

换乘系统运行特征 及其在城乡公交网络的应用

姜晓红 过秀成 邓一凌 过利超

东南大学, 交通学院, 南京 210096

摘要: 论文分析公交同步换乘系统的运行特征, 包括适用公交网络、线路发车间隔与应用时段、协同的时刻表、同台换乘的枢纽、运行可靠性保障要求等。结合城乡公交网络布局与换乘衔接需求特征, 提出城乡公交网络应用同步换乘的可行性: 城乡公交轴辐式网络适用于同步换乘系统的应用, 同为长间隔发车的干支线间客流换乘诉求亟需同步换乘, 城乡公交运行准点性与枢纽用地条件能保障同步换乘系统的可靠运营。分析应用同步换乘系统需解决定位选择、协调网络布局与时刻表设计、提高运营可靠性等问题, 使其更好地发挥作用, 提升城乡公交服务质量。

关键词: 同步换乘系统; 运行特征; 城乡公交网络; 应用

中图分类号: U491.1¹⁷

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2014)03-0058-06

DOI: 10.3969/j.issn.1672-4747.2014.03.006

Operation Characteristics of Timed Transfer System and Its Application in Rural Transit Network

JIANG Xiao-hong GUO Xiu-cheng DENG Yi-ling GUO Li-chao

School of Transportation, Southeast University,

Nanjing 210096, China

Abstract: The operation characteristics of a timed transfer system were analyzed, including transit network, headway and operation time, synchronous schedule, timed transfer point layout, and operation reliability. Considering the network layout characteristic and transfer demand, the application feasibility of the timed transfer system in rural transit was developed. First, the timed transfer system is suitable for

收稿日期: 2013-09-16.

基金项目: 江苏省 2011 年度普通高校研究生科研创新计划项目 (CX LX₀₁₄₀); 建设部软科学研究项目 (2008-K5-14); 江苏省交通科学研究计划项目 (09R02)。

作者简介: 姜晓红 (1985-), 女, 汉族, 江苏常州人, 东南大学交通学院博士研究生。

a hub-and-spoke network of rural transit. Second, the timed transfer system is required in case of transfers among trunk routes and feeders of long headway. Third, the operation reliability can be ensured based on the punctuality of rural transit and large area condition of transfer points. Fourth, timed transfer is needed between urban & rural transit and other public transportation. Three major problems urgent to be solved were presented, including orientation, the synchronous scheduling with transit network, and measures to improve the operation reliability. Solving such problems can successfully make a great effort to develop the timed transfer system in rural transit and improve the service quality.

Key words : Timed transfer system, operation characteristics, rural transit network, application

0 引言

城乡公交线路服务区域出行密度低,实践中采用干支线轴辐射网络以期提高线路运输效能。公交线路发车间隔长,且线路间时刻表未能很好地协同,导致乘客换乘不便问题突出,因此亟待改进城乡公交网络的衔接,以提升服务水平。

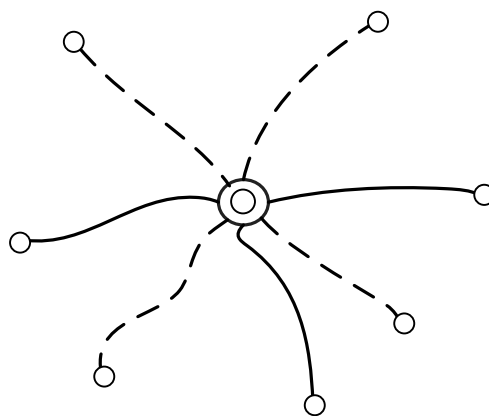
欧美地区从 1970 年起,多采用同步换乘系统(Timed Transfer System,以下简称 TTS)协调网络并使乘客轻松换乘^[1]。TTS 由公交线路、一个或多个公交换乘枢纽构成,多条线路的车辆同时到达换乘枢纽,停站一定时间后,车辆几乎同时离开公交枢纽,方便乘客轻松换乘^[2]。多模式客运系统运用 TTS 实现地铁、有轨电车、公交巴士、出租等无缝联运,航空运输、多式联运货运系统也普遍采用同步换乘理念提高系统可靠性^[3]。研究多集中于系统换乘枢纽选址与设计、时刻表设计、TTS 运营控制策略的研究^[1-5]。国内由于城市道路混合交通运行环境难以保障运行准点,较难实现 TTS 设计的车辆同步到达、同步离开的目标。既有研究多以实现同步到达换乘枢纽的车辆数最大化,或换乘等待时间最小化为优化目标,研究轨道交通与常规公交的换乘、城区公交线路间换乘优化。城乡公交线路车辆运行通畅,能够保证准点率,论文将结合城乡公交网络结构与换乘需求特征,研究 TTS 在城乡公交网络中的应用可行性,以期提升城乡公交网络的协同性和乘客换乘出行满意度。

