

世界城市轨道交通 快慢车组合运行模式简析

周庆瑞

摘要 从城市发展角度,阐明轨道交通需要组建快慢车运行的缘由,详细介绍当今世界采用的4类快慢车组合运行模式及其特点,提出我国在借鉴国外经验时需要注意的方面和其适用条件。

关键词 城市轨道交通;快慢车;组合运行;模式特点;适用条件

中图分类号 U239.5 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)02-0018-05

随着我国经济和城镇化的高速发展,城市范围不断在扩大,一些大城市还普遍在远郊地区拓建卫星城镇,使城市由单一中心逐渐形成多中心组团式的大都市布局。这种发展态势必然会对城市轨道交通提出新的需求,不仅需要解决城市中心大运量、高密度行车问题,而且还需要解决市郊间低运量、长距离交通便捷问题。

当前,我国城市轨道交通发展十分快速,初建城市通常几条线路在同期建设,早建城市的线路也在逐渐形成网络。对于城市轨道交通如何结合当今城市范围的扩大、人口的增加,解决城市中心与郊区不同的交通需求,探求合理的轨道交通制式组配,以及运营组织的改进与创新已是十分迫切和需要。

目前,世界许多大城市的轨道交通在解决中心城区和郊区不同的交通需求,以及市郊间的联系已有多种方式 and 经验,但其基本理念均属采用快慢车组合运行的处理模式,且各具特色,各有利弊,本文将在下面作简要解析。

1 快慢车组合运行模式

目前世界各国采用快慢车组合运行的模式,大体

可划分为4类:共线运行、分线运行、跨线运行、接线运行。快车提高运行速度是通过越站或专线运行,有的同时伴以提高郊区列车车速实现。

1.1 共线运行

共线运行是指快慢车在同一条线路上运行,但共线运行又可细分为共线不共轨运行和共线共轨运行两种模式。

1.1.1 共线不共轨运行

美国纽约地铁采用的快慢车运行为共线不共轨模式,即同一条线路采用4条或3条轨道,快慢车各行其道分开运行。

纽约地铁始建于1904年,至20世纪30年代基本形成了目前的线路网,覆盖着曼哈顿(Manhattan)、布朗克斯(Bronx)、布鲁克林(Brooklyn)、皇后(Queens)4个地区,曼哈顿是纽约的主要商业中心,其他3个为以居住为主的地区。

由于当年修建地铁时纽约地面建筑密度不算太大,地下管网不多,地下工程施工技术发展又处于较低水平,故基本采用浅埋明挖施工(见图1~图2),因施工不太复杂、较之当今的深埋暗挖成本不算高,为兼顾快速和方便乘行采用了同向快慢车分轨运行的四轨模式(见图3)。车站采用双岛式,越站运行的快车由两

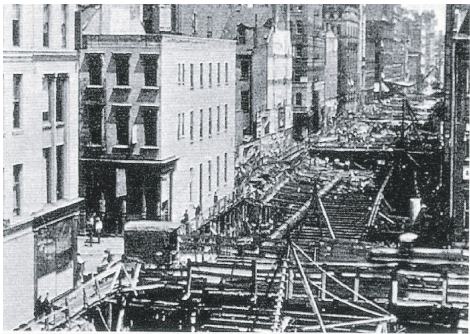


图1 当年纽约浅埋明挖地铁施工

收稿日期: 2012-10-25

作者简介: 周庆瑞,男,教授级高工。

站台间轨道直行通过,慢车则在两站台外侧轨道运行和停站上下乘客。在快车也经停的车站,快慢车可同站台换乘;还有一种模式是轨道线路布置在上下层,慢车线路在上层,快车线路在下层,但为数不多。



图2 纽约地铁车站

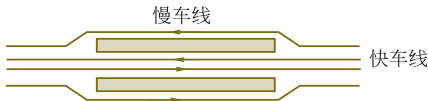


图3 四轨模式站台布置

三轨模式是用于客流潮汐性明显的线路,如纽约地铁7号线,早高峰时段主要客流由以居住为主的皇后区流向商业中心曼哈顿,晚高峰时则相反。越站运行的快车线采用单线,快车在两岛式站台间轨道直行通过,但早晚运行方向不同(见图4),换乘条件与四轨线路类同。

