

复杂网络理论视角下城市空间活力测度与规划导控研究

Research on Urban Spatial Vitality's Measuring and Planning Regulation from the Perspective of Complex Network Theory

束方勇 赵万民 王鹤梅 SHU Fangyong, ZHAO Wanmin, WANG Hemei

摘 要 针对现代城市空间活力缺失问题,相关研究已经初步证实复杂网络与空间活力的关联性,但是这一关系的具体空间表征机制尚不明确。通过复杂网络结构属性与活力形态的作用关系探讨,发现城市空间活力的3项构成规律:节点集聚与混合引致高密度多样化功能、路径连接与可达构成关联性街道体系、尺度分形与交互塑造宜人空间环境。应用“空间—活力”相关性测度模型,以重庆市中心城区12个空间单元为研究对象进行形态推演,分析活力值与复杂网络耦合关系,证实了空间活力生成机制的合理性。根据分析结果,提出城市活力空间设计导控路径,包括空间多元属性认识、路径非线性层级构成、空间场所互动关联设计3个方面,并展开行为活力机制、时间演变规律等角度的后续研究探讨,以期对当下我国城市多维信息叠加的活力营建有所借鉴。

Abstract Facing the shortage of spatial vitality in modern cities, relevant studies have confirmed the relationship between complex networks and spatial vitality, but the specific presenting mechanism of this relationship is still not clear. According to the discussion on the relevance between complex network's structure and vitality form, this paper discovers three principles of urban spatial vitality, including gathered and mixed nodes causing functions' intensive diversification, connecting networks constituting accessible street systems, and fractal and interactive scale shaping pleasant space. Based on these principles, it builds up a correlation test model of space and vitality, takes 12 downtown spatial units of Chongqing as the research objects, and applies the morphological deduction method to analyze the coupling relationship between vitality value and complex network, confirming the rationality of the spatial vitality's generating mechanism. According to the conclusions in the test, the paper puts forward the regulatory paths of urban vitality space design, including attribute understanding of spatial diversity, the nonlinear and layered paths' constitution, and the interacting design of spaces. Meanwhile, the paper carries out the follow-up research from the perspectives of behavioral vitality mechanism and vitality evolution disciplines, to inspire the current construction of dynamic urban space in a multi-dimensional information environment.

关 键 词 城市空间活力;复杂网络理论;形态测度;规划导控

Key words urban spatial vitality; complex network theory; morphological measuring; planning regulation

文章编号 1673-8985 (2025) 02-0121-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. supr. 20250216

作者简介

束方勇

江苏科技大学土木工程与建筑学院 讲师,博士
shufangyong1026@126.com

赵万民

重庆大学建筑城规学院 教授,博士生导师

王鹤梅

中国人民解放军32228部队21分队 工程师

随着我国城乡规划与建设逐步趋向人本需求引导的精细化转型调整,城市空间活力作为展示人与建成环境关系的核心现象而日益受到重视。不同于经济活力或社会活力概念,城市空间活力是“一种基于城市空间形态影响下的、丰富而有趣味的城市生活与城市活

动”^[1],既是城市空间特色与地方文化风貌的集中呈现,也是提高城市吸引力、促进发展要素集聚的重要驱动力。然而当前按照“宽马路、大街区”模式建设的现代新城大多无法提供像老城区那样丰富多彩、充满烟火气的生活场景,活力困境已经成为制约城市发展的主要

矛盾之一^[2]。

从简·雅各布斯对美国现代主义城市活力缺失问题的批判开始^[3]，西方城市空间活力研究先后涌现出环境行为学、场所精神、可步行性等一系列理论成果^[4-6]，新城开发与旧城更新实践推动紧凑空间、混合功能、中小尺度等原则取代功能分区与车行路网，成为激发城市空间活力的主要因素^[7-9]（见图1）。国内相关研究借鉴国外经验，提出街道可达性、建设强度与建筑形态、功能混合度等空间活力基础^[10]，构建公共空间、街道、滨水绿地等场景的活力生成机制^[11-13]，并结合智能环境的规模化、精细化数据优势，探讨大尺度建成环境与人群活力的耦合作用关系^[14-15]，初步形成以空间形态为主体的理论与规划思路。

随着空间研究的深入，部分学者如克里斯托弗·亚历山大^{[16]216}、尼科斯·萨林加罗斯^{[17]110}逐渐认识到活力在本质上与空间复杂性相关联：城市空间活力中丰富而积极的人际交往活动，体现为人的运动路径和节点在一定空间范围内达到足够的密集程度，相互激发生成空间活力；而路径和节点组合的多元本质充满着无序与变化，是一个复杂的有机网络。简言之，复杂网络是城市空间活力的物质基础。然而从城市设计语境理解，复杂网络的空间活力关联机制尚不明确。尽管相关研究已经提出诸如连通路径、行为链接、网络关系、分形特征等机制^{[18]90}，但是此类网络结构研究尚未与紧凑、混合等空间活力营造方法相关联，未能建立起复杂网络理论反馈城市设计的回溯映射路径^①。基于此，本文展开探讨复杂网络理论视角下城市空间活力生成机制，将复杂网络结构特征提炼为空间形态原则，通过“空间—活力”相关性测度模型检验机制合理性，并从城市设计管控层面总结提出现代城市空间活力规划提升途径。

1 理论构建：城市复杂网络与空间活力生成机制

1.1 城市复杂网络理论内涵解读

亚历山大指出，自然生长的城市形态由

于交叠、模棱两可、多重性等特征，能够容纳更加多元的社会活动内容，“代表一个更密集、更紧密、更精细和更复杂的结构观点”^{[18]91}，即半网络形结构。在此基础上，萨林加罗斯提出复杂网络理论，将城市空间结构模拟成网络，以空间要素为网络节点，相互之间通过最优可达性路径连接而形成网络的边线^{[19]79}。这种“节点—路径”结构通过宏观与微观尺度分异形成层级系统，在形态演化进程中构建城市复杂网络（见图2）。“高度组织的复杂性是富有活力城市环境的基本特性”^{[18]91}，复杂网络中多元变化的节点与路径在层级架构中提供社会活动开展的基础环境，有助于个体行为在空间中叠加，推动形成城市空间活力。本文根据相关研究，提取节点集聚与混合、路径连接与可达、尺度分形与交互3项复杂网络理论内

