

城市轨道交通车站与商业综合体衔接空间评价*

秦昱晨 姚敏峰** 沈 岚

(华侨大学建筑学院, 361021, 厦门//第一作者, 硕士研究生)

摘要 城市轨道交通车站与商业综合体衔接空间影响着站域片区的交通疏散效率及其附属商业综合体的运营效益。以上海轨道交通 11 号线南翔站中冶祥腾城市广场综合体项目为例,对衔接空间的空间绩效进行量化评价。基于层次分析法建立评价框架与指标体系,量化分析影响衔接空间交通使用效率的四类主导因素。结合模糊综合评价方法建立隶属度矩阵对车站与商业综合体衔接空间绩效进行评价,并从人流动线、空间设计等方面提出改进意见。

关键词 城市轨道交通;车站;商业综合体;衔接空间

中图分类号 U231.4;TU984.11+3

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.06.028

Evaluation of Connection Space of Urban Rail Transit Station and Commercial Complex

QIN Yuchen, YAO Minfeng, SHEN Lan

Abstract The connection space of commercial complex and urban rail transit station affects the efficiency of station area traffic organization and operation efficiency of affiliated commercial complex. Taking the Zhongye Xiangteng City Plaza Complex project at Nanxiang Station of Shanghai Rail Transit Line 11 as an example, the spatial performance of the commercial connection space is quantitatively evaluated. Based on AHP (analytic hierarchy process), evaluation framework and index system are established to quantitatively analyze the four leading factors affecting connection space traffic usage efficiency. Fuzzy comprehensive evaluation method is incorporated to establish affiliation matrix, the spatial performance of the connection space of station and commercial complex is evaluated. Suggestions for improvement are made in terms of pedestrian flow lines and spatial design.

Key words urban rail transit; station; commercial complex; connection space

Author's address School of Architecture, Huaqiao University, 361021, Xiamen, China

城市轨道交通车站商业综合体与车站的紧密衔接是促进站城一体化、提升附属商业开发溢价效应的关键。介于两者间的站域衔接空间具备建筑空间特征的同时,又影响着建筑群的功能联系与流线组织,具有“媒介空间”的属性^[1]。站域衔接空间综合了交通、商业、文娛休闲等多种功能,可为城市活动提供更多的可能性^[2]。当前关于商业综合体的相关研究主要集中在功能结构、空间秩序、流线设计、人群行为等方面,研究对象多为内部主体空间,研究方法以定性为主。同时,受限于跨学科合作设计的壁垒,导致城市交通综合体的设计与建设脱节,而介于车站与综合体间的衔接空间往往难以受到重视。本文基于微观尺度建筑设计的视角,结合 AHP(层次分析法)与 FCE(模糊综合评价)法,研究城市轨道交通车站与商业综合体衔接空间的绩效评价,以期为此类衔接空间的相关设计提供参考。

1 基于 AHP 的车站与商业综合体衔接空间评价

1.1 评价体系的构建

车站与商业综合体衔接空间的综合评价是利用 AHP 将评价因子量化,进而结合 FCE 法建立隶属度矩阵,对评价目标进行评优选择与量化分析。两种方法相互补充,对于复杂系统的评价具有明显的优越性。

文献[3]提出,便捷性、通畅性、安全性及导向性是评判一个交通空间的重要指标。依据城市轨道交通商业衔接空间的交通特性,结合评价指标体系的建立原则,选择目标层-准则层-方案层的层次结构模式,建立评价指标体系(见图 1)。

* 国家自然科学基金面上项目(51478198)

** 通信作者

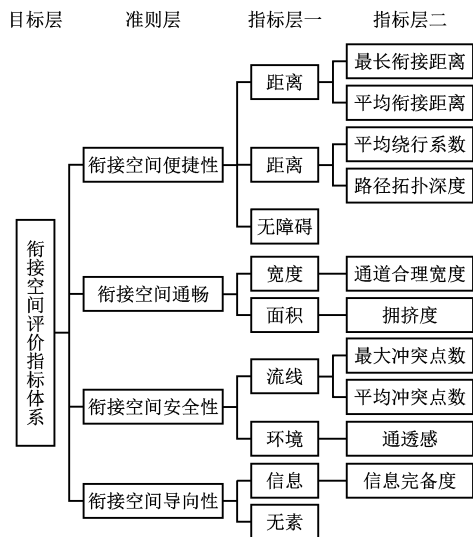


图1 车站与商业综合体衔接空间的评价框架

Fig. 1 Evaluation framework of station and commercial complex connection space

1.2 南翔站和中冶祥腾城市广场衔接空间的评价

1.2.1 评价对象

1.2.1.1 项目概况

南翔站位于上海市嘉定区南翔镇,是上海轨道交通11号线(以下简称“11号线”)进入嘉定区的第一站。该车站为高架站,预计在建的17号线接入后,其将成为重要的换乘枢纽。除自身作为城市轨道交通线网的节点外,南翔站更是兼具多重功能的城市场所空间,客流类型丰富。中冶祥腾城市广场主要由商业区、办公区、居住区及公共交通接驳区等4个片区组成,各自独立而又紧密联系,功能复合程度较高,整体空间衔接模式运转成熟,具备较高的研究价值。

