DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.250224

湘府路万家丽互通多层钢梁安装方案研究

高智神[1],高兰丝[2]
(1.湖南湘江新区投资集团有限公司,湖南 长沙 410208; 2.湖南理工学院,湖南 岳阳 414006)

摘 要: 以长沙市湘府路快速化改造工程的核心节点——万家丽高架桥主线桥及匝道JSW钢梁架设工程为例,探讨了有限作业空间下跨线城市立交桥的快速安装技术。万家丽互通立交桥上下共5层,具有结构复杂、施工难度大、安全风险高的特点。经过综合多方案比选,最终选定以QUY260履带吊协同超大型塔吊D5200与STT3330的方案进行钢梁吊装。实践证明,该方案有效解决了城市用地空间小、交通疏导困难的难题,并减少了成本投入,降低了对城市通行效率的影响。

关键词: 城市桥梁;超大型塔吊;钢梁架设
中图分类号: U445.46;TU997 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2026)01-0300-06

Study on Multi-Level Steel Beam Installation Scheme of Wanjiali Interchange in Xiangfu Road

GAO Zhishen[1], GAO Lansi[2]
(1. Hunan Xiangjian New Area Investment Group Co., Ltd., Changsha 410208, China; 2. Hunan Institute of Science and Technology, Yueyang 414006, China)

Abstract: Taking the main line bridge and ramp JSW steel beam erection project of Wanjiali Elevated Bridge -- a core node of the Changsha Xiangfu Road Rapid Reconstruction Project as an example, the rapid installation technology of overline urban interchanges under limited working space is discussed. The Wanjiali Interchange has a total of five layers with the complex structure, difficult construction and high safety risks. After comprehensive comparison and selection of multiple schemes, the scheme of using QUY260 crawler crane in conjunction with super-large tower crane D5200 and STT3330 for steel beam hoisting is ultimately selected. The practice has proved that this scheme effectively solves the problems of small urban land space and difficult traffic dispersion, reduces the cost investment, and minimizes the impact on urban traffic efficiency.

Keywords: urban bridges; super-large tower cranes; steel beam erection

0 引 言

随着我国经济和城市化的快速发展,城市立交桥作为城市交通的关键节点,其建设数量持续增长。相较于铁路、公路桥梁的建设,城市立交桥的建设环境更为复杂,往往位于城市中心交通拥堵位置处,面临着交通流量大、场地不便、多工程交叉施工、地下建筑物不明等诸多难题。在此背景下,研究有限作业空间下跨线城市立交桥的快速安装技术尤为重要。本文以长沙市湘府路万家丽高架桥主线桥及匝道JSW钢梁架设为例,深入探讨了如何在有限作业空间下高效、安全地完成钢箱梁吊装,并尽量减少对周围交通的影响。通过具体案例的阐述,展示了快速安装技术的实际应用过程及显著成效,为城市立交桥建设提供了新的施工思路和实践经验,期望能为今后类似项目的施工提供有益的依据和参考。

收稿日期:2025-03-03
作者简介:高智神(1972—),男,硕士,正高级工程师,从事道路桥梁隧道、市政工程项目建设管理工作。

1 工程背景

1.1 桥梁概况

长沙市湘府路快速化改造工程I标线路全长为4.98 km,起点位于万芙路口,东侧与原万家丽高架立交连接。新建万家丽立交工程由主线节点桥和8条匝道组成,在空间上该立交桥从下至上共5层。其中第1层为现有地面道路(其下布置3层地铁车站);第2层为原万家丽快速路既有高架桥;第3层为JWN(西北)、JEN(东北)、JES(东南)、JWS(西南)4个方向的匝道;第4层为JNW(北西)、JSW(南西)、JSE(南

