

居住区型轨道站出入口客流分布系数模型修正

吴娇蓉, 华陈睿

(同济大学 道路与交通工程教育部重点实验室, 上海 201804)

摘要: 提出已有的空间句法轴线模型在预测轨道站出入口客流分布系数时忽略了区域内建筑这一重要因素, 而不同类型建筑对人们出行活动的产生和吸引量、出行分布的作用大相径庭。选取建筑高度、建筑密度作为核心指标, 对轴线模型进行修正。根据居住区轨道站各出入口所对应的周边半径 500 m 区域内的建筑密度差异和国内外相关规范对高层建筑的规定, 得出修正轴线模型的适用条件。采用上海和南京两个城市居住区轨道站进行修正模型及适用条件的验证, 得出修正轴线模型公式准确率达到 91% 以上。认为修正模型及适用条件具有一定的普适性, 可为轨道站出入口步行通道设计、出入口公交站点和自行车停泊位布局提供理论支撑。

关键词: 居住区型轨道站; 出入口客流分布系数; 空间句法; 轴线模型; 建筑高度; 建筑密度; 修正模型

中图分类号: U291.1

文献标志码: A

Modification of Passenger Flow Distribution Coefficient Model of Subway Stations' Entrances in Residential Region Type

WU Jiaorong, HUA Chenrui

(Key Laboratory of Road and Transportation Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

Abstract: This paper points out that the traditional axial model does not consider the key factor of the properties of buildings around subway stations, however, different buildings have different generation and attraction of pedestrian activities. Then the paper selects building height and building density as two indexes to modify the axial model. According to the difference of building density of 500 m radius area around a subway stations' entrances and the domestic and foreign relevant rules for high-rise building regulations, the paper draws the conclusion of the applicable condition of the modified model. At last, this paper compares the modified model's applicability of subway stations in Shanghai and Nanjing, and finds out the accuracy of modified model is both higher than 91%, so the conclusion is drawn that the modified

model and applicable condition can be widely-used in different metropolis. This research provides theoretical support to the design of passageway width, fare gates number, parking facilities and bus station layout outside the subway station.

Key words: residential region type subway stations; distribution coefficient of passenger flow; space syntax; axial model; building height; building density; modified model

中国学者按照场所导向将轨道站点区域分为以下几类:①公共中心区;②交通枢纽区;③居住区^[1]。参照《城市居住区规划设计规范(GB50190—93)》中用地平衡控制指标要求,对居住区型轨道站定义为点周边 500 m 半径区域内住宅用地占已开发用地的比例达到 50% 及以上,则上海市和南京市已运营的轨道站中居住区轨道站点占总站点数的 73% 和 75%,可见居住区型轨道站是占比最大的一类轨道站。能够准确预测居住区型轨道站各出入口的客流分布系数,将为确定轨道站出入口规模、进出站设施(如检票闸机)、与出入口衔接的通道类设施数量、规模;确定各出入口外配套的机动车、非机动车停车设施、公交站点等换乘设施的布局、规模提供客观定量分析依据。中国现行《地铁设计规范》在确定轨道站出入口宽度 B_n 时,出入口客流分布系数取值主要依赖于经验,在计算出每个出入口客流平均值后分别乘以 1.10~1.25^[2]。傅博峰引用建筑学中的空间句法轴线模型预测轨道站出入口客流分布系数,指出该模型形式简单,仅需搜集轨道站所在区域的现状道路网地图,但并未深入讨论该模型的适用性,只是定性分析了模型的局限性和有效性^[3]。本文选取了上海市和南京市具有普遍代表性的 37 个已营运的居住区型轨道站点共 109 个出入口,进行方法的有效性验证,发现出入口客流分布系数预测值和实测值的相对误差小于 20% 的占 64%。因此,本文将对

预测相对误差超过 20% 的各出入口进行重点分析, 结合模型的缺陷提出修正方法, 并深入分析空间句法轴线模型对于居住区轨道站点的适用条件, 有助于该方法推广和应用。

