

本著作受国家自然科学基金资助（项目编号：51278411；51378421）

周庆华◎著



河谷中的聚落

——适应分形地貌的陕北城镇空间形态模式研究

Settlements in the Valleys:

Urban Spatial Patterns in Northern Shaanxi Coupling with
Fractal Landform of Loess Plateau

非外借

中国建筑工业出版社

国家自然科学基金资助（项目编号：51278411；51378421）

河谷中的聚落

——适应分形地貌的陕北城镇空间形态模式研究

周庆华 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

河谷中的聚落——适应分形地貌的陕北城镇空间形态模式研究/周庆华著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 2

ISBN 978-7-112-20217-1

I. ①河… II. ①周… III. ①城镇-城市空间-空间形态-研究-陕北地区 IV. ①TU984. 241

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 004492 号

责任编辑: 石枫华 李 杰

责任校对: 王宇枢 李美娜

河谷中的聚落
——适应分形地貌的陕北城镇空间形态模式研究
周庆华 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

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13 字数: 265 千字

2017 年 8 月第一版 2017 年 8 月第一次印刷

定价: 52.00 元

ISBN 978-7-112-20217-1

(29618)

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)

目 录

第1章 绪论 1

1.1 人居环境问题的反思 2

1.1.1 深层生态学中的人与自然之“道” 2

1.1.2 复杂性科学下的城市研究之“变” 4

1.1.3 小结 6

1.2 研究视角与创新点 7

1.2.1 研究视角 7

1.2.2 创新点 10

1.3 研究缘起 10

1.3.1 地貌条件约束下的陕北人居困境 10

1.3.2 新型城镇化下的陕北城镇发展转型 10

1.3.3 分形视角下的陕北人居研究契机 11

1.4 既往研究及评析 12

1.4.1 国内外城乡规划引入分形理论的研究综述 12

1.4.2 国内外有关分形地貌的研究现状及综述 14

1.4.3 国内黄土高原聚落分布研究综述及启示 15

1.4.4 小结 16

1.5 研究方法 16

1.5.1 分形理论与方法 16

1.5.2 多学科结合 18

1.5.3 调研与分析方法 18

1.6 核心内容及研究框架 18

1.6.1 核心内容 18

1.6.2 研究框架 20

第2章 陕北自然地貌分形特征 21

2.1 陕北黄土高原地貌概况及特征 22

2.1.1 陕北黄土高原地貌概况 22

2.1.2 陕北黄土高原地貌类型划分 23

2.2 陕北黄土高原地貌的分形特征 25

2.2.1 既往研究概述 25

2.2.2 陕北地貌的分形维数特征 26

2.2.3 陕北地貌的图形分形特征 36

2.3 结论 40

第3章 陕北城镇空间形态分形特征 43

3.1	陕北黄土高原人居环境概况	44
3.1.1	区位交通	44
3.1.2	行政区划	44
3.1.3	自然条件	45
3.1.4	资源基础	45
3.1.5	社会经济	46
3.2	陕北城镇体系的分形特征	47
3.2.1	历史演进中的城镇分形特征	47
3.2.2	现状城镇体系的分形特征	56
3.2.3	陕北居民点分形图式研究	67
3.3	陕北城镇空间形态的分形特征	72
3.3.1	城镇用地形态边界的分形特征	73
3.3.2	城镇用地构成结构的分形特征	82
3.4	结论	85
第4章	陕北自然地貌与城镇空间形态的分形耦合关系	87
4.1	分形耦合释义	88
4.2	地貌形态与城镇体系空间结构耦合关系	89
4.2.1	地貌与城镇体系空间的耦合关系	89
4.2.2	地貌与城镇职能及等级规模的耦合关系	91
4.2.3	地貌与城镇体系交通的耦合关系	92
4.2.4	地貌与城镇居民点的耦合关系	95
4.2.5	小结	101
4.3	地貌形态与城镇边界形态的分形耦合关系	102
4.3.1	陕北分形地貌对城镇用地边界构建的影响	102
4.3.2	陕北25个城镇边界形态与分形地貌的关联性分析	104
4.3.3	小结	112
4.4	地貌形态与城镇用地形态的分形耦合关系	112
4.4.1	陕北25个城镇用地形态与分形地貌的关联性分析	112
4.4.2	城镇内部用地构成与地貌关联性分析	116
4.4.3	小结	120
4.5	结论	121
第5章	耦合于分形地貌的陕北城镇空间形态发展适宜模式	123
5.1	总体原则	124
5.1.1	顺应分形地貌	124
5.1.2	合理利用河谷川地	124
5.1.3	张弛有度的空间形态	124
5.1.4	层级明确的空间等级	125

