

文章编号: 1008- 2786- (2006) 2- 148- 05

# 山地城市的分形美学特征

冒亚龙, 欧阳梅娥

(长沙理工大学建筑与城市规划学院, 中国 长沙 410076)

**摘 要:** 分形美学以一种新观念和方法研究城市美学, 通过建立简单分形模型探讨和度量城市的不规则性和复杂性, 使山地城市美学研究从定性走向定量, 从模糊走向科学。山地城市与平原城市比较, 在地形地貌、空间形态和景观格局等方面表现出了独特的分形美学特征。

**关键词:** 山地城市; 美学特征; 分形美学; 自相似

**中图分类号:** K901.8 X144 **文献标识码:** A

1992- 10 在重庆召开的首届山地城镇规划与建设学术研讨会上, 黄光宇教授提出了“山地城市学”的概念, 并全面系统的提出山地城市问题研究框架<sup>[1]</sup>。从此, 山地城市的研究已经逐渐从单纯城市规划问题转向多元的区域、社会、文化、美学等诸多问题, 研究方法由少及多, 研究技术手段也得到极大的发展。山地城市美学是山地城市学的一个分支, 随着分形城市的研究发展, 分形理论对城市美学研究在观念、方法、途径等方面的突破, 使山地城市美学研究从定性走向定量, 从模糊走向科学。

## 1 分形几何

分形的创始人曼德布罗特 (B. B. Mandelbrot) 曾经为分形下过两个定义: 满足下式条件:  $\text{Dim}(A) > \text{dim}(A)$  的集合  $A$ , 称为分形集。其中,  $\text{Dim}(A)$  为集合  $A$  的 Hausdoff 维数 (或分维数),  $\text{dim}(A)$  为其拓扑维数。一般说来,  $\text{Dim}(A)$  不是整数, 而是分数。

部分与整体以某种形式相似的形, 称为分形。分形理论认为自然界存在的一切事物都是由不同层次的结构集合, 这些不同层次结构具有无限的细节结构, 虽尺度不同, 却有着自相似的特点, 且在任意小的比例尺度内包含整体。客观事物具有自相似的层次结构, 局部与整体在形态、功能、信息、时间、空间等方面具有统计意义上的相似性, 这种自相似的层次结构, 适当的放大或缩小几何尺寸, 整个结构不变。与具有二千多年历史的欧氏几何学相比, 它们的差异是十分明显的, 如表 1 所示。

分形分为线性分形与非线性分形。线性分形又称为自相似分形, 它的维数变化是连续的, 研究对象具有自相似性和非规则性, 它研究所有方向上以同一比率收缩或扩展一个几何图形的线性变换群下的图形的性质, 由一个分形维数就可以加以描述。非线性分形研究在非均匀线性变换群或非线性变换群下的图形的性质, 它可以分为三类: 自仿射分形 (非均匀线性变换群)、自反演分形 (非线性变换群) 和

表 1 分形几何学与欧氏几何学的比较

Table 1 The comparison between Fractal geometry and Euclidean geometry

几何学	描述的对象	特征长度	表达方式	维数
欧氏几何学	人类创造的简单理想标准物体	有	用数学公式	0, 1, 2, 3
分形几何学	大自然创造的复杂的真实物体	无	用迭代语言	分数包括整数

收稿日期 (Received date): 2006- 09- 10; 改回日期 (Accepted): 2006- 11- 15.  
作者简介 (Biography): 冒亚龙 (1966- ), 男 (汉族), 湖南邵东县人, 重庆大学博士生, 讲师。主要从事城市设计、建筑设计及其理论研究。联系电话: 13068305950。 [Mao Yalong (1966- ), male (Han Nationality), born in Hunan province, China. PhD candidate in College of Architecture and Urban Planning of Chongqing University, instructor and mainly study on urban planning, architectural design and theory.]

