

青岛市新机场高速连接线(双埠—夏庄段) 工程桥梁工程总体设计

王玉祥

[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: 新机场高速连接线(双埠—夏庄段)工程是青岛市高快速路网的重要组成部分,也是胶东国际机场不可或缺的配套道路,全长约9.8 km,全线以高架桥梁为主。工程线位涉及既有铁路及高速、在建及规划地铁、机场限高区域、水源地保护区等多种复杂因素,边界条件复杂、实施难度大;而且,作为市区到胶东机场的“迎宾大道”,其地理位置尤为重要,桥梁景观定位高。对新机场高速连接线(双埠—夏庄段)工程桥梁总体布置、结构型式、节点方案、景观设计等设计要点展开的分析,可以为类似工程提供参考。

关键词: 快速路;高架桥梁;总体布置;结构设计

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)06-0140-05

Overall Design of Bridge Engineering in Qingdao New Airport Expressway Connecting Line (Shuangbu - Xiazhuang) Project

WANG Yuxiang

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

Abstract: The New Airport Expressway Connecting Line (Shuangbu - Xiazhuang) Project is an important part of the expressway network in Qingdao, and is also an essential supporting road of Jiaodong International Airport. Its total length is about 9.8 km mainly with the elevated bridge in the whole line. The engineering alignment involves many complex factors of existing railways and expressways, on-built and planned metros, height restriction area of airport, and water source protection area with the complex boundary conditions and great implementation difficulties. Furthermore, as the “Yingbin Avenue” from the urban area to Jiaodong Airport, its geographical location is particularly important, and the bridge landscape positioning is high. The design essentials in the overall layout, structural form, node scheme and landscape of the bridge in the New Airport Expressway Connecting Line (Shuangbu - Xiazhuang) Project are analyzed, which can be referenced for the similar projects.

Keywords: expressway; elevated bridge; overall layout; structural design

0 引言

新机场高速连接线(双埠—夏庄段)工程是青岛市高快速路网的重要组成部分,也是胶东国际机场不可或缺的配套道路。工程西起女姑口大桥,东至青银高速,全长约9.8 km。工程线位涉及既有铁路及高速、在建及规划地铁、机场限高区和水源地保护区等多种复杂因素,边界条件复杂、实施难度大。该项目作为市区到胶东机场的“迎宾大道”,地理位置尤其重要,桥梁景观定位高。建成后,本项目将成为青岛市主城区往返新机场最便捷、高效的快速通道,

同时也将为“上合示范区”和“胶东经济圈”一体化发展提供重要的交通保障。

1 桥梁概况

全线桥梁工程主要包括以下内容:主线高架桥、平行匝道桥、双流高架匝道桥(含现状高架拼宽)、夏庄立交桥、地面桥新建及拼宽改造、跨铁路转体桥等,桥梁总面积约33万m²。

2 主要技术标准^[1]

(1)道路等级:城市快速路(近、中期高架主路采用高速公路全封闭的管理模式,远期为城市快速路)。

(2)设计车速:主线桥100、80 km/h;平行匝道桥

收稿日期: 2024-07-03

作者简介: 王玉祥(1992—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

40 km/h;立交匝道桥 35~60 km/h。

(3)桥梁宽度:主线整幅段标准桥宽 26.6 m,分幅段单幅标准桥宽 22.85 m;平行匝道及双流高架匝道标准桥宽 9.0~9.75 m,立交匝道标准桥宽 10、11.75 m。

(4)桥梁设计基准期为 100 a;主体结构设计使用年限为 100 a。

(5)桥梁设计安全等级:一级。

(6)汽车荷载:城—A 级(上跨铁路桥为“城—A 级”的 1.3 倍)。

(7)抗震标准:桥位地震基本烈度为 7 度,水平向地震动峰值加速度为 0.10g;抗震设防分类为乙类;抗震设计方法为 A 类;抗震措施等级为 8 度。

(8)耐久性设计环境类别:Ⅱ类。

(9)栏杆防撞等级:主线高架及平行匝道桥 SS 级、SAm 级;地面桥 SA 级、Am 级;跨铁路转体桥 HA 级、SX 级、SAm 级。

(10)桥面防水等级:Ⅰ级。

3 主线桥梁总体设计

3.1 总体布置

主线高架桥梁长度约 7.8 km,包括常规段、跨路口及地铁和铁路等节点段、平行匝道等,桥面面积约 27.9 万 m²。标准结构为跨径 30 m 简支小箱梁,在布跨受限制时采用 26~29 m 跨径等高小箱梁,平行匝道与主线高架对齐布置。主线高架主要梁型一览表见表 1。