东）、JNE（北东）4 个方向的匝道；第 5 层为新建万家丽主线节点桥，钢箱梁最大离地高度为 40 m[1-3]。

万家丽立交总体布置图见图 1。

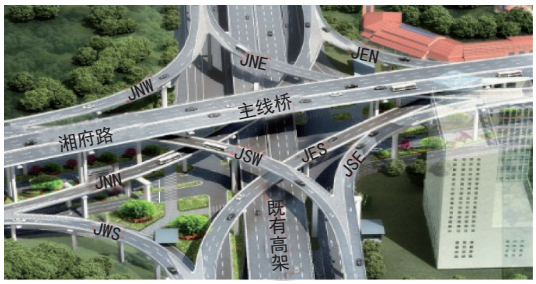

图 1　万家丽立交总体布置图

跨越既有万家丽高架桥包括立交主线桥和 4 条匝道（JWN、JNE、JSW 和 JES）。其中主线桥梁采用 60 m+90 m+60 m 连续钢箱梁结构，钢箱梁采用横置底板，直腹板形式，横截面为 3 箱 3 室变截面，顶板设置 2% 双向横坡，顶板宽 24.7 m；支点钢箱梁高 3.6 m、跨中钢箱梁高 2.4 m，钢箱两侧悬臂宽 2.45 m。

主线桥跨中钢梁断面图见图 2。

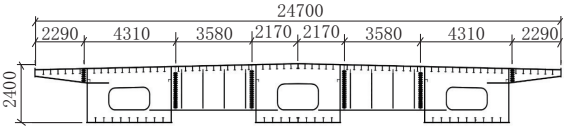

图 2　主线桥跨中钢梁断面图（单位：mm）

匝道桥均采用直腹板带悬臂等高钢箱梁，匝道箱宽为 4.25 m，悬臂长度随桥梁宽度而变化，并考虑局部加宽，桥面横坡采用加高垫石的方式解决。其中匝道桥 JSW 由 32 m+50 m+38 m、26.071 m+30.740 m、58.0 m+40.7 m+30.0 m 这 3 座连续钢箱梁组成，跨越既有高架桥的跨度是 58 m，梁宽 9.15 m，梁高 1.5 m。

JSW 钢箱梁断面图见图 3。

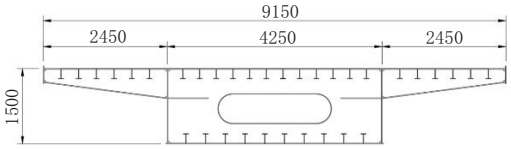

图 3　JSW 钢箱梁断面图（单位：mm）

1.2　桥位施工环境

万家丽立交为跨越万家丽高架而建的立体交通枢纽，周边建筑密布，涵盖酒店（雅士亚华美达酒店）、住宅（美洲故事、湘府十城、托斯卡纳等）、商业区（喜盈门商业区）以及景点（湖南省植物园），交通流量极为繁重；此外，万家丽立交区有地铁 5 号线穿行以及多处施工区存在，且该区域地下管线复杂。同时，在桥梁施工过程中还需为后期地铁 8 号线预留空间。