1 国内外研究现状

轨道车站周边的土地使用性质及其开发强度是影响乘客乘降量、不同方向的集散量以及到站方式等的主要因素。车站周边区域的路网结构形态、换乘便捷性等交通条件对客流的影响也不容忽视^[4-5]。除此之外, 影响轨道站出入口客流集散量的还有到站交通方式、轨道车站区位。国内有学者根据各出入口所对应区域的建筑类型、建筑密度、区域内人口及经由该区域的公交线路、站点数量、分布特点来计算分向客流^[6], 但是需要的指标较多, 搜集的难度较大, 因此没有后续研究探讨出入口客流的不均衡系数。

空间句法作为一种解释建筑物与空间结构间关系的理论, 由目前公职于伦敦大学(UCL)的 Bill Hillier 教授于 1974 年提出^[7]。空间句法的研究领域除了建筑、城市设计和城市规划外, 也涉及了地理学、认知学、社会学、考古学、信息学等领域。在轨道交通方面, 研究主要集中在用轴线模型对轨道线网的拓扑分析与设计; 傅搏峰首次使用轴线模型对轨道站出入口分布系数进行估算^[3]。此外, 国内外学者用凸面空间分析法对轨道终点站周边区域更新战略^[8], 地下轨道车站的空间设计, 以轨道站点为核心的建筑交通综合体运行绩效评估^[9], 轨道站内火灾疏散安全区域界定^[10]等方面进行研究。

2 已有的轨道站出入口客流分布系数轴线模型

借助空间句法分析软件 Confeego 形成轨道站点轴线图模型中 R3 集成度分布图。假设站点周边各条道路集散客流量的大小与道路空间中行人活动量大小变化趋势一致。在这一假设条件下, “R3 集成度”指标即可表征各条道路集散的轨道客流量大小。比较轨道客流生成区内各方向道路的句法变量平均值, 即可得到对应出入口分担客流的大致比例关系。具体客流估计方法如下^[3]。

第一步, 轨道站出入口分布系数轴线模型涵盖区域为: 以轨道车站为中心, 城市建成区以 2.3 km 为半径、郊区以 2.8 km 为半径画圆; 沿该圆形外边缘选择空间隔断性比较明显的物质设施, 如河流、高速道路等为区域边界, 选择的边界尽可能向外凸出,

接近圆形或方形的形态; 边界所围区域即为轴线模型的构建区域。

第二步, 按照车站出入口布置方案, 对车站客流生成区进行子区域细分。

子区域细分标准: 子区域内任一点到对应出入口的距离, 相对于车站其他出入口子区域是最近的。客流生成区子区域细分时, 首先以轨道线为中心轴, 将整个客流产生区均分为两个子区域, 假设为子区域 a 和 b ; 然后根据这两个子区域各自对应的出入口数, 均分为若干子区域, 比如说子区域 a 对应有 2 个出入口, 则 a 要继续细分为 a_1 和 a_2 。因此, 若车站出入数量为 k , 则最终划分形成的子区域数量也为 k 。图 1 为轨道车站客流产生子区域细分示意图, 车站设有 4 个出入口, 圆形区域为车站的客流产生区, 虚线为虚拟的区域分界线。客流产生区被细分为 4 个子区域, ①号口对应区域 I, ②号口对应区域 II, 依此类推。

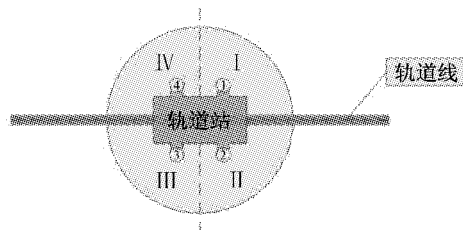


图1 轨道车站客流产生子区域细分图
Fig.1 Subway stations' passenger flow generating sub-regions

第三步, 计算各出入口客流分布系数。定义 P_j 为第 j 号出入口客流分布系数, 则:

$$P_j = \frac{L_{R_3j}}{\sum_{j=1}^k L_{R_3j}} \quad (1)$$

式中: L_{R_3j} 为第 j 号出入口方向对应子区域路网的局部集成度 R_3 总和; $L_{R_3j} = \sum_{i=1}^n L_{R_3i}$ 。其中, n 为轴线数; i 为轴线编号; k 为车站出入口个数; j 为出入口编号。

