

DOI: 10.19333/j.mfkj.2018010221206

基于分形理论的横编提花织物设计与工艺研究

路丽莎 蒋高明 高梓越

(江南大学 教育部针织技术工程研究中心 江苏 无锡 214122)

摘要: 针对目前针织物的图案主要以简单的几何图案、卡通图案等为主的问题,根据分形理论,使用 C++ 语言编写了基于递归算法和逃逸时间算法生成的分形图案,采用电脑横机的花型设计软件对 2 类具有代表性的图案进行二次设计和提花程序的编制,并在电脑横机上进行实际编织,对织物组织性能进行对比分析。研究表明:基于递归算法和逃逸时间算法的分形图案二次设计后,可以通过多种组织形式应用于横编提花织物的设计;同一花型在相同的条件下通过不同的组织编织后,织物的正反面外观、厚度、密度、手感等都存在一定的差异。

关键词: 分形理论;分形图案;二次设计;提花程序

中图分类号: TS 181.8 文献标志码: A

Design and technology research of flat jacquard fabric based on fractal theory

LU Lisha, JIANG Gaoming, GAO Ziyue

(Engineering Research Center for Knitting Technology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: Pattern is the soul of knitted fabric design and appropriate patterns play a key role in the fabric. However, the current pattern of knitted fabric is mainly consisted of simple geometric pattern and cartoon pattern etc. To solve the problem, C++ language was applied to program fractal pattern based on recursive algorithm and escaping time algorithm according to the fractal theory, and two kinds of representative patterns were re-designed and the jacquard program was compiled in the pattern design software of computerized flat knitting machine. The fabric performance was compared and analyzed after the actual weaving. The results showed that the fractal pattern based on the recursive algorithm and the escape time algorithm can be applied to the design of flat jacquard fabric with different fabric texture after re-design. There are some differences among fabrics weaved through the different texture with same pattern in the same conditions, such as the positive and negative appearance, thickness, density, feel and so on.

Keywords: fractal theory; fractal design; re-design; jacquard program

分形理论是一种描述非常复杂但具有标度不变性系统的非线性科学理论^[1]。分形图案是根据一定的数学公式及算法由计算机编程产生出的图形,

属于数字化图形生成技术范畴^[2]。横编织物是指在平型纬编机上编织而成的织物^[3]。提花是按照花纹要求,有选择地在某些织针进行编织成圈而形成的带有花纹图案的组织,1 行有几种颜色称为几色提花^[4]。本文利用 C++ 语言,编写了基于递归算法和逃逸时间算法的分形图案,选用德国 Stoll 的 CMS530HP 型电脑横机的花型设计软件 M1Plus,编制了 2 种具有代表性的分形图案提花程序,并通过实际编织后对其织物性能进行比较分析。

1 分形理论及分形图案

分形理论是只有描述性而没有确切定义的一门

收稿日期: 2018-01-22

基金项目: 国家自然科学基金(61772238);江苏省产学研联合创新资金-前瞻性联合研究项目(BY2016022-09);国家工信部智能制造综合标准化与新模式应用项目子课题(工信部联装【2016】213号)

第一作者简介: 路丽莎, 博士生, 主要研究方向为横编针织物的设计与软件开发。通信作者: 蒋高明, E-mail: jgm@jiangnan.edu.cn.

学科,主要用来描述自然界复杂的、不光滑的几何体,不仅具有重要的理论意义,也具有广泛的应用价值^[5]。分形理论几乎渗透到了生活中的各个领域,诸如数学、天文学、艺术学等。分形图案是基于分形理论的数学与计算机相结合的产物,通过改变递归规律或改变数学公式中的参数,都可以生成大量优美的分形图案。递归规律、数学公式的无限性决定了分形图案的无限性。

通过计算机生成的分形图案主要特征^[5]包括:

- ①自相似性:是指局部图案无穷放大后仍然能与整个图案保持相似特点;
- ②不规则性:是指它的全部及部分都不可以用典型的几何语言来表达,它不能用符合一些条件的点的轨迹来实现;
- ③随机性:是指迭代的过程是随机的,因为即使是同一迭代规则,依据的数学公式不同所生成的图案也会有所不同;
- ④无穷嵌套性:是指随着递归次数的增加,图案会一直产生与整体类似的部分,并且具有很高的精度性。

