

# 深圳市居民出行结构演变特征分析及公共交通发展政策启示

周 军 马 亮

(深圳市规划国土发展研究中心, 518040, 深圳//第一作者, 高级工程师)

**摘 要** 深圳市 2016 年的公交分担率相比 2010 年并未明显提升,引发了城市轨道交通是否能切实缓解交通拥堵、促进公交优先的讨论,有必要深入剖析居民出行结构演变特征,以客观评估城市轨道交通的作用。基于 2010 年、2016 年 2 次居民出行大调查数据,从宏观、微观 2 个层面分析居民出行结构的演变特征;利用两步聚类法按交通小区进行评估,将全市划分为城市轨道交通优势发展区、道路公交优势发展区、私人小汽车优势发展区、交通平衡发展区等 4 类交通发展分区;从划定交通发展分区、制定公交发展目标、构建公交体系、确定公交发展路径等方面提出了深圳市未来公交发展的政策建议。

**关键词** 城市轨道交通;出行结构;交通发展评估;交通发展分区;公交发展政策

**中图分类号** U491.1

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2021.07.014

## Analysis of Shenzhen Residents Travel Structure Evolution Characteristics and Enlightenment on Public Transport Development Policy

ZHOU Jun, MA Liang

**Abstract** Compared to 2010, Shenzhen public transport sharing rate in 2016 doesn't show significant increase, which leads to the discussion of whether urban rail transit is practically relieving congestion and promoting public transport priority. It is necessary to analyze the evolution of residents' travel structure and to evaluate the role of urban rail transit. Based on the data of two household travel surveys in 2010 and 2016, the evolution of residents' travel structure is analyzed in both macro and micro levels. Two-step clustering method is used to evaluate transport development and divide the city into 4 traffic development zone, urban rail transit advantage development zone, bus advantage development zone, car advantage development zone, and transport balance development zone. Recommendations for the development of Shenzhen public transport are proposed from the perspective of transport policy zoning, public transport development goals, construction of public transport system

and development path.

**Key words** urban rail transit; travel structure; transport development assessment; transport policy zoning; public transport development policy

**Author's address** Shenzhen Urban Planning and Land Resource Research Center, 518040, Shenzhen, China

### 1 研究对象及数据来源

深圳市 2010 年、2016 年 2 次居民出行大调查<sup>[1-2]</sup>结果表明,大规模的城市轨道交通建设并未明显提升公共交通(以下简称“公交”)分担率,城市轨道交通在促进公交优先、缓解交通拥堵上的作用受到质疑。如图 1 所示,相比 2010 年,2016 年深圳市的城市轨道交通网络规模达到 285 km(增加了 263 km),公交分担率(图 1 中城市轨道交通、道路公交的比例之和)基本稳定在 38% 左右,而私人小汽车的出行分担率不降反升。

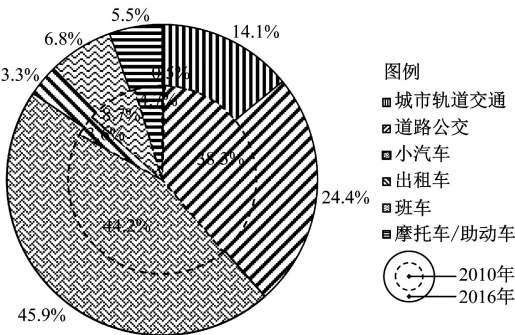


图 1 2010 年和 2016 年深圳市居民出行结构对比

公交分担率是考核公交优先的重要指标<sup>[3]</sup>,但仅从深圳市域范围统计得到的单一数值变化来推导城市轨道交通在城市公交发展中的作用有失偏颇,应掌握不同空间尺度的居民出行结构演变特征,以客观评估城市轨道交通的作用。本文基于深圳市 2010 年和 2016 年 2 次居民出行大调查的数

据,从宏观、微观 2 个层面研究该市居民出行结构的  
空间演变特征。

本文的研究以深圳市域为研究对象,覆盖了全  
市 10 个行政区,其中:罗湖区、福田区、南山区为中  
心城区;盐田区、宝安区、龙岗区、龙华区、光明区、  
坪山区、大鹏新区为外围区。研究数据源自该市 2  
次居民出行调查数据,分别获取了 2010 年 9.8 万户  
居民(共计 22.0 万人)及 2016 年 6.5 万户居民(共