5.1.5	分形连通的交通网络	125
5.2	分形耦合模型构建	125
5.2.1	适应于分形地貌的城镇空间形态指标构建	125
5.2.2	城镇分形耦合数理模型	126
5.2.3	城镇分形耦合形态模式	127
5.3	目标导向下的城镇形态与地貌的分形耦合调控	130
5.3.1	耦合关系识别	131
5.3.2	耦合关系调控	131
5.4	宏观——陕北城镇体系空间发展适宜模式	133
5.4.1	城镇体系分形特征及发展趋势	133
5.4.2	城镇体系空间结构适宜分形维数探讨	133
5.4.3	城镇体系空间结构适宜分形形态探讨	135
5.5	中观——重点城镇空间形态适宜模式	138
5.5.1	城镇空间形态分形特征及现状问题	138
5.5.2	耦合于分形地貌的城镇空间形态基本模式	140
5.5.3	延安、米脂城镇空间形态适宜模式	144
5.6	微观——小流域人居空间形态适宜模式	146
5.6.1	小流域人居聚落空间形态组织	147
5.6.2	马湖峪小流域人居空间适宜形态	147
5.7	基于空间适宜模式的城乡统筹思考	152
第6章	实证研究	153
6.1	空间重构导向下的延安城市空间结构优化	154
6.1.1	城市现状分形特征	154
6.1.2	城镇空间分布特征解读	157
6.1.3	分形地貌对城镇空间的约束作用	158
6.1.4	城镇空间优化的重要问题	159
6.1.5	基于空间重构的延安城市空间适宜模式	161
6.2	“分维绩效”导向下的米脂城镇空间结构优化	163
6.2.1	理论前提：分维绩效作为判定依据	163
6.2.2	研究对象的划定与现状分形特征	164
6.2.3	米脂研究区城乡空间发展构型	167
6.2.4	空间发展构型的分维计算与对比	171
6.2.5	基于分形优化的城乡用地适宜规模与形态探讨	175
第7章	基于分形理论的陕北城镇空间规划方法初探	179
7.1	分形方法介入城市规划设计价值	180
7.1.1	陕北城镇空间发展面临的问题	180

7.1.2 分形思维方法引入城市规划设计的重要意义	180
7.2 分形城市规划设计的体系构成	182
7.2.1 分形规划设计的目标	182
7.2.2 分形规划设计的对象与任务	182
7.2.3 分形规划设计的类型	183
7.3 分形规划设计的主导思想	184
7.3.1 分形元的建构	184
7.3.2 迭代秩序的组织	185
7.4 分形规划设计的方法(程序):构建分形城市形态.....	187
7.4.1 当前城市空间规划设计的主线	187
7.4.2 规划前期:现状研究中加入“分析解构分形肌理”	189
7.4.3 规划中期:方案设计中加入“重构再生分形形态”	190
7.4.4 规划后期:基于分维数据评估的优化调整或方案比选	191
7.5 结语:分形方法与城市规划的关系	192
后记	194
参考文献	196

第1章

绪论

1.1 人居环境问题的反思

人与自然的关系及相处之道，一直是哲学、社会学、人类学、人居环境科学等多个学科聚焦的核心课题之一。对于人与自然关系的理论与实践探究也从未停止。放眼当下，人类赖以生存的自然环境因饱受冲击而不断变化，从全球升温的世纪之难，到物种消逝的悲情之灾，再到水土流失的绿色危机，以及今天穹顶之下的雾霾之问，每一次危机的出现都直指人与自然的相处之“道”。如何在当下的环境问题中自我反思？如何在人类自身的发展过程中保持自然生态的平衡？如何找寻一种恰当的方式，让人类得以诗意地栖居？

