

市域线快慢车组合运营模式研究与实践

孙元广 史海欧

(广州地铁设计研究院有限公司 广州 510010)

摘要 市域线快慢车模式在国内尚无设计标准。结合国外运营线路的经验,对广州快慢车运营模式进行研究,探讨快慢车运营模式的关键技术标准,并对广州地铁14号线快慢车运营模式的主要设计方案进行介绍。

关键词 市域快线;快慢车;运营模式;服务标准;避让车站;地铁

中图分类号 U239.5 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)02-0014-04

1 市域线运营模式概述

随着城市化进程的加快和市区轨道交通的建设与运营,一些特大城市也在规划建设市域线,用以服务中心区与外围组团的快速联系,从而满足拓展城市空间、实现市域一体化发展的需要。

目前,关于市域线无专门的设计规范,仅在CJJ/T 114—2007《城市公共交通分类标准》中,提出了市域快速轨道交通的主要指标和特征:采用地铁车辆或专用车辆,最高运行速度120~160 km/h,适用于市域内中、长距离的客运交通^[1]。

由于各地的中心城市与外围组团的距离不同、时空目标的要求不同,因此市域线的规划和运营模式也不同。总结国内外的市域线,主要采用两种模式,一种是大站快车的站站停模式,另外一种快慢车组合的运营模式。两种模式各有优缺点,可根据规划要求和线路特征灵活选用。两种模式的对比见表1。

在市域快线的规划建设中,其功能基本都是复合的,既要满足不同城市中心间的快速联系,又要兼顾沿线的发展。城市中心间的联系最好能快速直达,而沿线则希望多设车站,带动站点周边的发展,这就从不同层次对市域线提出了要求。为满足这种有差别的

复合需求,市域线快慢车组合运营模式也应运而生。

表1 站站停与快慢车运营模式对比

项目	站站停运营模式	快慢车运营模式
运营特征	小编组高密度运营模式,服务均等,按发车间隔发车和候车,无需公布时刻表	大编组低密度,通过不同的服务,快车按规律发车,等间隔;慢车规律性不强,需公布时刻表
线路特征	线路长度基本适中,以服务市区或组团内乘客为主,主要沿城市道路布设	线路较长,服务市域外围组团与中心区的联系,主要沿公路或快速路布设,以非地下线为主
客流特征	线路客流量大,负荷强度高,高峰小时断面客流量大,车站客流量分布相对均匀,换乘客流量多,平均运距短	线路客流负荷强度低,高峰小时断面客流相对较小,车站客流量集中在关键的核心车站,平均运距长,有较大比例的长运距直通客流(20%以上)
系统特征	高峰小时行车对数为30对/h及以上,各列车旅行速度相同	高峰小时行车对数为24对/h以下,相对站站停模式,快车更快,慢车更慢

2 快慢车运营模式的关键技术和标准^[2]

市域线快慢车运营模式暂无相关的规范和标准。在采用地铁制式的系统时可参照地铁设计的相关规范,但与常规城市轨道交通相比有其自身的特点;因此需根据线路特征和乘客需求,对相关技术标准的选取进行分析研究。

采用快慢车的主要目标是相对站站停模式能最大程度地节省乘客出行的时间,因此快慢车的相关标准也应该按照此目标进行确定,符合在提升快车旅行速度的同时,减少对慢车造成延误的设计原则。

2.1 运营服务标准

市域快线由于线路长,平均运距较大,因此乘客对舒适性的要求较高,需适当提高运营服务标准。从设计角度,运营服务标准主要包括列车定员标准和快慢车发车间隔等。

列车定员标准主要是提高座位率,降低列车内乘

收稿日期: 2012-09-04 修回日期: 2012-09-29
作者简介: 孙元广,男,高级工程师,主要从事轨道交通规划设计和研究工作,sunyanguang@dtstjy.com

客站立密度,站席标准可采用 $4 \sim 5$ 人/ m^2 ,列车座位布置可采用横排座位的模式。

快慢车运营模式相对普通地铁而言,其发车间隔大,其中快车基本上是有规律地按间隔发车,站站停列车利用快车之间的间隔发车,规律性较差。因此快慢车的运营线路需按时刻表行车,乘客按公布的时刻表候车,车站宜适当增设座位,并做好乘客的导向。

