

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.251049

扬州华扬东路跨京杭运河大桥总体方案

吴 桐

(扬州万福投资发展有限责任公司,江苏 扬州 225000)

摘 要: 为完善扬州城区主干路网体系,贯通京杭运河东西两岸,促进区域组团间联系和产业发展组合,基于路网建设的必要性,对华扬东路跨京杭运河大桥进行了研究。详细介绍了工程概况和总体方案,分析了桥梁结构选型与设计、主要材料技术指标、主桥整体性能和施工方案等内容。基于城市风格和文化特色,将主桥景观设计与扬州古典园林建造细节有效融合,通过借鉴、抽象、演绎的手法,打造具有城市特色的景观构筑物,为类似跨航道桥梁工程的建设 and 标志性景观工程的打造提供思路 and 参考。

关键词: 华扬东路;路网体系;航道桥;钢箱提篮拱;组合桥面板;桥梁景观设计

中图分类号: U442.5;TU997 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)02-0175-05

Overall Scheme for East Huayang Road Bridge over Beijing-Hangzhou Grand Canal in Yangzhou

WU Tong

(Yangzhou Wanfu Investment and Development Co., Ltd., Yangzhou 225000, China)

Abstract: To improve the main road network system in the urban area of Yangzhou, connect the east and west banks of the Beijing-Hangzhou Grand Canal, and promote the connection among regional clusters and the combination of industrial development, and based on the necessity of road network construction, a study is conducted on the East Huayang Road Bridge over the Beijing-Hangzhou Grand Canal. The project overview and overall scheme are introduced in detail. The selection and design of the bridge structure, the technical indicators of the main materials, the overall performance of the main bridge and the construction scheme are analyzed. According to the urban style and cultural characteristics, the landscape design of the main bridge effectively integrates with the construction details of classical gardens in Yangzhou. Through the methods of referencing, abstraction and interpretation, a landscape structure with urban features is created, which provides ideas and references for the construction of similar cross-waterway bridge projects and the development of landmark landscape engineering projects.

Keywords: East Huayang Road; road network system; waterway bridge; X-style steel box arch; composite bridge deck; bridge landscape design

1 工程概况

华扬路是扬州国空规划“二十五横十七纵”主干路网的重要组成,位于G328与吴州路之间,与北侧G328距离1.3 km,与南侧吴州路距离1.0 km(见图1)。全线西起真州路,东至沙湾路,沿线串联了多条城市主干路和快速路,是重要的横向贯通性城市主干路^[1]。

华扬东路跨京杭运河大桥工程的实施,打通了京杭运河重要节点,可以有效发挥联系组团、促进产业科创发展带多功能有机组合和产业联系、支撑港

产城融合发展的功能。

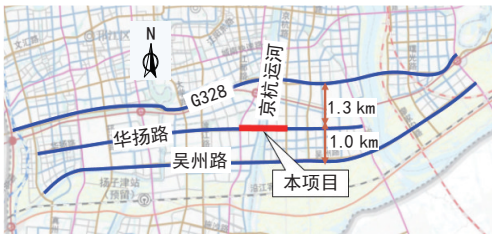


图1 工程地理位置

工程实施范围位于扬州市广陵区、经济开发区,西起华扬东路与运河南路交叉口,跨京杭大运河后向东延伸,终点止于迎春路与京杭南路交叉口,路线全长约1.92 km^[1]。