1.2.1.2 空间衔接模式

南翔站和中冶祥腾城市广场在进行衔接空间设计时,考虑到基地地形限制与不同标高层的人流来向,形成“线状+岛式+平台”的空间模式^[4](见图2)。该空间模式以线状空间为主要空间导向;利

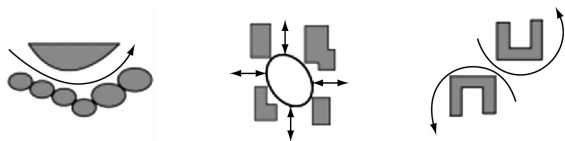


图2 “线状+岛式+平台”的空间模式示意图

Fig. 2 Schematic diagram of 'linear + island + platform' spatial pattern

用岛式空间产生更多的“对外商业界面”;打造3个层面的平台空间承接各层客流与步行人流,形成“多首层”延展性的商业空间系统^[5]。

商业建筑之间的衔接空间以多元动线系统代替传统的单一线状空间,主要包括:①以线状主街为主体衔接空间(串联附属商业节点,引导消费者活动并形成局部区域回路系统);②多线街道交汇于节点衔接空间(多方向购物通道汇聚于1个中庭或广场);③循环流动的动线系统(通过对建筑体量的切割、划分、组合,形成连续的商业界面,使城市空间与建筑内部空间互联互通(见图3)。



a) 以线状主街为主体衔接空间 b) 多线街道交汇于节点衔接空间 c) 循环流动的动线系统

图3 车站与商业综合体衔接空间人流系统

Fig. 3 Pedestrian flow system in the connection space of station and commercial complex

车站与商业综合体间的衔接以面状衔接空间(平台、广场等)为主,在疏散人流的同时,提升活动与停留的可能性;综合体各层间通过立体步行设施连接(见图4)。

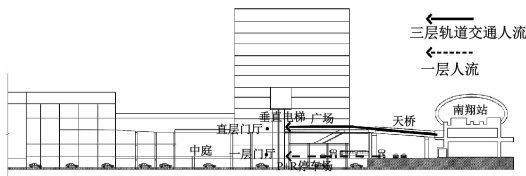


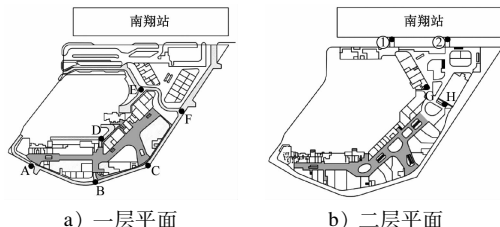
图4 车站至城市广场的人流组织示意图

Fig. 4 Diagram of passenger flow organization from station to commercial complex

1.2.2 评价内容

1.2.2.1 便捷性与通畅性

选择气候条件适宜的工作日早、晚高峰进行前期现场调研与观测工作。根据穿越商业区的主要出入口,选定A—H共8个节点为观测点(见图5)。



a) 一层平面

b) 二层平面

图5 中冶祥腾城市广场一、二层平面图

Fig. 5 Floor plan of the first and second floors of Zhongye Xiangteng City Plaza

共获取人流量 10 620 人次,经换算得到人流量分布(见图 6)。

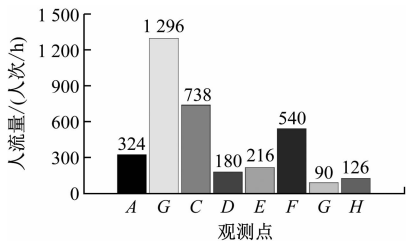


图6 各观测点人流量统计

Fig. 6 Statistics of passenger flow distribution at each monitoring points

衔接空间的便捷性指乘客从车站穿过该空间到达其他功能区域的便捷程度。本文主要考虑最长步行衔接距离、平均绕行系数、路径拓扑深度、通道、面积等指标。

1) 最长衔接距离。最长衔接距离 U_{11} 指人流从车站出口穿越商业区到达其他功能区的最远距离。考虑到人体的生理、心理特点,以及机体的恢复时间,步行时间在 10 min 以内是可接受的,通过换算得到可容忍最大步行距离为 570 m。乘客在换乘过程中水平向和垂向步行所需体力消耗不同,依人体能耗,不同功能区之间的衔接步行距离可表示为:

$$D_{i,j} = H_{i,j} + KV_{i,j} \quad (1)$$

式中:

$D_{i,j}$ ——人流从车站 i 号出口步行穿过商业到其他功能区的 j 号入口的距离;

$H_{i,j}$ ——水平走行距离;

$V_{i,j}$ ——垂直走行高度;

K ——上、下楼距离附加系数(上楼取 4.0,下楼取 2.0,自动扶梯取 1.0)。

最长衔接距离 U_{11} 即不同衔接空间中衔接步行距离 $D_{i,j}$ 的最大值。

衔接路径主要指车站与商业综合体各个出入口的连接路径。由式(1)测得 $V_{i,j}$ 约为 5.1 m;上、下层通过自动扶梯连接,故 K 取 1.0。通过计算, U_{11} 为①点到 A 点的距离(见图 5),值为 550 m,已接近行人可容忍的步行距离。

2) 平均衔接距离。平均衔接距离 U_{12} 是指从车站出口到达各个功能区的平均距离,反映衔接空间布局规划的合理程度。该指标与换乘量直接关联。 U_{12} 计算公式如下:

$$U_{12} = \sum P_{i,j} D_{i,j} / P_t \quad (2)$$

式中:

$P_{i,j}$ ——从车站 i 号出口步行穿过商业区到其他功能区的 j 号入口的人流量;

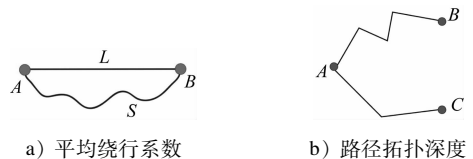
P_t ——衔接空间内总人流量。

由式(2)可求得中冶祥腾城市广场整体的平均衔接距离为 352.2 m。

3) 平均绕行系数。平均绕行系数 $A_{i,j}$ 是指衔接空间中 i 点到 j 点的实际距离 $S_{i,j}$ 与这两点间直线距离 $L_{i,j}$ 的比值(见图 7 a))。在实际工程中,衔接空间的平面布局受到设计条件限制,而难以采用理想的直线模式。绕行系数是必须要考虑的因素。

平均绕行系数 U_{13} 从另一层面反映出整个衔接空间系统的布局效率,计算公式如下:

$$U_{13} = \sum P_{i,j} A_{i,j} / P_t \quad (3)$$



a) 平均绕行系数

b) 路径拓扑深度

图7 平均绕行系数及路径拓扑深度

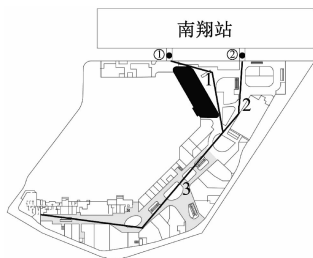
Fig. 7 Average bypassing coefficient and path topological depth

根据式(3),计算得到中冶祥腾城市商业广场的平均绕行系数为 1.14。

4) 路径拓扑深度。路径拓扑深度 U_{14} 是通过两点间路径的距离简化来反映路径的简化^[6]。路径拓扑深度越深,路径便捷性越差。在衔接空间中,可将路径转化为凸空间,通过减少拓扑深度来简化路径。假设图 7 b) 中, AB 、 AC 距离相等, AB 拓扑深度为 3, AC 拓扑深度为 1。相比而言,路径 AC 比路径 AB 更为简化(见图 7 b))。

人在商业空间中的行为主要包括人与商店及商品信息间的互动传递及寻路等。因此,既有静态空间亦存在最长动线的问题,可同时利用“空间单元”和“最长动线”分解元素的概念进行分析。商业空间的衔接路径由两条支线路径交汇到线性商业主路径。根据凸空间原则和最长动线原则绘制拓扑路径,见图 8。由下图可见,路线 1 西侧办公楼对于从出口①出来进入商业空间的人流形成了阻碍,降低了商业空间的可达性。

