

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2022.09.017

# 济宁市内环快速路桥梁工程总体设计

李永君, 宗志荣, 刘思维

[上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

**摘要:** 济宁市内环快速路项目桥梁工程包含主线高架、互通立交4座、出入口匝道26对、跨京杭大运河桥2座、跨新兗铁路桥2座, 全线位于煤矿采空区。针对项目建设难点, 以绿色建造理念为指导, 桥梁设计大规模采用预制拼装技术, 建成山东省首座全预制拼装城市高架桥。重点介绍了该项目桥梁工程的总体设计、BIM设计、关键节点设计情况。工程建设期间, 桥梁全预制拼装技术的成功运用收到了良好社会效果。

**关键词:** 高架桥梁; 总体设计; 预制拼装; 跨运河; 跨采空区

**中图分类号:** U442.5

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2022)09-0071-04

## 1 工程概况

济宁市位于山东省西南部, 淮海平原与鲁中南山地交接地带。长期以来, 因煤矿的压覆、采空等非可开发用地的阻隔以及京杭运河、新兗铁路、高速公路等屏障的割裂, 济宁市呈现多组团独立发展的空间结构。各组团间及其内部联系通道不足, 过境与到发交通叠加严重, 高峰时段关键节点拥堵严重。为改善城市交通出行环境, 促进各功能组团的融合、优化资源合理配置, 提升城市整体竞争力, 2017年济宁市政府提出构建主城区“两环八联+井字形快速路”的城市道路网, 内环快速路是其中的“核心一环”, 如图1所示。该项目线路全长41 km, 其中高架桥梁36 km, 地面道路5 km(见表1)。全线桥梁长度占比在88%以上, 有多座大跨径桥梁, 桥梁工程的总体设计尤为重要<sup>[1]</sup>。



图1 济宁市内环快速路总平面布置图

收稿日期: 2021-12-28

作者简介: 李永君(1978—), 男, 工学硕士, 教授级高级工程师, 从事桥梁设计咨询和研究工作。

表1 济宁市内环快速路规模统计表

| 序号 | 项目名称 | 道路总长/km | 桥梁总长/km | 桥梁面积/万 m <sup>2</sup> |
|----|------|---------|---------|-----------------------|
| 1  | 宁安大道 | 6.43    | 5.82    | 17.75                 |
| 2  | 济宁大道 | 12.62   | 7.91    | 24.51                 |
| 3  | 济水大道 | 10.65   | 10.65   | 35.79                 |
| 4  | 任城大道 | 11.30   | 11.30   | 43.45                 |
| 合计 |      | 41      | 35.68   | 121.5                 |

## 2 建设难点

该项目桥梁总体设计有以下难点问题:

- (1) 快速路沿现有道路敷设, 沿线多为建成区, 邻近物流园区, 靠近市政府, 施工期间交通影响敏感;
- (2) 济宁市是京津冀大气污染传输通道“2+26”城市之一, 施工期间, 对空气污染防治要求严格;
- (3) 快速路多次跨越京杭运河、老运河、新兗铁路和煤矿采空区等控制性节点, 条件复杂。

基于以上建设难点, 确定以大规模预制拼装为该项目的桥梁工程的主要施工技术。

## 3 设计理念

近年来, 在绿色建造理念的推动下, 国内城市高架桥建设越来越多地采用预制拼装施工技术。与传统的现浇施工方式相比, 预制拼装施工有以下优点<sup>[2]</sup>:

- (1) 预制拼装技术以工厂化专业生产代替施工现场人工浇筑作业, 减少了现场作业人员, 降低了施工安全风险, 同时提高了施工质量。
- (2) 构件在工厂中预制时, 可以同步开展管线搬迁, 缩短现场施工工期, 减少对交通的影响。
- (3) 降低施工能耗、排放和扬尘, 污染防治和文明

施工显著提升。

(4)预制场、设备和模板可以重复利用,降低工程造价,提高经济性。

济宁是“孔孟之乡”、“运河之都”、历史文化名城和滨水生态旅游城市。为了降低内环快速路建设对城市风貌的影响,桥梁工程总体设计遵循“标准化设计、工厂化预制、装配化施工”的绿色设计理念,在全线标准路段大规模采用预制拼装桥梁技术。施工期间,统筹规划运梁路线,集中建设桥梁预制场。图2为项目桥墩预制场。在跨越京杭运河时,桥型选用还充分考虑了与既有老桥的景观协调性(见图3)。



