

非洲分形之美 ——评《非洲分形：现代计算模拟与本土设计研究》

The Beauty of Fractals in Africa: Review of *African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design*

杨晓丹
Yang Xiaodan

摘要：《非洲分形：现代计算模拟与本土设计研究》一书以混沌分形学为主导理论，以图形分析和计算机模拟为技术支撑，全面、深刻地剖析了非洲部落中蕴藏的分形美学。文章介绍了该书的基本框架和主要内容，结合城乡规划方向，重点介绍了非洲聚落中的三种分形类型：聚落建筑中的矩形分形；聚落建筑中的圆形分形；聚落建筑中的枝状分形。通过列举隐藏于非洲聚落及日常生活等多方面、多层次的分形实例及图形分析，希望一方面为分形在建筑、聚落中的存在与体现提供有力佐证，另一方面希望为国内城乡聚落及建筑的分形研究提供多样的分析视角和简明创新的图形分析方法。

Abstract: Based mainly on chaos fractal theory, supported by graphical analysis and computer simulation, the book *African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design* has made a comprehensive and deep analysis on fractals in African indigenous designs. This paper introduces the framework and main contents of “African Fractals”, and makes an important part on the introduction of three forms of fractal settlements based on urban and rural study, which are rectangular fractals in settlement architecture, circular fractals in settlement architecture, and branching fractals. By listing fractal examples in African settlements, daily life and graphical analysis on them, it provides solid evidences for the existence of fractals in architecture and settlement, and hopefully provide diverse study perspectives, brief and creative analysis approaches on fractal study on urban and rural settlements and architectures.

关键词：混沌分形学；非洲聚落；图形分形研究；动态分形元

Keywords: Chaos Fractal; African Settlements;
Study on Graphical Fractal; Dynamic Seed Shape

国家自然科学基金“耦合于分形地貌的陕北能源富集区城镇空间形态适宜模式研究” (51278411)

当欧洲人第一次走进非洲时，他们眼中的非洲建筑是如此无序与粗犷。然而他们从未想过的是，也许非洲居民一直以来所使用的正是他们未曾发现的一种数学模式^{[1]①}。

——罗恩·埃格拉什 (Ron Eglash)

埃格拉什教授是任教于美国伦斯勒理工学院 (Rensselaer Polytechnic Institute) 的一位人种数学家 (ethno-mathematician)，致力于民族文化学和数学的交叉领域研究，早年已有多部关于非洲设计中的民族文化研究成果。1999 年出版的《非洲分形：现代计算模拟与本土设计研究》(*African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design*，下称《非洲分形》) 是一部以分形学视角全面、深刻剖析非洲部落的综合性研究著作。该著作以分形学为主导理论，以人类学、民族学、生物学、数学、宗教神学等多种交叉学科为研究视角，以图形分析与计算机模拟等为分析工具，从聚落、建筑、室内装饰、日常器具、服饰织物、发型，以及宗教仪式、民间传统等一系列与人居生活相关的物质及非物质层面，向我们构建并展示了一张渗透于非洲本土设计中的分形之网。

1 《非洲分形》的研究构架及内容

全书在结构上分为三大部分：导论 (Introduction)、非洲的分形数学 (African fractal mathematics) 和意指 (Implications)。导论部分主要是对分形几何的简介以及对非洲设计中的分形之美进行初步的展示分析；第二部分则以分形几何的基本特征为依据，结合大量实例对非洲设计中的分形美学从图形和数字两方面展开研究，该部分内容是全书的理论重心；最后，书中列举了几种关

作者：杨晓丹，西安建筑科技大学建筑学院，硕士研究生。1944550754@qq.com

① When Europeans first came to Africa, they considered the architecture very disorganized and thus primitive. It never occurred to them that the Africans might have been using a form of mathematics that they hadn't even discovered yet. (由于本书尚未出版中译本，文中部分引用或转译附注英文原文供读者参考，下同)

于非洲社会文化的理论框架，分析了非洲分形的政治性及社会性意义，并以分形在非洲现代艺术、现代建筑及数学教育中的已有应用及前景作为文集收束。

基于行文逻辑及该书对规划建筑学科的启示意义，下面将遵循原著的三大部分展开综述，但与文集的内容重心不同，本文将侧重导论中关于分形几何及聚落分形实例的内容介绍。

1.1 导论——简明分形几何介绍及非洲分形实例研究

导论部分包含分形几何简介 (Introduction to fractal geometry)、非洲聚落建筑分形 (Fractals in African settlement architecture)、跨文化比较下的分形研究 (Fractals in cross-cultural comparison)、设计中的意图与创造 (Intention and invention in design) 四个章节。从对城乡聚落及建筑分形研究的借鉴意义来看，分形几何简介和非洲聚落建筑分形是全书最具启发性的内容，因此也将作为以下展开的重要章节。