3 已有轴线模型误差分析

本次研究选取了上海市具有代表性的 27 个已运营居住区型轨道站共 81 个出入口进行实地调查。27 个轨道站分布在上海各地区: 处于内环内区域的有 4 个, 内外环区域的有 7 个, 外环外区域的有 16 个。获取了各站点出入口客流的实际分布系数, 并与式(1)计算值进行对比, 相对误差见表 1。表中实际客流分布系数与模型计算值相对误差小于 10% 的轨道

站点出入口有 29 个,占 81 个轨道站出入口总量的 36%,小于 20%占 61.4%;大于 50%的有 12 个,占 14.8%,大于 90%的有 8 个,占 9.8%。通常认为,模型计算值和实际调查值相对误差在 20%以内为可接受,以此为衡量标准,排除相对误差大于 90%的 A,

C,I,L,N,Z 六个轨道站共 18 个出入口(表 1 中灰色框数据),79.4%的轨道站出入口预测值误差为可接受,即认为模型的准确率为 79.4%。因此,模型总体仍有一定预测误差,有必要讨论模型的修正方法,提高模型的准确率。

表 1 上海市 27 个轨道站各出入口客流分布系数模型计算结果

Tab.1 The calculated results of 27 subway stations' passenger flow distribution coefficient model in Shanghai

站点名称	出入口	实际分布系数	模型计算值	相对误差/%	站点名称	出入口	实际分布系数	模型计算值	相对误差/%
川沙站	A1	0.79	0.61	-23.01	大连路站	P1	0.39	0.39	1.95
	A2	0.21	0.40	90.13		P2	0.34	0.32	-5.29
嘉定新城站	B1	0.42	0.32	-22.05		P4	0.27	0.28	3.78
	B2	0.34	0.26	-25.00	杨树浦路站	Q2	0.51	0.46	-9.84
	B3	0.11	0.21	85.71		Q4	0.49	0.54	10.34
	B4	0.13	0.21	61.54	华夏东路站	R1	0.37	0.43	17.07
马陆站	C1	0.38	0.28	-27.78		R4	0.31	0.26	-14.53
	C2	0.20	0.31	54.39		R5	0.33	0.31	-5.46
	C3	0.04	0.22	408.33	马当路站	S1	0.30	0.33	9.92
	C4	0.37	0.20	-47.17		S3	0.37	0.33	-10.74
南翔站	D1	0.35	0.39	9.29		S6	0.32	0.33	2.33
	D2	0.65	0.61	-5.10	彭浦新村站	T1	0.27	0.26	-1.34
华宁路站	E1	0.60	0.60	-1.06		T2	0.22	0.25	10.58
	E2	0.40	0.40	1.61		T3	0.14	0.18	29.41
金平路站	F1	0.50	0.47	-5.92		T4	0.37	0.31	-16.83
	F2	0.50	0.53	5.99	共康路站	U1	0.23	0.24	3.70
泗泾站	G1	0.31	0.41	29.53		U2	0.29	0.27	-4.90
	G2	0.69	0.59	-13.54		U3	0.19	0.25	32.84
银都路站	H1	0.30	0.43	42.02		U4	0.29	0.24	-19.23
	H2	0.70	0.57	-18.04	通河新村站	V1	0.21	0.18	-12.62
桃浦新村站	I1	0.43	0.22	-47.36		V2	0.24	0.19	-19.49
	I2	0.27	0.20	-25.57		V3	0.20	0.23	16.33
	I4	0.30	0.57	90.32		V4	0.36	0.40	11.17
莘庄站	J1	0.28	0.21	-23.69	浦电路站 4	W1	0.43	0.47	8.21
	J2	0.32	0.34	7.13		W2	0.33	0.28	-14.05
	J3	0.40	0.45	10.74		W3	0.24	0.25	4.19
闵行开发区站	K1	0.63	0.52	-17.40	上海马戏城站	X1	0.29	0.28	-2.81
	K2	0.37	0.48	29.77		X2	0.17	0.23	33.33
七宝站	L1	0.13	0.27	108.76		X3	0.24	0.22	-6.08
	L2	0.14	0.30	120.67		X4	0.30	0.26	-11.83
	L4	0.15	0.28	90.71	上海西站站	Y1	0.63	0.59	-5.86
	L5	0.59	0.15	-74.24		Y4	0.37	0.41	10.03
中春路站	M2	0.31	0.26	-16.50	真如站	Z1	0.10	0.29	192.00
	M3	0.27	0.31	13.16		Z2	0.57	0.36	-37.93
	M6	0.18	0.23	25.11		Z5	0.33	0.36	8.43
	M7	0.23	0.20	-12.85	市光路站	AA1	0.27	0.28	6.55
佘山站	N1	0.07	0.30	350.00		AA2	0.21	0.22	2.78
	N2	0.93	0.70	-24.61		AA3	0.19	0.19	1.86
松江新城站	O1	0.29	0.24	-19.95		AA4	0.33	0.31	-8.03
	O2	0.14	0.18	26.70					
	O3	0.33	0.33	-0.58					
	O4	0.23	0.25	9.42					