全线控制性工程华扬东路跨京杭运河主桥,跨京杭运河Ⅱ级航道,采用一跨过河方案,桥面总宽

收稿日期: 2025-11-07
作者简介: 吴桐(1991—),男,本科,工程师,从事市政工程管理工

41.6 m, 布设双向六车道加人非混行车道。

2 主要技术标准

(1) 道路等级: 根据《扬州市国土空间总体规划》(2021—2035年), 采用城市主干路标准, 设计速度取值 50 km/h。

(2) 设计荷载: 汽车荷载采用城-A级, 人群荷载按《城市桥梁设计规范(2019年版)》计取^[2]。

(3) 通航标准: 规划航道等级为二级。设计最高通航水位取值 7.24 m, 通航尺寸为 150.0×7.0 m; 设计洪水频率: 300年一遇。

(4) 抗震设防标准: 地震基本烈度 7 度, 设计基本地震加速度值 0.15g, 抗震设防措施等级 8 度。主桥抗震设防类别为甲类, 引桥抗震设防类别为丙类。

3 总体布置

3.1 跨径布置

桥梁跨径布置与工程造价、整体景观、施工进度要求有很大关系^[3]。华扬东路跨京杭运河大桥工程结合扬州以往的跨航道桥梁建设成熟经验^[4]和华扬东路沿线现状地面、规划管线、建筑物、通航要求等条件, 引桥采用 30 m 为标准跨径, 在跨越现状道路(汤汪路)、规划道路(滨河路)及规划蒋桥河处, 局部跨径加大到 40 m。

主桥跨径按京杭运河通航尺寸和洪评报告要求, 采用一跨过河布置。主桥东西两侧存在现状驳岸和堤顶路, 主墩布设需考虑施工期间对驳岸的影响, 同时应尽量减小对船舶通航视线的影响。西侧主墩位置距离现状驳岸最小距离约 1.7 m, 并对现状堤顶路向西侧进行了局部改线; 东侧主墩位置距离堤顶路约 4 m, 可有效避免现状堤顶路的改移和对航道危化品停靠站视距的影响。主跨采用 200 m 布设, 如图 2 所示。

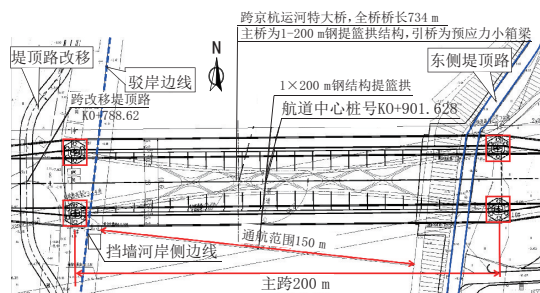


图2 主桥主跨布置与河道关系示意图

3.2 立面布置

华扬东路主桥采用主跨 200 m 的简支钢箱提篮

拱结构, 由组合桥面系、吊杆、钢箱拱肋组成整体, 受力体系为无推力结构。拱肋立面整体采用抛物线线形(见图 3)。

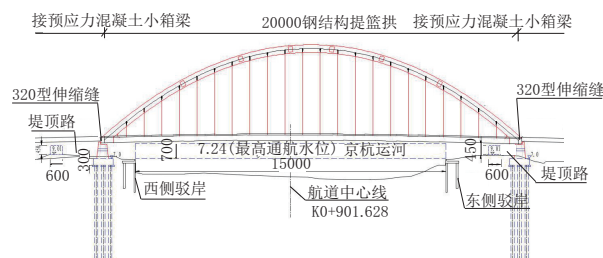


图3 主桥立面(单位: cm)

3.3 横断面布置

主桥断面横向设两片拱肋, 拱肋内倾角 12°。桥面车行道为双向六车道, 总宽 41.6 m。具体布置: 5.0 m(人非混行道)+0.3 m(分离护栏)+3.5 m(主拱区)+0.5 m(防撞墙)+11.0 m(机动车道)+1.0 m(双黄线)+11.0 m(机动车道)+0.5 m(防撞墙)+3.5 m(主拱区)+0.3 m(分离护栏)+5.0 m(人非混行道)=41.6 m(见图 4)。

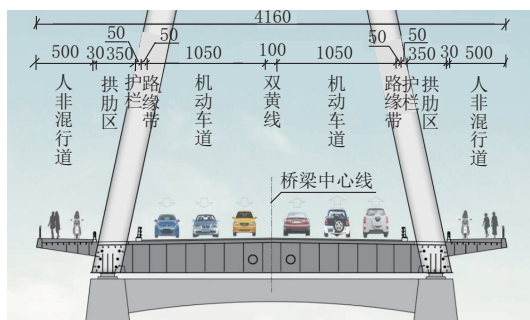


图4 主桥标准断面(单位: cm)