1.1.1 简明分形几何介绍

首章开篇以数字与文化的内在关联切入，从欧洲城市的网格模式与笛卡尔坐标系的内在关联，到中国艺术热衷的六边形与易经、针灸所谓“六气”的内在关联，说明形体与数字除了作为测量的通用法则外，也是一种用以表达特定社会意图的文化工具。同时，作者指出，人们对于社会文化的数学表达有无意识、下意识以及有意识之分，并将该现象喻为“从无意识到自意识的频谱” (spectrum from unintentional to self-conscious)。此后书中关于分形实例的列举及分析也按照这一频谱顺次展开。

简要说明数字与文化的关联之后，作者通过对“康托尔集” (Cantor set) 到“科克曲线” (Koch curve) 以及“科克曲线变异体” (Koch curve variations)，再到曼德布罗 (Mandelbrot) 的海岸线测量，对分形的基本概念及特征进行了概括性介绍及总结。

“康托尔集” (图1) 是乔治·康托尔 (Georg Cantor) 早在 1877 年绘制的首个人工分形图形。它的形成是通过不断

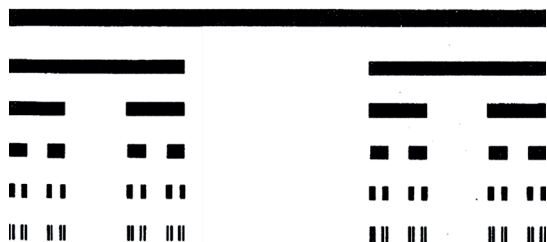


图1 康托尔集

裁剪掉一条线段的中间三分之一段而得到长度越来越短但数量越来越多的子线段，这种不断生成的环路规则被称为“递归” (recursion)，依照这种生成法则，一条有限的线段似乎可以被无限地细分下去。这正反映了康托尔最初的创造意图，即通过这种图形绘制尝试达到一种对于无限性 (infinity) 的全新解读。

与“康托尔集”的生成方式相反，1904 年诞生的“科克曲线”则是通过不断凸起一条线段的中间三分之一并进行推褶而成 (图2)。此外，黑尔格·冯·科克 (Helge von Koch) 依照类似方法绘制了更多的分形图形，即“科克曲线变异体” (图3)。这些分形图形从直观上反映了“无限性”与“自相似”的特征，即按照某一生成法则可以无限循环，且生成图形的局部与局部、局部与整体高度相似。

以上有关分形的尝试始终停留在理论抽象层面，1924 年曼德布罗进行的海岸线测量则被埃格拉什教授称为“从概念向应用的重要一跃” (the conceptual leap to practical application) [1][2]。曼德布罗特通过不断变换测量工具的尺度大小得到不断增长的海岸线长度，由此推测海岸线是一种是介于一维直线和二维平面之间的图形，并首次提出“分形” (fractal) 概念描述此类图形。自此，分形理论及其应用逐渐成为“创造新技术的强有力工具以及分析自然世界的革命性手段” [1][15]。

通过以上分形图形的通览，导论最后总结了分形几何的五大特征：递归、尺度 (scaling)、自相似 (self-similarity)、无限性和分维值 (fractal dimension)。“递归”主要指图形生

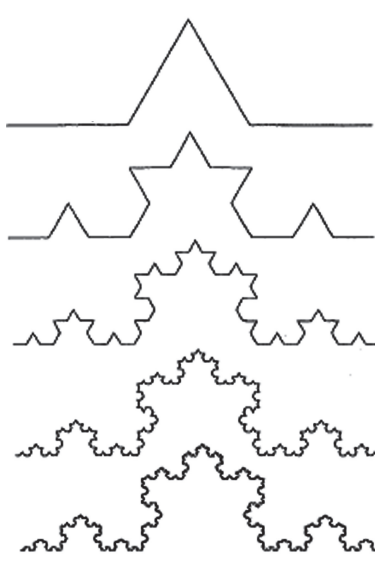


图2 科克曲线

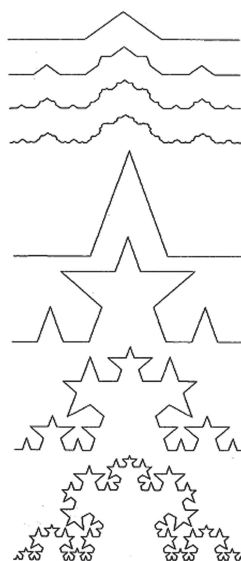


图3 科克曲线变异体

① one of the most powerful tools for the creation of new technologies as well as a revolutionary approach to the analysis of the natural world

成所遵循的迭代法则是一种理论上可以不断循环的环路 (a loop), 这样, 上一个尺度层级生成的“子图形”将成为下一层级继续迭代的“母图形”。“尺度”则是促使分形几何得以高效模拟的一种特性, 具有尺度性的图形意为该图形在不同尺度上具有相似的图式, 微小局部图形放大后与整体图形类似。“自相似”是判定图形分形的重要属性之一, 包括科克曲线这类严密绘制下的人工分形图形所体现的“精确自相似”(exact self-similar) 和海岸线这类存有随机偏差的自然分形图形所体现的“统计学意义的自相似”(statistical self-similar)。后者对于包含人工因素的城乡聚落及建筑的分形研究具有重要意义, 避免了用抽象理论下的绝对自相似作为判别分形的标准。在对“无限性”的解释中, 作者从数学角度出发, 认为理论上的无限循环有助于将分形与维度意义联系起来进行理解。最后, “分维值”作为唯一的数据特征, 以非整数来描述分形图形在一维直线与二维平面之间所处的维度状态。