表 1 主线高架主要梁型一览表

梁型	主要适用位置	典型跨径/m	占比/%
预制小箱梁	常规段	30	70
钢混组合梁	跨路口等节点	40~60	20
耐候钢转体桥	跨铁路节点	2×120	5
现浇大箱梁	平行匝道等	30	5

3.2 上部结构型式

预制预应力混凝土小箱梁是目前城市高架标准段常用的结构型式。预制预应力混凝土小箱梁具有空心板及 T 梁的标准化设计、快速化施工、经济性好等显著优点,同时又能有效避免空心板跨越能力较小以及 T 梁桥下视觉效果较弱等缺点;相比现浇大箱梁,小箱梁可以采用梁场预制、现场安装的施工工艺,减小施工对现场环境和交通的影响;相比节段拼装大箱梁,小箱梁具有工艺简单、架设速度快、设备要求低、经济性好、变宽适应性好等优点。

钢混组合梁可充分发挥钢材和混凝土 2 种材料的性能,钢结构主梁由工厂预制,现场拼装,具有较好的耐久性、环境友好性、施工便利性,也是城市高架桥梁的常用结构型式,一般多用于跨路口等节点段。

通过对多种结构型的综合比选,本工程主线高架上部结构选型如下:

(1)标准段采用跨径 30 m 预应力混凝土小箱梁(见图 1),结构简支、桥面连续结构方案;



图 1 高架标准段:预应力混凝土小箱梁建成实景图

(2)跨越小规模路口(跨径 40~50 m),采用等高简支钢混组合小箱梁 1 跨跨越(见图 2);



图 2 跨小规模路口:等高简支钢混组合小箱梁建成实景图

(3)跨越大规模路口(跨径大于 50 m),采用变高钢混组合连续小箱梁方案(见图 3)。



图 3 跨大规模路口:变高连续钢混组合小箱梁建成实景图

3.3 盖梁结构型式

城市高架桥梁受地面辅路限制,盖梁一般需采用大挑臂形式,常用的盖梁结构型式为平头盖梁和倒 T 盖梁(见图 4)。

平头盖梁构造简单,盖梁为大悬臂受力状态时,

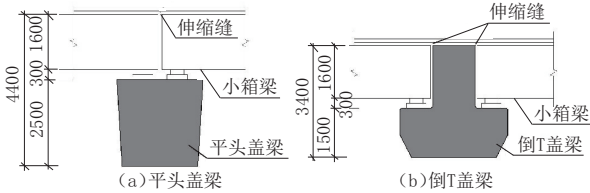


图4 盖梁构造示意图(单位:mm)

为满足受力要求,盖梁高度较高,因此会压缩桥下净空,景观性稍差。

倒T盖梁可以利用上部小箱梁梁高范围内的空间,有效降低盖梁外露高度约1 m(相比平头盖梁)。但由于倒T部分对两侧小箱梁的阻隔,桥面伸缩缝数量较平头盖梁增加1倍。

综合平头盖梁和倒T盖梁的优点,设计创新提出一种“半倒T隐形盖梁构造^[2]”(见图5)。其“半”的含义为:横桥向,倒T部分未延伸到盖梁的端部;高度方向,倒T部分未延伸到小箱梁的顶部。半倒T隐形盖梁具有常规倒T盖梁建筑高度低的优点,而且盖梁倒T部分可以完全隐藏于上部小箱梁结构中。在侧面,倒T部分未延伸到盖梁端部,小箱梁边梁不受倒T的分隔,盖梁两侧可取消设置挡块(边梁兼做挡块),较常规倒T盖梁景观效果更好,上部梁体整体外观简洁、连续。在顶面,倒T部分未延伸到箱梁顶部,小箱梁中梁沿纵向设置厚0.5 m悬臂,遮挡盖梁倒T,桥面处仅剩1道间隙,较常规倒T盖梁,具有伸缩缝数量减少、行车舒适性好的独特优势。

