

# 从混沌分形看中国古典建筑与园林设计

李德仁 廖 凯

(武汉测绘科技大学校长办公室,武汉市珞喻路 129 号,430079)

**摘 要** 本文将混沌分形等现代科学前沿迅速发展的非线性系统科学理论,引入到对中国古典建筑、园林和城市规划及其空间分析与设计的理论基础——“风水”理论的研究中,从而在对传统建筑与城市空间理念进行整体性抽象继承的基础上,为探索和发展新的空间分析与设计的理论和方法提供了新思路。

**关键词** 混沌分形;中国古典建筑与园林设计;风水;空间分析与设计;非线性秩序

**分类号** TU2

探索根植于中国文化传统又富于时代精神的建筑空间观念和形式语言,无疑是一种“扣古朴与现代之两端,揉合而再生”的创新,而其首要的任务是要实现观念的更新,解决如何认识传统的问题。依据西方古典建筑构图理论,我们眼中是传统的“大屋顶”、斗拱等外在立面形式;而通过借鉴和发展建筑类型学、模式语言理论,我们认识和把握的传统是“类四合院”等内在空间模式。进一步探索、发展并依据新的思想及理论,则能够对传统有新的认识和理解。

非线性系统科学理论的兴起,使得当代的学术思潮,乃至我们对世界的看法都正经历着一个根本性的转变。在此背景下,以传统的“天人合一”思想为基本理念,以“周易”及“阴阳五行”理论为哲学基础,以古老的“山水之术”——“风水”为理论源泉的中国传统建筑学,包括中国古典建筑、园林及城市(规划)设计,愈加折射出其隽永智慧与哲理的光芒。

## 1 混沌分形

### 1.1 关于混沌

混沌学(Chaos)研究的是无序中的有序,即自然界和人类社会非线性过程的内在随机性所具有的特殊规律性。它的出现冲破了确定性与随机性之间不可逾越的传统观念,使人们得以以一种新的眼光认识和思维世界。

世界上除了确定性现象和随机现象外,更多更广泛的乃是混沌现象。亚马逊河流域丛林中的一只蝴蝶偶尔扇动翅膀,导致了美国德克萨斯的一场飓风,这就是著名的蝴蝶效应。它说明了混沌

系统处于不稳定的平衡点上,小的变化可以非线性地放大为大的变化。然而混沌运动的变化又非任意而为,非周期性背后隐藏着有序性,其轨迹在一定区域内折叠、压缩、扭曲,进而形成在不同尺度下具有相似结构的奇异吸引子(strange attractor)。

### 1.2 关于分形

分形几何(Fractal Geometry)揭示了事物的组成部分可能在一定条件下或过程中,在某些方面(形态、结构、信息、功能等)表现出与整体的相似性,即具有自相似性(确定性的或统计意义上的),并能够用连续取值的分数维数来描述。

分形研究的这种自相似性广泛存在于自然界、人类社会和客观物质系统的各个层次上,它是物质运动发展的一种普遍表现形式。自然界的许多事物都是由简单步骤的重复而产生的,这正是分形思想带给我们的启示。而运用计算机迭代算法所生成的分形图形,可以对自然界的许多复杂形态(如海岸线、山脉、云等)及过程进行逼真模拟,见图 1。

长期以来人们习惯于对复杂的研究对象进行近似简化抽象,建立起各种理想模型(绝大多数是线性模型),然后加以分析。而分形则是直接从非线性复杂系统的本身入手,从未经简化的研究对象本身去认识其内在的规律性。这一点正是分形理论与线性近似处理的本质区别。

### 1.3 混沌与分形

混沌与分形密不可分,其结合也日益紧密。如果说混沌主要在于研究过程的行为特征,则分形更侧重于吸引子本身结构的研究。事实上,混沌吸引子就是分形集。

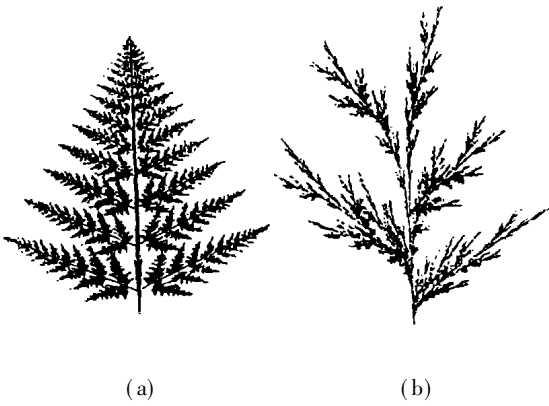


图 1 羊齿叶 (a)和青草 (b)分别在 4个和 6个仿射变换下的不变集

Fig. 1 A Fern Leaf (a) and Weed (b) Under the Action of 4 and 6 Affine Transformations

