

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2023.06.006

城市复杂条件下过江通道桥隧方案比选研究

——以宁波市四明路跨奉化江通道为例

龙腾

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200082]

摘要: 随着城市化进程的加快,城市过江通道规划的数量越来越多。在城市建成区内,过江通道的建设条件越来越复杂,通常要处理好过江通道与交通路网、地块开发、地铁建设、河道通航等重要制约因素之间的关系。过江通道在桥隧形式上各有利弊,以宁波市四明路跨奉化江通道为例,分别研究了桥梁、隧道过江方案的总体布置,桥隧方案与地铁的关系,通过对桥隧方案各自的优缺点进行对比分析,得出了采用桥梁方式过江为最优方案,为类似过江通道工程提供借鉴。

关键词: 过江通道;桥隧方案;地铁;沉管

中图分类号: U412.32

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)06-0020-03

0 引言

从古至今,我国很多大城市是依托大江大河建设兴起的,如长江沿线的重庆、武汉等,黄浦江边的上海,钱塘江边的杭州,姚江、甬江、奉化江交汇的宁波等。随着城市化进程的加快,江河这个天然的屏障对城市发展的阻隔作用愈发显现。为解决被江河分隔的城市区之间的沟通,城市规划过江通道的数量逐渐增多。

随着城市对景观要求越来越高,桥梁不再是跨江通道唯一的选择。随着盾构、顶管、沉管等隧道工程技术的发展,基于隧道在穿越山体、铁路、公路、江河等障碍物的优越性,隧道在城市区的应用越来越广泛。本文以宁波市四明路跨奉化江通道工程为例,在城市区地块开发景观要求高、河道通航要求高、与地铁线路及车站协同难度大等复杂情况下,对过江通道桥隧方案的比选进行研究。

1 工程概况

四明路是横贯宁波主城区东西向的一条重要主干路,位于环城南路与鄞州大道快速路之间,距芝兰桥 1.6 km,距鄞县大桥 1.2 km,交通功能仅次于鄞县大道(见图 1)。

本次研究的路段是四明路中段跨奉化江工程,西起雅戈尔大道,东至广德湖路,是连接钟公庙片区

收稿日期: 2022-08-09

作者简介: 龙腾(1990—),男,硕士,工程师,从事道路设计工作。



图 1 四明通道地理位置

及丁家地块重要的过江通道。

2 建设条件分析

2.1 两岸用地情况

西岸为丁家地块,目前正在进行城市设计中,规划目标定位为超级总部湾,以商业、文化、商住用地为主,重点围绕时尚标杆产业、专业服务产业和公共服务三大产业。因此,丁家地块对景观要求较高。本工程桥隧方案选择时应予以重点考虑。东岸为钟公庙地段,以居住、办公、教育用地为主,基本已按规划实施到位,发展较成熟。

2.2 两岸路网衔接

本工程西岸主干路有雅戈尔大道,次干路有丁家街等。东岸主干路有广德湖路、宁南北路等。四明通道西岸近江交通可直接与大河头路沟通,通过丁家街、雅戈尔大道进行集散。东岸近江交通可直接与广德湖路沟通,中短距离交通可通过保丰路、宁南北路进行集散。

2.3 轨道交通线路

轨道交通8号线与轨道交通9号线规划在四明路交叉,对四明通道的建设形式、建设时序影响重大。本工程桥隧形式选择时,需重点考虑与轨道交通线路及站点的衔接。轨道交通8号线(在建)沿樟溪北路敷设,盾构区间下穿四明路,与四明路通道存在交叉。轨道交通9号线(规划)与四明路通道共线,与轨道交通8号线在堇山西路站换乘。

3 过江形式的选择及方案比选要素

3.1 过江形式

常用过江形式有两种,一种为桥梁形式过江,一种为隧道形式过江。桥梁根据桥型可分为斜拉桥、悬索桥、拱桥等。隧道按施工工法可分为明挖、沉管、盾构等。本工程跨越奉化江(V级航道),通航要求较高,隧道方案无法采用明挖施工。故本工程拟采用桥梁与沉管、盾构进行方案比选。