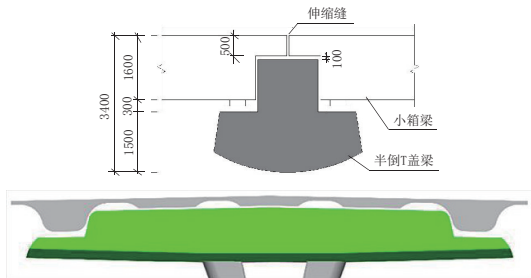


图5 半倒T隐形盖梁构造示意(单位:mm)

3.4 桥梁标准横断面

主线高架整幅标准段采用跨径30 m小箱梁,梁高1.6 m,桥宽26.6 m,横向布置5片小箱梁;分幅标准段桥宽22.85 m,横向布置4片小箱梁。下部结构采用预应力混凝土半倒T隐形盖梁,高度2.8 m,其中隐藏倒T部分高度1.3 m,外露牛腿部分高度1.5 m;桥墩采用H形花瓶墩。综合考虑地质分布情况和桥墩高度,采用不同的基础型式,基岩覆盖层浅时采用扩大基础;覆盖层较深时采用桩基础,根据墩高情况采用单排桩(2根2.0 m)或多排桩(4根1.5 m)布置。

主线高架桥梁标准横断面布置图见图6(以4根

1.5 m桩基为例)。

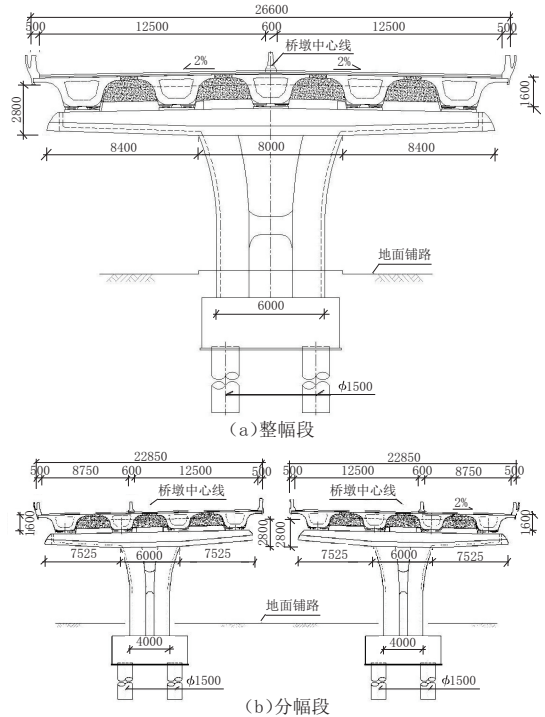


图6 主线高架桥梁标准横断面布置图(单位:mm)

4 立交桥总体设计

4.1 总体布置

该工程主线高架东段衔接青银高速,设夏庄立交1座,其中4条匝道采用桥梁形式,匝道桥梁全长约3.4 km,桥梁总面积约4.4万m²。

立交梁型一览表见表2。

表2 立交梁型一览表

梁型	主要适用位置	典型跨径/m	占比/%
现浇大箱梁	标准段	35	75
钢混组合梁	跨高速节点	35~60	25

4.2 结构型式

立交区域曲线及异形变宽桥梁较多,不宜采用预制小箱梁作为标准上部结构型式。该工程选用曲线及变宽适应性强的预应力混凝土大箱梁作为立交段的标准上部结构型式,标准跨径35 m。

该工程立交匝道桥梁处于现状青银高速主线及匝道上,多次跨越现状高速主线及匝道,上跨段桥梁跨径布置为35~60 m。考虑到现状高速主线及匝道路车速高、流量大,上跨段桥梁上部结构应选择可快速施工、对交通影响小的桥梁型式。综合考虑立交线型及桥梁跨径,跨越现状高速匝道处采用等高简支钢混组合大箱梁,跨径35~40 m;跨越现状高速主线处采用变高连续钢混组合大箱梁,跨径40~60 m。

