

城市轨道交通过江通道敷设方式研究

赵 强

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉//高级工程师)

摘 要 对于武汉、重庆、南京等被长江所隔的特大城市,其轨道交通线路过江段敷设方式的选择是影响生态环境、防洪河势、航运安全和资源利用的关键问题。经研究,影响城市轨道交通过江通道敷设方式选择的因素主要有通道位置的选择、两岸与过江通道衔接条件、工程地质和水文地质条件及工程实施条件等。基于资料收集和分析,从合规性、适应性、可控性、合理性出发,提出敷设方式比选的研究流程,可供类似工程参考。

关键词 城市轨道交通;过江通道;敷设方式

中图分类号 U231.1

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.05.018

Research on River-crossing Passage Laying Methods of Urban Rail Transit

ZHAO Qiang

Abstract For the extra-large cities separated by the Yangtze River, such as Wuhan, Chongqing and Nanjing, the laying methods for the river-crossing sections of rail transit lines is a key issue that affects the ecological environment, flood control and river regimes, shipping safety and resource utilization. Research finds that main factors affecting the choice of the laying method are the selection of channel position, joining condition of river-crossing channels on both sides, the engineering geological and hydrogeological conditions, and the project implementation conditions. Based on data collection and analysis, a research process for comparison and selection of laying methods is proposed from the principle of regularity, adaptability, controllability and rationality, which can be used as a reference for similar projects.

Key words urban rail transit; river-crossing passage; laying methods

Author's address China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China

武汉、重庆、南京等被长江分隔的特大型城市,其过江交通仍然是城市交通的瓶颈,给长江两岸人们的交流造成较大障碍。轨道交通的发展很好地

解决了过江交通不便的问题,但却也衍生出新的难题,即过江轨道交通线路应该采用何种敷设方式建设。敷设方式的影响是多方面的,涉及了工程造价和后期运营成本^[1],同时也会对城市景观、施工工期、沿线建(构)筑物等产生不同影响。由此可见,轨道交通过江通道敷设方式的研究是城市轨道交通建设过程中的一项重要课题。

1 我国城市轨道交通过江通道概况

1.1 过江通道分类

目前,过江通道可以从用途和敷设方式两个方面进行分类。根据过江通道用途不同,可以将其分为单一功能过江通道(仅包含公路、铁路、城市轨道交通或城市道路中的一种功能)和复合功能过江通道(包含公路、铁路、城市轨道交通及城市道路中至少两种功能);根据敷设方式的不同,分为地下过江通道(隧道形式)和高架过江通道(桥梁形式)两种。

1.2 我国轨道交通过江通道情况

根据统计,截至2018年底,我国长江干线已建成过江通道108座,另有41座过江通道正在建设中。其中,含城市轨道交通功能的过江通道共15座,主要集中在重庆、武汉、南京等特大型过江城市。在通道敷设方式的选择上,重庆以桥梁为主,南京和武汉以隧道过江居多^[2]。

对于所有需要建设轨道交通过江通道的城市,势必遇到如何选择合理敷设方式的问题。因此,有必要针对过江通道敷设方式的选择,在已有成果的基础上,结合轨道交通过江通道本身特点,系统梳理其影响因素,明确不同敷设方式的适应性,为不同城市的轨道交通过江通道选择敷设方式提供参考和借鉴。

2 影响过江通道敷设方式选择的关键因素

城市轨道交通过江敷设方式主要有地下和高

架两种,两种敷设方式的环境适应性、实施重难点、工期和建设成本等均存在一定差异。不同城市过江敷设方式的选择也各具特点:对于地势起伏较大的山城重庆,如重庆 3、6 号线,长江两岸与江面高差较大,结合过江通道的位置采用与城市道路合建高架敷设过江,结合两岸地势及规划衔接条件,两岸车站采用地下敷设;而对于武汉和南京这类长江两岸地势相对平坦的城市,位于主城区的已建轨道交通线路(如武汉 2、4 号线,南京 3、10 号线)均采用地下过江,两岸车站也同样采用地下敷设。过江通道选择合理的敷设方式对控制施工风险、降低社会稳定风险及合理配置资源有着积极作用。本文将从过江通道特点出发,分析过江通道敷设方式选择的关键因素,从而给出确定过江通道敷设方式的相关建议。