计 15.4 万人)的工作日出行数据。数据字段包括  
出发地、到达地、出发时间、到达时间、出行目的、出  
行方式,以及居民家庭收入、家庭拥有的私人小汽  
车数量、个人职业、个人年龄等信息。2 次交通调查  
的分区不同,2010 年将深圳全市域划分为 532 个交  
通小区,2016 年划分为 1 134 个交通小区。为便于  
比较,本次研究统一采用 2010 年划分的 532 个交通  
小区予以分析,如图 2 所示。

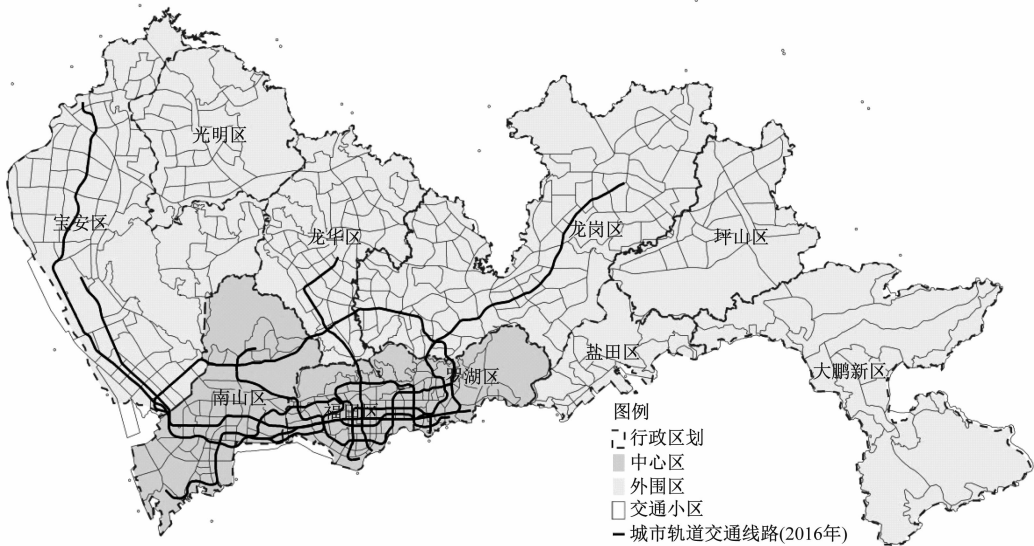


图 2 深圳市行政区划及交通小区划分

## 2 深圳市居民出行结构演变特征

在宏观层面,对深圳市中心区、外围区分别分  
析区域内部、区域之间的居民出行结构演变特征;  
在微观层面,以居民 1 次出行的出发地为准、以交通  
小区为单位进行研究,分析各交通小区的出行方式  
结构及变化,并采用核密度法分析各种交通方式出  
行分担率的空间演变特征。

考虑到机动化交通出行数据精度较高,本次研  
究不考虑慢行交通,并将机动化交通方式分为城市  
轨道交通、道路公交、私人小汽车、出租车、班车、摩  
托车/助动车等类别。其中,班车指企业接送员工  
上、下班的车辆。

### 2.1 宏观层面的出行结构演变特征分析

1) 中心区内部呈现出私人小汽车与公交均衡  
发展的特征。如图 3 所示,私人小汽车分担率、公交  
分担率基本稳定,但公交内部的出行结构变化较大。  
与 2010 年相比,2016 年城市轨道交通分担率  
由 1.1% 增长到 17.2%,道路公交分担率则由 39.8%

