

分形理论视野下的园林设计

冒亚龙,雷春浓

(重庆大学 建筑城规学院,重庆 400030)

摘要:分形理论认识到在极度复杂的现象背后存在着意想不到的简单规则。规则形态的城市、建筑与不规则形态的园林属于不同类型的分形。中国古典园林空间形态表现出广义的、非严格数学意义上的分形特征,具有多层次的嵌套自相似性,属于非线性变换下的分形,可由多次迭代映射生成。分形理论丰富了园林创作思想和手法,使园林设计更加贴近自然和人性,且不会陷于平庸、千篇一律的泥潭。

关键词:风景园林;园林设计;分形理论;自相似;时间分维;尺度层级

中图分类号:TU986.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-5831(2005)02-0023-04

Landscape Design According to Fractal Theory

MAO Ya-long, LEI Chun-nong

(College of Architecture and Urban Planning, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: Fractal theory finds unaware simple rules hidden in very complicated things. The regular form of city and architecture and the irregular form of landscape architecture belong to different styles of fractal. The spatial form of Chinese classical landscape represents comprehensive and unexacting mathematical fractal. It has many hierarchical self-similarities between the part and large part, and pertains to a fractal under a series of nonlinear transform, which can be created by iterative mappings time after time. Fractal theory enriches ideas and measures of landscape creation, which make landscape architecture close to nature, so we won't fall into second-rate and machine-made landscape design.

Key words: landscape architecture; landscape design; fractal theory; self-similarity; time fractal; hierarchy of scales

大自然的设计不但简单,而且是最大限度的简单,而这正是其全部复杂性展开的依据。当大自然开始以某种简单的公式组织自身,处处以无限的耐心重复着同样的法则时,复杂性就蕴涵其中了。随着自然界从低级到高级、从简单到复杂的进化,终于产生了人类,而随着人类和人类社会的进步,又产生了科学。“人法地,地法天,天法道,道法自然”,无论是其研究对象,亦或其内在发展逻辑,新科学都必须面临比以往科学更为复杂的问题,但科学之为科学,却恰恰能从复杂现象中找出简单规律……^[1]。这种大自然的简单规律就是分形理论。

一、分形理论

混沌、分形等非线性科学理论的兴起,为中国传统文化、传统建筑学的当代转换提供了一个契机^[2]。“道可道,非常道”,揭示了宇宙系统的非线性行为。“小宇宙大宇宙”和“小周天大周天”的同构与无穷自

嵌套,呈现出一种宇宙分形;“一生二、二生三、三生万物”的无穷递归,表明了分形的演化过程和分形产生的动力学机制。运用自然科学的最新成果,对《周易》进行再阐释已经取得了大量成果,其中最有价值的发现之一就是“八卦和太极图可类比为简化了的吸引子图案”^[2]。分形及其吸引子理论的运用,有助于我们立足于一个新的方式思索园林及其设计。

被誉为大自然的几何学的分形理论,是现代数学的一个新分支,但其本质却是一种新的世界观和方法论。它承认世界的局部可能在一定条件下或过程中,在形态、结构、信息、功能、时间、能量等某一方面表现出与整体的相似性,它承认空间维数的变化既可以是离散的也可以是连续的,因而拓展了视野。分形具有以下特点:(1)分形具有精细结构,即在任意小的比例尺度内包含整体。(2)分形是不规则的,以至于不能用传统的几何语言来描述。(3)分形具有某种自相似

性,可能是近似的自相似或者统计意义下的自相似。(4)分形在某种方式下定义的“分形维数”,通常大于它相应的拓扑维数。(5)分形的定义常常非常简单的,或许是递归的。^[3]

分形理论是对欧几里德几何体系的拓展、深化,二者交叉互补,形成开放的同构体系。“无尺度性”对欧几里德几何的尺度概念进行了补充。“尺度变换”思想对于丰富园林及其建筑的尺度层次、拓展设计思想和手法具有重要意义。分形理论的“无限性”特征使园林空间的构成体系更趋明朗,它为园林和建筑设计提供了更为明确和更易于把握的设计手法。

