

街道环境对行人步行体验的影响

邓一凌 陈前虎 过秀成

摘要 了解影响行人步行体验的街道环境特征,可以为街道环境的设计和改善提供依据。在南京市内选取了 18 条街道的上行和下行共 36 个步行断面,开展街道环境调查和步行体验调查,获取研究数据。设计了车行道相关变量、人行道相关变量、临街建筑相关变量等 3 类共 17 个表征街道环境特征的自变量,并采用探索性因子分析方法,从中提取出 4 个公共因子——车行空间因子、街道界面围合因子、街道环境因子、步行空间因子,建立了考虑个人打分偏好的顺序选择模型。结果显示:上述 4 个公共因子及个人打分偏好对步行体验有显著影响。对构成 4 个公共因子的 17 个街道环境特征逐一进行了分析,并提出了改善步行体验的街道设计建议。

关键词 步行体验;街道环境;调查设计;探索性因子分析;顺序选择模型

中图分类号 TU984.12 **文献标识码** A

一 引言

步行是城市居民最主要的出行方式之一,在城市交通系统中发挥着重要作用。街道作为城市中最重要步行空间,其环境直接影响行人的步行体验,进而也会影响人们是否选择步行出行^[1-3]。在国内城市中,街道步行环境存在诸多问题,如步行空间被机动车侵占、步行设施不够人性化、步行环境缺乏安全感等,因而也越来越受到地方政府和城市居民的关注。

改善街道步行环境需要明确什么样的环境特征能够带来良好的步行体验。弗洛伊德 1971 年最早提出采用步行服务水平评价道路步行交通状况,步行

服务水平采用行人流量除以步行设施容量计算,从高到低划分为六个等级^[4]。该计算方法被美国 1985 年版和 2000 年版的道路通行能力手册采纳,广泛应用于道路交通设计中。然而由于没有考虑街道环境对步行的影响,该计算方法也遭致了一些批评^[5-6]。之后的研究逐渐开始关注除人行道宽度外的街道环境特征对步行体验的影响,这些街道环境特征按照所处位置的不同,可以分为步行道相关特征、车行道相关特征、临街建筑相关特征等三类。

步行道与行人的步行体验直接相关,通常认为随着步行道宽度的增加,行人步行线路和速度能更少受到其它行人的干扰,也无形中增加了行人与机动车之间的缓冲区域,可以提高行人的舒适度和安全感^[7-9]。侵入人行道的电线杆、广告牌、报刊亭等

作者简介 邓一凌(1987—),男,浙江嵊州人,浙江工业大学建筑工程学院讲师,博士,研究方向为交通规划;陈前虎(1971—),男,浙江浦江人,浙江工业大学建筑工程学院执行院长,教授,博士;过秀成(1964—),男,浙江嵊州人,东南大学交通学院教授,博士。

基金项目 国家自然科学基金青年项目(51608483)——个人活动—出行规划过程的动态机制与微观模拟研究。

收稿日期 2017-10-31

修回日期 2017-11-28

街道附属设施、占道经营的小摊贩、违章停放的自行车、机动车都会影响行人步行的顺畅性^[10]。步行道的坡度和铺装也是影响行人步行体验的重要因素,坡度大或崎岖不平的步行道会损害行人步行的舒适性^[7,11]。街道绿化尤其是高大的乔木不仅可以遮阳,还可以分隔步行空间与车行空间^[11]。良好的街道照明,能够提升行人在夜间步行的安全感^[12]。座椅等街道家具能够提升行人步行的舒适性^[13]。

车行道与行人的步行体验也有密切关系,当机动车流量大或速度快时,行人容易产生不安全感。车辆增多带来的空气、噪音污染会降低行人步行的舒适性。通常认为较窄的车行道能够减少车流量、降低车速、缩短行人过街的距离,使街道更适宜步行^[12]。绿化带、路边停车带、非机动车道等构成的缓冲区域能降低行人受到快速通行的机动车产生的负面影响^[11,14-15]。

临街建筑对行人的步行体验也有很大影响。建筑底层的商业用途会带来更多的人气和更丰富的街景,能使行人感觉步行并不单调乏味^[16-18]。临街建筑的开窗让行人感觉到建筑内的人能够随时看到街道的情况,可以增加行人步行的安全感,这种安全感在夜间尤为明显^[19]。临街建筑还界定了街道的边界,雅各布斯认为理想的临街建筑高度和街道宽度比例是1:3.3,小于1:2.2时有很强的围合感,大于1:5时围合感非常弱^[11]。

