

doi:10.3969/j.issn.1672-4348.2020.05.005

福州三坊七巷传统聚落形态空间层级量化分析

周丽彬

(福建工程学院 建筑与人居环境研究所,福建 福州,350118)

摘要:以福州市三坊七巷传统聚落为例,空间句法建构可视化聚落形态纬度定量分析模型,从凸空间分析、轴线分析、视域分析等角度,解析传统聚落结构网络系统。通过计算分析全局整合度、连接度、平均深度和控制度等定量指标参数,揭示三坊七巷的院落形态、街道形态和聚落形态的空间层级、组织层级、活力层级等特征,以寻找福州三坊七巷传统聚落形态空间层级特征规律,为现代建筑继承传统聚落空间特征提供可行性策略。

关键词:城市形态;空间句法;空间层级;三坊七巷;院落

中图分类号: TU-8

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2020)05-0432-07

Quantification analysis of space hierarchy in traditional settlements of Three Lanes and Seven Alleys District in Fuzhou City

ZHOU Libin

(Research Institute of Architecture and Human Settlements, Fujian University of Technology, Fuzhou 350118, China)

Abstract: A case study was conducted of the Three Lanes and Seven Alleys District in Fuzhou City. Space syntax helps to construct a visual settlement morphological latitude model for quantitative analysis. Analysis of the traditional settlement structure network system was conducted from such aspects as convex space analysis, axial analysis and viewshed analysis. By calculating and analyzing the quantitative parameters such as global integration degree, connectivity, mean depth and control value, the characteristics of the Three Lanes and Seven Alleys were revealed, such as the courtyard form and the street network, together with the spatial level, organization level and vitality level of the settlement form, so as to search for the spatial hierarchical characteristics of the traditional settlement form of Three Lanes and Seven Alleys in Fuzhou and provide a feasible strategy for modern architecture to inherit the spatial characteristics of traditional settlements.

Keywords: urban morphology; space syntax; space hierarchy; Three Lanes and Seven Alleys; courtyards

传统聚落是历史印记的活化石,地域文化的传承者。学者们对传统聚落形态研究一直集中在专项研究、类型研究和建筑历史领域研究,关注聚落空间物质形态的有机实体模式,以及物质形态与非物质形态之间关联性研究^[1],偏向定性研究,以文字、图片来分类传统聚落类型、规模、形成规律、内在法则、文化内涵和地理特征等。直到近年,传统聚落研究才加入量化技术,逐渐转向定量

研究,如利用拓扑理论、分形理论等知识,用空间句法、社会网络分析等技术手段,建构可视化量化模型,计算解析量化参数,从网络数据化角度来关注传统聚落形状、组成、结构、模式、组织、关系系统等定量化、科学化、可视化空间分析。^[2] 本文将三坊七巷传统聚落作为一个空间网络构造系统来研究,建构聚落形态维度的量化模型,用可视化的空间句法(Space Syntax)参数指标来解析庭院、合

收稿日期: 2019-11-05

基金项目: 福建工程学院科研启动基金项目(GY-Z19125);福建省中青年教师教育科研项目(JAT190423);福建工程学院科研发展项目(GY-S18112)

作者简介: 周丽彬(1981—),女,讲师,博士,研究方向:空间分析与建模、城市定量分析。

院、坊巷街道、坊巷街区、传统聚落等空间网络特征、层次结构和网络系统组构,以寻找与聚落及其演化形状一致的空间层级特征规律,从而传承和发扬传统聚落独特的空间形态特征。

一、研究对象

三坊七巷传统聚落位于福建省福州市,其雏形初见於魏晋时期,孕育于唐末至宋,成熟于两宋,鼎盛于清代与民国时期。现存的传统聚落占地约40多万 m^2 ,尚存古建筑约270座,被誉为“明清古建筑的活化石”。^[3]三坊七巷传统聚落基本保持了明清民国时期的空间形态特征,呈现出三纵(坊)七横(巷)空间结构^[4],南北向的南后街为中轴,把整个聚落划分为东片区和西片区。西片区称为“三坊”,即衣锦坊、文儒坊、光禄坊,东片区称为“七巷”,即杨桥巷、郎官巷、塔巷、黄巷、安民巷、宫巷、吉庇巷。

二、研究方法

空间句法^[5]是由英国伦敦大学比尔·希利尔(Bill Hillier)教授提出的量化分析技术,也是以拓扑理论为基础的空间分析方法。该空间分析法在研究过程中忽略研究物体的长度、角度、形状等物理特征,仅仅关注物体之间的连续性和连接性。^[6]该方法系统阐述了一种建立在“图底分析”“关联耦合分析”和“社会分析”综合基础上的城市设计分析方法和社区空间分析方法。^[7]