二、园林与城市、建筑的分形比较

凭借对自然的感悟、古今中外不少造园大师曾经无意识地运用了分形的原理,展示了逻辑理性的魅力:中国传统城市空间形态具有明显的“院套院”特征,可谓“城”、“园”、“院”在不同尺度层次的自相似同构。在线性系统中,量与量之间成正比,其描述模型符合叠加原理,而非线性系统中,整体不等于部分之和,叠加原理失效,城市形态是极其复杂的非线性系统。而分形理论的非线性的“图形生成”和“图形动力学”原理的运用,有可能使我们对这一问题作进一步的思考。对中国古典园林、建筑及城市空间设计典型的形态模式与分形图进行类比比较,我们会发现趣味的规律。

(一)规则形态类的城市、院落、四合院、单幢建筑

这类规则形态的深层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2),是一种从宇宙图式、地理九州与井田分野到外城、内城、皇城、宫室与民宅等多尺度、多层次的自嵌套自相似的结构,反映出“天则有列宿,地则有州域”以及家与国同构的分形思想。

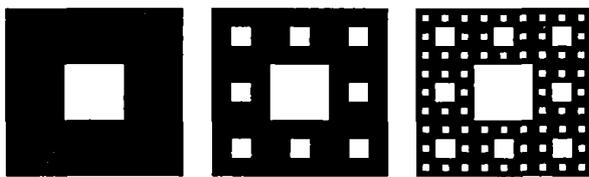


图1 谢尔宾斯基地毯

(二)对于不规则形态类的风景园林

中国风景园林深层结构的基本模式是一种拓朴本质的向心、互否、互含的关系,可用太极图表示(图4),并可进一步概括为分形层次的自嵌套结构,由多次迭代映射生成。

以上两种类型的空间形态模式分别与分形计算机图形图1和图3比较,不难发现:规则类形态的城市及建筑格局可与自仿射分形 IFS 产生的“谢尔宾斯基地毯”相类比,比较图1和图2;而中国古典园林诸多不规则类平面可与 Mandelbrot 集等分形产生的图形进行比较,比较图3和图4。

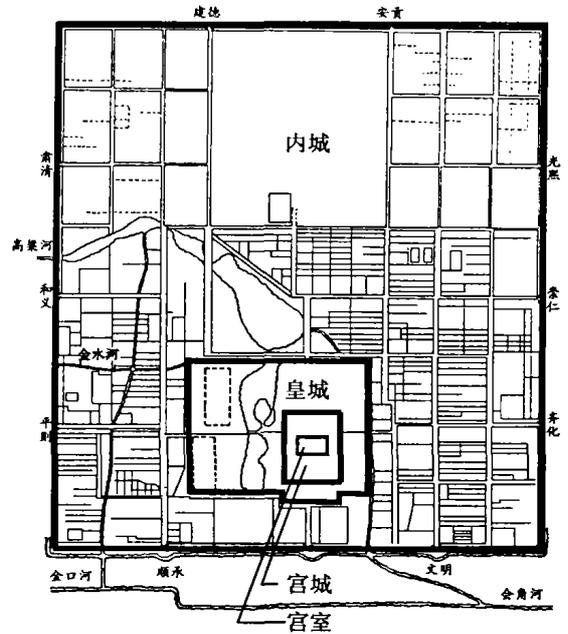


图2 元大都平面图

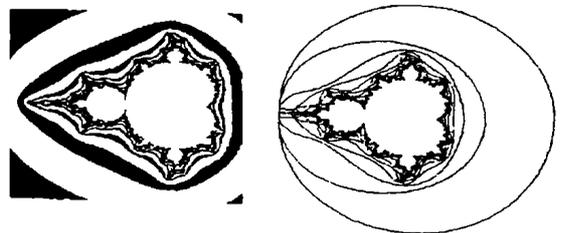


图3 Mandelbrot 集

通过类比可以得出结论:(1)井田九州、王城、宫室、四合院及单座建筑物等一类具有规则形态特征的空间形态模式,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)。(2)自然山水、园林等一类具有不规则形态特征的空间形态模式,是由非线性变换群作用下的分形构成的(如 Julia 集和 Mandelbrot 集)。^[4]