下降至 24.6%。这主要是由于城市轨道交通基本  
覆盖中心城区,一定程度上抑制了私人小汽车的  
发展。

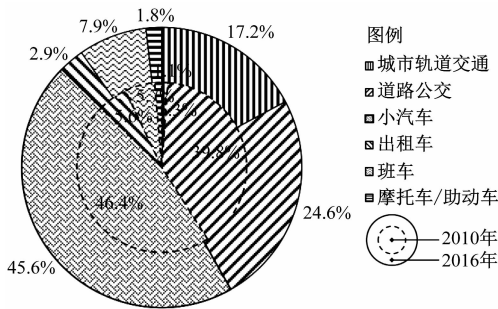


图 3 2010 年和 2016 年深圳市中心城区  
居民内部出行结构对比

2) 外围区内部呈现出以私人小汽车主导的发展  
特征。如图 4 所示,与 2010 年相比,2016 年私人  
小汽车分担率由 41.0% 增长到 48.7%,道路公交分  
担率则由 34.4% 下降至 26.3%,而城市轨道交通的  
分担率仅为 5.4%。这主要是由于该市的发展重心  
逐渐向外围区转移,外围区内部出行需求总量、居

民收入、私人小汽车的拥有量均快速增长,而城市轨道交通在外围区的发展较为缓慢,道路公交在运行速度、舒适性方面无法满足居民不断提高的出行要求,导致私人小汽车快速发展。

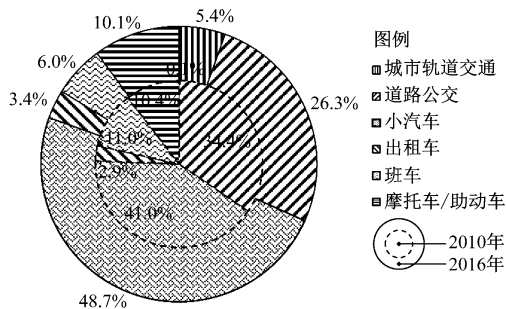


图4 2010年和2016年深圳市外围区居民内部出行结构对比

3)中心区与外围区之间呈现出以城市轨道交通为骨干、公交主导发展的特征。如图5所示,与2010年相比,2016年公交分担率由42.3%增长到47.4%,尤其是城市轨道交通分担率由0大幅增长至28.7%,成为公交出行的主要方式;相应地,私人小汽车的分担率由46.2%下降至39.3%。这主要是由于在联系中心区与外围区的交通设施能力整体不足的背景,城市轨道交通设施持续增加,而道路设施未明显增长且道路拥堵加剧,公交相比私人小汽车在运输能力、速度上取得一定优势。

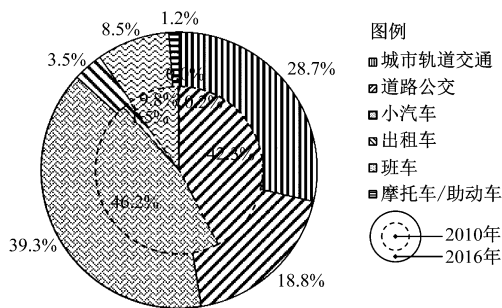


图5 2010年和2016年深圳市中心城区与外围区之间居民出行结构对比

## 2.2 微观层面的出行结构演变特征分析

本文按交通小区尺度对比2010年和2016年的道路公交、城市轨道交通、私人小汽车分担率变化情况,并结合圈层分析深圳市居民出行方式的空间演变规律。如图6所示,一圈层指罗湖区、福田区、南山区3个原特区内的行政区;二圈层指外围地区邻近一圈层分布的街道;其它地区定义为三圈层。采用核密度法分析城市轨道交通、道路公交、私人小汽车这3种交通方式在出行分担率上的空间演变

特征,研究结果表明:出行分担率演变在空间上整体呈圈层分布特征,但受各交通方式自身特点、城市轨道交通设施布局、居民交通出行需求等因素的影响,出行分担率还呈现出差异化的变化趋势。

### 2.2.1 道路公交分担率分析

如图6所示,一、二圈层的道路公交分担率呈整体下滑趋势,尤其是位于二圈层的民治、坂田等街道,其道路公交分担率降幅超过40.0%;而在三圈层城市轨道交通尚未覆盖的部分区域,道路公交的分担率仍在增长,如沙井、观湖、平湖、葵涌等街道的道路公交分担率增幅基本在15.0%以上。通过分析道路公交明显增长地区的居民收入和私人小汽车拥有量,发现这些地区的户年均收入增长率、私人小汽车拥有量增长率分别为132.0%、7.4%,明显低于全市155.8%、16.3%的平均水平,说明该类地区社会经济发展普遍较慢,道路公交方式对于收入较低人群仍有较大的吸引力。