万家丽立交周边环境见图 4。

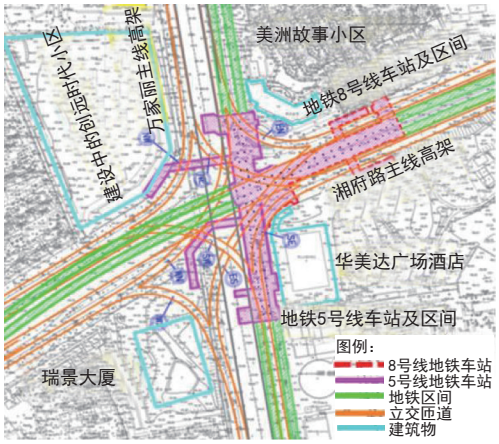

图 4　万家丽立交周边环境图

1.3　工程难点分析

作为湘府路跨越万家丽高架桥的重要交通枢纽，万家丽互通立交的钢梁架设工程面临诸多复杂条件与困难：

（1）作业空间受限问题突出。立交与地铁车站存在交叉施工的情况，地铁顶板区域严重限制了大型设备的站位，致使钢梁吊装空间极为有限。

（2）施工组织面临极大挑战。桥址所处位置车流量大，在施工过程中必须降低对既有道路交通的干扰。

（3）技术层面难度高。万家丽互通立交共 5 层结构，施工过程中需要深入研究并规划各施工界面的关系，同时根据吊装要求和安装方案理顺各线施工顺序。

（4）安全质量风险高。由于立交高度高、跨度大，且钢梁自重大，现场吊装时存在较高的安全风险。而且在安装期间，构件的对位必须做到极其精确，施工质量必须得到严格把控。

2　钢梁架设方案

2.1　钢梁架设方案比选

根据总体施工方案，结合施工环境的复杂情况以及该钢梁架设的重难点，提出了 3 种钢梁架设方案，见表 1[1-7]。

2.2　综合比选结果

综合以上分析，方案三（双超大型塔吊 +260 t 履带吊架设）为最优方案，该方案既满足施工要求，又兼顾了工期、安全性和对既有交通的影响。

3　超大塔吊钢梁架设施工技术

3.1　钢箱梁节段划分

万家丽互通立交分别 5 次跨越既有万家丽高架，

表1　3种钢梁架设方案

方案	优点	缺点
方案一：大节段支架法+500 t履带吊架设	单次吊装重量大，159 t；主臂覆盖范围广，吊高48 m；大节段吊装减少焊接量	需多次转场，协调难度高；需加固地铁车站顶板，影响地铁施工；对既有交通干扰大；工期受场地协调制约，不确定性大
方案二：小节段支架法+260 t履带吊架设	设备规模较小，操作灵活；对既有结构局部影响较低	分段过多，施工效率低；临时支架荷载导致既有高架桥结构失效风险；无法满足力学要求，方案不可行
方案三：双超大型塔吊+260 t履带吊架设	吊装能力适配性强（D5200塔吊吊重240 t，STT3330吊重160 t）；多点同步作业，工期可控；对既有交通影响小；无需频繁转场，协调难度低；安全性高，适用性灵活	需投入双塔吊设备，初期成本可能较高；需合理规划塔吊布局及协同作业流程

梁体的分段既要考虑吊车的起重能力，又要考虑临时支墩对交通的影响。在众多跨越结构中，主线桥和JSW匝道桥梁体相对较重，周边场地较小，本文将重点介绍该钢梁架设施工。

主线桥钢梁在纵桥向分为9节，每节横桥向分为7单元，分别为3个箱室、2个平联及2个挑臂（见图2），共63个吊次。每节的中箱室最重，其中最大单元为7号节中箱室，重量达131.4 t。主线桥1#～3#节段采用260 t履带吊吊装；4#、5#节段采用D5200塔吊吊装，6#～9#节段采用STT3330塔吊吊装。

匝道桥JSW钢梁在纵桥向分为10节，横桥向根据设备吊装的情况进行分节。2#、3#节段采用260 t履带吊吊装，由于吊重能力问题，因此这2个节段横桥向分为3个单元，分别为中箱室和2个挑臂（见图3）。整个JSW匝道共12个吊装节段，最大节段重量达155.3 t。匝道桥JSW1#、2#节段采用260 t履带吊吊装，3#～9#节段采用STT3330塔吊吊装。

3.2　设备选型

该工程依据立交主线和匝道钢梁的分段重量、机械设备施工范围，选取D5200塔吊、STT3330塔吊及260 t履带吊作为吊装设备。其中260 t履带吊负责施工塔吊吊装范围外较轻的钢箱梁节段，D5200和STT3330塔吊则承担作业区域内较重的钢箱梁节段的吊装任务。根据2台塔吊的起重能力和吊装覆盖范围，对钢箱梁节段的划分进行了优化调整，以减少钢箱梁节段和临时墩的数量。塔吊STT3330根据施工界面的划分进行了倒用，以满足主线桥南侧匝道的施工需求。