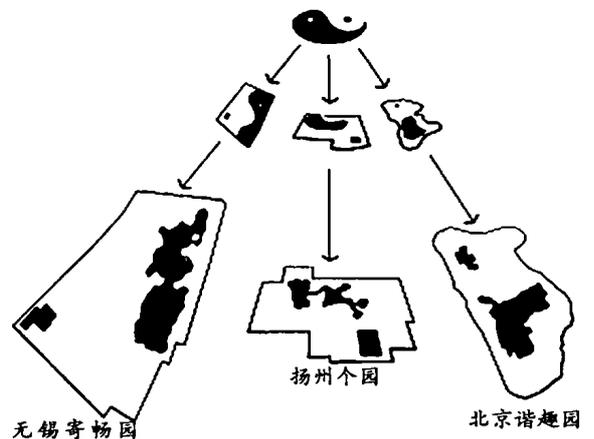


图4 不规则园林

事实上,中国古代城市、建筑和园林空间形态表现出广义的、非严格数学意义上的分形特征,具有多

层次的嵌套自相似性。城市和建筑空间形态上表现为以均匀或非均匀比率收缩或扩展的几何图形的线性变换群下的图形的性质;而园林属非均匀线性变换群或非线性变换群下的图形的分形,并具有多层次的嵌套自相似性,太极图可类比为中国园林简化的吸引子图案。

三、分形理论对园林设计的启迪

(一)“师法自然”:一种分形的创作理念

中国传统艺术所追求的是一种自然之美的意境,“师法自然”在形态上则呈现出一种艺术的分形。中国古典园林以山水为主体摹拟自然,这一点决不仅仅只是表现为在内容上多选取不规则的自然形态,而且还表现在更深层的创作原则和造型方法上。

中国园林设计中相似形、重复几何母题都在广泛地运用着。然而,如果能够基于分形理论,对中国传统古典园林及其建筑的形式进行研究,就能够对此有更深刻的认识。例如园林的塔、亭、台、楼、榭等,造型上相似迭代的特征极其明显,都完全可用分形程序来摹拟其基本的形象轮廓。至于建筑细部及装饰,与其说是几何图案,不如说是分形图形。而对于自然山水的基本实体构成要素的山、水、植物等,以及设计中要求的“山有脉络,水有源流,树有根须,建筑物有疏密”,主山和客山的关系,叠石造型的竖、挑、架、叠、托等手法的运用,广泛存在的程式化规范,则可类比于线性变换群作用下的分形构成法;而各种孤植、皴石、勾云、勾水纹的样式,可视为“自仿射分形吸引子”,均可由分形程序图形仿真,通过形态生成规则以及控制参数的设置和赋值来实现,福斯特的新作瑞士再保险公司伦敦总部设计就是分形在现代设计中的成功实例,进而在园林设计中采纳。

自然可谓人类最好的老师,自然的类比是园林创作构思的重要手法。宇宙万物具有统一性和同一性,事物的运动变化规律具有相似性。类比正是利用相似、类推进行的信息转移,实质上是一种立足于自然基础上的运用分形理论的创造手法,是园林创作中具有无限潜力的丰富源泉。原始的艺术创作就是对大自然的直接摹写,中国古代的苑囿都是对自然景观的模仿;现代园林中的拱、膜等结构形式正是生物的卵、壳、网、细胞膜的映射,康沃尔的伊甸园就是对昆虫的形态和生物细胞的模仿。以自然为原型,不仅意味着对自然形态的模仿,更重要的是对自然的运作规律、形式结构的学习。

(二)园林设计与环境的分形同构

在园林整体环境的把握上,分形特别关注环境中各个要素的关联作用。认为各个独立要素不是各行其是,而是相互作用,相互碰撞,每个要素都会影响到整体。关注那些以前被忽视或压制的要素,变“潜在”为“显在”,将其加以强化、放大,进而使整体体现出远