(一)空间句法转译建构量化模型

本文利用空间句法分析方法,选取三坊七巷传统聚落的院落形态、坊巷街道形态、传统聚落形态为研究对象。基于可见的空间感知分析,根据空间句法转译法则,将传统聚落“大尺度”空间分割为一系列“小尺度”空间,庭院、合院、坊巷街道、坊巷街区、传统聚落,通过Axwman、Depthmap计算机软件平台建构拓扑结构关系图,从而建立院落形态、坊巷街道形态、聚落形态等空间句法量化模型。从凸空间分析、轴线分析、视域分析等角度计算分析全局整合度(integration, HH)、连接度(connectivity, C)、平均深度(mean depth, MD)和控制度(control value, CV)等指标,以此比较分析聚落内部的空间网络特征、坊巷街区的尺度和坊巷街道模式以及院落空间层级性变化规律,从而探索隐藏在聚落形态背后的隐性空间层级关系。

(二)空间句法量化参数指标

空间句法中常用的量化参数指标有全局整合度、连接度、平均深度和控制度。本文的全局整合度量化参数指标主要用来研究传统聚落空间便捷性,连接度量化参数指标主要用来研究传统聚落空间可及性,平均深度量化参数指标主要用来研究传统聚落空间层级丰富性,控制度量化参数指标主要用来研究传统聚落空间控制性。

1. 全局整合度

全局整合度表示该点于整体系统中的便捷程度。^[8]它是传统聚落空间便捷性重要指标参数。在传统聚落空间中,整合值越大表示此路段比其他路段更具活力,人流更容易在此聚集。其计算公式如下:

$$\text{Integration}[HH]_i = \frac{2(MD_i - 1)}{n - 2} \quad (1)$$

全局整合度值大小反映了传统聚落中某个空间的凝聚力,衡量了该空间吸引人流、车流、物流到达此处的交通潜力。它用蓝色到红色之间不同冷暖色分布轴线图预示聚落中出行人流密度大小。^[9]全局整合度越高的空间,表示该空间在传统聚落中可达性就越高,交流效率越高,各节点与整个聚落空间系统的紧密程度就越高;反之,则可达性越低,交流效率就越低,各节点与整体系统紧密度就越低。

2. 连接度

连接度表示与某节点直接邻接其他节点的个数,即该节点的“临接个数值”。它是传统聚落空间可及性指标参数。其计算公式如下^[8]:

$$C_i = K \quad (2)$$

式中, K 即为与点 i 的连接数目。连接度值大小反映了传统聚落空间节点的可及性,衡量了该节点的空间渗透性。它用蓝色到红色之间不同冷暖色分布轴线图预示着聚落中出行人流可及性大小。 C 值越高,越接近暖色调,表示传统聚落中的此空间可连接到其他路段越多,可及性越高,空间渗透性就越好。反之越接近冷色调, C 值越低,空间可及性就越低,空间渗透性就越差。

3. 平均深度

平均深度值表示传统聚落系统中某个节点到其他所有节点的最短路程(即最少步数)的平均值,即该点所居位置的便捷度之比较值。它是传统聚落空间层级丰富性指标参数。其计算公式如下:

$$MD_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n-1} \quad (3)$$

平均深度值大小反映了传统聚落中某空间的便捷性和空间层级丰富性。它用蓝色到红色之间不同冷暖色分布轴线图预示聚落中空间的便捷性和空间层级丰富性。MD 值越高,越接近暖色调,表示传统聚落中的该点便捷值越差^[8],从起始点到该点的路径空间就比较曲折、复杂,那么该点空间层级丰富性就越强。反之越接近冷色调,MD 值越低,该点便捷值越高,该点空间层级丰富性就越弱。

4. 控制度

控制度表示一个自由空间到达另一个相邻自由空间的难易程度,是一个动态局部度量值。^[10]它是传统聚落空间控制性指标参数。若传统聚落系统中每个节点的权重都是 1,则某节点 a 从相邻节点 b 分配到的权重为 $[1/(b \text{ 的连接值})]$,那么与 a 直接相连的节点的连接值倒数之和,就是 a 从相邻各节点分配到的权重,被称为 a 节点的控制值^[11]。其计算公式如下:

$$CV = ctrl_i = \sum_{j=1}^K \frac{1}{C_j} \quad (4)$$

控制度大小反映了传统聚落中节点之间相互控制程度,衡量了该聚落空间组织层级。它用蓝色到红色之间不同冷暖色分布轴线图预示聚落中空间控制性程度。CV 值越高,越接近暖色调,传统聚落中节点之间相互控制的程度性就越强,空间组织性就越好。反之越接近冷色调,节点之间相互控制的程度性就越弱,空间组织性就越差。一般控制度大于 1 表示强控制,小于 1 表示弱控制。