引桥标准断面总宽为 34.0 m, 具体布置为: 5.0 m(人非混行道)+0.5 m(防撞墙)+11.0 m(机动车道)+1.0 m(双黄线)+11.0 m(机动车道)+0.5 m(防撞墙)+5.0 m(人非混行道)=34.0 m(见图 5)。

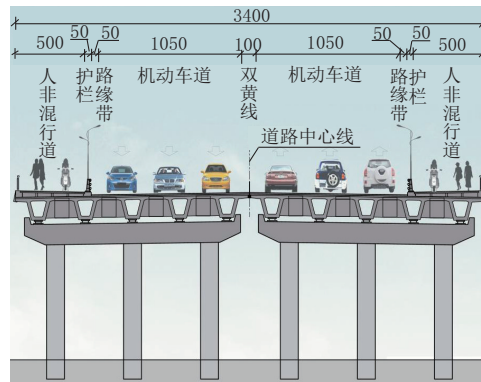


图5 引桥标准断面(单位: cm)

4 主桥结构设计

4.1 主拱肋

拱肋竖直方向矢高 44 m, 跨径为 200 m, 矢跨比

为 1/4.55, 向内倾斜角 12° , 拱脚与主梁固结。

钢箱拱肋截面采用六边形, 高 3.8 m, 宽 2.5 m, 上下翼缘及侧板厚度均采用 28 mm, 设置板肋加劲, 板肋厚 20 mm, 高 240 mm。除拱脚段外, 为方便拱肋的制造及安装, 拱肋分为 11 个节段。

箱体内布置两种横隔板, 分别为吊杆横隔板和一般横隔板(见图 6)。吊杆横隔板呈竖直方向, 用于布置吊杆上锚点, 板厚 28 mm, 布设间距 8.5 m。一般横隔板布置在吊杆横隔板之间, 板厚 16 mm, 垂直于拱轴线布置, 标准间距 2.25 m。

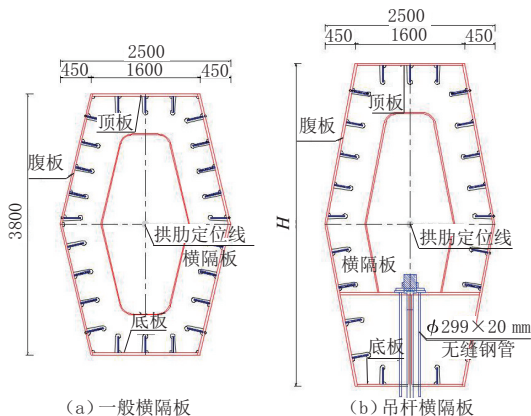


图 6 拱肋断面(单位:mm)

4.2 桥面系

桥面系采用双主梁+横梁的格子梁体系, 中心线处梁高 2.7 m, 全宽 41.6 m。横梁布置间距 4.25 m, 基于主桥施工方案采用整体顶推工艺, 主梁根据顶推步长按间距设置竖向加劲以提高临时稳定性^[5]。

4.2.1 主纵梁

全桥设两片主纵梁, 中心距 28.23 m, 高 2.488 m, 断面为四边形(腹板与拱肋腹板对齐)。主梁标准断面顶板厚 25 mm, 底板厚 25 mm, 腹板厚 25 mm。箱室及人行道按照计算要求下设板肋加劲。

基于中横梁位置, 主梁对应设置横隔板(板厚 16 mm), 与横梁对齐^[6]。

4.2.2 横梁

由端横梁和中横梁组成横向受力体系, 按照整体布置, 全桥设 45 根中横梁、4 根端横梁。

中横梁采用工字形断面, 结合吊杆间距进行布设, 标准值 4.25 m, 中心线处梁高 2.7 m。

端横梁采用箱形断面, 为增加刚度, 单侧设置两根端横梁, 通过平纵联杆件连接为整体。梁高取值 2.7 m, 纵向宽度分别取 1.7 m 和 1.8 m。

4.2.3 小纵梁

基于主纵梁中心距, 结合桥面板布设及受力要

求, 断面上设置两道小纵梁, 小纵梁采用工字形断面。梁高 0.4 m, 顶板宽 500 mm、厚 16 mm, 底板宽 300 mm、厚 12 mm, 腹板厚 12 mm。