5) 无障碍设计。衔接空间内的无障碍设计主要包括入口、通道、电梯等空间的设计,以及起引导



注:1—3 路径拓扑深度为4;2—3 路径拓扑深度为3。

图8 衔接空间路径拓扑深度

Fig. 8 Path topological depth of the connection space

作用的指示设施的设计。衔接空间设计参考相关规范要求,并结合现场问卷数据进行定性评价;指示设施参考同类型车站对比分析,以定性评价为主,最终以等级法换算评分。无障碍设计程度 U_{15} 采用定性指标进行评价,可用等级法表示: $U_{15} = \{\text{优,良,中,较差,差}\}$ 。

6) 通道宽度。计算通道宽度 U_{21} 时,应根据通道的人流量和长度综合考虑。通道宽度在满足疏散要求的条件下取最小值。一般通道应按照至少满足相向而行的4股人流的通行要求进行设置。设定人体肩宽为0.45 m、人与人的横向间距为0.80 m,则通道最小宽度为5.80 m,通常取6.00 m^[7]。 U_{21} 的计算公式为:

$$U_{21} = N_w / (3\ 600\ P v) \quad (4)$$

式中:

N_w ——人行道的通行能力或高峰小时行人流量,人次/h;

P ——人群密度,人/h;

v ——人群步行速度,m/s。

7) 拥挤度。拥挤度 U_{22} 是反映衔接空间乘客疏散时行人聚集的时间特征。目前针对综合交通换乘枢纽行人拥挤度的衡量指标,国内外并没有统一的量化标准。根据美国交通研究委员会将LOS(路径服务水平)划分为A—F六水平的分类方法^[8],通过人流量、速度及密度的计算,对拥挤度进行打分。中冶祥腾城市广场人流通道采用围绕中庭的双环回型结构,各个通道宽度约为4 m。作为市郊地铁车站,南翔站的客流规模与建设概况尚未达到预期标准,其仅与11号线接驳,即便在早、晚高峰期,人流量仍较低。根据人流统计和衔接空间面积计算得出人均占地面积偏大,约为9 m²/人,属于A级。

1.2.2.2 安全性与导向性

1) 最大冲突点个数。最大冲突点个数 U_{31} 是指

衔接空间内行人流线形成的冲突点数量的最大值。当冲突点数量过多时,行人通过衔接空间时就会存在更高的安全隐患。 U_{31} 的计算公式为:

$$U_{31} = \max \{N_{i,j}\} \quad (5)$$

式中:

$N_{i,j}$ —— i 点到 j 点穿越 N 条路径的冲突点数。

2) 平均冲突点个数。平均冲突点个数 U_{32} 反映的是衔接空间内整体交通流组织的相互干扰程度,其计算公式为:

$$U_{32} = \sum P_{i,j} N_{i,j} / P_i \quad (6)$$

衔接空间的主要冲突点来自1、2两条流线的交汇处。由于中庭的影响使得交汇处空间狭小。早、晚高峰时,由于巨大的瞬时人流,使得 a 点异常拥堵(见图9)。

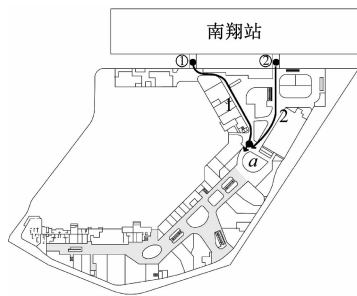


图9 衔接空间流线交汇形成冲突点

Fig. 9 Passenger flow intersection in connection space creating conflict points

3) 通透感与空间元素。通透感及空间元素主要通过影响人的主观感受与认知偏好从而对空间使用,需分别依据不同评判标准采用等级法定性评价。其中,通透感 U_{33} 的评判以满足人的视觉和心理需求、空间层次丰富性、视域可达范围等为主;信息完整度 U_{41} 主要指附设于衔接空间的文字、图像、声音等提供给乘客信息的完整程度;空间元素导向性 U_{42} 指墙柱、地面、天花板等要素体现空间层次的效果。等级法评价标准如下: U_{33} 、 U_{41} 、 $U_{42} = \{\text{优,良,中,较差,差}\}$ 。

1.2.3 基于AHP衔接空间的综合评价

对研究小组中11名成员进行问卷调查。采用AHP,将问卷打分结果输入Yaahp软件计算得出各指标的权重,并根据4项评价内容分别构建权重矩阵 $W(U_i)$,经量纲一化处理后进行一致性检验,结果见表1。由表1可知, C_R (一致性比率) < 0.1 ,满足一致性要求。

表 1 权重矩阵一致性检验结果

权重矩阵	λ_{\max}	C_1	C_R
M	4.010 4	0.003 50	0.003 9
M_1	5.020 6	0.003 50	0.003 9
M_2	2.000 0	0.005 15	0.004 6
M_3	3.009 2	0	0
M_4	2.000 0	0.008 80	0.008 8