尽管美国等发达国家对影响步行体验的街道环境特征开展了诸多研究,但由于地域、文化、环境之间的差异,得出的研究结论却不尽相同^[20-21]。国内城市在步行道的设置形式、多模式混合的交通流构成、高密度的建成环境等方面与美国等发达国家显著不同,使得步行道、车行道、临街建筑等三类相关特征也有所差异,因而一些国外的研究结论并不能直接用于指导国内的街道设计实践,不同的地域文化也会造成行人对于步行的不同偏好。另外,目前大多数研究中纳入的街道环境特征较少,不足以全面描述街道步行环境。因此,在国内城市开展影响步行体验的街道环境特征研究显得尤为必要。本研究通过开展街道环境和步行体验调查,建模分析街道环境特征对行人步行体验的影响,为街道步行环境的设计和改善提供依据。

二 街道环境与步行体验调查

1. 街道环境调查

影响行人步行体验的街道环境特征非常多。特征的选取在综合国内外已有研究的基础上,考虑街道设计的实际需求,选择了车行道相关、步行道相关、临街建筑相关等3类共23项街道环境特征,如表1所示。表1中对一些涉及宽度、条数的街道环境

表1 街道环境特征及说明

车行道相关的街道环境特征		
1	机动车道总宽度	双侧,不包括路边停车道及利用中央分隔带设置的左转或掉头车道
2	机动车道总条数	双侧,不包括路边停车道及利用中央分隔带设置的左转或掉头车道
3	中央分隔带宽度	
4	中央分隔带类型	0 无,1 隔离栏,2 绿化带
5	路边停车道宽度	
6	路边停车道类型	0 无,1 平行,2 垂直,3 倾斜
7	非机动车道宽度	单侧
8	机非分隔带宽度	
9	机非分隔带类型	0 无,1 隔离栏,2 绿化带
步行道相关的街道环境特征		
10	人行道宽度	单侧,仅指人行通行区,不包括绿化带、设施带、停车带等
11	步行障碍类型	0 无,1 自行车停放,2 机动车停放,3 报刊亭早餐点等占道,4 电线杆垃圾桶等占道
12	步行障碍程度	0 无,1 不严重,2 严重
13	铺装类型	0 面包砖,1 水泥,2 沥青,3 彩色铺装
14	铺装平整度	0 平整,1 不平整
15	设施带宽度	
16	设施带类型	0 无,1 绿化,2 市政设施,3 自行车停放,4 机动车停放
17	建筑后退距离	
18	建筑后退使用类型	0 无,1 空地,2 绿化,3 停车,4 台阶
19	街道家具	只考虑公共座椅,0 无,1 有
20	树荫遮盖度	0 基本无遮盖,1 小部分遮盖(1/3),2 大部分遮盖(2/3),3 基本都遮盖
临街建筑相关的街道环境特征		
21	建筑平均层数	
22	建筑底层使用类型	0 商业,1 住宅,2 办公,3 其他
23	建筑底层透视图	0 建筑面朝,1 透明围墙,2 不透明围墙,3 建筑背朝

特征的测量要求进行了说明,对涉及类型或程度的街道环境特征给出了选项。

街道环境调查团队由 4 人组成,选取了南京市老城区内的 18 条街道,分别调查上行与下行,得到了 36 个步行断面的数据。街道的选择主要考虑了道路宽度、道路断面、沿街土地利用情况等,尽量覆盖不同类型的街道。调查人员分工如下:一人使用轮式测距仪对涉及宽度的街道环境特征进行测量,一人持调查表格记录测量结果以及其他可以直接观测的街道环境特征,一人对街道进行拍照,一人基于行人的视角对街道进行不少于 5 分钟的录像。

2. 步行体验调查

调查行人的步行体验通常有三种方法:现场问

卷调查、视频打分调查、实地走访调查。由于调研的街道数量较多,考虑时间和资金的可行性,采用了视频打分调查的方法。首先拍摄街道视频,然后邀请被调查者在室内观看视频并对步行体验进行评价,每一个被调查者可以对多条街道进行打分。该方法调查成本较低,也比较容易控制调查质量。

