

武汉市塔子湖西路高架桥方案研究

张 骏,程志明,刘 峰,周林君

(武汉市政工程设计研究院有限责任公司,湖北 武汉 430023)

摘 要: 为满足武汉市区域交通需求,连通东西湖区将军四路与江岸区和谐大道,开展了塔子湖西路高架桥建设方案研究,系统性分析了高架桥建设条件,梳理了沿线金银潭、张公堤、武汉市三环线等重要构筑物及高压燃气、高压电力、国防光缆等重要管线,根据不同路段特点充分分析了各种桥型的适用性,确定了安全、经济的桥梁方案。桥梁方案积极采用新材料与新工艺,跨金银潭段钢混组合梁采用NC-UHPC桥面板分级设计理念和UHPC(含粗集料)桥面板湿接缝工艺,显著提高了组合梁桥面板的受力性能,简化了预制桥面板钢筋构造,提升施工效率;跨张公堤与三环线节点设计了一联大跨径连续梁钢箱梁与一联86.6 m跨径简支钢箱梁,并采用钢-UHPC组合桥面体系,有效提高了钢箱梁跨越能力并改善了钢桥面疲劳性能;三环线南侧陆地段进行了减噪降噪设计,保障周边居民生活质量,这些设计可为同类工程提供参考。

关键词: 市政桥梁;超高性能混凝土;钢混组合梁;钢-UHPC组合桥面;降噪减噪

中图分类号: U448.28; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)04-0201-05

Study on Scheme of West Tazihu Road Viaduct in Wuhan

ZHANG Jun, CHENG Zhiming, LIU Feng, ZHOU Linjun

(Wuhan Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Wuhan 430023, China)

Abstract: In order to meet the regional traffic demand of Wuhan and connect Jiangjun Fourth Road in Dongxihu District and Hexie Avenue in Jiangnan District, the study on the construction scheme of West Tazihu Road Viaduct is carried out, the construction conditions of viaduct are systematically analyzed, and the important structures along the line such as Jinyintan, Zhanggong Dike and Wuhan Ring III Road and the important pipelines such as high-pressure gas, high-voltage electricity and national defense optical cables are sorted out. The applicability of various bridge types is fully analyzed according to the characteristics of different road sections, and the safe and economic bridge scheme is determined. The new materials and new processes are actively adopted in the bridge scheme, and the NC-UHPC bridge deck grading design concept and the UHPC (including coarse aggregate) bridge deck wet joint process are used for the steel-concrete composite beam across the Jinyintan section, which significantly improves the stress performance of the composite beam bridge deck, simplifies the prefabricated bridge deck reinforcement structure, and improves the construction efficiency. A long-span continuous beam steel box girder and a 86.6m-span simple-supported steel box girder are designed to span the joint of Zhanggong Dike and Ring III Road, and the steel-UHPC composite bridge deck system is adopted, which effectively improves the spanning capacity of the steel box girder and improves the fatigue performance of the steel bridge deck. The noise reduction design is carried out in the land section south of Ring III Road to ensure the life quality of the surrounding residents. These designs can provide reference for similar projects.

Keywords: municipal bridges; ultrahigh performance concrete (UHPC); steel-concrete composite beams; steel-UHPC composite bridge decks; noise reduction

0 引 言

随着我国城镇化进程的深度推进,城市建设逐步进入由规模化扩张转向高质量发展的新阶段。未

来城市建设将围绕“以人为本、集约高效、绿色低碳、安全智慧”四大核心方向推进。在此背景下,市政桥梁设计的复杂性日益凸显:一方面,城区建设条件愈发复杂,桥址区域常受密集的构筑物、繁杂的地下管线等制约;另一方面,市政桥梁工程还需统筹考虑生态环境保护、绿色低碳发展、景观协调等多元目标。市政桥梁设计亟需开展系统性的专项研究,为桥梁建设提供理论支撑和技术保障。本文以塔子湖西路高架桥为例,深入分析了市政桥梁设计过程中的关

