



基于分形理论的建筑设计研究

Architectural Design Research Based on Fractal Theory

冒亚龙 著

非
外
借

中国建筑工业出版社

国家自然科学基金“基于分形理论的建筑设计研究”资助成果（项目编号：51278070）

华南理工大学亚热带建筑科学国家重点实验室自主研究（重点项目）资助成果
（项目编号：2017KA01、2016ZB14）

广东省现代建筑创作工程技术研究中心自主研究资助成果（项目编号：2016AZ21）

本书获长沙理工大学出版资助

基于分形理论的建筑设计研究

Architectural Design Research Based on Fractal Theory

冒亚龙 著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基于分形理论的建筑设计研究 / 冒亚龙著. — 北京: 中国
建筑工业出版社, 2017.8

ISBN 978-7-112-21053-4

I. ①基… II. ①冒… III. ①建筑设计 IV. ①TU2

中国版本图书馆CIP数据核字 (2017) 第182485号

责任编辑: 李 东 陈海娇

责任校对: 焦 乐 李欣慰

基于分形理论的建筑设计研究

冒亚龙 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路9号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京京点图文设计有限公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11 字数: 216 千字

2017 年 12 月第一版 2017 年 12 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-21053-4

(30696)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

摘要 | ABSTRACT

现代建筑设计基于欧几里得几何学,取得了很大成就,但也受到了一定局限。由于欧氏几何只有整数维,没有分数维,因此基于它的建筑设计容易忽视分维度和尺度层级分布,易于出现建筑丰度贫瘠而过于简单等问题。而分形的建筑设计可以利用简单的方法生成丰富的建筑形态,比较适合于建筑立面、空间和造型设计,以及建筑与环境、经典作品之间的分形比较和借鉴,但也存在不如欧氏几何直观可行、操作便利的局限性,因此,它可以作为现代建筑设计理论的有益补充与完善。本文运用分形的自相似、尺度层级与迭代生成理论,采用分形图形生成和量化分析的研究方法,探索了分形理论的适用性、分形建筑设计原理、方法及其应用;建构了自相似对称的建筑构成理论和分形迭代的建筑生成原理,以及尺度变换、镶嵌韵律、建筑文化分形、时空分形的设计原理与分形建筑美学;形成了分形的建筑设计方法,包含基本分形的建筑设计方法与分形建筑设计理论演绎的设计方法两大类;运用分形思维尝试建筑设计,涵盖自相似、不尽相似、分形图形模拟、文化分形、分形拟态的建筑设计 and 建筑空间的迭代设计;应用城市规划的分形思维开展城市空间的自相似组织设计以及山地城镇的分形规划;建立了分形建筑设计评价体系,根据维度和尺度层级理论判别建筑与环境是否和谐统一,空间形态的尺度层级是否连续,对设计合理性进行科学的评价。分形思维与系统思维相互弥补,相辅相成,为建筑设计提供了新思路,不仅衍生了新的建筑形式,而且产生了全新的建筑空间形式。

前言 | PREFACE

建筑设计和艺术创作理论与几何学的关系唇齿相依，几何学的飞跃定会促进建筑和艺术跳跃式发展，并且会产生某种全新的设计思潮与建筑创作。文艺复兴与三维透视几何有关，现代艺术运动与多维几何和非欧几何有关。被誉为大自然几何学的分形理论是对欧几里得几何体系的拓展、深化，并为建筑设计提供了有别于欧氏几何的另一种具有明确和复杂性思维的设计理念，其本质是一种新的世界观和方法论。它揭示了貌似杂乱无章的复杂自然形态的内在规律和特征，即任何非规则形态都有自己特定的衡量尺度，因而拓展了建筑设计的理论与方法，促进建筑与复杂大自然进一步和谐，使当代建筑形式更接近自然有机体，具有更丰富的层次和奇异的艺术表现力。

基于欧氏几何的建筑设计产生了丰富繁多的建筑形态，无可否定，这种设计取得了很大成就。由于欧氏设计简单明了并易于掌控，因此仍将是建筑设计与表达的主要方法。但是欧氏几何只有整数维，没有分数维，因而基于它的建筑设计容易出现建筑丰度贫瘠而过于简单等问题。欧氏建筑空间是人类创造的理想形态，纯净简洁，与自然界以及混沌分形的非线性设计相比，形态过于简单，丰度缺乏，将建筑中某些与自然、环境相通的内在结构排除在设计之外，使建筑变得越来越从环境中孤立出来，以一种同自然环境相对立的姿态而存在，枯燥乏味，漠视人性。这就导致一些城市建筑形态单一，加剧了城市千城一面和脱离自然人性等城市问题。因为大自然是复杂的，建筑也具有与自然同样的复杂属性，因此，建筑设计不能片面地强调简单性，否定建筑的自然属性。