3.2 桥隧方案比选要素分析

通过梳理现状及规划条件,结合本工程功能定位,拟从以下方面对桥隧方案进行比选。

(1)交通功能。本工程为主干路,应以交通功能为主,主要承担中短距离的沟通,同时还需兼顾对两岸地块的服务。桥隧方案在两岸路网衔接上存在差别,会影响通道交通功能的发挥。

(2)两岸地块影响。本工程西岸规划为丁家地块,对景观要求较高,隧道过江为优选方案。东岸以居住用地为主,对景观要求相对较低,桥隧方案对地块的影响相差不大。

(3)轨道交通的衔接。本工程与轨道交通8号线交叉,与轨道交通9号线共线,同时在东岸道路正下方规划有轨道交通9号线的地铁站。轨道交通线路及站点对桥隧方案的制约较大,对建设时序、工程投资带来重大影响。

(4)投资造价。桥隧方案在工程投资上存在倍数级的差别,也是工程方案选择应重点考虑的因素。

4 桥隧过江方案研究

4.1 设计条件

奉化江河底最低标高 -7.8 m ,需要一跨过江。本工程参考轨道交通5号线跨奉化江工程,隧址处 100 a 一遇冲刷深度为 5.2 m ^[1]。奉化江为V级航道,通航净高按不小于 5.8 m 控制。

4.2 桥梁过江方案

4.2.1 总体方案布置

桥梁西起滨江路西侧,跨越奉化江、樟溪北路在百梁北路东侧落地,与广德湖路平交。桥梁全长约 491 m ,其中主桥长约 200 m ,西侧引桥 150 m ,东侧引桥 141 m ,采用下承式一跨简支系杆拱桥。主桥横断面为双向6车道+两侧人非通道,全宽 46.0 m 。人行随桥接入滨江绿地系统,非机动车道随桥接入市政道路。

桥梁过江方案总体布置和横断面布置见图2、图3。

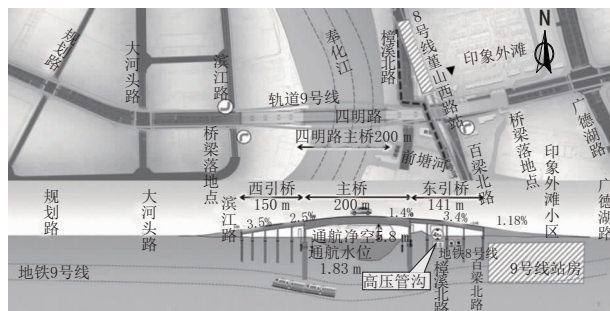
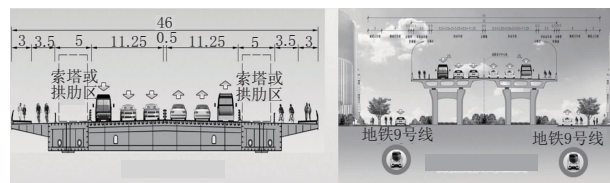


图2 桥梁过江方案总体布置



(a)主桥标准横断面 (b)引桥标准横断面

图3 桥梁横断面布置

4.2.2 路轨关系

桥墩实施时,应充分考虑为轨道交通9号线预留正线区间的平面路由,优先采用单柱墩。若桥梁工程先于轨道交通9号线(区间正线)实施,则地铁站与桥梁采用共建的形式,并且考虑到将来区间盾构推进时,该车站应考虑作为接收工作井。轨道交通9号线车站站厅埋深约 24 m ,桥梁桩基距离轨道交通9号线盾构净距为 4.0 m 。轨道交通8号线盾构区间位于四明桥墩台之间,盾构与桩基之间的最小净距为 4.0 m 。

4.2.3 桥梁方案总结

若采用桥梁方案过江,西岸引桥可在大河头路以东落地,东岸引桥广德湖路以西落地,能很好地实现与两岸路网的交通转换功能。且桥梁方案与在建轨道交通8号线关系相对简单,桥墩直接跨越轨道交通8号线盾构区间即可。但由于西岸丁家地块对城市景观要求较高,若采用桥梁方案,需在桥型选择及桥型方案上与丁家地块的城市设计相结合,如桥梁可以通过人行系统与滨江绿地融合、桥下空间亮化改造、慢行系统与城市超级走廊衔接等措施