收稿日期: 2025-08-20

基金项目: 武汉市政工程设计研究院有限责任公司科研项目
“基于 UHPC 的装配式轻型钢-混凝土组合梁桥研究”(Y10-2023012)

作者简介: 张骏(1994—),男,硕士,工程师,从事市政桥梁设计工作。

键问题并给出实施方案,可为同类工程提供参考^[1-2]。

1 工程概况

武汉市塔子湖西路高架桥连接东西湖区将军四路与江岸区和谐大道,北起东西湖区银杏街,向南跨越金银潭、张公堤与三环线后接入江岸区和谐大道,全长约 1.2 km。桥梁在三环线以北分幅布置,并在张公堤处预留远期建设的航城西路接入口,跨越三环线后在北环辅路处并为一幅桥。该桥是区域交通枢纽工程,对优化城市空间布局、促进城市经济发展具有重要战略意义,桥梁整体布置见图 1。

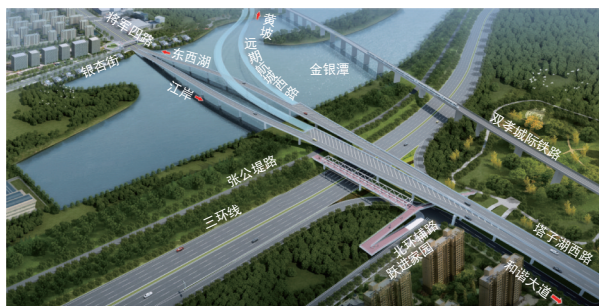


图1 桥梁整体布置图

2 建设条件

本项目建设条件复杂,桥梁跨越金银潭、I级堤防张公堤与城市快速路三环线,桥址处张公堤与三环线横断面见图 2。

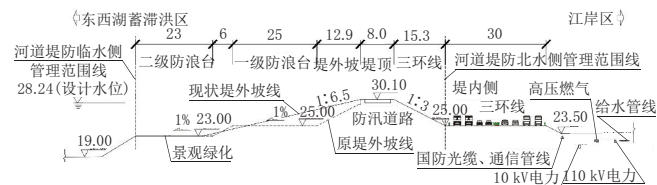


图2 张公堤与三环线标准横断面图(单位:m)

张公堤由防浪台、堤外坡、堤顶与堤内坡组成,堤顶高程 30.10 m。张公堤北侧为金银潭,桥址处平均水深约 7 m,最大水深约 12 m。张公堤南侧堤脚与城市快速路三环线紧邻,三环线高程约 25 m。

三环线南侧紧邻区域内,密集埋设有国防光缆、高压燃气管线、高压电力管线、给水管线及通信管线等多种地下管线。三环线至金银潭段现状敷设有 110 kV 高压架空线。

3 设计标准

本项目主要设计标准如下:

(1)道路等级:城市主干路;

(2)设计速度:50 km/h;

(3)荷载等级:城—A级;

(4)设计基准期:100年;

(5)桥下净空:三环线、张公堤堤顶路净空为 5.0 m,其他地面道路净空 4.5 m。

4 桥梁方案研究

根据拟建桥梁的位置及条件,在方案设计时主要考虑以下原则:

(1)区域整体规划要求,满足道路整体规划,并在张公堤处预留远期航城西路接入口;

(2)堤防保护与防汛要求,避免在张公堤堤身上布设桥墩;

(3)管线保护要求,桥梁结构与高压燃气等管线保持安全距离;

(4)施工便利性要求,方便在金银潭深水区施工,同时减小对三环线交通影响小;

(5)运维便利性要求,桥梁方案需后期检查维护方便,提高全寿命周期经济性。

在保证桥梁方案经济合理、施工便捷与运维便利的基础上,根据桥位处地理特点将本项目分成三段进行桥梁设计,分别为跨金银潭段、跨张公堤与三环线段、三环线南侧陆地段,桥梁方案根据各段特点进行设计^[3]。

