

# 市域快速轨道交通的线路设计特点

沙金硕 高伟君

(北京市市政工程设计研究总院有限公司, 100082, 北京//第一作者, 工程师)

**摘要** 介绍了市域快速轨道交通线路设计的原则,详细阐述了线路设计主要内容。结合某市域快速轨道交通的设计实例,着重从总体思路、线路布局、线路长度、敷设方式、与城区线网的关系、越行站设置等方面,分析市域快速轨道交通线路设计特点。

**关键词** 市域快速轨道交通; 线路; 设计特点

**中图分类号** U239.52

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2021.08.021

## Design Features of Urban Rapid Rail Transit Line

SHA Jinshuo, GAO Weijun

**Abstract** The design principles and main contents of urban rapid rail transit line are introduced. Taking the practical design case of certain urban rapid rail transit line, line design features are analyzed from aspects including the general idea, line layout, line length, laying mode, relationship with urban line network, setting of overtaking station.

**Key words** urban rapid rail transit; line; design features

**Author's address** Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., 100082, Beijing, China

市域快速轨道交通(以下简称“市域快线”)是一种联系中心城区与城市郊区及周边新城、城镇,并具有通勤客运服务功能的中、长距离的大运量城市轨道交通系统。

市域快线属于城市轨道交通线网中的快线,其建设和运营管理多参照地铁体系;而市域(郊)铁路的建设和运营管理多参照国家铁路体系。市域快线连接中心城区和周边城镇组团,串联沿线主要城镇、枢纽点或新城开发区,能够优化沿线功能布局,带动沿线地区快速优质发展。市域快线的发展目标是构建核心区至周边区域的1 h通勤圈,其列车设计速度宜为100~160 km/h,平均站间距原则上不小于3 km,早晚高峰时段的发车间隔不超过10 min<sup>[1]</sup>。

目前,京津冀、长三角、粤港澳大湾区及成渝等地区的中心城市都在积极开展市域快线研究。北京、上海、深圳、广州、成都及重庆等地均规划了大量的市域快线,并逐步实施。可见,在都市圈一体化发展的背景下,市域快线正在蓬勃发展。

## 1 市域快线的线路设计原则

1) 线路走向应符合国土空间规划和综合交通规划,与城市发展方向及主客流方向相符,有利于引导沿线的土地开发。此外,市域快线还要与城区的其他轨道交通线路及大型客运枢纽等进行密切衔接。

2) 车站应服务于商业中心、居住区、交通枢纽及文体中心等主要的客流集散点。车站分布应以线网规划的换乘站及枢纽锚固点为基本站点,结合城市道路布局和客流点分布来确定<sup>[2]</sup>。车站的设置还要便于与其他轨道交通线路、客运枢纽及道路公交站点等接驳换乘。

3) 线路应顺直,曲线少、路径短。应充分重视建(构)筑物、地下管线与桩基等对线路位置的影响,尽量绕避既有建筑及规划建设项目。线位选择应尽量方便施工,减少迁改。

4) 根据沿线城市规划,合理选择线路敷设方式。在城市中心区、建筑经济密集区和规划的副中心及功能组团内,线路宜选择地下敷设,以降低对沿线景观和交通的影响,降低拆迁成本。在核心区以外地区,线路敷设方式应从技术、经济与景观上进行综合比较。

5) 当线路需下穿建(构)筑物时,要控制线路的埋深,以有利于隧道施工安全和控制地面沉降,减小对建(构)筑物的影响。

6) 配线的设置应根据运营组织、运行交路需要,并结合线路情况来设置,以实现快速折返、调度灵活、运营便捷的目的。

7) 线路纵断面设计应全面考虑高层建筑物、市

政管线、既有道路及其他轨道交通线的交叉等控制点的影响,有条件时应尽量设置节能坡,以降低运营费用。另外,线路纵断面设计还应充分考虑提高旅客舒适度。

8) 高架线应注重对城市景观的影响,融合当地特色元素,并与沿线景观相协调。

## 2 市域快线的线路设计特点

线路设计主要内容有线路起终点选择、线站位方案研究、敷设方式研究、平面设计、纵断面设计、配线设计等。每项设计内容都会对工程方案、项目投资、运营效果产生重要影响。为体现市域快线“快”的特点,本文侧重从总体设计思路、线路布局、线路长度、敷设方式、与城区轨道交通线网的关系、越行站设置等方面,研究市域快线的线路设计特点。