视频打分调查共有 5 个问题。其中,畅行性关注人行道宽度及通行障碍,安全性关注机动车、非机动车对步行的干扰,舒适性关注街道两侧建筑及街道尺度,愉悦性关注街道绿化及街景,使用李克特量表法对这些问题进行表述,按照认同程度分为 5 个等级;总体评价参照交通服务水平的评分标准分为 6 个等级(A—F)。调查问题和选项如表 2 所示。

表 2 街道视频打分调查的问题

问题一: 畅行性	你是否觉得人行道拥挤或障碍多,并因此难以行走? 1 非常难行走 2 比较难行走 3 一般 4 容易行走 5 非常容易行走
问题二: 安全性	你是否觉得机动车、非机动车对步行有干扰,并因此感到不安全? 1 非常不安全 2 不安全 3 一般 4 比较安全 5 很安全
问题三: 舒适性	你是否觉得街道过宽或过窄、建筑过高,并因此感到街道的尺度不适宜? 1 非常不适宜 2 不适宜 3 一般 4 比较适宜 5 非常适宜
问题四: 愉悦性	你喜欢街道的街景和绿化吗? 1 非常不喜欢 2 不喜欢 3 一般 4 比较喜欢 5 非常喜欢
问题五: 总体评分	你对街道步行环境的总体评分是? A 非常好 B 好 C 一般 D 不太好 E 不好 F 非常不好

从街道测量调查时拍摄的视频素材中截取 36 段 1 分钟长度的视频,并组织交通规划、城市规

划专业的研究生共计 15 人进行视频打分调查。部分街道视频截图如图 1 所示。



图 1 部分街道视频截图

三 街道环境特征变量设计与统计分析

从调查到的街道环境特征中设计三类自变量,分别为:车行道相关变量、人行道相关变量、临街建筑相关变量。

车行道相关变量有6个:①车行空间宽度,即街道两边路缘石之间的宽度,为机动车道、中央分隔带、非机动车道、路边停车带、机非分隔带的宽度之和;②机动车道宽度;③中央分隔带宽度;④非机动车道宽度;⑤路边停车带宽度;⑥机非分隔带宽度。

人行道相关变量有4个:①人行道宽度;②步行障碍程度,包含3种情况,作为连续变量处理(无为0、不严重为1、严重为2);③设施带宽度;④树荫遮盖度,包含4种情况,作为连续变量处理(基本无遮盖为0、小部分遮盖为1/3、大部分遮盖为2/3、基本都遮盖为1)。

临街建筑相关变量有7个:①建筑底层用途,一般认为建筑底层商业用途对行人最有吸引力,因此定义商业为1,居住、办公、其他为0,作为哑元变量;②建筑底层透视度,一般认为较高的透视度能提供丰富的街景,使步行更加愉悦,因此将建筑面朝、透明围墙定义为1,建筑背朝、不透明围墙定义为0,作为哑元变量;③建筑一类后退距离,建筑后退产生的空间用途包括空地、绿化、停车、台阶,将空间用于可步行的空地使用的作为建筑一类后退;④建筑二类后退距离,将空间用于不可步行的绿化、停车、台阶使用的作为建筑二类后退;⑤建筑到建筑的距离,定义为街道两侧建筑界面之间的距离;⑥平均建筑高度,用建筑平均层数乘以平均建筑层高(取3.0m)计算;⑦界面围合度,用建筑到建筑的距离除以平均建筑高度计算。

使用最大值、最小值、均值和标准差对上述17个自变量进行描述性统计分析,如表3所示,从表3中也可以看出街道类型的多样性。

表3 自变量的描述性统计分析

序号	变量名称	最小值	最大值	均值	标准差
1	车行空间宽度	6.70	30.10	19.63	9.39
2	机动车道宽度	3.10	21.00	12.35	6.95
3	中央分隔带宽度	0.00	4.50	0.28	1.05
4	非机动车道宽度	0.00	4.00	1.97	1.50
5	路边停车带宽度	0.00	2.30	0.66	0.95
6	机非分隔带宽度	0.00	3.00	0.73	0.81
7	人行道宽度	0.00	6.20	2.55	1.43
8	步行障碍程度	0.00	2.00	0.61	0.80
9	设施带宽度	0.00	2.90	1.18	0.89
10	树荫遮盖度	0.00	1.00	0.64	0.42
11	建筑底层用途(哑元)	0.00	1.00	0.56	0.50
12	建筑底层透视度(哑元)	0.00	1.00	0.67	0.48
13	建筑一类后退距离	0.00	22.00	1.67	4.74
14	建筑二类后退距离	0.00	15.20	1.72	3.62
15	建筑到建筑的距离	11.30	72.60	34.13	17.57
16	平均建筑高度	3.00	60.00	17.34	13.70
17	界面围合度	0.71	14.07	3.03	2.87

