

上海市轨道交通客流量的公交导向开发影响因素分析

苏海龙^{1,2}, 王 焱^{1,2}, 王新军^{1,2}, 周 锐^{1,2}

(1. 复旦大学 城市规划与发展研究中心, 上海 200433; 2. 上海复旦规划建筑设计研究院, 上海 200433)

摘要: 采用了上海市域范围内轨道交通站点层面的数据, 运用多元回归方法, 检验并确定了影响上海市轨道交通客流量重要的公交导向开发(TOD)因素. 结果表明站点影响区域内的公交车服务次数、公交车平均发车间隔、步行至最近公交站点的时间、轨道交通站点的出入口数量以及站点周围是否有停车场等五个变量对轨道交通的客流量具有显著影响. 尤其是, 公交车服务次数和平均发车间隔这一对看似矛盾的因素恰好表明了接驳型公交服务的增加对轨道交通客流提高的重要性. 此外, 提出了具体的政策建议, 以期用来指导城市交通开发的实践活动.

关键词: 公交导向开发(TOD); 城市轨道交通; 客流量; 站点影响区域

中图分类号: U491.1

文献标志码: A

Transit-oriented Development Correlates of Rail Transit Ridership in Shanghai Municipality

SU Hailong^{1,2}, WANG Yi^{1,2}, WANG Xinjun^{1,2}, ZHOU Rui^{1,2}

(1. Research Center for Urban Planning and Development, Fudan University, Shanghai 200433, China; 2. Urban Planning and Architectural Design Institute, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract: This study, with the city-wide station-level data limited to be used in prior studies, examines and identifies the transit-oriented development(TOD) factors that significantly influence the weekday transit ridership in metropolis of Shanghai by using multivariate regressions. The results show that five variables including the number of daily bus services, average bus headway in station catchment area, walking time to the nearest bus stop, the number of exits of transit stations and parking lot around transit stations, are important in contributing to higher rail transit ridership for Shanghai. In particular, the seemingly contradictory factors of bus service and average headway demonstrate the importance of raising

shuttle bus services to the increase of rail transit ridership. Furthermore, the detailed policy implications corresponding with the significant factors are proposed to guide the practice in the urban and transport development.

Key words: transit-oriented development (TOD); urban rail transit; transit ridership; station catchment area

公交导向开发(transit-oriented development, TOD)整合了土地利用和交通发展的概念, 于 1993 年被 Calthrope 首次提出^[1], 近年来作为一种可持续的城市化形态而获得了广泛的认可. 它的典型特征是围绕着公共交通中心(transit centers), 通常是指轨道交通站点, 进行相对较高密度、紧凑和混合土地利用的开发, 同时打造行人友好、鼓励使用公共交通的环境设计. 更重要的是人们普遍认为 TOD 可以减少对小汽车较高的依赖性, 从而提高公共交通的使用率、改善行人和骑自行车人的安全、减少交通拥堵和遏制城市蔓延. 近年来, 我国也开始尝试应用 TOD 的可能性^[2].

过去十年中, 我国经济快速发展, 城市轨道交通建设也经历了一个快速发展的时期. 到 2011 年底, 12 个大城市已经建成并运营了 48 条轨道交通线路, 总运营里程达到 1 395 km. 此外, 其他 16 个城市也获批进行轨道交通建设. 国内轨道交通的快速发展, 为检验和确定究竟有哪些重要的因素影响我国应用 TOD 提供了很好的机会. 上海自 1993 年轨道交通 1 号线南段开始建设以来, 至 2012 年底, 有 11 条轨道交通线路通车, 239 个站点, 运营里程超过 434 km. 图 1 展示了现有的上海轨道交通网络体系.