涵，剖析其对城市空间活力的促进机理。

1.1.1 节点集聚与混合：要素密度及其类型差异

复杂网络中节点要素的集聚与混合是空间活力生成的首要条件。根据邻接效应，一定空间内个体数目或密度增加，必定出现邻接个体之间的相互影响；当节点要素聚集到一定程度，必然带来不同要素间的相互关联、作用和适应性演化，推动复杂网络构建和空间活力生成。同时集聚的节点往往需要差异化类型的混合才能产生相互作用，节点混合布局能够利用业态互补性在有效距离内达成链接，促进要素从必要性活动向非必要性活动演化。因此城市复杂网络中类型相异的空间要素之间能够引起的物质交换和信息交流远多于同质化空间要素。

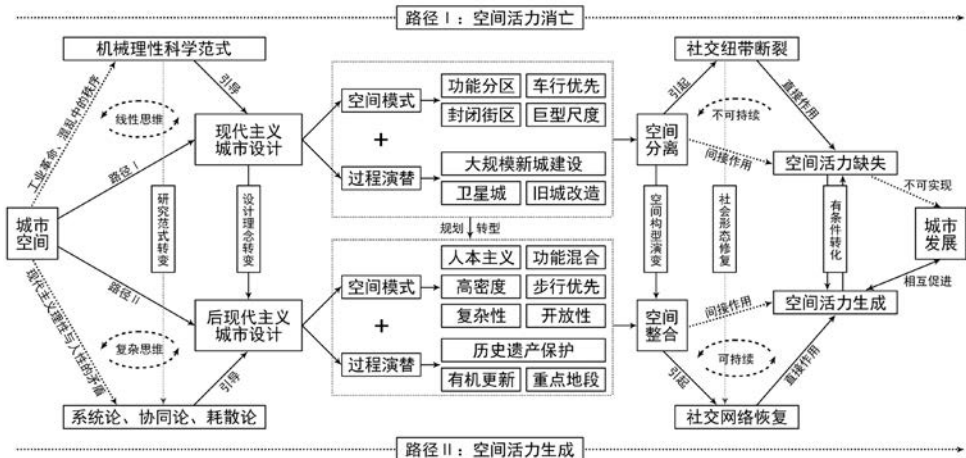


图1 城市空间活力规划演变机理
Fig.1 Evolvement mechanism of urban spatial vitality planning

资料来源：笔者自绘。

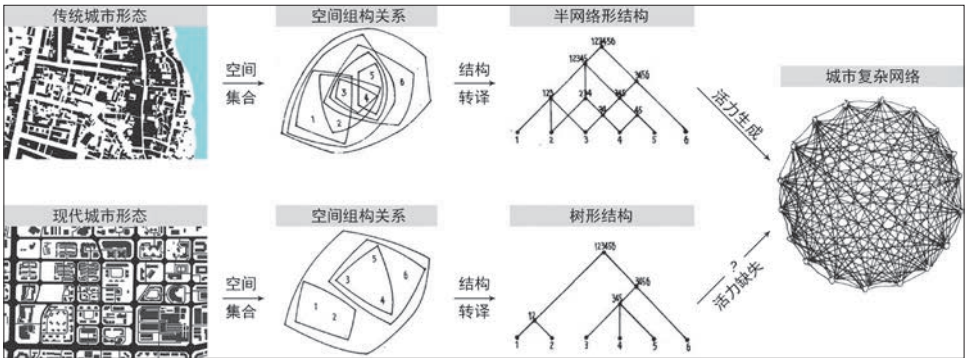


图2 城市形态类型：树形、半网络形和复杂网络
Fig.2 Urban form types: tree, semi-lattice and complex network

资料来源：笔者改绘自参考文献[16]210，[17]136。

注释：① 既有城市空间活力设计研究仍属于经验主义范畴，缺少从复杂网络本质展开的探讨。

1.1.2 路径连接与可达:数量阈值与关联网络

节点之间的多样化联系汇合为路径,进行相互间活力连接与传导作用。复杂网络理论提出,城市自组织演化过程存在路径连接数量的临界阈值。初期受自上而下规则影响而主动构建少量关联路径,当路径数量达到一定临界值后,城市将由人工形态向自组织形态演化,自动生成复杂性秩序并重现活力^{[19]90}。在后续演化过程中,路径会在不同维度持续生长,形成“连接有序、层次明晰,具有分形特征的多维网络结构”^{[19]91}。这种高可达性连通网络“将现有的各类要素组合在一起”,为节点之间的活力作用提供物质基础,“包容并支持新的发展”^{[19]98}。

1.1.3 尺度分形与交互:结构逆幂律分布法则

城市网络是小尺度空间在演化进程中不断关联、组构与进化,建立更高尺度空间而形成的复合层级结构,其在各个尺度层面上均呈现分形特征,即宏观与微观尺度空间具有相似的形态组合方式和性质内容,“较小的模块可以连接组合成为更大的模块,进而形成模块集群”^{[18]91}。分形结构的尺度分布呈逆幂律特征,具体来讲,复杂网络中个体尺度相差悬殊,大多数个体的尺度规模很小,而少数个体的尺度规模很大,个体等级越高则越不均衡。由前文路径数量阈值规律可知,当小尺度个体数量持续增长并达到临界值,大多数个体将自动被连接起来,从而排除空间阻隔,建立多样化交互关系,激发城市空间活力。

1.2 城市空间活力生成机制构建

复杂网络的节点—路径—尺度理论内涵引导城市空间活力构建生成机制。本文将其总结为节点集聚与混合引致高密度多样化功能、路径连接与可达构成关联性街道体系、尺度分形与交互塑造宜人空间环境3个方面,对应建设强度、功能多样性、街道可达性、建筑尺度、开放空间界面等设计原则(见图3)。