4.1 跨金银潭段桥梁方案设计

4.1.1 临岸起点处桥梁

依据项目总体规划,桥梁起点金银潭大道侧离岸约 50 m 处与现状银杏街平交。该处现状高程约 21 m,与其相邻的金银潭最高控制水位为 20.13 m,为保证桥梁梁底距离最高控制水位的安全净空,同时减少桥梁引道占湖面积,桥梁起点处设计一联梁高不大于 1.0 m 的桥梁,跨径布置为 2×16 m。

起点处桥梁跨径小,水深较深,不宜采用现浇施工。可选方案有钢板梁、钢箱梁、预制预应力混凝土矮 T 梁等。因该处桥梁设有全封闭声屏障,桥梁荷载较大;同时考虑后期管养需求,起点处桥梁采用钢板梁方案,标准横断面见图 3。钢板梁承载能力强,采用预制吊装工艺施工,吊装重量较小,施工便捷,同时结构为开口截面,后期维护管养较方便。

4.1.2 一般段桥梁

考虑金银潭水深较深,下部结构工程造价较高,施工难度大,减少深水桥墩的数量可有效降低下部结构造价,综合考虑桥墩数量与上部结构经济跨径

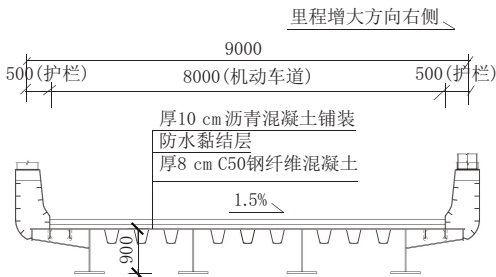


图3 钢板梁标准横断面(单位:mm)

要求,金银潭处一般段标准跨径采用 40 m。

针对标准跨径 40 m 的涉水桥梁,常用的桥型方案有工字型钢-混组合梁、箱型钢-混组合梁、预制预应力混凝土小箱梁、T 梁等。因本项目位于市区且桥梁整体线形为曲线,如采用预制预应力混凝土小箱梁或 T 梁,虽然结构预制费用较低,但现场存梁场地需求大,桥址处较难满足存梁场地需求;且 40 m 跨预制预应力混凝土梁运输较为困难,现场吊装重量较大,对施工设备的要求更为严苛,工期较长,施工措施费较高,因此方案整体经济性一般。相比之下,钢-混组合梁虽上部结构造价较高,造价约 6 500 元/m²,但下部结构尺寸较小、造价较低,同时现场施工场地需求小、吊装重量轻,预制构件运输方便,交通影响小,施工较为便捷,工期较短,施工措施费较低,方案整体经济性与预制预应力混凝土小箱梁、T 梁相当。综合考虑工程造价、运输条件、施工便捷性与工期等因素,钢-混组合梁更具优势。同时,考虑到箱型钢-混组合梁后期箱内维护困难,而工字型钢-混组合梁后期管养更为方便,因此跨金银潭一般段选用工字型钢-混组合梁^[4-5]。

4.1.3 下部结构及施工

金银潭段桥梁下部结构采用高桩承台结构并配合吊箱围堰施工,有效实现深水区高效施工。

4.1.4 结构设计与创新

工字型钢混组合连续梁标准跨径 40 m,宽 8.8 m,梁高 2.4 m,桥梁形式见图 4。钢混组合梁由 3 片工字钢梁与钢筋混凝土桥面板组成,工字钢梁间距 3.2 m。工字钢梁高 2.0 m,上翼缘宽 0.58 m,下翼缘宽 0.68 m;纵工字钢梁间设置工字钢横向联系,梁高 0.5 m,上下翼缘宽 0.2 m;混凝土桥面板跨中厚 0.25 m,挑臂端部板厚 0.22 m,承托处厚 0.35 m。桥面板采用预制吊装工艺施工,预制板标准段尺寸为 2.15 m×8.8 m,湿接缝宽 0.35 m。

本项目钢混组合梁积极运用新材料、新工艺,在湖北省市政桥梁领域首次采用了 NC-UHPC 桥面板

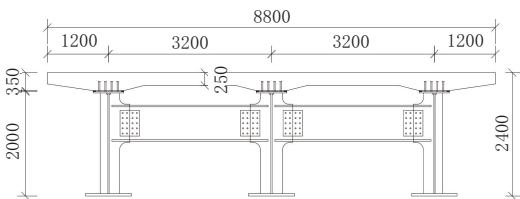


图4 组合梁标准横断面图(单位:mm)