在大多数 TOD 项目建议书中, 一个重要的交通要素是在轨道交通站点周边进行协调的土地使用政策能有效地提高站点的客流量. 客流量是轨道交通

收稿日期: 2013-01-07

基金项目: 国家自然科学基金(50808048)

第一作者: 苏海龙(1970—), 男, 讲师, 工学博士, 主要研究方向为城市总体规划、城市战略规划. E-mail: fdsuhailong@126.com

通讯作者: 王 焱(1986—), 女, 工程师, 工学硕士, 主要研究方向为交通运输规划与管理. E-mail: evonne.w@126.com

系统的支持条件,较大的客流量可以减轻财政压力,继而提高服务水平改善的机率,这反过来又促进轨道交通的使用.因此,本研究旨在检验显著影响轨道

交通客流量的因素,并基于此提出促进 TOD 的可行性政策导向,以期实现城市和交通以一种更加可持续的方式协调发展.

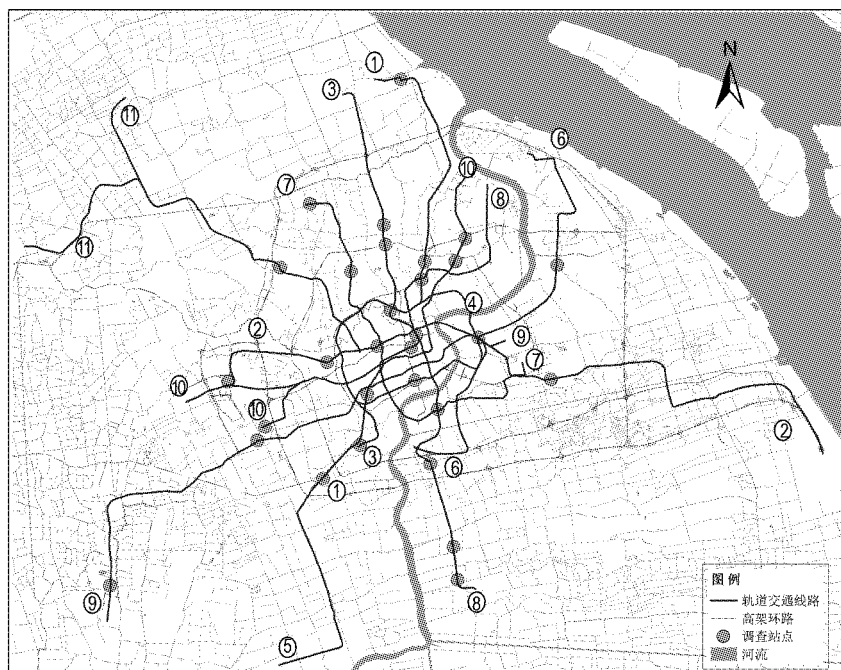


图 1 2012 年上海轨道交通网络图

Fig.1 Shanghai urban rail transit network, 2012

1 既有文献回顾

1.1 TOD 概念发展

TOD 概念经历了一个从“3D—5D—6D—绿色 TOD”的发展.最初的“3D”分别代表密度、多样性和设计(density, diversity, design),由 Cervero 和 Kockelman 于 1997 年提出^[3];接着,增加了目的地可达性(destination accessibility)和至公共交通的距离(distance to transit),形成了“5D”^[4];随后第 6D 被提出来,然而与没有争议的前 5D 不同,不同的研究对第 6D 的定义不同,包括停车成本在内的需求管理(demand management)因素或者地区可识别性(distinction)^[5-6];进一步,作为 TOD 和绿色城市主义(Green Urbanism)的联姻,绿色 TOD 的概念被提出来^[6],它认为两者结合带来的环境效益远超过 TOD 和绿色城市主义各自带来的效益,包括能源自给自足(energy self-sufficiency)、零垃圾的生活(zero-waste living)和可持续的机动性(sustainable mobility)等.

有理由相信 TOD 概念在未来会进一步地发展和丰富,但其通过改变建成环境(built environment)

来均衡出行需求的根本目标是不变的.

