

# 基于空间与业态的高层商业空间人流分布

夏正伟<sup>1,2</sup>, 徐磊青<sup>1</sup>, 万朋朋<sup>3</sup>

(1. 同济大学 建筑与城市规划学院, 上海 200092; 2. 常州工学院 土木建筑工程学院, 江苏 常州 213002;

3. 同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海 200092)

**摘要:** 引导购物人流较为合理地分布在高层商业空间是高层商业综合体设计需要解决的关键问题之一。对上海 2 个龙之梦轨道交通商业综合体的人流分布情况进行了调研分析, 对影响人流分布的功能业态、空间因素(组构、与建筑入口关系、与扶梯关系、所处楼层、通道宽度等)进行了测量, 并尝试将功能与组构分析结果进行了整合, 提出了业态的空间系数与业态的深度系数 2 个组合变量, 利用 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 软件进行了人流分布的综合分析模型研究。分析结果发现, ①高层商业综合体中的个体空间选择行为具有潜在的规律性, 不同行为主体的目的性、功能业态和空间因素等共同作用决定了人流分布状态; ②基于业态深度系数、空间深度、与建筑入口关系以及与扶梯关系建立的综合分析模型可以对人流分布进行有效解释, 2 个案例中的决定系数分别可达 71.6% 与 78.2%。

**关键词:** 高层商业空间; 人流分布; 功能; 空间; 组构; 分析模型

**中图分类号:** TU23; TU247.2

**文献标志码:** A

## Pedestrian Distribution for High-rise Commercial Space Based on Space and Function

XIA Zhengwei<sup>1,2</sup>, XU Leiqing<sup>1</sup>, WAN Pengpeng<sup>3</sup>

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China; 2. School of Civil Engineering & Architecture, Changzhou Institute of Technology, Changzhou 213002, China; 3. Tongji Architecture Design (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract:** To guild a reasonable pedestrian distribution in high-rise commercial space is one of key problems in the design of high-rise commercial complex. Pedestrian distribution in two rail transit commercial complex in Shanghai was studied by spatial configuration analysis with spatial syntax software and quantification of function and space (relationship with building entrances, distance to escalators,

level, passage width and so on). Additionally in an attempt to integrate function with spatial configuration, two combination variables, spatial coefficient of function and spatial depth coefficient of function, were proposed, and SPSS (Statistical Product and Service Solutions) software was used to perform multiple regression analysis for pedestrian distribution. The analysis result reflects: ① space choice behavior has a certain rule in high-rise commercial space, and customers' purposiveness, function and space factors determines the flow distribution; ② comprehensive analytic model developed by spatial depth coefficient of function, space depth, relationship with building entrances, and distance to escalators, can well interpret flow distribution in high-rise commercial complex and its determination coefficient can be up to 71.6% and 78.2%.

**Key words:** high-rise commercial space; pedestrian distribution; function; space; configuration; analysis model

高层商业综合体是目前城市空间与土地的高效集约利用发展背景下城市空间开发的主要形式之一, 特别是在与轨道交通站点的结合下, 其空间组织呈现出了高度立体化与综合化的特征, 表现出的公共性也越来越强, 依靠轨道交通站点来满足各种日常行为成为市民们最正常和典型的生活体验<sup>[1]</sup>。但高层商业综合体与具有特殊情感与意义的“场所空间”具有较大的不同, 属于人类学家马克·奥热 (Marc Auge) 所认为的“非场所空间”<sup>[2]</sup>的范畴。其中的行为活动体现了个体与“非场所空间”之间的契约关系 (solitary contractuality)<sup>[3]</sup>, 是相互独立的个体空间行为的集合。因而, 通过合适的空间组织策略来合理利用轨道交通站点的人流集聚资源, 在满足行为个体目的需求的同时, 引导行为个体在高层商业空间中的合理分布, 成为高层商业综合体集约化发

收稿日期: 2014-12-13

基金项目: 国家自然科学基金(51378355)

第一作者: 夏正伟(1982—), 男, 博士生, 主要研究方向为城市及建筑空间的环境与行为。E-mail: xia\_zw@126.com

通讯作者: 徐磊青(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 工学博士, 主要研究方向为城市及建筑空间的环境与行为。E-mail: leiqingxu@163.com

展的关键.然而,这种合适的空间组织策略是什么,能否对个体的空间选择行为进行有效的引导尚有待研究.解决这一问题的核心在于个体的空间选择行为是否具有规律性,并且如何对高层商业综合体中人流分布状态及其影响因素进行有效分析.

## 1 商业空间中人流分布的影响因素

商业领域的研究认为,购物中心中业态组合、环境氛围等对顾客具有较强的吸引力<sup>[4-7]</sup>,购物环境氛围引起的愉悦体验将延长购物者在购物中心中的逗留时间,并使他们在空间中不断探索<sup>[5,8-10]</sup>.其中,业态组合是指不同类型零售店铺在购物中心中分布的整合<sup>[11]</sup>,购物中心内部的环境氛围主要涉及空间因素(空间布局与设计等)、总体环境特征(气味、灯光、音乐与温度等)、室内装饰(店招、墙面装饰、标识、产品展示等)等<sup>[10]</sup>.

