

广州市轨道交通网络发展研究

Study on Development of Rail Transit Network in Guangzhou

贺崇明 马小毅

(广州市交通规划研究所, 广东 广州 510030)

He Chongming and Ma Xiaoyi

(Guangzhou Transport Planning Research Institute, Guangzhou 510030, Guangdong, China)

摘要: 及时总结城市自身的轨道交通成长规律和客流特征,有助于提高客流预测的准确性。根据广州市已开通的4条轨道交通线路的运营资料,对轨道交通从单线向网络转变过程中的成长规律和客流特征进行分析。并将这4条轨道交通线路的预测结果与其现状特征进行了对比,解析预测结果存在差异的原因。最后,建议制定相应的制度,鼓励轨道交通建设先行的城市定时整理和总结相关特征、规律,并提供交流平台,为我国轨道交通客流预测水平的提高奠定基础。

Abstract: A timely review of development trends and volumes characteristics of rail transit system could result in a more accurate forecasting. According to the operation data of the four existing rail transit lines in Guangzhou, this paper analyzes the development trends and volumes characteristics of rail transit system which has extended from a single line to a network. Based on a comparison of forecasting results and existing characteristics of the above 4 rail lines, the causes of forecasting errors are analyzed. Finally, the paper suggests that relevant system could help summarize characteristics and patterns of existing rail transit lines regularly. Meanwhile, a platform for communication is also needed to promote passenger volumes forecasting.

关键词: 交通规划; 轨道交通; 客流预测; 成长规律; 客流特征

Keywords: transportation planning; rail transit; passenger volumes forecasting; development trends; characteristics of passenger volumes

中图分类号: U491.1¹⁴

文献标识码: A

收稿日期: 2008-11-28

作者简介: 贺崇明,男,所长,高级工程师,主要研究方向: 战略规划、综合交通。E-mail:hcm@gztpri.com

广州市轨道交通线网规划经历了5个阶段,分别为1984—1989年“两”线规划、1990—1996年“五”线规划、1996—2000年“七”线规划、2000—2003年“十四”线规划以及2003年以后的进一步深化阶段。自1999年6月28日地铁1号线全线开通以来,广州市已开通4条轨道交通线路,运营长度116 km,车站59座,轨道交通网络规模效应开始显现。因此,有必要对其客流成长规律和特征开展研究,并将其应用到客流预测中,为提高客流预测的准确性奠定基础。

1 客流成长规律

1.1 客运量

广州市地铁通车至今,共运送旅客21亿人次^[1],日客运量从17万人次发展至156万人次(见图1)。客流发展大致可分为3个阶段:①1999—2002年,1号线单线运营,客流稳定在17万人次·d⁻¹;②2002—2006年,2号线投入运营,在“十”字轨网构架下,2006年轨道交通日均客运总量达到77万人次;③2006年至今,3号线、4号线投入运营,全网客运总量增至156万人次·d⁻¹。

在线路逐步成网的过程中,轨道交通的可达性大幅度提高,新线路的通车总能促使原有线路的客流增长,增量主要来自换乘客流,原有线路的换乘客流已超过自身客流。

1) 1号线独立运营时,客流基本维持在17万

人次·d⁻¹。2号线通车后, 1号线客运量增至27万人次·d⁻¹, 增量主要来自换乘客流。2004—2006年, 由于地面交通状况恶化, 在没有新线加入的情况下, 1号线客流量达到40万人次·d⁻¹, 线路自身客流和换乘客流保持较快速度增长。在3, 4号线通车后, 2008年1号线客运量增至61万人次·d⁻¹, 其中增长最快的是换乘客流, 为34万人次·d⁻¹, 比例达到56%。

2) 2号线通车初期客运量为18万人次·d⁻¹, 2004—2006年, 受地面交通影响, 线路自身客流和换乘客流均呈较快速度增长, 其中线路自身客流增长1倍。3, 4号线通车后, 2号线客运量从33万人次·d⁻¹增至53万人次·d⁻¹, 来自换乘客流的增量比例达到62%。

3) 3号线、4号线自通车以来客运量稳步增长, 其中3号线自身客流和换乘客流的增长速度均比4号线快。4号线由于途经次发展区域, 沿线的客流远未成型, 客流量很低, 目前主要以换乘客流为主, 比例达到90%。

1.2 换乘量

换乘量在轨道交通网络客流中至关重要, 随着网络逐步成型, 换乘客流在总客流中所占比例大幅增加。总体上看, 轨道交通网络从市区向郊区延伸过程中, 全网换乘量和换乘系数均会增加, 由于郊区线需依托市区线发展客流, 换乘率一般都比较高。3号线、4号线通车前后, 全网