## 2 对中国古典建筑、园林及城市规划设计 的阐释

### 2.1 系统论的哲学思想

中国传统哲学具有“天人合一”的系统、整体、运动的时空观。“道可道，非常道”，指出了宇宙的混沌本质，揭示了系统的非线性行为；“小宇宙大宇宙”、“小周天大周天”的同构与无穷自嵌套，呈现出一种分形；“一生二，二生三，三生万物”的无穷递归，表征了混沌系统的演化过程和分形产生的动力学机制。而以河洛八卦、阴阳五行为基础，作为中国传统建筑环境理论重要组成部分的所谓“风水理论”及其“天地人”三才模式，正是这一哲学思想对古代环境规划、建筑学领域的实践活动的一种前科学的理性认识。

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<sup>[2]</sup>。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”<sup>[2]</sup>。而太极理论阐述的自然演化规律和非线性系统的混沌演化过程竟然表现出惊人的吻合，见图 2。进一步，可以运用混沌分形及其吸引子理论，对风水理论及其在古典建筑、园林及城市(规划)设计中的实践进行若干有启发性的探讨。

### 2.2 混沌的空间观念

风水理论认为，“山水者，阴阳之气也”，“气凝而为山，融而为水”，“动静之道，山水而已，合而言之，总名曰气；分而言之，曰龙、曰穴、曰砂、曰水”。按照这一理解，设计的主旨在于“乘生气”。“山属内气，水属外气”，“（内）气循山而来，界水而止”，

内外合一，不可分割。规划设计过程中对住宅、村落和城市的选址，即所谓的“寻龙点穴”，也就是通过山脉的走势分析地气（内气）的运行轨迹（即龙脉），进而找出其吸引子（即穴），并综合运用自然与人工的双重手段（砂、水等）来控制并界定气的运行。通过经营“明堂”、“水口”，形成小尺度的局域“形局”，以对应重现和巩固增强大尺度的全局“形局”的主题，形成“藏风聚气”的“太极晕”（稳定的吸引子结构）。

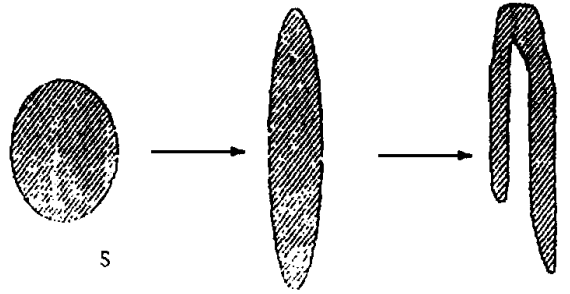


图 2 在混沌流作用下，轨迹点集合的演变过程

Fig. 2 Under the Action of Chaotic Flowing, the Transformations of a Trace Set

以演化为特征的混沌的思想范式，正在使现代思维对空间的认识发生着重大的转折，即从实体转向关系、信息和时间。风水的空间观，正是这样一种混沌的空间观。

### 2.3 自组织的空间结构

混沌系统由无序到有序的演化，是一种自发自组织的行为，即大量基本组成单元存在着非线性的相互作用，使各元素间产生相干效应与协调动作，从而自发形成时空有序结构或状态。

以“风水”为基础的设计，不强调单个要素或形式的突显，而注重整体关系的效果，同时强调其组织方式的作用，以便能在系统的较高层次上产生新的动态结构（如九宫循环）和突现性（emergent）的功能与信息。

“中国式的单座建筑所表现出的高度的技术和艺术处理手法，在性质上已经和‘原始型’平面分布方式相去甚远，平面布局法则含义甚多，已经不是简单的‘数’的积累了。”<sup>[7]</sup>见图 3，单座建筑基本上不作多元合一的考虑，平面组织的原则在于寻求群体的完整与变化。图中 A 为“量”的集结（西方）；B 为“数”的积累（中国）。