另外,在 Bitgood 等<sup>[12-13]</sup>以及 Spilková 等<sup>[14]</sup>学者的研究发现,顾客的路径选择行为体现出强烈经济效率和目的性特征,即使没有目的的顾客,也会沿着主要的动线尽可能光顾到最多感兴趣的店铺;并且,Zacharias<sup>[15]</sup>的研究中指出,人们在陌生的环境中的路径选择受到空间环境质量以及其他人的行为活动影响较大. Konishi 等<sup>[16]</sup>认为大型超市或知名百货等主力店(anchor stores)是购物中心中最具吸引力的空间,其他店铺因为聚集在它周围而受益.聂冲等<sup>[17]</sup>认为次大规模的零售单元(次主力店)对购物者也具有一定的吸引作用,并且购物中心内不同空间位置的店铺其顾客流动量差异较大,其中楼层变量(距离第1层的层数)影响较为明显.

以上的研究明确了业态组合和环境氛围对顾客空间选择行为的重要影响,但因缺乏对影响因素作用机理的研究,难以形成具体的功能与空间组织策略. Bitgood 等<sup>[13]</sup>的研究指出,空间句法是不考虑目的地类型去研究顾客行为的一个较为严谨的研究方法.空间句法的组构理论认为,空间本身的结构模式(整合度、深度)决定了行人在空间中的分布<sup>[18]</sup>,并且在 Penn<sup>[19]</sup>, Turner<sup>[20]</sup>, Fong<sup>[21]</sup>的研究中都获得了证实.然而,由于空间句法的分析中未考虑功能吸引及其他空间因素对行人行为的影响,将很可能导致句法理论在商业空间中分析失效.如 Hossain<sup>[22]</sup>的研究发现在多层商业空间案例中存在着上部楼层的行人分布与空间整合度的相关性减弱的现象; Langenfeld 等<sup>[23]</sup>认为在起始点、地标以及人们的特

殊偏好等因素影响下,人流分布将趋向整合度的伪核心空间(fake integration core).

因而,近年来在商业建筑空间的人流分布规律的研究中,学者们逐渐重视了不同影响因素的整合研究,如 Parvin 等<sup>[24]</sup>、庄宇等<sup>[25]</sup>在多层商业综合体空间的研究中,通过与轨道交通站点的关系、楼层变化、垂直交通等因素对空间整合度进行修正,提升了人流分布分析模型的拟合效果; Fujitani 等<sup>[26]</sup>在句法研究的基础上证实了店铺面积规模对相邻空间人流分布的影响.但以上这些研究因变量选择不够全面,如文献<sup>[24-25]</sup>未考虑功能因素的影响,文献<sup>[26]</sup>仅考虑了功能类型而忽略了功能规模对人流分布的影响作用,因而尚难以建立较为综合的人流分布分析模型,难以对人流分布情况形成更为有效的解释,最后的研究结论尚有待进一步检验.

综合相关学者的研究成果:高层商业空间中影响人流分布的空间环境因素主要涉及业态组合和环境氛围2个方面,其中环境氛围包括空间因素、总体环境特征、室内装饰等;在综合考虑不同行为主体的目的特征、功能业态和空间因素时将可能对人流分布情况进行有效解释.功能业态主要指功能业态的类型和规模;空间既包括整体性的空间因素如空间组构特征(空间深度与空间整合度),还包括局部性的空间因素如与建筑入口关系<sup>[24-25,27]</sup>、所处楼层<sup>[24-25]</sup>、与扶梯关系<sup>[24-25,28]</sup>、与中庭关系、通道宽度等.因而,本文研究的关键是:如何综合考虑不同行为主体的目的特征、功能业态和空间因素影响作用,为高层商业综合体中人流分布建立综合的分析模型,进而对人流分布的影响因素的作用机理进行解释.

## 2 案例选择与研究方法

### 2.1 案例选择

研究选择了上海的2个龙之梦高层商业综合体,即长宁区中山公园龙之梦(中山公园附近)与虹口区虹口龙之梦(靠近虹口足球场)为调研对象(表1).这2个案例均为凯德商用运营管理的购物中心,在总体环境特征和室内装饰上较为相似,并且在多层商业空间上与相邻的轨道交通站点建立了直接的交通联系,在空间形态上呈现出了集约式、立体化发展状态,功能上综合了百货零售、餐饮、娱乐、停车、办公等多种功能形式,创造了一个集交通、购物、娱乐与休闲等为一体的公共生活空间.

表 1 案例分析

Tab.1 Comparison of different cases

| 案例       | 中山公园龙之梦   | 虹口龙之梦   |
|----------|---|---|
| 区位图      |                  |                  |
| 开业时间     | 2005 年  | 2011 年  |
| 建筑面积     | 32 万 m <sup>2</sup> (商业 22 万 m <sup>2</sup> , 办公 2.4 万 m <sup>2</sup> , 酒店 4.4 万 m <sup>2</sup> ) | 约 28 万 m <sup>2</sup> (商业约 15 万 m <sup>2</sup> , 办公约 6 万 m <sup>2</sup> )                         |
| 轨道交通     | 2 号线、3 号线、4 号线  | 3 号线、8 号线   |
| 商业楼层     | 地下第 2 层至地上第 9 层   | 地下第 2 层至地上第 6 层   |
| 出入口设置    | 地下第 1 层、地面层、地上第 2 层   | 地下第 1 层、地面层、地上第 3 层、地上第 4 层   |
| 空间形态主要特征 | 空间围绕“红”、“黄”、“蓝”3 个中庭展开;3 个圆形中庭之间设有长条形中庭;在第 1~4 层、第 4~7 层设置了跨多楼层的超长自动扶梯;第 1 层商业部分与酒店及办公部分的大堂空间直接相连 | 地上商业分为 A、B 2 座,在 2 层以上通过跨越城市道路的连廊进行连接;A 座商业空间围绕南、北 2 个中庭展开;B 座商业空间围绕通道空间展开;第 1 层商业部分通过狭长走道与办公门厅相连 |