1.2 建成环境和出行行为

20 世纪 90 年代掀起的新城市主义运动增加了建成环境和出行行为关系方面的研究.这些研究主要集中在各种各样的建成环境因素是如何影响不同的出行行为的,通常用交通产出表示,包括车辆行驶公里(VMT)、车辆出行次数、方式选择、出行频率、出行长度、步行和公共交通使用等.与 TOD 概念发展相对应,建成环境的影响因素或者说变量也在逐步增加^[7-8].尤其,近年来由于对机动性、宜居性、社会公平和公共健康的提倡,与物理活动相关的步行、自行车和公共交通使用等因素受到愈来愈多的关注^[9].所有这些研究都表现出 TOD 可以带来极大的益处,例如相比其他地区,TOD 地区的公共交通使用率更高.然而,人们对此也产生了疑问,轨道交通站点周边较高的公共交通使用率究竟是由于成功的 TOD 鼓励了居民减少小汽车使用从而更多地使用公共交通,还是喜欢使用公共交通的居民通常选择居住在公共交通站点周边.后者被称为是住宅自我选择(residential self-selection),也是近来的一个研究焦点,用于检验建成环境和出行行为之间存在相关关系的概率以及家庭基于各自的出行需求下选择

居住地点的概率.采用不同的研究方法,若干研究已经尝试来控制住宅自我选择的影响,而几乎所有这些研究都发现尽管住宅自我选择在一定程度上削弱了效果,但独立于自我选择的影响之外,大量的证据仍表明建成环境和出行行为之间在统计上是显著相关的^[10-11].

1.3 与既有研究的不同之处

尽管 TOD 的研究已取得较丰富的研究成果,但仍然有其局限之处.首先,大部分的研究采用描述性方法,展示了出行行为的概况,但难以明确地显示某一因素对出行行为的影响.其次,研究对象通常是小尺度的,例如几个站点、交通走廊、邻里社区等.最后,既有研究中使用的数据或者是交通小区或者社区层面上的集计数据,或是个人或家庭层面上的非集计数据,因为这些数据相对来说较容易获得.然而,实际上,使用更精细的轨道交通站点影响范围的数据是更合适的,如本研究中通过实地调查获得的数据.因此,本研究基于站点影响区域的调查数据,应用多元回归的统计方法来检验影响上海市轨道交通站点客流量的建成环境因素.

2 数据采集和研究方法

2.1 数据采集

本研究中,被解释变量是轨道交通站点的日客流量,采用由上海市申通地铁集团有限公司提供 2011 年 3 月 29 日(周二)的数据.与 TOD 概念的发展相对应,将解释变量划分为 8 小类,分别是①密度,②多样性,③设计,④目的地可达性,⑤至公共交通的距离,⑥轨道交通站点特征,⑦空间位置,以及⑧社会经济特征.表 1 中列出了 8 个小类中所包含的具体的解释变量.

表 1 中的大多数数据都是通过现场踏勘和出行问卷调查中获得的.本研究中,站点影响区域是指以轨道交通站点为中心,500 m 半径范围的区域,这一定义延用了 Bernick 和 Cervero^[12]在其 TOD 研究工作中的定义.鉴于现场踏勘和出行问卷调查所需的工作量较大,本研究综合考虑了主导土地利用类型、空间位置和经过的轨道线路数等因素,严格筛选了现状上海轨道交通网络已开通运营的 239 个站点中的 30 个站点为研究对象.30 个站点的 500 m 半径覆盖范围如图 1 所示.表 1 给出了 30 个站点所有变量的描述性统计数据.针对不同类型的站点,出行问卷调查中的被访问对象也有所不同,例如居住类型的站点,被访问对象为居民.而商业办公类型的站点,

被访问对象则是被雇佣者.

出行问卷调查于 2011 年 4 月 25 ~ 29 日进行,根据规模大小,各站点分别完成了 50 ~ 100 份问卷.有效问卷数共计 2 076 份,获得了本研究所需的社会经济特征数据包括个人年龄、受教育水平和家庭拥有交通工具数量等.

表 1 所需的土地利用和公交信息主要通过实地踏勘获得.对土地利用信息来说,首先从谷歌地球上下载站点区域的卫星图片,与 GIS(地理信息系统)数据配准,确认土地利用类型,进而通过实际踏勘得到建筑物层数;对于公交信息来说,先从互联网上查取信息,再通过实际踏勘确认和更新.最后,所有这些数据都输入到 GIS 数据库中,待后续统计之用.