4.3 标准横断面布置

立交标准段采用跨径35 m预应力混凝土大箱梁,梁高2.0 m,单箱双室布置;下部结构采用花瓶墩,支座间距2.8 m,为提高抗倾覆稳定性,对部分桥墩设置墩梁固结。

立交桥梁标准横断面布置图见图7。

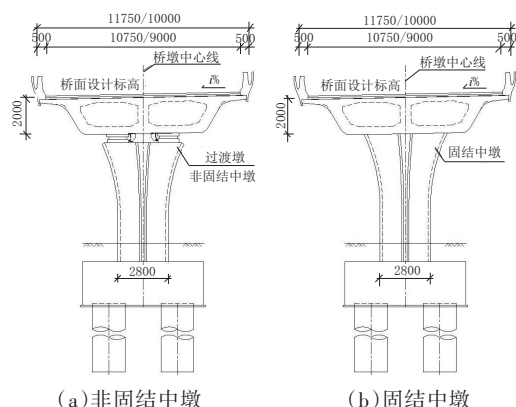


图7 立交桥梁标准横断面布置图(单位:mm)

5 节点桥梁总体设计

5.1 跨铁路节点方案

跨铁路节点处,主线高架连续跨越胶济货运及客运专线、青荣城际线、机场专用线等多条既有铁路,现状铁路均为路基形式,填土高度约6 m。

涉铁桥梁跨度拟定主要遵循以下设计原则:桥梁在施工期间不得侵入铁路限界;桥梁基础及防护结构不得侵入铁路坡脚;桥梁布置应为铁路相关规划预留条件。

跨铁路节点高架主桥采用120 m+120 m耐候钢T构桥跨越胶济铁路和青荣城际线,墩梁固结体系,转体施工工艺。T构中支点梁高7.0 m,边支点梁高4.5 m,分幅布置,单幅桥宽24.58 m。

引桥采用跨径3×40 m现浇等高预应力混凝土连续梁,跨越机场专用线。

跨铁路节点耐候钢转体桥建成实景图见图8。



图8 跨铁路节点耐候钢转体桥建成实景图

5.2 跨高速节点方案

该工程夏庄立交存在2条匝道上跨既有青银高速主线,跨越位置处高速为路基段,填土高度约6 m。新建立交匝道桥为曲线桥,曲线半径约300 m,与既有高速斜交角度较大(约40°~60°),若采用1跨跨越,主跨跨径约100 m,结构受力较复杂、经济性较差。综合考虑结构受力、经济性以及对现状高速的影响等因素,经过多方案比选,为减小桥梁跨径,确定在现状高速中分带设墩的方案。

新建匝道桥跨高速位置跨径布置分别为40 m+55 m、45 m+60 m+45 m,上部结构采用钢混组合梁,中墩置于现状高速中分带。因中分带空间受限,为满足安全带宽度和防撞设施设置要求,中分带内桥墩宽度仅为1.5 m,且与上部结构斜交布置。为满足结构受力要求,中分带内桥墩采用钢结构形式,钢墩与上部钢梁固结,地面以上2.5 m范围内灌注混凝土,桥墩外侧设置混凝土包封并与现状波形护栏之间设置过渡段顺接(见图9)。

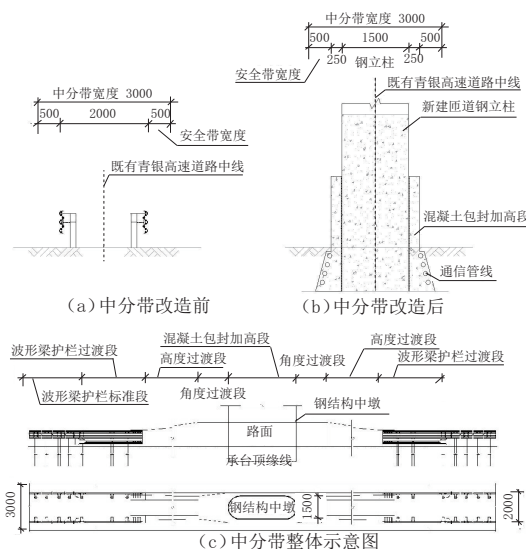


图9 高速中分带内桥墩混凝土包封及护栏过渡示意图(单位:mm)

5.3 跨地铁节点方案

该工程主线高架分别与轨道交通7、15、18号线相交,其中轨道交通7号线为在建线路,轨道交通15、18号线为规划线路;除轨道交通15号线与主线相交位置为规划地铁车站外,其余2处均为区间。