### 2.1 总体设计思路

市域快线应依据当地国土空间规划和综合交通规划等上位规划,理顺干线铁路和城际铁路布局背景,依托中心城区的线网规划,分清不同轨道交通层次,重点在市域(或都市圈)行政管辖规划范围内,串联沿线重要枢纽点和主要城镇;应控制合理站距;应做好运营组织,提高速度效率;应做好与城市轨道交通线网的衔接。市域快线在沿线城镇节点应更加注重与用地规划的衔接,并做好沿线土地的利用和开发。

### 2.2 线路布局

线路走向设计应方向顺直、曲线少、路径短;要合理布站,拉大站间距,以实现预期的列车运行速度目标和站间运行时间目标。根据地铁设计规划,地铁曲线半径原则上应选择300 m以上。而市域快线为了实现更快的运行速度,其曲线半径原则上应选择800 m以上。地铁站间距一般为1.0~1.2 km,市域快线站间距一般为3 km以上。地铁线路最高运行速度一般为80 km/h,目前已开通或在建的市域快线最高运行速度一般为100~120 km/h,甚至能达到160 km/h。

### 2.3 线路长度

市域快线的合理长度要与城市形态、辐射半径相适应,一般不宜大于70~80 km,也不宜小于30 km;而1条地铁线路的长度一般不宜超过30 km。市域快线的线路旅行速度达其最高运行速度的50%~60%,必要时可达最高速度的70%。以出行时间1 h为目标,市域快线相应的线路长度宜为

70~80 km。其通过提高速度效率来降低能耗。

### 2.4 敷设方式

城市轨道交通在城市内部以地下线为主。市域快线在城市外围,可以选择高架或地面线路,以降低造价。敷设方式的选择。既要符合环境、水源、文物保护与景观要求,也要充分注意建筑结构造型和节能效益。

### 2.5 市域快线与其他轨道交通线网的关系

市域快线在城区与其他轨道交通线网衔接时,宜通过与城区其他轨道交通线网的多线多点换乘来吸引线网的客流。市域快线的换乘能力体现在其一次换乘的线网覆盖范围,故有条件时可贯通运行。

在城市外围区域,市域快线的换乘能力主要体现在快速到达与线路辐射能力,应符合区段相应的运行目标和运行速度指标。

对于跨省市的线路,应以本市的线网规划为基础,通过协商对接来确定衔接地点和运营方式。

### 2.6 配线设置

一般地铁采用等间隔追踪运行,配线设置不设越行站。市域快线应明显突出“快”的特点,采用快慢车运行模式。因此,市域快线除了出入段(场)线、联络线、折返线、存车线、渡线和安全线等配线外,还需在越行车站设置具有越行避让功能的配线。

## 3 案例研究

本文以长三角地区某条市域快线(以下称为“S线”)进行研究,S线走向如图1所示。其连接都市圈中心城市与相邻的副中心城市,线路全长63.1 km,设21座车站,平均站间距为3.16 km,列车最高运行速度为120 km/h。

### 3.1 总体思路

S线根据两市的城市总体规划和综合交通规划、都市圈规划等上位规划,依托中心城市的城市轨道交通线网规划,连接中心城市、副中心城市及副中心城市新城,串联沿线主要城镇。在接入中心

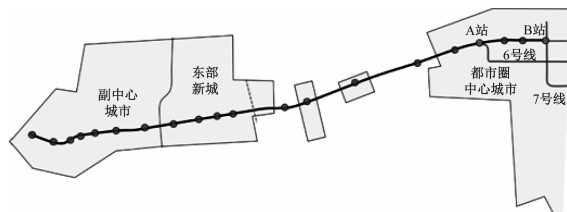


图1 S线的线路走向示意图

城市时,S 线与城市轨道交通线网应多点换乘。沿线副中心新城及主要城镇可结合站点进行土地的利用和开发。

### 3.2 线路布局

S 线的线路走向主要沿国道敷设,其线路顺直、曲线少、路径最短,平均站间距为 3.16 km,列车最高运行速度为 120 km/h。

S 线在中心城市及沿线乡镇的路由较为稳定。该副中心城市目前尚无城市轨道交通线网规划,本线为副中心城市的第一条城市轨道交通线路。因此,要结合城市现状规划及本线的功能定位,来重点研究 S 线需串联哪些功能区。局部线路走向比选方案如图 2 所示。从线路长度、客流吸引、功能定位、交通影响、敷设方式、工程实施条件、造价等方面对两个方案进行分析比较,如表 1 所示。