换乘系数从1.27增至1.43。现状1, 2号线换乘比例小于65%, 而3, 4号线则以换乘客流为主, 所占比例分别达到76%和90%, 如表1所示。

目前广州市地铁共有4个换乘站, 分别是公园前站(1, 2号线)、体育西站(1, 3号线)、客村站(2, 3号线)和万盛围站(2, 4号线)。其中公园前站在2号线通车后换乘量达到9.5万人次·d⁻¹, 3, 4号线通车后换乘量进一步增加, 达到19.5万人次·d⁻¹; 体育西站、客村站在3, 4号线通车后, 换乘量分别达到10.6万人次·d⁻¹和10万人次·d⁻¹; 万盛围站虽然换乘总量不大, 但换乘比例却高达86%, 这反映了外围郊区线路向中心区线路接入时, 接入点的选择至关重要。

1.3 客流强度

客流强度主要取决于线路的性质和沿线土地开发。轨道交通线路的增加会促使原有线路客流强度提高, 而地块发育越好, 新增线路对原有线路

表1 各线换乘客流及比例
Tab.1 Transfer volumes and their proportions in each rail transit line

线路	客运量 /(万人次·d ⁻¹)	换乘量 /(万人次·d ⁻¹)	换乘比例 /%
1号线	61	34	56
2号线	53	33	62
3号线	36.2	27.4	76
4号线	4.5	4	90

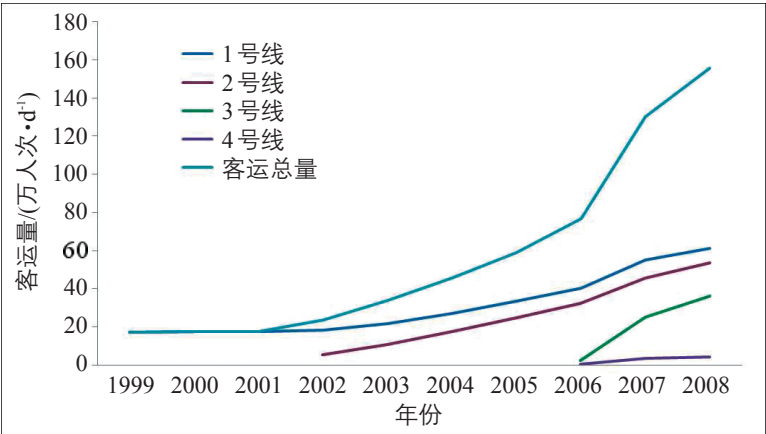


图1 广州市轨道交通客运量发展历程

Fig.1 The development of rail transit volumes in Guangzhou

路的客流贡献力度越大，客流强度增加越快。

广州市轨道交通各条线路的客流强度总体上稳步增长，其中市区线的客流强度远高于郊区线。如表2所示，2008年1号线客流强度为3.3万人次·km⁻¹，是目前4条线路中客流强度最高的，3，4号线客流强度相对较低，其中4号线客流强度仅为1 000人次·km⁻¹。

1.4 客运结构

2005—2007年，公共交通客运总量从746万人次·d⁻¹增至897万人次·d⁻¹(见图2)，占各交通方式的比例从55%增至59%(见图3)。在151万人次·d⁻¹的增量中，公共汽(电)车和出租汽车分别占29%和24%，而轨道交通占47%，轨道交通在公共交通中的比例由8%升至15%。在轨道交通通行经走廊上，轨道交通承担的客流占断面总客流(不含行人和非机动车)的比例为45%~70%，起到

了主导作用。

2 客流特征

2.1 客流组成

比较广州市轨道交通客流的收入组成和全市收入平均水平^[2]可知，轨道交通乘客的收入水平高于市区平均收入水平，其中年收入为2.5~5万元的客流比例较市区平均水平高出13个百分点。这说明轨道交通客流以中高收入群体为主，而这部分人群往往是小汽车的潜在客流主体。另一方面也说明了目前地铁服务质量相对较高，具备了与小汽车竞争的条件，发展轨道交通将有可能抑制小汽车的增长。

2.2 出行目的与时间分布

如图4所示，就全日而言，通勤与非通勤出

表2 各线客流强度
Tab.2 Flow intensity in each rail transit line 万人次·km⁻¹

年份	1 号线	2 号线	3 号线	4 号线	全网
1999—2002	0.92				0.92
2004	1.46	0.98			1.23
2006	2.18	1.78	0.07	0.02	0.66
2008	3.31	2.93	0.99	0.1	1.34