基于分形理论的建筑设计具有跨越学科的借鉴和化烦琐为简单的方法论意义，它是建筑设计思维有序和无序的交叉综合，是随机性和确定性的结合，是可预见性和不可预见性的结合，是自由构思和终极控制的深层结合，因而也是一种新的建筑设计观和方法论。基于分形理论的建筑设计是对基于欧几里得几何体系的建筑设计的

拓展、深化,二者交叉互补,形成开放的同构体系,为建筑设计提供了更为明确和更易于把握的操作手法。分形建筑理论揭示了建筑整体与部分之间的内在联系,关注建筑与环境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建筑整体。分形思维启发建筑师重新思考人、建筑、自然之间的关系,使其从机械决定论的世界观和非此即彼的思维逻辑中解脱出来,改变长期束缚建筑师创造力的线性思维方式,为建筑师拓展创作视野、发展新的创作理念,以及更充分地发挥想象力和创造力提供有力的理论基础。

建筑设计艺术的进步有赖于设计手段的革新,而分形建筑设计方法恰好为其提供了前所未有的艺术手段,即一种数学逻辑理性生成方法:简单生成单元通过分形法则即可得到复杂形态,而且建筑整体与局部之间存在自相似的和谐统一关系。“同构异形”的分形方法是千变万化的自然事物背后存在的简单构成规律,颠覆着建筑师的空间设计观,促使建筑师从形式模仿转向复杂性建筑空间的生成,隐藏在复杂建筑空间背后的数学逻辑演变为建筑创新手段。现代建筑设计方法多数基于从整体到局部的系统论思维,分形建筑设计方法由“构成论”转变为“生成论”,简单的分形单元按照分形生长原理,遵循分形迭代的构成机制,生成丰富的建筑形态,使建筑与周围环境取得协调,从而建筑更加贴近自然和人性。分形建筑设计方法比较适合于建筑平面、立面、构图、空间及造型设计。

分形建筑设计本身是科学理性和艺术感性的完美融合,是数学几何和建筑艺术的统一,并能给人以极大的艺术震撼。分形建筑美学通过整体与局部的相似对称而形成一种和谐美与秩序美,反映了自相似、嵌套对称和尺度层级的建筑的和谐、精致和奇异美,以及建筑普遍存在的自相似规律。分形建筑美学遵循传统美学的形式法则,并发展和超越了传统对称均衡、变化统一等美学范式,而分形建筑新颖别致、奇特多变的建筑形态常令人耳目一新,具有强烈的奇异美感。分形建筑美学拓展了人们以往在空间方面的认识,把同一事物通过多个立体空间的角度呈现出来,从而促进了人们审美观点的新的的发展。因为其不缺乏细节,抑制了审美的疲劳感,所以这是一种全新的美学形式,并将传统形式秩序的变化统一、主从均衡、尺度对比、节奏韵律等法则赋予了新内涵。

分形思维的建筑设计提供了一种混合确定性和非确定性的量化工具和复杂图形生成方法，丰富与完善了建筑设计的思维体系，拓展了设计构思的广度和深度，为复杂建筑设计和城市规划提供了简洁有力的非线性几何语言，也使设计思维方法由线性进展到非线性。尽管分形思维在直观性与可操作性上存在不足，并不是直接适合建筑设计而需要一定的建筑化转换，但是这种设计思维模式可以启发建筑师走出单一的线性设计，并与系统论的设计思维互补，完善现代建筑设计理论与方法。

通过简单的分形分析或计算，可以对建筑与环境、经典作品、自然生成物之间进行分形比较，使建筑与环境和谐统一；通过类比找出与经典建筑的差距，达到借鉴优秀设计的目的。借助分形维度和尺度层级分析，可以分析建筑空间尺度层级的缺失，判别其是否具有自然与人本属性，对设计的合理性进行科学的评价。