四 步行体验建模

1. 探索性因子分析

行人的步行体验是大量街道环境特征综合作用的结果,因此模型需要包含尽可能多的表征街道环境特征的自变量。然而,将全部自变量直接纳入模型中会存在两个问题:首先,自变量之间存在的多重共线性会降低模型的精度;其次,自变量越多,估计

模型所需的数据量必须大幅增加。因此,首先使用探索性因子分析法将具有多重共线性的自变量组合成更小维度的变量,即用较少的公因子来体现自变量的大部分信息。探索性因子分析是用来发现一组变量的潜在结构的方法,通过寻找一组更小的、潜在的或隐藏的结构来解释观测到的、显式的变量间的关系,这些结构称为因子。探索性因子分析的模型形式为:

$$X_i = a_1 F_1 + a_2 F_2 + \dots + a_p F_p + U_i \quad (1)$$

式中 X_i 是第 i 个可观测变量 ($i = 1, 2, \dots, k$) F_p 是公共因子 U_i 是 X_i 中无法被因子解释的部分 α_p 是每个因子对 X_i 的贡献值。

因子数的确定通常使用 Kaiser - Harris 准则、碎石检验、平行分析等三个标准。图 2 为对 17 个自变量进行探索性因子分析的碎石图 横轴为因子数 纵轴为因子特征值。Kaiser - Harris 准则认为只需选择特征值大于 1 的因子 因此有 3 个因子符合要求。碎石检验认为需要保留折线斜率放缓之前的全部因子 从图中可以看出第 5 个因子后折线斜率明显放缓。平行分析认为如果某个因子基于实际数据的特征值大于一组基于随机数矩阵特征值的均值(图中虚线) 则应保留该因子 因此有 4 个因子符合要求。三个方法确定的因子数分别为 3、5、4 个 综合考虑后选择使用 4 个因子。

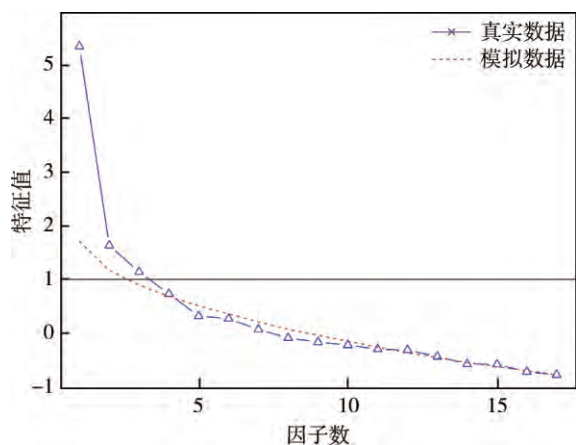


图 2 探索性因子分析的碎石图

采用极大似然法提取了公共因子 图 3 为因子荷载图(只标注了因子荷载绝对值大于 0.3 的关系)。从图中可以找出每个因子的潜在含义,即同一因子对应的变量共同拥有的可以解释街道步行环境的属性。

因子 1 包含 6 个自变量,可解释全部自变量 26.3% 的方差。因子 1 包含的都是与车行空间相关的变量,因此可以将其理解为车行空间因子。车行空间越宽、机动车道越宽、非机动车道越宽、路边停车带越宽、机非分隔带越宽、建筑到建筑的距离越大,因子得分越高。

因子 2 包含 2 个自变量,可解释全部自变量 10.4% 的方差。因子 2 包含的都是与街道界面围合相关的变量,因此可以理解为街道界面围合因子。平均建筑高度越低、界面围合度越大,因子得分越高。

