

分形艺术视角下的德罗斯特效应研究

吴卫¹, 顾彦力²

(1.湖南师范大学, 长沙 410012; 2.湖南工业大学, 株洲 412007)

摘要: **目的** 研究德罗斯特效应中的分形艺术原理, 掌握德罗斯特效应图像的设计制作方法。**方法** 从分析分形艺术原理入手, 通过数理原型、构成法则和美学特征3个方面, 在分形艺术视角下展开对德罗斯特效应的全面研究, 总结德罗斯特效应图像“回”形范式与“海螺”形范式的共通性与区别, 并应用Photoshop和GIMP软件制作范式图像。**结论** 德罗斯特效应图像的两种范式都具备相似的“镜中镜”特征或者“三维螺旋线”数理原型特征; 在构成上, 其自相似性和可无限缩放的特性属于分形艺术的范畴; 图像的视觉特效给人们带来了新的情感体验与审美感受, 并有助于提高人们的平面设计水平。

关键词: 分形艺术; 德罗斯特效应; 数理原型; 构成法则; 美学特征

中图分类号: J51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)12-0092-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.12.016

Analysis of Droste Effect from Perspective of Fractal Art

WU Wei¹, GU Yan-li²

(1.Hunan Normal University, Changsha 410012, China; 2.Hunan University of Technology, Zhuzhou, 412007, China)

ABSTRACT: It aims to explore and understand the principle of fractal art in the Droste effect and master the design and manufacture method of Droste effect image. Starting with the analysis of the fractal art principle, the Droste effect was studied from the three aspects: mathematical prototype, composition rules and aesthetic characteristics from the perspective of fractal art to sum up similarities and differences between the two paradigms of the Droste effect image -- the "Hui" shape and the "conch" shape. Photoshop and GIMP software were used to make paradigms. Droste effect images had similar "mirror in mirror" features or "three-dimensional spiral" mathematical prototype features. In composition, both of them have the characteristics of self-similarity and infinite scaling and belong to the category of fractal art. Their visual effects bring people new emotional experience and aesthetic feeling and help to improve the level of people's graphic design.

KEY WORDS: fractal art; Droste effect; mathematical prototype; constitution law; aesthetic characteristics

在设计艺术学科不断完善, 计算机图形学不断成熟以及数据可视化技术迅猛发展的今天, 视觉特效的广泛应用已经成为一种常态, 它被普遍运用于产品外观、平面广告、服饰设计乃至影视制作等领域。那些视觉效果强烈、形式感突出以及信息认知完善的设计作品已成为当今设计界的主流, 更受到人们的钟情和关注。德罗斯特效应, 见图1, 作为众多视觉特效之一, 在各类设计艺术领域中被普遍采用, 给人们带来良好的感官体验。本文从分形艺术视角出发, 通过数理原型、构成法则和美学特征3方面, 阐释德罗斯特效应的图形来源与形成过程, 并探究如何用软件完