1 同步换乘系统的运行特征

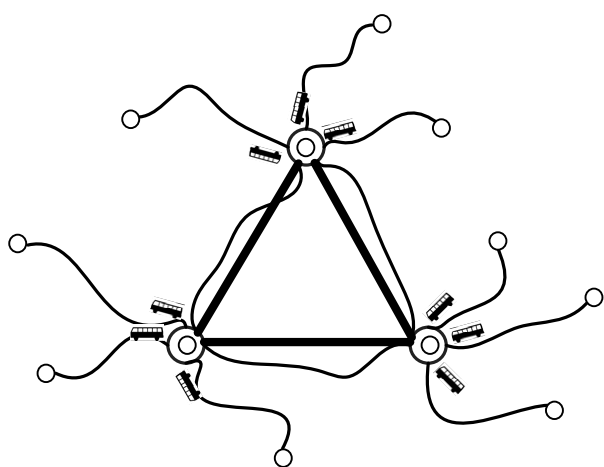
同步换乘系统通过构建与时刻表协同的公交线网,编制线路间相互协调的时刻表,设置无缝衔接的换乘枢纽,加以运行可靠性的保障,建立一体化运营网络以提升服务质量。

1.1 应用公交网络特征

TTS 应用于单个公交换乘枢纽及其服务的公交线路,也应用于有多个公交换乘枢纽的区域,以提供大范围整合的公交服务。如图 1(a)所示,单中心网络由终止于换乘枢纽的辐射线、途径换乘枢纽的通过线构成放射状网络,线路间相互联系产生一定换乘量。多中心网络如图 1(b)所示,各换乘枢纽有通往周边的辐射线与通过线,各换乘枢纽间设置直达快速线或集散联络线进行联系。



(a) 单中心网络



(b) 多中心网络
 ◎ 公交换乘枢纽 线路终点站
 —— 辐射线 --- 通过线 ——— 直达线

图1 同步换乘公交网络示意

Fig.1 Transit networks with timed transfer system

1.2 发车间隔与应用时段

TTS 较多地应用于发车间隔长、出行起讫点较为分散的中低密度地区。城市中心区此类高频率公交服务地区若采取 TTS，其换乘时间减少的不够明显，难以进一步提高乘客满意度。由于夜间线路发车间隔较

长，很多城市公交系统一直采用 TTS 应用于夜间服务；也有为实现同一线路快（慢）车之间的便捷换乘而采用这种车辆同时到站的运营方法^[2]。

TTS 可应用于不同运营时段，如应用于线路间换乘需求量较大的一个运营周转时段；也可应用于整天，车辆每隔固定时间段（如 15、30、60min）到达换乘枢纽，提供连续周转、反复运行的同步换乘服务。

1.3 协同的时刻表

TTS 系统中不同线路的车辆每隔一个时间间隔都必须在公交枢纽同步到站、离站，这个时间间隔称为脉冲发车间隔。表 1 给出某换乘枢纽内部分线路时刻表设计，脉冲发车间隔为 15min，同步换乘线路的发车间隔有 15min、30min、60min 三种，考虑乘客上下车换乘时间确定公交车在枢纽站的停靠时间为 3min。系统整点发车运营，6 路车与 11 路车在 15：45 汇合，6 路车与 50 路开往施罗德方向的公交车在 00：30 汇合，6 路车与 50 路开往雷蒙德方向的公交车在 7：00 汇合，同时到达与离开换乘枢纽。