4.3 吊杆、系杆

吊杆顺桥向布置间距 8.5 m, 全桥共布置吊杆 22 对, 材质采用聚乙烯高强钢丝 FPESL(Y), 型号 7-109。

在桥面纵梁内设置水平系杆, 系杆采用环氧喷涂钢绞线。每侧主梁内布置 6 根, 全桥共设置 12 根, 系杆张拉需配合施工阶段分阶段进行。

4.4 组合桥面板

桥面板采用预制钢筋混凝土结构, 结合计算, 厚度取值 270 mm, 板间连接采用现浇湿接缝方式。桥面横向分为三块预制板, 共设四道纵向湿接缝。预制桥面板采用 C50 混凝土, 现浇湿接缝采用 C60 补偿收缩混凝土。

通过在主纵梁、横梁、小纵梁顶板上设置剪力钉(规格采用 D22×200 mm), 与桥面板进行纵、横向的湿接连接, 形成组合体系。布置间距按照桥面板受力需要取值。

4.5 主墩

主墩墩身采用八边形变截面设计, 墩顶顺桥向宽度为 4 m, 横桥向宽度为 3 m, 墩底顺桥向宽度为 6 m, 横桥向宽度为 5 m, 横向墩柱间距为 29 m, 柱间设置柱顶横梁, 跨中高度为 2 m, 端部高度为 3 m。

主墩基础作为重要受力构件, 合理的桩基布置可有效降低基础造价。结合桥位处的地勘情况, 分别考虑了 8φ1.5 m、7φ1.6 m 的桩基布置方案比选, 如图 7 所示。经详细比选, 综合造价相对比 8φ1.5 m 为 1.14, 7φ1.6 m 为 1.0。主墩基础采用 7φ1.6 m 布置型式, 结构尺寸更小, 经济上也更有优势。

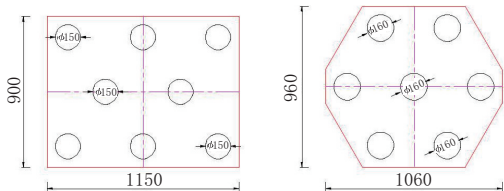


图 7 主墩基础型式比选

4.6 主桥刚度及整体稳定性计算

基于以上主要构件的描述, 采用 MIDAS 对主桥进行相应的静力和抗震计算。限于篇幅, 对主桥刚度和主桥整体稳定性计算验证如下:

活载作用下, 主梁最大竖向位移 73.6 mm(见图 8), 小于 $L/500=400$ mm, 刚度满足规范要求。

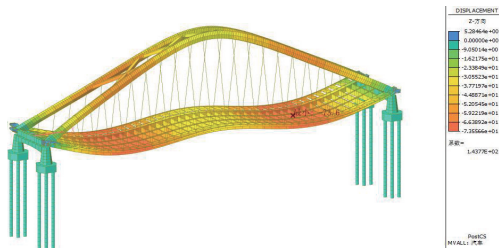


图 8 主梁竖向位移(单位:mm)

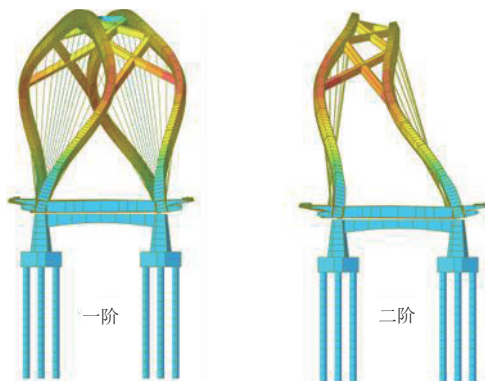


图 9 主桥失稳模态

成桥状态下,在恒载、汽车荷载、人群最不利布载、横向风的作用下,结构一、二阶失稳模态如图 9 所示。其中,一阶整体稳定系数为 7.765,失稳模态为面外失稳。参考《钢管混凝土拱桥技术规范》,弹性整体稳定系数不小于 4.0,满足规范要求。