2.1 通道位置的选择

在确定过江通道敷设方式前,首先需明确过江通道的工程选址。采用不同的敷设方式过江,选择通道位置时考虑的侧重点不同。主要需从河道条件、通航条件、港口布局、与沿河其他构筑物的相互关系几方面统筹考虑,并在相关规划的指导下,征得水务、河道等相关管理部门同意。结合通航环境、河床演变情况及其他相关基础资料,综合分析通道位置与河道条件和通航条件的符合性。

2.1.1 河道条件的符合性分析

根据线网规划中过江段所处的地理区位,明确过江段河道条件,包括长江两岸堤坝间距、江面宽度、百年一遇洪水位、河床极限冲刷深度、有无江洲及其稳定性、通航水域位置等。图 1 为某城市河道环境示意图,包含了河道、航道和水管线等情况。

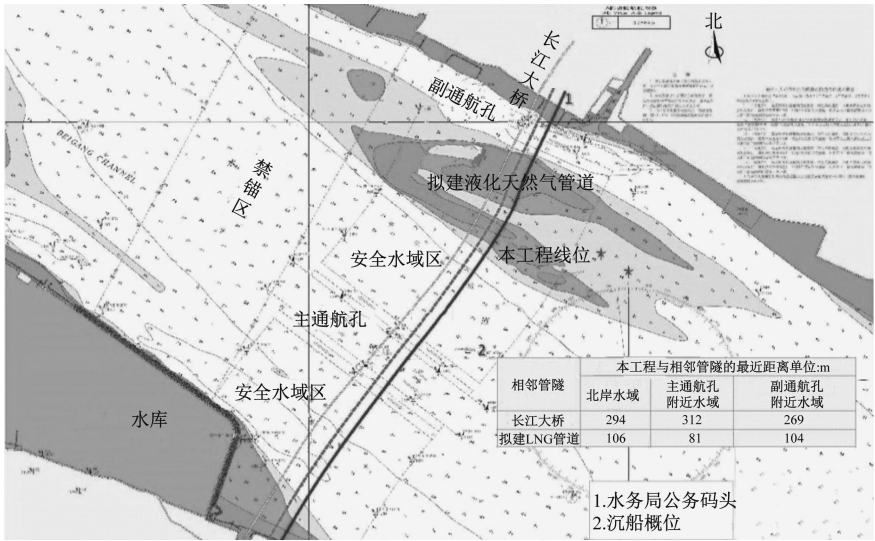


图 1 某城市河道环境示意图

对于高架敷设方式,需要根据河道条件,确定桥梁跨度大小、桥墩等入江基础设施的位置选取、桥梁通航净空要求等。

对于地下敷设方式,隧道选址需布设在远离滩险、易变洲滩的稳定河段。根据长江 300 年一遇最大冲刷线及深泓摆幅确定隧道埋深。图 2 为某城市过江隧道埋深与冲刷线的相互关系图,隧道埋深需满足河床可能发生最大冲刷情况下的覆盖层厚度要求。长江隧道受自然条件、施工风险等影响,常用盾构法施工^[3]。需结合河道条件、列车运行速度及通风防灾要求等,判断区间风井设置的必要性和可行性,并合理确定隧道洞径。

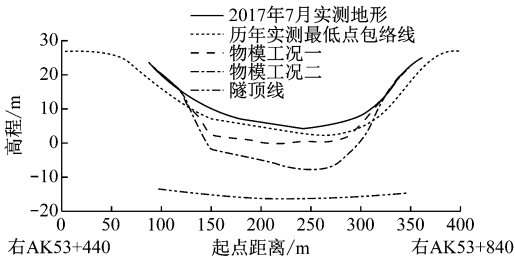


图 2 某城市过江隧道埋深与冲刷线相互关系图

2.1.2 航道条件符合性分析

根据相关规范和标准要求,水上和水下过河建筑物选址均应避开险滩、港口作业区和锚地等^[4-7]。因此,高架和地下敷设的过江通道均应考虑对既有和规划的港口、码头和锚地等进行避让。图 3 为拟建过江

