

城市立交预制拼装桥梁设计

翟志轩

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:以淄博市一环快速路淄博站枢纽立交桥为背景,介绍了预制拼装桥梁在城市立交中的设计及应用。该立交桥的上部结构采用钢-混组合梁和混凝土小箱梁全预制拼装体系,以及变宽双边箱组合梁、组合桥面板等多种新型结构形式;下部结构则采用预制与现浇结合的施工方法,从而实现了城市桥梁特别是异形桥梁的标准化设计和工业化建造。另外,为使桥梁外形协调美观,还对该立交桥整体外观、墩柱造型和构造细节等进行了景观设计。预制拼装技术的应用,提升了桥梁工程品质与施工效率,降低了对城市交通与环境的影响。

关键词:城市立交;桥梁设计;组合结构;预制拼装;异形桥梁;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)03-0168-05

Design of Prefabricated Assembled Bridge for Urban Interchange

ZHAI Zhixuan

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Taking Zibo Station Hub Interchange in Ring I Expressways of Zibo as the background, the design and application of prefabricated assembled bridge in urban interchange are introduced. The superstructure of this interchange is a fully prefabricating assembling system of steel-concrete composite beam and small concrete box beam, featuring a variety of new structural forms such as widened double-sided box composite beams and composite bridge decks. The substructure is constructed by a combination of prefabricated and cast-in-place methods. As a result, the standardized design and industrialized construction is realized for the urban bridges, even for special-shaped bridges. In addition, to ensure the coordinated and aesthetic appearance of the bridge, the landscape design is carried out for the overall outline, pier column shaping and structural details of the interchange. The application of prefabrication assembly technology can enhance the engineering quality and the construction efficiency of the bridge, and reduce the impact on the urban traffic and the environment.

Keywords: urban interchange; bridge design; composite structure; prefabrication assembly; special-shaped bridge; landscape design

0 引言

随着绿色、可持续发展理念在建设领域的实践和工业化水平的提升,我国桥梁预制拼装技术近年来得到了广泛推广^[1]。该技术通过工厂化生产,显著提高了施工效率,具有良好的可靠性与耐久性^[2]。预制拼装技术在城市立交等异形桥梁中也得到了实践。例如:深圳望鹏立交在异形段应用双窄箱组合梁设计^[3];南宁市竹溪立交曲线段采用单箱双室整幅组合梁^[4];温州市七都大桥北汉桥变宽段采用变宽槽型钢梁的组合梁结构^[5]。

预制拼装技术在异形桥梁中的应用,尚存在标

准化程度低,对弯桥及宽桥适应性弱等不足。针对以上局限,本文以淄博站枢纽立交为工程背景,采用变宽双边箱组合梁、组合桥面板等多种新型结构,实现了异形桥梁的标准化设计,并将预制拼装技术应用于弯桥及超宽桥梁,形成了覆盖异形段的城市立交桥成套解决方案。

1 项目概况

淄博市一环快速路全长约39 km,是城市路网的核心环。淄博站枢纽立交是联系淄博站枢纽与一环快速路的关键节点,承担淄博站道路系统与一环快速路到发交通的快速集散功能^[6]。该立交采用双向进出的交通组织模式,设置L1~L3, A1~A4等7条匝道,实现了快速路东、西2个方向主线与淄博站2层落客平台、地面道路及地下停车场出口的快速衔接。

收稿日期:2025-08-30

作者简介:翟志轩(1980—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计及研究工作。

淄博站枢纽立交鸟瞰图见图 1。



图 1 淄博站枢纽立交鸟瞰图

立交主线平面线形以直线为主,标准段桥宽 25.6 m。匝道除 A2、L2 部分区段与主线平行外,其他均位于曲线段,最小圆曲线半径为 50~80 m,桥宽 8.5~23.5 m,变化较为剧烈,汇入汇出段较多^[7]。

2 总体设计方案

2.1 总体设计思路

(1)立交设计应满足交通功能要求^[8]。桥型方案需满足主线及匝道的平立面布置,对弯桥、变宽段等复杂区段具有良好的适应能力。

(2)立交方案应紧密结合场地施工条件。工程建设期间对淄博站枢纽运营影响较大,桥梁方案应满足施工周期短、施工方便、临时用地少等要求,减小对既有交通与环境的影响^[9]。