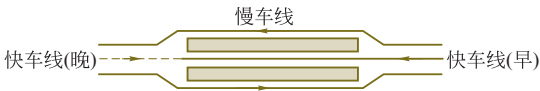


图4 三轨模式站台布置

纽约地铁快慢车最高时速差不多,约50 km,快车节时是通过少停站实现的,由于快慢车可在两者同停车站同站台换乘,换乘十分方便,乘客可选择最便捷的乘车路线。在一条线路上快慢车同行时,乘客会设法多乘快车,因此快车的客运量一般要高出慢车2~3倍。

纽约地铁快慢车共线不共轨运行的主要优点是快慢车各行其道,运营组织相对简单,运行也比较安全;同一方向线路有4条或3条行车轨道,当一条轨道线路维修时,因深夜车次少,仍可保证双向行车,故纽约地铁24 h连续运行,对市民堪称方便。

不过纽约式的快慢车运行模式,采用4条或3条轨道线路,土建工程量大,建设成本较高,同时上下行均为双轨道运营,也需有足够大的客流支撑,否则对经营不利。

1.1.2 共线共轨运行

日本东京快慢车线和我国北京、广州等地在建和拟建的一些地铁线采用共线共轨模式。

1.1.2.1 东京共线共轨运行的快慢车线

20世纪50年代,由于东京中心地区人口密集,交通拥挤,房价高昂,环境条件愈来愈差,为此在距东京市中心25~60 km的郊区分别建成千叶、神奈川、埼玉、茨城、群马、栃木、山梨共7个卫星新城,形成了一个总面积约12 000 km²的都市圈。都市圈的形成,使中心城区与卫星城之间出现大量的通勤、通学客流,故必须提供乘行便捷的客运交通。

为了给往来于城市中心和郊区的各类长距离乘客提供快捷或直达的轨道交通,节约行程时间和减轻旅途疲劳,以及提高运营效率和降低运营成本,东京轨道交通采用了共线共轨的快慢车组合运行的模式。

由于快慢车是共线共轨运行,快车在某些车站或区间对慢车实行越行通过,此外在郊区线路段采用较高的运行速度,如筑波快线最高运行速度为130 km/h,以此类方式减少行程时间。快车越站运行,在快车越车站采用双岛站台和4条轨道线路(见图5),越行快车由两站台间直行通过,慢车停靠在两站台外侧等候越行快车通过。

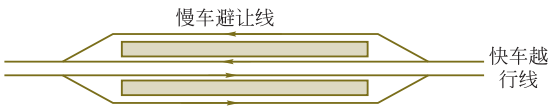


图5 东京快车越行站台布置

为便于灵活组织列车运营,有时还设有区间渡线,如京成线每隔2~4个区间即设有一处渡线。快车一般只停靠大站,慢车则站站停,快车停靠的车站快慢车乘客可进行换乘。快车停靠车站的数量,根据各条线运营组织确定,如筑波线就有特快、普快和慢车3种运营模式(见图6),20座车站特快线只停9站。有的运营组织更为复杂,如京成线(由市区至成田机场,全长69.3 km)就有7种运营模式。

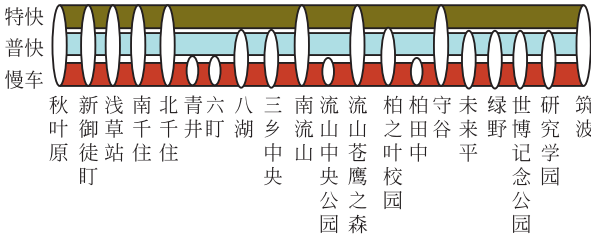


图6 东京筑波线快慢车组合运营模式

东京以快慢车组合运行的轨道交通网,确实为东京大量的长途乘客提供了方便节时的快速交通,也为市区短途乘客提供了便利,对保障东京地区经济、文化和城市生活正常运转起着极重要的作用。同时,由于轨道交通吸引了大量地面客流,缓解了地面交通压力并减少了地面交通挤、慢、堵、乱等现象。但是为了快车越行,在越行站需增加两条轨道线路及扩大车站规模,从而增加了工程投资。慢车为避让快车越行,增加停车时间,降低了服务水平。这种模式运行组织虽可行,但只有组织得很好,才不致对通过能力产生过多影响。在一条线路上采用多种运营组织模式,运营组织是比较复杂的,同时也增加了乘客识别列车车次的困难,对导向系统和识别标志提出了更高要求。