图2 桥墩盖梁预制场



图3 济宁大道跨京杭运河辅道桥

## 4 技术标准

- (1)道路等级:城市快速路。
- (2)主线车道:6车道。
- (3)设计车速:80 km/h。
- (4)汽车荷载等级:城-B级。
- (5)桥梁设计基准期:100 a。
- (6)设计安全等级:一级。
- (7)结构环境类别:Ⅱ类。
- (8)设计风速:100 a一遇, $V_{10}=27.2$  m/s。
- (9)地震基本烈度7度,水平向地震动峰值加速度0.05g,抗震设防分类乙类,抗震措施等级8度。

## 5 总体设计

### 5.1 跨径布置

城市高架桥的标准跨径一般在20~40 m,需综合考虑地质条件、运输重量、外观造型、经济指标等因

素。济宁主城区地貌类型属于冲积洪积平原亚区,桩基础采用钻孔灌注桩,按摩擦桩设计,桩基持力层为黏土或中砂,一般桩长在50 m左右。为降低预制构件的起吊重量,标准跨径采用27~31 m,3~4跨为一联。在横向路口处,为满足横向地面道路的交通需求,采用40 m、50 m、60 m跨径,路中不设桥墩<sup>[3]</sup>。

### 5.2 梁型选择

按照全预制拼装桥梁的设计理念,综合考虑桥梁景观、结构性能和跨径要求,高架桥标准段采用预制小箱梁。目前国内预制小箱梁一般采用“简支结构桥面连续”和“简支变连续结构”两种做法。根据该项目煤矿采空区场地稳定性分析与评价报告,无法采用路基方式、必须采用高架桥通过的采空区路段,建议采用简支结构桥梁,以适应可能发生的沉降,降低对结构安全的影响<sup>[4]</sup>。因此,预制小箱梁采用简支结构桥面连续。

在路口处,高架跨径需要45~60 m,超出了混凝土小箱梁的跨径范围。考虑到施工期间路口处交通流量大,梁型应便于制造和运输,安装应尽可能简便快速,同时还要兼顾经济性和耐久性,因此采用简支钢混组合小箱梁,采用鱼腹式变高度梁,与两侧混凝土小箱梁顺接,使得跨路口桥型与标准段桥型设计风格保持统一。为提高城市景观效果,采用外观轻盈的倒T型盖梁,桥下空间视觉通透(见图4)。桥梁排水管隐藏在盖梁和立柱表面的凹槽内,以细节设计提升工程品质。

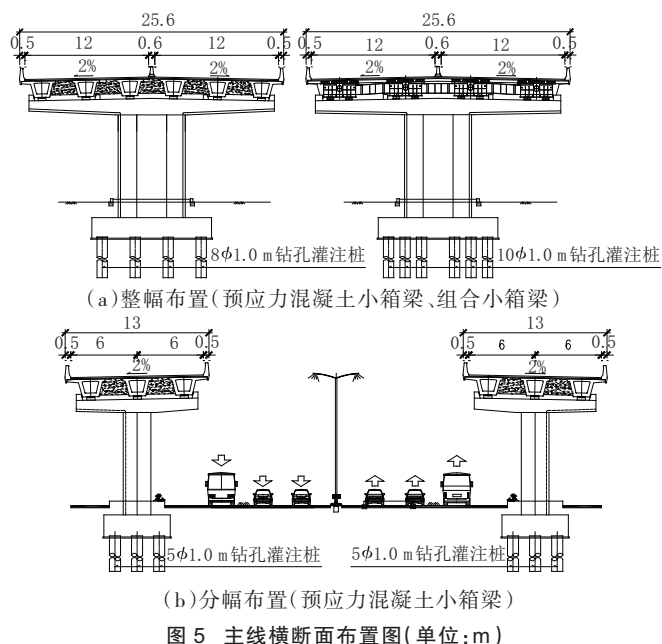


图4 主线高架建成实景图

### 5.3 断面布置

标准段27~31 m跨径小箱梁:6车道25.6 m桥宽,布置6片梁,每墩8根1.0 m桩;3车道13.0 m桥宽,布置3片梁,每墩5根1.0 m桩。路口处50 m跨径钢混组合梁:6车道25.6 m桥宽,布置4片梁,每墩10根1.0 m桩(见图5)。预制立柱与承台之间采用灌浆套筒连接,预制盖梁与立柱之间采用灌浆波纹管连接。





