

上海市外环线跨川杨河节点方案设计研究

鞠凤波

(上海浦咨投资咨询有限公司, 上海市 200125)

摘要: 随着城市发展和城区范围扩大,上海市虹桥、张江等重点地区已逐步形成和环内相接近的城市发展格局。外环线逐渐成为虹桥、张江等重点地区环内、环外两侧区域发展的阻隔,为缝合城市裂痕,打通两侧区域,完善区域路网,浦东新区开展外环东段功能提升研究,先行实施外环东段(华夏中路—龙东大道)交通功能提升工程,川杨河是项目的关键节点,为确保3条横向相交道路与该项目同时建成通车,需对川杨河节点方案进行深化比选,以助于节省建设工期、节约工程造价。

关键词: 外环线;交通功能;设计;川杨河;方案比选

中图分类号: U412.37+1;TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)09-0232-04

Research on Scheme Design of Node Crossing Chuanyang River on Outer Ring Road of Shanghai

JU Fengbo

(SHANGHAI PUZI INVESTMENT CONSULTING CORPORATION, Shanghai 200125, China)

Abstract: With the development of the city and the expansion of the urban area, the key areas such as Shanghai Hongqiao and Zhangjiang have gradually formed urban development patterns that are close to those within the ring. The Outer Ring Road has gradually become a barrier to the development of areas on both sides of the Inner and Outer Ring roads in key regions such as Hongqiao and Zhangjiang. In order to close the cracks in the city, open up the areas on both sides, and improve the regional road network, a study on the function improvement of the eastern section of the Outer Ring Road is conducted in Pudong New District. Firstly, the traffic function improvement project of the eastern section of the Outer Ring Road (Huaxia Middle Road - Longdong Avenue) is implemented. The Chuanyang River is the key node of the project. In order to ensure that the three transverse intersecting roads are completed and opened to traffic simultaneously with this project, it is necessary to conduct a detailed comparison and selection of the Chuanyang River node scheme, which will help save the project construction period and project cost.

Keywords: Outer Ring Road; traffic function; design; Chuanyang River; scheme comparison

0 引言

高快速路跨航道节点桥梁是道路与水运交叉的关键工程,也是交通工程领域的研究热点。

既有研究普遍以通航条件、结构受力、安全防碰撞、施工工艺等作为桥梁设计的核心控制因素。黄兴波^[1]综合考虑通航与泄洪要求,确定通航孔跨径、结构类型及墩位布置。吴玲华^[2]针对复杂桥区选址与通航环境限制,采用航迹线观测、数值模拟及船舶操纵试验,确定桥跨与通航孔方案。陈宇^[3]依据《航道法》要求开展了通航影响评价与桥梁布孔设计工作。刘晓光等^[4]以沪通长江大桥为依托,分析总体

设计参数对结构受力与刚度的影响。张建^[5]针对超长跨海桥梁,构建涵盖通道选型、通航适配、应急救援与运维布局的总体设计体系。裴岷山等^[6]通过多方案比选,确定苏通大桥采用七跨全钢箱梁斜拉桥方案,徐力等^[7]针对沪通长江大桥公铁合建斜拉桥的基础形式进行,夏鹏飞、李少骏^[8]针对300 m级公铁两用桥,比选多种桥型后提出刚性梁柔性三拱桥为优选方案。王东辉^[9]聚焦平潭海峡复杂海域环境,创新大直径钻孔桩、哑铃形承台及防撞围堰设计。张贵宾等^[10]针对张靖皋长江大桥高通航密度、大船撞风险,研发了一体化的新型防撞装置。张景峰等^[11]评估常泰长江大桥船撞抗力与风险等级,验证孔跨布置与航道规划合理性。李才志、付欧阳^[12]结合内河航道特点,提出固定浮式防撞装置、桩基防撞墩等分级防护方案。张时利等^[13]针对马鞍山长江

收稿日期: 2024-12-01

作者简介: 鞠凤波(1979—),男,硕士,高级工程师,从事道路交通评估咨询工作。

公铁大桥主桥,提出了单向悬臂架设和跨中合龙的施工方案。

既有研究对改建工程的关注度较低,对复杂交通条件下兼顾管线条件、高快速路施工期间交通组织、工程造价等多因素的桥梁总体设计的经验总结较少,本文结合上海市川杨河节点方案设计,对上述问题进行深入分析研究。