1.1.2.2 我国共线共轨运行的快慢车线

北京地铁6号线,在我国是首次采用共线共轨运行的快慢车线路,该线横贯京城东西,西起苹果园站东至通州区的东小营站,全长52 km,基本为地下线,其中长营站和新华大街站为快车越行站。越行站设4条轨道双岛站台,因区间隧道采用盾构施工,两线难于平行从两站间通过,故上下行快车线布设与东京地铁不同,分别设在双岛站台的外侧。运营时先到站慢车在此停候快车,并让快车停站和先行离站(见图7)。

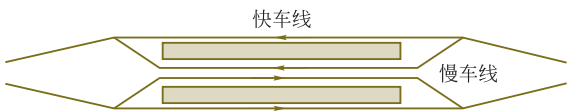


图7 北京地铁6号线快车越行站站台布置

北京地铁6号线仅在初期工程设两座越行站,作为一种探索,可为今后发展快慢车线积累经验。上海、广州等城市轨道交通也在进行这方面的探讨研究。广州地铁21号线设计方案中,对非换乘的越行站采用单岛站台形式(见图8),这无疑会降低建设成本。



图8 广州地铁单岛式越行站方案

越行站国外一般选设在地上线段,因设于地下会较大幅度地增高工程造价。

1.2 分线运行

分线运行是指快慢车分别在各自的线路上运行,快车与慢车各行其道,但两者运营通过换乘设施间接

结合。

1.2.1 法国巴黎快慢车分线运行模式

法国巴黎城市轨道交通的快慢车运行模式即为典型的分线运行模式。现代的巴黎都市区(即巴黎大区)是由巴黎中心城区和周边7个区组成,面积约12 000 km²,人口约1 200万。巴黎市区地铁始建于1900年,距今已有百余年历史。在20世纪60年代,为了改善中心城区环境,密集的市区人口中一些居民需要向远郊城镇迁移。为实现人口外迁,必须要在市郊间提供方便快速的交通,故市交通部门决定修建区域快速轨道(regional express railway),简称RER。

RER在郊区利用地面现有的市郊铁路,由于市郊铁路在车型大小(有的是双层车厢)、牵引供电制式、信号系统、行车速度与市区的地铁有所不同,另外行车靠左侧,这也与地铁正相反,不能与市区的地铁共线运营,故穿经中心城区段需要新建地下线路,构成自成系统的郊区与市区间的快速轨道交通网,同时,通过若干换乘枢纽使RER与地铁两个线网联合构成快慢车运营体系。由于中心城区浅层地下已密布地铁隧道和其他管网,RER只能从更深地层中穿经巴黎市区。

RER因线路较长,全网采用了高速度、大站距运行模式,平均旅行速度为50 km/h,平均站距为2.4 km,同时RER为提高自身运速,在某些郊区区段还建有越站运行设施,可实行越站运行;为节约投资,在市区可满足通过能力要求的B、D两条线路局部线段采用了共线运营。

目前,RER经过40多年的发展已建成A、B、C、D、E 5条线路(见图9),总长624 km,每条线路均较长,A、C、D 3条线长度均超过100 km,平均站距为2~3 km。RER与地铁目前在巴黎总客运量中,前者占30%,后者占40%,即总量约占70%。



图9 巴黎区域快速轨道(RER)线网

巴黎由 RER 和地铁共同构成的快慢车运行模式主要优点是:市郊间往来的乘客,可以快速抵达目的地;快慢车分别自成独立体系,运营组织相互影响小,具有很大的灵活性,可根据各自不同的需求条件,设置运行交路、列车编组、行车间隔等,取得高效低耗的成果;使市区轨道交通线网增加了密度;RER 利用原有市郊铁路的地面线路和设施,增设工程也在地上,大幅节省了工程投资。