2.2 快慢车组合模式的选择

总结国内外的快慢车模式,主要有两种组合模式:模式1是两种列车方案,即快车+站站停列车的模式;模式2是三种列车组合方案,即直达车+快车+站站停列车的模式(见图1)。

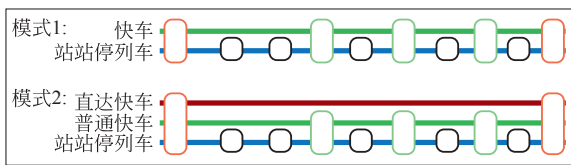


图1 两种快慢车模式示意

两种模式各有优缺点,模式1的运营组织和乘客导向相对简单,模式2的快车覆盖站点和乘客数量更大,在具体选用时,可结合客流情况及工程实施条件进行选择。

2.3 系统选型与列车最高速度的选择

市域快线列车可采用地铁制式或国铁制式,考虑国内市域快线基本由当地城市负责建设,线路的规划一般都进入中心城区,存在部分地下段,因此建议优先考虑采用地铁制式,以实现与城市轨道交通的资源共享。列车编组的选择需考虑:舒适度指标提高后列车定员降低及采用快慢车后系统能力降低的情况,因此快慢车模式应采用大编组,远期列车编组不宜小于6辆编组。

在快慢车模式下,快车的站间距一般比慢车的站间距大 $3 \sim 5$ 倍,甚至更高,而且二者对列车最高速度的要求也不同;因此列车最高速度的选择需综合考虑站站停列车及快车的速度要求。但同时也要考虑全线技术标准、列车灵活共用、批量购买等因素,因此建议快车与慢车均采用相同速度的列车,列车最高速度不宜低于 120 km/h 。

2.4 避让站设置位置的选择

避让站的选择主要受快车停靠站的位置及高峰行车对数等因素制约,需考虑的原则是:1)符合快车在

车站超越慢车的原则,尽量避免快车在区间与慢车相距太近导致快车减速的情况;2)避让站尽量设置在非地下车站,以节省造价,提高经济性;3)尽量与出入段线、故障车停车线等合并设计,并考虑均衡性和一定的冗余度;4)避让线设置方案的可行性及经济性的原则。

避让站设置数量受行车模式及快车调整站数量的影响,对于避让线是否与快车停靠站合并设置有两种模式。一种是采用大编组低密度的行车模式(高峰约 15 对/h),避让站基本设置在快车停靠站。由于快车停靠站本身客运量大,对车站空间要求高,因此合并设置可提高车站空间利用率并节省投资;同时,由于快、慢车可在同一个站台的两侧股道停车,因此乘客均可以在该站灵活选乘不同的列车,有利于实现时间组合效益的最优。但由于该模式高峰行车对数更小,需要采用更大的列车编组,同时也增加了全线车站的投资,因此一般可在地面线为主的线路上采用。

另一种是采用大编组中密度的行车模式(高峰 20 对/h及以上),避让站基本选择在非快车停靠的客运量较少的车站(一般为高架或地面站)。由于行车对数多,快车需多次超越慢车,因此避让站也相应增加。在这种模式下,乘客对慢车与快车的互换大多在快车停靠站候车等待,便捷性较差。

两种模式需根据线路敷设方式、车站数量、系统选型与行车对数、工程造价及可实施性进行综合对比确定,考虑到新建的线路一般采用以高架为主的敷设方式,因此避让站可设置在非快车停靠站。

2.5 避让站车站形式的选择

慢车避让站可采用双侧式车站或双岛四线车站两种方案,以高架车站为例,两种方案及其对比如图2和表2所示。

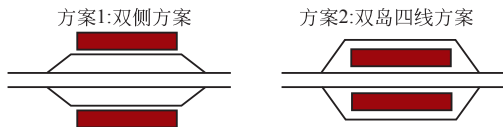


图2 避让站车站形式方案

由于全天站站停列车数量远大于快车的数量,因此需兼顾二者的时间影响;考虑到高架车站造价差异不大,因此高架站推荐采用双岛四线方案,道岔采用侧向运行速度较高的 12 号道岔,侧站台两端的曲线半径宜与道岔的侧向通过速度匹配,取值 $R=500 \text{ m}$,以满足列车进出站及曲线超高的限制。