(3)桥梁设计应注重地面、地下已有和规划建筑物、管线等的协调与保护。立交多次跨越地面道路、河道、地铁预留区间,桥下净空须满足行车、排洪等界限要求。同时,地面限制条件较多,应尽量降低桥梁结构高度,减少桥梁长度。

(4)桥梁设计应注重景观造型^[10]。工程位于中心城区,正对淄博站广场,是展示城市形象的重要窗口,应体现城市风貌与时代特色。

2.2 桥梁结构选型

为减少对城市运行和市民生活的干扰,该项目以预制拼装技术为核心设计思路。上部结构采用混凝土小箱梁和钢-混凝土组合梁全预制拼装体系。混凝土小箱梁具有经济性好、工艺成熟、施工速度快的优点,但对弯桥、变宽桥等复杂结构的适应性有限,故主要应用于直线段。钢-混凝土组合梁受力性能优良,跨越能力强,而且施工速度快,现场安装质量高,抗疲劳性能好,对异形桥梁结构的适应性强^[11-13],主要应用于大跨和异形桥梁。2 种上部结构形式对比见表 1。考虑运输和安装的便利性,上部结构均采用多片梁形式^[14]。

表 1 2 种上部结构形式对比表

对比项目	混凝土小箱梁	钢-混凝土组合梁
适用范围	标准段	大跨、异形段
经济跨径/m	25~35	25~50
施工方法	工厂预制,现浇湿接缝	钢梁工厂预制,桥面板预制或现浇
施工周期	3 个月	3~4 个月
综合造价	一般	略高

立交主线标准段采用混凝土小箱梁,跨越地面道路、河道及地铁预留限界则采用简支组合梁。下部结构为混凝土盖梁及双柱墩,立柱、盖梁采用预制拼装技术,承台现浇,基础采用钻孔灌注桩。立交主线实景图见图 2。



图 2 立交主线实景图

立交匝道直线等宽段全长 485 m,采用预应力混凝土小箱梁,占匝道总长的 16.8%;弯桥、变宽段及分叉段等异形桥梁全长 2 400 m,采用组合梁,占比 83.2%。下部结构原则上采用单立柱+混凝土盖梁形式。

3 桥梁结构设计

3.1 主线和匝道小箱梁

主线小箱梁标准跨径 30 m,为预应力混凝土小箱梁,采用结构简支、桥面连续体系。桥宽 25.6 m,横向布置 8 片梁。

主线小箱梁标准断面图见图 3。

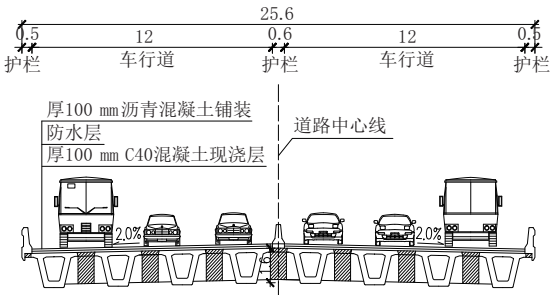


图 3 主线小箱梁标准断面图(单位:m)

匝道小箱梁标准跨径 30 m,部分跨径根据道路线形及现场条件作适当调整。标准桥宽 8.5 m,由 3 片小箱梁组成。

主线与匝道小箱梁结构基本统一,便于大规模

工业化预制,提高施工效率^[15]。梁高1.6 m,边梁宽2.23 m,中梁宽2.15 m。采用C50混凝土。

3.2 主线组合梁

主线组合梁采用简支梁,跨径40 m,梁高1.6 m。桥宽25.6 m,布置4片槽型钢梁。外侧腹板与小箱梁对齐。

主线组合梁标准横断面见图4。

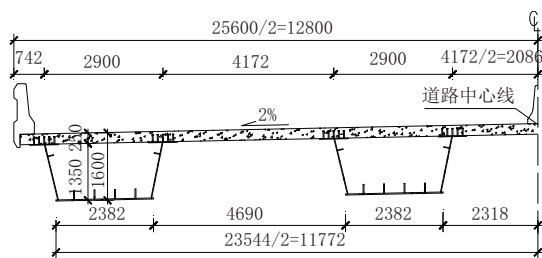


图4 主线组合梁标准横断面图(单位:mm)