巴黎 RER 与地铁联合组成的快慢车运行模式主要缺点是:在市区 RER 须另行修建地下线路,并且只能建在地铁的下方,不仅增大了投资,也增加了施工难度;RER 站距大,对在市区活动的乘客直达性较差,两体系除后来同期建设的新线个别车站外,不能采用方便的同站台换乘;因原市郊铁路有的牵引供电制式不同,RER 的有些车辆需要采用双流制车辆。

1.2.2 德国快慢车分线运行模式

德国柏林、汉堡、慕尼黑等城市快慢车也属分线运行模式,快慢车有各自独立的线网。

德国快车称之为 S - Bahn (Schnell - Bahn, 意译为“快速轨道”),其特点有些与巴黎快线 RER 相似,市郊也是利用原有市郊铁路线,主要不同点在于 S - Bahn 在市区路段采用了共线运行,线路布设如树的枝干(见图 10),几条 S - Bahn 线穿经市区时共用同一线路,各线不同的大行车间隔在市区段合成高密度运行,在郊区 S - Bahn 可据客流情况再分支去不同方向。市郊间不经换乘或与相交的 U - Bahn (地铁)线同站台换乘,可便捷地抵达目的地。不过,另外还有一点与 RER 不同处,即有些德国 S - Bahn 线(如柏林的 S1 ~ S3 号线等)全线设在地上。

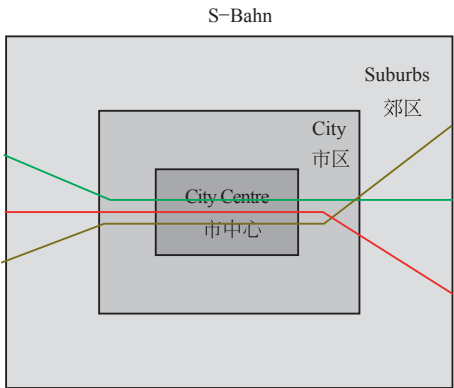


图 10 树枝干型线网

由于牵引供电制式、车辆限界尺度等与 U - Bahn (地铁)不同,因此柏林、汉堡、慕尼黑的 S - Bahn 与 U -

Bahn 均无共线运行段(见图 11),即使在同站台换乘的车站,也是各自在符合自己限界和技术要求的轨道上行驶。

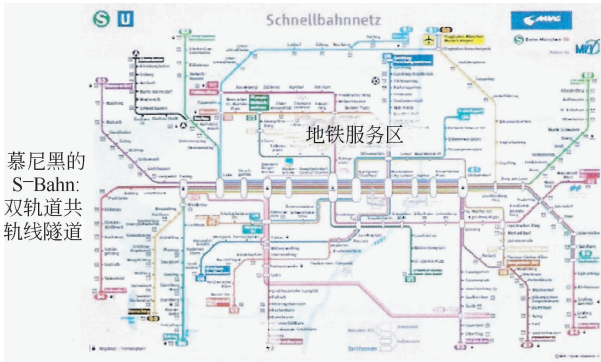


图 11 慕尼黑轨道交通线网

德国柏林等市的 S - Bahn 在郊区利用市郊原有地面铁路设施的同时,在市区采用几条线路合用一条轨道线路,共享线路设施和车站设施资源,较之 RER 降低了工程成本,也方便了快线间换乘,但线网在市区的覆盖面和布置的灵活性则逊于 RER。

1.3 跨线运行

跨线运行是指快车线和慢车线两者属非完全同一的轨道交通制式,但可有条件地跨入另一制式不同的线路上运行。跨线运行通常是快车在由郊区抵达市内慢车区时,跨线进入慢车轨道,按慢车轨道交通制式的技术和运营要求共线贯通运行,共线段外的快车线又可分成多条支线,这在运营理念上有些近似于德国 S - Bahn,我国有的城市轨道交通正在探讨采用这种快慢车运行组织模式。

此模式的基本特点为快车在郊区采用大站距、高速度及低行车密度运行。行经的郊区线路有条件处均设在地上,并可采用高压交流供电和较低标准的信号系统,可降低建设成本和节能,进入市区利用地铁线路设施和车站设施,使资源得以共享,但驶入地铁线须按照地铁技术要求,其供电等系统均与地铁协调一致,为此郊区快车须增设直流受电等装置。这种模式的优点是:市郊间直达运行,乘客无须换乘即可抵达目的站;郊区段采用大站距、高速度运行,缩短了长距离乘车时间并减少了车辆配置量;在郊区采用高压交流供电,简化了供电设施,节约了能耗;在市区共享地铁相关资源,可减少工程投资。