2 横编织物提花程序设计

2.1 图案设计要点

针织物是由线圈相互串套而形成的,该组织结构决定了其图案设计要符合针织物图案颜色及图案形状相关特性:第一,图案颜色。提花织物的图案通过纱线的颜色来实现,在设计提花织物时,由于随着颜色数的增多,织物会变得越来越厚,因此提花织物的颜色一般限制在 4 种以内,超过 4 色将做印花处理^[6]。第二,图案形状。针织物不宜采用线状、琐碎的图案,而是要选择一些块、面状的图案。综上所述可知,分形图案不能直接用于横编织物设计,要对其颜色和形状进行有选择的删除和保留。

2.2 提花程序设计要点

提花程序设计分为花型设计和定义提花结构。花型设计按照横编织物图案设计要点设计即可。定义提花结构,就是要确定织物组织的组织类型,在定义时应特别注意以下 2 种提花组织:一是空气层提

花组织,由于空气层提花织物的花型中间可以分层,织物的边缘容易呈敞开状态,为避免这种情况,可以在织物的边缘设计鸟眼花型,即正反针相交,如图 1(a)所示;也可以在织物的边缘交互描绘颜色,如图 1(b)所示;还可以在纱嘴排列时交换设置纱嘴。二是单面提花组织,单面提花由于背面存在浮线,对花型大小有要求,常用于编织一些规则、色块分割较小的图案,而分形图案属于不规则且复杂的一类图案,因此仅适用于双面提花组织。

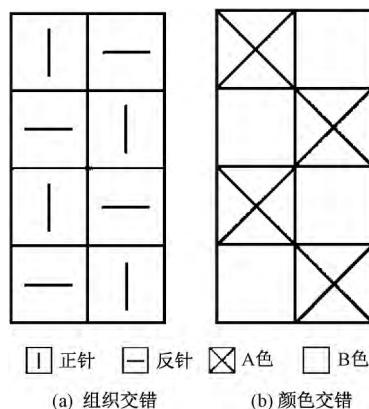


图 1 空气层织物边缘设计

3 分形图案横编织物性能研究

3.1 立体效果织物组织性能对比分析

织物的立体效果是指织物表面形成凹凸不平的效果,这种效果可通过翻针提花(也叫漏底提花)来实现^[7]。翻针提花的编织原理是翻针区域的色纱不再在前针床参加正常编织,而是由其他色纱的织针向后翻针在后针床编织,需要时再返回前针床进行编织,实际上是通过组织结构实现了色块分割^[8]。织物的翻针区域较其他区域薄,这样织物的表面就形成了正反线圈相间排列的立体效果。翻针工艺较复杂,适合于较规则的图案编织。以递归算法中的由面作为生成的分形图案为例,给定一基元 60°菱形,从第 2 次开始,每次以纵对角线比为 2:1 在其顶点处进行衍生,依次下去,形成的图案如图 2 所示。