图1 德罗斯特效应魔镜
Fig.1 Witch mirror of Droste effect

收稿日期: 2019-01-19

作者简介: 吴卫(1967—), 男, 湖南人, 博士, 湖南师范大学教授, 主要研究方向为设计学。

成德罗斯特效应图像的电脑制作方法,为其在具体案例设计方面提供理论依据和技术支撑。

1 何谓分形艺术

物体局部以某种形式与其自身相似的自相似形状叫做分形。如一棵苍天大树与它自身的树枝及树枝上的枝杈,在形状上没什么太大的区别,大树与树枝这种关系在几何形状上称之为自相似关系^[1],类似的还有形态各异的雪花粒、蜿蜒曲折的海岸线等等。“分形”本是数学领域中的专用术语,最早由哈佛大学数学系教授曼德勃罗特率先提出,他运用几何学原理阐释了分形,并于 1977 年出版了学术著作《分形:形态、偶然性和维数》为分形现象的研究奠定了理论基础^[2]。分形艺术是分形理论的一个分支,其理论主要综合了现代艺术学、图形学、数学尤其是几何学的研究,同时也融入了其他学科的知识,并应用于现代设计之中。从事物发展的层面来说,一方面,数学的发展使得其他学科如图形学、仿生学等不断出现,促使人们发展科学技术,深入探究自然现象;另一方面,哲学与美学的发展促成人们对自然中分形现象的奥妙进行探究,推动了分形艺术理念的传播。从事物的联系方面来说,各方面的作用又使得科学、艺术等互相影响,互相推动,产生了新的艺术形式与技术,特别是现代构成艺术的形成和摄影技术的运用,对现代设计产生了深远的影响。分形艺术正是在各种成果不断完善的时代条件下应运而生的,它不仅仅是一门艺术,更是一个研究领域,涉及到物理学、美学、几何学和图形学等多个方面的学科知识,体现了自然和数理、科学与艺术的统一。

分形艺术的一个重要特征就是着重强调事物中秩序与变化的结合,同时也提供了如何从无序中寻找有序的设计方法^[3]。在具体图形或纹样的设计过程中,分形艺术的应用方法一般是先研究自然中的各种现象,通过数学、物理或者其他科学原理找出它们的分形规律,从中提取分形元素并以艺术视角对其进行审美分析,并考虑如何将这些元素进行抽象和有秩序的重组,再运用计算机图形技术进行表现,从而形成新的富有内涵以及能给人们带来强大视觉冲击力的图形或者纹样。随着计算机图形技术的普及,简单的分形艺术图像可以用 Photoshop 或 AI 等作图软件进行表现,而复杂的分形艺术图像则要用计算机编程软件或者在 GIMP 图像处理程序软件上安装数学插件 Mathmap 等来表现效果,其原理则是数学中的递归算法与复平面上的螺旋线原理。通过计算机图形技术制作而成的分形艺术图像形状更加错综复杂、色彩更加绚丽多变,甚至可以超越人类常规的构图思维,在一定程度上也提高了人们的审美能力,为人们增添更多的艺术情趣^[4]。

2 德罗斯特效应图像中的分形艺术

德罗斯特效应是一种视觉特效,其名称最早来源于荷兰的一家可可粉生产厂家“多利是”。1904 年,该厂家推出了可可粉品牌,包装上的图案格外引人注目,见图 2,该包装盒上的图案是一位女子用双手托着一个放有可可粉包装盒及杯子的托盘,而在托盘上的可可粉包装盒与杯子上,又能看到和外包装一模一样的图案。德罗斯特厂家用这种含有递归图像的包装盒来包装产品,给人们带来了一种奇特的视觉感受,从而吸引了众多消费者购买该产品^[5]。随着德罗斯特品牌知名度的不断提高,该包装盒的图案设计方式以及产生的视觉效果也为更多人所了解,从 20 世纪 70 年代开始,人们习惯把这类特征相似的图像称作德罗斯特效应图像。