2.2 研究方法

在进行回归分析之前,用方差膨胀因子 $V_{IF} = 1/(1 - R_n^2)$ 进行检验,其中, R_n^2 是以每一个 X_n 为被解释变量时对其他解释变量回归的复测定系数.以避免解释变量的多重共线性问题,采用 10 为阈值^[13].对本研究众多的解释变量来说,由于已经对变量进行分类,因而多重共线性问题在同一小类中发生的概率更高.鉴于本研究中 30 个站点的样本量,首先分别在每个小类中进行回归分析,然后集合每个小类中显著的解释变量建立总回归模型,来重新检验是否在小类中显著的变量在总回归模型中仍然显著影响轨道交通站点的客流量.最后,通过所有多重共线性测试的回归模型有最高的解释力,包含显著变量个数也最多.然而,该统计方法的缺点在于总回归模型在统计上显著的变量可能比实际上显著的变量少.为了使这一负面效应降到最小,考虑在每一小类回归模型中通过多重共线性测试和显著性测试的那些变量,在总回归模型中逐一增加这些变量直到没有变量可以加进去为止.需要说明的是,每多加进去一个解释变量,都是基于通过多重共线性测试和显著性测试的前提下进行的.至此,建立了最终的回归模型.本研究中显著性水平取值为 0.05.

3 回归分析和讨论

3.1 回归分析结果

对每个小类来说,没有通过多重共线性检验的变量将被删除.表 2 给出了每个小类的回归分析结果.最大的 V_{IF} 为 3.68,表示所有列出的变量均通过了多重共线性检验.表中, t 为对该回归系数做假设检验的结果, P 值是拒绝原假设的值,“*”表示显著性水平为 0.1.

表 1 被解释变量和解释变量的描述性统计

Tab.1 Descriptive statistics of the explained and explanatory variables

小类	变量	数据来源	平均值	标准方差	最小值	最大值
被解释变量	轨道交通全天客流量/人	上海申通地铁有限公司, 2011	61 133	57 776	3 691	251 512
解释变量密度	居住用地建筑面积/m ²	实地踏勘, 2011	580 968	554 434	0	2 539 106
	办公用地建筑面积/m ²		193 220	235 962	0	807 946
	商业用地建筑面积/m ²		207 230	534 286	0	2 935 641
	工业用地建筑面积/m ²		68 049	144 339	0	636 153
	科研教育用地建筑面积/m ²		41 773	60 839	0	229 087
	混合用地建筑面积/m ²		88 446	147 482	0	535 754
	站点影响区域容积率		1.57	1.17	0.33	6.15
多样性	居住用地面积/m ²	实地踏勘, 2011	227 268	154 113	0	548 923
	办公用地面积/m ²		63 974	71 630	0	333 967
	商业用地面积/m ²		53 435	67 950	0	341 538
	工业用地面积/m ²		74 694	132 878	0	515 217
	科研教育用地面积/m ²		36 013	67 748	0	323 043
	混合用地面积/m ²		14 349	19 038	0	73 959
	上述 6 种类型计算得到的土地利用混合熵值		0.47	0.14	0	0.69
设计	站点影响区域内城市道路总长度/m	GIS 数据, 2011	8 247	2 361	3 016	14 438
	站点影响区域内丁字路口、十字路口及以下的交叉口数量/个		35	20	6	95
	站点影响区域内断头路数量/个		6	4	0	17
	站点影响区域内交叉口总数量/个		40	22	6	106
	站点影响区域内十字交叉口数量/个		10	8	1	43
	站点影响区域内十字交叉口占交叉口总量的百分比/%		25.0	13.2	5.0	60.0
	站点影响区域内是否有公共停车场(虚拟值, 0-1)	实地踏勘, 2011	0.80	0.41	0	1
目的地可达性	邻近性	GIS 数据, 2011	0.056	0.014	0.024	0.078
至公共交通的距离	步行至最近公交车站的时间/min	出行问卷调查, 2011	5.1	2.2	1	10
	步行至最近轨道交通站点的时间/min		6.8	4.0	2.5	19.5
	站点影响区域内公交站点总数量/个	实地踏勘, 2011	22.4	34.4	2	171
	站点影响区域内公交线路总数/条		25.0	16.0	7	73
	经过站点研究区域的所有公交车的平均发车间隔/min		11.6	3.4	8	23
	经过站点研究区域的全天公交车服务总班次/班		4 744	3 742	588	15 961
轨道交通站点特征	给定轨道交通站点通过轨道交通线路数/条	上海申通地铁有限公司, 2011	1.4	0.8	1	4
	给定轨道交通站点的出入口数量/个		4.8	4.1	2	19
	是否是换乘站(虚拟值, 0-1)		0.3	0.4	0	1
	是否是线路起终点站(虚拟值, 0-1)		0.1	0.3	0	1
空间位置	是否属于城市活动中心(虚拟值, 0-1)	上海市政府, 2011	0.2	0.4	0	1
	是否位于内环以内(虚拟值, 0-1)		0.3	0.5	0	1
	是否位于中、内环之间(虚拟值, 0-1)		0.2	0.4	0	1
	是否位于中、外环以内(虚拟值, 0-1)		0.2	0.4	0	1
	是否位于外环以外(虚拟值, 0-1)		0.2	0.4	0	1
社会经济特征	家庭小汽车保有量	出行问卷调查, 2011	0.28	0.15	0.08	0.69
	家庭摩托车保有量		0.12	0.08	0	0.32
	家庭自行车保有量		0.41	0.12	0.18	0.68
	家庭电动自行车保有量		0.32	0.17	0.04	0.77
	家庭月收入/元		3 856.16	1 448.94	1 564.82	7 014.85
	教育水平(虚拟值, 1-5)		2.17	0.74	1.05	3.89
	年龄/岁		32.44	4.80	24.00	42.90