通过实地勘测与调查,相对误差大于 90%的轨道站出入口的误差产生原因主要归纳为以下两条:①公交线路分布不均匀,集中在某一个或几个轨道站出入口;②轨道站某一个或两个出入口与周边商

业建筑有连通的地下通道。可见,空间句法轴线模型不适用于以上两类轨道站出入口的客流分布系数估算,上海的 27 个居住区型轨道站点中有 6 个是这种情况(表中以灰色显示)。

4 轴线模型修正

4.1 修正指标选取

Bill Hillier 教授认为:对“空间本体”进行分析,就有可能发现建筑或城市空间形式与功能之间的联系^[1].在轴线模型中,这个“空间本体”指的是道路,但是却忽略了建筑这个重要的因素,不同的建筑对人们出行活动的产生和吸引所产生的作用大相径庭.因此需要选取与轨道站周边建筑相关的指标对轴线型进行修正,并且选取的指标既要不失一般性,既对所有轨道站出入口都适用,又能反映出轨道站出入口客流分布系数误差的深层原因,同时应考虑到指标获取的难易性.

选取城市规划学中能够反映区域用地开发强度并且和用地相关的建筑高度和建筑密度作为修正指标对轨道站出入口客流分布系数轴线模型进行修正.建筑高度指一定区域内建筑物的最大地面以上

高度;建筑密度是指一定区域内建筑物的覆盖率,计算公式如下:

$$d = D/S \quad (2)$$

式中: d 为研究区域的建筑密度; D 为研究区域内建筑基底总面积; S 为研究区域面积.

国内学者通过对上海市轨道交通一号线、二号线和三号线共 48 个轨道站点周边半径 1 000 m 地区的城市用地情况分析得出:轨道站点周边 200~500 m 半径内的土地开发强度高,然后向外降低.因此对建筑高度和建筑密度指标的计算区域范围确定为各出入口所对应的站点周围 500 m 半径内的区域.