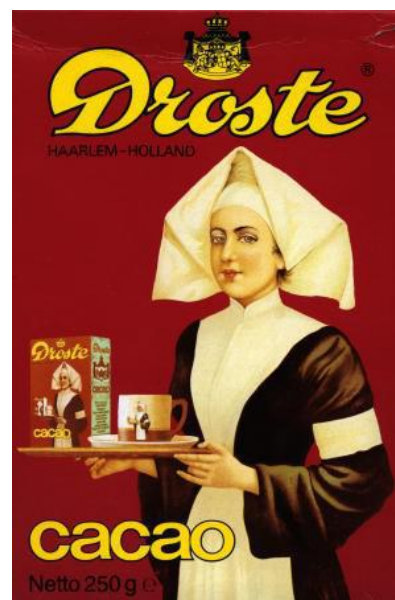


图 2 “多利是”可可粉包装图
Fig.2 Cocoa powder packaging of Droste

德罗斯特效应是一种递归模式,即在一幅图像中,某个局部图像与整体图像类似,而在这个局部中,又有更小的部分与这个局部类似,依次类推且可无限重复。所谓递归是一种数学算法,如果用通俗的语言表达,就是自己调用自身。如今计算机软件功能如此强大,只需要利用电脑就能制作出更丰富更复杂的德罗斯特效应图像,但制作图像的基本原理仍然不变,还是从自然和社会形态中提取元素,根据数学与物理原理在递归的基础上运用构成艺术对基本图像进行复制、变换和重组。此外,德罗斯特效应图像也可以通过摄影来完成。从德罗斯特效应图像的视觉特征来看,其特征与分形艺术图形的特征具有一致性,现从数理原型、构成法则与美学特征 3 方面,对德罗斯特效应图像进行分析,有助于理解分形艺术理论,提高审美意识和设计水平。

2.1 数理原型

德罗斯特效应图像经过发展和演变,根据其视觉特征的不同可以归纳为两种范式,第一种称为“回”形范式,因为其结构类似同心圆,见图3;第二种称为“海螺”形范式,因其结构是螺旋,见图4。这两种范式之间既有共通点又有区别之处,它们的共通点是运用递归算法来表现图像效果,区别之处是它们所包含的数理原型不完全一致。数理原型指图像设计过程中所应用到的数学、物理常识或者其他科学原理。若从物理学角度对第一种范式进行分析,则可以从该效果图中寻找出“镜中镜”的物理原型。所谓“镜中镜”是两块镜子镜面相对放置,可以在里面看到无数面镜子,原因是第一块平面镜在第二块平面镜中成一个“像”,



图3 “回”形——德罗斯特效应图像范式1
Fig.3 "Hui"shape-Type 1 of Droste effect

诚然,德罗斯特效应图像的一部分数理原型来源于物理常识,但更重要的一部分理念来自于数学尤其是数学中的几何学。从这个角度进行分析,如果第一种范式只是图像叠加的话,那么第二种范式便是图像的叠加与旋转的结合。在第一种范式中,对图像层层复制,并对每一层进行等比缩放且依次叠加,图像整体效果类似于数学中的同心矩形或者同心圆,富有节奏感。在数学领域中,等比缩放是一种数列规则,数列代表着严谨和秩序,将数列规则用于设计图形图像,可以使设计变得更加可控。第二种范式中,制作者将图像进行了旋转复制,这并不是简单的二维平面上的旋转,而是呈三维立体模式的旋转,形成一种有规律的空间结构,再看效果图中经过递归复制的每一个图像单元,并不是简单的呈等比例的线性形式缩小,而是呈梯形形态均匀缩小且带有一定程度的扭曲,并且图像单元之间均匀而紧密地连接着,附着在三维螺旋线结构上。因此,从图示效果的螺旋线形状来看,这种螺旋线应属于几何学中的等角螺旋线,也叫对数螺旋线,即曲线上任意点处的切向量与某一个给定的常向量之间夹角角度始终不变^[7]。等角螺旋线也是复平面上某些复数集合所表示的轨迹,而复数最直观的理解就是旋转。正是这种有规律的旋转图像让人们感觉到了杂乱中的秩序,静止中的动势。通过研究又可以从图像中发现理性的科学寓于感性的视觉

第二块平面镜在第一块平面镜中也成一个“像”,依次类推,无限重复,“镜中镜”增加了图像的纵深感与立体感^[6],图3的设计原型便来源于此。图中有两位圣诞老人共同抬着一面大镜子,抬着的镜子反射了对面镜子的影像,如此反复下去,变成了如图3所示的德罗斯特效应图像。如果对第二种范式进行分析,会发现除了与第一种范式具有相同的重复外,还多了一层螺旋线结构,该图像的设计原型来自于物理学知识中物体的圆周运动。当一质点围绕一光滑的半球面内边缘以一定初速度做圆周运动,由于质点受到自身重力以及半球壁对质点的支持力的作用,质点会逐渐做向心运动直到落到半球底部,质点运动的轨迹便是一种三维螺旋线,图4的数理原型便由此而来。