摘 要

前 言

1	1 绪 论
1	1.1 研究的背景
1	1.1.1 学科交叉的建筑创新
1	1.1.2 设计手段革新的建筑创新
2	1.2 研究意义
2	1.2.1 科学价值
3	1.2.2 丰富与拓展建筑设计理论与方法
4	1.2.3 美学价值
4	1.2.4 设计评价
4	1.3 国内外研究现状及发展动态分析
5	1.3.1 关于建筑分形维数计算及分析
7	1.3.2 关于分形建筑理论与方法研究
10	1.3.3 关于分形建筑审美与评价研究
11	1.3.4 关于分形建筑设计实践
15	1.4 研究内容
15	1.4.1 分形理论对于建筑设计理论的适用性以及建筑化转换研究
15	1.4.2 分形的建筑设计理论研究
16	1.4.3 基于分形理论的建筑设计方法研究
16	1.4.4 基于分形理论的建筑设计评价
16	1.5 研究方法
18	2 分形理论及其建筑观
18	2.1 分形理论

19	2.1.1 分形几何
20	2.1.2 分形几何与欧氏几何的比较
21	2.1.3 分形理论的内涵
25	2.2 常见分形
25	2.2.1 科赫曲线 (Koch Curve)
26	2.2.2 康托集 (Cantor set)
26	2.2.3 皮亚诺曲线 (Peano Curve)
27	2.2.4 谢尔宾斯基地毯 (Sierpinski Gasket)
27	2.2.5 曼德布罗特集 (Mandelbrot Set) 和茱莉亚集 (Julia Set)
28	2.2.6 分形的大自然
29	2.3 分形维数的量度
29	2.3.1 分数维的概念
29	2.3.2 维数所代表的空间意义
30	2.3.3 空间维数计算方法
31	2.4 分形哲学、艺术与建筑观
32	2.4.1 分形哲学观
33	2.4.2 分形艺术思维
34	2.4.3 分形建筑观
36	3 分形建筑设计理论
36	3.1 城市与建筑分形特征
37	3.1.1 对于规则形态类的建筑和平原城市
37	3.1.2 对于不规则形态类建筑和山地城市
39	3.2 分形理论的适用性分析与建筑化利用
39	3.2.1 分形理论的适用性内容、前提与建筑化转换
40	3.2.2 从分形几何的生成原理转换为欧几里得建筑空间构成的方法
43	3.3 分形建筑设计的原理
44	3.3.1 自相似的建筑构成理论
46	3.3.2 分形迭代的建筑生成原理
48	3.3.3 尺度变换的分形设计原理
50	3.3.4 分形镶嵌的设计原理
52	3.3.5 过程与丰度的分形设计原理
55	3.3.6 文化分形的建筑设计原理

57	3.3.7 时空分形的设计原理
59	3.3.8 分形建筑美学
61	4 分形建筑设计方法
61	4.1 基本分形的建筑设计方法
62	4.1.1 康托分形的建筑形态生成方法
63	4.1.2 中点置换分形的建筑图形生成方法
63	4.1.3 基于分形网格生成的设计方法
64	4.1.4 分形曲线模拟的建筑设计方法
65	4.1.5 谢尔宾斯基分形转化的设计方法
67	4.2 分形建筑设计理论演绎的设计方法
67	4.2.1 分形类比的设计方法
70	4.2.2 分形拟态的设计方法
73	4.2.3 分形构成的设计方法
75	4.2.4 分形意识的自动构思方法
78	5 分形思维的建筑设计
79	5.1 自相似的建筑设计
79	5.1.1 自相似嵌套
80	5.1.2 自相似并置
82	5.2 “不尽相似”的分形同构设计
82	5.2.1 建筑与环境的分形同构
83	5.2.2 “不尽相似”的设计构思
85	5.2.3 文脉关联的分形设计
86	5.2.4 尺度层级设计
89	5.2.5 时间维度的运用
89	5.3 分形图形模拟的建筑设计
91	5.4 文化分形的建筑设计
93	5.5 分形拟态的建筑设计
94	5.6 建筑空间的迭代设计
95	5.6.1 人工缩放迭代
97	5.6.2 计算机分形迭代设计