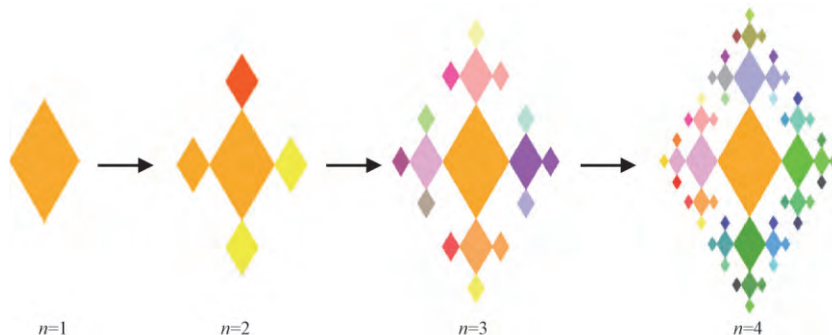


图 2 基于递归算法生成的分形图案

图2中, n 为递归的次数, $n = 1$ 时为初始基元, $n = 2$ 时为第1次递归后的图案, 依次类推, 当

$n = 4$ 时, 图案在 M1Plus 设计软件中的织物视图如图3所示。

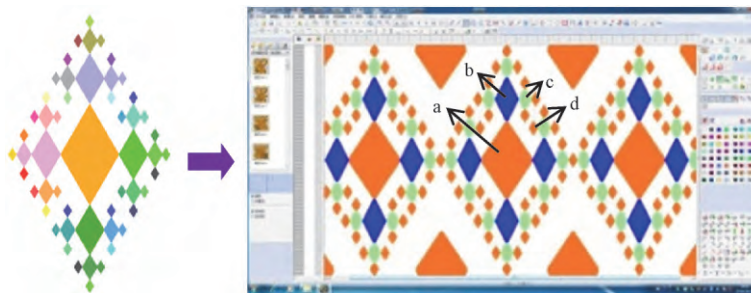
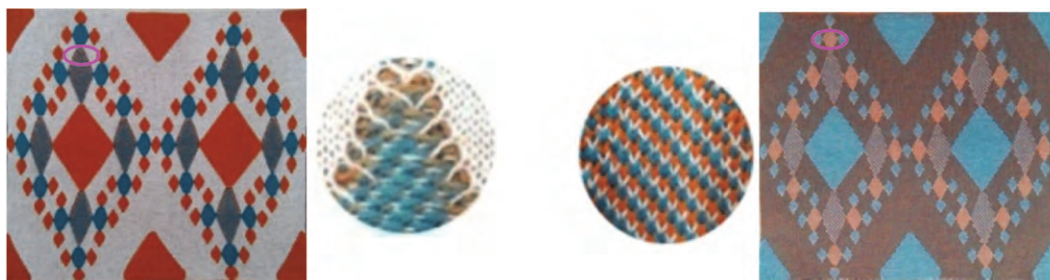


图3 基于递归算法生成的分形图案织物视图

3.1.1 空气层翻针提花

空气层翻针提花就是主体结构为空气层组织, 翻针区域的织针只在后针床进行1隔1编织^[8], 翻针提花的条件是每行至少有3种颜色, 但翻针的色纱区域可以任意选择。假设将 $n = 1$ 的初始基元图案命名为 a 区域, 依次衍生的图案命名为 b、c 和 d

区域编织, 这4种区域用4种不同颜色的纱线编织。将 b 区域作为翻针部分后, 整块织物只需3种色纱编织(见图3), b 区域通过其他色纱的反针线圈来表示, 且厚度比其他区域薄, 因此形成了具有凹凸效应的立体效果, 反面形成了清晰的花纹效果。空气层翻针提花实物图见图4。



(a) 织物正面

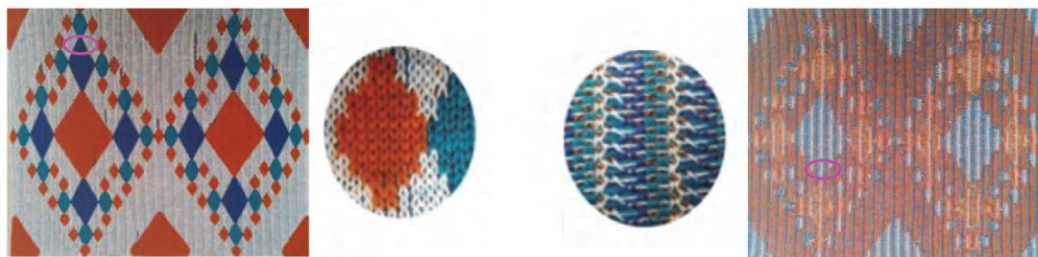
(b) 织物反面

图4 空气层翻针提花实物图

3.1.2 空气层1×1翻针提花

空气层1×1翻针提花与以上所述的差异比较大, 在定义好提花结构之后, 织物的纱线数不会减少, 依然为4种。织物的正反面有“纵条”效应, 反面尤为明显, 但花纹不是很清晰。

织物正面没有正反线圈相间排列而形成的立体效果, 反面有由“纵条”形成的凹凸纹理。在编织过程中对纱线的强力要求较高, 容易出现断纱现象。空气层1×1翻针提花实物图见图5。



(a) 织物正面

(b) 织物反面

图5 空气层1×1翻针提花实物图

3.1.3 2种组织性能对比分析

翻针提花的主要特点是可以形成立体效果, 比较上述2种翻针提花, 可以得出: 第一, 从织物的立体效果来看, 空气层翻针较空气层1×1翻针的立体效果明显; 第二, 从织物正面来看, 空气层与空气层

1×1翻针提花花型变形微小, 基本符合织物视图的设计状态; 第三, 从织物的反面来看, 空气层翻针织物反面有清晰的花纹, 空气层1×1翻针织物有较明显的花纹; 第四, 织物手感方面, 空气层翻针组织织物手感柔软, 而空气层1×1翻针织物手感较生硬;

第五, 织物厚度方面, 空气层 1×1 翻针织物的厚度次于空气层翻针织物; 第六, 织物弹性方面, 空气层翻针织物有良好的弹性, 而空气层 1×1 翻针织物几乎没有弹性。因此, 空气层翻针提花织物无论是立体感还是手感上都优于空气层 1×1 翻针提花, 具有一定的实用性。

