

基于济阳路高架桥梁工程的跨川杨河钢箱梁应用技术与实践探索

孙天霞, 李载航, 杨国章

[上海浦东路桥(集团)有限公司, 上海市 200135]

摘要: 在济阳路高架桥项目中, 钢箱梁技术得到广泛应用, 尤其是在跨越川杨河区域, 采用了先进的跨川杨河钢箱梁结构。施工过程中, 项目团队采用支架法施工, 该方法不仅确保工程高效推进, 还展现出极高的安全性和可靠性。此外, 项目团队秉持快速施工原则, 在保证工程质量的前提下, 力求缩短工期、提升施工效率^[1]。同时, 项目团队践行绿色施工理念, 力求在施工过程中最大程度减少对环境的影响。

关键词: 济阳路高架; 钢箱梁应用; 跨川杨河钢箱梁; 支架法施工; 快速化; 绿色施工

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)10-0123-04

Application Technology and Practice Exploration of Steel Box Girders Crossing Chuanyang River Based on Jiyang Road Elevated Bridge Project

SUN Tianxia, LI Zaihang, YANG Guozhang

[Shanghai Pudong Road and Bridge (Group) Co., Ltd., Shanghai 200135, China]

Abstract: In the Jiyang Road Elevated Bridge Project, the steel box girder technology has been widely applied. Especially in the area crossing the Chuanyang River, an advanced steel box girder structure for crossing the Chuanyang River has been adopted. During the construction process, the support frame method is used in the construction. This construction method not only ensures the efficient progress of the project, but also demonstrates the extremely high safety and reliability. In addition, by adhering to the principle of rapid construction, the project team strives to shorten the construction period and upgrade the construction efficiency on the premise of ensuring the engineering quality. At the same time, the project team adheres to the concept of green construction and strives to minimize the impact on the environment during the construction process to the greatest extent.

Keywords: Jiyang Road Elevated Bridge; application of steel box girder; support frame method for construction; rapid; green construction

0 引言

在国内外高架桥梁建设领域, 钢箱梁因强度高、跨越能力大、施工速度快等优点被广泛应用。国外利用先进工艺提升钢箱梁质量, 国内也在复杂环境下不断研发新架设方法。济阳路高架作为上海市交通基础设施建设的核心项目, 其钢箱梁应用重点在于精准安装与高效施工。然而, 部分桥跨改建、新施工技术应用、现场协调以及跨川杨河区域复杂的桥梁和地质条件, 给钢箱梁的应用带来诸多难点。该

项目对优化城市交通布局意义重大, 备受社会关注^[2]。

1 项目概况

济阳路高架桥梁工程1标起于卢浦大桥引桥, 止于中环, 线路全长3.89 km^[3]。道路规划红线宽度介于45~70 m之间, 采用极具前瞻性的“主线高架+地面辅路”复合式断面设计。主线全线按双向6车道标准建设, 保障了长距离交通的高效通行; 地面辅路则根据路段功能不同, 在主干路采用双向6快2慢的车道布置, 次干路采用双向4快2慢的配置, 精准匹配了不同区域的交通流量特征, 有效提升了道路的整体通行能力和服务水平(见图1)。

收稿日期: 2025-02-12

作者简介: 孙天霞(1985—), 男, 本科, 工程师, 从事市政道路、桥梁施工管理工作。



图1 项目效果图

2 钢箱梁应用概况

济阳路高架桥梁工程1标主线钢梁有三种结构形式:钢-混组合板梁、钢-混组合箱梁及钢箱梁等^[4]。匝道钢梁有二种结构形式:钢-混组合板梁及钢箱梁。钢梁共十九联,主线十四联,匝道五联。钢箱梁全长合计1 998 m,其中主线钢箱梁总长1 607 m,主线高架标准段桥宽24.5 m。匝道钢箱梁总长391 m,匝道标准桥宽8.5 m。高架主线最大宽度46.7 m,桥梁最大跨度为80 m,钢箱梁单件吊装最大长度为51 m,钢箱梁单件最大重量为188 t,钢板最厚50 mm,材质均为Q345qD、Q420qD,总用钢量为2.5万t^[5]。

本工程采用高比例预制件生产与现场桥梁装配式施工相结合的方法。钢箱梁具有跨度大、重量大、截面高度大、梁面宽阔的特点,且桥面弧度和腹板高度变化显著,这导致现场分段吊装的构件数量众多。因此,施工方法需根据具体情况进行调整,施工难度也各不相同^[6]。

