

轨道交通与常规公交衔接系统分析

覃煜 晏克非

摘要 介绍了轨道交通客流的时空分布特征。以交通衔接的系统条件为依据,探讨轨道交通与常规公交的衔接关系,提出其衔接规划布局的模式及其运行状态的评价指标。

关键词 轨道交通,常规公交,交通衔接,评价指标

交通整体化是城市客运交通的发展趋势。整体化的客运系统是一种多模式、多层次、线站结合、综合性强的城市客运交通体系,它主要由大运量交通、中运量交通、小运量交通组成。整体化的客运系统要在运能上适应不同层次客运的需要,必须以各交通方式之间的协调衔接为前提。轨道交通与常规公交的合理衔接是交通整体化的关键环节,只有两者衔接密切、换乘方便,达到时间上与空间上衔接的整体化,才能借助常规公交的辐射功能提高轨道交通的辐射吸引范围,充分实现快速轨道交通较高的运量成本比、较低的占地和能源消耗以及相对较少的环境污染之优点。因此,要充分发挥轨道交通的骨干作用及其整体效益,除了其本身合理的路网布局和建设规模外,与地面常规公共交通(公共汽电车)的有效衔接显得尤为重要。

1 轨道交通客流特征分析

轨道交通客流与城市其他交通方式客流的时空分布特征大体上相一致。但由于轨道交通的运能、线路走向以及其车站的性质、规模、区位、列车到发时刻安排的不同,沿线客流的大小分布和车站客流的时间分布具有其本身的特征,对常规公交的影响和衔接要求也不一致。

1.1 轨道交通沿线客流分布特征

轨道交通的建设规模、线路布设形式和走向以

及首末车站所处区位,是影响其沿线客流分布的主要影响因素。纵观不同类型轨道交通线路,可归纳出以下4种沿线空间分布特征。

①均等型:当轨道交通线路成环线布置或沿线用地已高度开发成熟时,各车站的上下车客流接近相等,沿线客流基本一致,不存在客流明显突增路段。

②两端萎缩型:当轨道交通线路的两端伸入还没有完全开发的边缘地区或郊区时,线路两端路段的客流小于中间路段的客流。

③中间突增型:当轨道交通线路途经大型的对外交通枢纽、高密度开发地区或者车站利用常规公交线路辐射吸引范围广阔时,位于该区位车站的上下车客流明显偏大,线路客流存在突增的路段。

④逐渐缩小型:当轨道交通线路首末车站位于大型对外交通枢纽附近或城市中心CBD地区时,随着线路向外延伸,线路客流逐渐缩小。

1.2 车站客流时间分布特征

轨道交通的运能、线路走向所处交通走廊的特点以及车站所处区位的用地性质,是影响轨道交通车站客流在全天不同时间上分布的主要影响因素。纵观不同运能轨道交通的不同类型的车站,可归纳出以下5种车站客流日分布曲线类型,见图1。