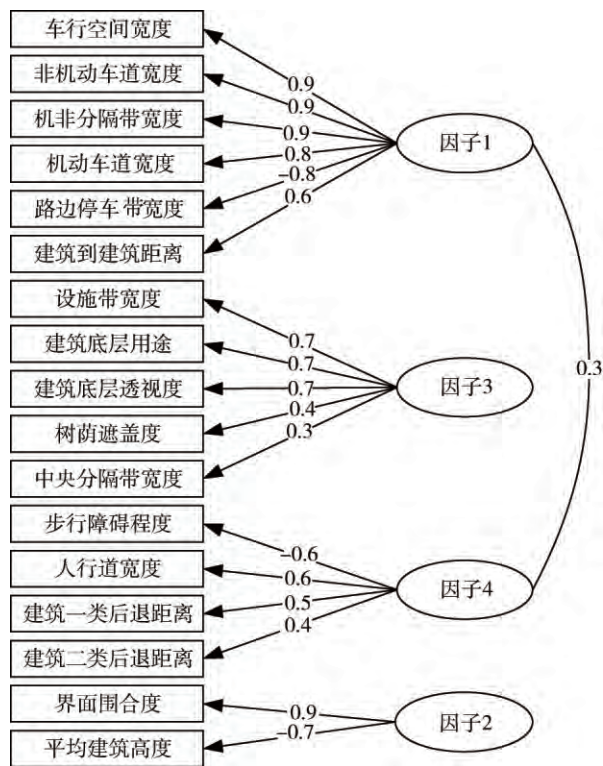


图 3 因子荷载图

因子 3 包含 5 个自变量,可解释全部自变量 12.1% 的方差。因子 3 包含的都是与街道环境相关的变量,可以理解为街道环境因子。设施带越宽、良好的树荫遮盖度、建筑底层商业用途、良好的建筑底层透视图、中央分隔带越宽,因子得分越高。

因子 4 包含 4 个自变量,可解释全部自变量 9.1% 的方差。因子 4 包含的都是与步行空间相关的变量,可以理解为步行空间因子。步行障碍越少、人行道越宽、建筑一类后退距离越大、建筑二类后退距离越大,因子得分越高。

4 个因子能解释 17 个自变量 57.9% 的方差。除因子 1 和因子 4 相关性为 0.3 外,其余各因子间的相关性均小于 0.2。总体上来说,因子和自变量之间的关系都比较合理且容易解释,因此探索性因子分析的结果比较理想。

2. 顺序选择模型

在探索性因子分析的基础上,使用顺序选择模型建立因子与街道步行体验评分之间的关系。顺序选择模型与常见的多项选择模型相比,一方面考虑了因变量步行体验评分的顺序特性,即 A 好于 B、B 好于 C,而不是将 A、B、C 等变量作为相互独立的选择;另一方面,模型所需估计的参数更少,因变量每增加一个选择,顺序选择模型只需增

加 1 个表示阈值的常量,而多项选择模型则需要增加 4 个与因子一一对应的变量以及 1 个与选项对应的常量。

顺序选择模型形式如下:

$$Y^* = X \cdot \beta + \varepsilon \quad (2)$$

式中, Y^* 是街道步行体验真实的评分,无法直接观测, X 是街道环境特征自变量的向量,即探索性因子分析中得到的 4 个因子, β 是需要估计系数的向量, ε 是误差项。

Y 是街道视频打分调查得出的步行体验评分,可以直接观测,为了模型表述的方便,将 A—F 的步行体验评分转化为 5—0。 Y 是 Y^* 的函数,由阈值决定,形式如下:

$$\begin{aligned} Y &= 0 \text{ if } Y^* \leq \mu_1 \\ Y &= 1 \text{ if } \mu_1 < Y^* \leq \mu_2 \\ Y &= 2 \text{ if } \mu_2 < Y^* \leq \mu_3 \\ Y &= 3 \text{ if } \mu_3 < Y^* \leq \mu_4 \\ Y &= 4 \text{ if } \mu_4 < Y^* \leq \mu_5 \\ Y &= 5 \text{ if } Y^* > \mu_5 \end{aligned} \quad (3)$$