接着,采用在章节 2.2 中描述的统计方法,最终的多元回归结果见表 3。V_F 显示没有多重共线性的

问题.与表 1 中所列的众多解释变量对比,在最终的回归模型中只有 5 个解释变量,其中 4 个变量在 0.01 的水平上显著,1 个是在 0.1 的显著性水平上.值得一提的是,对于样本含量为 30 的多元回归模型来说,5 个解释变量是较为合适的^[13].

可以看到对轨道交通客流量影响显著的因素主

要来自城市设计、至公共交通的距离和轨道交通站点特征 3 个小类中.其他 5 个小类中的因素似乎对上海市轨道交通的客流量影响不显著:对密度和多样性小类来说,可能是由于我国大多数的城市现状即为高密度和混合土地利用的开发,实际上这恰恰也是我国相对于西方城市来施行 TOD 的独特优势;

表 2 各分类中的多元回归分析结果

Tab.2 Multiple linear regression model in 8 dimensions

分类	多元回归分析结果					
	解释变量	回归系数	标准偏差	t	$P> t $	V_{TF}
密度	居住用地建筑面积	0	0.01	0.25	0.809	1.12
	办公用地建筑面积	0.09	0.04	2.37*	0.027	1.82
	商业用地建筑面积	0.06	0.02	2.89*	0.008	2.90
	工业用地建筑面积	-0.05	0.05	-0.99	0.332	1.22
	科研教育用地建筑面积	-0.30	0.15	-2.05	0.052	1.93
	混合用地建筑面积	0.07	0.06	1.12	0.273	2.17
	常数	39 579.20	14 557.03	2.72	0.012	
多样性	居住占地面积	-0.05	0.08	-0.66	0.518	2.31
	办公占地面积	0.04	0.16	0.25	0.804	2.03
	商业占地面积	0.55	0.17	3.17*	0.004	2.16
	工业占地面积	-0.09	0.09	-1.00	0.326	2.08
	科研教育占地面积	-0.14	0.15	-0.90	0.377	1.65
	混合用地面积	-0.12	0.66	-0.18	0.856	2.49
	土地利用混合熵	714.27	108 449.30	0.01	0.995	3.68
设计	常数	53 941.21	34 832.59	1.55	0.136	
	道路总长度	7.52	6.06	1.24	0.226	2.33
	断头路数量	-3 492.07	2 782.51	-1.26	0.221	1.52
	十字路口数量	2 367.89	1 621.83	1.46	0.157	2.04
	是否有停车场	31 640.88	24 189.49	1.31	0.203	1.10
	常数	-29 806.64	41 801.75	-0.71	0.482	
目的地 可达性	邻近性	2 638 121.00	598 513.00	4.41*	0	
	常数	-86 520.65	34 498.94	-2.51	0.018	
至公共交 通的距离	步行至最近公交车站的时间	-4 908.24	3 439.31	-1.43	0.17	2.80
	步行至最近轨道交通的时间	765.28	1 164.12	0.66	0.52	1.15
	公交站点数量	-73.52	174.92	-0.42	0.678	1.86
	平均发车间隔	5 755.55	2 199.83	2.62*	0.015	2.99