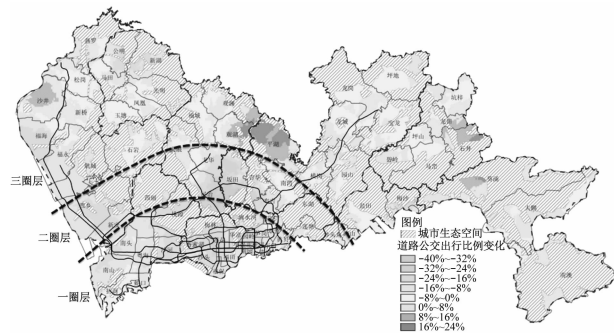


图6 深圳市道路公交分担率空间演变特征

### 2.2.2 城市轨道交通分担率分析

如图7所示,城市轨道交通分担率的增长在空间上与全市轨道交通网络布局高度耦合,并与城市轨道交通的线网密度正相关,呈由内向外逐圈层递减的特征。一圈层中的罗湖区和福田区的轨道线网密度最高,其城市轨道交通分担率平均增幅为18.9%,南山区的轨道线网密度低于罗湖区和福田区,其城市轨道交通分担率平均增幅为16.0%;二圈层主要通过轴向放射的城市轨道交通线路与外围的城市轨道交通5号线(环线)进行服务,其城市轨道交通分担率平均增幅为13.1%;三圈层中轨道交通3号线沿线的分担率相对较高(约为10.0%),轨道交通11号线在本文开展研究时刚开通不久,其城市轨道交通分担率增长较少。此外,在城市轨道交通线路尚未覆盖的地区,通过道路公交与城市轨道交通接驳,城市轨道交通分担率略有增长。

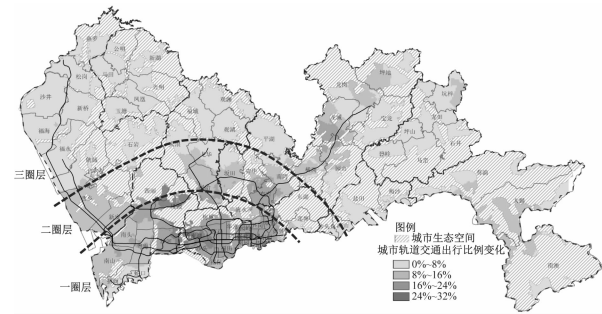


图7 深圳市城市轨道交通分担率空间演变特征

2.2.3 私人小汽车分担率分析

如图8所示,私人小汽车分担率的增长在空间上基本分布在与城市轨道交通线网距离较远的区域。一圈层的轨道线网密度较高,私人小汽车分担率普遍下降,但在福田中心区、南山科技园等主要就业中心区域,私人小汽车分担率仍有小幅增长;二圈层人口密度高、出行需求大,城市轨道交通设施的供给相对不足,私人小汽车分担率普遍增长;三圈层居民收入、私人小汽车拥有量增长较快,且有城市轨道交通未覆盖的区域,私人小汽车分担率增长较快。

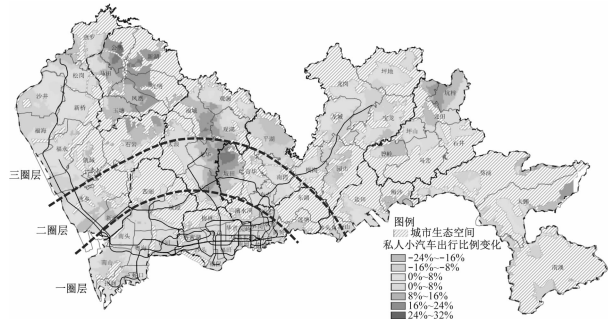


图8 深圳市私人小汽车分担率空间演变特征

3 交通分区发展评估

本文综合考虑各种出行方式在空间上的演变特征,对深圳市分区交通发展进行评估,以掌握不同区域交通发展的差异化特点,为制定公交发展政策提供参考。

3.1 两步聚类分析法

聚类是按照事物间的相似性进行区分和分类的过程。两步聚类法是一种综合的层次聚类方法,能自动选择聚类数<sup>[4]</sup>。将2010年和2016年的城市轨道交通、道路公交、私人小汽车分担率分别两两相减,按交通小区尺度获得这3种交通方式分担率的变化情况。将数据输入统计软件后进行两步聚