表2 不同形式的避让车站对比

影响因素	方案1	方案2
对快车影响	快车可高速过站	快车 80 km/h 过站
快车节省运行时间/s	40	29
慢车侧向进出站增加的运行时间/s	6 + 5 = 11	9 + 8 = 17
对站站停列车的影响	列车只能侧向进站,站站停列车进出站时间延长	根据不同年限以及各年限的全日不同时段的需求可灵活采用侧向或直向进站方式
工程造价影响	0	增加 10%

注: 6 辆编组 B 型车, 最高运营速度 120 km/h。

2.6 快车过站速度的选择

快车需越行非停靠车站(包括设置越行线的避让站及一般的普通站)。对于一般的车站,既有站站停列车停站,又有快车通过,二者在车站的速度和作业不同。停站列车要求站台与列车的间隙不能过大,而过站列车因速度快,要求的限界也大;另外快车的过站速度对安全门或屏蔽门的强度也有要求。因此,综合考虑不同过站速度的列车对节省时间、站台间隙、屏蔽门强度等的要求,建议双岛四线形式的车站采用过站速度为 80 km/h,可均衡地满足各方面的要求。

2.7 起终点发车模式的选择

快慢车在起终点发车时,可采用等间隔发车或不等间隔发车两种方案,如图 3 所示。

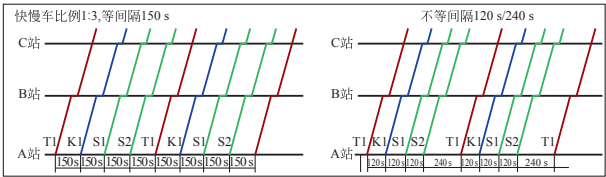


图3 起终点发车方案比较

采用起点站不等间隔发车方案,主要是通过调整列车的发车时刻来拉大快车与前续列车的间隔,这样快车超越慢车的位置后移,并能在一定程度上减少避让的次数,其缺点是列车到发的均衡性降低。综合考虑后,建议优先采用始发站不等间隔发车的模式。

2.8 快慢车追踪间隔

快慢车模式存在快车追慢车并超越,也存在慢车追快车的情况,根据运行图铺画及仿真模拟,快慢车系统的最大能力基本为 24 对/h,其中快车追慢车按照 90 s 控制,避让站存在快车过站后慢车追快车的情况,

其追踪间隔按照 60 s 控制。

3 广州地铁 14 号线的实践

3.1 14 号线线路概述及功能定位^[3]

广州市轨道交通 14 号线(见图 4)主线起于广州火车站,终于从化市良口镇,线路全长超过 88 km,共设 21 座车站,平均站间距约 4.4 km。知识城支线:新和站—镇龙站,全长 21.8 km,共设 7 座车站(不含新和站),平均站间距约 3.01 km。



图4 广州市轨道交通 14 号线线路

14 号线连通了从化与城市中心区组团,重点解决从化的交通需求,兼顾白云区、从化市沿线组团发展的引导功能,加强了从化副中心与主城区的联系,很好地支持了从化副中心的发展,全方位推动了广州市“北优”战略的实施,是广州市加快建设国家中心城市和全省“首善之区”的迫切需要。

3.2 主要设计方案

14 号线远期主线高峰小时最大断面客流量为 2.74 万人次/h^[4],根据前期对 14 号线采用 6A、6B 两个方案的综合对比,从节省投资和实现资源共享的角度考虑,推荐采用与 3 号线相同的 6 辆编组 B 型车,列车最高速度 120 km/h。运营模式采用“快车 + 站站停”两种列车的组合模式,其中初期主线与支线贯通运营,远期预留支线独立运营的条件。