## 2.2 研究方法

采用行人计数法 (gate count) 对 2 个龙之梦高层商业综合体的商业空间中行人流量进行记录;基于空间句法理论绘制空间轴线,将轴线上不同观测点的人流通过量根据通道长度取加权平均值作为该轴线空间的截面人流量,并以此代表该轴线空间的人流分布量;采用空间句法 Depthmap 软件进行轴线法分析,计算了全局整合度和空间深度. Hillier 等<sup>[29]</sup>指出可以通过多元回归模型来处理空间句法中被忽略的影响因素. 并且在文献[24-26, 30]中,均利用 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 软件进行了人流量与空间句法组构计算结果以及其他空间变量的多元线性回归模型分析,并取得了较好的分析效果. 因而,本文在空间句法所提出的句法轴线及拓扑步数的概念基础上对功能与空间因素提出量化的测量方法,并利用 SPSS 软件进行多元线性回归模型分析,建立人流分布的综合分析模型框架.

## 3 人流分布实测

在 2 个案例现场各进行了 2d 的行为调研,每个案例周末和工作日各 1d,中山公园龙之梦的调研时间为 2013 年 12 月 27—28 日,虹口龙之梦的调研时间 2013 年 12 月 29—30 日,天气情况均为晴好. 中山

公园龙之梦选择了 128 个观测点,调研人员 7 人;虹口龙之梦选择了 97 个观测点,调研人员 5 人;每个调研日选取了 5 个时间段(10:30—11:30, 12:30—13:30, 14:30—15:30, 16:30—17:30, 18:30—19:30),基本可较好反映出全天人流的情况. 在每个时间段内,对每个观测点取样 3 min,每个观察点 2 d 合计抽样时间为 30 min. 将 2 d 各时段的人流通过量取平均值,转换成每小时的数据,便得到各观察点每小时的人流通过量. 另外,在 2014 年 7 月 12 至 20 日之间对 2 个案例进行了关于消费者行为的问卷调查,每个案例均包含 2 个工作日和 2 个休息日,分别收回有效问卷 195 份与 218 份. 图 1 为中山公园龙之梦、虹口龙之梦各调研截面的平均人流量与空间句法轴线.

## 4 影响因素的分析与测量

### 4.1 行为主体特征

根据问卷调查结果可知:在上海的 2 个龙之梦中,大部分顾客对购物中心的环境都比较熟悉,1 个月至少来 1 次的顾客分别占 71.8% 和 76.1%,第 1 次来的顾客分别为 7.2% 和 3.2%;并且,购物中心中近半数顾客的行为具有多种目的性,中山公园龙之梦中具有 2 种及以上目的类型的顾客占 48.7%,在虹口龙之梦中,这一比例达到了 57.8%. 行为主体的不同的目的性特征直接影响到不同类型功能业态的吸引力.

### 4.2 功能业态

对于功能吸引力 ( $F$ ),文献[12-14]认为顾客的路径选择行为具有强烈的目的性特征,并且文献[16-17, 21, 26, 31]证实了功能类型、面积规模对于人流吸引力的影响作用. 因而,本文通过对行为主体的不同的目的性特征、功能业态类型及其所对应的空间面积规模的整合量化研究来确定功能业态对人流的吸引力. 文献[31]将消费者来店目的分为购物、观光娱乐、用餐、业务与其他等类型. 本文以中山公园龙之梦为例,根据 195 份(有效问卷)调查问卷的分析结果将消费者的行为目的分为以下类型:服饰品类(28.83%)、生活百货类(14.42%)、办事服务类(4.60%)、餐饮类(33.74%)、休闲类(11.95%)以及其他(6.44%),并将不同目的类型的所占比例作为中山公园龙之梦中不同功能类型的吸引力权重. 面积规模的确定以空间句法的轴线概念为基础,是指在轴线空间内行人能够看到的所有功能空间的面