3.2 平面效果织物组织性能对比分析

织物的平面效果是指整片织物的厚度均匀, 本文选择空气层提花及抽针组织进行编织, 以逃逸时间算法生成的牛顿迭代分形为例。逃逸时间算法是利用迭代法的画图方法, 假设 f 是一个变换 f 的 n 次迭代 f_n 为 $f_0(x) = x, f_1(x) = f(x), f_{n+1}(x) = f(f_n(x)) \quad n = 0, 1, \dots, [9-10]$ 。逃逸时间分形图案绘制步骤见图 6。



图 6 逃逸时间分形图案绘制步骤

抽针组织随着图案的颜色数的不同, 其抽针的形式也不同, 当织物为 2 色提花时, 抽针形式只有 3 种, 即线圈比例为 $1:1$ 的 1×1 (1 针编织 1 针空)、 1×2 (1 针编织 2 针空)、 1×3 (1 针编织 3 针空); 当织物为 4 色提花时, 有前后线圈比例分别为 $1:1$ 和 $2:3$ 的 1×1 、 1×2 、 1×3 6 种抽针形式, 在这 6 种组织中前后线圈比为 $1:1$ 的织物的浮线长度均为 1, 前后线圈比为 $2:3$ 的织物的线圈长度分别为 3、5、7。取 $f(x) = \tan x$ 时的分形图案, 在 M1Plus 软件中编制提花织物, 基于逃逸时间算法的牛顿迭代分形图案织物视图见图 7, 空气层及空气层抽针提花实物图见图 8。

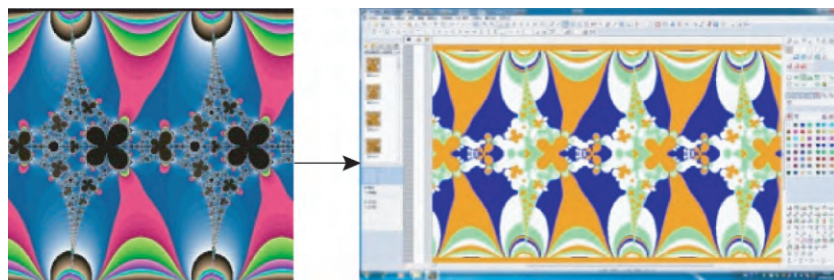


图 7 基于逃逸时间算法的牛顿迭代分形图案织物视图

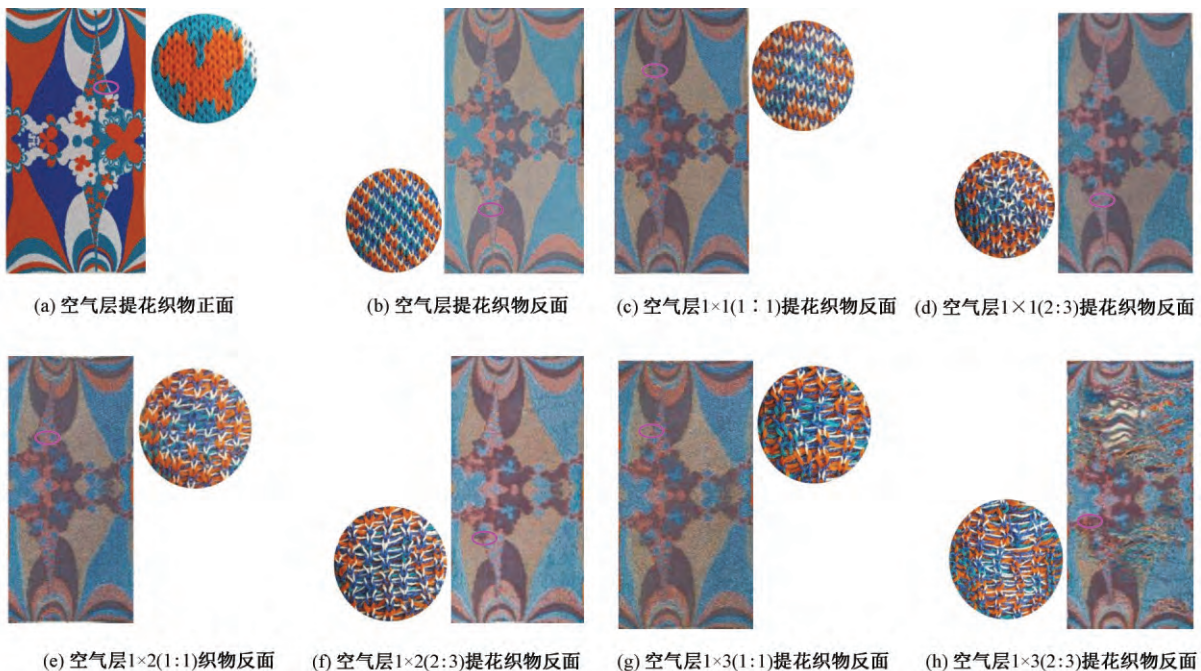


图 8 空气层及空气层抽针提花实物图

图 8 各织物组织都是在相同纱线、相同横机以及相同的编织速度下进行编织的, 通过比较分析得出: 第一, 从织物正面来看, 在色块分割处, 随着抽针次数的增加, 线圈的松弛现象比较明显, 但织物的花