1 项目背景与建设难点

上海市外环线是上海“申”字形高架路的重要组成部分、“三环”中的最外一环,自建成以来,曾长期作为中心城的交通保护壳和最后屏障,为协调与组织上海市域对内、对外的交通转换发挥了重要作用。

《上海市城市总体规划(2017—2035 年)》自 2017 年获国务院批复后,外环线全线约 65% 路段纳入主城区范围,外环沿线的路网形态也越来越难以满足城市发展的需求。在此背景下,提出实施外环东段(华夏中路—龙东大道)交通功能提升工程,将现状外环线地面快速路改建为高架快速路,为横向道路贯通创造条件,服务张江科学城“职、住”联系,同时地面新增辅道,完善区域路网,补足交通短板^[14]。工程设计标准横断面如图 1 所示。

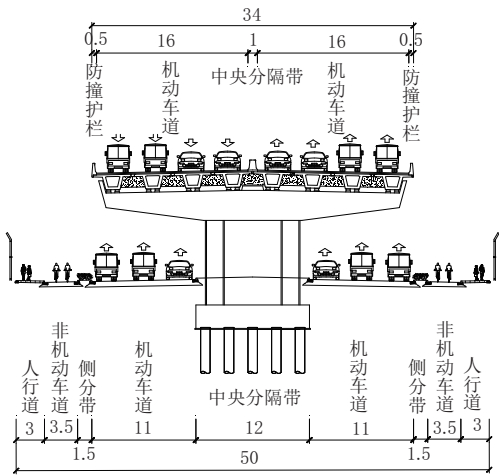


图 1 工程标准横断面(单位:m)

该工程起点处,现状为外环主线及匝道跨越现状 V 级航道川杨河,河口宽度 60 m,已建 3 座桥梁。川杨河桥于 2009 年随机场北通道工程同步建成,采用 48 m+75 m+48 m 预应力混凝土连续箱梁,设计荷载为城—B 级,梁底标高约 8.3 m,桥梁状态良好。内侧为外环主线跨川杨河桥,建造于 2002 年,采用 25 m+42 m+25 m 简支梁桥,两侧设置管线桥,设计荷载为汽—超 20 级、挂车—120,特—300,梁底标高约 7.8 m,桥梁状态良好。

经征询上海市港航中心航道科,外侧匝道桥具备保留利用条件,内侧主线桥不满足川杨河 V 级航道梁底标高等于 8.1 m 的控制要求,同时也不满足航道管理部门“一跨过航道”的相关管理要求,应拆除重建,且工程新增地面辅道需新建跨川杨河桥。

考虑到外环线交通功能及川杨河航道功能,经征询有关部门,施工期间应保证外环主线双向 8 车道连续流运行,川杨河通航标准不劣于现状,即主跨不小于 42 m、梁底标高等于 7.8 m。

根据物探资料,现状主线桥与匝道桥间敷设有 2 路长途输油、1 路高压燃气以及上水、供电、通信等多路管线,且上方紧邻川杨河已建 2 路 220 kV 横穿高压线,应同步考虑搬迁保护。

在有限空间内,如何布置主线及地面辅道两座航道桥,在满足施工期间外环线及川杨河保通要求的基础上,尽可能减少管线搬迁、节约工程投资、缩短建设工期,成为工程的主要难点。

2 方案设计及比选

根据节点建设条件,对外环主线及地面辅道跨川杨河桥提出分建、合建 2 个设计方案,结合设计指标、施工难易、建设工期、景观造型、建设投资等多方面因素,开展方案比选。

2.1 分建方案

该方案外环主线及地面辅道采用 55 m+90 m+55 m 连续钢箱梁形式同跨径敷设,最大梁高约 4.6 m,河道控制高点梁高约 2.6 m,横断面如图 2 所示。

施工期间拆除现状桥梁内侧板梁,压缩车道宽度,利用中分带空间、主线与匝道桥间空间实施主线高架 M 型门墩承台立柱,待主线通车后拆除现状桥梁,新建地面辅道桥^[15]。