1.2.1 集聚混合表征:高强度建设与功能互补叠合

城市设计语境中,复杂网络的节点集聚特征可采用建设强度指标表征,高强度建设地区

建筑分布密集,城市服务设施完善,在此基础上的人口集聚可以产生相应功能需求和社交活动。一方面,人与人之间的行为联系在空间集聚的物质基础上得以生成。另一方面,节点混合特征以城市功能的多样、互补、叠合为典型表现,不同类型的功能在同一空间中共存并对接联系,相互之间的适应性作用促使功能边界逐渐模糊,形成交叠、融合的空间业态。功能混合能够催生新的要素,从原有业态中生长出全新的活力组织形式,带动复杂空间的正向演进。

1.2.2 连接可达表征:致密路网的关联形态架构

路径连接与可达特征以等级分明、数量丰富、可达性高的城市街道为表征主体。根据路径连接数量临界值规律,精细、随机且数量庞大的步行路径是连接城市空间节点并激发活力的主体要素。城市设计应破除封闭式街区规划思维,着力提高步行街道数量,推动车行—步行—分层互动的致密路网架构,同时提高主要道路线形的延伸关联效能,强化街道网络可达性。路径不仅为节点之间的连接提供实体结构,同时也将社会生活通过路径空间融入城市复杂网络,即街道本身也能提供有意义的交往空间。人行道、咖啡座、流动商铺等街头空间通常也是富于交往活力的社会场景,在日常行为互动中建立场所意义。总体来讲,街道连通性越高、空间交往价值越显著,城市社会行为

就越能得到激发,丰富空间活力构成。

1.2.3 分形交互表征:宜人尺度与空间互动环境

复杂网络的尺度分形特征及其逆幂律分布法则表明,占据主导数量的小尺度空间是构成大尺度格局的必要条件。人性化、小尺度的街道和建筑不仅充实了空间内容,更能以多样性吸引行人驻足停留,从而产生人与人之间的行为互动过程。一方面,宜人的尺度营造要求街道或广场遵循小尺度原则^[20],根据人观察和使用活动的生理特征改善空间构成,街道不宜过宽,街廓长度不宜过长,空旷处应以景观分隔,形成适宜人们休闲游憩的空间。另一方面,各尺度空间并非单纯结构意义的点和线,而是实体空间,人在实体空间中运动时会与空间界面产生交互行为。空间界面的开放意味着在其边界创造出更多的活力激发点,促进内外部关联要素流动,使人与界面之间产生积极的联系。以街道界面为例,店铺、小区出入口、街头绿地等具有比围墙高得多的活力表征,可以增加街道使用功能和连通路径,产生更多的社会交往活动。

至此,本文基于复杂网络的节点—路径—尺度理论内涵,提出一种复杂空间活力生成机制(亦可称为假设):由集聚与混合功能、高可达性街道连接和中小尺度交互空间所构成的城市形态能够有效生成社会交往活力,后文对

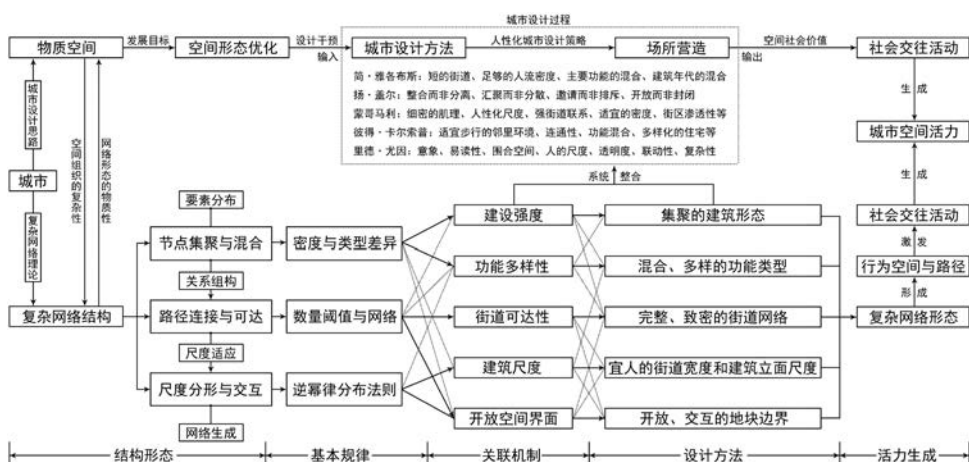


图3 复杂网络视角下城市空间活力生成机制

Fig.3 Urban spatial vitality generating mechanism from the perspective of complex network

资料来源:笔者自绘。

此展开验证和讨论。

2 假设验证：“空间—活力”相关性测度模型

2.1 技术路线

笔者尝试构建以空间形态测度和群体活力测度2个模块为主体的复杂空间活力生成机制检验技术路线。其中,空间形态测度模块表征复杂网络视角下城市空间的构成形式,体现“空间”的活力;群体活力测度模块利用热力地图开放数据表征真实的人群活动分布状况,反映“人”的活力。两者的相关性分析可检验复杂空间活力生成机制对真实活力分布的耦合优度,进而判断其合理性。

2.1.1 空间形态测度模块

城市空间形态测度指标体系以活力机制为基础,利用AHP层次分析法形成指标集并赋予权重。指标体系包括功能集聚与混合、街道可达性、空间尺度与界面3个层次,以及容积率、功能点类型等7项指标(见表1)。要素评估结果按对空间活力的贡献值从高到低分为5级,加权后形成地块复杂空间活力指数;各地块指数以面积为权重加权求得整体评估结果。

2.1.2 群体活力测度模块

移动电子设备的定位信息由运营商捕捉后汇总形成热力地图,反映城市人群活动与分布状况,是真实活力的有效载体。本文以百度热力地图为基础,截取某一时间节点的热力分布数据并转译至GIS平台,将群体活动热度与地块耦合,形成与空间形态测度一致的评估环境。

2.1.3 相关性检验

利用Pearson相关模型分析空间形态和群体活力之间的关系。Pearson相关模型是用来分析2个变量是否存在线性相关关系的模型,计算公式为:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