①单向峰型:轨道交通线路所处的交通走廊具有明显的潮汐特征或车站周边地区用地功能性质单一时,车站客流分布集中,有早晚错开的一个上车高峰和一个下车高峰(图1A)。

②双向峰型:车站位于综合功能用地区位时,客流分布与其他交通方式的客流分布一致,有两个配对的早晚上下车高峰(图1B)。

③全峰型:轨道交通线路位于用地已高度开发

*覃煜:同济大学道路与交通工程系,博士研究生,上海200092

的交通走廊或车站位于公共建筑和公用设施高度集中的 CBD 地区时, 客流分布无明显的低谷, 双向上下客流全天都很大(图 1C)。

④突峰型: 车站位于体育场、影剧院等大型公用设施附近, 演出节目或比赛结束时, 有一个持续时间较短的突变的上车高峰。一段时间后, 其他部

分车站可能有一个突变的下车高峰(图 1D)。

⑤无峰型: 当轨道交通本身的运能比较小或车站位于用地还没有完全开发的地区时, 客流无明显的上下车高峰, 双向上下车客流全天都较小(图 1E)。

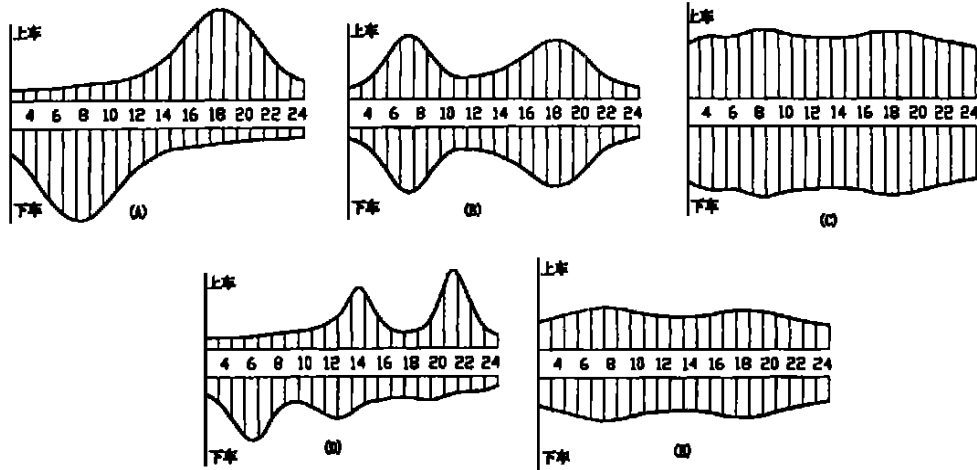


图 1 轨道交通车站客流时间分布特征示意图

1.3 轨道交通客流与常规公交客流时间分布的叠合性

轨道交通与常规公交都属于城市公共交通的范畴, 共同承担城市内部部分客运交通, 为城市居民的日常出行服务。由于我国城市轨道交通的建设正处于起步阶段, 没有形成网络, 因此轨道交通需常规公交为其集散客流。两者是属于一种相辅相成的关系, 客流分布规律在时间上具有一定的叠合性, 会出现轨道交通上下车客流高峰与常规公交客流高峰同步。客流同步对轨道交通与常规公交衔接的影响较大。在客流高峰时段, 常规公交拥挤、紧张, 为车站客流服务的能力减少; 而轨道交通上下车高峰密集客流又急需大量的常规公交车辆来集散。这种运量的供需矛盾会造成车站附近地区交通紧张和滞塞。用错峰的方法来消除两者客流的叠合和同步是无法实现的, 一般只能通过提高常规公交的运输能力, 优化衔接线网的方法来解决。

2 轨道交通与常规公交衔接的系统条件

轨道交通与常规公交的关系表现在: 后者为前者集结或疏散客流。在保证乘客由一种方式向另一种方式转换时, 常规公交的疏散功能比集结功能更为重要。轨道交通与常规公交衔接的首要条件是: 在客运高峰时段, 常规公交应保证在短时间内将乘客接送出车站。乘客疏散时间是轨道交通车站和站旁常规公交换乘枢纽规划的重要目标之一。要保证两种交通系统衔接换乘的协调, 必须具备下述三个系统条件^[1]。

(1) 换乘过程的连续性

乘客完成轨道交通与常规公交之间的换乘, 应是一个完整的连续过程。

(2) 客运设备的适应性

乘客在轨道交通与常规公交之间搭乘转换的全过程如图 2 所示, 即乘客完成一次出行要经过五个环节。协调衔接的第二个条件是各出行环节的客运设备应具有一定的适应性, 也就是轨道交通的

客运能力、车站站台与公交换乘枢纽的容纳能力、车站检票口的通过能力以及常规公交的运输能力要相互适应、协调。

轨道交通车辆 ⇔ 车站站台 ⇔ 车站检票口

⇔

常规公交车辆 ⇔ 常规公交换乘枢纽

图 2 乘客在轨道交通与常规公交之间搭乘转换的过程

这一条件对常规公交而言就是应具备及时疏散或集结轨道交通客流的能力, 保证将必要数量的常规公交车辆及时送到车站, 满足换乘的需要。在高峰小时内应集合到达的常规公交车辆的数量 N_v 为^[2]:

对于中间站,

$$N_v = 2 \times 60(T_k/I + 1)P_m \alpha / (P_b T_k) \quad (1)$$

对于首末站,

$$N_v = 60(T_k/I + 1)P_m \alpha / (P_b T_k) \quad (2)$$

式中: T_k 为客流高峰持续时间; I 为高峰时段内轨道交通的平均发车间隔时间; P_m 为高峰时段内轨

道交通车站平均每趟列车的上下车乘客数; P_b 为一辆常规公交车辆的平均载客能力; α 为换乘客流量占轨道交通车站上下车客流的百分率。

只有当各出行环节的客运设备能及时地“消化、吸收”彼此的客流, 各自的运输能力、容纳能力或通过能力相当时, 才能实现相互间的交通对接。如果常规公交运输能力太低、换乘枢纽规模过小、轨道交通车站检票口通过能力不足等, 都会造成轨道交通与常规公交衔接的萎缩, 难以充分发挥轨道交通大运量的骨干作用。