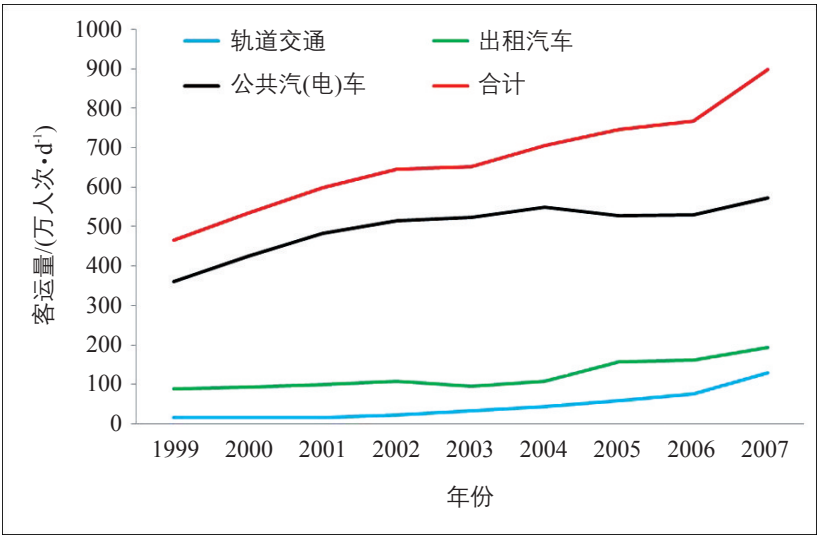


图2 公共交通客运量发展变化

Fig.2 The development of public transportation volumes

行比例为 0.45: 0.55。早高峰期间客流以通勤为主, 占 83%, 平峰则以弹性出行为主, 非通勤出行占 69%。

全年高峰日客流出现在长假期间, 日客运量通常接近平时的 2 倍, 周末客流一般超过工作日客流 10%~20%。这主要是因为广州市作为华南地区的中心城市, 对周边城市具有巨大的积聚作用, 而现有地铁线路多从城市商贸核心区穿过, 各大型活动多在地铁站附近举行。

全日客流呈双峰态势, 晚高峰(17:00—18:00)占全日客流的 9.7%(见图 5)。市区线路的高峰小时系数低于郊区线路。由于目前市区主要的商贸区均集中在地铁沿线, 而弹性出行对出行质量的