式中: r 表示Pearson相关系数, $0 < |r| \leq 0.1$ 时为微弱相关, $0.1 < |r| \leq 0.3$ 时为低度相关,

$0.3 < |r| \leq 0.5$ 时为中度相关, $0.5 < |r| \leq 0.8$ 时为高度相关, $0.8 < |r| < 1$ 时为显著相关, $|r|=1$ 则表示完全相关; n 表示参与计算的样本数量, x_i 表示自变量的变量值, $\bar{x}$ 表示自变量的均值, y_i 表示因变量的变量值, $\bar{y}$ 表示因变量的均值。

2.2 评估对象

在重庆主城区内环核心部分^②选取12个

1 km×1 km的网格片区,编号为A-L,包括商业商务中心、混合社区、现代住区、科研园区等类型,其空间形态构成与活力分布状况反映出城市空间发展的显著差异性(见表2),是较为完整的城市复杂空间活力研究样本集合。

2.3 评估结论

2.3.1 评估数据分析

经过空间形态测度、群体活力测度和

表1 空间形态测度指标体系
Tab.1 Index system of morphology measuring

目标层(A)	准则层(B)	要素层(C)	含义	权重	趋向
复杂空间活力指数(A)	功能集聚与混合(B1)	容积率(C1)	单位用地面积上的建筑面积	0.15923	+
		功能点类型(C2)	用地范围内的兴趣点(POI)类型数量	0.30462	+
	街道可达性(B2)	路网集成度(C3)	车行与步行网络的空间句法集成度	0.11989	+
		交叉口密度(C4)	地块周边交叉口数量与用地面积的比值	0.09473	+
		街道宽度(C5)	地块周边街道的平均宽度	0.07462	-
	空间尺度与界面(B3)	建筑立面密度(C6)	地块沿街建筑立面数量与周长的比值	0.05154	+
		开放度(C7)	地块开放性边界与周长的比值	0.19537	+

注:“+”代表正向指标,其数值变化与空间活力目标达成呈正相关;“-”代表负向指标,其数值变化与空间活力目标达成呈负相关。

资料来源:笔者自制。

表2 研究片区活力空间特征
Tab.2 Research areas' vitality and space characteristics

编号和名称	活力空间特征	肌理平面图	编号和名称	活力空间特征	肌理平面图
编号A 解放碑	市级商务与商业中心、历史核心地段,商业办公设施齐全,密集格网型空间形态。活力观察等级:高		编号G 余松路	现代居住区形态,方格网道路、小区模式,建筑以高层住宅为主,入住率较高。活力观察等级:一般	
编号B 观音桥	市级商业副中心,功能业态丰富多元,以主干道为轴组合构成活力中心地段。活力观察等级:高		编号H 云龙大道	现代住区形态,方格路网,高层住宅,配套设施完善,但尺度巨大,人性化空间不足。活力观察等级:较低	
编号C 大礼堂	行政与历史文化中心,行政、文化功能与社区混合发展,路网呈山地自由式布局。活力观察等级:一般		编号I 光电园	以电子、医药研发为主的科研园区,路网完善、街区尺度适宜,但功能类型单一。活力观察等级:低	
编号D 南坪	以居住功能为主的混合社区,方格路网体系,多层与高层住宅建筑混合布局。活力观察等级:较高		编号J 海峡路工业区	工业区与居住区以高速路为界南北分布,在功能、密度、开放性方面存在显著差异。活力观察等级:低	
编号E 沙坪坝	以居住、教育功能为主的混合片区,多层与高层住宅混合布局,自由路网体系。活力观察等级:较高		编号K 格力工业区	以工业为单一功能的片区,格网道路系统,街区尺度巨大,地块封闭,居住人口较少。活力观察等级:低	
编号F 石油路	现代居住区与旧住宅、工厂混合布局,空间异质性较强,路网密度较低。活力观察等级:一般		编号L 磁器口	以古街为主轴的传统形态,空间尺度宜人、街巷密度高,文化氛围浓厚,商业完善。活力观察等级:高	

资料来源:笔者自制。

注释: ② 重庆市内环中心城区功能业态和人群活动高度发育,城市活力是在空间形态影响下长期发展的结果,可避免人口入住率和片区发展阶段对测度结果的干扰。

Pearson相关性分析,各片区评估数据如表3所示。

城市空间形态测度数据显示,解放碑(A)、观音桥(B)、南坪(D)片区呈现高度活力形态,沙坪坝(E)、余松路(G)呈现中高度活力形态,大礼堂(C)、云龙大道(H)、石油路(F)片区空间活力中等,光电园(I)、海峡路工业区(J)、格力工业区(K)、磁器口(L)空间活力较低^③。

群体活力测度截取2023年10月14日(星期六)16:00百度热力地图开放数据,反映各研究片区真实的活力分布状况,解放碑、观音桥等商业中心活力高于南坪、沙坪坝等以居住功能为主的混合城区,余松路等现代住区活力尚可,而光电园、海峡路、格力工业区活力处于低值区段,人际交往行为较为缺乏。

Pearson相关系数经测算为0.631,表明空间形态值与群体活力值为高度相关关系,证实了研究提出的理论假设:由节点集聚混合、路径连接可达、尺度分形交互构成的复杂空间活力生成机制可以促进形成城市网络复杂性,进而推动社会活力发展。

2.3.2 空间活力分布格局分析

各片区空间活力分布格局规律性特征较为显著,总体看来,高密度、多样化、开放的复杂片区活力指数高于低密度、低可达性、大尺度封闭的单一片区,前者以解放碑、南坪、余松路为典型,后者以石油路、光电园、海峡路为典型(见图4)。空间活力分布规律总结如下:

(1) 商业商务中心活力指数显著高于其他片区,同一片区内部商业功能集聚的道路交叉口和综合体地块空间活力也显著高于其他地块。商业商务作为城市服务设施的核心板块,具有强大的集聚作用,可在资源聚集的基础上进一步引导要素流动,产生活力规模扩张效应。

(2) 格网形态活力普遍优于自由形态,密集格网空间活力普遍优于大尺度格网。大礼堂、南坪、沙坪坝一组数据表明,相同功能与密度条件下自由式形态的活力值明显低于格网形态。同时解放碑、南坪等道路密集地段活力值高于云龙大道、光电园等大尺度街区地段,