通道避让了现状港口岸线,且绕避了码头、锚地。

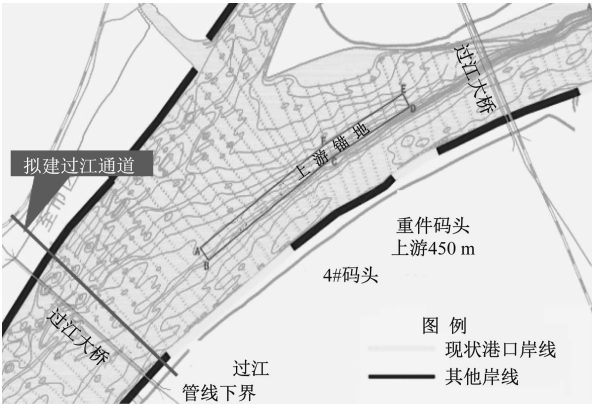


图3 某城市拟建过江通道与岸线相互关系图

对于高架过江通道,桥位的选择需满足两座相邻水上过河建筑物的轴线间距要求。若无法满足时,可在所处通航水域无碍航水流情况下,靠近布置,两建筑物间相邻边缘距离应控制在 50 m 以内,且通航孔必须相互对应(详见《内河通航标准》5.1.3)。结合以上要求,确定符合通航条件的过江桥位及孔跨布置。

2.1.3 沿江取水口、水下管线等

过江通道位置的选择还需明确与沿江取水口和水源保护区的相对位置关系,避免违反环保要求;同时,注意有无其他过江管线与轨道交通过江通道存在立交冲突的情况,针对特殊水下过江管线,两者间距需满足相应的规范要求(如图 1 所示,过江通道与天然气管道的距离满足相应规范要求,并避让水库远离其饮用水源保护区)。

2.2 两岸与过江通道衔接条件

过江通道与长江两岸衔接需重点考虑与两岸规划条件的符合性、与既有建(构)筑物的相互关系、两岸设站条件等。

对于高架过江通道,两岸的接线条件需与城市规划相吻合,减小对两岸用地的影响。同时,需做好两岸线站位与规划道路及现有环境的匹配。

对于地下过江通道,其对两岸沿线规划和现状影响相对较小,对城市景观基本无影响。但过江区间应考虑河床冲刷埋深较深,两岸车站埋深也相应加大,施工难度和工程投资较大。

如图 4 所示,考虑某城市过江通道两岸沿线规划多为住宅和商业用地且基本已建成,故采用地下敷设过江与两岸衔接关系更优,且与环保要求更为契合。



图4 某过江通道路由与沿线规划相互关系示意图

2.3 工程地质和水文地质

过江通道的敷设方式需结合长江及其两岸地形地貌、地层岩性、不良地质作用与特殊性岩土情况统筹考虑。

高架敷设方式需注意不良地质条件对下部结构和桩基础的影响,避免桥墩基础不均匀沉降,影响桥梁结构的整体受力。但整体而言,高架敷设方式对不良地质条件适应性较强。图 5 为高架敷设方式通过采用相应的加强措施,可以有效规避不良地质层带来的不利影响。

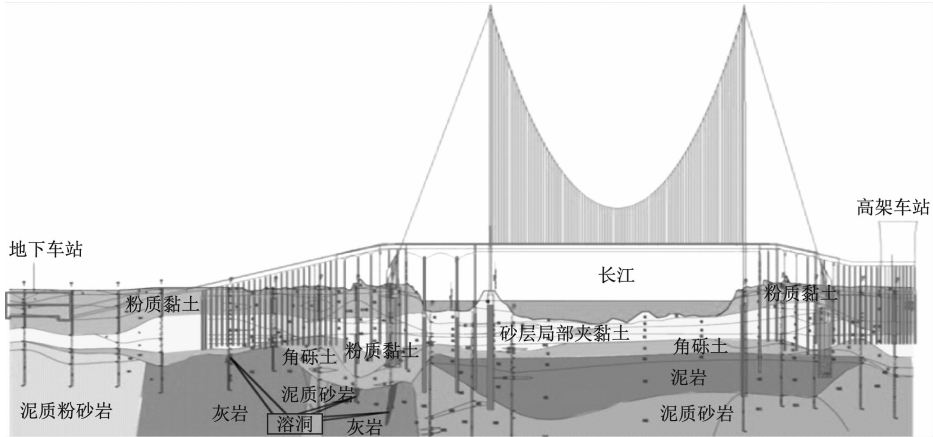


图5 高架敷设方案与不良地质关系示意图

采用地下敷设方式过江时,区间隧道埋深不但受河床冲刷限制,还需考虑避让不良地层以降低施工风险。图6为通过调整线路纵断面有效避让不良地质的情况。对于需要穿越不良地质条件的隧道