	全天公交车服务班次	16.22	1.92	8.45*	0	2.73
	常数	-60 688.11	25 164.97	-2.41	0.024	
轨道交通 站点特征	站点出入口数量	9 091.47	1 852.39	4.91*	0	1.59
	是否换乘站	34 935.95	16 852.54	2.07*	0.048	1.61
	是否线路起终点站	-18 146.66	23 872.20	-0.76	0.454	1.03
	常数	9 084.75	9 561.58	0.95	0.351	
空间位置	是否城市活动中心	66 925.99	25 913.02	2.58*	0.016	1.65
	是否位于内环以内	23 046.77	28 722.23	0.80	0.430	
	是否位于中、内环之间	12 760.10	26 280.60	0.49	0.632	
	是否位于外环以外	-11 244.33	26 018.57	-0.43	0.669	
	常数	37 481.33	19 092.41	1.96	0.061	
社会经济特征	小汽车保有量	-164 395.60	76 335.85	-2.15*	0.042	1.04
	摩托车保有量	206 499.40	148 833.40	1.39	0.179	1.22
	自行车保有量	-51 456.41	86 145.62	-0.60	0.556	2.25
	电动自行车保有量	-214 004.30	84 598.70	-2.53*	0.019	1.02
	家庭月收入	10.25	8.43	1.22	0.237	1.31
	教育水平	-58 804.41	24 929.03	-2.36*	0.028	1.03
	年龄(岁)	-3 962.83	2 557.67	-1.55	0.136	1.16
	常数	388 470.70	123 315.60	3.15	0.005	

表 3 最终的回归模型分析结果

Tab.3 Final regression model of Shanghai metro network

分类	解释变量	回归系数	标准偏差	<i>t</i>	$P> t $	V_{IF}
设计	是否有停车场	20 929.93	10 604.81	1.97*	0.060	1.55
到公共交通 的距离	步行至最近公交车站的时间	-8 315.158	2 767.948	-3.00***	0.006	3.15
	平均发车间隔	6 331.44	1 683.132	3.76***	0.001	2.71
	全天公交服务班次	10,918.71	1,749.79	6.24***	0.000	3.57
轨道交通	站点出入口数量	4 041.929	1 338.874	3.02***	0.006	2.47
站点特征	常数	-57 774.95	18 795.55	-3.07	0.005	

注：“***”表示显著性水平为 0.01；“**”表示显著性水平为 0.05；“*”表示显著性水平为 0.1。

对目的地可达性和空间位置小类来说,可能是由于过去十年上海经历了快速的郊区化进程,许多郊区居住区生活配套设施完善,已经为轨道交通积累了客流量,缩小了与城区之间的差距。

对于轨道交通站点特征小类来说,站点的出入口数量显著正相关影响轨道交通客流量(表 3 中回归系数为 4 042, $P=0.006$),表明出入口数量多的站点通常客流量较大。