钢梁梁高1.35 m,上翼缘宽度0.7 m,钢梁上翼缘中点间距2.9 m。中横梁为工字形,标准间距6 m,梁高0.7 m;端横梁为工字形,梁高1.35 m。采用Q345qD钢材,局部采用Q420qD。

混凝土桥面板厚0.25 m,分块预制,吊装就位后浇筑湿接缝。

横向分片的多箱组合梁采用单箱大节段吊装工艺,每跨仅在跨中设1处临时墩,提高了施工效率,减少了场地占用。

3.3 匝道组合梁

匝道弯桥、变宽桥等异形桥梁采用双边箱组合梁。钢箱梁规格统一,便于工厂制造,施工效率较高,经济性较好。

匝道组合梁采用闭口钢箱梁,形成钢梁+钢-混凝土组合桥面板结构体系,整体性好,抗扭能力强,对曲线梁适应性好;钢顶板兼做混凝土底模和施工临时平联,方便施工。

匝道组合梁分为2种类型:半径较小的等宽桥采用等宽段组合梁,混凝土桥面板厚0.18 m;变宽桥、汇入汇出段等异形桥梁采用变宽段组合梁,混凝土桥面板厚0.25 m。

3.3.1 等宽段组合梁

等宽段组合梁跨径20.2~46.8 m,桥宽分别为8.5、9.55、10 m,横桥向布置2片钢箱梁。

匝道等宽段组合梁断面图、实景图见图5、图6。

匝道等宽段组合梁高1.6 m,其中钢梁高1.42 m,采用双边箱断面。中横梁为工字形,标准间距4 m,横梁高0.7 m。边支点与中支点横梁为箱型断面,宽

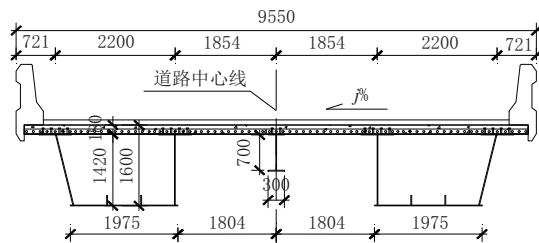


图5 匝道等宽段组合梁断面图(单位:mm)



图6 匝道等宽段组合梁实景图

度分别为1.8、2.0 m。桥宽9.55、10 m的等宽段组合梁在结构中心线处设置1道工字形小纵梁。采用Q345qD钢材,局部采用Q420qD。

匝道等宽段组合桥面板高0.18 m,采用加劲埋置式组合桥面板,即加劲肋在钢板上方,并埋置在混凝土桥面板内。加劲肋高0.1 m,标准间距0.4 m,内穿钢筋,兼作开孔板剪力键。

3.3.2 变宽段组合梁

变宽段组合梁跨径23.5~32 m,桥宽8.5~23.5 m。考虑到桥宽较小时3片箱梁布置不便,故变宽段均为2片钢箱梁。钢箱梁构造一致,通过调节横梁长度来适应不同的桥面宽度,提高了工厂制造和现场安装的效率,对桥宽变化的适应性良好。

匝道变宽段组合梁断面图、实景图见图7、图8。

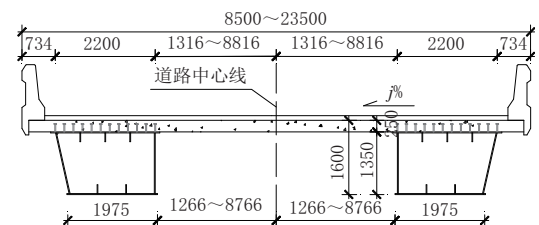


图7 匝道变宽段组合梁断面图(单位:mm)

匝道变宽段组合梁高1.6 m,其中钢梁高1.35 m。中横梁为工字形,标准间距4 m,横梁高1.35 m。边支点与中支点横梁为箱型断面,宽度分别为2.0、2.5 m。采用Q345qD钢材。