综合考虑地铁线位及高架桥梁总体布置情况,采用简支钢混组合梁、变高连续钢混组合梁、变高连续钢箱梁等结构型式跨越地铁线路,跨径40~60 m。桥梁基础为扩大基础或桩基础,持力层为中、微风化流纹岩或砂岩,基础与地铁结构边缘最小净距约6 m,桩基础桩端置于地铁结构底缘以下。

6 桥梁景观总体设计

作为市区到胶东机场的“迎宾大道”,该工程地理位置尤其重要,桥梁景观定位高。为提高桥梁整体外观品质,设计从小箱梁造型、桥墩造型和重要路口景观节点等方面入手,开展了桥梁景观优化专项设计。

6.1 小箱梁造型设计

该工程是青岛市在城市高架建设中首次大规模采用预制装配式小箱梁,相较于现浇大箱梁的整体外形,小箱梁横向多片布置,对桥下景观有一定影响。目前国内城市高架桥常用的小箱梁有底宽1.0 m或底宽1.5 m两种形式,针对本工程整幅26.6 m标准桥宽,一般横向需要布置8片或7片小箱梁。为优化小箱梁整体外观,在充分调研桥位处运输和吊装等施工条件后,设计创新提出底宽2 m的宽体小箱梁(3种形式小箱梁的主要尺寸、吊重见表3)方案,整幅26.6 m桥宽横向采用5片梁(见图10),搭配大半径圆弧形波浪效果,相比常规小箱梁,整体外观更好。根据该工程实施情况,跨径30 m宽体小箱梁可满足现场运输和吊装条件(在后续其他工程中,也成功应用并实施了跨径35 m宽体小箱梁)。

表3 3种形式小箱梁主要尺寸和吊重一览表

小箱梁形式	梁高/ m	梁长/ m	底宽/ m	顶宽/m		吊重/t	
				边	中	边	中
常用形式1	1.6	28.4	1.0	2.9	2.4	105	95
常用形式2	1.6	28.4	1.5	2.9	2.7	120	115
宽体小箱梁	1.6	29.9	2.0	4.8	4.3	185	175

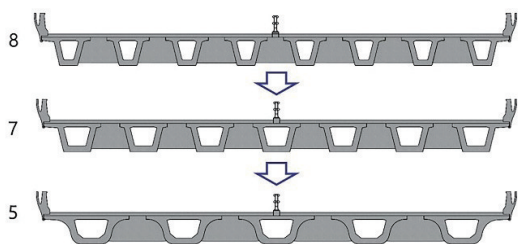


图10 小箱梁造型优化设计示意图

6.2 桥墩造型设计

该工程在设计过程中开展了高架桥梁景观专题研究。经过多方案比选,确定主线标准桥墩造型为“半倒T隐形盖梁+H形花瓶墩”(见图11),盖梁外露高度小,倒T部分完全隐藏在小箱梁结构中,盖梁两

边无挡块,上部梁体外观简洁、连续。桥墩曲线与盖梁圆弧底造型搭配协调,兼顾隐藏式排水设计,凸显轻薄、简约的设计风格。



图11 高架标准段整体外观效果图

6.3 景观节点设计

该工程主线高架跨越黑龙江中路,为重要区域形象展示路口。在跨路口高架桥上方进行景观节点专项设计,以“花灿蝶舞”为设计意向,设置蝴蝶形三维空间装饰拱,建成后其独特的外形成为了黑龙江中路新地标(见图12)。



图12 蝴蝶拱造型效果图

7 结 语

(1)该项目于2019年10月启动建设,2021年8月建成投入使用,建成后高架桥梁整体景观和运营效果较好。此外,该项目研究提出的宽体圆弧底小箱梁、半倒T隐形盖梁以及高架桥梁整体外观造型在青岛市后续城市高架建设中得到了广泛应用。

(2)论述了新机场高速连接线(双埠—夏庄段)工程桥梁总体布置、结构型式、节点方案、景观设计等设计要点,希望为类似工程提供参考。

参考文献:

- [1] 上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司. 新机场高速连接线(双埠—夏庄段)工程初步设计[Z]. 上海:上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 2019.
- [2] 俞雷, 王玉祥. 一种半倒T隐形盖梁构造: ZL201921422291.8, CN211006316U[P]. 2020-07-14.