减少城市景观影响。

4.3 隧道过江方案

4.3.1 沉管方案

沉管隧道主要受江底冲刷深度(取 5.2 m)影响,东岸隧道按照最大纵坡 5% 依然无法在广德湖路以西出地,需下穿广德湖路后出地,与保丰路平交,隧道全长约 1 603 m,其中暗埋段 1 158 m(含沉管段 170 m)(见图 4)。

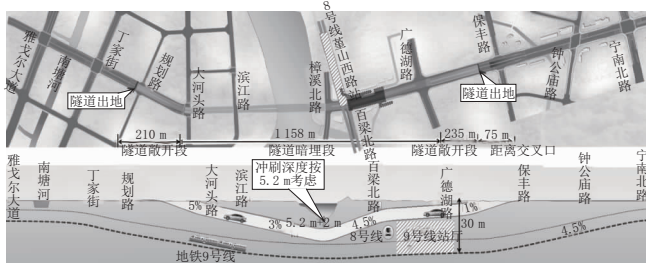


图 4 沉管隧道方案总体布置

该方案的主要问题是沉管施工过程中有 3 个施工工序对航道影响较大,即航道疏浚、基槽浚挖和管段沉放。在基槽浚挖阶段,施工船占用水域宽(80 m),剩余通航水域仅有 30 m,无法满足通航净宽要求(见图 5)。汛期,基槽浚挖对奉化江行洪安全影响大。沉管管段沉放阶段,需临时封航 4~5 d,影响奉化江通航。

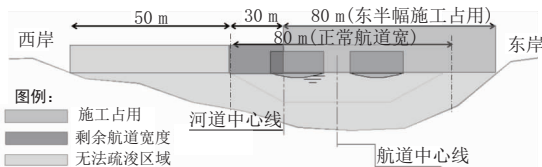


图 5 沉管方案施工航道剖面图

综上所述,沉管隧道方案对河道水利及通航产生极大影响,基本不具备实施条件。

4.3.2 盾构方案

(1)盾构断面选择。由于轨道交通 9 号线与四明路共线,在盾构方案选择时应充分考虑轨道交通与四明路隧道共建的可能。在断面选择上,考虑到隧道与轨道交通共建的盾构断面利用率高、不存在两次掘进的相互不利影响,且造价相对更低,因此推荐采用轨道交通与隧道共建的盾构形式。盾构直径 15.2 m,车行隧道位于上方,轨道交通 9 号线位于下方。

(2)盾构总体方案布置(见图 6)。隧道总长度 1 805 m,其中盾构段 600 m,明挖暗埋段 785 m,地面敞开段 420 m。分别在西岸滨江路以东和东岸百梁北路以东设置盾构工作井。盾构段车行隧道与地铁隧道共建,最大纵坡控制在 3.5%。

(3)盾构方案路轨关系。轨道交通 8 号线盾构区

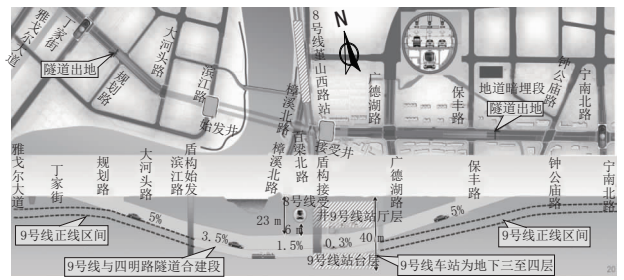


图 6 盾构隧道过江方案总体布置

间位于四明路隧道之上,盾构之间的最小垂直距离为 6.0 m。四明路隧道与轨道交通 9 号线过江段和轨道交通 9 号线站台共建,轨道交通 9 号线站厅由于共建,其埋深将达到 40 m。

(4)盾构方案总结。盾构方案过江从技术上是可行的,能很好地保证丁家地块的景观效果,但也存在一定的问题。首先是交通功能上,东岸隧道出地在广德湖以东,过江交通无法与广德湖路直接沟通,不能很好地服务东岸近江地块,且人非交通无法在盾构隧道内解决,需另外新建一座人非桥。此外,隧道与轨道交通 9 号线需共建,东岸轨道交通 9 号线站台埋深大,造价高,车站使用功能差。

