

摘要:结合上海轨道交通在实现网络化运营后出现的一些新特征,介绍了客流变化的新动向和新情况,同时,对于在网络运营中,如何把握运营规律、挖掘客流潜力、提升客流强度、提高投资回报等进行了研究和分析,可供在建轨道交通的其他城市借鉴。

关键词:轨道交通;网络化;运营;客流;规律;网络效率

1 上海轨道交通网络化运营后客流特点

轨道交通网络化运营的特征主要体现在两个方面:通过各种换乘使不同线路之间实现“互连互通、资源共享及一票换乘”,形成一个规模宏大、功能完善的大容量、快速客运网络系统;其次,在运营管理和组织方面,针对网络化运行组织多样化特点,通过建立安全高效的网络运营管理体系,统筹资源,统一协调线网关系,从而达到全网络运营的社会和经济效益最大化。网络化运营强调对网络整体功能的控制能力以及对全网的综合协调、监控和高效应急指挥。

上海轨道交通现已通车 8 条线路,拥有 161 座车站和 234 km 运行距离,初步实现了网络化运营。2008 年,网络客流迅速攀升,工作日客流一般可达 330 万人次,预计全年客流量将达到 11.0 亿人次。在网络化运营初步实现后,轨道交通的大容量、快捷、准时的优势正初步显现,并在客流方面呈现出许多新特点。

(1)网络客流量快速攀升,运营效应正初步显现。自 2007 年年底“三线两段”开通后,客流明显呈网络化特征,一票换乘可以让乘客到达网络上任何一座车站。客流量屡创新高,日最大客流量超过 390 万人次,各线高峰小时断面客流、客流强度均创下历史最高纪录,全网络的日均客流占全市公交客流总量的比例超过 20%。网络客流量的增长来源于既有线路的延伸、新线投运以及换乘客流这三方面。

(2)换乘客流稳步增加,网络换乘系数持续上升。在线路之间实现一票换乘后,各线换乘客流比例和换乘节点客流量明显增加。2008 年,全网络日换乘最大客流突破 120 万人次,换乘客流比例接近或超过 30%。随着线网之间的互连互通,提高了乘客通过轨道交通网络到达目的地的便捷性,网络换乘系数逐年稳定上升(见表 1)。预计到 2010 年,该系数将超过 1.8。因此,换乘设施更为人性化、换乘信息智能化以及换乘导向清晰易懂等始终是运营管理部门工作的重点。

表 1 近年来网络客流及换乘系数

年度	网络日均进站数 万人/次	网络日均客流量 万人/次	换乘系数
2002年	88	98	1.11
2003年	101	111	1.10
2004年	118	129	1.10
2005年	136	159	1.17
2006年	136	173	1.27
2007年	158	214	1.36
2008年	192	273	1.43

(3)网络的平均运距在增加,而单线平均运距随着换乘比例的增加有所降低。这主要是因为网络化运营前后客流特征发生了变化。以前乘客一般乘坐单一线路,乘距相对较长;网络化后乘客换乘比例增加,在单一线路上乘坐的平均距离有所减少(见表 2)。



表 2 近年来平均运距变化情况

年度	1号线平均运距 /km	全网络平均运距 /km
2006年	10	8.86
2007年	9.8	11.45
2008年	9.4	12.58

(4)乘客的出行选择路径呈多样性。在“三线两段”开通前,上海轨道交通清分系统通过最短路径法来判断乘客的 OD 流向、计算线路的客流最大断面以及各条线路的票务清分;“三线两段”开通后,再用此法已不能适应网络化运营的要求。乘客出行路径多样性的特点给路网清分带来新的难题。要综合考虑最短路径、线路行车间隔、换乘次数、换乘走行时间、出行习惯、换乘点是否为起点站等因素,并根据不同线路的特点确定这些因素的权重,建立数据清分模型,尽可能地还原乘客出行 OD。

(5)线路高峰小时最大客流断面均发生在枢纽站(见表 3)。除 2 号线外的其余 5 条线路最大客流断面区间均发生在到达枢纽站之前的线路区间内,这说明部分客流通过枢纽站换乘至其他线路,客流开始下降。其中:市区线路(如 1、2、8 号线)一般在较大规模枢纽站出现断面客流下降,而市郊线路和郊区线路(如 3、5、6 号线)在第一个换乘站会出现客流断面的最高值,随后呈下降趋势。由于客流断面逐年上升,行车间隔趋小,稍有脱节,正常的运营秩序就会受到较大影响。所以,对客运组织的要求越来越高。