表 1 公交同步换乘系统时刻表

Tab.1 Schedule of the timed transfer system

线路种类	时 刻 表														
6 路 (开往东部镇)	5:30	5:45	6:00	6:15	6:30	6:45	7:00	7:15	7:30	7:45	8:00	8:15	8:30	8:45	9:00
	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	1:00	1:30	2:00	2:30	2:45	3:00	3:15	3:30
	3:45	4:00	4:15	4:30	4:45	5:00	5:15	5:30	5:45	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30
11 路 (开往荷兰米勒)	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30									
	6:15	6:45	7:15	7:45	8:15	8:45	9:15								
50 路 (开往施罗德)	6:00	6:30	7:00	7:30	8:30	10:00	12:00	2:00	3:30	4:30	5:30	6:30	8:00	10:00	12:00
50 路 (开往雷蒙德)	8:00	9:00	11:00	1:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	9:00	11:00				

来源：美国威斯康辛州麦迪逊公交 west town 枢纽内部分公交线路时刻表。

1.4 同台换乘的枢纽

换乘枢纽利用专用场站或是道路，设置上下行车辆停靠场与站台，以便乘客无缝换乘，如图 2 所示。中央站台为乘客换乘等待区，设置站亭、电子显示屏

以实时提供车辆到达信息，站亭内设乘客休息座椅、信息栏提供公交线网图与途径所有线路时刻表。换乘枢纽周边设置小汽车停车场与自行车停车场，促进 P&R、B&R 出行。

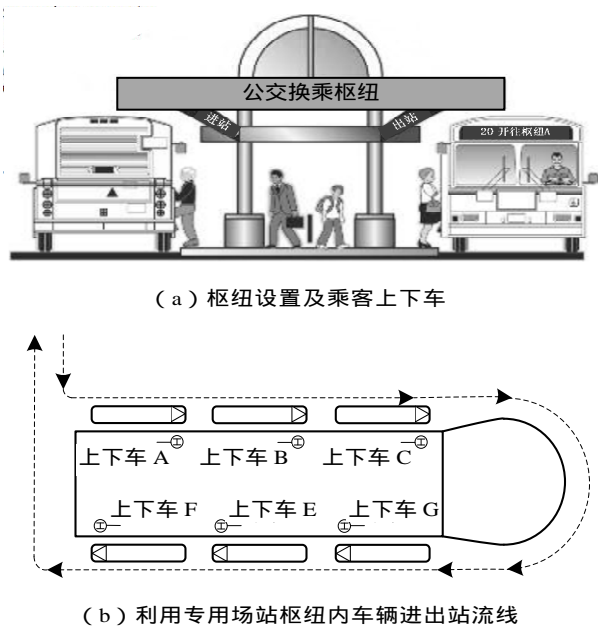


图2 公交同步换乘枢纽设置示意

Fig.2 Layout of timed transfer center

1.5 运行可靠性保障

TTS 运用在运行可靠的公交系统中最有效。若车辆因为途中延误而错过在换乘枢纽的会合,乘客会错过换乘机会,需等待下一班车进行换乘。若让其他线路车辆延长停站时间以等待延误车辆,则会增加其他线路乘客的出行时间。考虑某些时段交通拥挤或其他原因导致线路运营时间增加,可适当延长车辆在换乘枢纽的停站时间,但若停站时间过长,则影响便捷换乘效果。

线路联运是保障同步换乘系统时刻表更加有效的主要调度手段。如图3所示,3路车到达公交换乘枢纽后,不以原线路返回,而是变换为36路运行。连接两条有共同起点或终点的线路使其转变为一条线路,最大化时刻表运营效率,保障换乘衔接顺畅,有效整合区域公交系统运力资源。