4.2 修正指标计算值

根据两项修正指标的定义、计算公式,除去相对误差大于 90% 的 6 个轨道站,对表 1 中 21 个轨道站的 63 个出入口分别计算对应区域的建筑高度以及建筑密度,结算结果见表 2:

4.3 轴线模型的修正形式和参数标定

轴线模型通过道路来分析客流可能的出行路

表 2 上海市 23 个轨道站各项指标及相对误差

Tab.2 Each indicators of the 23 subway stations in Shanghai and relative error of model

站点名称	出入口编号	建筑高度/m	建筑密度/%	相对误差/%	站点名称	出入口编号	建筑高度/m	建筑密度/%	相对误差/%
嘉定新城站	B1	12	12.37	-22.05	华夏东路站	R1	18	15.11	17.07
	B2	12	12.19	-25.00		R4	21	18.01	-14.53
	B3	18	3.24	85.71		R5	10.5	23.02	-5.46
	B4	12	4.04	61.54	马当路站	S1	60	35.69	9.92
南翔站	D1	36	13.20	9.29		S3	96	27.54	-10.74
	D2	36	11.79	-5.10		S6	90	30.13	2.33
华宁路站	E1	18	22.55	-1.06	彭浦新村站	T1	45	30.77	-1.34
	E2	18	37.12	1.61		T2	72	22.99	10.58
金平路站	F1	36	23.23	-5.92		T3	51	21.96	29.41
	F2	36	22.22	5.99		T4	54	26.47	-16.83
泗泾站	G1	10.5	16.77	29.53	共康路站	U1	54	22.65	3.70
	G2	36	23.32	-13.54		U2	54	29.02	-4.90
银都路站	H1	27	18.90	42.02		U3	42	23.59	32.84
	H2	36	23.21	-18.04		U4	48	28.17	-19.23
莘庄站	J1	78	18.37	-23.69	通河新村站	V1	48	22.13	-12.62
	J2	84	18.89	7.13		V2	48	26.39	-19.49
	J3	78	14.33	10.74		V3	48	22.97	16.33
大连路站	P1	57	31.29	1.95		V4	54	21.21	11.17
	P2	51	27.78	-5.29	浦电路站 4	W1	108	23.01	8.21
	P4	90	31.88	3.78		W2	72	19.09	-14.05
闵行开发区站	K1	42	25.59	-17.40		W3	42	28.26	4.19
	K2	18	38.13	29.77	上海马戏城站	X1	99	25.60	-2.81
中春路站	M2	36	25.87	-16.50		X2	72	19.28	33.33
	M3	18	34.54	13.16		X3	60	23.68	-6.08
	M6	18	22.95	25.11		X4	105	18.13	-11.83
	M7	30	29.14	-12.85	上海西站站	Y1	48	37.80	-5.86
松江新城站	O1	36	22.28	-19.95		Y4	54	36.26	10.03
	O2	36	17.26	26.70	市光路站	AA1	21	20.71	6.55
	O3	21	17.18	-0.58		AA2	54	21.25	2.78
	O4	30	8.62	11.42		AA3	48	21.93	1.86
						AA4	54	24.55	-8.03

径,得到每个轨道站出入口的客流分布系数.考虑到区域内建筑也会对出行的产生和路径选择产生影响,在原有模型的基础上,采用某一个出入口对应子区域建筑密度和建筑高度与所有出入口区域建筑密度和建筑高度均值的权重形式进行修正,具体修正形式如下:

$$L'_{R_{3j}} = L_{R_{3j}} \cdot \left[a \cdot \frac{h_j}{\bar{h}} + (1-a) \cdot \frac{d_j}{\bar{d}} \right] \quad (3)$$

式中: h_j 为出入口 j 对应研究分区的建筑高度; \bar{h} 为各出入口对应研究分区建筑高度的平均值; a 为修正系数; d_j 为出入口 j 对应研究分区的建筑密度; \bar{d} 为各出入口对应研究分区建筑密度的平均值; $L'_{R_{3j}}$ 为出入口 j 修正后的局部集成度 R_3 总和.

利用表1客流分布系数的实际调查值和模型计算值、表2轨道站出入口对应区域的建筑高度和建筑密度,在63个轨道站出入口中随机抽取24个对修正参数 a 进行标定,由式(3)推导标定公式如下:

$$Y = aX \quad (4)$$

式中, $y_j = \frac{Q_j}{\sum_k Q_k} - \frac{d_j}{\bar{d}}, x_j = \frac{h_j}{\bar{h}} - \frac{d_j}{\bar{d}}, Q_j$ 为出入口

j 的实际客流, $\sum_k Q_k$ 为该轨道站所有出入口的总客流.