## 6 BIM设计

该项目桥梁工程开展了BIM正向设计工作。总体设计采用上海市政总院自主研发的SMEDI-BD-BIM桥梁智能化软件平台,在完成二维设计图纸输出的同时,自动生成全桥BIM总体模型。桥梁单体构件设计采用CATIA软件,对钢筋、套筒和波纹管等结构进行碰撞检查、优化设计、提高精度。总体BIM模型用于施工方案和施工组织设计,单体BIM模型使施工交底更加直观、细致(见图6)。BIM正向设计为全预制桥梁设计和施工提供了精度保证。

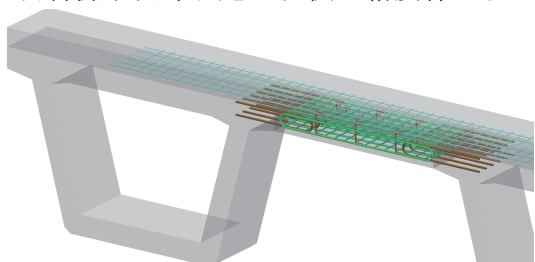


图6 小箱梁湿接缝施工交底BIM模型

## 7 关键节点

该项目两次跨越京杭运河,两次上跨新兖铁路,全线位于煤矿采空区,设计条件复杂。本节具体介绍上述节点设计情况。

### 7.1 跨京杭大运河桥

京杭大运河济宁段既为水运通道又为南水北调东线干线,通航、环保、景观三方面要求突出。该工程两处拓宽改造既有京杭大运河桥,其中济宁大道处老桥为两幅主跨100m的中承式系杆拱桥,济水大道处老桥为两幅主跨80m预应力混凝土连续梁。通

过多方案论证,结合国内外既有大型桥梁拓宽改造案例,两处京杭运河桥均采用大跨钢结构连续梁,减小新建桥梁对既有桥梁景观的影响,确保新老桥梁景观融合。上述两座桥梁施工前,均编制专项施工防护措施,避免桥梁施工期间对运河水质的污染。

济宁大道跨京杭大运河桥采用85m+100m+70m+65m=320m跨径布置,单幅桥宽19.5m。主梁采用变高钢结构连续梁,单箱双室,中支点梁高5.0m、4.0m,边支点及跨中梁高2.5m。由于桥宽较宽,主跨采用小节段桥面吊机悬拼法施工,边跨采用支架法使用350t及200t汽车吊进行钢梁节段安装。100m主跨纵向共分为15个节段,每个节段长6.0~8.65m,横向不分段。除0#、1#节段现场支架拼装外,其余节段均由驳船运输至桥位处,单个节段最大吊重99t,采用120t桥面吊机进行悬臂拼装(见图7)。



图7 济宁大道跨京杭运河桥吊装施工

济水大道跨京杭大运河桥采用61m+110m+61m=232m跨径布置,单幅桥宽13.0m。主梁采用变高钢结构连续梁,单箱单室,中支点梁高6.0m,边支点及跨中梁高2.5m。由于桥宽较窄,主跨采用大节段浮吊吊装施工,边跨采用支架法使用150t汽车吊进行钢梁节段安装。110m主跨纵向共分为9个节段,每个节段长9.0~15m。除0#节段外,其余节段均横向分为4段,由公路运输至桥位处,在桥下完成横向拼装,单个节段最大吊重164t,采用300t浮吊进行悬臂拼装(见图8)。