对人居环境问题的反思，需要我们从传统营城理念、外部生态思想和内部学科理论等多个角度出发，在反思中找寻人与自然的相处之道，探索学科理论的发展转型。

中国自古以来就重视“天一地一山一水一人”的和谐统一，这种环境整体观影响着传统城市营造艺术，并且反映在山水画等多个艺术领域。如黄公望《富春山居图》，山水连绵，林木茂盛，村舍隐约，浑然一体，营造出中国人心目中理想的山水人居图景；再有柳宗元于永州营造的“八愚”^①，以溪、泉、丘等自然因素为倚靠，布置沟、池、堂、亭等人居要素，蕴含着近水靠山、融于自然的人居智慧。

吴良镛先生提出的人居环境系统模型将自然系统、人类系统、居住系统、支撑系统、社会系统作为统一整体，这就要求城市在营造过程中要始终注重对各类系统的完善，以及对系统间相互关系的处理。现代城市规划理论，包括霍华德的田园城市理论、柯布西耶的明日之城宣言，以及新城市主义、海绵城市等，无不是对上述各类系统的思考与应对。然而，面对经济快速发展、城市急剧扩张所带来的自然生态失衡问题，我们需要回归人居建设与自然的本质关系，从自然角度出发，探索已有的和谐于自然地貌的人居建设智慧，分析既存的城市—自然矛盾，借鉴有效的理论与方法，提出适宜的城市发展模式，为现代人居环境建设及城市规划理论提供有益的建议及补充。

1.1.1 深层生态学中的人与自然之“道”

深层生态学(Deep Ecology)最早由挪威哲学家阿伦·奈斯(Arne Naess)在1973年发表的《浅层生态运动和深层、长远的生态运动：一个概要》一文中提出。根据阿伦·奈斯的阐释，“深层生态学”这一概念是对应于“浅层生态学”

^① “八愚”指《愚溪诗序》中的愚溪、愚丘、愚泉、愚沟、愚池、愚堂、愚亭、愚岛。

而言的。在她看来,当时普遍流行的一系列生态研究及运动,立足于以人类为中心的价值观,是一种将人类与自然二元对立的视角,其所信奉的生态观实则是“取自然以为人用”的狭义、浅层的观念认知。由此,阿伦·奈斯提出将人与自然生物大系统作为统一整体而追求和谐的深层生态学。

雷毅在《深层生态学思想研究》一书中,将浅层生态学和深层生态学做了系统详尽的对比。从自然观的角度来看,浅层生态学将人与自然分而视之,认为人类能够并且应该通过科学手段利用和支配自然。深层生态学则将人与其他生物种群一视同仁,认为人类只是自然构成的部分要素,我们应该出于和谐相处而非攫取利益的目的来尊重自然、服从自然。从经济观的角度来看,浅层生态学主张一切所谓资源都是以是否对人类有益为衡量标准而判别的,只有当环境污染影响到人类经济生产和生活时,才提出保护自然、减少污染。深层生态学则主张自然界存在的资源是所有生物共享的资源,人类经济生产与生活对自然环境造成的污染是对整个生物系统的负效应,应该优先于经济效益来考虑。更重要的是,深层生态学所倡导的经济计划应该至少为百年大计,从更长远角度、从人与自然合而一体的角度,来计划人类世代更迭过程中的可持续利益。从技术观的角度来看,浅层生态学对待环境问题有依赖科学技术的倾向,认为技术是社会变革的决定性因素,通过技术可以将问题不断分解并解决。深层生态学则提醒我们不能过分依赖技术,应该将技术视为可操作的工具而谨防被技术奴役。同时,对于环境问题应持整体观,将人与自然视为有机联系的统一体,这样对问题的认识相较浅层生态学的技术分解更为全面深刻。^[1]

以上对比,揭示出深层生态学对浅层生态学思想中一些根本价值观的质疑与批判。在重新阐释人类与自然相互关系的问题上,深层生态学主张的一切平等、物我相生、谦卑恭敬等观念态度,正与中国传统哲学思想中的“道”家学说暗合。奈斯也曾明确表示:“我所说的‘大我’就是中国人所说的‘道’。”^[2]对于“道”,《道德经》第25章这样描述:“有物混成,先天地生。寂兮寥兮,独立而不改,周行而不殆,可以为天下母。吾不知其名,字之曰道。”第42章继续阐释:“道生一,一生二,二生三,三生万物。万物负阴而抱阳,冲气以为和。”因此,道是先于天地万物的本源。^[3]自然万物中,人类如同一叶一沙一蝼蚁,都是平等众生中的一员。人与自然的并非对立而生,而是物我共存。这正是深层生态学所主张的人与自然和合为一的思想。尽管有关深层生态学的学术观点不尽相同,但从更加本质的层面认知人与自然的联系,无疑具有更积极的意义。