类分析,得到贝叶斯(BIC)算法结果如表1所示。表1是得到深圳市交通方式最佳聚类的分析过程,其中:第1列表示聚类分析后的类别数量,即分析过程提出了10个备选方案;第2列的BIC值是基于贝叶斯准则对每个分类计算聚类判据;第3列BIC变化值是当前的BIC值减去前1个序号的BIC值得到的差值;第4列BIC变化率是当前BIC变化值与二类聚类BIC变化值(表1中的-217.987)的比率;第5列是距离测量比,主要用于衡量分组间的差异程度,其值越大,表明分组间差异越大,分组效果越好。

表1 深圳市交通方式自动聚类分析过程

聚类数目	BIC 值	BIC 变化值	BIC 变化率/%	距离测量比
1	1 142.422			
2	924.435	-217.987	1.000	1.535
3	795.602	-128.833	0.591	1.798
4	740.686	-54.916	0.252	1.674
5	723.032	-17.655	0.081	1.010
6	705.914	-17.118	0.079	1.181
7	697.207	-8.707	0.040	1.117
8	693.342	-3.866	0.018	1.004
9	689.657	-3.684	0.017	1.141
10	691.076	1.419	-0.007	1.650

最佳的聚类结果要求BIC值较小,且BIC变化率和距离测量比较大,因此最佳方案确定为4类,如表2所示。

表2 深圳市交通方式最终聚类分布结果

聚类序号	交通小区数量/个	交通小区数占比/%	城市轨道交通分担率变化/%	道路公交分担率变化/%	私人小汽车分担率变化/%
1	127	23.9	26.3	-17.6	-6.7
2	67	12.6	2.2	18.1	-39.5
3	172	32.3	4.3	-17.9	23.4
4	166	31.2	3.8	0.8	-3.9

3.2 评估结果

根据两步聚类分析结果,如表2和图9所示,深圳市交通分区发展可以分为4类:

1) 城市轨道交通优势发展区。城市轨道交通分担率平均增长率为26.3%,道路公交、私人小汽车分担率均下降,这类区域主要分布在城市轨道交通线网密度较高的城市中心地区,以及邻近一圈层的民治、布吉等街道区域。

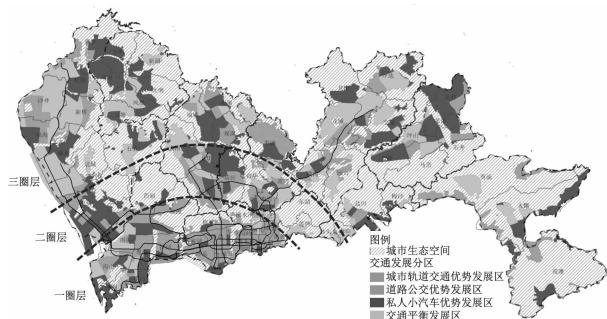


图9 深圳市交通分区发展评估

2) 道路公交优势发展区。道路公交分担率平均增长率为18.1%，城市轨道交通分担率略有增长，私人小汽车分担率下降较多，这类区域主要分布在三圈层城市轨道交通未覆盖且经济发展较慢地区，在全市空间分布最少。

3) 私人小汽车优势发展区。私人小汽车分担率平均增长率为23.4%，城市轨道交通分担率略有增长，道路公交分担率下降了17.9%，这类区域主要分布在二圈层交通出行强度较大地区，以及三圈层城市轨道交通未覆盖但经济发展较快地区。