现代格网道路由于缺乏支路系统而未能很好发挥正交网络高连通度对活力的促进作用。

(3) 现代住区空间模式的密度、可达性优

势与尺度、开放性劣势并存。以功能分区、格网道路、高层住宅为主要特征的现代住区模式,一方面利用高密度集聚效应为城市活力发展提供

表3 指标测度结果
Tab.3 Indexes' measuring results

编号	空间形态值	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	群体活力值
A	4.09	4.21	4.46	3.97	3.60	3.13	3.14	4.32	4.27
B	3.75	3.65	4.03	4.02	2.85	2.85	3.18	4.17	3.84
C	2.84	3.19	3.01	1.84	1.88	3.71	3.14	2.96	2.56
D	3.59	3.48	3.41	4.92	2.48	3.15	3.78	3.78	3.61
E	3.08	3.22	3.23	2.68	2.11	3.26	3.41	3.31	3.02
F	2.66	3.72	2.18	2.99	1.53	3.25	2.54	2.70	2.56
G	3.16	3.69	2.40	4.99	2.10	2.67	3.15	3.48	3.19
H	2.87	3.68	2.59	2.24	1.49	2.70	3.11	3.68	2.54
I	2.54	2.67	1.81	4.60	2.70	2.95	1.98	2.20	2.34
J	2.53	2.71	2.00	4.38	2.12	3.25	2.20	2.11	2.35
K	2.17	2.17	1.51	4.90	2.05	2.74	1.75	1.46	1.91
L	2.54	1.63	2.43	2.21	2.50	3.76	2.52	3.20	1.86

注: Pearson相关系数为0.631;相关等级为高度相关。

资料来源:笔者自制。

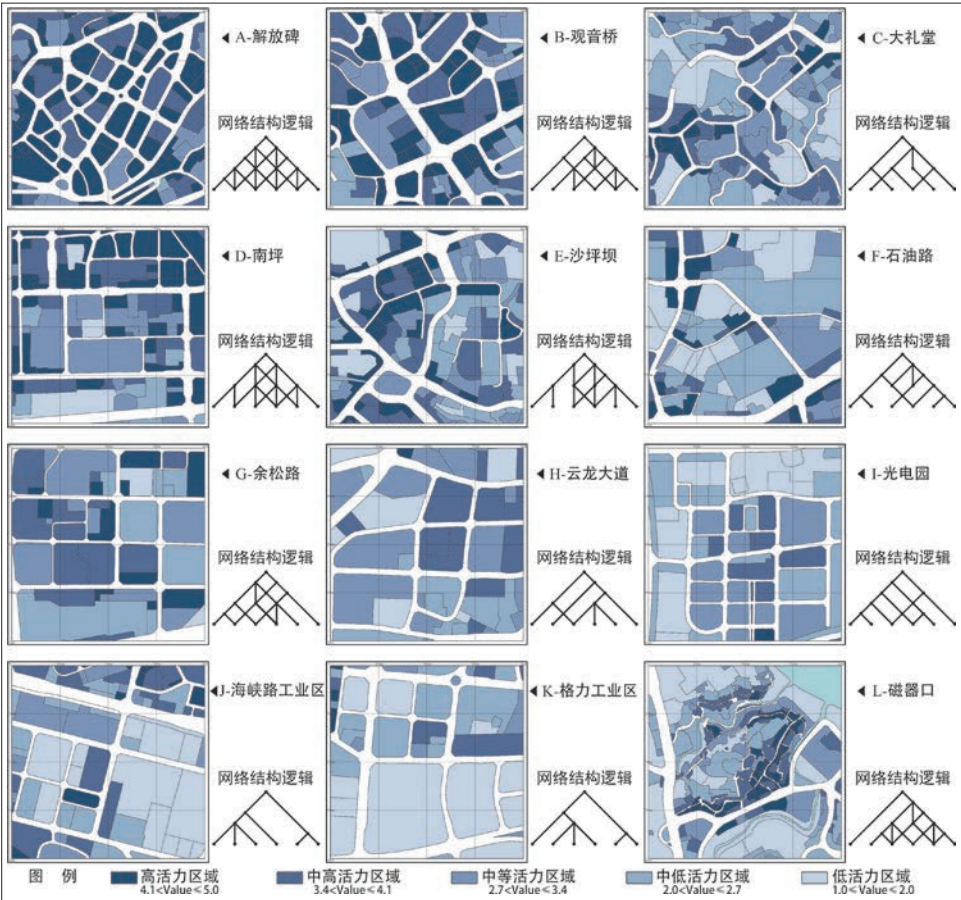


图4 空间形态测度结果分布图
Fig.4 Distribution of morphological measuring results

资料来源:笔者自绘。

注释: ③ 磁器口古镇部分活力评估值较高,但由于研究范围包括江滩和山体,因此整体值偏低。

人口和功能支持,另一方面在格网道路支撑下形成高可达性,促进总体活力指标趋好。但是街道尺度过大,空间品质较低,封闭小区开放度不如混合城区,限制了活力的自组织生成。

(4) 片区内部活力空间分布呈现异质性现象,大礼堂、南坪等混合城区高活力地段向道路两侧聚集,活力空间以街道为主;余松路、云龙大道等现代住区高活力地段向综合性功能地块聚集,活力空间以城市综合体为主,体现出2种空间模式的活力组织差异。

(5) 传统空间形态在激发活力方面相较于现代城市确有优势,体现为空间复杂性的差异,即由多样化的功能、较高的街道密度、细致的尺度、开放性等因素构成空间的多元化,使得社会生活的复杂性得以生成和呈现。城市设计宜在既有新城形态基础上,融入传统活力空间特征,促进新城复杂活力网络生长。

3 应用实例:城市空间活力规划导控路径

城市是具有“许多小尺度结构及其含糊领域”的多层次复杂网络,活力也源自这种复杂环境下人们生活的积累^{[18]93}。因此城市设计需从复杂网络视角认识城市空间构成特征,以节点多元属性、路径连接效能、尺度分形特征的复杂空间构型应对日益丰富的现代社会需要。