1.1.2 非洲分形实例研究

基于第一章对分形特征的介绍, 第二章选取了三种典型分形聚落进行研究及分析: (1) 聚落建筑中的矩形分形; (2) 聚落建筑中的圆形分形; (3) 聚落建筑中的枝状分形。针对这三种聚落, 埃格拉什教授的团队借助计算机分别对其鸟瞰平面进行了图形模拟, 通过分析得出不同聚落的分形元 (seed shape) 及分形迭代过程, 并从社会学、宗教学、人类学等角度出发, 对一些聚落的分形特征进行深层剖析。

(1) 聚落建筑中的矩形分形

喀麦隆北部的城市洛贡 - 比尔尼 (Logone-Birni) 建于距今上百年前, 是由当地黏土建造的巨构矩形建筑复合体组合而成, 其中位于中心的最大复合体是首领的官邸, 反映了社会等级的空间秩序化 (图 4)。这些建筑复合体的建筑法则在当地被称为“建筑增殖” (architecture by accretion), 即在原有矩形复合体之外不断增加新的矩形围合物, 以此类推层层包裹, 从而形成了层叠不穷的矩形嵌套式聚落形态。

根据前述分形特征, 该聚落表现出了明显的尺度性与自相似性。从其对应的计算机模拟迭代过程和分形元可以看出 (图 5), 不同于科克曲线的静态不变性分形元, 该聚落的分形元图形是由主动线 (active lines) 与被动线 (passive lines) 构成的动态组合式分形元。这种分形元在迭代过程中, 当前尺度层级的主动线将被下一层级的完整分形元图形替换, 而当前尺度层级的被动线则保持不变。

另一例矩形分形的聚落位于靠近尼日利亚边界的巴米累克 (Bamileke) 地区 (图 6)。这里的聚落建筑分形与亲缘、政治、防御等无甚渊源, 而主要受农业生产的影响。该地区

气候、土壤及植物物种等自然条件优良, 因此农业种植成为主要生产活动。由于这种劳动密集型活动要求空间集聚, 因此当地人将玉米、坚果等农作物种植地围绕住宅圈层式展开, 并用当地的竹子制成统一构筑物来建造屋舍及围护体。同时, 考虑到农业生产对活动性围护的需求, 当地人从大聚落到小住所的各个尺度层级都保留了适宜大小的开口, 这也是该聚落分形图形除矩形以外的重要特征之一。

(2) 聚落建筑中的圆形分形

位于南赞比亚的巴依拉村庄 (Ba-ila settlement) 是一个典型的圆形分形聚落 (图 7)。该聚落有着环状的家畜围栏和相对应的家庭居所, 模拟该聚落生成的迭代过程图清晰地展示了围栏与居所的围合关系 (图 8)。每一个围栏靠近末端的地方是对应的家庭住所, 前端是供家畜进出的入口, 这一点在图 8 的第一个分形元图形中有明确表达。此外, 通过观察各个迭代阶段图形中由围栏及其住所组成的单元体尺寸可见, 从围栏的入口前端到对应末端排列的单元体呈现明显的由小及大的梯度特征。造成这种特征的原因在于, 围栏前端



图4 洛贡 - 比尔尼航拍图

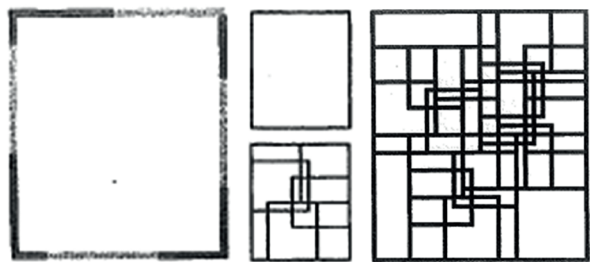


图5 首领官邸分形元及迭代模拟

供家畜使用，末端用于家庭居住，因此前端的环境条件标准较低，越向末端标准越高，空间的尺寸大小便是反映这种标准的要素之一。

在该聚落内部末端有一个与整体环状聚落分离的住宅集合，犹如嵌套在大聚落内的小聚落，该住宅集合属于首领家族。在首领家族住宅集合内由又嵌套着一个最大的住宅，即首领住所。这种层层嵌套的图式正是该聚落的核心分形特征。