假设 ε 在不同的观测之间均独立同分布于 Gumbel 分布,可以得到不同步行体验评分分别对应的选择概率 P ,形式如下:

$$\begin{aligned} P(y = 0) &= \Phi(\mu_1 - \beta X) \\ P(y = 1) &= \Phi(\mu_2 - \beta X) - \Phi(\mu_1 - \beta X) \\ P(y = 2) &= \Phi(\mu_3 - \beta X) - \Phi(\mu_2 - \beta X) \\ P(y = 3) &= \Phi(\mu_4 - \beta X) - \Phi(\mu_3 - \beta X) \\ P(y = 4) &= \Phi(\mu_5 - \beta X) - \Phi(\mu_4 - \beta X) \\ P(y = 5) &= 1 - \Phi(\mu_5 - \beta X) \end{aligned} \quad (4)$$

式中, $\Phi(\cdot)$ 是 logistic 分布的累计分布函数。

打分者对步行体验的评分会受到个人偏好的影响,但这些影响无法直接观测。在模型中加入与打分者对应的扰动项(或误差项) φ_i ,可以在一定程度上反映个人偏好的影响,也能够解决由于个人偏好带来的 ε 不独立的问题。 φ_i 在不同打分者之间独立同分布于 Gumbel 分布,在同一打分者对不同视频的打分中则为定值,将其加入式(2)后,模型进一步变为:

$$Y_{ij}^* = X_{ij} \cdot \beta_{ij} + \varepsilon_{ij} + \varphi_i \quad (5)$$

式中,下标 i 表示不同的打分者,下标 j 表示不同的街道视频片段,其他参数含义与式(2)相同。

采用极大似然估计法对顺序选择模型进行参数估计,表 4 为参数估计的结果。模型 ρ^2 为 0.312,总体拟合度较为理想。

表 4 顺序选择模型参数估计结果

位置系数	系数	标准差	z 值	p 值
因子 1	-0.2169	0.0927	-2.3384	0.0194*
因子 2	0.439	0.0857	5.121	0.0000***
因子 3	0.0857	0.0413	2.074	0.0381*
因子 4	1.6793	0.1207	13.9093	0.0000***
阈值系数	系数	标准差	z 值	p 值
011	-3.4473	0.2024	-17.0284	0.0000***
112	-2.1942	0.14	-15.6699	0.0000***
213	-1.0236	0.1108	-9.2374	0.0000***
314	0.9781	0.1121	8.7277	0.0000***
415	3.5000	0.2025	17.2852	0.0000***
随机效应	方差	标准差		
	0.218	0.467		

注释: p 值对应的显著性水平标注为 0,*** 为 0.001,** 为 0.01,* 为 0.05。

结合探索性因子分析和顺序选择模型的结果,可以分析 17 个街道环境特征变量中潜在的 4 个因子对街道步行体验评分的影响。

因子 1 对车行空间的影响显著且为负。机动车道宽度越大,可能导致机动车速度越快和流量越大,会降低街道步行体验评分。非机动车道越宽、机非分隔带越宽,可能导致自行车或电动自行车速度越快和流量越大,同样会降低街道步行体验评分。路边停车带越宽,更有助于形成行人与自行车或机动车之间的缓冲区域,会提高街道步行体验评分。建筑到建筑的距离越大,也就是街道尺度越大,会降低街道步行体验评分。

因子 2 对街道界面围合的影响非常显著且为正。平均建筑高度越低,街道步行体验评分越高。界面围合度越大,也就是建筑到建筑的距离与平均建筑高度的比值越大,街道步行体验评分越高。

因子 3 对街道环境的影响显著且为正。设施带越宽,街道步行体验评分越高。设施带不仅能作为人行空间与车行空间之间的缓冲区,也能设置电线杆、变电箱或自行车停车等容易侵占人行道的障碍物。建筑底层商业用途相比于其他用途,能使街道空间更加有趣、街道活动更加丰富,街道步行体验评分更高。建筑底层透视度越高,能模糊街道公共空间与建筑半公共空间之间的界限,增大街道的视觉吸引力,街道步行体验评分越高。树荫遮盖度越大,能够遮蔽阳光、构成街景,街道步行体验评分越高。中央分隔带越宽,一方面能提供绿化空间、美化街道,另一方面能在视觉上隔离街道对向车流,形成更宜人的街道空间,街道步行体验评分越高。

因子 4 对步行空间的影响非常显著且为正。人

行道越宽,街道步行体验评分越高。步行障碍程度越高,街道步行体验评分越低。步行障碍的存在降低了行人的有效步行空间,致使行人流更有可能被打断。越宽的用于空地的建筑后退和用于绿化、停车以及台阶的建筑后退都能够提高街道步行体验评分,但前者的影响更加明显。