远高于各独立要素相加的效应。

园林总体设计时,将所有制约因素作为已知条件,从园林整体环境考虑,根据分形理论,总图形态具有形式的递归,在一个图形内还有相似的图形,可以利用分形生成复杂的韵律,将园林关联着的各要素“异质同构”,使场地与周围环境取得协调:(1)作为场地其周边轮廓线的分维数可以成为园林、建筑的分维数的一种引导,设计中让园林总体轮廓的分维数同其环境构图的分维数取得一致,或采取自相似的图形;(2)园林竖向与场地地形的一致(竖向分形);(3)场地文化等隐含的、深层次的文化因素的发掘、建构与放大、延续的文化分形等等,那么建筑与环境之间就会产生一种“自相似”的和谐的韵律。

(三)园林景观素材的分形设计

园林景点是园林的精华所在,具有点睛之效。园林设计成功与否,不仅在于园林与周围环境的协调,而且在于景观素材的优劣。自然山体与假山应具有自相似特征:在山体中,大山峰上有小山峰,小山峰上又有更小的山峰,整个山体就是经随机过程创造的分形。山体的局部也常具有无标度性,山体形态没有特征尺度。园林石的设计应有把大尺度的山脉微缩成小尺度的分形轮廓,包含自然界中各种图形和构造的变化形态。而园林水系要有多层次的分支结构,各层次支流都与主流相似,是主流的缩影。溪流、湖泊等园林水体驳岸要蜿蜒曲折,为园林风景增添了别样的情调。树木具有美的分形轮廓,秋后树叶凋零,树枝桠仍然给人以很强的美感,树林在空间上的分布也显示自相似特征,林地的形态不能单一,而应层次丰富、多变化。园林道路网络的复杂机理与自相似特性类似于江河溪流水系,因而与园林水系等有异曲同工之妙,路径要自然流畅,使人有曲径通幽之感。园林建筑群的安排上则追求错落有致,不同距离观看要有不同尺度层级,在建筑物的形式上人为地设置对称破缺,在壁柱、檐、顶上常常绘制各种涡旋花纹等细部,如墨西哥之琼公园的分形设计,就充满了人情味。

(四)分形强调园林中自然与人文的联系

分形重在度量对象间的关系,对于客体的绝对单位可以忽略,因而它可把存有潜在联系的不同事物直接比较,寻找其间的关系,并确定它们的不吻合程度。例如,园林空间与时间维度模式两种截然不同事物的关联就可以借助于分形来加以研究。人与自然不是对立的两极,而是相互依存的整体。文以景成,景借文传,山林虽奇,得人文而显,这就是人文景观与自然景观同为一体的分形思想。自然景色无论多么美丽,如果没有人文现象点缀,则显得缺乏灵性;反之,人工的景观如没有自然背景的衬托、装饰,则显然缺乏生机。自然与人文的结合,是分形与整形的统一。

“山水自然之奇秀与文章之奇秀一而之矣”、“两

者理相同而机亦相助”。把自然之理与人伦文化联系起来,赋予自然景物以文化伦理的属性。园林设计时应发掘和保护名人遗迹、传说、轶事,在自然景观中,恰当地配置与历史传说有关的建筑。当人们来到古迹点缀的湖光山色之中,就会产生一种超越时空的艺术幻觉,一种特异的美感,一种“远尘俗之器,聆清幽之胜,踵名贤之迹,兴尚友之思”之理想的园林环境。

(五) 时间维度的扩展

园林景观中的历史文化遗迹是历史(时间)过程的产物。历史过程是一种混沌过程,混沌过程与分形结构密切相关。当园中存在文物古迹时,则时间之差也能产生信息,从而给人以艺术美感。这就是时间的分维数。由于分形理论的文化隐喻衍生出“分形时间”概念^[5],使我们对园林审美的心理过程有了新的认识。心理学认为时间也是人的一种主观内在体验,它尤其难以用直线时间描述。作为人的内在体验,当置身于园林空间中时,时间必定是分形的展开。就是在同样的直线时间段里,人的性格、学识修养和经历等方面的差别,将导致人体验园林的内部时间以不同的分形方式展开,具有不同的分形维数,因而在同样的时空系列中,不同的人有不同的时间感受。人的情感波动的幅频特性就是其度量时间的尺度,不同的人有不同的时间分维值,只有分形才能衡量时间维度的大小。所以,人在空间中的主观感受因心理状态的不同,时间感就不同,往往差别还很大。心理状态是开启时间分形之锁的钥匙,确定恰当的时间维度是塑造园林空间景观序列的关键,也是园林体验之重点。