102	5.6.3 复合分形迭代
103	5.7 非理性迭代与形式主义噱头的批判
103	5.7.1 复杂形态建筑的新生与理性
104	5.7.2 建筑形式主义游戏与噱头的批判
105	5.7.3 科学与人文交融的建筑迭代设计
106	6 城市设计与山地城镇规划的分形思维
106	6.1 城市设计的分形思维
107	6.1.1 城市空间维度的衡量与设计
108	6.1.2 分形的中心地理论及其启示
110	6.1.3 城市天际线的分形设计
111	6.1.4 城市空间的自相似组织与扩展
113	6.2 山地城镇规划的分形思维
113	6.2.1 山地城镇规划的特殊性
115	6.2.2 分形在城镇规划中的应用与优势
117	6.2.3 山地城镇的分形规划
125	7 分形思维的建筑评价
126	7.1 分形思维的建筑评价体系
126	7.1.1 与时俱进的建筑评价
127	7.1.2 分形评价原则
130	7.1.3 分形建筑评价体系
134	7.2 分形建筑设计评价与分析
135	7.2.1 基于分形评价体系的建筑设计评价
136	7.2.2 基于分形维度的自然生态性设计评价
138	7.2.3 分形类比的设计评价
141	8 结论
141	8.1 分形理论及其哲学与建筑观
141	8.1.1 分形理论
141	8.1.2 分形哲学观
141	8.1.3 分形建筑观

142	8.1.4 分形建筑方法论
142	8.2 分形建筑设计理论
142	8.2.1 城市与建筑分形特征
142	8.2.2 分形理论的适用性分析与建筑化利用
143	8.2.3 分形建筑原理
145	8.3 分形建筑设计方法
145	8.3.1 基本分形的建筑设计方法
146	8.3.2 分形建筑设计理论演绎的设计方法
147	8.4 分形思维的建筑设计
147	8.4.1 自相似的建筑设计
148	8.4.2 “不尽相似”的分形同构设计
148	8.4.3 分形图形模拟的建筑设计
148	8.4.4 文化分形的建筑设计
148	8.4.5 分形拟态的建筑设计
149	8.4.6 建筑空间的迭代设计
149	8.4.7 非理性迭代与形式主义噱头的批判
149	8.5 城市设计与山地城镇规划的分形思维
150	8.5.1 城市设计的分形思维
151	8.5.2 山地城镇规划的分形思维
154	8.6 分形思维的建筑设计评价
155	8.6.1 分形思维的建筑设计评价体系
155	8.6.2 分形建筑设计评价与分析
157	8.7 后续研究
158	参考文献

1 绪 论

1.1 研究的背景

1.1.1 学科交叉的建筑创新

在打破科学与人文壁垒的数字信息时代,学科交叉是建筑理论与设计创新的重要源泉,因而建筑与科学的交叉融通特别受到建筑师的青睐,而二者交叉携手之关键在于寻找科学与设计彼此沟通融汇的契合点。分形(Fractal)理论正好就是一个这样的契合点,它是以自然美为中介而游走于科学与建筑之间的一座桥梁。分形的设计理论促使艺术融入科学精神,展现出了巨大而奇异的魅力,当然也能赋予建筑设计更多的科学思考和新奇形象。分形的建筑设计既是技术理性和艺术感性的融合,又是数学和建筑的统一,更是当代复杂性科学发展推动建筑设计创新的结晶,并可促进建筑与复杂大自然进一步和谐。

正是因为分形艺术的巨大艺术感染力,一位德国物理学家爱伦堡才站在科学之巅对现代主义建筑设计的简陋性提出反思:“为什么一棵被狂风摧弯的秃树在冬天晚空的背景上显出的轮廓给人以美感,而不管建筑师如何努力,任何一座综合大学高楼的相应轮廓则不然?”^①这是因为大自然的设计蕴含着分形的复杂性科学内涵。

“分形”一词是由美国哈佛大学数学系教授曼德布罗特(Benoit. B.mandelbrot)在1975年首次提出的,其原意是“不规则的、分数的、支离破碎的”物体,描述自然界中传统欧几里得几何学所不能描述的复杂无规则的几何对象,如弯曲的海岸线、起伏的山脉、变幻的浮云等。分形理论是现代数学的一个新分支,是对欧几里得几何体系的拓展和深化,并为建筑设计提供了有别于欧氏几何的另一种复杂性科学性思维。

1.1.2 设计手段革新的建筑创新

现代建筑设计建立在欧几里得几何学之上,并将欧氏几何的运用发挥到了相当的高度。诚然,基于欧氏几何的建筑设计取得了巨大成就,因为它简单明了并易于掌控,并且仍将是建筑设计与表达的主要方法。尽管这种简单而规则的空间设计方法与表达手法能够创造丰富而复杂的建筑空间形态,但是单一的方法也会带来大量相似而枯燥

^① 詹姆斯·格莱克.混沌:开创新科学[M].张淑誉译.上海:上海译文出版社,1990:127.