模型中5个阈值系数对应达到相应街道步行体验评分的最低效用,均非常显著。随机效应反映了打分者在步行体验评分时的个人偏好差异,其方差为0.467,显著不为0。与没有随机效应的模型进行对比,两个模型的Log-Likelihood之差为14.87,根据自由度为1的卡方分布(1代表增加的1个随机效应变量)计算相应的p值为0.0001,远小于0.001,表明由于打分者的个人偏好差异导致的随机效应非常显著。

五 结论与建议

本研究使用探索性因子分析和顺序选择模型分析了街道环境特征对行人步行体验的影响。研究表明,由17个街道环境特征构成的车行空间、街道界面围合、街道环境、步行空间等4个因子对步行体验影响显著。决定行人步行体验的并非单个或者局部的街道环境特征,而是相关街道环境特征的综合作用。17个街道环境特征中,车行空间宽度、机动车道宽度、建筑到建筑的距离、设施带宽度、建筑底层用途、建筑底层透视度、树荫遮盖度、人行道宽度、步行障碍程度等特征对行人步行体验的影响与国外主流研究结论以及国内城市规划师的经验认知基本相同,而其余指标则与既有的研究和经验有所差异,对这些指标的进一步分析有助于更好的指导街道设计实践。

国内城市规划师通常认为路边停车带对行人的步行体验是不利的,但本次研究发现,路边停车带宽度越宽,越有助于形成行人与自行车或机动车之间的缓冲区域,行人步行体验越好,这与国外的主流研究结论相符。但需要注意的是,如果停车占用了设施带或步行空间,则步行体验是下降的。路边停车的设置也可能会侵占自行车路权,因此需要综合考虑。

国外研究对自行车道对步行体验的影响关注较少,本研究发现非机动车道越宽、机非分隔带越宽,步行体验越差,这与国内电动自行车占比高、速度快,可能会使行人产生不安全感有关。因此如果道

路上自行车道较宽、电动自行车流量较大,应该考虑同时设置较宽的设施带、步行道,或在设施带上种植高大乔木以形成缓冲区域。

尽管车行空间越宽,步行体验越差,但中央分隔带越宽却有助于提升步行体验。城市规划师在对主次干道进行规划中往往忽略中央分隔带的设置,认为可以在道路交付使用后通过设置护栏分隔对向机动车道,同时还可以节约道路空间。但护栏实际并不能起到安全分隔机动车的作用,另外设置在双黄线上的护栏两侧也没有设置左侧路缘带的空间。本研究从步行体验的角度进一步验证了主次干道设置中央分隔带的重要性,中央分隔带的绿化,特别是高大的乔木,可以减小行人心理上感知的街道尺度。

国外研究对平均建筑高度对步行体验的影响结论并不统一,本研究发现,平均建筑高度越低,步行体验越好。国内城市普遍高密度和高强度的建成环境特征可能会使人们更偏好于高度较低建筑的围合所带来的步行体验,以及可能更加丰富的街道生活。界面围合度与平均建筑高度负相关,本研究也同样发现界面围合度越大,步行体验越好。

国外研究通常认为建筑后退距离越小,步行体验越好,这与本研究的结论恰好相反。国内城市普遍高密度和高强度的建成环境特征也可能使人们更倾向于在步行时与建筑保留一定的空间。另外,如果建筑后退空间是作为空地使用,对步行体验的提升更大,因为空地不仅可以作为步行空间,也意味着临街的往往是商业建筑。

本研究也存在一些有待进一步改进的地方,比如街道视频调查仅考虑了正常的成年人,对于在年龄和行动能力上存在较大差异的人(比如老人、儿童或身体不便的人),他们可能有不同的步行环境诉求,需要特殊的街道服务设施。未来可以进一步开展更具包容性的行人步行体验与街道环境特征之间关系的研究,同时考虑到身体健康的行人(包括儿童、成年人、老年人)以及身体不便的行人。

【Abstract】 Understanding the street environment characteristics which affect pedestrians' walking experience can provide basis for the design and improvement of street environment. Eighteen streets (thirty six walking cross sections) of Nanjing are selected. A street environment survey and a walking experience survey are conducted to gather data. Seventeen street environment characteristic variables in three categories (e.g. side-walk related variables, frontage building related variables and roadway related variables) are designed. Four factors (e.g. the

vehicle space factor , the street interface enclosure factor , the street environment factor and the walking space factor) are extracted from these variables using explanatory factor analysis. An Ordered Logit Model considering personal rating preference is used to estimate walking experience scores. The model result shows that the four factors and personal rating preference have significant effects on walking experience scores. Seventeen street environment characteristic variables which form the four factors are analyzed. The suggestions for improving walking experience of streets are proposed.