三、三坊七巷传统聚落空间层级特征

(一) 形态空间层级特征

三坊七巷传统院落主要满足居住功能要求,它的形态受到家庭和宗族的影响,在空间组织上形成以厅堂为中心组织院落,宽敞的通廊、厅堂贯穿全宅院的特征。^[12]比较典型的传统院落形态有廊院、纵向生长式院落、纵横生长式院落和园林围合式院落等。

根据空间句法原理建构三坊七巷传统院落形态凸空间图,利用 Depthmap 软件视域法建构传统

聚落二维院落可视视野系统模型,分析比对不同类型院落的连接度、控制度与平均深度,解析不同院落的空间层级和人活动空间层级的关系。

在廊院、纵向生长式院落、纵横向生长式院落及园林围合式院落等传统院落中,厅堂、官式园林、庭院等空间为连接度最大值集中分布区,见图 1 红色区域。连接值越大,空间的可达性越大,聚集的人流就越多。回廊、走道等空间为较大连接度值分布区,靠近厅堂、院落的卧室连接度值次之,而后院的连接度值最低,可达性最弱。同时传统院落还呈现出较明显纵向红色中轴线,依次布置着入口门厅、前庭院、前厅堂、中间庭院、中间厅堂、后庭院、后厅堂。中轴线越接近红色调,说明连接度值越高,可达性越高,人流聚集度就越高。可见传统院落空间特征是以厅堂、庭院为凝聚中心,形成明确的中轴线。传统院落中,厅堂空间层级大于庭院、走道空间层级,庭院、走道空间层级又大于卧室空间层级。

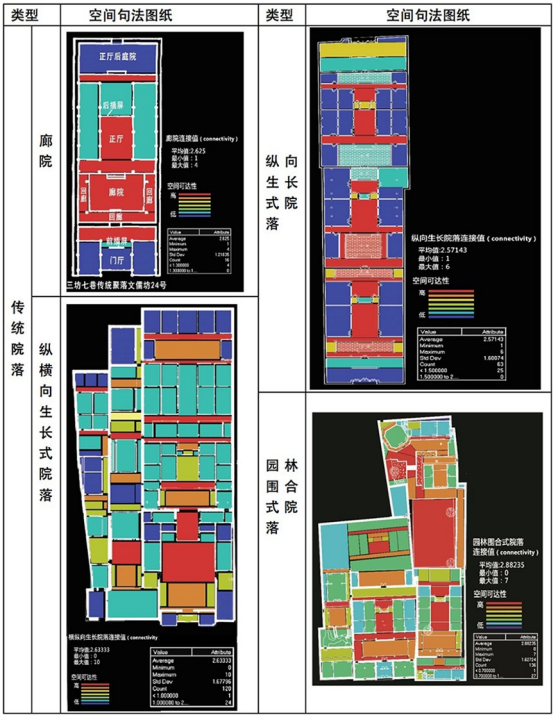


图 1 三坊七巷传统院落空间句法量化模型

Fig.1 Space syntax quantification model of traditional courtyard in the Three Lanes and Seven Alleys

传统院落的空间组织层级与人的活动空间层级相呼应。在家族制度影响下,厅堂是传统院落最重要的凝聚中心,它是“家族议事会客、婚嫁丧

葬、祭祀祖先等仪式举行的场所,也是特定时空条件下权力关系、经济关系、宗教关系、亲族关系及其他社会关系展示空间场所”^[12]。庭院和走道为公共活动区,人们在这里纳凉、休闲、游栖,是日常生活中非常重要的灰空间。卧室为私密区域,人流走动性最弱,活跃性最低。因此人的活动层级从大到小依次为厅堂(集会、婚丧、祭祀)、庭院与走道(交通、休闲)、卧室(休息)。这与空间句法量化模型的分析结果一致。

计算分析传统院落的控制度、平均深度,建立传统院落典型院落量化评价体系,详见表 1。

表 1 三坊七巷传统院落空间句法参数值
Tab. 1 Space syntax parameters of traditional courtyard in the Three Lanes and Seven Alleys