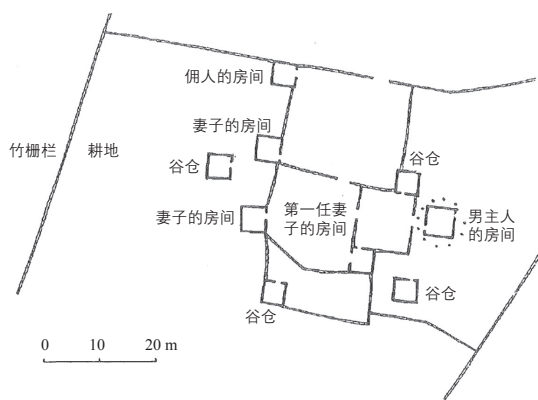
在对巴依拉村庄分形的进一步探究中，埃格拉什教授注意到，首领家族住宅集合在整个聚落中的位置与各个单体住宅中圣坛所在位置恰好吻合，反映在分形元图形中正是环形内部的直线段。因此，从逻辑学的角度解释，首领之于整个聚落而言有着类似圣坛一样的社会及宗教地位。这种解释在某种程度上也体现了功能角色在不同尺度层级中的递归（recurring），可见对于某些非洲聚落而言，分形不仅存在于空间形态中，也反映在社会结构和功能角色中。本书中类似的社会学、宗教学以及人类学分析不胜枚举，正是这种对于空间形态之外的深层机制剖析为我们理解人居聚落提供了更有价值的考量。

(3) 聚落建筑中的枝状分形

虽然非洲的聚落建筑基本都以环状成簇分布，但联系其间的路径往往并非环状，而是显现出一定的枝状分形特征。

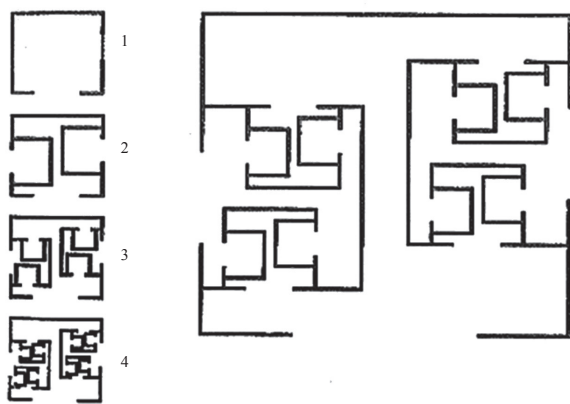
位于喀麦隆的巴尼奥（Banyo）是一座至今仍保留有少量代表文化记忆的圆形建筑的城市。埃格拉什教授在当地一位检查员的带领下找到了这座城市中最具有分形特征的片区（图9）。虽然图中部分地区反映出欧几里得式的网格特征，但大多数区域仍有分形特点。该地区内建筑道路之间的位置关系就呈现出明显的分支辐射特征，即围绕回教君主宫邸与清真寺形成一个大中心广场，以广场为中心向周围成角状散开道路。根据这种特征，埃格拉什教授通过数位转化照片绘制出了该地区的路径地图（图10）。该地图使路径轮廓得以凸显，更直观地反映出一种类似叶脉的分形结构特征。

为了解释这种分形结果背后的社会学意义，埃格拉什教授又以开罗为例，通过绘制建筑与道路的图底关系，模拟出其枝状分形的迭代过程（图11）。开罗的分形元图形则是由一条宽阔大街连接两端的清真寺与市场抽象而来。可见，某种程度上，清真寺在巴尼奥与开罗的分形形态中起主导作用。



a 巴米累克聚落平面（1960年）

图6 巴米累克聚落及其分形模拟



b 平面模拟迭代过程

c 第四代迭代放大图



图7 巴依拉村庄航拍图

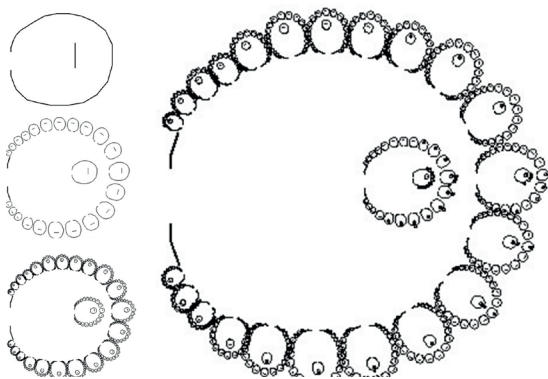


图8 巴依拉村庄分形迭代图形模拟过程

由此也可得出,伊斯兰宗教文化对于非洲分形聚落的生成具有重要的社会影响力。

1.2 非洲的分形数学——分形五大特征下的实例研究

埃格拉什教授认为,尺度和自相似是对分形图形的描述性特征,因此对于非洲设计的分形研究应从这两个特征的判断开始,一旦确定分形,下一步就要探究该设计是否属于对分形的有意识应用,并且对设计中的其他三个分形特征进行提取。第二部分对于非洲实例的分形研究正是基于这一前提展开的。