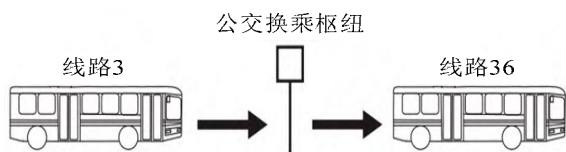


图3 公交同步换乘系统线路联运示意

Fig.3 Interlining of the timed transfer system

2 同步换乘在城乡公交网络的应用可行性

重点从网络结构适用性、换乘需求、运行可靠性保障与换乘枢纽用地保证、与其他客运方式间衔接共四方面因素考虑 TTS 在城乡公交网络的应用可行性。

2.1 城乡公交网络与 TTS 适用网络相符

由于乡村空间布局与公路网放射状布局特征,城乡公交网络多呈现放射状布局。分别有承担大型集散点之间联系的城镇公交干线、深入各行政村的镇村公交支线,以及加强镇(街道)之间联系的镇镇公交支线,在镇(乡)结点形成衔接换乘枢纽^[6]。城乡公交网络与 TTS 适用网络相符,多采取轴辐式网络(如图4所示),干线较高频率发车,支线接驳衔接,进一步协调干支线运营时刻表的协同,促进城乡公交可持续发展,并巩固城乡空间结构。

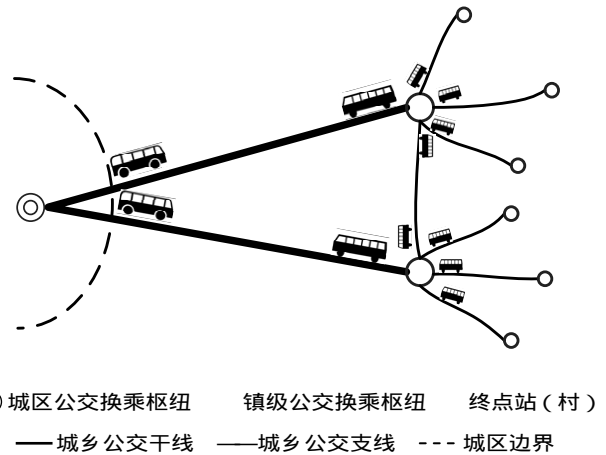


图4 城乡公交轴辐式网络示意

Fig.4 Hub-and-spoke network of urban and rural transit

2.2 长间隔发车线路换乘需求亟待 TTS 设计

从衔接线路的发车间隔来看,TTS 比较适用于提升长—长发车间隔线路间乘客换乘、接运线与干线间换乘量较大的情况。因此,同步换乘系统适用于城区公交与城镇公交干线间的客流换乘,以及城镇公交线路与镇村公交支线间的换乘。

(1) 城区公交线路与城乡公交线路间换乘

城区公交线路多为高频率发车,乘客由城乡公交线路能方便地换乘至城区公交线路,采用同步换乘系统对缩减换乘等待时间、提高乘客满意度的作用较少,因此不建议采取 TTS 设计。当乘客由城区公交线路换乘至城乡公交线路时,等待时间会变长,若乘客知道线路的时刻表,即可合理安排出行,选择在最小的延误内赶上相应的城市公交线路;同时加以同步换乘设计,使乘客换乘更加快捷。

(2) 城镇公交干线与镇村公交支线间换乘

城镇公交干线与镇村公交支线在线路走向上较少有重合站点,客流多是在镇级枢纽进行换乘。城镇公交干线发车间隔一般在 8~15min,辐射镇(街道)支线、镇镇公交支线的发车间隔在 60min 左右,周转时间一般在 30min 左右。此类同为长发车间隔线路需要同步换乘系统,协同干线与支线时刻表,干线发车频率较高,支线接驳衔接,更好地实现支线为干线输送客流,吸引更多人群乘坐支线出行,以维持支线的可持续运行。

2.3 运行可靠性与枢纽用地条件保障 TTS 运营

城乡公交线路通行道路多为省道、县道、农村公路网络,相比城市道路的混合交通运行环境,城乡公交线路车辆能够保证准点性与运行可靠性。城市郊区与农村地区用地开发密度较小,土地资源相对城区优越,因此能够保证足够的用地以建设多条线路同步到达停靠的换乘枢纽场站。可见,城乡公交线路运行可靠性与枢纽用地条件能够保障 TTS 的运营。

2.4 城乡公交与其他公共客运方式的衔接需要 TTS

结合城乡公交在整个公共客运网络中的定位与功能,TTS 还可应用于以下两种衔接网络:与轨道交通线网的衔接、与对外客运枢纽的衔接。

大城市郊区或边缘区的人口密度上升导致轨道交通与城镇公交线路间存在大量换乘客流,轨道交通发车间隔较短,城乡公交发车频率不高,乘客换乘等待时间往往较长。低频线路的计划发车时刻若与高频线路的计划到达时刻相协调一致,且低频线路发车间隔为高频线路的整数倍,有效协调的时刻表能够显著