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

自平方分形。

## 2 分形美学及山地城市分形的人性化色彩

### 2.1 分形美学

分形美学作为美学的一个基本法则提出, 是因为分形美学反映了客观世界普遍存在的自相似的规律, 并体现出许多传统美学的标准, 如平衡、稳定、对称等, 但绝不是传统美学的翻版, 它是对传统美学的发展、突破和超越。分形美学不仅蕴涵了传统的美学思想, 而且还产生出许多新的美学特征。

首先, 分形美学除了对称性中包含的传统的上下、左右及中心对称等观念之外, 它的自相似性又揭示了一种新的对称性, 即局部与整体的对称。分形美学作品的局部图形与整体的图形是相似的, 并具有无限精细的结构层次, 而无论是哪一个层次的局部都保持着整体的基本形, 以此获得整个图形的和谐和均衡, 城市与区域、街区、地段和建筑之间就存在这种自相似。

其次, 分形美学的线条美也具有新的内涵。以往的绘画和城市规划中, 线条主要有直线、圆弧线、波浪线, 在数学上这些线条都是可微分的。然而在分形美学中, 线条是十分复杂和不规则的, 常会使用皮亚诺曲线、希尔伯特曲线、柯赫曲线等类曲线, 城市的各种边界、等高线和轮廓线等就是此类曲线, 它们具有自相似性以及数学上连续但不可导的特征。尽管这些曲线十分复杂和奇异, 但成长它们的规则却十分简单, 这便是分形美学的独特性: 无序中蕴涵着有序, 复杂中蕴涵着简单, 变化中蕴涵着统一。

第三, 现代城市美学强调用简单的几何形体来获得明确和肯定的效果, 而分形美学是人们在自然界和社会实践中所遇到的不规则事物的一种数学抽象, 它研究的对象是自然界和非线性系统中出现的不规则的几何形体, 而城市空间的交叉、缠绕及不规则的边缘和丰富的变换, 给人一种层次性美感, 这样的美感是现代城市美学所无法描述的。

最后, 分形美的最大特征就是奇异美。由于分形美学包含着精细的层层嵌套体系, 因而形式十分丰富, 给人以启迪和联想。分形美都有一个共同的特征即没有特定尺度, 因为它具有每一种尺度, 当从不同的尺度和远近距离观看, 都能发现它的构造单元的变化, 从而获得新的感受。城市形态就是层层

嵌套结构, 不同尺度的视觉感受各不相同, 这也是传统城市美学所不具备的。

### 2.2 山地城市人化的自然分形之美

山地城市空间形态的美学特征受到自然因素和非自然的人工因素的综合作用, 对城市空间结构和形态起着决定性作用, 而自然因素和人工因素的相互作用, 因具体生态环境和综合技术经济效益而各具特点: (1) 农业社会及其以前, 由于技术落后, 自然因素对山地城市空间形态具有支配作用, 人工影响相对较弱, 城市表现出与自然地理分形协调一致的特征; (2) 工业社会因技术的突飞猛进, 人工因素作用力大大加强, 出于社会经济综合因素的考虑和对自然的综合利用, 山地城市自然地理分形美学特征相对隐含; (3) 后工业社会技术先进, 出于对工业社会自然环境破坏的反思, 并倡导可持续发展的生态思想, 因此, 人类更加重视对自然环境的尊重和修饰, 山地城市表现出对自然分形美学特征的吸纳和升华。总之, 无论山地城市受到自然地理的何种严重制约, 人类的主观能动性和作用力总是或多或少地改造自然, 并综合利用城市自然地理分形特点, 使山地城市呈现“人化的自然分形之美”。

## 3 山地城市空间形态的分形美学特征

1994年巴迪 (M. Batty) 和隆雷 (P. Longley) 的《分形城市》就从分形几何学分析了城市形态和功能, 阐述了城市不同大小的场所分布、边缘城市和外城中心的成长方式等问题。从分形美学视野来看, 城市展示了巨大的多样性和复杂性, 但这种复杂性中有秩序, 这种秩序可以由非常简单的元素组成, 自然原生的与经过规划的城市生长的几何形式满足分形, 同时分形不仅存在于城市空间之中, 还存在于城市文化和时间之中。巴迪和隆雷致力于用分形生产多样的、可预测的城市模型, 用重复的、迭代的, 或数学家们称为递归的程序发展理想的分形城市。<sup>[2]</sup>

### 3.1 山地城市与平原城市的分形美学比较

滥觞于“雅典宪章”的城市规划理论都试图将一种简单而规整的空间形态秩序赋予城市, 却在处理山地城市的复杂而不规则的空间形态力不从心, 山地城市学者在不否定城市规划原则的前提下探索山地城市看似无序、但实则有序的深层规律及其美学特征。城市形态为典型的自相似体系, 形态具有内在的自相似和分形生长能力, 它反映城市空间的