4.4 桥隧方案比选

通过以上对桥梁方案、沉管隧道方案、盾构隧道方案几种过江形式的研究,本文分别从交通功能、地块影响、路轨关系、航道影响、投资造价等方面对桥隧方案进行比选,详见表 1。

表 1 桥隧方案综合比选

比选要素	桥梁方案	盾构隧道方案
交通功能	兼具交通和服务功能	对近江地块服务差
地块影响	对商业地块有一定影响	利于滨江景观塑造
路轨关系	对地铁影响小	需与地铁站共建
航道影响	顶推施工,航道影响小	基本无影响
投资造价/元	桥梁 6 亿 + 地铁 2.5 亿	盾构 12 亿 + 地铁 3.5 亿

经比选,桥梁方案最主要的是在近江地块的交通功能和地铁施工影响上有着明显的优势,虽然引桥段对西岸滨江建筑底层有一定视觉影响,但可以通过景观手段尽量消解。综合考虑,四明路过江通道采用桥梁过江形式更优。

5 结语

本文以宁波市四明路跨奉化江通道为例,研究了在城市复杂条件下过江通道桥隧方案布置,通过(下转第 29 页)

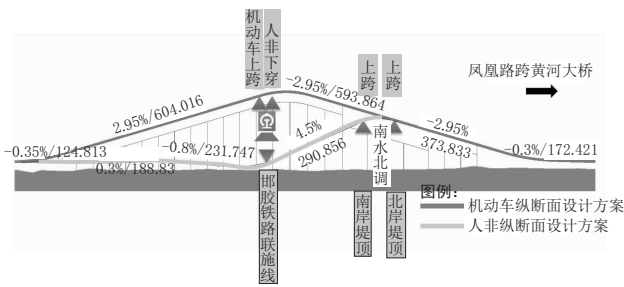


图 10 凤凰路跨南水北调渠非机动车引桥骑行纵断面

梯道 + 坡道(1 : 12)上下桥。近期非机动车也可利用现状乡道 028 桥梁骑行过南水北调渠。

3.4 人行系统交通组织

全线道路两侧设有人行道，在交叉口实施人行横道线穿越马路，且同步实施无障碍设施。

本工程跨黄河特大桥主桥上设有人行道，黄河两岸的行人可通过主桥两端的桥头堡沟通上下桥实现过河需求；南水北调渠两岸的行人可通过南北桥头的梯道沟通上下桥实现过渠需求。

4 结 语

随着社会经济发展方式的转变，慢行交通在提

升城市活力和品质方面的作用日益凸显。在城市大型跨河桥梁建设中，也越来越注重慢行交通的建设。本文结合济南黄河凤凰大桥工程慢行系统的设置，在邯胶铁路及南水北调济东明渠跨线桥段和跨黄河大桥段探讨了不同非机动车跨河交通组织模式的应用。本桥的设计完全满足了黄河两岸慢行交通的过河需求，从根本上解决了主桥两侧居民出行难问题。桥梁投入运营以来，使用效果良好，取得了巨大的社会效益。

参考文献：

[1] 上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司.G220 至济青高速公路王舍人互通立交连接线工程初步设计[R].上海:上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司,2018.

[2] 易军伟.慢行交通过江问题浅析[J].城市道桥与防洪,2020(12):20-22.

[3] CJJ 37—2012,城市道路工程设计规范(2016 年版)[S].

[4] CJJ 193—2012,城市道路路线设计规范[S].

[5] CJJ 69—95,城市人行天桥与人行地道技术规范(2003 年修订)[S].

[6] 胡程.大型桥梁中非机动车越江交通组织模式探讨[J].中国市政工程,2020(4):91-94.

(上接第 22 页)

对交通功能、地块影响、路轨关系、航道影响、投资造价等方面的比较，得出采用桥梁方案过江更优的结论。本工程桥隧方案比选研究可为类似工程提供一定的借鉴。

参考文献：

[1] 宁波市水利水电规划设计研究院.宁波市轨道交通 5 号线一期下穿奉化江隧道工程二维潮流泥沙数学模型研究报告[R].宁波:宁波市水利水电规划设计研究院,2015.