类 型		连接度	控制度	平均深度
传统院落	廊 院	2.625	0.743	3.492
	纵向生长式院落	2.571	1.049	9.01
	合 院 纵横向生长式院落	2.63	0.969	8.91
	园林围合式院落	2.882	0.794	8.821

由表 1 可知,园林围合式院落的连接度值最高达 2.882,说明该院落的空间可达性最高。它以官式园林为凝聚点,各组团分区又以厅堂和庭院为凝聚点,呈现出一种高度向心的空间结构。它的平均深度(8.821)为传统院落四个典型院落中的第二高,说明它的空间层级丰富,空间变化多。但园林围合式院落的控制度值仅为 0.794,说明它的各组团分区连接不是太紧密,比较松散。纵横向生长式院落的连接度(2.63)次之,控制度值为 0.969,平均深度值为 8.91,这说明该院落的空间可达性较好,院落的整体联系紧密,空间层次比较丰富。廊院的连接度(2.625)为第三,说明它的空间可达性较高,凝聚点为厅堂及厅堂正对的庭院与四周回廊,但它的平均深度仅为 3.492,控制度为 0.743,这说明廊院的空间层级不够丰富,各部分之间的联系比较单一。纵向生长式院落的连接度(2.571)最低,说明该院落的可达性在四种典型院落中最差,但是它的控制值最高为 1.049,平均深度最高达 9.01,说明其各分区之间联系比较紧

密,厅堂、庭院的凝聚作用显著。
综上所述,院落的空间层级从大到小的排列顺序是园林围合式院落空间层级、纵横向生长式院落空间层级、廊院空间层级、纵向生长式院落空间层级。

(二)街道形态空间层级特征

三坊七巷严整的坊巷格局从唐代形成至今,基本上保持了鱼骨形的街道格局,即以南后街为中心轴,向东西方向发散生长,形成“三条坊”“七条巷”的交通网络。以三坊七巷传统聚落的坊巷交通系统为研究对象,建构轴线地图(Axial map)、权重连接度,进行全局整合度、连接度、平均深度和控制度等评价体系指标计算与分析,依此分析坊巷的街道组织特征。

三坊七巷坊巷交通系统的全局整合度大部分为暖色调,只有在坊巷的支路呈现冷色调,如图 2 所示。暖色调越多,表示全局整合度值越大,人流聚集越多,交通越便捷。传统聚落与周边城市干道形成视觉形格局,红色区域的空间具有最高的可达性,人流集中,便捷度高;桔黄色次之;蓝色区域的空间可达性最弱,人流稀少,便捷度低。三坊七巷的红色最便捷区域集中在南后街轴线区,南北连接同样是红色区域的光禄坊和杨桥路,后沿东西坊巷通向湖路和八一七北路(城市中轴线)由橘黄色向黄色过渡发散。这意味着三坊七巷空间组织结构由南后街的开阔凝聚空间转变为坊巷的狭窄狭长空间,再转向八一七北路的凝聚便捷空间结构。如图 3 所示,除了外围的城市干道和南后街为暖色调外,大部分为冷色调。观察轴线可以发现,可达性高的南后街从中间把坊巷分成东西两个部分,吸引人流活动的类型最为丰富,因此连接的路段最多;而蓝色区域的小弄连接值 C 值也低,区域也更隔离,人流量就更稀少。如图 4 所示,三坊七巷大部分坊巷交通系统平均深度都为冷色调,MD 值较低,除了末端支路外,坊巷间的可达性极高。如图 5 所示,三坊七巷传统聚落坊巷交通系统控制度集中在南后街和城市中心轴,其次是光禄坊和吉庇路,再次是衣锦坊、文儒坊和宫巷的某一段,最后是各坊巷道路的末级支路。把图 2、图 3、图 4、图 5 分析结果迭加,可以发现三坊七巷坊巷的街道组织层次特征表现出显著的单核心向心结构。南北向的南后街为凝聚中心和空间主轴,从南后街经过各坊巷的牌坊进入狭

长曲折的“三条坊”“七条巷”中,然后再至小弄和支路进至各院落内部核心。这是一种渐进式向心结构,坊巷的街道空间组织呈现出院落、支路、小弄、坊或巷、南后街等五个层级。该量化数据得出的坊巷街道空间组织层级特征与人活动的空间层级特征相吻合,人们从各自居住的院落中聚集到临院的支路;由支路进入小弄;再有小弄步行进入坊或巷;再汇集到南后街,或者疏散到其他城市干道。因此三坊七巷坊巷街道空间组织的层级特征从小到大排列顺序是院落空间层级、支路空间层级、坊或巷空间层级、南后街空间层级。