4.7 主桥材料指标

对主桥前述主要结构构件指标进行统计,其中钢材(含主梁、主拱、风撑)指标约为 630 kg/m²;桥面板混凝土指标约为 0.2 m³/m²,钢筋指标为 510 kg/m²;吊杆指标约为 5.2 kg/m²;系杆指标约为 17.8 kg/m²。

对比国内其他跨径相当的已建成同类型简支钢箱系杆拱主要结构指标^[7],本工程主桥结构各项指标相当,设计经济合理可靠。

5 引桥结构设计

5.1 上部结构

引桥结构可采用装配式结构或现浇结构两种。结构型式有预应力混凝土空心板、预应力混凝土 T 梁、预应力混凝土小箱梁、现浇混凝土大箱梁等。

综合考虑景观效果和截面横向抗扭能力,对预应力混凝土小箱梁和现浇混凝土大箱梁进行比选,结果见表 1。

结合项目所在地的建设经验,考虑施工便捷性、工期、单位工程造价等因素,引桥标准段上部结构推荐采用预制混凝土小箱梁结构^[8]。标准断面宽度为 34 m,布设 10 片小箱梁,30 m 标准跨梁高取值 1.6 m,

表 1 引桥结构型式比选

项目		预制小箱梁	现浇箱梁
上部	混凝土/(m ³ ·m ⁻²)	0.45	0.84
	预应力钢束/(kg·m ⁻²)	18.1	27
	普通钢筋/(kg·m ⁻²)	105	140
下部	混凝土/(m ³ ·m ⁻²)	2.24	1.88
	预应力钢束/(kg·m ⁻²)	8.8	—
	普通钢筋/(kg·m ⁻²)	297	229
单价/(元·m ⁻²)		5 200	6 500

40 m 跨路口梁高取值 2.0 m。

5.2 下部结构

引桥下部结构采用桩接圆立柱型式,受力明确、简洁大方、施工便捷,经济性能好^[8]。

盖梁高度 1.5 m,横向布置 3 根立柱,间距 5.4 m,立柱直径 1.3 m,桩基直径 1.5 m。为提高桥墩横向受力性能,桩间设置系梁(梁高 1.2 m)连接。

6 主桥景观设计

扬州历史悠久、文化昌盛,是文化名城。何园,位于扬州广陵区,建于清代中期,以花窗形状各异闻名,有圆形、方形、菱形、扇形等,如图 10 所示。且每一扇窗都有不同的图案和花纹,是一座被誉为“天下第一花窗”“晚清第一园”的中国古典园林建筑^[9]。



图 10 何园花窗样式

在古人的建筑智慧里,所有的美好都在这一扇扇的窗户中体现得淋漓尽致。花窗除了赏心悦目的观感,实用性也必须考虑周全。透过这排列有序的漏花窗,徐徐清风传送而来,束束光线穿透而入,采光、通风问题得以解决。

主桥钢拱肋风撑设计灵感汲取何园的花窗样式,在造型上借鉴花窗造型,融入花窗的古典元素,抽象为网格形状,既能加强拱桥横向稳定性,又能提升桥梁的景观效果(见图 11)。整体造型恢弘大气,细节构造又不失扬州园林美韵。当阳光透过网格化