（1）D5200塔吊。其中主线桥的4#、5#节段采用D5200塔吊进行吊装。根据D5200塔吊的性能参数表，主线桥最重节段为5#节段中间的箱室，结构重量为120.7 t，吊装高度距离地面约40 m，吊幅约28 m，将塔吊钢丝绳设置为12倍率可满足该节段钢箱梁吊装要求。D5200塔吊性能参数见表2。

表2　D5200塔吊性能参数表

幅度/m	吊装要求/t			
	4倍率	6倍率	8倍率	12倍率
9.00～22.15	80	120	160.0	240.0
22.50	80	120	160.0	235.2
25.00	80	120	160.0	205.4
28.00	80	120	160.0	178.3
30.60	80	120	160.0	158.2
33.00	80	120	145.1	143.3
35.00	80	120	134.5	132.6
38.00	80	120	120.8	118.9
40.00	80	120	112.8	111.0

（2）STT3330塔吊。主线桥6#～9#节段和匝道JSW4#～9#节段均采用STT3330塔吊进行吊装。该塔吊为平头式塔吊，设计最大吊重160 t。采用STT3330塔吊吊装的主线桥最重节段为7#节段的中箱室，重量为131.4 t，吊装高度约40 m，吊幅约28 m，塔吊钢丝绳设置为8倍率可满足吊装要求。采用STT3330塔吊吊装的JSW匝道桥最重节段为6#节段的中箱室，重量为155.3 t，吊装距离约28 m，吊幅约15 m，塔吊钢丝绳设置为8倍率可满足吊装要求。

STT3330塔吊性能参数见表3。

表3　STT3330塔吊性能参数表

吊装幅度/m	8倍率下的吊装要求/t		
	臂长70 m	臂长60 m	臂长48 m
15～20	160	160	160
25	124.07	128.40	138.31
30	99.66	103.27	111.41
35	82.51	85.50	92.52
40	69.81	72.40	78.52
45	60.02	62.39	67.70
50	52.24	54.37	59.80
55	45.92	47.84	
65	36.25		

3.3　塔吊布置

新建万家丽立交的钢箱梁施工区域位于地铁5号线的施工场地内。受地铁施工的干扰影响，JSE、

JSW 和 JES 匝道的结构需要等待地铁完成，腾出场地后方可进场。因此，将万家丽立交的钢梁架设规划为 2 期进行：第 1 期施工 JWN、JNW、JNE 和 JEN 匝道和主线桥；第 2 期施工其余匝道。施工中，塔吊的布置是否合理，直接影响着工程进展和城市的通行效率。

1 期塔吊布置时，将塔吊 D5200 设置在作业区域的西北角，塔吊 STT3330 设置在作业区域的东北角（见图 5）。其中 D5200 塔吊负责西侧主线桥钢梁、JWN、JNE 匝道桥钢梁的吊装作业；塔吊 STT3330 负责其吊装范围内东侧主线桥钢箱梁以及东侧匝道的钢箱梁。在 1 期施工中，D5200 吊装钢梁节段数为 17 个，STT3330 塔吊吊装钢梁节段数为 44 个，其余 64 个钢梁节段采用履带吊机吊装到位[2-3]。

图 5　吊装设备第 1 期工程吊装范围布置图

2 期塔吊布置时，将原 STT3330 塔吊拆除，并迁移至万家丽西南角，转场之后的 STT3330 塔吊吊装作业的覆盖区域可以完成其他匝道钢箱梁架设的作业任务，具体布置情况见图 6。