图 2 坊巷交通系统的全局整合度

Fig.2 Integration[HH] of the traffic system in the Three Lanes and Seven Alleys



图 3 坊巷交通系统的连接度

Fig.3 Connectivity (C) of the traffic system in the Three Lanes and Seven Alleys



图 4 坊巷交通系统的平均深度

Fig.4 Mean depth (MD) of the traffic system in the Three Lanes and Seven Alleys



图 5 坊巷交通系统的控制度

Fig.5 Control value(CV) of the traffic system in the Three Lanes and Seven Alleys

(三) 形态空间层级特征

三坊七巷传统聚落院落形态类型丰富,空间灵活多变,一组组一群群院落集聚在两坊巷之间,形成坊巷街区聚落;一片片坊巷街区聚落以南后街为中心轴,向东西方向生长形成空间层次丰富的聚落群。单独提取三坊七巷传统聚落中的数百个庭院空间元素,用 Depthmap 软件建构量化模型、凸空间分析法解析聚落空间层级。根据颜色的分层与渐变关系,直观判断庭院空间层级关系、

庭院与坊巷交通系统的层级关系及游览路径,并根据连接度指针理解聚落空间的结构,分析坊巷街区传统聚落空间层级关系。

经过分析,发现每户院落中轴线整合度最高,整合度值最高点在庭院或天井区,具有很强的向心性,为家族人员公共聚集高发区,如图 6 所示。整合度值较高点在厅堂区,厅堂通过柱廊连接庭院或天井,厅堂直接连接两侧厢房,形成“一明两暗”的建筑格局。每户院落可能有一条或者多条整合度轴线,每条轴线都串联着数个整合度最高点和整合度较高点。



图 6 三坊七巷——塔巷局部整合度

Fig.6 Integration (HH) in the Three Lanes and Seven Alleys

如图 7 所示,传统聚落全局整合度的平均值为 1.3,最大值为 2.7,可见聚落庭院空间与坊巷的联系紧密。鱼骨形坊巷交通系统向东西方向生长,连接南后街和两侧的城市干道,七条坊巷把传统聚落分成了若干块棋盘格似的坊巷区域,一系列由庭院组成的院落空间被填充在坊巷区域内,这样的聚落形态交通便捷,利于住户间日常频繁往来。

再分析传统聚落的庭院平均深度,如图 8 所示,平均值为 7.24,最大值为 14.27,最小值为 1。红色区域数值表明传统聚落的庭院空间层级极其丰富,平均深度数值越高,庭院空间层级就越高,说明该院落住户家族人数越多,财力越雄厚,户内的游览路径越长,空间体验越丰富,越不易到达。越靠近坊巷的蓝色区域庭院平均深度值越低,院落层次就越低,人流聚集度就越高,传统民居经常会在这些区域布置家族公共活动空间或长辈的用房。图中的红色区域,庭院空间层级高,大多分布在两坊巷的中间位置,该区域人流聚集少,比较安静。



图 7 三坊七巷传统聚落整合度

Fig.7 Integration [HH] of traditional courtyards in the Three Lanes and Seven Alleys



图 8 三坊七巷传统聚落平均深度

Fig.8 Mean depth (MD) of traditional courtyards in the Three Lanes and Seven Alleys

综上所述,传统聚落的院落群存在着清晰的聚落空间层级。这种层级是以“一院一组”院落为基本单位构建起来的,其中“一院”指的是“庭院或天井”,“一组”指的是建筑单体、厢房、连廊,其中建筑单体通常指厅堂与两侧厢房及柱廊形成的建筑布局。这样的基本单位“一院一组”称作“进”。三坊七巷传统聚落就像细胞组似的不断生长,当“一进”无法满足家庭生活需要时,“一进”就变成“两进”,甚至“三进”“四进”……当竖向生长受地形限制时,院落又开始向横向生长。当横纵向生长院落发展到一定规模时,就形成了

坊巷街区聚落。此时院落已有了一定的规模,也有了自己的道路系统、节点、广场。这时院落又以坊巷区域为基本单元,围绕着南后街的轴线向东向西自由生长,形成“非”字形的鱼骨形格局,整个聚落呈现出高度集中的单核心向心结构布局。