表 3 各线路高峰小时最大客流断面描述

线路	最大客流断面区间	换乘客流走向	描述
1号线	漕宝路-上海体育馆	换出	客流从 1 号线上海体育馆站换乘至 4 号线,断面客流开始下降
2号线	人民广场-南京东路	换入	客流从 1、8 号线人民广场站换 2 号线,断面客流达到最高峰
3号线	赤峰路-虹口足球场	换出	客流从 3 号线虹口足球场站换乘至 8 号线,断面客流开始下降
5号线	春申路-莘庄	换出	客流从 5 号线莘庄站换乘至 1 号线,断面客流开始下降
6号线	源深体育中心-世纪大道	换出	客流从 6 号线世纪大道站换乘至 2、4 号线,断面客流开始下降
8号线	曲阜路-人民广场	换出	客流从 8 号线人民广场站换乘至 1、2 号线,断面客流开始下降

(6)客流的波动性增大。工作日客流量远比周末高,一周平均客流以周五为最高,周末最低,不同季节、不同天气、节日和重要活动对客流产生较大影响。如逢大型体育赛事、旅游节、演唱会及会展时,轨道交通客运压力就更大,有时就要对运行计划作调整;早晚高峰时段若遇列车故障或突发性大客流时,要限时运送和疏散大规模客流的难度极大,往往需要制订安全高效的运营组织方案,提供高质量的客运保障。

(7)不同线路客流强度差异较大。凡是经过市区商业、文化旅游地区的线路,客流成份比较宽泛,客流量和客流强度较大。新的线路开通后,客流强度有一个稳步上升的过程,尤其是经过市区的线路,客流增幅很大。8 号线通车之初日客流为 14 万人次,半年后快速超过 28 万人次。

(8)单线统计指标的适用性。单线运营的客流指标体系较难适用于网络运营条件下的统计分析。一位乘客通过换乘,共乘坐了 3 条线路,对整个网络而言,只有一名乘客提供了运输服务,即一个人次,但对各条单线而言,均承载了这位乘客,总计有三个乘次。在网络化运营下,需要在网络和单线两个层面对客流量、平均运距、平均票价、换乘客流比例、清分等指标赋予新的内涵,完善指标体系,并在此基础上增加如乘客延误总时长、正点运送乘客比例、客运周转量/运能公里、总客流量/总员工工作时长等综合指标,更好地反映绩效水平和管理水平。

(9)线网高峰断面客流。一条线高峰小时的断面客流为线路上高强度客流段,对行车和客运组织等方面有着重要的指导意义;而网络高峰断面客流则是指同一时间内不同线路多个高峰小时断面客流的简单累加,其统计的意义更大。

2 网络客流的统计数据特征

2.1 日客流变化及断面客流情况



近年来,各条线路的断面高峰小时客流一直呈上升趋势(见表4)。在进一步缩短高峰时的行车间隔和增加列车投放量的情况下,1、2号线的断面高峰小时客流有望得到持续提高(见图1)。

表4 网络各条线路极端断面高峰小时客流(人次)

线路年度	1号线	2号线	3号线	4号线	5号线	6号线	8号线	9号线
2002年	29541	21274	-	-	-	-	-	-
2003年	34969	26827	-	-	-	-	-	-
2004年	38140	28635	17726	-	-	-	-	-
2005年	41964	32397	19001	-	-	-	-	-
2006年	46289	36998	20419	13588	-	-	-	-
2007年	47511	39180	21763	12298	-	-	-	-
2008年	54795	43041	23565	17558	11701	10456	22698	5207