以古埃及的神庙平面为例,埃格拉什教授结合斐波那契数列^①,以图形和简单的数字分析展示了存在于神庙平面中的分形特征(图12)。巴达维(Badawy)于1965年进行的一系列复杂的分析研究发现了隐藏于古埃及神庙中的斐波那契数列,埃格拉什教授则将其研究过程简化调整后再现。首

先,埃格拉什教授通过分析斐波那契数列的数学逻辑得出其生成法则 $N_{i+1}=N_i+N_{i-1}$ 。接下来,他将神庙平面中的厅室涂为灰色色块,由此可以清楚看到,自上而下随着路径的变化,不同空间单元中的神庙厅室数量呈现逐次递增的规律,其数量恰好满足 $N_{i+1}=N_i+N_{i-1}$ (N 代表顺次而下的空间单元)的迭代法则。可见,古埃及神庙的厅室平面隐藏着一种数量上的迭代关系。对当时的建造者而言,这很可能是一种数学无意识的设计行为,也可能是对于权力空间的限定与氛围渲染,然而不可否认,这种特定的审美和设计法暗合了分形美学的特征。

反映分形迭代特征的另一个实例是非洲的一种象牙雕刻(图13)。通过对设计图形的几何分析可以看出,雕刻中每一个人头所在的方形在总体上具有尺度迭代关系:上一级方形被平分后的边长恰好被作为下一级方形的边长。同时书中还指出,象牙雕刻设计中暗含的方形迭代可以无限继续,这

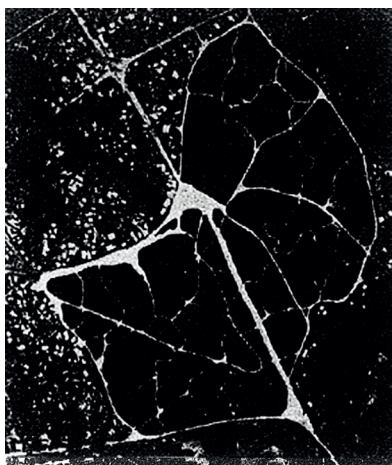


图9 巴尼奥航拍图

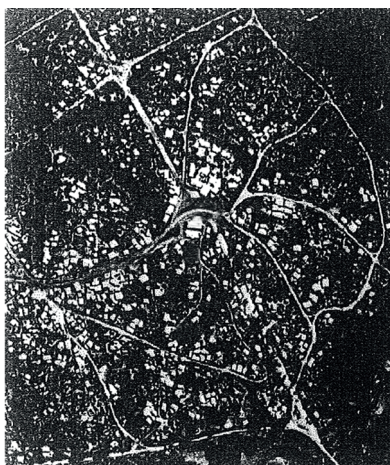
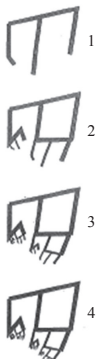


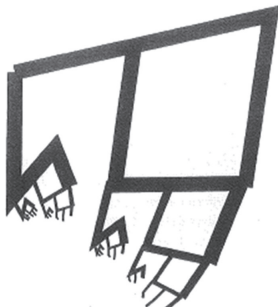
图10 巴尼奥公共路径地图



a 开罗街道平面图(1898年)



b 街道平面分形模拟



c 第四代迭代放大图

图11 开罗街道平面及分形模拟

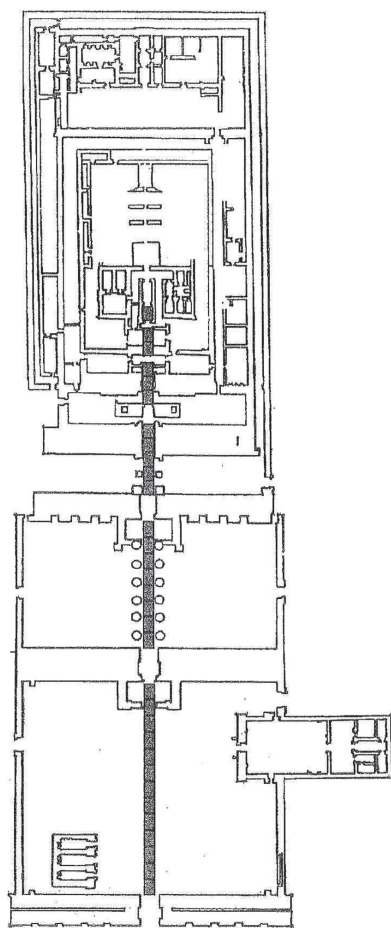


图12 古埃及神庙中的斐波那契数列

① 又称黄金分割数列,指的是这样一个数列:0、1、1、2、3、5、8、13、21、……在数学上,斐波纳契数列以如下被以递归的方法定义: $F(0)=0$, $F(1)=1$, $F(n)=F(n-1)+F(n-2)$ ($n \geq 2$, $n \in \mathbb{N}^*$)。——编者注

又反映了分形五大特征中的无限性。

在对分形自适应尺度的说明中，一种非洲经典发型“约鲁巴发型”（Yoruba hairstyle）被用作分析实例，其最大的特征在于通过发辫的尺度变化来适应人体头部的非线性轮廓。书中选取中间的发辫进行图形抽象绘制，并提取了分形元（图14）。