普遍规律。城市形态的分形生长能力,缘于城市自然地理空间的随机性、奇异性和复杂性,透过混乱现象和不规则构形,隐含着在现象背后局部与整体的本质联系和运动规律。对平原城市及山地城市空间典型的形态模式与分形图形进行比较,发现它们分属不同的分形类型。

平原城市具有相对规则形态,城市形态结构具有自相似的基本模式,而且是不同尺度上的空间形态的关系呈嵌套状(图1),是一种从城市整体、街区、地段与建筑等多尺度、多层次的自嵌套自相似的结构,比较图1和图2平原城市空间平面形态可与自仿射分形IFS产生的“谢尔宾斯基地毯”相类比,是由(均匀和非均匀的)线性变换群作用下的分形构成的,如自仿射IFS迭代函数系统等。



图1 江西萍乡市安源新区平面图

Fig 1 Plan of new Anyuan district in pingxiang city, Jiangxi province

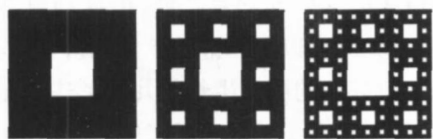


图2 规则形态的自仿射分形: 谢尔宾斯基地毯

Fig 2 A Fractal of Iterated Function System of regular form: Diagrams of Sierpinski Carpet

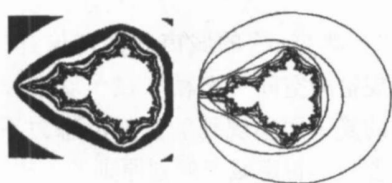


图3 不规则形态的迭代映射分形: Mandelbrot集

Fig 3 A Fractal of Iterated Complex Number Function System of irregular form: Diagrams of Mandelbrot



图4 四川仁寿县城平面图

Fig 4 Plan of Renshou County city, Sichuan province

山地城市地形地貌是非规则的几何形状,不同地貌类型等高线具有不同的分形特点,每座山地城市不同高程等高线的分维值基本保持稳定<sup>[3]</sup>,山地城市地形在不同尺度上的自相似,以及自然地形与山地城市平面形态在不同尺度的自相似,可概括为非线性分形层次的自嵌套结构,由多次迭代映射生成。山地城市空间平面形态可与Mandelbrot集等分形产生的图形进行比较,比较图3和图4是由非线性变换群作用下的分形构成的,如Mandelbrot集。

### 3.2 山地城市地形的分形特征

不同于平原城市的平坦和规则,山地城市自然地理条件复杂多变,山脉蜿蜒,河谷纵横,自然地形极度不规则,难以用传统的欧几里得几何学和线性关系进行描述。采用分形美学可以从另一角度去认识山地城市及其环境之间的非线性规律。基于GIS的山地地理分形特征表明:无论地物分布多么复杂,地形都具有分形特征,海拔也具有分维特征,同时,山地森林植被也具有分形特征,山地城市地形的分形特征不仅具有形态学的意义,而且还具有生态学意义,标志着景观格局变化状况。<sup>[4]</sup>山地城市复杂的等高线是与山地地貌类型相统一的,不同地貌类型等高线具有不同的分形特点,而且与标度有关,同一区域不同高程等高线的分维值基本保持稳定,分维的大小表征了曲线的复杂程度,是山地城市一个可识别特征。<sup>[3]</sup>同样,山地城市山系具有分形美,山系分形是表征山地城市特征的一个分形美学的量化参数。山地城市水系分形亦同山系,二者表现为一种多重分形特征,分维值比平原城市大。

城市空间的不同层次间存在着跨尺度的自相似性, 运用分形美学对城市进行审美, 可以使我们对城市美学指标量化, 更准确有效。用 1 和 2 之间的分维值可以描述城市边界的复杂程度, 用 2 和 3 之间的分维值可以描述城市建筑空间的紧凑度, 城市建筑在不同尺度下的轮廓线也可以计算出一定的分维值, 它反映建筑的细部级数。山地城市地形平面分维值 (1~2 维) 比平原城市大, 导致山地城市空间形态的分维数 (2~3 维) 也比平原城市大, 这种差异性表征了山地城市空间形态比平原城市空间形态复杂、层次丰富、更紧凑, 山地城市地形分维值是每一座山地城市空间的分形特征参数, 据此人们可以轻而易举地识别山地城市重庆和香港, 除了城市建筑空间的因素以外, 主要识别因子就是山地城市自然地理的分形美学特征。山地城市山脉、水系、地形和垂直梯度分形特征明显, 对城市形态起着决定性作用, 但社会经济、技术等人类影响也是重要的, 山地城市建设中对自然地形、空间的改造就是自然因素和人工因素相互作用的表现, 是人类对山地城市自然地理分形美的“为我所用”的人性化改造, 是自然分形的吸纳和升华。