由于中分带空间受限,西侧匝道与主线桥间距较近,且地面辅道桥施工时主线桥已建成通车,该方案施工空间较小,施工难度较高,连续钢箱梁形式建安费用较高。但该方案主线桥与地面桥结构形式互不干扰,具备先行实现主线贯通的条件。同时,跨川杨河节点可通过压缩车道宽度、拆除内侧板梁,避免搭设便桥,可有效节约施工工期,降低实施难度。

2.2 合建方案

该方案外环主线及地面辅道采用 90 m 双层简支钢桁架桥敷设,梁高 2.4 m,主线与地面辅道间高差综合考虑结构受力及景观要求,按 9 m 高差控制,横断面如图 3 所示。

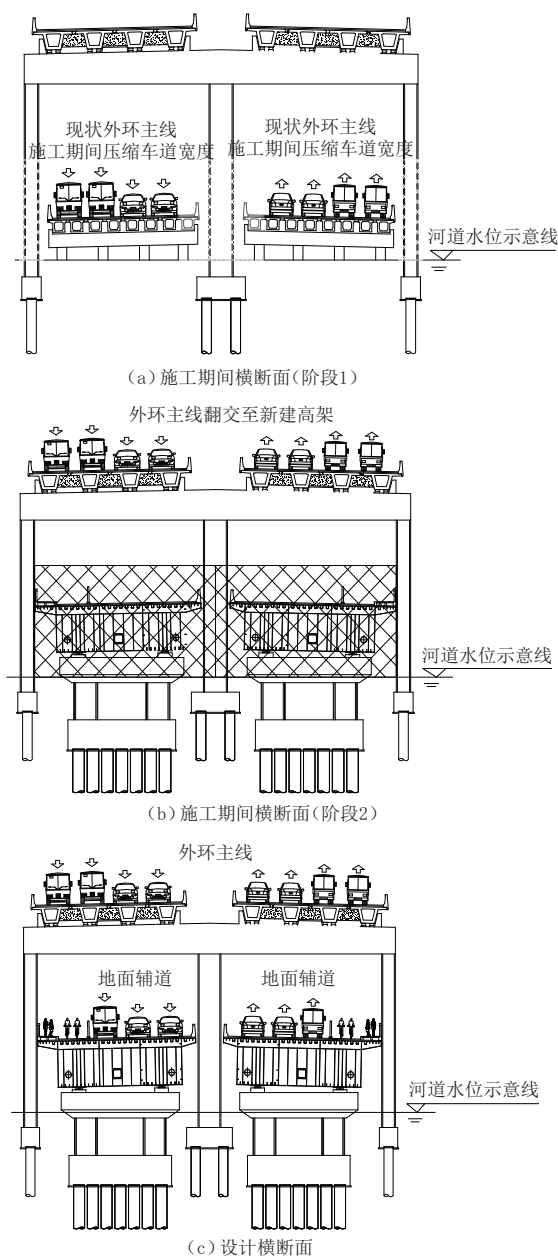


图2 分建方案设计横断面及施工期间横断面

施工期间节点需采用分幅翻交形式,利用外环主线桥与华夏立交NE匝道桥间的空间,新建双向4车道钢便桥,宽15 m。

该方案由于需建设便桥并分幅翻交,施工周期较长,跨航道便桥施工难度较高,且需同步搬迁受便桥影响的长途输油、高压燃气、上水、供电、通信等管线,整体投资较高。

但该方案施工空间较为富余,钢桁架桥梁建安费用较低,节点景观整体性较好。

2.3 方案比选

综合比选数据如表1所示,分建及合建方案桥面标高相近,平纵线形指标均满足规范要求,且由于无法满足220 kV高压线净距要求,两方案均需对北侧

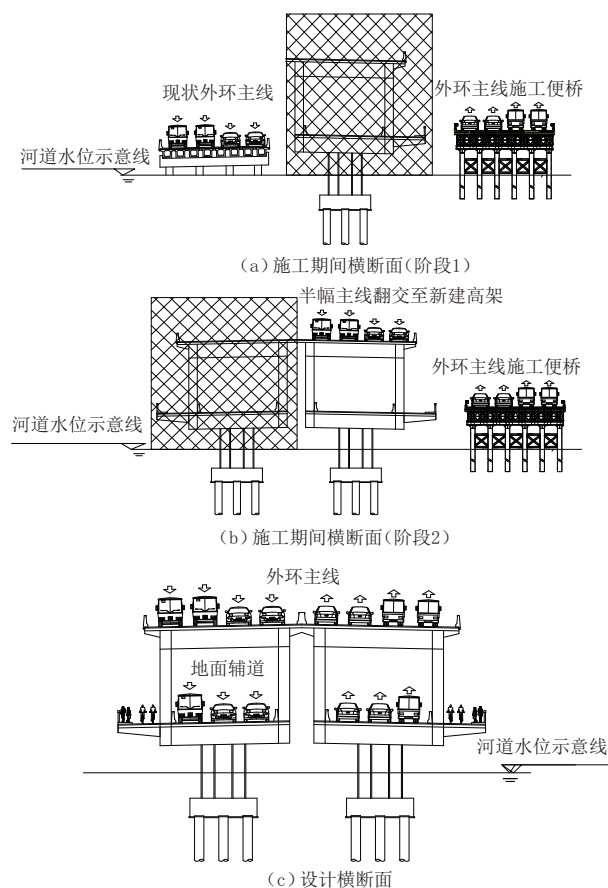


图3 合建方案设计横断面及施工期间横断面

横穿高压线抬升改造。从施工角度,分建方案由于施工空间较小,主体工程实施难度略高,但施工期间无需建设跨航道便桥,并避免了由于建设便桥引起的管线搬迁,整体实施难度更低。由于施工交组简便,分建方案主线贯通节点较合建方案可提前约8个月。从建设投资角度,分建方案虽主体桥梁建安费略高,但综合考虑临时工程及前期工程,总投资较合建方案可节省约500万元。

综上所述,推荐采用分建方案,降低工程实施难度,节约建设周期,节省工程投资。

3 结 语