天人合一的思想集中反映了中国传统哲学中有关人与自然关系的探究。《荀子·王制篇》论:“草木荣华滋硕之时,则斧斤不入山林,不夭其生,不绝其长也;尾鳍鱼鳖鳅鰋孕别之时,罔置毒药不入泽,不夭其生,不绝其长也;春耕、夏耘、秋收、冬藏,四者不失时,故五谷不绝,而百姓有余食也;污池渊沼川

泽，谨其时禁，故鱼鳖优多，而百姓有余用也；斩伐养长不失其时，故山林不童，而百姓有余材也。”表明人类对山林植被、鱼虾兽禽等自然造物的索取应恰如其时、恰如其分、恰如其量，不可恣意滥取、无视节制^[3]。《史记》论“夫国必依山川，山崩川歇，亡国之征也。”这样的劝诫强调了人居环境建设需与自然和谐相生的观念。类似的，《黄帝宅经》中认为自然乃“作天地之祖，为孕育之尊，顺之则亨，逆之则否。”可见，中国古代人居思想已经将人与自然的相处之道从初级的建设行为上升至高级的精神象征层面。从顺应自然到敬畏自然，这种对自然环境的高级回归，是发自人类本心的价值取向，是对深层生态学思想的理论支持，也是对浅层生态学的理论批判。可以认为，中国古代传统人居思想正是深层生态学所倡导的价值观念的东方哲学表达。

同时，西方的哲学思想中也有和深层生态学契合的观点与价值取向，它们之间有着深层次的联系与统一。海德格尔在讨论人与自然关系的问题上，提出了天地神人的四化融合：“空明的心境任随外物契入，是人本真地出离到世界中的生存状态，即是说人持守着自己本真之性时，也聚集在物作为自身存在的场所中。这个人成其人、物成其物聚集的场所被道家称为道，被海德格尔称为存在。”^[4]海德格尔在《住居思》中对德国朴素的农家小院与自然和谐相生的场景描绘，充分流露出对于这种顺应天地自然而生养栖息的存在方式的热爱。他在寻求诗意栖居理想图景的过程中，所追求的是人与自然在物质相处和心灵修养上的共同契合。这种融合一体的物我之境，与中国传统道家思想一脉相承，都是深层生态学的理论之源。

站在深层生态学的视角来审视当下，我们的人居环境建设似乎存在诸多不足。城市建设中对原有自然地貌的大型改造、对生态廊道的阻隔、对自然河道的填挖等，都是基于人类中心主义的改造。这种改造对于人类之外的整个自然生物系统而言，是一种外部性的负影响，随着自然环境在负影响下发生变化甚至恶化，将反作用于人类自身。因此，短期看似有利于自身发展的途径，从更长远的角度看实则无益。如果基于道家哲学、深层生态学理论等同源思想，人类作为自然大系统的一员，首先应该放下姿态，与万物平等处之；其次在人居环境建设中，应该将“以人为本”的内涵上升至包含人自身在内的“以自然为本”，适当约束自己对于外部自然界的诸多需求，少一点技术改造倾向，多一些对顺应自然之道的人居智慧的挖掘与应用，最终将自然生态与人文生态合而为一。

1.1.2 复杂性科学下的城市研究之“变”

城市研究的指导思想从来都是受同时代哲学理论的影响。笛卡儿所推崇的还原论认为，复杂事物都是由多个可拆解的简单部分构成，因此，对于事物认知，可以将其还原为简单的基本单元。同时期的城市认知中出现的分解思想、

复杂问题简单化等观念,就是受还原论影响的产物。类似的还有决定论影响下的城市规模之问、二元论影响下的“功能与形式”之争等等。这些哲学理论与城市认知实际上都可以归结于古希腊时期对简单性(Simplicity)的信奉。从泰勒斯的水、德漠克利特的原子与空虚到毕达哥拉斯的“数的和谐”,再从牛顿的“三大定律”到爱因斯坦的“逻辑简单性”原理,人类一直试图将对宇宙万物中复杂性的认知,回溯到对世界本源的寻求,并以此形成还原论的思维方法与简朴性的美学原则。^[5]正是在对简单性的推崇下,涌现了对早期多种城市模型的探索,无论是马塔的带形城市,还是霍华德的田园城市,抑或勒·柯布西耶的“明日之城”,都是简单思维范式下的城市研究。