【Key words】 walking experience; street environment; survey design; exploratory factor analysis; Ordered Logit Model

参考文献

- [1] Muraleetharan T , Hagiwara T. Overall level of service of urban walking environment and its influence on pedestrian route choice behavior: analysis of pedestrian travel in Sapporo , Japan [J]. Transportation Research Record , 2007(2002) : 7 - 17
- [2] Zacharias J. Pedestrian behavior and perception in urban walking environments [J]. Journal of Planning Literature , 2001 (1) : 3 - 18
- [3] Forsyth A , Krizek K J. Promoting walking and bicycling: assessing the evidence to assist planners [J]. Built Environment , 2010 (4) : 429 - 446
- [4] John J F. Pedestrian Planning and Design [R]. Tokyo: Kajima Institute Publishing Co. Ltd , 1974
- [5] Asadi - Shekari Z , Moeinaddini M , Zaly Shah M. Disabled pedestrian level of service method for evaluating and promoting inclusive walking facilities on urban streets [J]. Journal of Transportation Engineering , 2013(2) : 181 - 192
- [6] Asadi - Shekari Z , Moeinaddini M , Zaly Shah M. Non - motorised level of service: addressing challenges in pedestrian and bicycle level of service [J]. Transport Reviews , 2013 (2) : 166 - 194
- [7] Emery J , Crump C , Bors P. Reliability and validity of two instruments designed to assess the walking and bicycling suitability of sidewalks and roads [J]. American Journal of Health Promotion , 2003(1) : 38 - 46
- [8] Knaap G , Song Y , Ewing R , et al. Seeing the elephant: multi - disciplinary measures of urban sprawl [R]. National Center for Smart Growth Research and Education , Urban Studies and Planning Program , University of Maryland , 2005
- [9] Sarkar S. Qualitative evaluation of comfort needs in urban walkways in major activity centers [J]. Transportation Quarterly , 2003(4) : 39 - 59
- [10] Muraleetharan T , ADACHI T , HAGIWARA T , et al. Method to determine overall level - of - service of pedestrians on sidewalks based on total utility value [C]. Proceedings of the 83rd Annual Meeting of Transportation Research Board , Washington DC. , 2004
- [11] 阿兰·雅各布斯. 伟大的街道[M]. 中国建筑工业出版社, 2009
- [12] Harkey D L , Zegeer C V. PEDSAFE: pedestrian safety guide and countermeasure selection system [R]. Federal Highway Administration , 2004
- [13] Ewing R. Asking transit users about transit - oriented design [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , 2000(1) : 19 - 24
- [14] Landis B W , Vattikuti V R , Ottenberg R M , et al. Modeling the roadside walking environment: pedestrian level of service [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , 2001 (1773) : 82 - 88
- [15] Guttenplan M , Landis B W , Crider L , et al. Multimodal level - of - service analysis at planning level [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , 2001(1776) : 151 - 158
- [16] Jaskiewicz F. Pedestrian level of service based on trip quality [C]. Transportation Research Board Circular. E - C019: Urban Street Symposium. , 2000
- [17] Ewing R , Handy S , Brownson R C , et al. Identifying and measuring urban design qualities related to walkability [J]. Journal of Physical Activity and Health , 2006(3)
- [18] Jensen S. Pedestrian and bicyclist level of service on roadway segments [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , 2007 (2031) : 43 - 51
- [19] Miller J , Bigelow J , Garber N. Calibrating pedestrian level - of - service metrics with 3 - D visualization [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board , 2000(1705) : 9 - 15
- [20] Moudon A V , Lee C. Walking and bicycling: an evaluation of environmental audit instruments [J]. American Journal of Health Promotion , 2003(1) : 21 - 37
- [21] Lee S , Talen E. Measuring walkability: a note on auditing methods [J]. Journal of Urban Design , 2014(3) : 368 - 388

(编辑: 崔 剑; 责任编辑: 刘媛君)