(3) 客流过程的通畅性

为了保证出行过程的顺畅, 避免乘客在各出行环节上滞留, 协调衔接的第三个条件要求乘客通过各出行环节占用交通衔接设施的服务时间应满足下述条件:

$$T_1 \geq T_2 \geq T_3 \leq T_4 \leq T_5 \quad (3)$$

式中: T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_4 、 T_5 分别为乘客占用各出行环节客运设备的服务时间。对轨道交通而言, 它们表示的意思见表 1。

表 1 出行环节占用时间取值表

乘客类型	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5
上车乘客	常规公交车内出行时间	常规公交换乘站至轨道交通车站售票厅的步行时间	自动售票时包括: 换币排队等待时间	检票口至站台的步行时间 轨道交通的候车时间	轨道交通车内出行时间
			自动售票排队等待时间 进站检票排队等待时间 人工售票时包括: 买票排队等待时间 进站检票排队等待时间 使用储值票时为: 进站检票排队等待时间		
下车乘客	轨道交通车内出行时间	轨道交通车站至出站检票口的步行时间	出站检票排队等待时间	出站检票口至常规公交换乘站的步行时间 常规公交的候车时间	常规公交车内出行时间

只有满足式(3), 才能保证交通衔接过程的通畅和紧凑有序, 使客流均匀地分布在整个出行流程上, 不致于中间关键环节上集聚。

3 轨道交通与常规公交衔接布局模式

常规公交与轨道交通衔接方式是指连接车站

的常规公交线网布局、车辆配备、运营组织以及车站附近公交换乘站场的布局等综合特征。纵观我国城市轨道交通规划和建设的实际情况, 两者衔接的内涵主要体现在常规公交线网和换乘枢纽站场的布局模式方面, 可归纳为以下 3 种。

①放射—集中布局模式: 常规公交线网主要以轨道交通车站为中心成树枝状向外辐射, 两者线路

重叠区间一般不超过轨道交通 3 站路段,并于车站邻接地区集中开发一块用地用作换乘枢纽站场,作为各条线路终到始发和客流集散的场所。此种模式由于始发线路多,常规公交线网运输能力大,乘客换乘方便且步行距离较短,行人线路组织相对简单,对周围道路交通影响较小,但换乘枢纽站场用地较大。适合于换乘客流大或辐射吸引范围广的轨道交通车站。

②途经—分散布局模式:常规公交线网由途经线路组成,换乘公交停靠站分散设置在轨道交通车站附近的道路上。该布局模式不需设置用地规模较大的换乘枢纽站场,但线网运输能力较小,部分

乘客换乘步行距离较长,行人线路组织相对复杂,换乘客流较大时对周围道路交通有一定的影响,适合于换乘客流较小的轨道交通车站。

③综合布局模式:是上述两种布局模式的复合形式。线网由始发线路和途经线路共同组成,且集中布置一个换乘枢纽站和分散布置一些换乘停靠站。

表 2 是上述 3 种布局模式的一些具体实施措施^[3]。衔接换乘布局应以轨道交通车站为核心来组织,应从两种交通方式一体化的角度进行全面规划、综合实施。

表 2 衔接换乘布局的主要措施

布局模式	系统措施	具体措施	
		硬件措施	软件措施
放射—集中布局模式	<ul style="list-style-type: none"> 换乘枢纽站的区位选择 始发线路的优化设计 运能的合理配置 	<ul style="list-style-type: none"> 换乘衔接通道的设置 换乘枢纽站的合理规模 与换乘设施的布局 	<ul style="list-style-type: none"> 营运管理的一体化
途经—分散布局模式	<ul style="list-style-type: none"> 换乘停靠站的合理布局 行人线路的交通组织 途经线路条数及走向优化 	<ul style="list-style-type: none"> 港湾式停靠站的设置 换乘线路指示牌的设置 	<ul style="list-style-type: none"> 联运措施的建立 联运票价的制定与通票的发行
综合布局模式	<ul style="list-style-type: none"> 始发线路与途经线路优化选择和布局 换乘枢纽站与停靠站合理配置和布局 常规公交营运的优化组织 	<ul style="list-style-type: none"> 换乘衔接通道的设置 港湾式停靠站的设置 换乘枢纽站的合理规模 	<ul style="list-style-type: none"> 联运利益合理分配方案

4 轨道交通与常规公交衔接状态的定量评价指标

对轨道交通与常规公交衔接状态进行量化的评价,可以更准确把握、认识两者衔接的内在规律及特征,同时又为研究衔接状态的转化机制,进一步协调、密切两者的交通衔接关系提供定量的研究指标和决策依据。根据两种交通方式衔接的系统条件,提出衡量衔接状态的 3 个定量指标:运能匹配度、平均换乘时间和人均换乘设施面积。

4.1 运能匹配度(H)