这里所谓的“平面布局法则”，即以风水理论为基础的空间组织的原则，是通过各“单座建筑”相互之间（单座与群体、单座与单座间）空间及位置的高度关联来实现的——主要是方位与拓扑关系（而非西方所依据的黄金分割比、控制线等比例

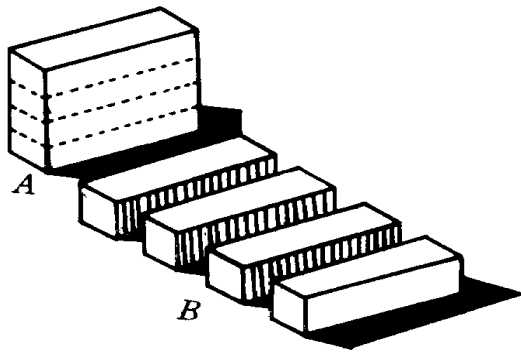


图 3 取得相同建筑体积的两种不同方式

Fig. 3 Two Approaches of Composition to Deal with a Same Building Mass

与几何关系),追求的是一种互相协调的、动态(过程)的自组织结构。如果继续发展“风水”理论,讲求顺应自然,使“人心巧契于天心”,追求理想环境模式的基本原理,则能够在空间形态及其文化内涵上实现“结合自然的设计”,而不同于“生态建筑学”侧重在技术功能上,或者“过程规划(process planning)”侧重在程序上。

#### 2.4 分形的造型机制

“师法自然”的中国传统艺术追求的乃是一种自然之美的意境,在形态上则呈现出一种艺术的混沌序。应当注意的是,这一点决不仅仅只是表现为在体裁上和 content 上多选取自然形态(或者说不规则形态),如中国古典园林以山水为主体摹拟自然,而且还在更深层的意义上表现于创作原则和造型方法上。以与中国传统建筑和园林设计有密切关系的中国传统绘画为例,如泼墨大写意,墨色的撞击和在宣纸上的渗润呈现出一种自然的分形纹理,追求的是“大象无形”,一种表现“过程而非状态,演化而非存在”的混沌美。创作之中作者的即兴之举既有确定也有偶然,而作品则是无法被临摹得与原作完全一样。这种不可重现性,恰恰在随机混沌分形集中也存在,例如计算重复两次操作前后生成的两个随机分形集的图形,其产生的程序、复杂程度和分数维都完全一致,但其形状却全然不同。而在工笔画的创作中,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。如各种点树(叶)、皴石、勾云勾水纹的“样式”,可视为“自仿射分形吸引子”。见图 4。

但是西方传统艺术却与此迥然不同。从本质上讲,西方传统艺术遵循的是以欧氏几何为基础“原子主义”的审美趣味和“还原论”的“线性”的造型原则。在建筑学领域,各个时代的建筑大师都对这一理念进行了适合他们各自生活时代最充分的设计诠释。



图 4 国画点树法(《芥子园画谱》)

Fig. 4 Traditional Chinese Painting “Brush-Sketching Format of Trees”

当然,从另一方面讲,无论中国还是西方,建筑设计中相似形、重复几何母题以及格式塔群化原则都在广泛地运用着。然而,如果能够基于混沌分形理论,对中国传统建筑(不仅局限于古典园林山水)的形式趣味进行跨文化的比较研究,就能够对此有更深刻的认识。例如塔、故宫角楼等,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——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”,“主山客山”关系,叠石造型的竖挑架叠托等手法的运用,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,进而在设计中采纳。

#### 2.5 非线性的形态模式

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<sup>[11]</sup>,而混沌分形等理论工具,如非线性的“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。

现将中国古典建筑、园林及城市空间设计典型的形态模式与混沌分形图形进行类比分析。

首先,对于规则形态类,如城市、宫室和四合院住宅及单座建筑物等,其深层结构具有相似的基本模式,而且不同尺度上的空间形态的关系呈嵌套状(见图 5~9),是一种从宇宙图式、地理九州与井田分野直到王城、宫室与家宅等多尺度、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”以及家国同构的传统意识,表现了中国古代聚落的等级体系及其空间形态的本质特色。