四、结论

三坊七巷传统聚落空间形态为“鱼骨形”街道网络填充方块院落的棋盘格格局,由中心轴南后街向东西方向自由生长,一直遵循着历代城垣的规划原则,即中心布局原则、对称布局原则、方块居住原则、市场固定原则和街道分割原则^[3]。但是通过建构三坊七巷空间句法量化模型分析后,我们发现三坊七巷传统聚落具有以下新的隐性空间层级特征。

第一,三坊七巷院落形态空间呈现外隔离内向心的凝聚层级特征。三坊七巷传统院落都采用高高的外墙与外部隔离,仅仅利用户门与坊巷联系,形成完全独立且内部功能完善的体系,呈现出高度向心的空间结构。它的形态受到家庭和宗族的影响,一般以厅堂、庭院为集聚中心,形成明确的中轴线。三坊七巷院落形态空间层级特征可归纳为厅堂凝聚性大于庭院,庭院凝聚性大于走道,走道凝聚性大于卧室。

第二,三坊七巷坊巷街道形态空间呈现渐进式向心的空间组织和活力层级特征。三坊七巷街道以南后街为中心轴,分别向东西向发散生成三

条坊和七条巷,形成结构良好、密度较高、交通便利的鱼骨形交通网络体系,呈现出渐进式向心的空间结构。它的街道空间组织和活力层级都是通过整合度较高的局部核心空间三条坊、七条巷与中心轴南后街链接,形成一个从中心向边缘发散的结构。整合度较低的空间,如支路、小弄,则位于这种结构所形成的缝隙中。三坊七巷街道空间组织特征可归纳为五个层级,即院落、支路、小弄、坊或巷、南后街五个层级。三坊七巷街道活力层级特征可归纳为三个层级,南后街和城市干道等交通空间为第一层级,坊巷、小弄、支路等交通空间为第二层级,院落等居住空间为第三层级。

第三,三坊七巷聚落形态空间呈现单核向心的自由生长层级特征。三坊七巷聚落以“一院一组”为基本单元来建构院落,随着社会、经济和人口的发展,基本单元不断往横纵向生长,形成一进院落、两进院落、三进院落、横向多进院落、纵向多进院落、横纵向多进院落、坊巷街区聚落群、三坊七巷聚落群等,它的聚落形态呈现以南后街为中心轴、东西向自由生长、“非”字形方块居住的聚落格局。它的空间层级呈现出很强的向心层级感、节奏感和序列感,创造了密集而又多样化的聚集场所、道路系统、节点和广场。这种不同层级交错的聚落空间布局促进了出行人流和聚集者之间的互动,使其相得益彰。因此三坊七巷聚落空间层级特征可归纳为四个层级,即“一院一组”基本单元、横纵向生长院落、坊巷街区聚落群、三坊七巷聚落群四个层级。

参考文献:

- [1] ALEXANDER C. A city is not a tree[M]. Sustasis Press/Off The Common Books. 1964: 4-7.
- [2] 段进, 邱国潮. 国外城市形态学研究的兴起与发展[J]. 城市规划学刊, 2008(5): 34-42.
- [3] 叶宇, 庄宇. 城市形态学中量化分析方法的涌现[J]. 城市设计, 2016(4): 56-65.
- [4] WHITEHAND J. British urban morphology: The Conzenian tradition[J]. Urban Morphology, 2001, 5(2): 103-109.
- [5] 段进, 比尔·希利尔, 史蒂文·瑞德, 等. 空间句法与城市规划[M]. 南京: 东南大学出版社, 2007: 23-25.
- [6] HILLIER B, LEAMAN A, STANSALL P, et al. Space syntax[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1976, 3(2): 147-185.
- [7] 潘敏文. 福州历史文化街区“三坊七巷”保护改造研究[D]. 天津: 天津大学, 2007.
- [8] 黄启权, 福州市地方志编纂委员会. 三坊七巷志[M]. 福州: 海潮摄影艺术出版社, 2009: 8-12.
- [9] 盛强. 社区级活力中心分布的空间逻辑: 以北京三环内 222 个街区内小商业聚集为例[J]. 国际城市规划, 2012, 27(6): 61-68.
- [10] 比尔·希利尔. 空间是机器[M]. 杨滔, 张佶, 王晓京, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 23-25.
- [11] HILLIER B, HANSON J. The social logic of space[M]: Cambridge University Press, 1984.
- [12] 肖扬, CHIARADIA A, 宋小冬. 空间句法在城市规划中应用的局限性及改善和扩展途径[J]. 城市规划学刊, 2014(5): 32-38.