中国园林的题名、书法、诗、画指引就是引导游人进入时间的分形维,使其获得巨大时间丰度感受,通过各种形式、途径合成某种意境,通过园林与建筑、文学、诗歌、书画等结合来表达不同的主题。文学、诗歌、书画如画龙点睛,点出空间的神韵,将丰富的建筑内涵意义传达给观赏者,引导观赏者进入一个个不同感受的诗情的时空之中,可见时间的分形在园林设计中的重要性。

(六) 丰富的尺度层级

从某种意义上讲,园林是一个不同尺度层次的分形系统:当一个人接近或进入园林及其建筑时,随着距离的不同,只有存在各种与之相适应的尺度时,才具有吸引力、趣味性和丰满度,否则就会枯燥无味。因此,设计的成功与否与体验其过程的尺度层次有关,细部决定成败,有趣的细部必然表达了整体的创

作意图。

1995年赛灵格勒斯在 *Hierarchical Cooperation in Architecture, and the Mathematical Necessity for Ornament* 中论述了关于建筑尺度层级的三个定律:(1)小尺度上的秩序是由成对出现的矛盾元素形成的,存在一种视觉上的张力平衡。(2)大尺度秩序出现在一定的范围和距离内每一元素都与其他元素相关联时,系统通过这种秩序减小熵值。(3)小尺度同大尺度的联系是通过一种关联的层级结构,这种层级结构具有一个近似的比例系 $e = 2.718$ 。例如,对于4m的房间而言,理想的尺度层级的分布应该是{400, 150, 50, 20, 7, 3, 1, 0.3cm}^[6]。这对于园林中尺度的把握具有科学理性的指导意义。

四、结语

分形理论看到在极度复杂的现象背后存在着意想不到的简单规则,复杂形态实质就是自相似形、嵌套、重复的母题在不同尺度层级上,通过线性变换群作用下的分形变换,或非线性的多次迭代映射生成。但园林艺术受到环境、经济、艺术、服务对象的制约,有其独特的构成规律,分形原理不一定绝对适用于园林及其建筑设计,需要一定的转化。由于园林设计的复杂性与高度复合性,并伴随着某些随机因素,园林的分形往往是隐含的或“不尽相似”的,即在各层次不一定具有简单的结构一致性和明确相似的空间形态特征,在设计中应灵活分析并加以简化和变通,综合运用。分形理论的“自相似性”、“无尺度性”、“尺度层次”、“尺度变换”思想对于园林设计具有广泛的运用前景,它使得园林与自然环境取得协调,更加贴近自然和人性,避免设计陷入千篇一律的窠臼。

参考文献:

- [1] 费多益. 分形学:整体论的扩展[J]. 科学技术与辩证法, 2003, 17(6): 17-21.
- [2] Prigogine I, Stengers I. 从混沌到有序——人与自然的新对话[M]. 曾庆宏等译. 上海:上海译文出版社, 1987.
- [3] 谢和平, 薛秀谦. 分形应用中的数学基础与方法[M]. 北京:科学出版社, 1997. 6-23.
- [4] 李得仁, 廖凯. 从混沌分形看中国古典建筑与园林设计[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(3): 189-193.
- [5] 约翰·布里格斯, F·戴维·皮特. 混沌七鉴. 陈忠, 金纬译[M]. 上海:上海科技教育出版社, 2001.
- [6] 李世芬, 赵远鹏. 空间维度的扩展—分形几何在建筑领域的应用[J]. 新建筑, 2003, (2): 56-57.