类似的非洲实例分析在本书中不胜枚举，基本都以图形抽象的手法，从民族文化学、宗教学、生物学等视角展开深入剖析和解释。大量的非洲实例不仅使得本书的分形研究具有很强的说服力，而且更加坚定了我们研究国内本土聚落设计中分形美学的信心。

1.3 意指——非洲分形的未来指向

作为内涵延伸的第三部分并不在于某种特定结论的得出，而是结合几种关于非洲设计及文化研究的理论进行评述，并由此转向分形在非洲设计中的政治性和社会性意义。最后一章展示了分形在非洲现代艺术及现代建筑设计中的应用实例，如塞内加尔艺术家马克斯（Max）设计的具有递归特征的科拉琴（kora）（图15），建筑师戴维·休斯（David

Hughes）及其学生亚历克斯·尼杨古拉（Alex Nyangula）以六边形迭代生成的基特韦社区诊所（Kitwe community clinic）（图16，图17）。最后，文中将分形应用上升至非洲乃至西方在政治体制、男女平等、生态环境、性取向公正、民族融合等多个层面，强调了分形中的自组织（self-organization）、自下而上（bottom-up）以及尺度等要素在处理以上问题中的关键性作用。

书末，埃格拉什教授总结道：“理论发展中的视角转换既不需因保守而回归过去，也不必如外星人入侵般发生认识论层面的根本性转变。非洲的分形研究为我们提供了一种根植于本土文化同时吸收多样交叉理论的研究框架”^① [1]230。

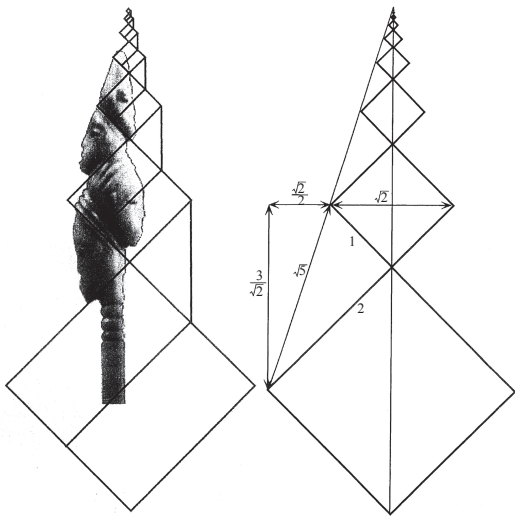


图13 象牙雕刻中的几何分析

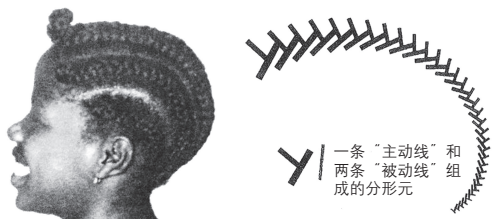


图14 非洲小孩的约鲁巴发型及其分形模拟图

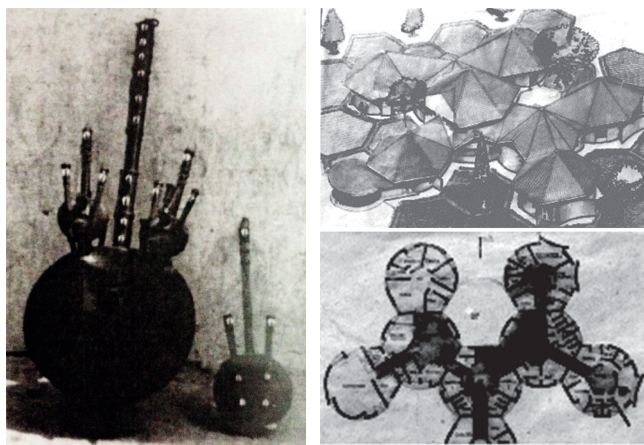


图15 具有递归特征的科拉琴

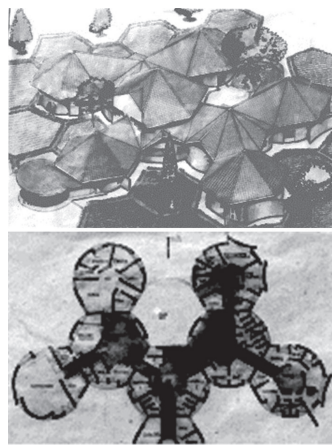


图16 基特韦社区诊所设计

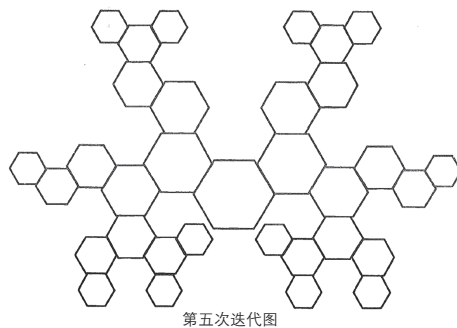
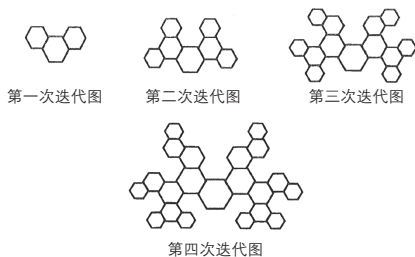