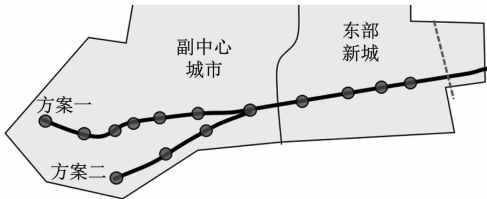


图 2 局部线路方案比选图

表 1 S 线的线路方案比选表

项目	方案一	方案二
线路长度/km	28	25
客流吸引	城区内部东西向发展轴,通勤客流条件好	连接火车站等对外枢纽,通勤客流服务条件较差
功能定位符合性	能直接建立副中心城市中心地段与都市圈中心城市,与城际铁路分工明确,与轨道交通的功能定位符合性较好	与城际铁路略有竞争,亦不能解决火车站与中心城区的客流联系,与轨道交通功能定位符合性略差
交通影响	有效缓解了城区东西向交通压力	交通压力加大
敷设方式	全线地下	全线高架
工程实施条件	无需下穿地块	无需下穿地块
工程造价	较高	较低

### 3.3 敷设方式

S 线串联区域为副中心城区、副中心东部新城、沿线乡镇和中心城市城区。

副中心城区为建成区,沿线建筑密度较高,对噪声及景观要求较严格。S 线在该区域主要采用地下敷设。

副中心东部新城沿线正在发展建设中,道路两

侧建筑退红情况较好。S 线在该区域采用高架敷设。

沿线乡镇建筑分布较为零散,密度较低,但两侧建筑较新,且路侧规划有绿带。S 线在该区域采用高架敷设。

S 线在中心城市城区采用地下敷设。

### 3.4 市域快线与城区轨道交通线网的关系

S 线与其他城市轨道交通的衔接可以采用多点衔接的模式:在 A 站与 6 号线衔接,在 B 站同 2 号线及 7 号线衔接。

考虑到 6 号线为规划的快线, A 站为终点站且位于城市外围,具备贯通条件,故 S 线在 A 站采用换乘+贯通的方式同 6 号线衔接。由于 B 站为三线换乘枢纽,故 S 线在 B 站采用换乘的衔接方式。如图 3 所示。

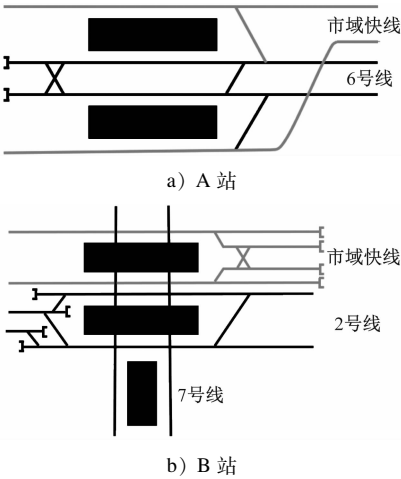


图 3 市域快线与城市轨道交通衔接模式示意图

### 3.5 越行站设置

越行站的站台及线路设置如图 4 所示。当快车和慢车均停站时,避让线设在正线外侧,并在正线与避让线之间设置岛式站台。当快车越行不停站时,正线不设置站台,而仅在避让线一侧设站台(一岛两侧或两侧站台)。

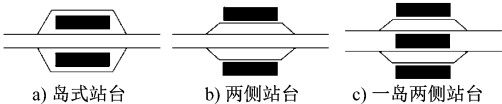


图 4 越行站设置示意图

### 3.6 设计特点归纳

该案例充分体现了市域快线线路设计的特点：

- 1) 依托上位规划,满足功能需要,带动城市发展;

(下转第 108 页)

正在运营的一期工程(既有线)需增设 5 处区间风井,投资较高且影响正线运营程度较高。

## 4 结论

1) 通过对折返站的折返能力、车辆段及停车场的停车列检能力、供电容量、区间风井的设置这 4 大控制列车开行密度的主要因素进行研究,建议西安地铁 2 号线行车密度按 33 对/h 考虑。在客室站席定员采用 6 人/m<sup>2</sup> 条件下,运输能力可达 4.82 万人次/h,比原设计 4.38 万人次/h 提高约 10%,具有一定的抗风险能力。此处要说明的是,运输能力可达 4.82 万人次/h 仅仅是基于行车密度为 33 对/h 的一个理论计算结果,而当行车密度超过 30 对/h 后,实际列车定员是否仍然能够保持满载需要通过进一步调查分析后才能判断。