20世纪中后期,以系统论为萌芽的复杂性科学开始全面兴起,将城市作为复杂巨系统的最新认知也随之逐步形成并受到广泛认可。在系统论、自组织理论、分形理论等复杂性哲学的核心思想下,国内外展开了城市研究的新范式探索,如克里斯托弗·亚历山大(Christopher Alexander)的城市半网络理论、迈克·巴迪(Michael Batty)的分形城市研究、比尔·希利尔(Bill Hillier)的城市空间句法理论、陈彦光的自组织城市研究、吴良镛先生的人居环境科学等。这些研究逐步打开了城市系统的复杂性认知,城市被看作一个开放的、耗散的、相互连通的、能量集结与交换的动态场所。

以克里斯托弗·亚历山大为代表的研究团队(包括尼科斯·A. 萨林加罗斯、S. 伊希卡娃、M. 西尔佛斯坦、M. 雅各布逊、I. 菲克斯达尔-金、S. 安吉尔等核心成员),自20世纪60年代起,即开始在复杂性科学思想的启蒙下对城市建筑环境进行理论模式和实践探索,先后发表文章及著作《城市并非树形》、《建筑的永恒之道》、《建筑模式语言》、《城市设计新理论》等,并实践完成了著名的俄勒冈实验以及位于墨西哥北部的住宅制造。他们的一系列思想与主张正是基于复杂性科学的视角,对传统城市建筑理论进行批判性反思,从复杂性理论的角度重新解读和总结城市建筑空间的适应性设计和建造方法。在《建筑永恒之道》中,亚历山大引入了“道”和“模式语言”的概念来描述城市环境的形成与发展。他认为,一个城市丰富和复杂的秩序是由一个发生系统完成的。这个发生系统是数以万计的个体建造活动,这些个体建造活动并非是简单的部分相加构成城市整体,而是如同人类胚胎发育一般,具有生物分化属性,整体先于并优于部分的集合。^[6]此后,亚历山大的忠实追随者尼科斯·A. 萨林加罗斯(Nikos A. Salingaros)在团队研究的基础上,提出了城市网络理论,并在进一步研究中展开了分形思想下的城市与建筑设计新理论探讨。他在2008年的十二场新建筑理论演讲中,从生物学、心理学、数学等多个角度解读了分形思想与人类自身的渊源。其代表性文章《连接分形的城市》更是对分形思想与理论应用于城市建筑设计的语言转译,文中深刻且直观地揭示出城市作为复杂网络系统的分形属性和空间尺度逆幂律分布属性等。他所总结的城市网络理论和空间连通理论是对适应于分形自然环境与人体尺度的理想城市的一次图景式描画。此

外,巴迪(Batty)和隆利(Longley)也以《分形城市》为代表,以全面系统的理论和技术方法开启了分形城市学的研究高潮。

作为复杂性科学理论分支的分形学,看似是一种人为提出的新理论,实则其研究的“分形现象”一直存在于自然万象,并影响着人类自身的进化过程。国外多位不同领域的学者通过研究认为,人类早期在纯自然的、分形的世界中不断进化,因而其内部组织系统(如心脏、血管、肺部等)和表面感官系统(如视觉、触觉等)都已经适应了分形的外部环境,并且具有接纳和欣赏分形体的倾向。在这一理论支撑下,国外首先掀起了以分形学为视角的城市、建筑、景观研究热潮,从二维的土地利用、天际线、绿地广场,到三维的城市外部空间、山体景观等。分形视角的引入,为传统城市和建筑设计理论带来了新的反思和拓展,无论是对人性尺度的强调、对城市空间尺度的等级连续性与多样性的强调、对具有生物适应性的空间尺度比例的重新研究,还是对人居环境与地域环境相似耦合的提倡,或暗合了新城市主义的核心要义,或佐证了地域性设计的理论价值,且最终指向对城市与建筑设计的开放性探索。