纹效果、密度、手感与抽针前几乎没有变化, 也就是说仅从织物的正面看, 难以辨别出织物的组织结构。第二, 从织物厚度来看, 随着抽针次数的增加, 织物的厚度逐渐降低, 1×1 抽针组织织物的厚度变化不

是很大,从手感上难以区分。第三,从织物反面来看,随着抽针次数的增加,反面花纹的清晰度逐渐降低。但是线圈比为2:3的花纹清晰度要低于邻近的线圈比为1:1的花纹清晰度,即线圈比为2:3的 1×1 抽针组织的反面花纹清晰度低于线圈比为1:1的 1×1 抽针组织和线圈比为1:1的 1×2 抽针组织,但高于线圈比为1:1的 1×3 抽针组织;同理,线圈比为2:3的 1×2 抽针组织反面花纹清晰度低于线圈比为1:1的 1×2 抽针组织和线圈比为1:1的 1×3 抽针组织。第四,从织物的手感上看,随着抽针次数的增加,织物的柔软性逐渐降低,但是线圈比为1:1的织物柔软性要优于线圈比为2:3的织物,线圈比为2:3的织物手感较涩涩。第五,以织物的密度上看,随着抽针次数的增加,织物的密度逐渐降低,对应织物的疏松程度也在增加。第六,从织物的卷边性看,随着抽针次数的增加,织物的卷边现象越来越严重,且线圈比为2:3的织物卷边性比线圈比为1:1的卷边性明显。第七,从织物的成圈性来看,随着抽针次数和线圈比例的增加,对纱线的张力要求越来越高,在编织过程中容易出现断纱的现象,对于线圈比为2:3的 1×3 抽针组织,几乎不能成圈,即不能形成完整的花型。

综合以上分析,由于4色空气层反面提花织物很厚, 1×1 抽针之后,厚度变化不明显,且织物的密实性相对接近空气层组织,因此,从保暖的角度可以选空气层或空气层 1×1 抽针组织进行编织;从节约成本的角度,选择 1×2 或 1×3 抽针组织进行编织,可以在编织的过程中选择强力较大的纱线或稍微降低编织的速度以减少断纱的概率,但不建议采用前后线圈比为2:3的组织进行编织。

4 结束语

本文以分形理论为基础,利用C++语言编写了基于递归算法和逃逸时间算法的分形图案,借助Stoll电脑横机将选取的分形图案通过提花组织的形式应用于横编织物设计。并对各种类型的织物组织性能进行对比分析,得出每种分形图案在不同情况下最适合的编织形式。将纷繁复杂的分形图案应用在横编提花织物设计上,为织物提供了新的设计灵感和方法。

参考文献:

- [1] 张开元, 娄佰信, 黄敏. 分形理论在地球物理中的应用[J]. 中国西部科技, 2014(1): 6-7.
- [2] 冯勇进. 分形理论及其在多孔介质和纳米流体热导率上的应用[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- [3] 杨荣贤. 横机羊毛衫生产工艺设计[M]. 2版. 北京: 中国纺织出版社, 2008: 168-237.
- [4] 蒋高明. 针织学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2012: 76-82.
- [5] 吴运兵. 分形理论在计算机图形设计中的研究与应用[D]. 西安: 西安科技大学, 2004: 21-32.
- [6] 路丽莎, 宋晓霞. 分形图案在电脑提花针织面料上的应用[J]. 丝绸, 2017, 54(2): 25-29.
- [7] 宋广礼, 蒋高明. 针织物组织与产品设计[M]. 2版. 北京: 中国纺织出版社, 2008: 14-20.
- [8] 姜晓慧, 王智. 电脑横机花型设计实用手册[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2014: 62-105.
- [9] 于超. 基于分形的艺术图案生成方法的研究与应用[D]. 济南: 山东师范大学, 2007.
- [10] 帅昌浩. 基于分形理论的图形设计研究与应用[D]. 西安: 西安科技大学, 2008.