要求更高, 因此平峰期间轨道交通占全方式的出行比例比全日的比例高。

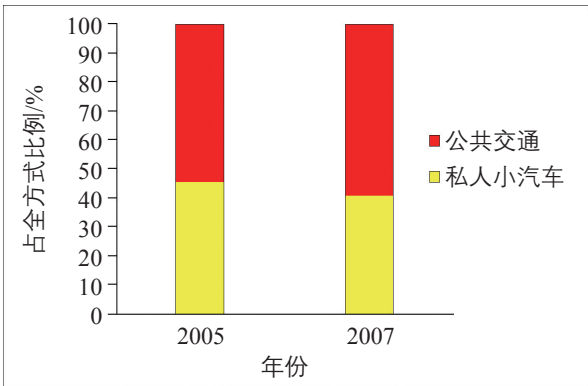


图 3 客运结构变化

Fig.3 The change of volumes structure

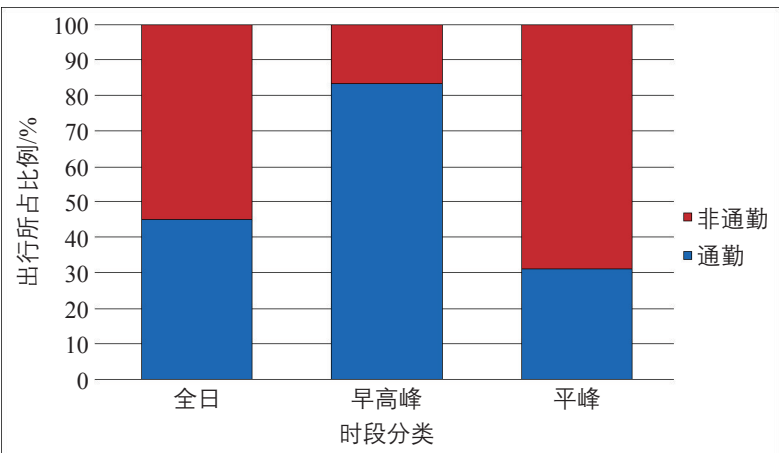


图 4 出行目的构成

Fig.4 Trip purpose

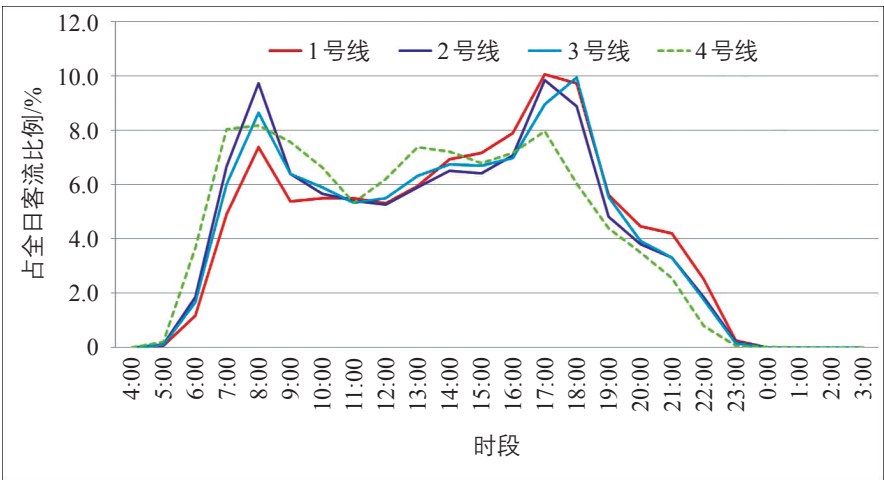


图 5 轨道客流时间分布

Fig.5 Time distribution of rail transit volumes

2.3 空间分布

轨道交通客流单中心态势明显，重心位于核心区内部，向外逐步发散。核心区内部及进出核心区的客流比例最高，占总量的59%，其次是新老城区之间的客流交换，占总量的30%。老城区与外围区、外围区内部的客流发育还不成熟，比例很低。随着轨道交通向郊区拓展，所覆盖区域进一步扩大，客流出行向外延伸，城市空间格局进一步扩大。

随着轨道交通网络逐步形成规模，在3，4号线通车后全网平均乘距大幅增长，而单线的运距下降(见表3)。总体上看，郊区线路的平均运距通常远高于市区线路，这也是全网乘距增加的主要原因。

目前广州市轨道交通与公共汽(电)车的平均乘距基本接近(见图6)，与规划定位相比，轨道交通的乘距偏短，公共汽(电)车偏长。相对于公

共汽(电)车，轨道交通的长距离票价过高，难以吸引长距离客流，且轨道交通与公共汽(电)车票务政策上的一体化也有待进一步完善。

晚高峰期间，市区线路的双向客流比较均衡，郊区线路由于沿线配套设施不足，客流带有明显的潮汐性(见图7)：1号线双向流量均衡，出入城(公园前站)比例为0.55：0.45；2号线出入城比例为0.61：0.39；3号线带有明显的方向特征，从珠江新城站南行客流较北行高出近1倍，上下行比例为0.63：0.37；4号线双向客流较为均衡，比例为0.55：0.45，但客流远不成熟。

3 预测结果与实际比较

比较轨道交通的预测结果和实际调查数据发现(见表4)，1，2，4号线的客流预测结果高于实际客流，而3号线的预测值则相对比较准确^[3]。

表3 轨道交通客流乘距与运距变化
Tab.3 The change of riding distance and service distance for passenger services of rail transit volumes km

年份	1号线		2号线		3号线		4号线		全网乘距
	运距	乘距	运距	乘距	运距	乘距	运距	乘距	
2002	6.80	6.80							6.80
2004	5.75	7.01	5.25	6.62					6.86
2006	5.33	7.37	4.93	7.32					7.03
2008	5.32	7.97	5.85	8.05	6.87	11.88	13.5	26.32	9.44