注： λ_{\max} 为最大特征根； C_1 为一致性系数。

结合实际计算与相关文献,由研究小组成员的问卷评价结果建构隶属度矩阵,得出基础单因素判断矩阵 $\tilde{R}_i(i=1,2,3,4)$ 如下:

$$\left\{ \begin{aligned} \tilde{R}_1 &= \begin{pmatrix} 0 & 0.10 & 0.30 & 0.6 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0.35 & 0.5 & 0 \\ 0.80 & 0.20 & 0 & 0 & 0 \\ 0.75 & 0.15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.00 & 0.7 & 2.0 \end{pmatrix} \\ \tilde{R}_2 &= \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ \tilde{R}_3 &= \begin{pmatrix} 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \end{pmatrix} \\ \tilde{R}_4 &= \begin{pmatrix} 0.1 & 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2 & 0.6 & 0 & 2.0 \end{pmatrix} \end{aligned} \right.$$

则对 \tilde{R}_i 的二级评价矩阵 $R_i(i=1,2,3,4)$ 为:

$$\left\{ \begin{aligned} R_1 &= (0.154, 0.138\ 5, 0.286\ 6, 0.412\ 7, 0) \\ R_2 &= (0.766\ 7, 0.233\ 3, 0, 0, 0) \\ R_3 &= (0.785\ 6, 0.181\ 7, 0.032\ 7, 0, 0) \\ R_4 &= (0.083\ 3, 0.783\ 3, 0.100\ 0, 0.033\ 3, 0) \end{aligned} \right.$$

对 \tilde{R}_i 的一级评价矩阵 B 为: $B = (0.353\ 8, 0.312\ 0, 0.148\ 0, 0.182\ 2, 0)$ 。

根据最大隶属度原则,将南翔站和中冶祥腾城市广场衔接空间评价为“优”,较好地满足了衔接空间的要求。

2 改进建议

2.1 人流利用与衔接空间界面的优化

城市轨道交通所产生的巨大的“乘客流”转化为“商业流”后,不但能减轻地面交通的压力,还可大幅度提升附属商业收益。如何合理利用人流,达到交通、商业双重效益成为城市轨道交通商业空间

的首要问题。从该项目而言,一方面,南翔站大部分出站人流通过自动扶梯下行至地面的公交站进行换乘,未经过商业空间,导致较大人流损失;另一方面,中冶祥腾城市商业广场衔接空间人均面积远远高于最优标准,说明目前人流量远未达到预期规模。城市轨道交通商业效益主要依靠激发潜在消费人群来获得(指居民通勤途中“被动式”地穿越商场,最大限度将交通客流转化为潜在的消费力)。针对现状问题,整体空间布局调整难度较大,但可通过潜在性消费转化为目的性消费,以吸引此部分人流回流。如可加强地铁出站口处的商业空间设计,模糊商业与交通的界面,从而打造连续整体的氛围。

2.2 局部流线调整

研究表明,最长衔接距离、路径拓扑深度,以及冲突点所存在的问题都与出口①联系密切,造成局部流线安排不合理,因此对局部流线的调整是解决问题之关键。可将空中平台延伸至出口①,简化出口①到达商业空间的路径,缩短最长衔接距离,减小流线 1 的拓扑深度,同时使 1、2 两条流线交汇点 b 处在相对开阔的空间(见图 10),以改善调整前较为狭小的空间,提升了商业空间的可达性。

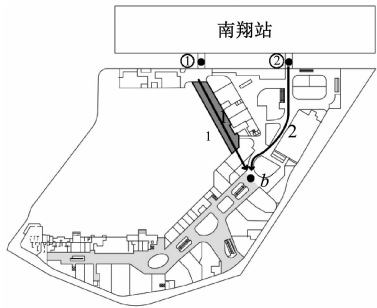


图 10 局部流线调整示意图
Fig. 10 Diagram of adjustment of local flow line

2.3 无障碍设计与人性化设施的加强

香港、日本高度完善的无障碍设施系统可实现从街道红绿灯到旅客进入地铁车站,再到旅客出站进入商业综合体的全覆盖,形成较为完整的体系^[9]。而在我国,无障碍设计覆盖率和利用率相对较低。因此,宜借鉴发达城市轨道交通的建设经验,提升无障碍设施的人性化设计;结合自身现状加以改进,大到建筑、空间的人流动线,小到盲道,打造系统性、合理化的无障碍设计和人性化设施。

(下转第 158 页)