综合考虑设计指标、施工难易、建设工期、景观造型、建设投资等多方面因素,推荐外环线跨川杨河桥采用连续钢箱梁形式同跨径分体布置。实际建设中,通过创新引入架桥机、汽车起重机、门式滑移支撑架(液压振动锤)+液压同步横向滑移+钢桥合龙段等多种安装工艺,施工单位攻克了施工空间受限的技术难点,充分发挥了分建方案节约建设周期、节省工程投资的优势。在节点顺利建设的保障下,工程主线高架已于2024年底建成通车,地面辅道2025年建成通车。

表 1 川杨河节点方案比选

项目	方案 1:分建方案		方案 2:合建方案
节点跨径/m	55+90+55		90
桥梁形式	双层连续钢箱梁		双层钢桁架
最大纵坡	主线:4.0%; 地面:2.95%		主线:4.0%; 地面:2.95%
最大设计标高	主线:21.5 m; 地面:11.65 m		主线:20.25 m; 地面:11.2 m
施工方案	施工交组	拆除内侧板梁,压缩车道宽度,建设主线高架桥(增加便桥面积约 5 500 m ²)	
	施工航组	施工期间保持通航条件不变 施工期间保持通航条件不变(钢便桥中跨为 42 m,梁底 7.8 m)	
	施工难度	门墩施工空间有限,主线完工后地面辅道桥施工空间狭窄 施工空间较为富余,施工难度较低	
土工期/月	主线贯通	18	26
	全线贯通	24	30
高压铁塔	横穿高压线同步抬升		
节点管线搬迁	—		增加输油、上水、通信管线搬迁长度 350 m
建安费/亿元	2.87		2.56
临时工程/万元	2 450		5 200
前期工程/万元	4 137		4 952
总计/亿元	3.53		3.58

参考文献:

[1] 黄兴波.跨越等级航道的桥梁布孔及选型要点分析[J].中国水运,2024(2):55-57.

[2] 吴玲华.复杂桥区的桥跨方案及通航孔布置方案分析[J].珠江水运,2021(15):84-85.

[3] 陈宇.344省道京杭运河特大桥关键方案设计分析[J].江苏建筑职业技术学院学报,2025,25(2):5-8

[4] 刘晓光,郭辉,赵欣欣.沪通长江大桥主航道桥总体设计参数分析[J].桥梁建设,2015,45(6):63-68.