3.1 节点多元属性:从复杂网络视角认识活力空间多样性

3.1.1 城市组团的功能多样性布局

宏观层面城市设计宜以组团为单位实现建筑集聚与功能混合布局,适度提高用地容积率和建筑密度指标,商业、公共设施、科研空间与居住区复合布置,形成便利的生活环境。以笔者参与的重庆九龙新城规划设计为例,方案以“一谷三城”核心结构集聚智慧科技、休闲商务、山水宜居等多元化功能业态,并以生态绿轴串接开放空间,塑造主题明确、规模适宜、集聚混合的组团空间(见图5)。

3.1.2 活力街区的混合业态供给

中观层面活力街区的多样性体现为业态供

给的混合特征。街区是居民日常生活的基本单元,也是空间活力生成的主要场所,多样化混合并适度冗余的业态供给形成一种环境对功能可供性的提示,吸引人们产生必要性或自发性活动,在社会行为交织过程中生成街区活力和吸引力。日常商业服务、工作与通勤、游憩、文化与节庆活动等多元业态构成街区主体,规划应适度提高建筑与业态布局密度,在活跃的使用功能中促进活力生成及其自组织演化。

3.1.3 建筑景观的包容价值特征

微观层面建筑景观空间要素的多样化对人们交往活动具有显著的促进作用。首先建筑形态应适度混合,不同体量、高度、年代的建筑组合形成适宜的簇群规模,以便差异化社群相互关联,从而激发交往行为。在街道、广场等微观空间中,城市家具、景观小品、茶座以及立面装饰、门窗等建筑细节可以有效提升空间复杂性,丰富人们的视觉感知效果。

3.2 路径连接效能:基于非线性逻辑的可达性路径构成

3.2.1 城市路网系统的层级化管控

现代城市等级分明的车行道路网络实质上是以线性逻辑为主的树形结构,尽管能够有效连接远距离节点,但无法提升作为网络主体的短距离日常通行效能。城市设计应以非线性

逻辑进行可达性路径层级管控,提高小尺度随机路径比重。车行层面优化快速路、主干路等远距离关联路径,而适应日常出行需求的次干路、支路则可与步行空间相结合,塑造富于生活气息的街道;步行层面统筹整合道路、住区、公建、绿地等区域的步行空间,最大限度提高步行路径数量,构建高可达性步行网络,维持微观层面城市复杂网络的畅通性。

3.2.2 街道致密肌理的可达性规划

从网络形态角度,城市设计宜以细密的道路网络和开放式街区为基础形成复杂多元、高可达性的肌理形态。道路网格尺度宜控制在100—250 m之间,增加支路系统,形成肌理致密、选择多样化的街巷网络,有利于增强城市的交通可达性和街区开放性。以九龙新城为例,城市组团肌理按功能类型差异分为100 m、150 m、200 m、250 m等4种模块,分别对应商业商务区、科创园区、休闲居住和高新技术生产等功能模块,设计匹配相应建筑形式,形成小街区、密路网的高连通度模式(见图6)。

3.2.3 末端步行路径的精细化营造

步行路径作为城市复杂网络的连接末端,宜采用精细化思路整合路径构成,营造高品质步行系统。城市设计应通过增加步行路径数量将街区内部交通资源、绿地资源和服务设施与城市共享,由此形成的精细化网络提供了多样

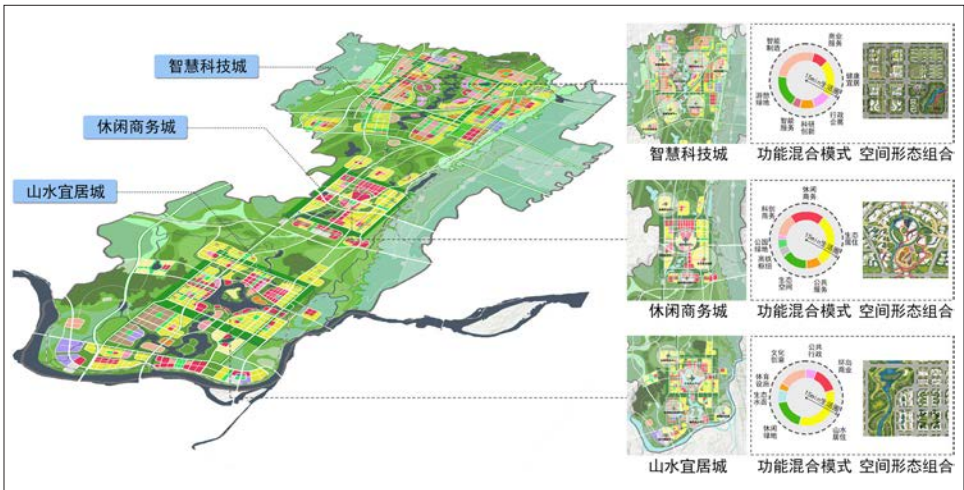


图5 城市功能复合布局:重庆九龙新城案例

Fig.5 Urban functional composite planning: a case of Jiulong, Chongqing

资料来源:笔者根据《重庆九龙新城战略发展规划》项目资料绘制。

化关联路径,引发积极的步行行为^[21]。步道设计注重与建筑和自然环境的融合,通过起伏、开阖、转换等手法营造特色节点。步行与车行系统的衔接应根据场地条件采用天桥或地下通道保持连贯性,以人为本地改善步行环境。

3.3 尺度分形特征:以活力互动行为主导宜人空间塑造

3.3.1 活力导向的公共空间类型拓展

公共空间是复杂网络的微观层级,其“场所”意义是激发城市空间活力不可或缺的基础。复杂活力空间设计应以人的尺度构成形态分形基础,发挥人与空间的互动关联作用。首先应以活力为导向拓展交往空间数

量与类型,不仅利用商业街、广场等传统公共空间塑造活力形态,同时注重口袋公园、街头绿地等深入人们日常生活的场所设计。在街道中适当改变线性形态和建筑布局,创造开放的微型街头广场,并配置休闲座椅和餐饮等服务设施,空旷处利用带状绿植和铺地划分出适合居民活动的小型空间,体现街头广场的日常生活服务价值。