图17 社区诊所平面的分形迭代

① My point is, rather, that the shift in perspective often called for in development need not be either conservation return to the past, nor the epistemological equivalent of an alien invasion. African fractals offers a framework that is both rooted in indigenous cultures and cross-pollinates with new hybrids.

2 关于本书的评价

《非洲分形》作为一部以人种—数学交叉文化视角剖析非洲传统聚落的著作，在研究视角、研究内容上交叉综合，在分形研究方法以及分形元提取方面多有创新。

2.1 综合的研究视角

《非洲分形》一书在分形学的基础上，引入了人类学、民族学、生物学、数学、宗教神学等多个学科，是一部理论基础极广、研究视角多样的综合著作。这种综合的视角对于人居环境研究具有相互支撑与修正的重要意义，尤其对某些特殊空间形态、仪式风俗等形成原因的深入剖析，人类学、民族学及宗教神学等往往会带来意想不到的研究结论。

该书启迪我们在进行人居环境领域的空间研究时应跳出城市建筑学的单一视角。就人类而言，空间表现往往是其对于某种特定历史时期、社会文化、气候、信仰等的符号反映，这一点在阿摩斯·拉普卜特（Amos Rapoport）教授的《宅形与文化》中也明确提出并以实例佐证^[2]。

2.2 广泛的研究内容

从研究内容上看，该书几乎囊括了非洲设计的方方面面：聚落、建筑、装饰、器具、织物、仪式、占卜、游戏、发型等等，不一而足。这些实例囊括了不同的空间尺度，包含了物质和非物质等多个层面，总之与非洲人居和日常生活息息相关。如果以分形的视角看待本书的研究实例，似乎可以认为这些研究实例本身也具有尺度不断变化的分形特征。这种不同尺度层面的实例分析启发我们，即使研究城乡聚落分形也要看到微观至室内装饰的分形所在，须知一种文化或模式的应用是渗透在各个层面的。

2.3 简明的分析方法

有关分形在城市及建筑中的分析应用研究成果颇丰。目前国内外在分形研究方法上侧重于借助计算机模型和数理公式对城市进行用地分布、空间结构等的抽象模拟，以及对城市用地、城市边界及建筑平立面进行分维值测算。代表性的有巴蒂（Batty）和朗利（Longley）^[3-5]研究伦敦、卡迪夫等多个城市时采用的离散选择模型（Discrete Choice Model）、受限扩散凝聚（DLA: Diffusion-Limited Aggregation）模型^[6]、中点替代法（Midpoint Displacement）、标准多项式分对数法（Standard Multinomial Logit Method）以及线性回归拟合，怀

特（White）和恩格伦（Engelen）^[7,8]模拟城市用地分形采用的元胞自动机（CA: Cellular Automata）^[6]，卡尔·博维尔（Carl Bovill）计算建筑分维采用的盒维数法（box-counting method）^[9]，刘明华和陈彦光^[10]、姜世国和周一星^[11]等研究城市用地及城镇体系采用的网格法、半径法等。此外，一些学者也探索了具体形态的分形研究方法，如冒亚龙和雷春浓^[12,13]、扬妮克·茹瓦（Yannick Joye）^[14]在建筑分形研究中采用的图形自相似分析、等级尺度测量等。

相较上述研究，《非洲分形》力求以简明的几何分析和直观的图形抽象方法来介绍分形及其在非洲设计中的体现。如埃格拉什教授在开篇所言：“本书意在让完全没有数学背景的读者也能了解分形几何，并为其展示这种几何图形、计算及理论在非洲文化中的具体体现”^{① [13]}。

如前所列实例分析，《非洲分形》主要以图形抽象模拟研究对象进行分形验证并提取“分形元”。这种直观的图形分析法仅在国内单体建筑及园林分形研究中略有初探。此外，即使书中以数学公式解释分形实例的部分，也多为复杂程度远低于幂律函数、线性回归拟合等简明易懂的基本数学方程。从这两个方面而言，本书为分形理论的研究和展示提供了一种简明的分析和表达方法，在一定程度上打破了学科壁垒带来的理解误差，非常值得我国城乡规划在分形研究领域引以为鉴。

2.4 创新的分形元提取

巴蒂和朗利在《非洲分形》一书中将科克曲线（图2）进行调整变换，通过自仿射模拟出一种抽象意义的森林景观（图18）。这种人工抽象图形复杂度相对较低，其分形元是静态不变的。《非洲分形》在面对较为复杂的人居聚落时，创新性地提出了主动线与被动线组成的动态分形元，其中主动线在分形过程中进行有角度有方向的迭代，被动线则按照



图 18 自仿射科克森林
资料来源：参考文献 [5]

① This book will provide an easy introduction to fractal geometry for people without any mathematics background, and it will show how these same categories of geometric pattern, calculation, and theory are expressed in African cultures.