匝道变宽段组合桥面板厚0.25 m,变宽段横梁较宽,故桥面板按纵向单向板设计。



图8 匝道变宽段组合梁实景

匝道变宽段组合梁施工顺序为:首先工厂制造钢构件;然后现场设置临时支撑拼装钢梁,焊接成整体;最后现场浇筑C50低收缩混凝土桥面板。桥面板采用分批浇筑,首先浇筑正弯矩区混凝土,待其与钢梁结合后,再浇筑负弯矩区混凝土。

3.4 主线下部结构

主线盖梁、立柱均采用预制拼装工艺,如图9所示。盖梁采用自重较轻的平头盖梁,并进行造型设计,以减轻视觉上的厚重感。



图9 主线预制盖梁吊装

主线标准段下部结构为大挑臂预应力混凝土盖梁+双柱式桥墩。盖梁长24.5 m,挑臂长8.5 m,顶宽2.3 m,底宽1.5 m。梁高2.3 m,梁底曲线为圆弧线。顶面设2%横坡。考虑到工厂具有较好的施工条件,盖梁采用C60高性能混凝土,以减轻盖梁重量,方便运输和吊装。盖梁吊重约250 t。立柱截面尺寸为1.6(横)m×1.8(纵)m,设0.15 m圆弧倒角,最大吊重约100 t。立柱中心距5.9 m,采用C40混凝土。

盖梁与桥墩、桥墩与承台间通过灌浆套筒形式连接,套筒内灌注无收缩水泥灌浆料填实,接缝处采用高强无收缩砂浆垫层。高度大于13 m的立柱采用分节段预制安装,柱间接缝采用环氧黏接剂。为了减少现场封锚工作量,降低预应力张拉对盖梁钢筋的影响,盖梁预应力锚固采用深埋锚。

主线承台横向宽度8 m,顺桥向宽度6.25 m,厚

度2.4 m,采用C30混凝土。预制立柱嵌入承台0.1 m,以提高立柱与承台套筒连接接缝处的耐久性。基础采用4根钻孔灌注桩,桩径1.5 m,桩长27~42 m,采用C30水下混凝土。

3.5 匝道下部结构

匝道桥墩等宽段采用独柱墩+小挑臂平头盖梁,部分变宽段采用双立柱或双立柱带平头盖梁形式,个别墩柱因场地限制采用独柱固结墩。

等宽段盖梁为预应力混凝土平头盖梁,长7.54 m,挑臂长2.97 m,梁高1.9 m,顶宽2.0 m,底宽1.3 m。立柱截面尺寸分别为1.6 m×1.6 m、1.6 m×1.8 m、1.8 m×1.8 m。

匝道标准段盖梁立柱采用与主线类似的预制拼装工艺,变宽段盖梁与立柱为非标构件,在工厂胎架上集中绑扎钢筋笼,整体运输至桥位吊装,现场浇筑混凝土。

匝道承台为矩形,横向宽度5.5 m,顺桥向宽度4.5 m,厚度2.0 m,采用C30混凝土。基础为4根钻孔灌注桩,桩径1.0 m,桩长25~38 m,采用C30水下混凝土。

4 桥梁景观设计

作为连接高铁站与快速路的枢纽,该工程是淄博的“城市会客厅”,理应成为一道展现城市风貌的风景线。桥梁景观造型是本次设计的重点之一。经综合论证,桥梁上部结构梁高统一为1.6 m,各梁型的挑臂外伸长度与腹板斜率一致,外轮廓协调统一,整体视觉效果简洁大气。

盖梁与立柱构造进行了独创性的造型设计。盖梁侧立面采用上端折线+下端内凹圆弧设计,有效削弱了体量感。正立面底缘同样采用圆弧线,梁底曲线与侧面曲线实现了呼应。

立柱上端延伸至盖梁下部的内收段,二者融为一体,凸显立柱的挺拔,降低了盖梁视觉高度。整体结构刚柔并济,含蓄大气。

立交下部结构实景图见图10。

立柱预设排水管凹槽,弱化排水竖管的突兀感,并丰富了侧立面造型。抗震挡块采用隐形设计,布置在主梁内侧,使桥梁侧面更加流畅。

5 结 语

(1)上部结构全部采用组合梁、混凝土小箱梁等预制拼装结构,提升了工程品质,提高了工业化水



图10 立交下部结构实景图

平,缩短了建设周期。

(2)下部结构类型统一,便于模板复用,节约造价;标准段盖梁与立柱采用预制拼装技术,减少了对交通与环境的影响。

(3)匝道异形桥梁应用新型组合梁结构,解决了异形桥梁预制装配技术难题。通过变宽双边箱组合梁、组合桥面板和横向分片等结构形式,实现了异形桥梁钢主梁规格统一,便于工厂化生产和快速施工。