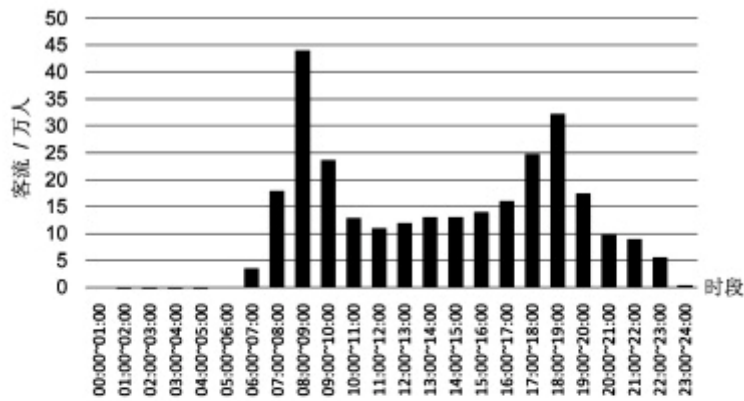


图1 2008年11月工作日小时出站客流分布图

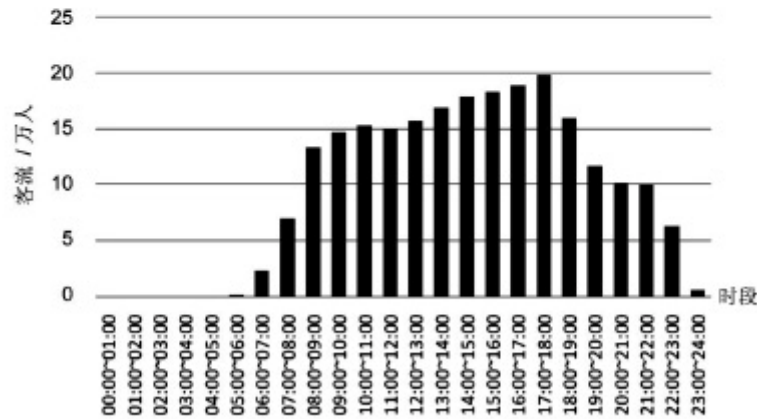


图2 2008年11月休息日小时出站客流分布图

工作日的全日客流基本呈“双峰”变化特征,图1、图2为典型的小时客流分布,高峰时段通勤客流出行集中,平峰时段以商业、商务客流为主。早晚高峰小时一般是7:00~9:00时和17:00~19:00时,个别线路或有少许差异,高峰时间段的客流约占全日客流的比率为40%,早高峰小时客流量达全天客流的11~15%。非工作日客流一般呈阶梯状,客流呈逐步增加或减少的过程。线路客流历时变化曲线对于行车组织和客运组织是至关重要的。

2.2 一周客流统计情况

根据对近年来客流数据统计分析,得到一周客流变化如下规律:周五>周四>周三以及周一>周六>周日。周五的客流量最大,占一周总客流量的近16%,高出日均客流的2%~10%,比周日客流高出近30%。

2.3 月度客流及全年客流分布



通过对 2000 年以来的有关数据进行分析,最小客流量一般在 1 月、2 月(正值春节期间)以及 6 月,最大客流量一般在下半年;上半年客流要比下半年低 3%~5%,"五一"和"十一"的客流一般为全年最高,若有重要、大型活动时,客流也较高,如节假日、大型活动与星期五重合,客流增量就更为显著。

2.4 线路客流量和客流强度

客流强度随票价调整和线路延伸变化较明显。近几年,一条线路的客流量呈逐年稳步增加趋势,随着线路延长,客流强度又有明显的降低;当票价调高,客流呈下降的趋势。2005 年 9 月,1、2 号线调整票价后,2006 年的全年客流出现了整体性下滑,客流量比 2005 年还要低。当线路延伸后,整条线路的客流量增加了,但客流强度却下降。

各条线路的客流强度差异较大。经过市中心商业繁华区、文化聚集区、客流集散点的线路(如 1、2 号线)一般汇集了上下班、读书、公务、商业和旅游等客流,工作日客流量达到 80~100 万人次,客流强度较大;市郊结合、以上下班客流为主的线路(如 3 号线),客流强度居中;郊区线路(如 5、6、9 号线),客流强度最低。目前,全网的工作日客流强度保持在 1.4~1.5 万人次/km 之间,周末客流强度约为 1.1 万人次/km,一周平均为 1.27 万人次/km,极端客流强度达到 1.64 万人次/km。1 号线的客流强度超过 2.6 万人次/km,2 号线近 3.2 万人次/km,与香港和莫斯科地铁的全网客流强度相差无几,3、4、8 号线的客流强度基本维持在 1~1.4 万人次/km,5、6、9 号线客流强度低于 7000 人次/km。

2.5 线网客流比例

根据对 8 条运营线路客流量的统计分析:1~4 号线是客流量和客流强度最大的线路;1、2、3、4、8 号线的客流量占总客流量的 90%,其他线路的客流还有较大幅度提升的空间。

2.6 新老线路的客流分布统计特征

有无新线投用对客流分布有较大的影响。一年内,老线客流变化幅度一般不大,即客流的均方差 σ 较小;在有新线投用的年份,客流一般有一个较快的增长,变化幅度也较大,客流量增加可达到 30%~50%,均方差 σ 较大。

3 网络效率及影响客流因素的分析

3.1 网络效率

衡量或判定城市轨道交通网络效率一个重要的指标是客流强度和高峰小时断面客流。客流强度反映了运营单位的生产效率,直接决定了成本回收和效益,反映了线路对客流的直接吸引情况;断面客流对投资和建设规模以及运营后的配车和客运组织有着重要的影响。以客流强度和断面客流来验证线路规划建设的合理性。它体现在线路的定位、规划、规模、选线布局、配线、建设标准、线网结构等方面,以及为运营快速处置预留能力、运营成本等方面。如规划不当,或造成不必要的浪费,或引起功能欠缺,就会影响网络效益和效率。