区间,需考虑处理代价,复杂的地质条件对施工工法的选择、盾构机选型,甚至盾构设备配置都带来相应的难度^[8]。

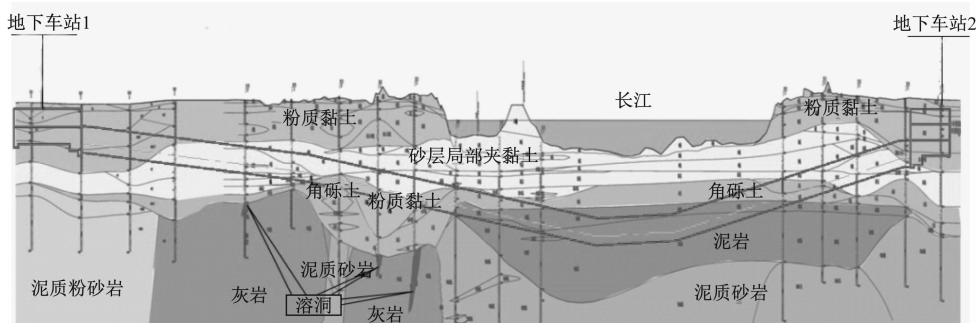


图6 地下过江隧道穿越地质情况示意图

两岸的车站同样需要考虑工程地质和水文地质条件^[9]。当长江两岸地形地貌与长江江面形成的高差较大时,采用高架敷设方式过江,两岸车站受工程地质和水文地质影响相对较小,可有效降低实施难度和工程造价。

2.4 工程实施条件

轨道通过江通道的实施,无论采用高架还是地下敷设,都是整个工程的控制性节点。

对于高架工程,其实施重难点在于与沿线地块及相关建(构)筑物的协调、涉及的沿线拆迁、处理好工期和运营期环保等问题。当采用大跨度桥梁跨江时,结构设计本身需要考虑的关键因素较多,如:大跨度悬索桥需确定主跨跨度、桥塔和锚碇位置等,进而合理进行总体桥型布置;根据功能需求,合理确定桥梁宽度;根据结构计算确定索塔及其基础、锚碇、主缆及吊索、索夹、鞍座等具体设计方案^[10]。

对于地下过江,工程实施关键在于对施工风险的控制。结合工程地质和水文地质条件、隧道洞径方案及类似工程案例等综合评判施工风险,判断隧道过江方案的可行性;结合过江段列车走行时间,验算区间防排烟能力;根据过江段及其两岸工程环境,明确工程实施难点和风险的可控性^[10]。

3 过江通道敷设方式选择的程序

轨道通过江敷设方式的选择会影响整个项目的立项和实施,作为全线控制性工程,也是整个项目成败的关键。一般可按如下流程来开展研究(见图7):首先,通过资料收集和分析,判断过江通道项目建设的合规性,是否满足项目立项要求;其次,敷设方式需适应现状与规划环境,保证项目可

实施;最后,通过分析工程实施的风险、工期和投资,并结合与环境的适应情况,综合分析比较不同敷设方式的优缺点,给出敷设方式的推荐意见。

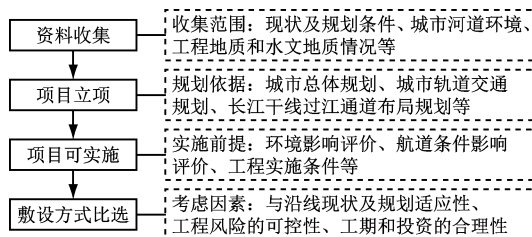


图7 过江通道敷设方式比选流程图

3.1 保证过江通道建设的合规性

轨道通过江通道项目应纳入《长江干线过江通道布局规划》,并符合相关的城市规划(包括城市总体规划和城市轨道交通规划等)。2020年3月,经国务院批准,国家发改委印发《长江干线过江通道布局规划(2020—2035年)》,交通部仅受理符合布局规划内的过长江通道项目。

3.2 分析与沿线现状和规划的适应性

轨道通过江段敷设方式要满足所经水域的河道及航道影响和环境影响评价要求,获得以上专题批复是项目开工建设的前置条件。在具体研究中,应考虑与两岸城市现状和规划相吻合,尽量避免对河道、通航条件及沿线既有建(构)筑物和景观造成较大影响^[11]。另外,对规划地块的切割情况、引起的拆迁量、对城市景观的影响程度也会是评判敷设方式好坏的重要因素。