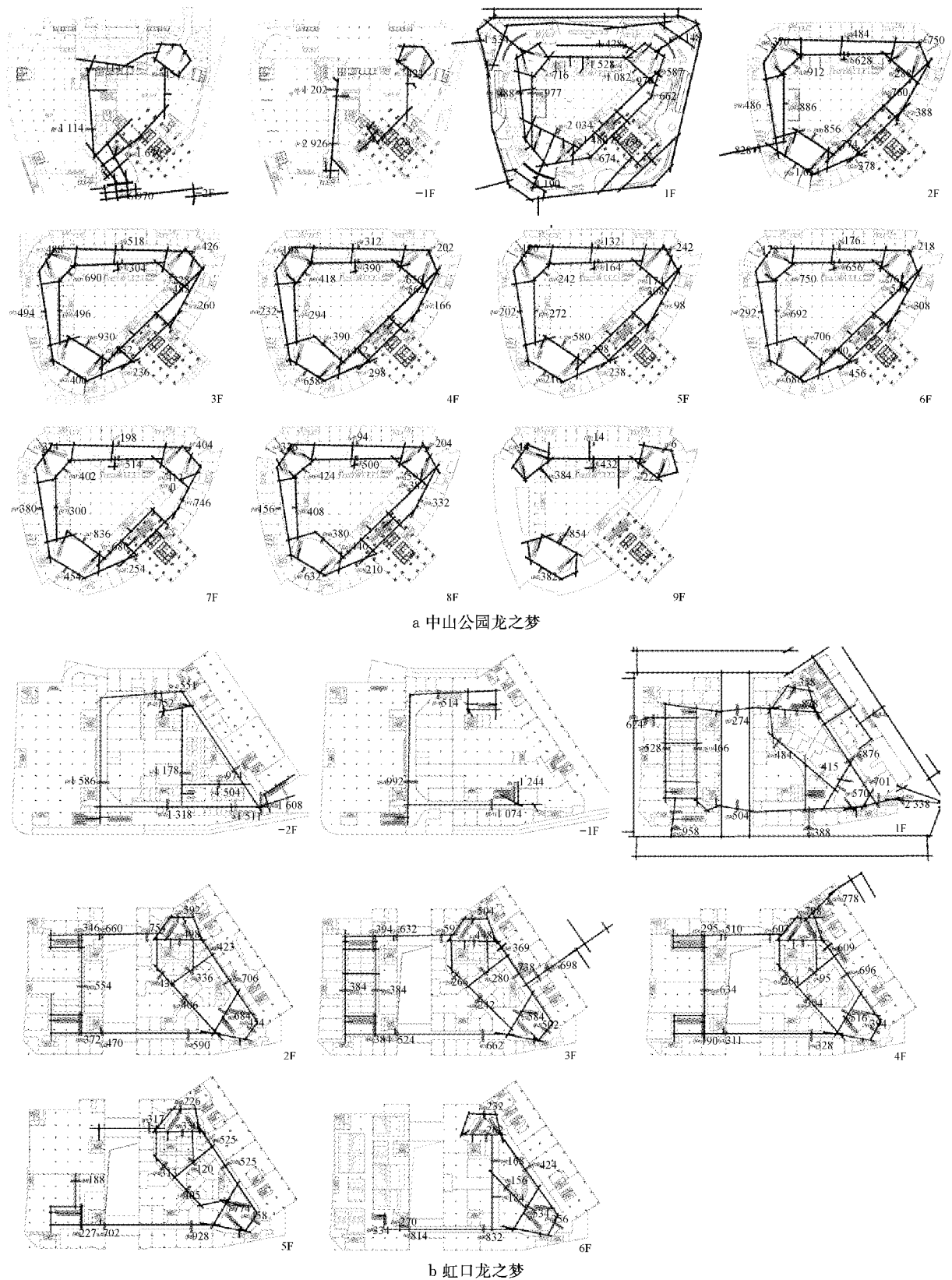


图 1 截面人流量与空间句法轴线

Fig.1 Space syntax axes and pedestrian flow

积之和. 因而, 功能吸引力的计算方式如下:

$$F = A \sum_{i=0}^j S_{ai} + B \sum_{i=0}^k S_{bi} + C \sum_{i=0}^l S_{ci} + G \sum_{i=0}^m S_{gi} + H \sum_{i=0}^p S_{hi}$$

式中:  $A, B, C, G, H$  分别对应服装饰品类、生活百

货类、办事服务类、餐饮类以及娱乐休闲类等 5 种功能业态类型的吸引力权重; $S_a, S_b, S_c, S_g, S_h$  分别为店铺面积规模(按功能业态类型分类); $j, k, l, m, p$  分别为某轴线空间上需纳入统计范围的各种功能业态类型的店铺数量。

### 4.3 空间因素

#### 4.3.1 整体性空间因素

对于空间深度( $D$ ),与城市街道空间不同的是,高层商业综合体是一个相对封闭的空间系统,商业空间中的人流主要依靠建筑入口的人流导入,因而不同商业空间距离人流出入口的空间深度成为研究人流分布特征的指标之一。并且,因高层商业综合体中设置有多个人流入口,故本文中的空间深度是指空间相对于建筑主要人流出入口的平均相对深度。具体的计算方式为:根据现场行为调研结果,通过空间句法软件计算相对于上述不同入口的轴线深度,并根据人流量的百分比关系确定的权重计算整个系统的平均相对深度。如中山公园龙之梦中入口人流量大小依次为:地下第 2 层地铁 2 号线接入口(38.51%)、第 1 层“红中庭”处入口(23.15%)、第 2 层平面轻轨 3,4 号线接入口(15.63%)、第 1 层平面“黄中庭”处(8.48%)、第 1 层平面公交站点接入口(7.89%)、第 1 层平面“蓝中庭”处入口(6.34%)。