其次,对于不规则形态类的自然山水园林,其深层结构的基本模式是一种“拓扑本质的向心、互

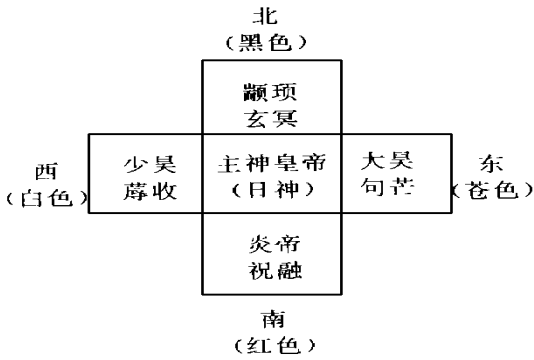


图 5 方位图《五方帝与五佐神》

Fig. 5 Diagram of Five Elements and Five Orientations

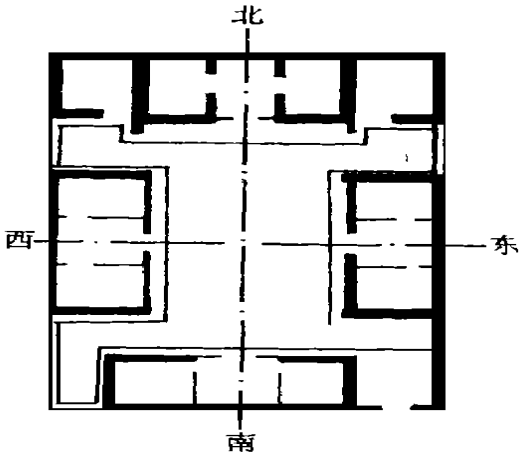


图 6 四合院住宅平面示意

Fig. 6 Plan of Courtyard-Residence

东 - 青龙 - 春 - 生发万物 南 - 朱雀 - 夏 - 长养万物  
 西 - 白虎 - 秋 - 收成万物 北 - 玄武 - 冬 - 蓄积万物

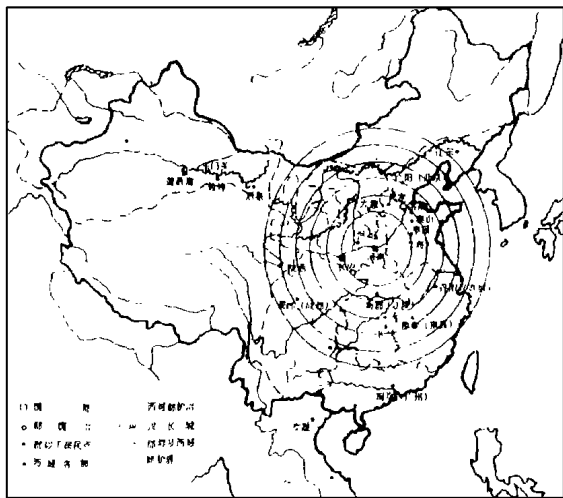


图 7 西汉形势图 (程建军《新建筑》87.4)