图4 “海螺”形——德罗斯特效应图像范式2
Fig.4 "Conch"shape-Type 2 of Droste effect

之中,因此将数理原型与平面设计相结合,则更能把握特效图形创作中的逻辑性与规范性。

2.2 构成法则

经过对德罗斯特效应图像数理原型的分析,可以发现它们具有共同的构成法则。

1) 所有德罗斯特效应图像具有自相似性。自相似是分形艺术的重要特点,分形一词的“分”是和整体的“整”相对应的,“分形”是“整形”的一部分,且把“分形”进行放大后,则会得到“整形”。自相似的现象来源于自然界,在生物界中也普遍存在,从生物学角度说,同一种群的生物往往具有自相似的特征,因为细胞分裂后所形成的新细胞与原细胞的结构形态相同,其复制的基因模式及遗传信息也相同^[8],这些都包含了递归的概念。由于德罗斯特效应的产生是以递归法则为基础的,因此被嵌套的图像经过放大后仍然与原图一样,无论它的形态、结构与成分有多复杂,均不会发生实质性的变化。在对图像进行递归及变化的过程中,有两种变换方式。第一种是用于递归的图像的每个方向的尺寸呈等比例变化,如范式1中的图像经过缩放、旋转,该图像和原来图像完全一致,这种变换方式称为相似变换。另一种是用于递归的图像在不同方向上的尺寸呈不等比例的变化,如范式2中的图像在整体上有一定程度的扭曲和变形,但被递归的图

像内部具体元素的数量、组合方式均未发生变化,这种变换方式称作仿射变换。图像通过这两种变化后依然和原图有相似性,从设计角度说,这体现了分形艺术图像近似构成与渐变构成的构成法则。

2) 所有德罗斯特效应图像都具有无限缩放的特性。所谓无限缩放,就是虽然缩放到最小后视觉上看不清楚,但其结构仍然是很清晰的,而无限缩放的特性也是分形艺术的重要特点之一。图像中,被用来递归的部分称为一个图像单元——基本形,它通过一定的路径进行无限复制,从而使得感性的基本形融入于无限的理性结构之中,可以无限地变换大小。虽然分形艺术的概念是在20世纪80年代才形成的,但早在1904年,瑞典数学家冯·科克提出了科克曲线,即一条直线通过无限细分并按等边三角形法则组合,最后形成具有复杂而精细的雪花曲线。而且德罗斯特可可粉品牌包装也是在同一年设计的。从这个意义来说,德罗斯特效应属于分形艺术的雏形。尽管德罗斯特效应有不同的结构和组合方式,但自相似与可无限缩放的特性仍然是其具备的基本特点。从设计角度来看,这体现了分形艺术图像重复构成与密集构成的构成法则。将德罗斯特效应的分形艺术理念与平面构成相结合,一方面可以加深理解图像的构成法则,另一方面能通过设计提高对分形艺术的认知。

2.3 美学特征

李泽厚曾说过,美作为感性与理性、形式与内容、真与善,合规律性与合目的性的统一,与人性一样,是人类历史的伟大成果^[9]。德罗斯特效应图像的数理原型、构成法则体现了它的理性美,一个基本形经过递归后使整幅图像给人带来一种别样的视觉感受,这是一种感性美。图像的自相似特点与可无限缩放的特性相得益彰,体现一种和谐美。理性与感性的结合,形式与内容的统一,形成了德罗斯特效应图像丰富的美学特征。其一,强调均衡与动态的结合,由分形艺术理论的重要支撑点之一是几何学,而一般几何图形往往具有对称均衡的特征。当然德罗斯特效应图像的对称并不是完全呆板的欧几里得对称,而是在对称的前提下寻求动势,对图像进行适当的变化,使图像具有一定的艺术特质。梁思成说,在艺术创作中往往有一个重复和变化的问题,只有重复而无变化,作品就必然单调枯燥,只有变化而无重复,就容易陷于散漫零乱^[10]。正是等比缩放和三维旋转变换等构图方式的引入,使设计的图像变得栩栩如生。其二,强调复杂与秩序的结合。由于德罗斯特图像的设计理念是以递归复制为前提的,所以整体图像往往非常复杂,但正是分形艺术具有自相似性,其图像按一定的有秩序的路径进行递归,使图像杂而不乱。因为图像的细节放大后就是图像本身,因此走近或者远离图像,或者以不同角度去观察图像,都会感受到图像变化的节奏感和韵律美。其三,强调平凡与奇异的结合。德罗斯特