对于城市设计小类来说,用虚拟值 0,1 来表示轨道交通影响区域内是否有公共停车场,0 表示无,1 表示有。结果显示有公共停车场的轨道交通站点的客流量较高,说明了乘小汽车出行的人在有停车场选择的情况下,会有部分人选择停车换乘采用轨道交通出行,实现客流从小汽车向轨道交通的转移。该结果可能意味着由小汽车向“P+R”(停车换乘)方式转变正成为一种趋势,这可能归因于自 2009 年以来上海在城区外围的轨道交通站点周边建立“P+R”停车场的试点项目所带来的良好效果。

对于至公共交通的距离小类来说,变量的显著性水平相对较高,这反映了步行、常规公交车和轨道交通不同交通方式之间的互补协调是影响客流量的重要因素。首先,步行至最近公交车站的时间与客流量呈负相关,这一点很容易理解,因为步行时间越久意味着到达公共交通越不方便,导致公共交通使用降低或者更多地转而使用小汽车,轨道交通的客流量也相应较低。此外,数据表明轨道交通站点区域范围内平均公交车发车间隔和总公交车服务班次均与轨道交通客流量呈正相关,这反映了上海市常规公交车和轨道交通两者之间各有自己的相对优势,但这种优势并非压倒性的,两者的功能定位和实际发展之间的差距需进一步明确和协调。上海的公交车票价更低,公交车站的数量比轨道交通站点多,更容易到达,而轨道交通的准时性、快速和舒适程度更高。当人们很容易到达一个公交车站时,由于发车间隔较长导致等待时间久,此时就会有一部分人们从公交车转移至轨道交通,反而促进了轨道交通的客

流量。另一方面,如果公交服务班次足够多,由于与轨道交通之间换乘方便,也促进了轨道交通的客流量。公交服务可以作为轨道交通的补充,通过提供接驳服务将乘客送达至轨道交通站点,从而提高轨道交通的客流量。而且公交服务班次是统计上最显著的, t 值为 6.24。这意味着不需要缩短轨道交通站点区域常规公交车的发车间隔;但增加与轨道交通换乘方便的公交服务非常重要,它对轨道交通客流量的提高最显著。而且这一类别中的三个因素都有较高的回归系数,分别为-8 315.2,6 331.4 和 10.9。这表明轨道交通站点影响区域步行至最近公交站点的时间每缩短 1 min,工作日轨道交通站点可增加 8,315 位乘客;平均公交发车间隔每增加 1 min,客流量增加 6 331;每增加一班次公交服务,可增加 10 位乘客采用轨道交通出行。

3.2 政策建议

对应研究得到的三个小类中的重要影响因素,提出在上海应用 TOD 的政策建议。

首先也是最重要的是,有必要更好地协调上海市步行、公交车和轨道交通之间的发展关系,因为对当今的城市综合交通来说,尤其是上海、北京等大城市,不存在交通供给过剩,各交通方式处于竞争的问题,而是如何规划运作、协调互补为一个整体的综合客运交通系统,进而辅助和支持 TOD 建设。对步行来说,扩大公交站点 300 m 和 500 m 半径的覆盖范围可以同时促进公交车和轨道交通的使用。而对于公交车和轨道交通的协调发展关系,政策建议应当与城市发展政策相协调。响应建设部关于优先发展城市公共交通的政策号召,上海已经确立了以城市轨道交通系统为骨架,常规公交为辅的交通发展模式。因此,可考虑基于轨道交通网络扩展,同步优化调整地面公交线网,围绕轨道交通形成三个功能层次的公交线路:填补型线路覆盖轨道交通网络比较薄弱的区域,补充型线路为轨道交通走廊提供短距离服务,接驳型线路为轨道交通车站提供接驳服务^[14]。对应于 TOD 站点来说,应当完善接驳型线路