梯度设计理念,根据组合梁不同区域桥面板受力特点分梯度选用材料。一般段预制桥面板采用 C55 混凝土,中支点处预制板采用 UC100(含粗集料)超高性能混凝土;一般段湿接缝及槽口采用补偿收缩 UC100 超高性能混凝土(含粗集料),中支点湿接缝及槽口采用补偿收缩 UC120 超高性能混凝土^[6-9],组合梁构造见图 5。

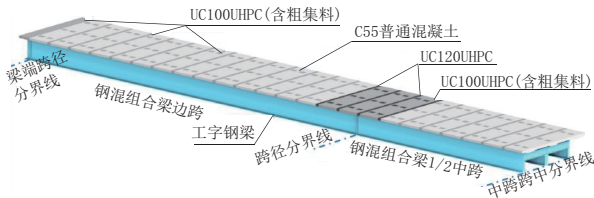


图5 钢混组合梁连续梁构造示意图

基于 UHPC 优异的材料性能,预制桥面板湿接缝处上下层纵向钢筋取消常规的 U 形构造,采用直线构造,简化了桥面板钢筋构造,方便了桥面板工厂预制与现场安装。

该方案标准化程度高,工厂预制工作量占比高,现场工作量相应减小,降低了施工期间对现场生态环境的影响;简化结构构造降低了现场施工难度,有效提高了施工效率,缩短了施工工期;同时分梯度选用建筑材料,提高了结构性能并提高了方案经济性。

4.2 跨张公堤与三环线段桥梁方案设计

4.2.1 桥型方案

跨张公堤与三环线为本项目控制节点,该节点张公堤堤内坡脚紧邻三环线,三环线南侧 11.2 m 处敷设有高压燃气管线。张公堤、三环线线位改造难度大,高压燃气管线迁改影响大,桥梁方案需在满足张公堤、三环线、高压燃气管线安全保护需求的基础上进行设计,同时减小其他重要管线的迁改工程量。基于上述原因左幅桥采用 45 m+87.1 m=132.1 m 跨径跨越该节点,右幅桥因张公堤一级防浪台处设有远期航城西路接口,无法采用连续梁结构,故采用一跨 86.6 m 跨径简支梁跨越该节点,右幅桥跨径布置见图 6。

该节点桥梁位于道路变宽路段,桥梁断面变化显著。为契合区域整体道路线形要求,并满足张公

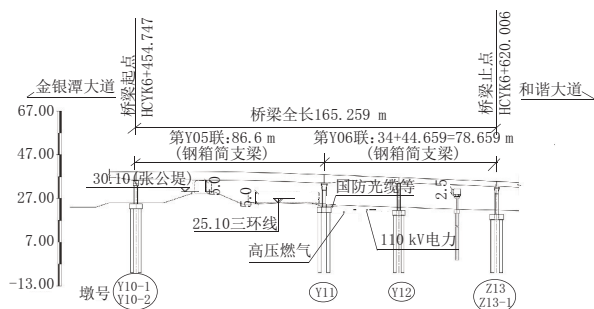


图6 跨张公堤与三环线右幅桥桥型布置图(单位:m)

堤顶防汛通道的净空标准,跨张公堤处的梁高需控制在3.7 m以内;同时结合现场条件,桥梁位于高压燃气附近,下部结构规模不宜过大。因此,该节点宜采用梁高小、自重较轻、跨越能力强的桥梁方案。

根据上述分析,可采用的桥梁方案有钢箱梁桥、钢-UHPC组合梁。考虑到跨三环线桥梁平面变宽幅度较大,若采用钢-UHPC组合梁,UHPC桥面板现场施工时间较长,对三环线有一定干扰^[10],同时UHPC材料费用较高,结构经济性一般;相比之下钢箱梁结构造价与钢-UHPC组合梁造价相当,但钢箱梁工厂预制程度高,现场顶推作业方便,三环线上方施工作业量小,施工时间短,对三环线交通影响较小,施工期间优势明显,故该节点采用钢箱梁^[11]。