4) 交通平衡发展区。道路公交、城市轨道交通分担率略有增长，私人小汽车分担率略有下降，交通出行结构基本维持稳定，这类区域主要分布在南山区城市轨道交通未覆盖地区，以及三圈层城市轨道交通沿线地区。

## 4 对深圳市公交发展政策的启示

### 4.1 现状政策的不足

#### 4.1.1 公交发展目标“一刀切”

公交发展目标“一刀切”、政策分区划分较笼统，未体现该市不同地区交通发展的差异性。市内不同地区的交通发展水平存在明显差异性，应制定差别化的交通发展目标，如上海市在2002年制定的《上海市城市交通白皮书》中针对城市的中心区、外围区、郊区提出了差别化的交通目标值<sup>[5]</sup>，而深圳市仅在全市层面提出了在2020年实现客流高峰期机动化公交分担率65%的目标<sup>[6]</sup>。

在政策分区划分方面，深圳将全市划分为6大公共交通分区，但各分区的交通发展特点不突出。此外，同一个分区内部还存在着居民出行强度、公交发展水平不同的区域，部分分区的交通发展特点又较为类似。例如，西部滨海分区横跨城市轨道交通优势发展区、私人小汽车优势发展区、交通平衡发展区3类地区；东北分区、西北分区比较类似，主

要包括私人小汽车优势发展区、交通平衡发展区2类地区。

#### 4.1.2 外围区城市发展较快，城市轨道交通建设相对滞后

在城市轨道交通方面，深圳市提出要在2020年前完成城市轨道交通三期工程建设，大幅提升外围区城市轨道交通的线网密度。但是，实际的城市轨道交通线路建设相对滞后，导致未能按预期引导外围区出行结构向以城市轨道交通为骨干的公共交通转移，而较快的经济发展使私人小汽车得到普及，私人小汽车分担率持续增长，公交分担率下降。

### 4.2 公交发展政策建议

1) 建立适应当前深圳市交通发展特点的精细化交通政策分区。结合全市交通分区发展评估结果，全市分为城市轨道交通优势发展区、私人小汽车优势发展区、道路公交优势发展区、交通平衡发展区等4类交通政策分区，分区单元面积为2~5 km<sup>2</sup>。为便于政策的具体落实，可进一步将空间单元进行合并与重新划分。

2) 制定全市及分区层面的公交发展目标。不同分区的空间区位、出行强度、轨道交通线网密度、道路条件等差异较大，在全市总体公交发展目标的基础上，应制定分区层面的差异化发展目标，引导公交有序、稳定发展。

3) 建立适应分区特点的公交体系结构。一、二圈层与三圈层在经济发展、出行强度、交通发展要求等方面差异明显。二圈层以内区域的经济水平高、交通出行强度高，城市轨道交通基本覆盖，但在轨道交通线网密度较低的区域私人小汽车仍发展较快，公交优先的关键是能否提供足够的城市轨道交通服务能力。因此，一、二圈层应确定城市轨道交通的主体地位，在高密度居住区、就业区与主要客运走廊应提高城市轨道交通的线网密度，在空间上做到全覆盖；道路公交作为补充，主要为大运量城市轨道交通喂给客流。三圈层的经济发展水平一般、交通出行强度一般，在城市轨道交通未覆盖的区域，道路公交在与私人小汽车竞争中明显处于劣势，城市轨道交通沿线地区公交与私人小汽车基本平衡发展，公交优先的关键是是否有城市轨道交通。因而，三圈层应构建以城市轨道交通为骨干、道路公交为主体的一体化公交体系，通过公交接驳间接实现城市轨道交通在空间上的全覆盖。

4) 建立适应分区特点的公交发展路径。针对

分区公交体系构建目标,并结合城市轨道交通的发展水平,一二圈层应主要通过加密城市轨道交通线网、改善慢行接驳环境等措施提升城市轨道交通的服务能力和服务品质;三圈层主要通过新建城市轨