的规划建设运营,加大提供与轨道交通站点换乘方便、衔接良好的公交服务。

其次,也应多加关注站点设计,尤其是轨道交通站点的出入口数量,可考虑通过与轨道交通站点周边的联合开发,使站点出入口与商业地块、住宅地块、综合换乘系统等直接相连,并根据周边地块分期建设计划和可能性预留与其的通道和借口等,缩短地铁站与商城、住宅、以及公交、出租车和社会停车换乘之间的距离,创造出更加便利、舒适的交通环境。具体的设计需要在未来研究中在更微观的层面上进行探索。

最后,“P+R”政策已带来的正面影响,需要在未来继续跟进。然而,鉴于“P+R”设施占用土地资源较多,为轨道交通接驳的客流达到一定程度后上升空间有限,因此在推进“P+R”政策的同时,要求进行全面科学的选址论证、客流需求预测、定价运营方案制定等。尽管如此,仍有理由相信“P+R”目前在上海良好的实施情况将以一种更可持续的方式在未来对轨道交通客流量以及出行行为改变有一个积极和重要的促进作用。

4 结论

总的来说,本研究运用多元回归方法检验和确定了影响上海市轨道交通客流量的建成环境因素和社会经济因素,以期采用一种更加可持续的方式在上海应用公交导向的开发。

结果表明,与大多数西方城市很不同的是,城市密度、多样性、目的地可达性和空间位置,甚至社会经济特征对上海的轨道交通客流量均无显著影响。而上海市步行、公交车和轨道交通之间的协调发展关系对轨道交通客流影响最大,尤其要求增加与轨道交通换乘方便的接驳型公交服务。此外,建议应当更多的关注上海市轨道交通站点设计特征包括与周边用地的联合开发,以及“P+R”停车场的配套建设。以期进一步提高上海公共交通客流量、减少人们对小汽车的依赖,最终形成一个更加可持续发展的大都市。

参考文献:

- [1] Calthrope P. The next American metropolis: ecology, community, and the American dream [M]. New York: Princeton Architectural Press, 1993.
- [2] Cervero R, Day J. Suburbanization and transit-oriented development in China [J]. Transport Policy, 2008, 15: 315.
- [3] Cervero R, Kockelman K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design [J]. Transportation Research Part D, 1997, 2(3): 199.
- [4] Ewing R, Greenwald M J, Zhang M, et al. Measuring the impact of urban form and transit access on mixed use site trip generation rates—portland pilot study [R]. Washington D C: US Environmental Protection Agency, 2009.
- [5] Ewing R, Cervero R. Travel and the built environment—a meta-analysis [J]. Journal of the American Planning Association, 2010, 76(3): 265.
- [6] WU Kangli. Theory and practice of sustainable ecological communities [M]. Taipei: CHAN'S Arch-Publishing, 2009.
- [7] Cottrell W D. Transforming a bus station into a transit-oriented development by improving pedestrian, cycling and transit connections [J]. Transportation Research Record, 2007, 2006/2007: 114.
- [8] Chatman D G. Deconstructing development density: quality, quantity and price effects on household non-work travel [J]. Transportation Research Part A, 2008, 42(7): 1009.
- [9] Saelens B E, Handy S. Built environment correlates of walking: a review [J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2008, 40(Supplement): 550.
- [10] Mokhtarian P L, Cao X. Examining the impacts of residential self-selection on travel behavior: a focus on methodologies [J]. Transportation Research Part B, 2008, 43(3): 204.
- [11] Bhat C R, Eluru N. A copula-based approach to accommodate residential self-selection effects in travel behavior modeling [J]. Transportation Research Part B, 2009, 43(7): 749.
- [12] Bernick M, Cervero R. The transit village in the 21st century [M]. New York: McGraw-Hill, 1997.
- [13] Hair J F, Anderson R E, Tatham R L, et al. Multivariate data analysis with readings [M]. 4th ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall International, 1995.
- [14] 陆锡明,陈必壮,王祥. 基于轨道交通网络的大城市综合交通规划理念[J]. 城市交通, 2010, 8(4): 52.
LU Ximing, CHEN Bizhuang, WANG Xiang. Comprehensive transportation planning based on rail transit network in large metropolitan area [J]. Urban Transport of China, 2010, 8(4): 52.