为提高钢箱梁跨越能力,降低桥面板疲劳应力,减少运营期桥面板病害,跨三环线节点钢箱梁采用钢-UHPC组合桥面体系。桥面设计了一层5 cm的UHPC混凝土,通过剪力钉连接钢桥面板与UHPC,形成钢-UHPC组合桥面,优化结构用钢量,降低结构应力幅值。

4.2.2 结构设计

该节点钢箱梁共计两联,分别为45 m+87.1 m=132.1 m连续钢箱梁与86.6 m跨简支钢箱梁。

45 m+87.1 m=132.1 m连续钢箱梁,边中跨面积比为0.725,截面形式为单箱三室截面,桥宽为9.7~18.8 m,挑臂长1.75 m,梁高3.7 m。每隔2 m设置一道横隔板,钢梁顶底板及腹板采用Q420qD钢材,其余钢材采用Q345qD。

86.6 m跨简支钢箱梁,截面形式为单箱五室截面,桥宽为18.53~23.03 m,挑臂长1.75 m,梁高3.7 m。钢箱梁按2 m间距设置空腹式横隔板,按6 m间距设置实腹式横隔板;顶板厚度由支点向跨中逐渐加厚,厚度分别为20、24、28 mm;底板厚度由支点向跨中逐渐加厚,厚度分别为16、20、24 mm;腹板一般段厚16 mm,在支点附近加厚至20 mm;钢梁顶底板及腹

板采用Q420qD钢材,其余钢材采用Q345qD。

钢箱梁采用钢-UHPC组合桥面,见图7,钢桥面板与UHPC之间通过150 mm×150 mm布置的M13剪力钉形成有效连接,剪力钉高35 mm。桥面铺装采用40 mm厚高弹高黏SMA-13改性沥青混凝土,有效减轻桥梁恒载并优化了钢箱梁顶板应力^[12-14];桥梁梁端采用多向变位梳形板伸缩装置,以适应梁端转角需求。

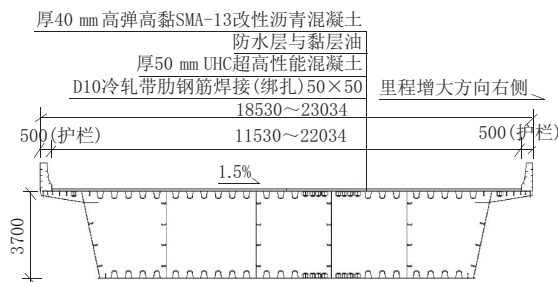


图7 钢-UHPC组合桥面钢箱梁横断面(单位:mm)

4.2.3 结构受力分析

针对86.6 m跨简支梁,采用MIDAS Civil程序建立了有限元模型,采用梁单元模拟,梁单元共计86个;同时建立钢-UHPC组合桥面板局部有限元模型计算结构第二体系应力。

计算得基本组合作用下钢主梁下缘最大拉应力为214 MPa,腹板剪应力52 MPa;基本组合作用下第一体系主梁上缘最大压应力170 MPa,第二体系最大压应力95 MPa,第一体系与第二体系应力叠加后钢梁上缘应力为265 MPa;该结构上下缘正应力及剪应力均满足Q420 MPa强度设计要求。该结构活载作用下最大挠度69 mm,小于L/500,结构刚度满足规范要求。

4.3 三环线南侧陆地段方案设计

三环线南侧陆地段施工条件较好,采用常规钢箱梁与预应力混凝土现浇箱梁结构。因该段桥梁附近存在居民小区,故桥面铺装面层采用SMA沥青混凝土,并设计了全封闭声屏障减小行车噪声对周边居民的影响^[15],建设效果见图8。