道交通线路、加强公交接驳等方式提高城市轨道交通的覆盖范围。

综上分析,本文提出了深圳市 4 类交通发展区的公交发展政策建议,如表 3 所示。

表 3 深圳市 4 类交通发展区的政策建议

交通发展分区	主要圈层	出行强度	城市轨道交通 线网密度	公共体系结构	公交发展路径
城市轨道交通 优势发展区	一圈层以及二 圈层部分区域	高	高	城市轨道交通为主体,道 路公交为补充	提升“轨道+慢行”的出行环境;预留外围区接 入城市轨道交通线网的通道条件
私人小汽车优 势发展区	二圈层	高	一般	城市轨道交通为主体,道 路公交为补充	提升“轨道+慢行”的出行环境;按出行需求方 向加密城市轨道交通
	三圈层	一般	较低	城市轨道交通为骨干,道 路公交为主体	加快城市轨道交通建设,并提升道路公交的服务 水平
道路公交优势 发展区	三圈层	一般	较低	城市轨道交通为骨干,道 路公交为主体	加强道路公交与周边城市轨道交通的接驳服务 功能,并争取引入更多的城市轨道交通线路
交通平衡发 展区	三圈层	一般	较低	城市轨道交通为骨干,道 路公交为主体	提高道路公交与周边城市轨道交通的接驳服务 水平

5 结语

掌握居民出行结构的空

间演变规律有利于客

观认识不同交通方式在综合交通发展中的定位与

作用,科学指导公交发展政策制定。本文从宏观、

微观 2 个层面分析了深圳市 2010 年和 2016 年居民

出行结构的空

间演变特征,发现城市轨道交通、道

路公交、私人小汽车分担率演变在空间上基本呈圈

层差异化分布。基于两步聚类分析法,将深圳市划

分为 4 类交通发展区,在分析现状公交发展政策不

足的基础上提出现阶段公交发展的政策建议。由于

公交发展政策制定涉及因素较多,本文主要是从

现状交通发展评估的角度进行研究并提出政策建

议,下一步应结合用地开发、交通设施发展等规划

因素进行更为深入的研究,以满足公交的近远期发

展要求。

参考文献

[1] 深圳市规划国土发展研究中心. 2010 年深圳市居民出行调查及分析报告[R]. 深圳:深圳市规划国土发展研究中心,2011.

[2] 深圳市规划国土发展研究中心. 2016 年深圳市居民出行调查成果分析报告[R]. 深圳:深圳市规划国土发展研究中心,2017.

[3] 中华人民共和国交通运输部. 公交都市考核评价指标体系(交运发[2013]387 号)[EB/OL]. (2013-07-23)[2019-06-25]. [http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/ysfws/201307/t20130723\\_2978380.html](http://xxgk.mot.gov.cn/jigou/ysfws/201307/t20130723_2978380.html).

[4] 张泉慧. 两步聚类法在考试作弊答案分类中的应用[J]. 中国考试, 2010(6):34.

[5] 上海市人民政府. 上海市城市交通白皮书[M]. 上海:上海人民出版社,2002:4.

[6] 深圳市人民政府. 深圳市综合交通 2030 发展策略[M]. 深圳:深圳市人民政府,2015:17.

(收稿日期:2019-09-06)

(上接第 62 页)

[6] 洪俊青,刘伟庆. 地铁对周边建筑物振动影响分析[J]. 振动与冲击,2006(4):142.

[7] 夏倩,屈文俊. 地铁振动对既有砌体结构影响规律及因素分析[J]. 振动与冲击,2014(6):189.

[8] 王田友,丁洁民,楼梦麟,等. 地铁运行所致建筑振动的传播规律分析[J]. 土木工程学报,2009(5):33.

[9] DEGRANDE G, SCHEVENEL M, CHATTERJEE P, et al. Vibrations due to test train at variable speeds in a deep bored tun-

nel embedded in London[J]. Journal of Sound and Vibration, 2006, 293(3-5):626.

[10] 金浩,刘维宁,周顺华,等. 地铁运行对单层砌体结构的动力影响[J]. 铁道科学与工程学报,2017(2):325.

[11] FORREST J A, HUNT H E M. Ground vibration generated by train in underground tunnels [J]. Journal Sound and Vibration, 2006, 294(4-5):706.

(收稿日期:2019-07-11)