提高城乡公交吸引力。

长途客运站、火车站等对外客运枢纽通常设置公交枢纽站以方便集散旅客出行,城乡公交线路时刻表若与客运班线到发时刻表有效协调、无缝衔接能更好地方便乘客出行。公交运营方获取长途客车、火车相关班次的到站信息与时间偏差,运行过程中通过多模式的在线通信,及时采取调度控制策略,以提高衔接可靠性。

3 应用同步换乘系统需解决的几个问题

参考同步换乘系统国外运营经验,设计适合城乡公交网络的同步换乘系统,还需解决组织模式定位、换乘枢纽选址、线路布设、协同的时刻表设计等问题,同时保证运营的可靠性。

(1) 组织模式定位

应用同步换乘系统时需分析区域公交网络特征,判别换乘客流特征,以确定 TTS 的定位。可以选择某区域采用 TTS 作为一种组织模式,设计一体化的线网、枢纽与时刻表,全天应用 TTS。也可以作为传统网格、辐射式公交网络的补充,仅在某个换乘节点某个时段采用同步换乘理念。

(2) 协调网络布局与时刻表设计

由于线路周转时间必须与脉冲发车间隔相协调,因此时刻表设计与相关线路布设、公交换乘枢纽选址相互依赖,同步换乘网络设计是动态调整过程。换乘枢纽选址不仅需要考虑客流集散点分布、公交线路布局、地理特征、周边用地开发等影响因素,还需结合周边公交线路发车间隔、周转时间等因素进一步调整并确定枢纽选址。为使线路间周转时间相适应,可通过改变线路长度或布局、适当增加在站时间、提高运营速度(提倡公交车辆优先政策系统、减少停站次数、建设快速售票系统、缩短车辆停站时间等)、改变公交车辆的数量等措施进行调整。

(3) 提高运营可靠性

分析比较相应控制手段,如其他线路车辆延长停站时间、线路联运的效果,采取适宜的控制手段与车

辆调度手段以提高运营可靠性,使车辆在换乘中心错过汇合的可能性降到最低。同时加强同步换乘服务对乘客的宣传,提供常规连续的服务并公示公交时刻表,使乘客知晓并接受这一组织方式,增加对该组织模式的依赖性。

4 结 论

公交同步换乘系统被视为一种新的组织模式或作为传统网格式、辐射式公交网络的补充,多应用于

中低密度地区单个或多个公交换乘枢纽网络,应用于某一运转周期或整天运营时段,以提升长—长发车间隔线路间、接运线与干线间乘客的方便快捷换乘。城乡公交干支线轴辐式网络与 TTS 适用网络相符,同为长间隔发车的干线与支线间的客流换乘便捷性诉求亟需应用 TTS,城乡公交运行准点性与枢纽用地条件能保障 TTS 的可靠运营。系统应用中还需重点解决公交线路、枢纽布局与运行时刻表的协同设计,提高运营可靠性等问题,以促进同步换乘系统在城乡公交网络中发挥更大的效益。

参考文献

- [1] J. Becker, F. Spielberg. Implementation of a timed transfer network at Norfolk, Virginia[J]. Journal of the Transportation Research Board, 1999:3-13.
- [2] Vuchi, Vukan R. Urban transit: operation, planning, and economics[M]. John Wiley & Sons, Inc.: Hoboken, New Jersey, 2004.
- [3] Reinhard Clever. Intermodal: integrated timed transfer: a european perspective[J]. Journal of the Transportation Research Board, 1997:109-115.
- [4] Mark Abkowitz, M. Robert Josef, and et al. Operational feasibility of timed transfer in transit systems[J]. Transportation Engineering, 1987, (113):168-177.
- [5] Eui-Hwan Chung, Amer Shalaby. Development of control strategy for intermodal connection protection of timed-transfer transit routes[j]. Journal of the Transportation Research Board, 2006:3-10.
- [6] 过秀成,姜晓红.城乡公交规划与组织[M].北京:清华大学出版社,2011.

(中文编辑:刘娉婷)