5 结 语

本文系统性分析了武汉塔子湖西路高架桥建设条件,并依据实际建设条件划分为3段进行桥梁方案设计。设计方案既保障了工程安全,还成功实现了集约高效、绿色低碳的建设目标,为类似桥梁的设计提供技术参考。

(1)跨金银潭段桥梁上部结构采用预制钢混组



图 8 三环线南侧陆地段方案效果图

合梁,下部结构采用高桩承台配合吊箱围堰施工;同时在湖北省市政桥梁领域首次采用钢混组合梁 NC-UHPC 桥面板分级设计理念和 UHPC(含粗集料)桥面板湿接缝工艺,显著提高了组合梁桥面板的受力性能,简化了预制桥面板钢筋构造,提升施工效率和工程经济性。

(2)跨张公堤与三环线采用一联大跨连续钢箱梁与一联 86.6 m 跨简支钢箱梁,并采用钢-UHPC 组合桥面体系,有效提高了桥梁跨越能力并改善了钢桥面抗疲劳性能。

(3)三环线南侧陆地段采用预应力混凝土结构降低建设成本,并进行了减噪降噪设计,保障了周边居民生活质量。

参考文献:

[1] 《中国公路学报》编辑部.中国桥梁工程学术研究综述·2024[J].中国公路学报,2024,37(12):1-160.
[2] 余勇继.市政桥梁设计的安全性和耐久性分析[J].城市道桥与防洪,2018(3):98-99;120.

[3] 游励晖.市政工程桥梁设计要点研究[J].铁道工程学报,2013,30(3):45-49.
[4] 黄展赫,吕荣,林福宽.装配式桥梁结构研究综述[J].公路,2025,70(5):170-177.
[5] 沈航,邓文琴,张建东,等.钢-混组合梁桥设计参数与经济性对比分析[J].公路,2025,70(3):70-76.
[6] 杨文杰,王晓明,李国强,等.UHPC 浇筑湿接缝构造设计及抗裂性能研究[J/OL].武汉大学学报(工学版),1-12(2024-07-25)[2025-07-24]. https://kns.cnki.net/kcms2/article/abstract?v=A2Z-m-A1genyXyU0T1RuX_eZECR72kayXUeB-qadJcRSdypP67B_U6m2ay2eQUlM8h205R4V7vmkUTZcNiKK87Xdt0h-6hw_knqV8EvSAJUdUVUj4GH1smzBUKxKFG6YvvGW2EQLwuE3j44vMtEgf_nWWkOyCFFaXuS9aOsRrcqgOHgQsQzA==&uniplatform=NZKPT&language=CHS.
[7] 杨海鹏,张明,杨成安,等.钢混组合梁负弯矩区接缝抗拉性能试验研究[J].公路,2023,68(12):158-163.
[8] 魏科,冯霄暘,刘黎,等.钢混组合梁高性能桥面板湿接缝界面强化方式[J].铁道建筑,2024,64(12):39-43.
[9] 王康宁,高立强,彭旭民,等.粗骨料 UHPC 梁抗剪性能试验研究[J].桥梁建设,2025,55(3):105-112.
[10] 詹建辉,魏奇芬,彭晓彬,等.大跨径简支钢-LUHPC 组合梁桥主梁设计[J].桥梁建设,2025,55(2):116-122.
[11] 伍彦斌,吕茂丰,殷齐家,等.大跨简支钢箱梁顶推及高位落梁施工关键技术[J].中外公路,2024,44(1):147-154.
[12] 田启贤,高立强,周尚猛,等.超高性能混凝土-钢正交异性板组合桥面试验研究[J].桥梁建设,2019,49(增刊1):13-19.
[13] 王继全,刘晓銓.大跨径钢-UHPC 组合梁桥设计与整体受力分析[J].城市道桥与防洪,2024(4):71-73.
[14] 秦世强,黄春雷,张佳斌,等.基于应力监测的钢-UHPC 组合桥面和环氧沥青钢桥面疲劳性能对比[J].东南大学学报(自然科学版),2021,51(1):61-70.
[15] 杨志杰.全封闭声屏障对城市桥梁建设影响探讨[J].城市道桥与防洪,2022(1):95-99.