他图案进行组合, 构成适合纹样, 用于地毯、床单、床罩、台布等, 给人以脚踏实地、四平八稳的感觉; 图 4 类似于窗花图案, 可用于装饰纺织品的边和角; 图 5 和图 6 中递归次数在 4 以上的这些图形, 都具有精细的线条结构, 适合用作电子提花织物的图案; 图 7 中 $n = 3 \sim 5$ 的图形, 具有平稳匀称的回纹形网状结构, 图形整齐而有变化, 产生很有规律的节奏感, 可用于机织、簇绒地毯, 而 $n = 6$ 以上的图形则可构成机织物中的满地花型; 图 8 中的图形因色彩结构非常精细, 而采用计算机分色又极其简单, 因此非常适合喷墨印花产品的图案, 而若用于提花机织物, 则可能更富立体感。上述两个程序通过改变参数, 还可生成各种其他风格的图形; 而 L 系统的图形生成方法又不仅仅是这两种, 由此可生成更加丰富多彩、变幻无穷的艺术图案, 用于各种家用纺织品。

4 结论

将分形图案的计算机生成实现参数化设计, 改变少量参数即可得到递归深度不同的相似图形, 使之从抽象的理论研究进入到实际设计应用中, 有利于推广分形技术的应用, 具有可观的实用价值。分形艺术图案变化无穷, 而参数化技术使得设计人员不必涉及深奥的数学知识和分形理论、计算机算法和程序, 只要掌握参数变化的规则, 对参数稍作改变, 即可得到风格迥然不同的图形。作为普通人, 也可创作出千姿百态、独具特色的艺术图案, 为纺织品的设计提供良好的基础。

参考文献

- 1 胡瑞安等. 分形的计算机图象及其应用. 北京: 中国铁道出版社, 1995.
- 2 齐东旭. 分形及其计算机生成. 北京: 科学出版社, 1994.