Fig. 7 Geographical Situation in Xihan Dynasty

否、互含关系,可图示为太极”(朱光亚, 1988),见图 10 笔者认为可进一步概括为分形的层次自嵌套结构,由多次迭代映射生成,见图 11

以上两种类型的空间形态模式以及风水“四灵”模式等更深层的表述在河洛周易中可以得到

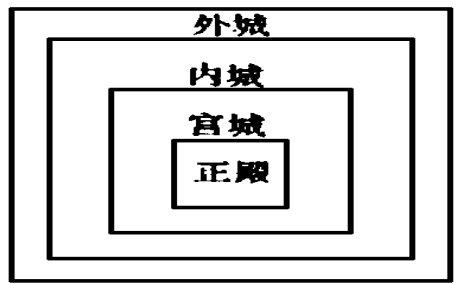


图 8 城市尺度的规划模式

Fig. 8 Planning Pattern at City Level

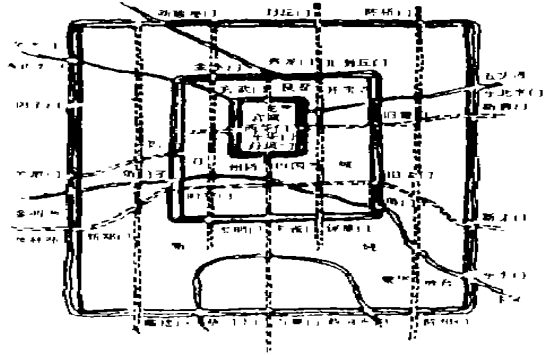


图 9 北宋东京规划示意图

Fig. 9 Diagram of the Capital City Plan

in Beisong Dynasty

进一步的阐释 与分形计算机图形图 11 比较,不难发现九宫及“亚”形格局可与自仿射分形 IFS 产生的“谢尔宾斯基地毯”可类比,见图 12,而中国古典园林诸多实例的平面可与 Julia 集和 Mandelbrot 集等分形集产生的图形进行比较 通过分析,可得出以下结论:中国古典建筑、园林及城市空间设计的形态模式表现出具有多层次的自嵌套自相似性,即(广义的,非严格数学意义上的)分形特征

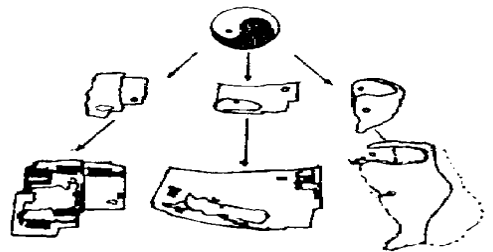


图 10 中国古典园林拓扑同构现象示意图

Fig. 10 Topological Isomorphism in Chinese

Classic Gardens

据此进一步可以提出以下假说:

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

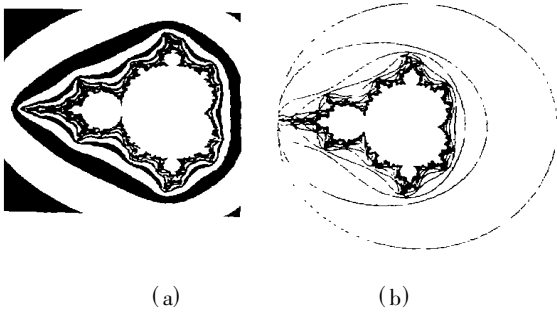


图 11 有层次变化的 Mandelbrot 集图形  
Fig. 11 Diagrams of Mandelbrot Set with  
Multi-level Variability

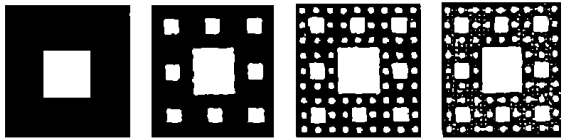


图 12 谢尔宾斯基地毯构造  
Fig. 12 Sierpinski Carpet

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)

总之,经过上述依据混沌分形的思想和方法对中国古典建筑、园林及城市(规划)设计及其核心理论——“风水”进行的多方面分析,我们能够得出结论:中国古典建筑学的空间观是一种混沌的空间观,造型原则更多地依据分形,追求一种非线性的秩序(兼容线性变换和非线性变换)

### 3 结 语

作为中国古代农业文明一个重要组成部分的中国传统建筑文化,如果说它蕴涵着高度先进的哲学思想和现代科学意识,那么毋庸置疑,也是一种粗浅朴素的前科学形态的认识和古典范式(paradigm)的理论,不可能直接为现代文明所采纳,因此,亟待我们做进一步的探索,创造系统的建筑与城市空间形态分析与设计的理论和方法,建立“混沌分形建筑学”(Chaotic Fractal Architecture),实现中国古典建筑学的现代和当代转换。

由于我们长期用西方以欧式几何为基础的空间造型观念来研究中国古典建筑和园林设计,并由此发展出一套对传统建筑形式,如屋顶、斗拱等进行近似简化的方法来设计现代建筑,设计出了大量与传统建筑“形似”和“神似”的作品。毋庸置疑,这其中不乏成功的杰作,但是由于这一方法与中国固有的建筑文化和建筑空间造型观念脱节,使得对于中国建筑和城市的现代设计“语汇”的探索陷入了一种矛盾的境地。继承传统,只是追求传

统建筑的风格样式,只是在屋顶等具体外形或某一特定的空间模式上纠缠。传统成了一具“标本”,不再有自我繁衍与进化的生命力,它不真、不善、更不美。混沌分形建筑学的提出,是基于这样一个想法:中国建筑学除了拥有丰富的“方言”外,还更拥有可贡献于人类文明,贡献于整合东西方的全球文化的中国思想、中国理念!