风撑洒在河中,在桥面上投下斑驳光影,与扬州古城气息完美融合。古今交融的风格,传递着吉祥富贵、繁荣昌盛的祝福。



图 11 华扬东路跨京杭运河大桥效果

7 主桥施工

主桥施工方案与通航要求密切相关,本工程经与航务管理处沟通确认,施工期间可在京杭运河河中设置临时墩,同时需满足施工期间通航需求,临时通航孔宽度不小于 80 m。

结合扬州已建京杭运河桥采用水中设临时墩的成熟经验^[10],综合考虑施工措施费用,主桥采用顶推法施工(见图 12),步骤如图 13 所示^[11]。

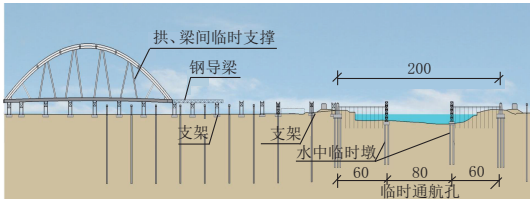


图 12 华扬东路大桥顶推施工示意图

1	● 搭设栈桥及施工平台,预留80 m临时通航孔; ● 桥梁基础、墩身施工,临时墩施工。
2	● 在主体结构墩顶及临时墩顶安装顶推装置; ● 在顶推平台上拼接钢主梁和钢导梁,支架上拼接拱肋,对钢主梁及拱肋进行持续顶推。
3	● 钢主梁及钢拱肋顶推到位,落梁并拆除钢导梁; ● 安装并张拉部分吊杆,拆除部分临时支撑;拆除剩余临时支撑;安装并张拉剩余的吊杆。
4	● 拆除栈桥、临时墩和拼接平台,调整吊杆索力; ● 在钢主梁上安装全部预制桥面板,张拉水平系杆,附属结构施工。

图 13 主桥顶推法施工步骤

8 结 语

华扬东路跨京杭运河大桥工程的建设优化了扬州中心城区主干路网体系,改善了组团间的联系,为区域发展提供支撑并注入了新的活力。工程不仅是城市主干路网的关键一环,也是跨越京杭运河的大型景观建筑物。

从工程建设的总体方案到跨航道主桥的景观设计,本文做了比较全面的介绍,关键点如下:

(1)跨航道桥梁主桥跨径的选择需重点考虑航评、洪评要求,主墩的设置需结合现状条件,尽可能避免施工期间对现状构筑物的破坏,规避因方案不合理造成的二次工程投资。同时需要考虑墩柱对船舶通航视线的影响。

(2)主墩基础布置,需结合地质条件,从桩-承台-墩柱整体受力性能、施工便利性、综合造价等方面进行综合比选,做到紧凑合理。

(3)跨航道桥梁自身为区域标志性建筑,有一定的景观要求。桥型选择需结合现状周边桥梁型式,从合理性、经济性、景观性综合考虑。

(4)主桥、引桥主要构件尺寸的选型,在技术和经济指标上应尽量合理,避免过度设计造成浪费。

(5)桥梁景观设计应结合当地城市风格和文化进行元素提炼和演化,做好细节处理,形成独具特色的景观效果,避免千篇一律。

参考文献:

[1] 江苏中设集团股份有限公司. 华扬东路跨京杭运河大桥建设工程(华扬路跨京杭大运河通道)设计文件[Z]. 无锡:江苏中设集团股份有限公司, 2025.

[2] CJJ 11—2011 城市桥梁设计规范(2019年版)[S].

[3] 郑强. 扬州万福快速路及京杭大运河大桥总体方案[J]. 城市道桥与防洪, 2020(5): 84-86.

[4] 郑强. 扬州中心城区跨京杭运河桥方案研究[J]. 城市道桥与防洪, 2023(6): 82-85.

[5] 范佐银. 兰州市深安黄河大桥设计[J]. 城市道桥与防洪, 2013(7): 66-68.

[6] 邹小洁, 盛勇, 卢永成, 等. 九堡大桥主航道桥组合结构桥面系设计[C]//2010组合结构桥梁和顶推技术应用学术会议论文集, 2010: 35-39.

[7] 周云岗, 洪惠卿, 鄢余文. 上海浦星公路 230m 组合桥面系杆拱桥设计[J]. 中国市政工程, 2024(5): 16-19.

[8] 华设设计集团股份有限公司. 二里桥路跨京杭运河节点工程设计文件[Z]. 南京:华设设计集团股份有限公司, 2022.

[9] 郭昭含. 园林主题在丝巾图案中的创新设计——以扬州何园为例[J]. 服装服饰设计, 2023(1): 76-78.

[10] 鄢余文, 孙一鸣. 扬州江广快速路连续钢桁架拱桥设计与计算[J]. 城市道桥与防洪, 2022(10): 81-84.

[11] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 一种大跨度组合体系拱桥顶推施工措施: CN201821593447.4[P]. 2018.09.28.