复杂性科学的发展让我们认识到,城市处于时刻变化的、非均衡的环境中,因而其自身也不会自动趋于平衡。城市的形成依靠的是自下而上的演进力量,这种演进过程是数以万计的个体及群体选择和极少数、偶然的顶层决策共同作用而成的。因此,相较于机械系统,城市更趋近于生物性系统。这一系统是开放的、基于演进过程的产物,而非整体设计的结果。复杂性科学对城市认知与研究的影响从最初的系统论到半网络理论及网络理论,再到后来的自组织理论、拓扑学下的城市类型化研究,再到今天的分形城市研究,无论是理论的发展还是技术方法的支撑,都使得城市建筑研究领域不断外延,城市研究的范式也从简单系统转型为复杂非线性系统,并逐步向复杂网络化系统转变。由西方兴起并带动国内展开的复杂性城市理论研究,是对传统机械主义、功能至上、简单性信条的反观与批判,开启了城市研究范式之“变”。这种城市研究之“变”是复杂性科学的不断发展演进所带来的契机。在学科交叉研究的21世纪,引入新的理论与视角进行城市研究转型的探索与尝试,是整体科学发展之趋势,也是人居环境学科发展之未来。

1.1.3 小结

人居环境问题是一个伴随人类发展的永恒话题之一,对于它的诸多探讨也将伴随着理论与技术的发展而继续。然而,无论是深层生态学的思想启示,还是复杂性科学的理论支撑,都引导着我们对当下的人居环境问题进行批判性反思和变革转型的尝试。对于人居与自然的认识也将在一次次反思与变革的浪潮中得到淬炼,从而为人居环境的建设、为人类自身存在的方式找到更加明晰的方向与指引。

1.2 研究视角与创新点

1.2.1 研究视角

陕北地区有着深厚的黄土堆积,具有鲜明的地貌独特性,是中华文明最重要的发源地之一。在过去漫长的岁月里,陕北城镇呈现出相对稳定的发展状态。然而,在近年来快速城镇化的现实背景下,城镇面临着发展方向、产业转型等各个方面的问题。已有研究证实,陕北千沟万壑的流水地貌形态具有典型的分形特征。因此,以分形理论为研究视角,基于分形地貌对陕北城镇空间形态进行剖析与优化,可以得到不同视角下的新认识,对陕北城镇与地貌问题有更深刻的理解。

分形理论由美籍数学家本华·曼德布罗首先提出,是用分数维度的视角和数学方法描述和研究客观事物。分形(Fractal)也叫碎形,曼德布罗将这一概念定义为:一个粗糙或零碎的几何形状,可以分成数个部分,且每一部分都(至少近似地)是整体缩小后的形状。^[7]分形思想最初起源于数学界对于“无限”、“循环”的探索,如卡尔·魏尔施特拉斯、格奥尔格·康托尔、费利克斯·豪斯道夫等学者的研究。著名的“康托尔集”(图1-1)是乔治·康托(Georg Cantor)于1877年绘制的首个人工分形图形。它的形成是通过不断裁剪掉一条线段的中间三分之一段而得到在长度上越来越短但数量上越来越多的子线段,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。《易传·系辞上传》中的“易有太极,是生两仪,两仪生四象,四象生八卦”与“康托尔集”图式有相通之处,可见分形认知实则早已存在于东西方的文化之中。



图 1-1 康托尔集

分形理论是描述客观世界复杂巨系统更加真实与科学的方法,是非线性科学的三大支柱(混沌理论、分形理论和孤立子理论)之一。分形理论的研究对象主要是现实世界真实而复杂的不规则形态,这种不规则形态广泛存在于宏观与微观的大千世界之中,如河流水系、树枝叶脉、西兰花等(图1-2),它们的局部

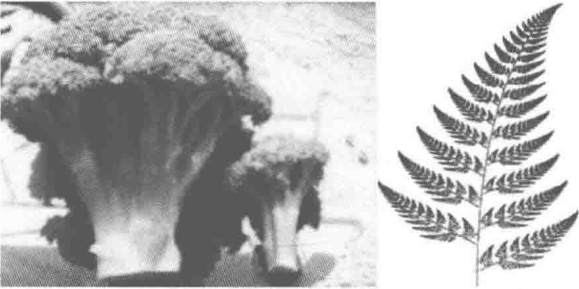


图 1-2 生活中的分形体

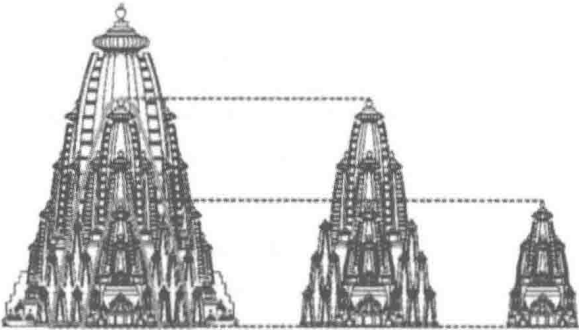


图 1-3 印度神庙中的自相似特征

(来源: Yannick Joye. A review of the presence and use of fractal geometry [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2011(38): 814-828)