对于整合度( $I$ ),常用的指标是局部整合度( $R_3$ )与全局整合度( $R_n$ ),因高层商业综合体的商业空间是个封闭的空间系统,并均在消费者步行可达的范围之内,故本文中采用全局整合度,该指标反映了某轴线空间在整个商业空间中的可达性与便捷性,由空间句法软件 Depthmap 软件计算获得,其计算公式如下<sup>[32]</sup>:

$$R_n = \frac{D_n(n-2)}{2(M-1)}$$

式中: $R_n$  为系统中轴线  $a_1$  的全局整合度; $n$  为系统中的轴线元素的数量; $D_n$  为轴线总数为  $n$  的系统标

准化参数, $D_n = \frac{n(\log_2 \frac{n}{3} - 1) + 1}{(n-1)(n-2)}$ ;  $M$  为轴线  $a_1$  到系

统中其他所有轴线的平均深度, $M = \frac{D_i}{n-1}$   $D_i$  为轴线  $a_1$  到系统中其他所有轴线的拓扑深度之和。

#### 4.3.2 局部性空间因素

关于局部性空间因素的量化研究已有开展,如文献[24]提出:将与建筑主要入口相连的赋值为 0.7,其余为零;与自动扶梯直接相连的轴线赋值为 1.0,其余为零;与轨道交通直接相连的楼层赋值为

1.0,其余楼层递增,分别为 0,1.0,2.0。文献[25]提出:将与建筑主要入口相连的赋值为 1,其余为零;建筑的最底层赋值为零,其余楼层赋值向上递增,如地下第 2 层至地上第 9 层赋值为 0~10 等。本文在上述学者研究的基础上对局部性空间因素的量化赋值进行了进一步的推进和优化。

对于与建筑入口的关系( $E$ ),本文中建筑入口既包括第 1 层的建筑入口,还包括轨道交通站点通往高层商业综合体的入口;因人流出入口对与其直接相连的轴线人流有较大的影响,随着距离入口的拓扑步数变大,其影响性逐渐减小。因此,将该变量赋值进行了细化,考虑了人流出入口对距离其 2 步以内轴线人流的影响,即将与建筑主要人流入口直接相连的轴线赋值为 1.0,距离 1 步(拓扑步数)为 0.5,其余为零。

对于所处楼层( $L$ ),本文中该变量并不是指空间所在楼层的实际数值,而是相对数值。对于轨道交通商业综合体而言,不仅地面入口层人流量较大,而且与轨道交通出入口直接相连的楼层也会因轨道交通人流的导入,出现较大的人流量。因此,将地面入口层和与轨交直接相连楼层的所处楼层( $L$ )均赋值为零,其余根据楼层差进行赋值,相邻楼层差值为 1。如在中山公园龙之梦中,地上第 1 层、地下第 2 层以及地上第 2 层为零,地下第 1 层与地上第 3 层为 1,地上第 4 层到第 9 层为 2~7。

通道宽度( $W$ )是句法轴线所在空间的宽度平均值(通道面积除以通道长度),通过图纸实际测量获得。

对于与中庭关系( $A$ ),由于中庭营造了较为丰富的空间体验,并对人流的分布有一定的导引作用。本文将与中庭直接相连的轴线赋值为 1,否则赋值为零。

对于与扶梯关系( $T$ ),文献[25,28]中证实了在多层面商业空间中,扶梯对于人流分布具有极为重要的影响作用。本文将与同一位置的双向扶梯直接相连的轴线赋值为 1,否则赋值为零;将与一部单向扶梯直接相连的赋值为 0.5,否则为零;当轴线空间在不同位置与多部扶梯直接相连接时,将赋值进行叠加。

## 5 回归模型分析

### 5.1 利用功能进行回归分析

当直接采用功能进行线性回归模型分析时,与

人流分布的拟合效果较差(表2),模型的 $R^2$ 只有0.038和0.079( $R$ 反映了自变量与因变量之间的相关系数,取值范围为0~1; $R^2$ 反映了模型的决定系数)。因而,在高层商业空间中业态决定人流分布的观点难以成立。

表2 利用功能的多元回归模型

Tab.2 Linear regression based on configuration

| 案例      | 模型 | $R$   | $R^2$ | 调整 $R^2$ | 标准估计的误差 |
|---------|----|-------|-------|----------|---------|
| 中山公园龙之梦 | 1  | 0.195 | 0.038 | 0.029    | 361.725 |
| 虹口龙之梦   | 1  | 0.281 | 0.079 | 0.064    | 279.320 |

注:因变量为截面人流量;预测变量均为常量、 $F$ 。

## 5.2 利用组构进行回归分析

在2个研究案例中,直接利用组构进行线性回归模型分析,与人流分布的拟合效果也不能让人满意(表3)。在中山公园龙之梦和虹口龙之梦中,模型的 $R^2$ 只有0.294和0.284,并且,整合度 $R_n$ 在2个案例中均被排除在模型之外,没有表现出对人流分布较为明显的影响作用。

表3 利用组构的多元回归模型

Tab.3 Linear regression based on configuration

| 案例      | 模型 | $R$   | $R^2$ | 调整 $R^2$ | 标准估计的误差 |
|---------|----|-------|-------|----------|---------|
| 中山公园龙之梦 | 2  | 0.543 | 0.294 | 0.288    | 309.819 |
| 虹口龙之梦   | 2  | 0.533 | 0.284 | 0.273    | 246.206 |