的城市与建筑形象,是引发城市雷同的重要因素之一。特别是现代主义设计思潮下的建筑在形式上提倡简单的几何造型,非圆即方,反对一切任何外在装饰,否定建筑的非规则性、复杂性与文化性,将建筑空间抽象成简单欧氏六面体。尽管这种简化使建筑更适于社会化大生产,适合于二战时期的恢复重建需要,但却将建筑中与自然、环境相通的内在复杂性排除在设计之外,使建筑变得越来越从环境中孤立出来,自言自语,孤芳自赏,以一种同复杂自然相对立的简单姿态存在,并引发世界城市趋同化危机,导致对现代主义建筑思想的无情批判。此后,衍生出了后现代主义、解构主义、地域主义、新现代主义和新乡土主义等一浪盖过一浪的设计思潮,一定程度上缓解了这种千城一面的危机。但是仅仅从设计思潮来解决问题还是显得力不从心,利用科学发展与交叉学科渠道来获取灵感和方法,在瞬息万变的当代变得尤为重要,分形的建筑设计就属于解决趋同危机的交叉创新的新手段和方法。

建筑创新有赖于设计艺术手段的革新,而分形理论恰好为建筑设计提供了前所未有的独特手段。分形建筑与分形艺术一样有着自身独特魅力的表现形式,对分形建筑设计理论与方法进行研究,通过与分形理论的交叉互动促进建筑学科的革新发展,是当代建筑学科发展的需要。

尽管分形理论是只有 30 多年历史的新兴学科,但已经在哲学、艺术、数学、物理、化学、生物学以及地理学和城市规划方面得以应用,也引起了建筑理论界的关注,并且被一些先锋派建筑师尝试性地应用到设计之中。通过对国内外相关资料整理查新,立足于分形理论的基本原理,将其转换到建筑设计理论系统中,探索分形视野下的建筑创作及其方法,这也是萌发分形建筑设计研究的重要原因。

1.2 研究意义

1.2.1 科学价值

艺术源自直觉,科学因借分析,建筑游离于艺术与科学之间,既是艺术,也是科学,因此,建筑与艺术、科学(包括复杂性科学)之间存在着错综与矛盾的复杂关系,它与分形理论之间同样如此,既相互联系,又相互区别;虽各自不同,但相通融合,兼备科学理性与艺术感性特点,因而分形的建筑设计既具有数学思维的科学价值,也具有空间思维的艺术价值。

现代系统论要求建筑设计以城市、街区的整体为基本出发点,着力去把握部分与整体、环境的关联,立足整体,统筹全局,综合地研究城市 and 建筑的发展规律;而分形理论以局部的构成特征去透视建筑整体,与系统论的方法形成互补。分形以建筑的细部为出发点,深入描述其分形特征并得出量化结果,反映建筑、规划的结构模式,

衡量建筑及规划的微观与宏观两方面的合理性和均衡性。因此,分形方法弥补了系统论方法的不足,具有一叶知秋的理性科学价值。

1.2.2 丰富与拓展建筑设计理论与方法

分形理论为建筑设计的创新带来了新的契机,它是基于分形几何的研究大自然复杂形态的一门学科,是对欧几里得几何学局限的补充和拓展,使难以描述不规则自然事物的欧氏几何学内涵大大扩充。分形几何借助数学语言来描述自然界中像树枝、云彩、山脉、海岸线等复杂对象,并且揭示这些复杂形式背后的非线性构成规则与原理,其方法、过程与演绎结果更加贴近自然的真实面目,更能揭示自然界复杂的内在结构。分形在艺术设计领域显示出了独有的艺术魅力,同样,其对建筑设计而言也具有重要的学术价值。