### 3.3 山地城市道路网络分形美学特征

城市的发展离不开交通的发展和完善, 城市交通系统呈现各种形态结构。根据蒂波特 (S. Thibault) 和马坎 (A. Marchand) 对法国里昂市的道路系统的研究, 发现城市道路网络是一种内部具有自相似性的等级结构, 具有分形的性质。在道路网络系统中, 道路的等级数量  $N(A)$  与各等级的长度  $A$  之间存在一种双曲函数关系。城市道路网络与河网一样, 不同等级街道的宽度与等级之间也遵循着一种双曲函数关系。这样可通过计算分维来研究城市道路网络的分布特征及其演化情况。<sup>[5]</sup>

城市道路网络在不同尺度的空间上具有自相似性, 其分维决定了道路网分形能力与复杂性。平原城市一般地势平坦, 交通网络呈现均匀或非均匀线性分形。山地城市与之相比, 虽然没有规整的几何网格式的道路及等级系统, 却呈现出相当复杂的自然分形机理和交错性, 并能很好地完成其功能, 这主要归因于山地城市自然生长的道路网络具有很强的分形生长能力, 因而能够在有限的空间中完成最大的功能。山地城市道路网络的复杂机理与自相似特性类似于地球表面的江河溪流水系, 水系的主流有许许多多支流, 每条支流又各有其小支流。大的水系可以有多层次的分支结构, 从统计意义上看, 各层

次支流都与主流相似, 是主流的缩影。所以与平原城市相对比, 山地城市道路网络具有与城市自然地形等高线分形相协调的非线性的自然分形特征 (图 5), 具有很强的自然分形机理和分形生长能力。

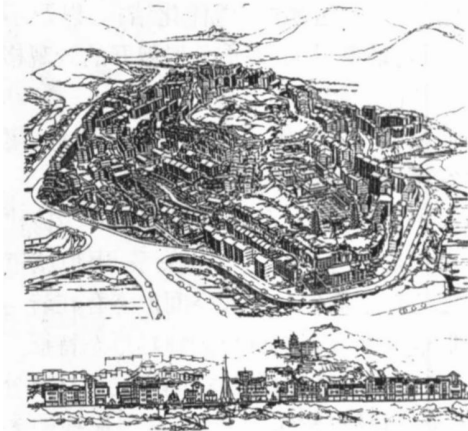


图 5 重庆瓷器口空间形态

Fig 5 Spatial form of Ciqikou in Chongqing

### 3.4 山地城市空间边界分形美学特征

城市边界受到多种因素的影响, 其中包括自然地形地貌条件、自然生态环境、区域经济发展、城市规划、意识形态、战争因素等约束, 随着时间的推移, 这些因素在不断变化, 导致城市边界像海岸线一样, 其形状也异常地曲折和复杂。城市边界有两方面的含义, 一种是指经济、人口等空间区域的边界, 一种是指城市建成区的可视空间边界, 两者在空间上均具有分形特性。地理学家和城市规划专家发现, 城市边界也具有内部自相似性质, 因而有分形的性质。可以通过计算其分维来考察城界的外貌特征, 城市边界分维与标度有关, 这是多重分形的一种表现形式, 多重分形也称多标度分形, 它在不同的区域内有不同的分维值。<sup>[5]</sup> 现代城市由于工业化的推动, 人口快速增长, 城市规模迅速扩大, 加之“雅典宪章”以来强化了城市规划, 形成比以往更规整的几何边界形状, 因而使现代城市边界与古代城市相比分维值跌落, 在受自然条件约束较小的平原城市特别突出, 这是在现代规划理念下控制生长的城市与古代自然生成的城市借助分形美学相比较的最明显特征。“少就是多”、“简洁”的现代主义美学思想也导致了平原城市边界分维值的急剧下降, 山地城市由于自然的恩赐受其影响较小, 因而保持着边界分形的稳定连续性, 所以与平原城市相比, 分维值大且与旧城保持和谐、稳定、连续的城市边界轮廓线, 是山