借助统计产品与服务解决方案软件SPSS,对式(4)中的修正系数 a 进行标定.得出修正参数 $a = 0.337$,标定公式的 R 方值为0.707,表示修正模型参数标定结果显著.出入口 j 修正后的客流分布系数 α'_j 计算公式如下:

$$\alpha'_j = \frac{L'_{R_{3j}}}{\sum_{i=1}^n L'_{R_{3i}}} \quad (5)$$

其中, $L'_{R_{3j}}$ 按式(3)取值, a 取0.337.

4.4 修正模型验证

应用修正后的轴线模型对63个轨道站出入口中剩余的39个轨道站出入口进行计算,并且与之前的轴线模型计算结果准确性进行比较,分析结果见表3.修正后的轴线模型在客流分布系数的相对误差均值上比修正前缩小了1.3%,比较模型客流分布系数计算结果误差小于20%的准确性,修正模型由已有轴线模型的82.0%提高到89.7%,可见修正模型具有一定有效性.

表3 模型修正结果验证

Tab.3 Verification of the modified model

	剩余39个轨道站出入口		总体63个轨道站出入口	
	相对误差均值/%	相对误差小于20%的轨道站出入口比例/%	相对误差均值/%	相对误差小于20%的轨道站出入口比例/%
已有轴线模型	15.3	82.0	14.68	79.4
修正轴线模型	14.0	89.7	11.87	83.8

计算准确率见表4.

5 修正轴线模型的适用性分析

5.1 修正轴线模型适用条件

修正模型式(5)中,建筑高度项的系数为0.337,而建筑密度项的系数为0.663,说明建筑密度对修正模型的计算结果影响比建筑高度大.表2站点周边区域建筑密度均值为23%,取整以20%为控制值首先将轨道站出入口分为两类.在新《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2002)里规定:10层及10层以上或高度超过28m的钢筋混凝土结构称为高层建筑结构.当建筑高度超过100m时,称为超高层建筑.在美国,24.6m或7层以上视为高层建筑;在日本,31m或8层及以上视为高层建筑;在英国,把等于或大于24.3m得建筑视为高层建筑^[12].因此以建筑高度30m作为第二个控制值,进一步将68个轨道站出入口划分为4类,再比较各类修正模型的

表4 不同指标控制值下的模型适用率

Tab.4 Model accuracy with different values of the two indicators

建筑密度/%	建筑高度/m	轨道站出入口个数/个	相对误差均值/%	修正模型准确率/%
<20	<30	9	10.28	77
<20	≥30	10	18.2	70
≥20	<30	7	14.9	86
≥20	≥30	37	10.0	97

由表5可知,当轨道站各出入口所对应的轨道站周边半径500m区域内的建筑密度达到20%及以上时,修正模型准确率要高于建筑密度小于20%的情况.对上海的27个轨道站点进行实地踏勘发现,站点出入口周边半径500m区域内如果建筑密度小于20%,特别是低于10%时,通常意味着区域刚刚开始开发,区域发展还处在较快变化中,修正模型准确率不高;而站点出入口周边半径500m区域

内如果建筑密度大于 20%，通常意味着区域开发已经稳定或渐趋稳定，修正模型准确率升高。

当建筑密度达到 20% 但建筑高度低于 30 m 时，修正模型准确率为 86%，相对误差均值为 14.9%；当建筑密度达到 20% 以上且建筑高度达到 30 m 以上，修正轴线模型对轨道站出入口客流分布系数的计算准确率高达 97%，相对误差均值 10%；上海达到这个条件的 37 个轨道站出入口中 10 个位于城市中心区(内环内)，19 个位于城市快速发展区(内外环)，8 个位于城市郊区(外环外)，可见修正模型的适用性不受地区差异的限制。