效应图像的构成方式很平凡,是平面设计中常见的构成方式,但图像却能激起人们内心深处的惊奇与愉悦,原因同样是把自相似特性运用得恰到好处,而大自然中有许多奇异的美景和现象都体现了它们的自相似性,这也说明了设计元素和设计灵感都来源于自然。

德罗斯特效应图像错综复杂,变幻无穷,富有审美价值,这与分形艺术的丰富多变的美学特征也是一致的。这些图像既有科学理性的美,又有艺术感性的美,因而符合当今人们的艺术审美主流,在视觉特效上给人们带来强烈的审美体验。

3 德罗斯特效应图像的应用与制作

德罗斯特效应其实已经广泛应用于大众生活当中,比如《盗梦空间》中阿丽雅德妮所展示的镜子长廊,又比如《在我入睡前》的宣传海报,此外还有梵蒂冈博物馆的螺旋楼梯等,都是德罗斯特效应的具体应用。从分形艺术视角出发,能够对德罗斯特效应图像进行更全面的分析,进而充分理解其形成过程,然而在平面设计中,则更需要考虑德罗斯特效应图像的制作方法和实现方式。即通过计算机图形软件制作出类似效果。为了制作出规范的、准确的德罗斯特效应图像,可以采用 Photoshop 和装有 Mathmap 插件的 GIMP 软件进行德罗斯特效应图像的制作,根据不同形状的图片来制作该类图像的两种范式——“回”形范式与“海螺”形范式,使读者加深对分形艺术理论的认知。

世界上任何元素都可以作为制作德罗斯特效应图像的素材,以《芳华》剧照为例,首先在 Photoshop 中对该矩形图片进行重塑,为图片添加相框,并将图中用于递归的相框中间部分删除。为保证递归的图像的有序结合且图像不失真,根据等比缩放理论,挖空的相框应按照原矩形图片等比例缩小。德罗斯特效应图像不属于纯意义的平面图像,是一种由外向内的具有纵深视角的立体效果图像,因此需要将图片保存为 PNG 格式,以保证被递归的部分是真空的。然后将 PNG 格式图片用装有 Mathmap 插件的 GIMP 图形软件打开,并进入 Mathmap 参数面板,选择 Droste 面板进行参数调节。通过修改参数来观察图像的变化效果,经分析发现,对“strands”参数进行设置,可以得出“strands”等于0时,所得图像呈现“回”形范式效果,当“strands”为正数或者负数时,所得图像均呈现“海螺”形范式效果,见图5。

再寻找一张有圆形钟表的图片,重复《芳华》图片的制作步骤进行图像制作,但在制作 PNG 图片时需要增加一个步骤,即除了将圆形图像中间删除一个等比缩放的小圆形之外,还要将大圆图像外部的图像进行删除,然后用 Droste 命令进行参数调节,所得图像见图6,其效果与《芳华》图像制作效果类似。