图8 济水大道跨京杭大运河桥吊装施工

### 7.2 跨新兖铁路桥

宁安大道跨新兖铁路转体桥采用单幅2×60mT

构,桥宽 29.9 m,转体角度  $81.81^\circ$ ,转体重量 18 000 t。济水大道跨新兖铁路转体桥采用双幅  $2 \times 58$  m T 构,桥宽 17.3 m,转体角度  $78^\circ$ ,单幅转体重量 13 000 t (见图 9)。新兖铁路与京广、京九、京沪三大南北干线相交,平均每 15 min 就有一趟列车通过,对转体桥梁合龙的精度和线形等技术标准要求高。通过 2 台千斤顶牵引,经过 45 min 转体,梁体实现精准对接。



图 9 济水大道跨新兖铁路桥转体桥施工

### 7.3 采空区设计策略

济宁是全国重点开发的八大煤炭基地之一,年产煤占山东省 60%。该项目沿线分布着济宁二号煤矿、安居煤矿、唐口煤矿、运河煤矿、岱庄煤矿、许厂煤矿等 6 座煤矿。根据采空区稳定性评价报告,内环快速路实施范围内采空区场地稳定性为稳定、基本稳定和欠稳定<sup>[4]</sup>(见图 10)。

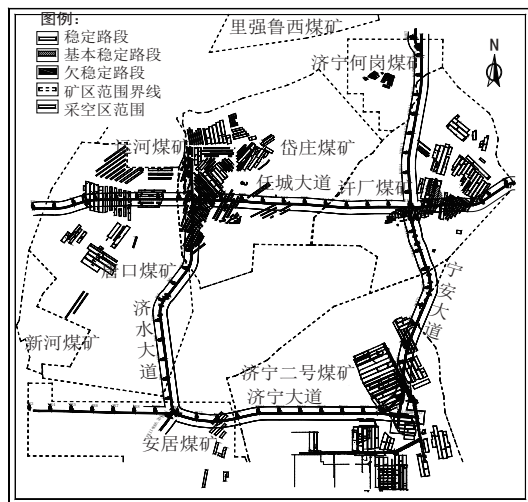


图 10 内环快速路沿线采空区场地稳定性评价分区图

采空区采取以下设计策略:

(1)对于稳定路段:采用简支结构桥梁通过,并

设置防落梁构造。

(2)对于基本稳定路段:优先采用路基形式,并对路基进行加固,采取柔性路面设计;必须以桥梁方式通过时,延迟修建计划。

(3)采空区路段快速路建成后,设立移动变形观测站,并进行定期观测,发现问题及时处理。

## 8 结 语

该项目于 2019 年 3 月起陆续开工,经过 21 个月的建设,于 2020 年 12 月建成通车。4 条快速路累计通车里程 41 km,含互通立交 4 座,出入口匝道 26 对,跨京杭大运河、古运河、洸府河、新兖铁路桥等重要桥梁 10 座,极大优化了主城区的快速立体交通体系,拉动了主城区各板块融合发展,构筑了“高快一体化”交通格局,成为建设淮海经济区中心城市的重大基础设施引擎,标志着济宁市迈入了立体交通新时代。

在规划和设计阶段,以可持续发展理念为指导,桥梁工程总体设计对桥梁全寿命周期的设计、施工、运营、养护、维修、拆除进行全面考虑,尽最大可能降低对城市交通和环境的不利影响<sup>[5]</sup>。工程建设期间,桥梁全预制拼装技术的成功运用收到了良好社会效果。希望该项目的设计和工程实践能为国内城市桥梁的高质量建设提供参考和借鉴。

### 参考文献:

- [1] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 济宁快速路初步设计[Z]. 上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 2019.
- [2] 李永君. 赣州快速路桥梁工程总体设计与创新技术[J]. 城市道桥与防洪, 2020(8): 103-107.
- [3] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 济宁快速路施工图设计[Z]. 上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 2019.
- [4] 山东省鲁南地质工程勘察院. 济宁市快速路工程(一期)煤矿采空区场地稳定性分析与评价[Z]. 济宁:山东省鲁南地质工程勘察院, 2018.
- [5] 邵长宇. 基于“可持续发展工程”理念的城市桥梁技术展望[J]. 城市道桥与防洪, 2010(9): 8-10.