但快车采用双流制车辆,提高了车辆造价,在郊区

邻近地铁线处尚须设中性段变换受电制式。此外,如地铁线端头继续延伸连接快车线,由于慢车线须站站停,就会影响长距离乘客节时效果。

1.4 接线运行

接线运行是指郊区和市区两条不同制式的轨道交通线路通过换乘连接,实现乘客市郊间乘行的快慢车运行模式,接线运行模式也可称接驳运行模式。

城市市区的人口和建筑密集,客流量大,轨道交通适宜采用大运能的地铁,实行高密度、短站距、常速度运行;在郊区由于客流量较小,居民点比较分散和线路较长,可采用高速度、大站距、低密度运行,两种不同轨道交通制式对口衔接构成快慢车运行体系。

这类接线运行模式在国内外已有许多城市采用,如英国伦敦西部的道克兰(Docklands)轻轨接驳中心城市地铁(见图12);我国北京和上海有些通向远郊的线路计划采用这种模式,如北京6号线西端连接通向门头沟的轨道交通S1线即拟用此类线路。在广州与地铁3号线连接的广珠城际铁路,也属此类运行模式范畴,该线在地铁3号线番禺站实行换乘连接,运行最高时速为160 km。



图12 英国伦敦西郊 Docklands 轻轨

这种接线运行模式的优点是快慢车线相对独立,各线的运能和运量易合理匹配,运营组织比较简单,但对于市郊间长途乘客虽提供了快捷乘车条件,可是在两线连接处却增加了不太方便的群体换乘。

2 结语

1) 当前我国许多大城市在快速大发展的总情势下,城市范围不断向外拓展,周边卫星城镇逐步形成,这已是不可抵挡的发展趋势。轨道交通发展必须要考虑市区和郊区不同的交通需求,并做到运能与运量合理匹配、工程建设成本低、乘客出行方便和时效好等,使我国城市轨道交通更具理性地发展。

2) 解决轨道交通市郊间的不同需求,国内外一

些快慢车运行组织模式可资借鉴,但选定模式时,在分析其本质和特点的同时,不可忽视其形成的历史背景影响。

3) 由于快慢车运行组织模式具有不同特点,共线共轨运行模式主要适用于新建线路,跨线运行模式适用于已建有地铁线及要求快慢车贯通运营的线路;分线运行的 RER 模式宜于城区加密线网困难时选用;分线运行的 S-Bahn 模式模式适用于拓展新区的新建线路采用;接线模式适用于城区和郊区运量差别大又难于贯通运营的线路采用等,借鉴时应据城市或线路具体情况择定。

4) 无论采用任何快慢车运行模式,在规划和相关工程建设时,应有预控或预留才具有实施现实性。

参考文献

[1] 王灏. 关于城市轨道交通快线发展的研究[J]. 都市轨道交通, 2006, 19(3): 3-6.

[2] 刘丽波, 叶霞飞, 顾保南. 东京私铁快慢车组合运营模式对上海市域轨道交通线的启示[J]. 城市轨道交通研究, 2006(11): 38-41.

[3] 北京地铁6号线初步设计资料[G]. 北京, 2012.

[4] 广州地铁21号线可研报告[R]. 广州, 2012.

[5] 李凤玲, 史俊玲. 巴黎大区轨道交通系统[J]. 都市轨道交通, 2009, 22(1): 101-104.

[6] Kurt Rieckhoff. Outline on German S-Train-Concept[M]. 2009.

[7] 德国汉堡和 ILF 咨询公司. 德国城市公共交通[G]. 2012.

(编辑: 郝京红)

Analysis of the Express/Slow Trains Operation Mode for Urban Rail Transit of World Cities

Zhou Qingrui

Abstract: The necessity to embrace express/slow trains operation mode for urban rail transit is explored from the perspective of city development. Four modes of current worldwide express/slow trains operation and their features and adaptable conditions are elaborated, and precautions are put forward for learning from foreign experience.

Key words: urban rail transit; express/slow trains; mixed operation; mode features; adaptable conditions