注:因变量为截面人流量;预测变量均为常量、 $D$ 。

## 5.3 利用功能、组构与局部性空间因素进行回归模型分析

当综合考虑功能、组构与局部性空间因素对人流分布的影响,建立多元线性回归模型,模型的拟合效果得到显著提升,特别是在虹口龙之梦中,功能吸引力、局部空间因素(与扶梯关系、所处楼层)与组构(空间深度)都进入了模型,模型的 $R^2$ 达到了0.708(表4)。

表4 利用功能与局部性空间因素对组构分析进行修正的多元回归模型

Tab.4 Multiple linear regression based on configuration revised by function and local space factors

| 案例      | 模型 | $R$                 | $R^2$ | 调整 $R^2$ | 标准估计的误差 |
|---------|----|---------------------|-------|----------|---------|
| 中山公园龙之梦 | 3  | 0.801 <sup>1)</sup> | 0.641 | 0.624    | 225.010 |
| 虹口龙之梦   | 3  | 0.842 <sup>2)</sup> | 0.708 | 0.683    | 162.453 |

注:因变量为截面人流量。1)其中预测变量为常量、 $E, D, T, L, I$ ; 2)其中预测变量为常量、 $E, D, T, L, F$ 。

## 5.4 基于组合变量建立综合的回归分析模型

在表4中,功能吸引力在2个研究案例中的回归模型分析中出现了不同的分析结果,而导致这些情况的根本原因是以二元独立的观点对待商业综合体中的功能与空间,忽略了不同的空间组织特征下

功能业态设置对人流吸引能力的差异性。因而,本文尝试利用整体性空间属性对功能吸引力进行修正,即综合空间组构与功能业态的影响,提出2个新的组合变量:①业态的深度系数( $F/D$ )。利用空间深度对功能吸引力进行修正形成新的组合变量 $F/D$ ,其含义为商业综合体中不同业态功能在不同空间深度情况下吸引力强弱的特征参数,反映了功能吸引与空间阻力之间的综合作用对进入人流的影响。②业态的空间系数( $IF$ )。利用功能吸引力 $F$ 对整合度进行修正形成新的组合变量 $IF$ ,为在轴线整合度基础上整合空间功能影响,是商业综合体中不同业态功能在不同空间连接特征下的吸引力强弱的特征参数,反映了功能吸引与空间属性协同作用下对于商业综合体内部逗留闲逛人流的影响。

为进一步提高模型的拟合效果,对自变量与因变量之间进行了曲线估计,发现除了 $E$ 和 $A$ 外,各自变量与截面人流量之间的二次函数关系的拟合效果均优于线性函数关系,其中 $A$ 与截面人流量之间并未表现出明显的相关性,主要是由于本文案例中大部分的轴线空间都能与中庭建立直接的联系,变量 $A$ 对人流分布的影响难以体现。因而,对除了 $E$ 和 $A$ 2个变量以外的其他自变量的赋值进行取平方计算,再利用SPSS软件进行多元线性回归分析,分别得到基于业态的深度系数和业态的空间系数拟合效果最优的有效回归模型(表5)。

表5 基于组合变量的多元回归模型分析

Tab.5 Multiple linear regression based on combined variables

| 案例      | 模型 | $R$                 | $R^2$ | 调整 $R^2$ | 标准估计的误差 |
|---------|----|---------------------|-------|----------|---------|
| 中山公园龙之梦 | 4  | 0.831 <sup>1)</sup> | 0.690 | 0.675    | 209.173 |
|         | 5  | 0.846 <sup>2)</sup> | 0.716 | 0.706    | 199.212 |
| 虹口龙之梦   | 4  | 0.862 <sup>3)</sup> | 0.744 | 0.726    | 151.050 |
|         | 5  | 0.885 <sup>4)</sup> | 0.782 | 0.768    | 139.147 |

注:因变量为截面人流量。1)其中预测变量为常量、 $IF, D, E, T, I$ ; 2)其中预测变量为常量、 $F/D, D, E, T$ ; 3)其中预测变量为常量、 $IF, D, E, T$ ; 4)其中预测变量为常量、 $F/D, D, E, T$ 。

## 5.5 多元线性回归方程

对拟合效果最好的模型5进行显著性检验、 $t$ 检验和共线性检验(表6)。中山公园龙之梦中: $d_f=107, F'=67.516, P=0$ ( $d_f$ 为自由度,是取值不受限制的变量个数,即样本量减去变量个数; $F'$ 是对回归方程的显著性检验; $P$ 值小于0.05时,原假设成立);虹口龙之梦中, $d_f=59, F'=53.049, P=0$ 。可以说明2个研究案例中的模型5均满足显著性、 $t$ 检验和共线性检验的要求。其中标准系数反映了自变量对截面人流量( $M$ )的影响程度,同时得到2个案例

表 6 模型  $t$  检验与共线性检验  
Tab.6  $t$  test and Co-linearity test

| 自变量   | 标准化系数 $B$ |         | 标准系数    |        | $t$     |        | 共线性统计量  |       |
|-------|-----------|---------|---------|--------|---------|--------|---------|-------|
|       | 中山公园龙之梦   | 虹口龙之梦   | 中山公园龙之梦 | 虹口龙之梦  | 中山公园龙之梦 | 虹口龙之梦  | 中山公园龙之梦 | 虹口龙之梦 |
| 常量    | 412.685   | 571.643 |         |        | 7.519   | 10.450 |         |       |
| $F/D$ | 0.009     | 0.010   | 0.354   | 0.480  | 4.732   | 6.631  | 2.106   | 1.422 |
| $D$   | -1.042    | -4.502  | -0.170  | -0.365 | -2.731  | -4.966 | 1.457   | 1.462 |
| $E$   | 375.040   | 276.423 | 0.263   | 0.262  | 4.084   | 3.726  | 1.563   | 1.346 |
| $T$   | 216.850   | 119.868 | 0.333   | 0.240  | 5.002   | 3.305  | 1.671   | 1.430 |