放大后仍然具有与整体相似的丰富细节。在《非洲分形：现代计算模拟与本土设计研究 (African Fractals: Modern Computing and Indigenous Design)》一书中，Ron Eglash 教授总结了分形几何的五大主要特征：递归 (Recursion)、尺度 (Scaling)、自相似 (Self-similarity)、无限性 (Infinity)、分维值 (Fractal Dimension)。“递归”主要是指图形生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” (图 1-3)。“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 Koch 雪花模型一类严密绘制下的人工分形图形所体现的“精确自相似 (Exact Self-similarity)”和海岸线一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-similarity)” (图 1-4、图 1-5)。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。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。^[8]

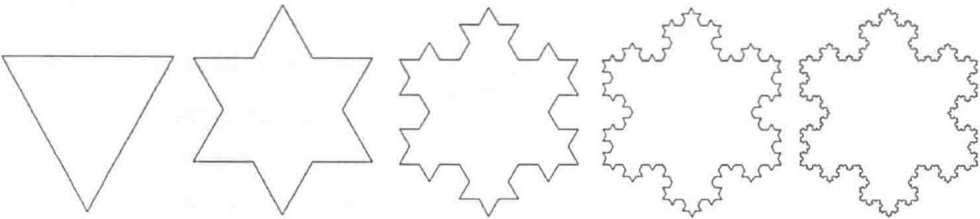


图 1-4 KOCH 雪花模型示意

(来源: Koch. On a continuous curve without tangents, constructible from elementary geometry [M]. 1904)

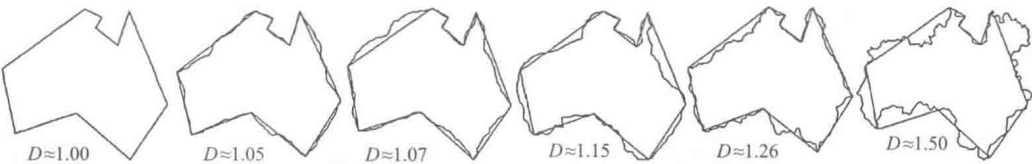


图 1-5 澳大利亚海岸线模拟

(来源: 改绘自 Batty M, Longley P A. Fractal Cities [M]. London: Academic Press, 1994)

虽然起源于数学,但从直观的图形角度来看,分形在本质上实则是一种混沌自组织、从无序到有序的动态变化过程(图 1-6)。如同细胞的有机分裂与融合,分形自组织过程是基于简单的变化法则(或规律)和一套内部可循环的反馈机制,从最简单的形式不断嵌套、迭代,从而形成越来越复杂的、可以自由无限循环下去的系统,这一系统具有复杂性、非线性、相似性等特征。应该说,分形系统不仅存在于空间的维度,也存在于时间的维度,生物体的繁殖这一自相似迭代正是时间维度的分形现象。从自组织角度出发,分形的规划语义就是一种符合自然有机规律的、自下而上的自组织机制,如同中世纪的城邦聚集、现当代的自然乡村聚落的演化过程等。

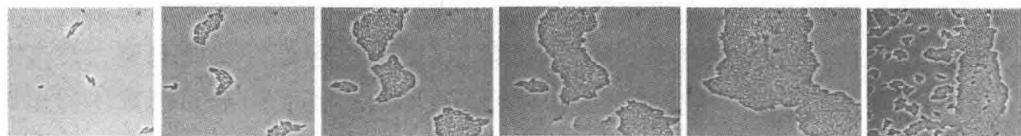


图 1-6 分形的自组织本质图示

(来源:原始数据来自 BBC 纪录片《The Secret Life of Chaos》)