针对混沌分形建筑学的有关研究尚属起步阶段,其进展需假以时日,其发展前景最终要由实践来检验。尽管存在着争议,混沌分形建筑学的提出,希望能为探索依据中国传统空间设计观念和造型方法内在原则的“中国式的空间分析形态构成法”而抛砖引玉。尝试借助混沌分形的理念和方法进行空间组织和造型设计,取代目前对传统作品“近似简化”的一种设计方法,走出多年徘徊其间的误区,摆脱具体的外在形式的“羁绊”,走入不断丰富和发展中国建筑、园林及城市空间分析与设计的理论方法和形式语言的创造过程之中。

### 参 考 文 献

- 1 Brown L R. Building a Sustainable Society. New York Norton W W & Company, 1981.
- 2 Prigogine I, Stengers I. 从混沌到有序——人与自然的新对话. 曾庆宏等译. 上海: 上海译文出版社, 1987
- 3 Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature. San Francisco: Freeman W H, 1983
- 4 徐道一. 周易科学观. 北京: 地震出版社, 1992
- 5 何晓昕. 风水探源. 南京: 东南大学出版社, 1990
- 6 王其亨. 风水理论研究. 天津: 天津大学出版社, 1992
- 7 李允. 华夏意匠. 香港: 广角镜出版社, 1984.
- 8 贺业钜. 考工记营国制度研究. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985
- 9 吴良镛. 广义建筑学. 北京: 清华大学出版社, 1989
- 10 McHarg L I. Design with Nature. San Francisco: Sierra Club Books, 1969
- 11 Alexander C. A Pattern Language. Oxford: Oxford University Press, 1971
- 12 Hillier B, Hanson J. The Social Logic of Space. Cambridge: Cambridge University Press, 1984
- 13 Batty J M, Longley P A. Fractal-based Description of Urban form. Environment & Planning B, 1987, 14(2)
- 14 王桥. 分形理论在地图图形数据自动处理中的若干扩展与应用研究. [学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1996
- 15 陈晓勇. 数学形态学理论和模型的若干扩展及在 CCD 扫描等高线图的 DEM 自动建立中的应用. [学位论文]. 武汉: 武汉测绘科技大学, 1991

(下转第 203 页)

## Research of 3-D Visualization Method of Urban Buildings Concerning Terrain

*Zhu Yinghao Zhang Zuxun Zhang Jianqing*

(National Laboratory for Information Engineering in Surveying, Mapping and Remote Sensing,  
W TUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

**Abstract** This is one of results of 3-D reconstruction of urban buildings and visualization of city models. On the basis of common 2-D triangulated irregular network (TIN). This paper developed 2D-TIN under determined boundary condition, through respective generation of 2D-TIN of irregular roof and vertical wall concerning the terrain, composed 2-D TIN of building surface, realized 3-D visualization method of urban buildings concerning the terrain after expunction of common side under same plane condition, inborn data in DXF format can access directly AutoCAD 3D Studio and OpenGL.

**Key words** reconstruction of building; 3-D visualization; triangulated irregular network

(上接第 193 页)

## An Analysis of Traditional Chinese Architectural and Garden Design from the Viewpoint of Chaology and Fractal Geometry

*Li Deren Liao Kai*

(The Secretariat of Presidential, W TUSM, 129 Luoyu Road, Wuhan, China, 430079)

**Abstract** In this paper, chaology, fractal geometry and other related newly developed non-linear theories have been introduced into the study of traditional Chinese architectural and garden design, and “Feng-shui”, the theoretical source of space analysis and design. We argue that traditional Chinese architectural space concept is a kind of chaological space concept, and its form-generation mechanism is more related to fractal geometry, which pursues a non-linear order (involving both linear and non-linear transformations). On this basis, we proposed a study on “chaotic/fractal architecture”, a set of new theories and methods for architectural and urban space analysis and design.

**Key words** chaology and fractal geometry; traditional Chinese architectural garden design; Feng-shui; space analysis and design; non-linear order