[5] 张建.杭州湾跨海铁路大桥总体设计与关键技术研究[J].铁道工程学报,2022,39(10):7-12.

[6] 裴岷山,徐利平,张喜刚.苏通大桥主航道桥桥型方案研究[J].桥梁建设,2005(6):27-30.

[7] 夏鹏飞,李少骏.常泰过江通道专用航道桥方案比选[J].桥梁建设,2018,48(6):104-109.

[8] 王东辉.平潭海峡公铁两用大桥航道桥基础设计与施工创新技术[J].铁道标准设计,2017,61(9):68-75.

[9] 张贵宾,张绪进,郭昊天,等.张靖皋长江大桥南航道桥南塔防撞方案研究[J].桥梁建设,2024,54(2):16-21.

[10] 张景峰,荀非帆,尹震君,等.常泰长江大桥船撞抗力研究及安全性评估[J].桥梁建设,2024,54(3):78-84.

[11] 李才志,付欧阳.上海内河跨航道桥梁防撞设施分析[J].水运工程,2017(11):141-145.

[12] 徐力,高宗余,梅新咏.沪通长江大桥公铁合建斜拉桥桥塔基础设计[J].桥梁建设,2015,45(3):7-12.

[13] 张时利,邹孔庆,曹晗,等.马鞍山长江公铁大桥副汉航道桥钢桁梁悬臂架设关键技术研究[J].工程与建设,2025,39(2):415-420.

[14] 张颖.上海市外环东段功能提升项目方案[J].大众标准化,2025(14):129-131.

[15] 刘鑫.城市高架快速路工程施工期间交通组织方案设计——以上海外环东段交通功能提升工程为例[J].工程技术研究,2024,9(11):181-185.

(上接第 212 页)

有应力集中现象,节点板设计应以构造合理、板厚适宜为重点。

(4)节点区域整体刚度较大,结构整体稳定性较好,轴力较大的杆件在变截面处局部稳定性相对较差,对于变截面处适当增加板厚或设置加劲有利于提高局部稳定性。

参考文献:

[1] 易达.大跨度钢桁架拱桥地震响应分析和索拱连接详细应力分析和结构优化[D].成都:西南交通大学,2016.

[2] 孙海涛.大跨度钢桁架拱桥关键问题研究[D].上海:同济大学,2007.

[3] 李康.钢桁桥节点精细化与增强优化分析方法研究[D].南京:东南大学,2022.

[4] 蔡梦非,顾民杰,吴万忠,等.株洲清水塘大桥双层钢桁拱桥下部结构设计[J].城市道桥与防洪,2022(9):91-94.

[5] 刘瑜,李晨.敞开式连续钢桁架节点设计与分析——以赣州螺溪洲大桥为例[J].中国市政工程,2023(6):6-9;93.

[6] 张敏,叶梅新,靳飞.京沪高速南京长江大桥节点受力性能分析[J].

铁道科学与工程学报,2007(3):21-26.

[7] 费业刚,曹亚.桁架节点不同有限元分析建模方法的探讨[J].城市道桥与防洪,2023(4):119-123.

[8] 马磊.大跨度钢桁拱桥关键节点受力特性及优化研究[J].城市道桥与防洪,2018(2):83-87.

[9] 鲁勤.提篮式钢管混凝土系杆拱桥拱脚节点应力分析[J].交通科技,2018(6):9-12.

[10] 崔家春.某展览中心巨型桁架节点有限元分析[J].建筑结构,2011,41(增刊1):840-842.

[11] 潘成赞.大跨度铁路新型钢桁拱桥受力性能和稳定性研究[D].长沙:中南大学,2013.

[12] 孔丹丹,于晓坤,郝向炜,等.杆件局部失稳对钢桁架拱桥整体稳定性的影响[J].东北林业大学学报,2021,49(7):116-121.

[13] 张著名.大跨度钢桁架拱桥局部杆件稳定问题研究[D].长沙:湖南大学,2007.

[14] 靳飞.京沪高速南京大胜关长江大桥节点受力性能研究[D].长沙:中南大学,2007.

[15] 杨荣荣.拱形钢桁梁桥结构分析与构造细节设计[J].城市道桥与防洪,2024(3):53-57.