(4)注重景观设计,上部结构各类梁型外观协调统一。下部结构造型为独创,简洁美观,融入城市环境。

(5)目前工程已建成通车,总体运行良好,并获上海市优秀工程勘察设计项目评定二等奖。

参考文献:

- [1] 邵长宇. 梁式组合结构桥梁[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [2] 卢永成, 黄虹, 吴东升, 等. 桥梁预制拼装技术[M]. 北京: 人民交通出版社, 2021.
- [3] 卢永成. 桥梁工业化建造综述[J]. 城市道桥与防洪, 2024(11): 4-8; 16.
- [4] 聂建国, 樊健生, 何志芬, 等. 南宁市竹溪大道立交匝道桥设计[J]. 桥梁建设, 2005(4): 35-37.
- [5] 陈海兴, 周捷, 李亮亮. 变宽钢-混凝土组合梁桥设计与施工[J]. 公路, 2020, 65(9): 102-106.
- [6] 周华保, 焦守法, 张帅帅, 等. 淄博市一环快速路总体方案研究[J]. 城市道桥与防洪, 2022(2): 24-28.
- [7] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 淄博市城市快速路网建设一期工程施工图[Z]. 上海: 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 2021.
- [8] JTG/T D64-01—2015 公路钢结构桥梁设计规范[S].
- [9] 邵长宇. 城市高架组合结构桥梁国际发展概况[J]. 上海公路, 2008(1): 28-31.
- [10] 张德明, 夏春原, 汤虎, 等. 富有造型特色的高架桥预制拼装桥墩设计实践[J]. 城市道桥与防洪, 2025(4): 113-117.
- [11] 刘玉擎. 组合结构桥梁[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [12] 陈宝春, 牟廷敏, 陈宜言, 等. 我国钢-混凝土组合结构桥梁研究进展及工程应用[J]. 建筑结构学报, 2013, 34(增刊1): 1-10.
- [13] 聂建国, 陶慕轩, 吴丽丽, 等. 钢-混凝土组合结构桥梁研究新进展[J]. 土木工程学报, 2012(6): 110-122.
- [14] 韦建刚, 陈宝春, 刘永键, 等. 近十年我国桥梁组合结构研究与应用进展[J]. 福建理工大学学报, 2025, 23(1): 1-32.
- [15] 赵晓龙. 宿州市迎宾大道二期快速化改造工程桥梁预制拼装技术应用[J]. 城市道桥与防洪, 2025(5): 106-110.

(上接第147页)

3 结 语

该文以软基路段老路拼宽改造为例, 结合理正对不同软基处理方案的沉降计算, 得出以下结论:

(1)老路受材料及处理方式的影响, 存在残余沉降的可能, 需对老路现状沉降进行分析, 明确老路剩余沉降量, 方便后期处理型式的选取。

(2)在软土深度不深(小于15 m)的情况下, 采用水泥搅拌桩+泡沫混凝土换填处理可以有效降低新建路基工后沉降, 满足桥头路段沉降要求。

(3)选取拼宽路段软基处理型式时, 应充分考虑老路沉降、拼宽路基沉降、施工便利、质量控制等多个方面的因素, 综合选取最优方案。

参考文献:

- [1] TB 10035—2018 铁路特殊路基设计规范[S].
- [2] 王明帅, 孙红, 牛富俊, 等. 软土地区高速公路改扩建工程地基沉降分析[J]. 公路工程, 2025, 50(2): 95-102.
- [3] 张翥. 高速公路拓宽路基差异沉降研究[J]. 工程与建设, 2021(6): 1242-1244.
- [4] 朱冬林, 曾伟, 孙红, 等. 软土区拓宽路基沉降机理的模型试验研究[J]. 路基工程, 2023(6): 128-133.
- [5] DB33/T 904—2021 公路软土地基路堤设计规范[S].