现代建筑设计方法大多建立在“简单而规则的欧几里得几何学”理想准则之上,是基于欧氏几何学图式的建筑设计创造。基于欧氏几何的设计方法追求简洁,建筑设计形态大多采用人类创造的理想几何形体——直线、连续可导的曲线、矩形、圆形,以及六面体、圆柱体、球体等规则形体。客观上讲,基于欧氏几何学的建筑设计符合实用、功能、经济的建筑设计方针,简便易控,并获得了巨大成功,而且也仍旧是建筑设计或者建筑空间的主流。这一点毋庸置疑。

欧氏建筑空间是人类创造的理想形态,纯净且简洁。但与自然界以及混沌分形的非线性设计相比,基于欧氏几何的建筑设计易于出现形态过于简单、缺乏丰度的问题,导致一些建筑过于单调而与自然、城市环境相异。现代主义建筑设计更是强调简单,排斥复杂,将建筑空间抽象和简化成六面体的几何形状,并将建筑中某些与自然、环境相通的内在结构排除在设计之外,使建筑变得越来越从环境中孤立出来,以一种同自然环境相对立的姿态而存在,单调乏味、漠视自然。然而建筑设计不能片面地强调简单性,否定建筑的自然属性,由于大自然是复杂的,建筑也具有与自然同样的复杂属性,所以当代建筑师们不再热衷于纽约岛上一度被人们不断叫好和模仿的方块摩天楼。

分形理论为解决上述问题提供了新思路,具有跨越学科的借鉴与化烦琐为简单的积极意义,它是无序和有序的深层结合,是随机性和确定性的结合,是不可预见性和可预见性的结合,是自由意志和决定论的深层结合,是一种新的建筑设计理论和方法。首先,它启发建筑师重新思考人、建筑、自然三者之间的关系,使其从机械决定论的世界观和非此即彼的思维逻辑中解脱出来,改变长期束缚建筑师创造力的线性思维方式,为建筑师拓展创作视野,发展新的创作理念,更充分地发挥想象力和创造力提供有力的理论基础。其次,分形的建筑设计提供了一种混合确定性和非确定性的量化工具和复杂图形生成方法,丰富与完善了建筑设计的方法体系,拓展了设计构思的广度

和深度,为复杂建筑设计提供了简洁有力的非线性几何语言,也使设计思维方法由线性进展到非线性。它通过简单的途径生成复杂的建筑形态和丰富的空间层次,使建筑融入自然并贴近人性,比较适合于建筑平面、立面、构图和空间、造型设计。再次,通过简单的分形分析或计算,可以对建筑与环境、经典作品、自然生成物之间进行分形比较,以此借鉴优秀设计的精髓,并可以使建筑与环境和谐统一。尽管分形思维在直观性与可操作性上存在不足,并不是直接适合建筑设计而需要一定的建筑化转换,但是这种设计思维可以启发建筑师走出单一的线性思维,为拓展创作视野、发展新的创作理念提供了新的理论基础和思维方法,补充与完善了现代建筑设计理论与方法。

1.2.3 美学价值

当前建筑设计大都是以欧几里得几何为基础的,它所倡导的美学是稳定、对称、均衡、统一与和谐等,而分形美却给人一种新的启迪,属于一种介于不规则性与秩序性之间的美感,在表面的不规则当中隐含了一定的秩序性:因为其层层嵌套与无限精细的层次而产生奇异美和神秘美;因为分形图形并非简单的左右、上下对称,而是整体与局部的对称,形成一种和谐与秩序美;因为其不缺乏细节,抑制了审美的疲劳感,因而是一种全新的美学形式。

对不规则、有机的非线性复杂图式偏好是时代审美的重要特征,而建立在分形美学基础上的不规则性与秩序性的统一是分形建筑的突出特点,使当代建筑形式更接近自然有机体,具有更丰富的层次,从而也具有更丰富与自然化的艺术表现力。

1.2.4 设计评价

分形的建筑评价提供了更科学的评价方法和标准,分形既体现于部分与整体之间,也体现于不同的部分之间,可以由此及彼,可以一叶知秋。通过不同事物的各种尺度之间的对比以及自相似和建筑尺度层级分布的连续性,分析尺度层级的缺失,判别其是否具有自然与人本属性;也可以对建筑进行量化的横向或纵向、同尺度或不同尺度下的分形对比,把存有潜在联系的不同事物直接比较,度量对象间的关系,判断吻合程度,或依据相似对称性判别建筑与环境是否和谐统一,对设计的合理性进行科学的评价。