3.3.2 景观要素人性化尺度优化

街道与广场景观设计可以参考历史街区的空间组织方法,丰富建筑立面构成,以商业和公共服务设施代替围墙,增加空间界面开放度。商业建筑立面宜以5—8 m的尺度设计,给行人产生持续而合理的兴趣点刺激。完善街道

绿化设施,利用乔灌木和景观设施限定形成高宽比为1:1—1:2的步行空间。鼓励增加公共座椅,按每100 m布置8—14个的密度布局^[22],并与绿植、雕塑、喷泉等结合布置^[23],改善场所品质,提升空间活力节点效能等级。

3.3.3 建筑环境活力场景融合组构

在城市中心区大型公共空间设计中,建筑与外部环境通常进行整合性构思,通过线性景观互动关联,营建一体化活力环境。以笔者参与的海南省东方市滨海片区商务区城市设计为例,方案以水系为底、立体步道为脉串接金融中心、展览馆、商务广场等节点,草坪、喷泉、树阵等景观适应交通流线,具有良好可达性,街区以开放界面与周边城市形成延续和呼应关系,城市空间活力在建筑环境互动中生成(见图7)。

4 结论与讨论

当代城市设计学科正逐渐朝精细化、品质化方向发展,城市空间活力营造是提升建筑与城市品质、活化人居环境的有效途径。本文将复杂网络理论引入空间活力研究领域,初步探索基于复杂网络的城市空间活力测度与规划导控路径,主要内容有3方面:(1)从复杂网络理论角度提出空间活力生成机制,包括节点集聚与混合、路径连接与可达、尺度分形与交互3个方面,将抽象的活力复杂性转译为具体空间设计方法;(2)通过空间形态与群体活力相关性测度,检验复杂空间活力生成机制的合理性,并分析活力空间分布的基本规律;(3)提出城市空间活力规划导控路径,构建复杂多元、包容共享的城市设计原则,剖析微观空间设计的人性化方法和活力场景建设途径,对新时期城市空间品质提升具有一定的参考价值。

结合复杂网络要素多样性和变化性特点,研究还可在活力与行为耦合机制、空间活力演变规律等方面深入探索:(1)城市空间的复杂性通过激发人群交往行为而生成活力,这一过程中城市复杂网络构成与群体行为的耦合规律尚不清晰,个体行为通过自组织方式

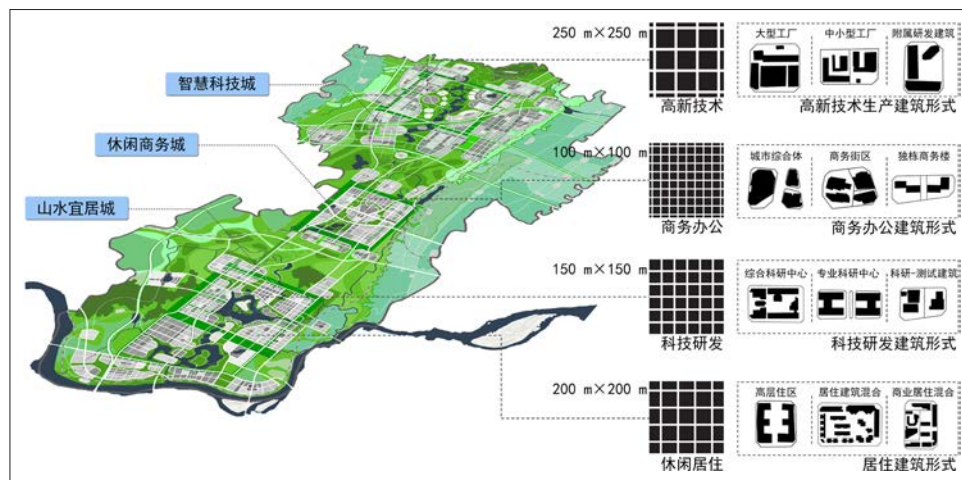


图6 致密空间肌理模式:重庆九龙新城案例

Fig.6 Dense spatial texture pattern: a case of Jiulong, Chongqing

资料来源:笔者根据《重庆九龙新城战略发展规划》项目资料绘制。



a 城市商务区平面图



b 复合立体步道系统

图7 建筑环境一体化活力营建模式:商务区规划案例

Fig.7 Vitality's building-environment integrated construction model: a case of business district planning

资料来源:笔者根据《东方市滨海片区概念性规划及城市设计》项目资料绘制。

构成群体活力的具体过程有待研究深入分析；
(2) 本文研究区域均为位于活力高度发育的中心城区，基于同一演变过程的空间活力测度结论具有较高的可信度，但是空间活力历时性演变规律尚缺少讨论，后续研究应从多个时间节点持续观察城市空间活力变化情况，提炼演进特征和影响因素，进而对城市规划设计实践形成应用指导价值。■