地城市分形美的又一特征。

### 3.5 山地城市空间结构及景观格局分形特征

平坦如砥使平原城市受益诸多的同时,人们却抱怨由此带来的城市千孔一面。山地城市空间既受地形分形的严重制约,又得益于自然地理分形,形成城市空间多中心、组团式、立体化结构,以及不同景观平台、不同景观层次、多重分形展开的景观格局的总体分形特征。

山地城市不可能像平原城市那样连绵、集中规整式的发展,而是充分利用少数相对平坦的平坝、突兀平地集中紧凑发展,形成疏密相间的多核化城市布局。由于自然地形的分形的关系,山地城市多核化结构之间在平面形态抑或空间形态存在着与山地自然地形地貌形成多重分形的独具形态特征。山地城市景观特征基于山地城市空间格局而具有分形特征,构筑了山脊线、建筑轮廓线、江河岸线的多重分形协奏曲,层次感与平原城市相比较特别丰富。多层次的景观以叠加的方式展现在观者的面前,反映着城市空间与建筑、山势、水系的多层次嵌套,独特的自然分形环境通过人性化的改造和利用,使山地城市景观具有巨大的空间进深,分形的山体使山地城市建筑沿等高线逐层分布,从而形成层次丰富、富于变化的山地城市复合分形的景观形态(见图5)。

## 4 山地城市分形研究的意义

山地城市形态为典型的自相似体系,反映山地城市空间的分形美学特征是山地城市的分形生长能力,缘于山地自然地理空间的随机性、奇异性和复杂性,同时融合了人类对自然地理分形的吸纳和改进,是人性化了的分形之美。分形美学是探讨山地城市的重要美学观,对科学指导城市设计与评价具有广

泛而深远的意义:第一,它揭示了城市整体与部分之间的内在联系,找到了从地段过渡到城市的媒介与桥梁,说明了地段与城市整体之间的信息“准同构”;第二,分形美学的普遍联系与交叉渗透,打破了学科间的条块分割局面,使各个领域的设计师们团结到一起;第三,为描述非线性复杂系统提供了简洁有力的几何语言,使人们的系统思维方法由线性进展到非线性,并得以从局部认识整体,从有限中认识无限,从非规则中认识规则,从混沌中认识有序;第四,与系统论互补,揭示了系统多层面、多视角、多维度的联系方式,丰富了局部与整体之间的辩证统一关系。分形美学主要方法是建立简单模型探讨山地城市的不规则性和复杂性,以及对这种不规则性和复杂程度进行度量,并用简单序参量来控制复杂城市发展。

### 参考文献 (References)

- [1] Huang Guangyu. The Planning & Construction and Its' Environment Ecology of Mountainous Cities [M]. Beijing: Science Press, 1997. 1 ~ 148 [黄光宇. 山地城镇规划建设与环境生态 [M]. 北京: 科学出版社, 1994. 1 ~ 148]
- [2] M. Batty and P. Longley. The Fractal City (abstract) [J]. *Architectural Design*, 1997, (10): 78
- [3] Li Meng, Zhu Lingren. Fractal characteristics of topographic isoline and dynamic interpretation [J]. *Northwestern Seismological Journal*, 2002, 24(2): 97~ 103 [李猛, 朱令人. 地形等高线的分形特征及其动力学含义 [J]. 西北地震学报, 2002, 24(2): 97~ 103]
- [4] Sha Jiming, Li Xiongyi. Research on Fractal Geometry of soil geographical environment based on GIS [J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(1): 110~ 115 [沙晋明, 李小梅. 基于 GIS 的土壤地理分形特征 [J]. 山地学报, 2003, 21(1): 110~ 115]
- [5] Chengyong, Ai Nanshan. Fractal research of urban structure [J]. *Geography and Country Research*, 1994, 10(4): 35~ 41 [陈勇, 艾南山. 城市结构的分形研究 [J]. 地理学与国土研究, 1994, 10(4): 35~ 41]

## On Characteristics of Fractal Aesthetics in Mountainous Cities

MAO Yalong OUYANG meife

(College of Architecture and Urban Planning, Changsha University of Science and Technology, Changsha, 410076, China)

**Abstract** Fractal aesthetics studies urban aesthetics with new concept and method and makes the research on urban aesthetics from qualitative to quantitative, from blurry to scientific through a simple fractal model investigating and measuring urban abnormality and complexity. In contrast with plain cities, mountainous cities represent particular characteristics of fractal aesthetics in urban landform, spatial form and landscape organization, etc.

**Key words** mountainous cities aesthetic characteristics Fractal aesthetics Selfsimilarity