跨川杨河钢箱梁是基于原有川杨河地面桥的基础上进行,就川杨河地面桥上部结构进行一系列改造措施如拆除部分板梁等。随后,就该桥的桩基、墩台以及钢箱梁进行施工改造,不过由于该桥的施工作业空间受限且地面桥原有交通车辆通行不受影响,结合这两点本次工程综合施工难度极高^[7]。因此,跨川杨河钢箱梁施工成为本工程的重点和难点。

3 跨川杨河钢箱梁安装特点、难点与控制措施

3.1 工程特点与难点

(1)本工程部分桥跨为改建内容,即拆除老桥上部混凝土结构,改建钢梁结构,对现场老桥的测量及施工图深化需认真复核^[8]。

(2)预制构件的施工技术为新技术、新工艺,拥有施工速度快,经济环保等诸多优点。钢构件吊装工期短、强度高、体量大、单个构件重量大,采用临时钢支架、焊接工作量大、安装时各分段的安装精度高

等难点^[9]。

(3)施工时土建与钢梁的安装同时施工,且沿线施工点较多,因此钢梁安装现场内的运输和安装工作协调工作量较大。

(4)吊装施工阶段不能影响原有的道路正常通行,造成大型吊机的作业区域有限为施工带来了新的挑战。

3.2 相应对策及解决思路

钢箱梁的安装方法基于以支架为基础的支架法施工技术(见图2),采用整体3D全影像扫描成像模拟预拼装,实施分段安装。在深化设计图中,提供了分段的各测量控制点三维坐标,以便在吊装过程中严格按照这些坐标控制钢结构的空間位置。吊装完成后,对测量的变化情况进行记录,并与设计模型进行对比分析,以确保变形在可控范围内。考虑到钢结构加工厂至现场的道路运输限制,钢桥被分段加工。随后,分段运输至现场的临时拼装场地进行组焊作业。



图2 支架法施工

也正是因此,为防止支架侧向失稳施工现场采用抱箍、缆风绳以及组合钢支架等多种措施确保施工安全性。

4 跨川杨河钢箱梁制作

钢箱梁制造过程中,运用BIM技术构建三维模型对CAD图纸进行深化设计,在此基础上,借助智能数控切割加工技术,实现钢箱梁构件的精准制造^[11]。鉴于钢箱梁具有较大的跨度,其制造过程中必须充分考虑道路的纵向坡度、横向排水坡度,以及钢箱梁自身的重量和荷载引起的变形。因此,在生产每一段钢箱梁时,均需综合考量这四个方面的因素。此外,由于桥梁宽度较大,为了确保桥面的横向坡度,必须在桥面上设置众多控制点,这无疑增加了图纸深化和构件制造的难度与挑战。因此,采用BIM技术构建了大量空间三维模型,以深化设计并制作加工图。同时,工厂方面也需应对翻胎次数频繁、工程

量庞大的问题,以确保构件的精确制作(见图3)。



图3 构件装配式制作

5 跨川杨河钢箱梁安装施工

主线跨川杨河为三跨变高连续钢箱梁,桥面宽度 24.45 m,跨径为 66.5 m+80 m+66.5 m,吊装工作量约 3 300 t。由于该区域既有桥梁建成时间较长,钢结构现场吊装难度极大,对既有桥梁结构安全构成重大挑战。具体表现为以下几点:

(1)川杨河老桥,自身结构复杂,承重数值多变不均,潜藏大吨位吊装风险,在施工期要保证车辆正常的通行^[12]。

(2)桥下川杨河,河道水面宽度近 70 m,桥下水域内和沿河区域地质情况复杂,无法采用常规的浮吊吊装或两岸履带吊跨外吊装的技术方案,只能通过汽车吊在老桥上吊装新桥。

(3)吊装期间,川杨河老桥需承载临时支架、起重设备、钢结构运输车辆荷载以及社会通行车辆荷载,受力情况复杂^[13]。

在跨川杨河钢箱梁施工吊装阶段(见图4),制定了详尽的专项施工方案。在确保川杨河老桥承载力安全的基础上,进行了大吨位钢结构预制件的吊装作业。鉴于老桥面上设置支架存在困难的不利条件,项目管理团队通过严谨的验算与论证,对老桥的承载力及临时支架结构的安全性进行了评估,力求最大限度地减轻川杨河吊装作业的承载压力。