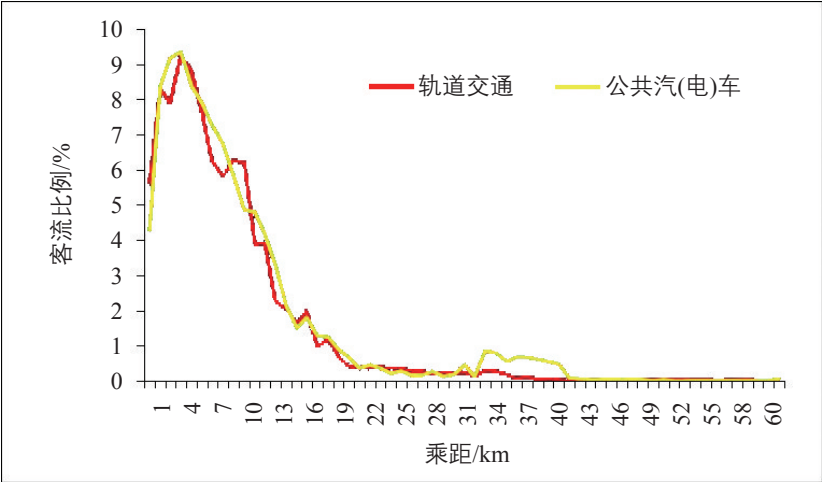


图6 公共交通乘距分布
Fig.6 The distribution of riding distance of public transportation

地铁 1, 2 号线预测客流总量偏高的原因为: ①对小汽车的发展估计不足; ②预测所基于的土地利用未能按规划开发, 规划与现实之间仍然存在不小差距。而预测高峰断面流量偏高的原因包括: ①人口分布未能按规划如期向外疏散, 目前仍是单一的强中心, 预测时过于依赖用地规划, 造成刚性出行距离估计过高; ②各办公用地在实际开发时多带有商业功能, 降低了通勤客流。

3 号线的客流预测和客流培育做得比较成功: 预测 2008 年日客流量为 35.7~38.8 万人次, 实际平均日客运量为 36.2 万人次; 体育西站、客村站预测换乘比例分别为 48%和 71%, 现状为 47%和 64%, 预测值与实际情况基本接近。作为客流引导型线路, 3 号线十分注重客流的培育, 通车初期日客运量即达到 25 万人次。

地铁 4 号线 2010 年预测日客流量为 17 万人

次, 目前仅为 4.6 万人次·d⁻¹, 且自开通后变化一直不大, 期望借亚运契机发展沿线地块以培育客流。对待这种 TOD 引导线路需要有一定耐心, 并注重配套设施的衔接。

4 结语

国内客流预测虽然已经逐步建立起一套完整的预测方法和计算模型体系, 但是所借鉴的经验和标定的参数大多来自国外, 直接影响预测结果的准确性。适时总结所在城市轨道交通的客流特征, 及时反思产生问题和差异的原因, 并将研究成果应用到模型修正中, 不但能提升模型预测结果的合理性, 而且对国内其他城市也有较强的借鉴作用。目前国内即使是轨道交通最为发达的 3 个城市——北京、上海和广州也都处于轨道交通

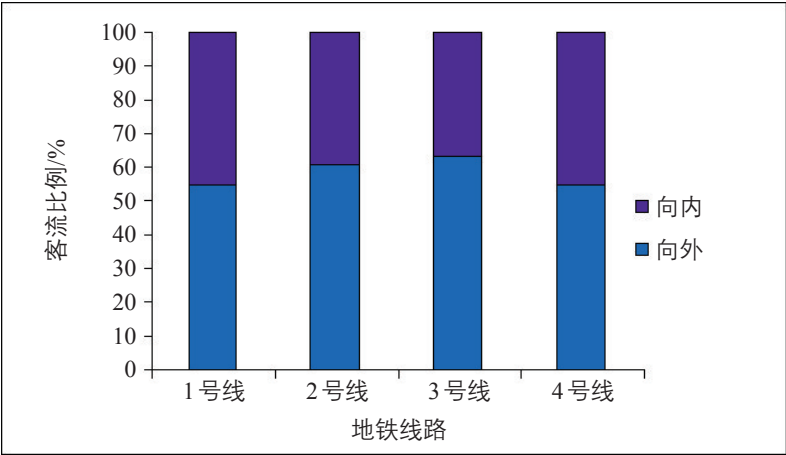


图 7 晚高峰轨道交通线路断面客流方向分布
Fig.7 Directional distribution of passenger flow over a segment of rail transit lines in PM peak hour

表 4 地铁 1, 2 号线客流预测结果与实际比较
Tab.4 Comparison between model outputs of passenger forecasting and existing volume counts for subway line 1 and 2

线路	2008 年日客流量			2008 年高峰断面客流量		
	预测值 /(万人次·d ⁻¹)	实际值(3月) /(万人次·d ⁻¹)	误差/%	预测值 /(万人次·d ⁻¹)	实际值(3月) /(万人次·d ⁻¹)	误差/%
1 号线	81.9	61.3	-34	37 094	20 526	-81
2 号线	68.9	53.2	-30	34 664	23 119	-24
3 号线	37.2	36.8	-1	13 978	11 307	-24
4 号线	8.5	4.7	-81	4 532	1 758	-158