3.3 分析敷设方式与地质条件的适应性及工程风险的可控性

过江段线路敷设方式的可行性与地质条件关

系密切。通过收集区域地质资料,并对项目进行一定深度的勘察,用来分析不同过江段敷设方式的风险和可行性。高架敷设方式可在一定程度上规避不良地质带来的风险。地下敷设方式需在保证工程可行的基础上,结合隧道施工技术,综合评判工程风险。风险是否可控,是敷设方式选择的关键因素。

3.4 工期和投资的合理性

对于过江通道这类关键工程,需要合理控制工程工期和投资。对于地下过江通道,隧道工程造价相对较高,随隧道洞径增加投资增加;若区间需要穿越不良地层,投资和工期则相应增加。对于高架过江通道,桥梁本身的工程造价和施工工期较隧道过江通常占有一定优势;但对于大跨度桥梁,工程造价会增加明显,且沿线拆迁量大,拆迁进度的不确定性和基础实施也可能受到汛期影响。因此,越江工程敷设方式比选时,工程建设的总投资和总工期,是评价方案优缺点不可缺少的一部分。

4 结语

城市轨道交通工程是一项技术要求高、建设规模大、周期长、投资高的系统工程。且对于过江线路来说,越江段工程的实施难度和风险更高,为全线的关键工程,也是全线的工期瓶颈所在。在保证项目立项和可实施基础上,不同的过江敷设方式对地质适应性、环境和景观影响、工程造价等方面都存在一定差异。因此,对于过江通道敷设方式的

(上接第86页)

要规律,出入口建筑在设计时,应在统一中求变化^[7],在提出标准化概念方案的同时应允许多种出入口概念方案存在。针对站点周边具有典型文化、历史遗迹、标志性建筑等特征及重要的交通功能作用的地铁站,应在满足功能需求的前提下,对周边环境、区域特征进行高度提炼,提取具有特色的设计元素,运用现代科技手段和艺术手法,将区域特点融入到概念方案中,赋予其一定的区域文化个性,体现区域特性。只有标准式出入口、非标式出入口及合建式出入口等多种概念方案并存,才能多方位、多角度地向人们展示城市历史性、现代性及发展性的多个层次的城市文化。

参考文献

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质

比较研究需要进行全面的系统性分析。

参考文献

- [1] 赵强.城市轨道交通线路敷设方式研究[J].铁道工程学报,2016(2):102.
- [2] 发展改革委.长江干线过江通道布局规划(2020—2035年)[EB/OL].(2020-03-31)[2020-10-25].http://www.gov.cn/jzhengce/zhengceku/2020-04/08/content_5500124.htm.
- [3] 赵强.武汉轨道交通4号线越江区间段方案研究[J].铁道工程学报,2008(12):79.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.内河通航标准:GB 50139—2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [5] 中华人民共和国交通部.内河航道维护技术规范:JTJ 287—2005[S].北京:人民交通出版社,2006.
- [6] 中华人民共和国交通运输部.海轮航道通航标准:JTS 180-3—2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.
- [7] 中华人民共和国交通运输部.长江干线通航标准:JTS 180-4—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [8] 孙雪兵.武汉地铁首条过汉江隧道若干关键技术问题[J].铁道工程学报,2019(8):85.
- [9] 刘毅.水文地质勘察在轨道交通工程施工中的重要性研究[J].低碳技术,2018(11):123.
- [10] 中铁第四勘察设计院集团有限公司.武汉市轨道交通11、12号线工程白沙洲过江敷设方式专题研究[R].武汉:中铁第四勘察设计院集团有限公司,2017.
- [11] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.

(收稿日期:2020-11-24)

量监督检验检疫总局.地铁设计规范:GB 50157—2013[S].北京:中国建筑工业出版社,2014.

- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,国家市场监督管理总局.地铁设计防火标准:GB 51298—2018[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [3] 只雨佳.独立式地铁出入口建筑的地域性风貌设计研究[J].建筑规划与设计,2017(12):151.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部.城市轨道交通工程项目建设标准:JB 104—2008[S].北京:中国计划出版社,2018.
- [5] 白智强,冀程.北京地铁16号线出入口建筑标准化设计[J].都市快轨交通,2018(8):35.
- [6] 穆明华,张育南.小体量·大建筑:浅谈地铁出入口形式问题[J].华中建筑,2011(8):37.
- [7] 姚显贵.地铁出入口建筑设计理论与实践[J].隧道建设,2014(12):1153.

(收稿日期:2019-05-24)