3.2 客流组成

根据几年来对乘坐轨道交通的乘客随即抽样分析,21~40 岁的乘客占 70%以上,41~50 岁的乘客约占 10%左右,其余由 20 岁以下和 50 岁以上的乘客构成。在这些乘客中,上下班的占 38%,因公办事的占 31%,上学的占 11%,另 20%左右主要是私人购物、访亲观光等。历年所作的抽样调查虽然不能涵盖所有的乘客,与实际客流构成存在一定的偏差,但多次随即抽样表明,上述比例非常稳定,变化不大。

3.3 影响客流的因素

这些因素包括长期、短期、季节性以及临时性的。经分析,有以下几种:

(1)规划和政策。线网规划和经济发展水平、票价因素、线路定位、经过的区域特征、交通等都会对运营客流产生影响。因线网规划一般比运营时间超前十几到更多年,城市化进程加快速度远超出人们预料,后期实施往往会对规划进行较大的调整。

(2)人口规模和经济总量的增长。据相关统计,近年来上海市人口每年约增加 30 万,与此相配套的城市各项设施容量和承担能力也在扩容。全市常住人口达到 1858 万,生产总值已达 1.2 万亿元,年财税收入超 2000 亿元。城市人口总量和经济发展规模为轨道交通的大发展提供了源源不断的客流和坚实的经济基础。

(3)居民日均出行频率及总出行量。2007 年,上海市民日均出行总量已接近 4600 万人次,每人日均出行频率 2.47(按照常住人口计算),接近发达国家的水平。

(4)公共交通和轨道交通所占比例。出行方式和出行习惯、公共交通承担的出行比例等都对客流有着较大影响。与国外发达国家的 60%~70%相比,我国的公共交通所承担比例不高,大中城市一般不超过 20%,上海可达 23%以上。而轨道交通占公共交通的比例接近 20.0%,这与规模相似的国外大城市 60%相比,还有很大的上升空间。



(5)建设设施 and 标准。轨道交通的分类和敷设方式(直接决定造价),系统规模和列车编组及配车数量,建设标准和配线等。设施的建设标准决定了工程造价和运营设施保障水平,也为乘客舒适度奠定了基础。

(6)季节性因素。每年 1、2、6 三个月是客流量相对较低的月份。

(7)短期影响因素。如天气、节假日、大型活动等都会对全网客流或局部造成一定的影响。极端恶劣天气一般对当天的客流影响较大。

4 客流预测及开发客流的必要性

(1)客流预测。根据既有数据和运营情况,预计 2008 年度全网客流可达 11 亿人次。2009 年的客流将进一步增长,增量一是来自于既有线路对客流的持续吸引,可提升 3%~5%的客流量;二是新线路陆续投用。预计 2009 年全网日客流量将在 2008 年 300 万的基础上增加 8%,达到 324 万左右,全年客流总量将接近 12 亿人次,客流强度将达到 1.34 万人次/km。

(2)开发客流的必要性。高强度客流是保障网络持续运营良好的前提,是增加票务收入,提高投资回报的保障。工作日全网客流强度基本保持在 1.4~1.5 万人次/km,最高 1.67 万人次/km,2008 年全网可达 1.28 万人次/km。按轨道交通客流量占公共交通 50%的比例测算,依据 2010 年 400 km 网络运营规模,客流强度至少要达到 1.6 万人次/km。但新投入的线路多位于市郊,客流强度要在既有基础上每公里增加 3000 人次,有相当的困难。因此,积极开发和引导客流,提高客流强度,适当增加配车,对运营企业具有十分重要的意义。根据现场情况和 AFC 客流统计分析,非高峰时段运能利用率仍有很大的上升空间。以 1 号线为例,早晚高峰时段的运能利用率超过 110%,而低谷时段仅在 50%左右;在全日(工作日)运营时段内,非高峰时段占了 75%以上,而客流量仅占到 50%左右。在目前列车配数不足的情况下,实施一些灵活的票务政策和优惠措施,可以吸引更多客流在非高峰时段乘坐轨道交通,既可以在一定程度上缓解高峰时段运能不足,又可以提高线路的运能利用率,增加运营收入。

5 结语

上海作为在国内率先实现轨道交通网络化运营的城市之一,运营管理范围和管理幅度大大增加,管理方式也正面临着深刻变化。总结和分析网络化形成初期客流变化规律,对于掌握网络运营规律、强化安全生产和客运组织、加强对网络的控制、提高客流强度等,都具有非常重要的现实意义。