综上所述，修正轴线模型的适用条件如下：①轨道站周边 500m 范围内居住性质用地占已开发用地

比例达到 50% 及以上；②各出入口附近的公交站点分布较为均衡；③不存在出入口与附近商业建筑连通的地下通道；④各出入口所对应的轨道站周边半径 500m 区域内的建筑密度达到 20% 及以上。

5.2 修正轴线模型对不同城市轨道站的适用性

为了验证居住区型轨道站出入口客流分布系数修正轴线模型、适用条件对不同城市的普适性，对南京市分布在各地区具有代表性的 10 个已运营居住区型轨道站的 28 个出入口进行客流分布系数调查，并比较修正模型对上海市和南京市两个不同城市轨道站的适用性。南京市 10 个轨道站出入口客流分布系数、建筑高度、建筑密度以及修正模型计算误差见表 5：

表 5 南京市 10 个轨道站各项指标及修正模型计算相对误差

Tab.5 Each indicators of the 10 subway stations in Nanjing and relative error of modified model

站点名称	出入口编号	建筑高度/m	建筑密度/%	相对误差/%	站点名称	出入口编号	建筑高度/m	建筑密度/%	相对误差/%
天印大道站	AB1	72	28.14	6.03	油坊桥站	AG1	105	16.42	7.80
	AB2	90	18.09	8.62		AG2	96	20.36	7.49
	AC1	45	19.86	36.95	上海路站	AH1	72	43.34	5.37
胜太路站	AC2	60	31.38	17.25		AH2	90	33.41	5.80
	AC3	90	28.44	21.56		AH3	105	36.98	10.72
	AD1	51	23.12	4.92	张府园站	AI1	96	37.99	7.35
双龙大道站	AD2	45	14.92	12.05		AI2	120	41.29	17.71
	AD3	54	21.42	3.92		AI3	105	43.21	11.33
	AE1	45	23.40	6.43	珠江路站	AJ1	90	36.15	17.99
小行站	AE2	30	16.05	29.77		AJ3	130	34.47	44.76
	AE3	45	28.19	9.82		AJ4	120	41.96	2.42
	AF1	60	25.32	1.27	玄武门站	AK1	167	32.09	4.50
云锦路站	AF2	69	29.76	0.44		AK3	120	37.23	19.87
	AF3	54	31.78	1.84		AK4	81	24.16	6.35

南京市 10 个轨道站 28 个出入口客流分布系数的修正模型计算准确率达到 85.7%，略高于上海 83.8% (见表 3)，可认为修正轴线模型总体适用于南京市居住区型轨道站。

比较上海市和南京市两个城市满足修正轴线模型适用条件的居住区型轨道站出入口分布系数的模型计算值和实测值，结果见表 6。由表 6 可见，南京市居住区型轨道站出入口客流分布系数计算准确率达到 91%，略低于上海 95% 的准确率。说明本文提出的修正模型和适用条件具有一定普适性。

表 6 不同城市轨道站修正轴线模型计算准确率

Tab.6 Accuracy of the modified subway stations' passenger flow distribution coefficient model in different cities

	满足适用条件的 轨道站出入口个数	修正模型 准确率/%	相对误差 均值/%
上海市	44	95	10.8
南京市	23	91	10.2

6 结语

本文提出傅博峰的空间句法轴线模型的缺陷是忽略了区域内建筑这一重要因素，而不同类型建筑对人们出行活动的产生和吸引量、出行分布的作用大相径庭。选取建筑高度、建筑密度作为核心指标，对轴线模型进行修正。根据居住区轨道站各出入口所对应的周边半径 500 m 区域内的建筑密度差异和国内外相关规范对高层建筑的规定，得出修正轴线模型的适用条件。采用上海和南京两个城市居住区轨道站进行修正模型及适用条件的验证，得出修正轴线模型公式准确率达到 91% 以上。认为修正模型及适用条件具有一定的普适性，可为轨道站出入口步行通道设计、出入口公交站点和自行车停泊位布局提供理论支撑。

(下转第 1254 页)