3.2.1 高峰行车交路

初期2019年,快车与站站停列车开行比例1:2,支线贯通运营,高峰行车交路见图5。远期2041年,快车与站站停列车开行比例1:3,高峰行车交路见图6。

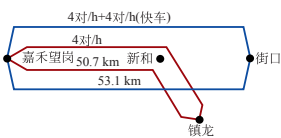


图5 初期高峰行车交路

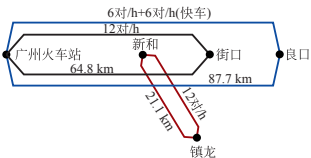


图6 远期高峰行车交路

3.2.2 投资与收益

远期快车相对于普通地铁模式节省12 min,相对于慢车快17 min,土建投资增加约3.5亿元,其中快车到商业中心(体育西路站)的时间为55 min,到行政中心(公园前站)的时间为50 min,达到了规划要求的市域外围副中心到中心1 h的时空目标。

采用快慢车后,初期每天节省约4 000 h,远期每天节省超过7 000 h,按每小时14.1元的时间价值进行测算,初期每年可节省乘客时间价值约2 000万元,远期每年可节省时间价值3 600万元,可见采用快慢车模式的时间效益和社会效益明显提高。

3.2.3 运营效果对比

14号线与日本筑波快线^[5]的线路特性和功能定位比较接近。筑波快线是一条连接日本东京千代田区秋叶原站与茨城县筑波市筑波站之间的近郊通勤交通线,于2005年8月24日正式通车,线路长58.3 km,车站20座,列车最高速度130 km/h。其运营采用快慢车模式,目前高峰小时开行16对,其中站站停10对,特快2对,快车4对。由于列车对数较少,因此设置了三座双岛四线车站,均为非地下车站。两线对比如表3所示,现14号线由于站间距更大,因此快慢车旅行速度更高,快车的优势也更明显。

4 结语

市域线快慢车组合运营模式在国外已运营多年,

表3 14号线与筑波快线指标对比

项目	日本筑波快线	14号线 主线初期	14号线 主线远期
全长/km	58.3	53.13	88.3
车站数/座	20	13	21
平均站间距/km	3.1	4.43	4.42
车型	6辆编组(远期8辆)	6B	
避让模式	大编组低密度模式,避让站与快车停靠站基本结合设置	中密度模式,避让站与快车停靠站分离设置	
最高速度/(km/h)	130(预留160)	120	
快慢车模式	特快+快车+站站停	快车+站站停	
高峰开行对数	16	12	24
开行比例	1:2:5	1:2	1:3
快车越行车站数/座	11	9	14
快车旅行时间/min	45	36.1	62.6
站站停列车 旅行时间/min	57	52	79.7
快车与站站停 列车时间差/min	12	15.9	17.1

也是成熟的运营模式,但在国内与常规地铁相比,还是一种新的模式。习惯了常规地铁模式的市民对其接受度如何,还需要今后的运营检验;快慢车运营模式下信号系统的进路管理和安全措施、运营组织与时刻表和乘客信息系统的互动、列车故障救援模式等问题还需进行深入细致的研究,以便为今后的运营提供良好的保障。

参考文献

[1] CJJ/T 114—2007 城市公共交通分类标准[S]. 北京:中华人民共和国建设部,2007.

[2] 广州地铁设计研究院有限公司. 广州轨道交通十四号线运营模式与系统选型专题研究[R]. 广州,2012.

[3] 广州地铁设计研究院有限公司. 广州轨道交通十四号线一期工程可行性研究[R]. 广州,2012.

[4] 广州市交通规划研究所. 广州市轨道交通十四号线客流预测研究[R]. 广州,2012.

[5] Metropolitan Intercity Railway Company[EB/OL]. (2012-05-03)[2012-08-20]. http://www.mir.co.jp/en/howto_tx/timetable/weekday_down.html.

(编辑:曹雪明)

Study and Practice of Operating Express/Slow Trains on Urban Railway Lines

Sun Yuanguang Shi Haiou

(Guangzhou Metro Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010)

Abstract: Up to now there have been no domestic design standards for operating express/slow trains on urban railway lines. In this paper the key technical standards of express/slow train operation mode are discussed by considering the operating experience of foreign countries and the mode research of Guangzhou express/slow train operation. The main design scheme of express/slow train operation on Guangzhou metro Line 14 is introduced.

Key words: urban railway express; express/slow trains; operation mode; standard of service; siding station; metro