一定的规则附着于迭代生成的主动线(图19)。这种“组合式动态分形元”的提取在国内外的分形图形研究中极具创造性,为研究迭代法则较复杂的人居聚落空间开拓了新的思路,为分形元的图形提取提供了新的方法。

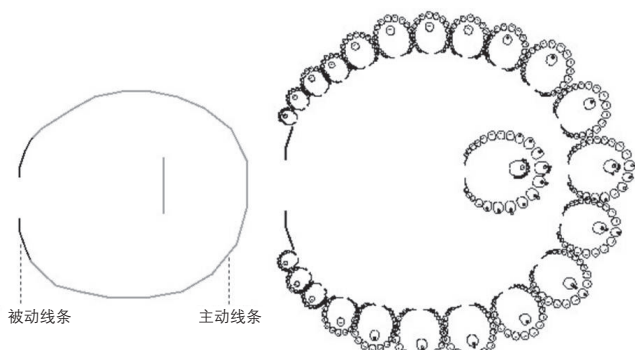


图19 巴依拉村庄分形元

3 关于城乡聚落分形研究的展望

2007年,埃格拉什教授在题为“非洲分形”的TED演讲^①中提到,他们的研究团队已经致力于分形图形生成模型的构建,该模型将使任何人可以通过输入分形元和迭代法则得到想要的分形图形。

通过对该著作中的图形研究方法以及上述模型构建设想进行判读,我们有理由预见:在城乡规划实践中引入图形分形研究方法,以计算机分形模型模拟多种空间方案的可视形态,将大大提高城乡规划对最优方案的直观判别和选择能力。

目前,分形研究的实践应用在很多学科仍处于摸索状态,分形理论本身也在不断完善中。城乡规划引入分形理论的交叉研究不仅具有前瞻性,更具有实用性,虽然已有的相关研究尚未成熟,但正是这种不成熟的现状驱使我们不断挖掘更适宜的分析方法,揭示更本质的研究结论,构建更实用的应用模型。分形学视角下的城市及乡村聚落研究将使城乡规划学在数据化、模拟化以及可视化等方面取得质的突破,也将成为引领该学科未来发展的重要领域之一。UPI

注:文中未注明来源的图片均来自参考文献^[1]

感谢陈晓键教授在本文写作过程中给予的热忱指导与帮助!

参考文献

- [1] Eglash Ron. African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design[M]. New Jersey: Rutgers University Press, 2005: 20.
- [2] 阿摩斯·拉普卜特. 宅形与文化[M]. 常青, 徐菁, 等, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [3] Batty M, Longley P A. The Fractal Simulation of Urban Structure[J]. Environment and Planning A, 1986, 18: 1143-1179.
- [4] Batty M, Longley P A. Fractal-based Description of Urban Form[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1987, 14: 123-134.
- [5] Batty M, Longley P A. Fractal Cities[M]. London: Academic Press, 1994.
- [6] 刘继生, 陈彦光. 城市地理分形研究的回顾与前瞻[J]. 地理科学, 2000, 20: 166-171.
- [7] White R, Engelen G. Cellular Automata and Fractal Urban Form: A Cellular Modelling Approach to the Evolution of Urban Land-use Patterns[J]. Environment and Planning A, 1993, 25: 1175-1199.
- [8] White R, Engelen G, Uljee I. The Use of Constrained Cellular Automata for High-resolution Modeling of Urban Land-use Dynamics[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1997, 24: 323-343.
- [9] Bovill C. Fractal Geometry in Architecture and Design[M]. Boston: Birkhäuser, 1996.
- [10] 刘明华, 陈彦光. 城市土地利用形态及其空间结构的分维描述方法[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2001, 14: 209-213.
- [11] 姜世国, 周一星. 北京城市形态的分形集聚特征及其实践意义[J]. 地理研究, 2006, 25: 204-212.
- [12] 冒亚龙, 雷春浓. 生之有理, 成之有道——分形的建筑设计与评价[J]. 华中建筑, 2005, 23: 16-18.
- [13] 冒亚龙, 雷春浓. 一种理性的建筑设计与评价视角——应用分形的建筑设计尝试[J]. 重庆建筑大学学报, 2005, 27: 4-9.
- [14] Joye Yannick. A Review of the Presence and Use of Fractal Geometry in Architectural Design[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2011, 38: 814-828.

(本文编辑: 张祎娴)

① 著名的英语演讲大会, 每半年举办一次, 邀请全世界的思想领袖与实干家来分享他们的事业和经历。TED是“科技”(Technology)“娱乐”(Entertainment)“设计”(Design)的缩写, 这三个广泛的领域共同塑造着我们的未来。——编者注