参考文献 References

- [1] 叶宇, 庄宇. 新区空间形态与活力的演化假说: 基于街道可达性、建筑密度和形态以及功能混合度的整合分析[J]. 国际城市规划, 2017 (2): 43-49.
YE Yu, ZHUANG Yu. A hypothesis of urban morphogenesis and urban vitality in newly built-up areas: analyses based on street accessibility, building density and functional mixture[J]. Urban Planning International, 2017(2): 43-49.
- [2] 王建国. 包容共享、显隐互鉴、宜居可期——城市活力的历史图景和当代营造[J]. 城市规划, 2019 (12): 9-16.
WANG Jianguo. Inclusiveness and sharing, explicit and implicit mutual learning, livability predicted: historical prospect and contemporary creation of urban vitality[J]. City Planning Review, 2019(12): 9-16.
- [3] 简·雅各布斯. 美国大城市的死与生[M]. 金衡山, 译. 南京: 译林出版社, 2020.
JACOBS J. The death and life of great American cities[M]. JIN Hengshan, translate. Nanjing: Yilin Press, 2020.
- [4] 扬·盖尔. 交往与空间[M]. 何人可, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
GEHL J. Life between buildings[M]. HE Renke, translate. Beijing: China Architecture & Building Press, 2002.
- [5] 诺伯舒茨. 场所精神: 迈向建筑现象学[M]. 施植明, 译. 武汉: 华中科技大学出版社, 2010.
NORBERG-SCHULZ C. Genius Loci: towards a phenomenology of architecture[M]. SHI Zhiming, translate. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2010.
- [6] 王嘉琪, 吴越. 美国现代城市设计的起源、建立与发展介述[J]. 建筑师, 2018 (1): 67-73.
WANG Jiaqi, WU Yue. An introduction of urban design in modern America: its origin, establishment and development[J]. The Architect, 2018(1): 67-73.
- [7] MOURATIDIS K, POORTINGA W. Built environment, urban vitality and social cohesion: do vibrant neighborhoods foster strong communities?[J]. Landscape and Urban Planning, 2020, 204: 103951.
- [8] GARAU C, ANNUNZIATA A. A method for assessing the vitality potential of urban areas: the case study of the metropolitan city of Cagliari, Italy[J]. City, Territory and Architecture, 2022, 9: 7.
- [9] NEDERHAND J, AVELINO F, AWAD I, et al. Reclaiming the city from an urban vitalism perspective: critically reflecting smart, inclusive, resilient and sustainable just city labels[J]. Cities, 2023, 137: 104257.
- [10] 叶宇, 庄宇, 张灵珠, 等. 城市设计中活力营造的形态学探究——基于城市空间形态特征量化分析与居民活动检验[J]. 国际城市规划, 2016 (1): 26-33.
YE Yu, ZHUANG Yu, ZHANG Lingzhu, et al. Designing urban spatial vitality from morphological perspective - a study based on quantified urban morphology and activities' testing[J]. Urban Planning International, 2016(1): 26-33.
- [11] 王林森, 郑重, 周素红, 等. 基于街景感知的城市空间品质对空间活力的影响作用研究[J]. 规划师, 2022 (3): 68-75.
WANG Linsen, ZHENG Zhong, ZHOU Suhong, et al. The impact of spatial quality on spatial vitality from the perspective of public perception[J]. Planners, 2022(3): 68-75.
- [12] 罗文静, 方可, 吴啸, 等. 以活力为导向的第三空间城市设计模式研究——以武汉为例[J]. 城市规划, 2023 (7): 64-75.
LUO Wenjing, FANG Ke, WU Xiao, et al. A study on urban design of the third places oriented at urban vitality: taking Wuhan as an example[J]. City Planning Review, 2023(7): 64-75.
- [13] 王斐, 赵渺希. 城市滨水空间的活力测度及影响因素检验[J]. 中国园林, 2023 (3): 66-71.
WANG Fei, ZHAO Miaoqi. The analysis of the vitality measurement and correlation factors of urban waterfront space[J]. Chinese Landscape Architecture, 2023(3): 66-71.
- [14] 塔娜, 曾屿恬, 朱秋宇, 等. 基于大数据的上海中心城区建成环境与城市活力关系分析[J]. 地理科学, 2020 (1): 60-68.
TA Na, ZENG Yutian, ZHU Qiuyu, et al. Relationship between built environment and urban vitality in Shanghai downtown area based on big data[J]. Scientia Geographica Sinica, 2020(1): 60-68.
- [15] 宣蔚, 姚宇超, 赵力伟, 等. 多源数据视角下城市建成环境对城市活力空间分布的影响机制[J]. 科学技术与工程, 2023 (26): 11349-11363.
XUAN Wei, YAO Yuchao, ZHAO Liwei, et al. The influence mechanism of urban built environment on the spatial distribution of urban vitality from the perspective of multi-source data[J]. Science Technology and Engineering, 2023(26): 11349-11363.
- [16] 克里斯托弗·亚历山大. 城市并非树形[J]. 严小婴, 译. 建筑师, 1985 (24): 206-224.
ALEXANDER C. A city is not a tree[J]. YAN Xiaoying, translate. The Architect, 1985(24): 206-224.
- [17] 尼科斯·萨林加罗斯. 城市结构原理[M]. 阳建强, 程佳佳, 刘凌, 等译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
SALINGAROS N. Principles of urban structure[M]. YANG Jianqiang, CHENG Jiajia, LIU Ling, et al, translate. Beijing: China Architecture & Building Press, 2011.
- [18] 童明. 城市肌理如何激发城市活力[J]. 城市规划学刊, 2014 (3): 85-96.
TONG Ming. How urban fabric can help sustain the vitality of cities[J]. Urban Planning Forum, 2014(3): 85-96.
- [19] 肖彦, 孙晖. 如果城市并非树形——亚历山大与萨林加罗斯的城市设计复杂性理论研究[J]. 建筑师, 2013 (6): 76-83.
XIAO Yan, SUN Hui. If a city is not a tree: a comparative study on urban complexity theories between Alexander's and Salinger's studies[J]. The Architect, 2013(6): 76-83.
- [20] 周梦茹, 魏寒宾, 边兰春. 街道空间步行环境测评研究——以北京什刹海历史文化街区为例[J]. 上海城市规划, 2021 (3): 74-80.
ZHOU Mengru, WEI Hanbin, BIAN Lanchun. Research on evaluation of walking environment on streets: a case study of Shichahai Historic Scenic Area[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2021(3): 74-80.
- [21] 东方勇. 三峡库区城市设计的空间环境适应方法研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2022.
SHU Fangyong. Research on physical environment's adaptive methods of urban design in the Three Gorges Reservoir Area[D]. Chongqing: Chongqing University, 2022.
- [22] 黄丹, 戴冬晖. 生活性街道构成要素对活力的影响——以深圳典型街道为例[J]. 中国园林, 2019 (9): 89-94.
HUANG Dan, DAI Donghui. Effect of living street's elements on vitality - taking typical streets in Shenzhen as an example[J]. Chinese Landscape Architecture, 2019(9): 89-94.
- [23] 王悦, 姜洋, 韩治远. 面向提升新城活力的步行系统规划策略研究——以上海市嘉定新城中心区为例[J]. 上海城市规划, 2017 (1): 80-87.
WANG Yue, JIANG Yang, HAN Zhiyuan. Pedestrian system planning strategies for enhancing the vitality of new towns: a case study of Central Jiading New Town, Shanghai[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2017(1): 80-87.