2) 笔者认为折返能力不是限制西安地铁 2 号线能力提升的绝对控制因素。若折返站折返能力不足,则只要列车配属数量、场段停车规模充足,则可在渭河车辆段和浐河停车场间组织部分列车对开,避免折返作业。相较而言,场段规模和区间风井是控制性因素,在新线建设尤其是有大客流风险的特大城市骨干线建设时应做好预留。

3) 在既有线区间增设中间风井的前提是不能影响既有线正常运营,且必须确保既有线运营安全,因此实施难度较大。针对既有线改造增设区间风井,目前国内尚无实际应用案例。北京地铁 4 号线、5 号线、10 号线等线路的行车密度均已突破 30 对/h,达到 34 对/h,但并未在既有线增设区间风井。

(上接第 102 页)

2) 站位设计距离适中,站间距合理;  
3) 因地制宜,在不同功能区采取不同的敷设方式,既满足城市发展需要又节约投资;  
4) 市域快线与其他城市轨道交通线网实现多点换乘,甚至贯通运营,并设置了越行站,充分体现“快”的特点。

## 4 结语

我国市域快线正处在大力发展阶段。在市域快线工程设计中,线路专业是前期龙头专业,与其他专业衔接紧密、相互关联。为体现市域快线“快”的特点,本文在线路设计中侧重从总体思路、线路布局、线路长度、敷设方式、与城区线网的关系、越

根据相关环控专家的建议,可采取特殊应急处理措施(例如前车火灾时,后车后退),来避免因提高行车密度而在既有线增设区间风井的情况。若此种模式被业内接受,则将大大降低既有线运能提升改造成本及难度。

## 参考文献

- [1] 黄可强. 分阶段建设的城市轨道交通换乘站运营组织研究[J]. 中国新技术新产品, 2017(5):127.
- [2] 王媛媛. 城市轨道交通列车运行图编制理论与方法[M]. 成都:西南交通大学出版社, 2015.
- [3] 唐寿成,廖书林. 提升城市轨道交通行车效率的探讨[J]. 铁道运输与经济, 2017(8):94.
- [4] 中铁第一勘察设计院集团有限公司. 西安地铁 2 号线二期工程(常宁—韦曲南段、北客站—草滩北段)初步设计总说明[R]. 西安:中铁第一勘察设计院集团有限公司, 2019.
- [5] 杨永平,赵东,边颜东. 我国中等城市轨道交通发展存在的问题及建议[J]. 都市快轨交通, 2019(6):1.
- [6] 潘晓军. 北京地铁 1 号线运输能力挖掘研究[C]//中国土木工程学会. 2013 中国城市轨道交通关键技术论坛文集. 北京:中国科学技术出版社, 2013:247.
- [7] 汪波,韩宝明,战明辉,等. 城市轨道交通运输能力计算及加强研究[J]. 城市轨道交通研究, 2013(4):38.
- [8] 孙思南. 轨道交通折返站列车折返时间优化方法[J]. 城市轨道交通研究, 2019(7):133.
- [9] 李莉. 城市轨道交通列车折返能力综合优化分析[J]. 铁路通信信号工程技术, 2018(5):47.
- [10] 曹宏丽. 城市轨道交通站后折返能力影响分析及优化[J]. 铁道通信信号, 2018(3):93.
- [11] 李琼. 地铁长大区间中间风井设置探讨[J]. 都市快轨交通, 2020(4):113.

(收稿日期:2020-09-27)

行站设置等方面进行研究,为市域快线线路设计工作提供借鉴。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 关于推动都市圈市域(郊)铁路加快发展意见的通知[S]. 北京:中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2020.
- [2] 张健. 城市轨道交通工程线路设计内容及方法[J]. 工程技术(全文版), 2017(36):141.
- [3] 张文正. 城市轨道交通工程线路设计内容及方案[J]. 隧道建设, 2016(9):425.
- [4] 屠念浔. 城市轨道交通工程线路设计方法研究[J]. 交通世界, 2017(36):160.
- [5] 丁丹丹,李志强. 市域轨道引入城市轨道交通线网衔接研究[J]. 都市快轨交通, 2018(4):11.

(收稿日期:2021-02-04)