图4 川杨河桥上的吊装

经过对原桥面承载力的详细验算,确定临时支架底部支座在地面横向的长度需求最大为 4 m。依

据交通组织与通行方案的要求,施工围挡的间距必须严格控制在 14.6 ~ 16 m 的范围内。鉴于此,原先拟定的临时支架方案已无法适应,需重新考虑。通过充分利用老桥桥墩、桥下地面等现有资源,项目团队搭建了大悬挑钢支撑架。该支撑架不仅满足了分段钢结构安装的需求,而且妥善解决了地面交通的限制问题。

在吊装作业时,需合理选择上桥吊车类型并精确确定设备站位,以此实现精准施工。由于大型构件和桥梁构件落地后再次吊装会增加施工难度与风险,原则上应在现场直接卸载并立即进行吊装。构件到达后应立即进行吊装。整个吊装过程应体现出专业性、安全性和高效性,以保障交通的畅通无阻。

为确保施工测量定位的准确性,采用了传统测量与无人机定位测量相结合的方法。在对相关项目进行复测之前,总包单位已提交了土建测量成果的书面资料。复测过程由监理单位进行旁站监督,并完成了相应的书面手续^[14]。支座中心的定位工作,是通过经纬仪进行精确控制的。钢梁标高的调整则利用设置在钢支架顶部的两台 50 t 螺旋千斤顶来实现,千斤顶顶部与箱梁桥底板之间设有专用的托架支撑。在标高调整至预定位置后,箱梁桥底板与临时钢支架之间进行了垫实处理,并通过临时焊接进行了加固。

本项目中的钢梁采用全焊接结构设计,内部包含众多对接接头。鉴于焊缝质量要求极高,焊缝分布密集,尤其是支座部位结构较为复杂,应力集中现象显著,因此确保焊接质量、控制焊接残余应力及焊接变形成为钢梁焊接过程中亟需克服的关键难题。桥梁钢结构质量参数见表1。

表1 桥梁钢结构质量参数(全焊接)

熔透对接焊缝总长度/m	45 324.64	一次探伤合格率/%	99.7
箱梁总长偏差/mm	+5.0	箱梁宽度偏差/mm	-3.0
箱梁旁弯偏差/mm	4.0	两箱梁高低偏差/mm	2.0
箱梁起拱值实测偏差/mm	+6.0		

钢结构桥梁防撞墙的施工(见图5),采用钢箱梁和钢防撞墙一体化的施工工艺,该工艺将原来在工地施工的单个构件现场拼装改为工厂集中制作并按设计高程整体预拼装,将防撞墙与主桥整体组焊^[15]。这一特色工艺与工法,对大型路桥工程的施工具有深远意义和影响。令最终绵长庞大的钢梁能在短时间内完美地施工合拢,形成一串多连跨的合理造型,

显现出力学的结构美感和阳刚的雄姿。



图5 钢箱梁防撞墙线形

6 结 语

济阳路高架桥梁项目采用支架法施工钢箱梁,充分践行了快速施工理念,在保证工程质量的前提下缩短了工期,同时满足了政府绿色施工的要求。项目实施过程中,钢箱梁焊缝一次探伤合格率达99.7%,各项尺寸偏差均控制在极小范围内。该施工方法意义重大,为后续类似工程积累了宝贵经验,提供了可靠的数据支持,有力地促进了桥梁施工技术的持续发展,有望推动行业技术水平进一步提升。

参考文献:

- [1] 张泉仁. 宽幅UHPC-钢箱梁横断面设计分析[J]. 公路与汽运, 2025, 41(3): 122-127.
- [2] 赵辰, 蔡佳愿. 大跨度钢箱梁顶推施工受力分析[J]. 价值工程, 2025, 44(14): 7-9.
- [3] 唐明金. 小半径匝道钢箱梁直线滑移顶推技术应用[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025(14): 94-96.
- [4] 边晓峰, 代传广, 李征. 大跨宽截面连续钢箱梁跨京港澳高速顶推施工关键技术[J]. 建筑技术, 2025, 56(9): 1077-1081.
- [5] 王欣诺, 武东超. 正交异性板钢箱梁横隔板裂缝诊断及处治措施[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(9): 145-147.
- [6] 王维. 小曲线半径匝道钢箱梁拆除施工力学效应分析[J]. 产业创新研究, 2025(8): 120-123.
- [7] 张斌. 复杂曲线钢箱梁顶推施工技术[J]. 天津建设科技, 2025, 35(2): 34-38.
- [8] 方敏辉, 徐莉. 市政钢箱梁横向顶推方案研究及应用[J]. 交通世界, 2025(12): 154-157.
- [9] 陈永超. 曲线钢箱梁桥上跨既有线施工技术及其倾覆稳定性研究[J]. 浙江建筑, 2025, 42(2): 20-24.
- [10] 王宁, 柴雪松, 凌烈鹏, 等. 钢箱梁梁腹智能巡检关键技术[J]. 铁道建筑, 2025, 65(4): 57-61.
- [11] 白跃东. 钢箱梁运输及安装技术控制要点探讨[J]. 价值工程, 2025, 44(11): 12-14.
- [12] 王旭. 跨越既有高速公路钢箱梁顶推施工技术[J]. 科学技术创新, 2025(10): 175-178.
- [13] 曹旭, 赵泽崴. 钢箱梁分节吊装下穿既有高速应用技术研究[J]. 交通节能与环保, 2025, 21(2): 202-205.
- [14] 赵越, 王铨, 关晓迪, 等. 钢箱梁拼装施工环缝焊接过程及影响分析[J]. 施工技术(中英文), 2025, 54(8): 40-46.
- [15] 白占武. 基于城市复杂路况钢箱梁桥关键施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2025(4): 150-152.
- [1] 张炎. 加宽装配式简支空心板梁桥荷载横向分布系数探讨[J]. 黑龙江科学, 2023, 14(2): 44-46; 50.
- [2] 吕天德. 既有典型空心板梁桥提升荷载等级承载能力评定研究[J]. 工程与建设, 2023, 37(1): 155-158; 184.
- [3] 徐志华, 彭德清, 汪晓红, 等. 桥面铺装协同受力的空心板梁抗弯承载力研究[J]. 公路交通技术, 2022, 38(5): 49-57.
- [4] 彭卫兵, 金瑞雨, 李翠华, 等. 现浇混凝土护栏对空心板边缝受力性能的影响研究[J]. 桥梁建设, 2022, 52(4): 39-45.
- [5] 吴迪. 空心板梁桥横向刚度研究[J]. 科学技术创新, 2022(24): 117-120.
- [6] 于洋, 石南, 高磊, 等. 预应力混凝土空心板梁抗剪承载力分析[J]. 山东大学学报(工学版), 2023, 53(3): 88-95; 103.
- [7] 梁楠. 简支铰接空心板桥梁模态模拟的探讨[J]. 黑龙江交通科技, 2022, 45(1): 95-97.
- [8] 郭建民, 李兴锋, 徐飞萍, 等. 考虑整体化层的旧PC空心板承载力试验研究[J]. 公路, 2020, 65(1): 90-93.
- [9] 刘宏. 预制梁与整体化层结合面剪应力分析[D]. 西安: 长安大学, 2014.
- [10] 乔学礼. 空心板铰缝破坏机理及防治措施研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.
- [11] 王渠, 吴庆雄, 陈宝春. 装配式空心板桥铰缝破坏模式试验研究[J]. 工程力学, 2014, 31(增刊1): 115-120.
- [12] 陈悦驰, 吴庆雄, 陈宝春. 装配式空心板桥铰缝破坏模式有限元分析[J]. 工程力学, 2014, 31(增刊1): 51-58.

(上接第103页)

分布计算与承载能力分析[J]. 结构工程师, 2021, 37(2): 194-199.

[2] 李兴锋, 孔晨光, 程烽雷, 等. 空心板梁桥整体化层厚度对受弯失效模式的影响[J]. 公路, 2020, 65(9): 119-124.

[3] 陈思文. 整体化层合理厚度研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2016, 12(6): 95-97.

[4] 郭建民, 李兴锋, 徐飞萍, 等. 考虑整体化层的旧PC空心板承载力试验研究[J]. 公路, 2020, 65(1): 90-93.

[5] 刘宏. 预制梁与整体化层结合面剪应力分析[D]. 西安: 长安大学, 2014.

[6] 乔学礼. 空心板铰缝破坏机理及防治措施研究[D]. 西安: 长安大学, 2008.

[7] 王渠, 吴庆雄, 陈宝春. 装配式空心板桥铰缝破坏模式试验研究[J]. 工程力学, 2014, 31(增刊1): 115-120.

[8] 陈悦驰, 吴庆雄, 陈宝春. 装配式空心板桥铰缝破坏模式有限元分析[J]. 工程力学, 2014, 31(增刊1): 51-58.