注:因变量为截面人流量; $t$  检验是检验单个解释变量对截面人流量的解释能力;共线性统计量反映了各自变量之间的相互关系,一般认为,其值为 1 时,无共线性;其值大于 5 时,存在多重共线性。

的多元线性回归方程如下。

中山公园龙之梦:

$$M = 412.685 + 0.009(F/D)^2 - 1.042D^2 + 375.04E + 216.85T^2$$

虹口龙之梦:

$$M = 571.643 + 0.010(F/D)^2 - 4.502D^2 + 276.423E + 119.868T^2$$

## 6 人流分布影响因素的作用机理

(1)在高层商业空间中,不同行为主体的目的性、功能业态和空间因素等共同作用决定了人流分布状态.仅通过功能业态(业态吸引力)或空间因素建立的分析模型都难以解释人流分布的规律性,当综合考虑功能吸引力、组构以及局部的空间因素对人流的影响时,模型的解释效果有很大的提升;利用业态深度系数(整合了功能吸引力和空间深度)、空间深度、与建筑入口关系以及与扶梯关系建立的综合分析模型的拟合效果最优,在中山公园龙之梦和虹口龙之梦中,可分别对 71.6%与 78.2%的人流分布状态进行解释.人流分布中不可解释部分跟商业品牌、局部空间品质等因素关联较大。

(2)业态的深度系数( $F/D$ )对人流分布呈现出显著的正相关关系,而业态空间系数( $IF$ )对人流分布的影响并不显著,说明了在中山公园龙之梦和虹口龙之梦中,因缺乏丰富的空间氛围营造,难以给顾客带来更多的愉悦体验,顾客的空间选择行为体现出较为强烈目的性特征.在高层商业空间中,功能业态的组织可以根据不同功能业态吸引力强弱、面积规模大小、空间深度与整合度的区位差异情况以及局部空间环境氛围进行统筹布置,以引导人流的合理分布,提升商业效益.如在深度较大的空间,可以布置面积较大、目的性较强业态功能;而在空间深度较小的区域,可以布置面积规模较小、吸引力弱的随机性消费业态.同时,在商业综合体的深度较大的空

间,特别是高楼层空间,可以通过特色化的空间营造与业态组织形成具有个性和意义的空间意象<sup>[33]</sup>,利用局部空间氛围的营造增加对人流引导能力。

(3)空间深度与人流分布具有较为显著的负相关关系.随着空间深度的增大,功能业态类型及规模设置相似的空间被行为个体光顾的几率下降.因此,如何有效降低空间深度成为轨交商业综合体空间组织必须考虑的问题.通过增加不同层面的人流入口是有效降低整个综合体的空间深度的最重要空间策略.例如:在地下部分,应连接最底层的商业空间;在地上部分,应远离地面层,往第 2、第 3 层甚至更高楼层设置,以引导人流在竖向均匀分布。

(4)与建筑入口或扶梯建立起直接联系的空间将可能获得更多被光顾的机会.在空间组织策略上,建筑入口在平面和竖向上都应尽量均衡布置;在建筑入口附近设置扶梯起点,扶梯连接到目标楼层的位置应具有较高的可达性;特别是跨越多楼层的超长电梯的设置,其位置应醒目,且便捷易达;平面商业动线设置应尽量与扶梯建立较为直接的联系,不应有过多的层级,以减少空间深度;应重视中庭在营造空间氛围和引导交通上的作用,应将主要的垂直交通空间围绕中庭展开。

## 7 结语

通过对中山公园龙之梦和虹口龙之梦 2 个商业综合体中的人流分布分析研究发现:高层商业综合体“非场所”空间中的个体空间选择行为具有潜在的规律性,不同行为主体的目的性、功能业态和空间因素等共同作用决定了高层商业空间中的人流分布状态.利用业态深度系数、空间深度、与建筑入口关系以及与扶梯关系建立的综合分析模型可以对人流分布进行有效解释分析,2 个案例的决定系数分别可达 71.6%与 78.2%;

业态的深度系数和业态的空间系数有效整合了

功能吸引力和整体性空间因素(空间深度和整合度)的影响,提升了人流分布综合分析模型的解释能力。在本案例的人流量分析模型中,就拟合效果进行优劣排序,次序为:基于组合变量的综合分析模型、利用功能和组构与局部性空间因素建立的分析模型、基于空间组构的分析模型、基于功能的分析模型。业态的空间系数反映了功能吸引与空间属性协同作用下对于商业综合体内部逗留闲逛人流的吸引能力。在本文中,业态的空间系数的综合分析模型的拟合效果不及基于业态的深度系数建立的综合分析模型;2 个案例的模型 4 中业态的空间系数对人流分布的影响也较小,特别是中山公园龙之梦,因地上各层平面布局基本相同并且缺少丰富的空间体验,业态的空间系数的标准系数仅为 0.141。可见,业态的空间系数对人流分布分析的有效性和可靠性受到购物中心环境氛围品质的影响。