运能匹配度用来衡量常规公交运输能力与轨道交通运输能力的匹配程度,可以用来判别客运设备的适应性情况。可用客运高峰小时内轨道交通车站换乘客流量与常规公交运输能力的比值表示。

客运高峰小时轨道交通车站与常规公交之间换乘客流量(P_H)为^[3]:

对于中间站,

$$P_H = 2 \times 60 (T_k / I + 1) P_m \alpha / T_k \quad (4)$$

对于首末站,

$$P_H = 60 (T_k / I + 1) P_m \alpha / T_k \quad (5)$$

为轨道交通车站服务的常规公交客运能力(A_b)为:

$$A_b = [60 N_s B_b J_b \eta_s / I_s] + [60 N_p B_b J_b (\eta_t - \eta_r) / I_p] \quad (6)$$

式中: N_s 、 N_p 分别为轨道交通车站常规公交始发和途经的线路数; B_b 为常规公交车辆额定载客人数(以标准车计算); J_b 为其它车型对标准车的换算系数; η_s 、 η_t 、 η_r 分别为常规公交车辆始发线路的满载率、极限满载率和途经线路到达车站时的实际满载率; I_s 、 I_p 分别为高峰时段内始发和途经线路的

发车间隔时间。

取 $I_s = I_p = I_b$, 式(6)可简化为:

$$A_b = 60B_b J_b (N_s \eta_s + N_p \eta_r - N_p \eta_r) / I_b \quad (7)$$

式中: I_b 为高峰时段内常规公交车辆的平均发车间隔。

运能匹配度为:

$$H = P_H / A_b \quad (8)$$

运能匹配度指标是轨道交通与常规公交之间的客运供求关系的表征, 反应两者衔接的协调状况。较为理想的运能匹配度应是 $H \leq 1$, 则两者的衔接状况良好。当 $H > 1$ 时, 表明常规公交运输能力满足不了轨道交通客流的换乘需要, 衔接的协调性被破坏。这时, 需采取在客运高峰时段增加常规公交班次, 缩短发车间隔, 调集应急车辆等措施, 暂时提高常规公交运输能力, 恢复两者衔接的协调性。

4.2 平均换乘时间(T)

换乘时间是指乘客完成轨道交通与常规公交之间的转换所占用衔接设施的服务时间。它是衡量两者衔接换乘连续性、紧凑性、客运设备适应性、客流过程通畅性的一个重要定量指标, 可以分解为换乘步行时间、排队等候时间和换乘候车时间3部

分。即:

$$T = T_2 + T_3 + T_4 \quad (9)$$

T_2 、 T_3 、 T_4 的含义见表1。排队等候时间可根据排队论有关理论求取。

从换乘时间的取值可以看出, 步行距离的长短、换乘客流量的大小、常规公交运输能力的高低、检票口的通过能力以及售票窗口的服务水平等, 均是换乘时间的重要参变因数。因此, 换乘时间是准确反映两者衔接状态的综合性定量指标, 它使不同的衔接换乘布局模式具有一定的可比性。

4.3 人均换乘设施面积(E)

人均换乘设施面积指标用来衡量衔接换乘设施容纳乘客的能力, 反映衔接换乘枢纽内换乘的拥挤程度和舒适程度以及环境质量的水平, 是评价衔接客运设备适应性的量化指标, 可用下式计算:

$$E = 60M\beta / P_H T_w \quad (10)$$

式中: M 为换乘设施的面积, 轨道交通换乘常规公交时可取常规公交换乘枢纽的面积, 常规公交换乘轨道交通时可取轨道交通车站站台的面积; β 为换乘客流量占轨道交通车站上下车客流的比例(常规公交换乘轨道交通时), 或换乘客流量占常规公交换乘枢纽上下车客流的比例(轨道交通换乘常规公交时); T_w 为换乘候车时间。

参 考 文 献

- 1 张国伍主编. 交通运输系统分析. 成都: 西南交通大学出版社, 1991. 115~116
- 2 郑祖武, 李康等编著. 现代城市交通. 北京: 人民交通出版社, 1998. 217
- 3 陆化普, 张鹏. 城市公共交通系统集成. 城市轨道交通研究, 1999(1): 29

Systematic Analysis on the Join between Urban Rail Transportation and Conventional Public Transit

Qin Yu Yan Kefei

(Department of Road and Traffic Engineering, Tongji University, Shanghai 200092)

Abstract Based on the introduction of space-time distribution features of urban rail transportation volume and systematic conditions of transportation join, this dissertation has explored the joint relationship between urban rail transportation and conventional public transit, advanced its joint planning models and synthetic assessment indices.

Keywords urban rail transportation, conventional public transit, transportation join, assessment indices

(收稿日期: 1999-09-10)