1.3 国内外研究现状及发展动态分析

分形理论是一门诞生于 20 世纪 70 年代的新兴学科,以一种全新语言描述纷繁复杂的大自然,对传统欧几里得几何以及系统的世界观和方法论带来了强烈的冲击,并被迅速而广泛地应用于不同的学科领域之中。而对建筑领域来说,中外先辈建筑师早

在古代就无意识地应用分形原理建造房屋,通过分形的自相似手法来装饰或造型,塑造自然化、趣味化的建筑空间。但真正将分形理论运用于建筑领域却只有近三十几年左右的时间。虽然分形建筑研究尚处在发展阶段,但是分形已在国内外的建筑设计领域引起了思维观念和设计方法的大变革。一些与建筑设计、城市规划相关的研究,涉及建筑分维数值计算、分形视野下的建筑评判与比较,以及一些运用分形理论的建筑初步尝试。国内外基于分形理论的建筑设计与原理与方法、评价的研究,主要集中在以下三个方面。

1.3.1 关于建筑分形维数计算及分析

有关分形建筑研究最早可以追溯到分形理论创始人曼德布罗特,他率先提出“在建筑学的历史上,密斯·凡·德·罗的建筑是限定比例的,是对欧几里得的回归,而装饰艺术的建筑则体现了丰富的分形特征”^①。孟买印度理工学院工业设计中心的柯提·崔维迪(Kirti Trivedi)认为,在扩展生成、分形方式、递归手法和自相似迭代方面,印度神庙的建造程序和方法与计算机分形图形的形成过程有着惊人的一致性,存留于庙宇墙面上的古印度教圣典就像是各种庙宇建造设计图式,揭示了印度神庙建筑形态与印度哲学之间分形同构关系:印度神庙可以视为一个三维分形模型,一个运用分形几何塑造的庙宇形式,是宇宙分形构成的缩影,并演示了印度卡久拉霍的斯卡霍罗斯神庙分形自相似迭代形成过程^②(图1-1)。

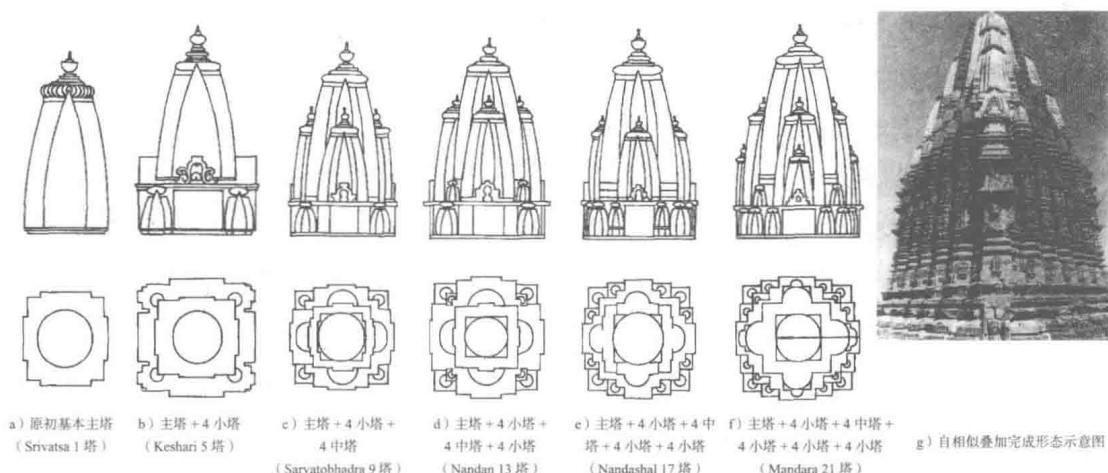


图 1-1 印度卡久拉霍的斯卡霍罗斯神庙分形自相似迭代形成过程(下图为平面,上图为立面)

图片来源: Kirti Trivedi. Hindu temples: Models of a fractal universe[J]. The Visual Computer. 1989, 5(4): 243-258.

① [法]曼德布罗特.分形:形式、机遇和维数[M].文志英,苏虹译.北京:世界图书出版社,1999:1-3.

② Kirti Trivedi. Hindu temples: Models of a fractal universe[J]. The Visual Computer. 1989, 5(4): 243-258.