图5 《芳华》德罗斯特效应制作图
Fig.5 Droste effect drawing of Youth

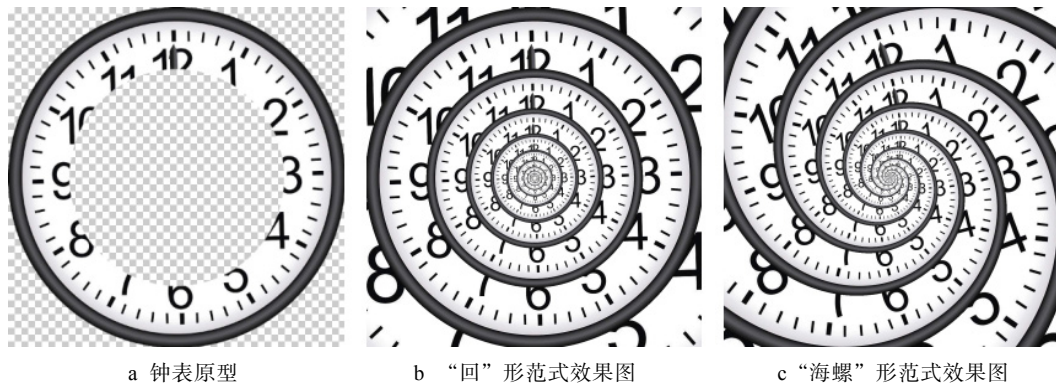


图6 钟表德罗斯特效应制作图
Fig.6 Droste effect Drawing of a clock

通过对两种范式的德罗斯特效应图像的制作与分析,不仅熟悉了用计算机软件制作德罗斯特效应图像的过程,同时加深了对分形艺术理论的理解,并且发现分形艺术视角下的德罗斯特效应具有如此丰富的奥秘。

4 结语

分形艺术是科学与艺术的融合,是数学与艺术在审美上的统一,目前还在不断地完善和发展中。事实上,分形在万事万物中都存在的,它发源于自然,形成于科学,集成于生活,包含了数学、几何、信息、艺术等多方面的理念。德罗斯特效应图像作为众多分形艺术图像的典型代表,它的视觉特效给人们带来了新的情感体验与审美感受,从设计上来说,它更为视觉传达领域注入了新的活力,因此了解分形艺术的理论体系、掌握德罗斯特效应图像的制作方法,可以在具体设计过程中更加注重科学、数学等理性要素,在设计中充分把握视觉效果、审美体验等感性要素,创作出更多更好的视觉特效图形。

参考文献:

- [1] 吴卫. 平面构成[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2010.
WU Wei. Plane Composition[M]. Beijing: Beijing Institute of Technology Press, 2010.
- [2] BENOIT B. Mandelbrot Form, Chance and Dimension[M]. San Francisco: Freeman, 1977.
- [3] 胡欣怡. 分形艺术的形式分析[J]. 艺术与设计, 2015(6): 124.
HU Xin-yi. The Form Analysis of Fractal Art[J]. Art and Design, 2015(6): 124.
- [4] 王家民. 分形艺术图形的审美价值及其设计应用[J]. 装饰, 2006(5): 114.
WANG Jia-min. The Aesthetic Value of Fractal Art and Its Application of Design[J]. Zhuangshi, 2006(5): 114.
- [5] 李晋尘. 参数化图形设计分析 [D]. 西安: 西安美术学院, 2014.
LI Jin-chen. Analysis of Parameterized Graphic Design[D]. Xi'an: Xi'an Academy of Fine Arts, 2014.
- [6] 崔晶. 塔尔科夫斯基电影“镜中镜”构图研究[J]. 北京电影学院学报, 2009(6): 76.
CUI Jing. Study on the Composition of "Mirror in Mirror" in Tarkovski's Film[J]. Journal of Beijing Film Academy, 2009(6): 76.
- [7] 富宇. 空间曲面等角螺旋线的几个例子[J]. 牡丹江大学学报, 2013, 22(5): 122.
FU Yu. Several Examples of The Isometric Helix of A Space Surface[J]. Journal of Mudanjiang University, 2013, 22(5): 122.
- [8] 卢杰, 王蔚蔚. 数学的分形与艺术的分形——分形几何及其在艺术设计中的应用[C]. 2007 国际工业设计会议, 2007.
LU JIE, WANG Wei-wei. Proceedings of the 2007 International Conference on Industrial Design[C]. The 2007 International Conference on Industrial Design, 2007.
- [9] 李泽厚. 美的历程[M]. 北京: 文物出版社, 1982.
LI Ze-hou. The Course of Beauty[M]. Beijing: Cultural Relics Publishing House, 1982.
- [10] 梁思成. 千篇一律与千变万化[J]. 北京规划建设, 2001(3): 10.
LIANG Si-cheng. Monotonous and Ever-changing[J]. Beijing Planning Review, 2001(3): 10.