#### 参考文献:

- [1] 卢济威,王腾,庄宇.轨道交通站点区域的协同发展[J].时代建筑,2009(5):12.  
LU Jiwei, WANG Teng, ZHUANG Yu. Synergic development in urban rail transit station areas[J]. Time Architecture, 2009(5): 12.
- [2] Auge M. Non-places: Introduction to an anthropology of supermodernity[M]. Translated by John Howe. London & New York: Verso, 1995.
- [3] 陈永国.超现代时期的空间非场所[J].杭州师范大学学报:社会科学版,2012(6): 16.  
CHEN Yongguo. Non-places of space in the supermodern era [J]. Journal of Hangzhou Normal University: Humanities and Social Sciences, 2012(6): 16.
- [4] Teller C, Reutterer T. The evolving concept of retail attractiveness: What makes retail agglomerations attractive when customers shop at them[J]. Journal of Retailing and Consumer Services, 2008, 15(3): 127.
- [5] Abghari M, Hanzae K H. Investigation of the effects of stores' tenant mix and internal and external environmental conditions on customer satisfaction from shopping centers in Iran [J]. International Journal of Marketing Studies, 2011, 3(4): 158.
- [6] Ndez E M G L, Mez M O. A segmentation study of Mexican consumers based on shopping [J]. International Journal of Retail & Distribution Management, 2012, 40(10): 759.
- [7] 王先庆,王晓春.大型购物中心聚客力影响因素研究——一个理论模型[J].北京工商大学学报:社会科学版,2010,25(2):34.  
WANG Xianqing, WANG Xiaochun. Research on the factors of shopping malls' attractiveness—A theoretical model [J]. Journal of Beijing Technology And Business University: Social Science, 2010, 25(2): 34.
- [8] Donovan R J, Rossiter J R, Marcoolyn G, et al. Store atmosphere and purchasing behavior[J]. Journal of retailing, 1994, 70(3): 283.
- [9] Wakefield K L, Baker J. Excitement at the mall: Determinants and effects on shopping response[J]. Journal of Retailing, 1998, 74(4): 515.
- [10] Turley L W, Milliman R E. Atmospheric effects on shopping behavior: A review of the experimental evidence [J]. Journal of Business Research, 2000, 49(2):193.
- [11] Johan de W Bruwer. Solving the ideal tenant mix puzzle for a proposed shopping center: A practical research methodology [J]. Property Management, 1997, 15(3): 160.
- [12] Bitgood S. Not another step! Economy of movement and pedestrian choice point behavior in shopping malls [J]. Environment and Behavior, 2006, 38(3):394.
- [13] Bitgood S, Davey G, Huang X, et al. Pedestrian choice behavior at shopping mall intersections in china and the united states [J]. Environment and Behavior, 2013, 45(8):1019.
- [14] Spilková J, Hochel M. Toward the economy of pedestrian movement in Czech and Slovak shopping malls [J]. Environment and Behavior, 2009, 41(3): 443.
- [15] Zacharias J. Path choice and visual stimuli: Signs of human activity and architecture [J]. Journal of Environmental Psychology, 2001, 21(4): 341.
- [16] Konishi H, Sandfort M T. Anchor stores[J]. Journal of Urban Economics, 2003(53):413.
- [17] 聂冲,贾生华.城市购物中心不同商铺种类的租户组合优化实证研究[J].浙江大学学报:理学版,2011,38(1): 101.  
NIE Chong, JIA Shenghua. Empirical research on optimization of tenant mix in shopping centers store categories [J]. Journal of Zhejiang University: Science Edition, 2011, 38(1): 101.
- [18] 比尔·希利尔.空间是机器——建筑组构理论[M].3版.杨滔,张佶,王晓京,译.北京:中国建筑工业出版社,2008.  
Bill Hillier. Space is the machine: A configurational theory of architecture[M]. 3rd ed. Translated by YANG Tao, ZHANG Ji, WANG Xiaojing. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008.
- [19] Alan Penn. Space syntax and spatial cognition [C]// Proceeding of the 3rd International Space Syntax Symposium. Atlanta: [s. n.], 2001: 1-17.
- [20] Turner A. Analysing the visual dynamics of spatial morphology [J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2003,30(5):657.
- [21] Polly Fong. What makes big dumb bells a mega shopping mall? [C]// Proceeding of the 4th International Space Syntax Symposium. London: [s. n.], 2003: 1-14.
- [22] Nasreen Hossain. A syntactic approach to the analysis of spatial patterns in spontaneous retail development in dhaka [C]// Proceeding of the 2nd International Space Syntax Symposium. Brasilia: [s. n.], 1999: 1-20.
- [23] Vincent Langenfeld, Michael Rist, Ruth Conroy Dalton, et al. What syntax does not know: Movement triggers beyond integration [C]// Proceeding of the 9th International Space Syntax Symposium. Seoul: [s. n.], 2013: 1-18.
- [24] Parvin A, Ye A M, Jia B. Multilevel pedestrian movement: Does visibility make any difference? [C]// Proceeding of the 6th International Space Syntax Symposium. Istanbul: [s. n.], 2007: 1-16.