陕北地区典型的黄土高原地貌,沟谷众多、地形破碎,呈现典型的枝状结构(图 1-7),具有明显的分形几何特征,生长于其中的人居环境也与地貌紧密相连。基于此,陕北黄土高原分形地貌所包含的生态安全格局也往往被认为是符合大自然生长规律的安全状态。然而,由于河谷川道的地貌限制,陕北经济快速发展背景下的城市扩张带来土地资源紧缺的现实问题。近年来,陕北一些新的城市用地大规模向河谷空间侵蚀,甚至采用跳跃式的新城建设发展模式,这些活动逐渐改变着地貌环境,也导致各种城市问题日益凸显。

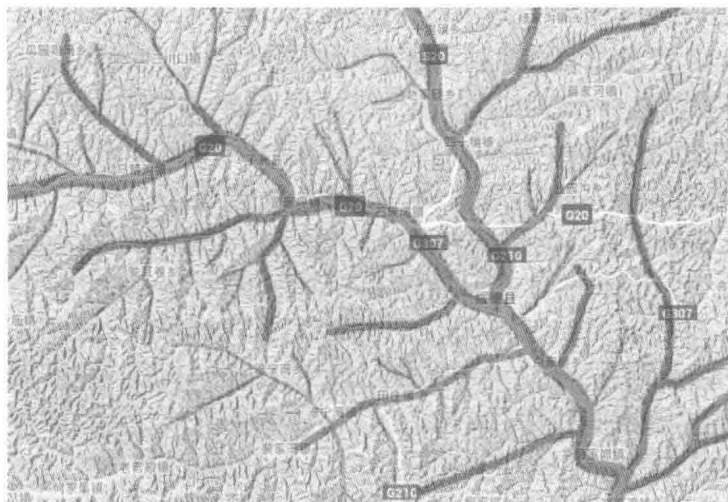


图 1-7 陕北绥德地区地貌分形特征示意

陕北城镇体系是非线性的复杂系统,分形理论对揭示城镇体系的分形特征、认知城镇空间的自组织规律、了解掌握城乡结构特征及演化规律有重大的理论

意义和实践价值,可作为城镇规划理论、方法的扩展与支撑。

课题将基于分形理论及方法,发掘陕北分形地貌与数个城镇空间形态的耦合特征。通过计算分析,尝试建立分形耦合模型,提出适宜于地貌的合理发展模式,以期对未来陕北地区的城镇发展提供一定的理论指导,也希望为其他类似的特殊地貌区城镇发展提供借鉴。

1.2.2 创新点

(1) 将分形理论引入陕北地貌与城镇空间的关联研究

引入分形理论并进行陕北城镇空间发展研究,突破仅仅在分形体系内进行独立研究的方法,首次将地貌分形与城镇空间分形进行耦合关联研究,深度解读二者的分形特征,揭示城镇空间发展与分形地貌的关联机制及规律,提出和谐于分形地貌的城镇空间分形模型。

(2) 基于分形理论的陕北城镇空间形态模式与规划方法研究

融入分形理论的新视角,建立与陕北地貌相适应的城镇空间形态模式,进而对城镇空间体系和个体城镇发展提出规划引导。在此基础上,探索城镇空间规划方法的分形理论融入路径,拓展人居环境科学相关理论的研究视野。

1.3 研究缘起

1.3.1 地貌条件约束下的陕北人居困境

陕北是我国 21 世纪重要的能源基地,拥有丰富的煤炭、石油、天然气和岩盐等资源。根据《榆林市矿产资源规划(2008~2015 年)》统计,矿产资源 8 大类 40 种,潜在经济价值 40.6 万亿元,约占全省的 95%,约占全国的 30%。2000 年以后,随着市场经济不断成熟,全国的城镇化进程普遍加快,得益于能源产业的陕北黄土高原丘陵沟壑区也逐步进入了快速城镇化阶段,城镇空间不断扩张,超大规模的工业组团群和新城镇应能源而生。

然而,许多现有城镇受制于稀缺的土地资源,呈现出上山建城的发展态势。这些依赖人工技术突破特殊地貌制约的大规模建设行为,给相对稳态与和谐的人地关系带来突变性冲击,使得原本脆弱的生态安全格局进一步受到威胁,带来许多地质灾害、环境荒漠化等问题。

1.3.2 新型城镇化下的陕北城镇发展转型

2014 年 3 月,我国颁布了《国家新型城镇化规划(2014~2020 年)》,重点