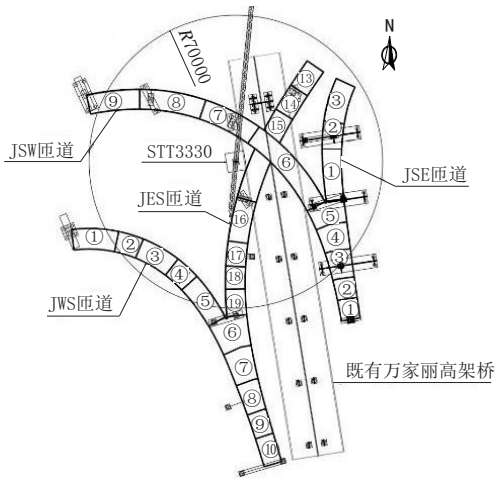

图 6　吊装设备第 2 期工程吊装范围布置图

在 2 期匝道施工中，总共吊装 34 个节段。其中 STT3330 塔吊吊装钢梁节段数为 17 个，其余 17 个钢梁节段由履带吊机吊装就位。

3.4　支撑体系设计

3.4.1　支架设计

3.4.1.1　主线桥钢梁支架设计

主线桥设置 8 个临时墩，分成 9 个节段吊装。其中 260 t 履带吊机吊装 1# ~ 3# 节段；D5200 塔吊吊装 4#、5# 节段；STT3330 塔吊吊装 6# ~ 9# 节段。拼装支架采用 2 种基础形式以适应不同的施工环境。对于地铁区域，采用条形基础，且基础与地铁格构柱形成整体；其他区域临时墩基础采用扩大基础的设计方案。拼装支架的支撑结构采用常规型钢，立柱采用 ϕ600 mm 直径的钢管，配以 ϕ273 mm 的钢管进行连接系的焊接。支架顶部采用贝雷片，拼装支架的结构布置如图 7、图 8 所示。

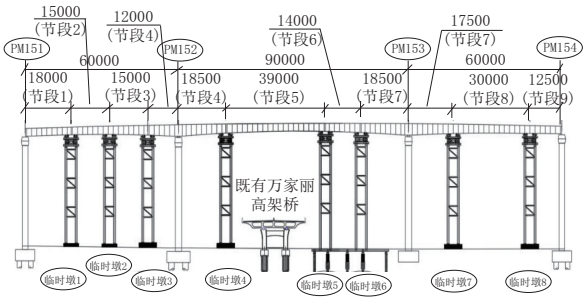

图 7　主线桥拼装支架布置图（单位：mm）

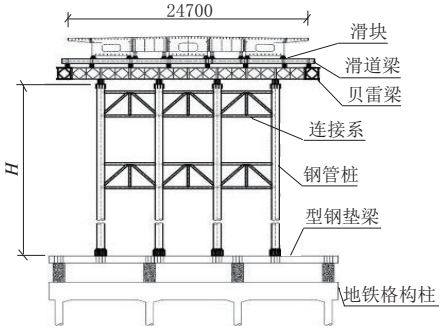

图 8　主线桥拼装支架临时墩 5、6 断面图（单位：mm）

3.4.1.2　JSW 匝道桥钢梁架设支架设计

匝道桥 JSW 钢梁共划分为 10 个节段，均采用支架法架设，其中匝道桥 JSW16 ~ 18 联采用 260 t 履带吊吊装施工，JSW18 ~ 21 联采用 STT3330 塔吊吊装+节段滑移的工艺施工。JSW16 ~ 21 联匝道拼装支架设置 9 个临时支墩，分 10 个节段吊装，临时墩采用扩大基础，支架采用 2 种形式：临时墩 1 ~ 6 支架采用常规拼装支架；7 ~ 9 支架采用滑移拼装支架。支架立柱和连接系分别采用 ϕ600 mm 和 ϕ273 mm 的常规钢管，临时墩 1 ~ 5 布置横向和纵向分配梁，分配梁均

采用HN500 mm×200 mm型钢；临时墩6～8支架顶部布置纵向分配梁，分配梁采用HN500 mm×200 mm型钢，横向布设贝雷架，贝雷架上方纵向布设3HN200 mm×100 mm型钢，上方横向设2HN700 mm×300 mm型钢滑移轨道。支架布置如图9至图11所示。

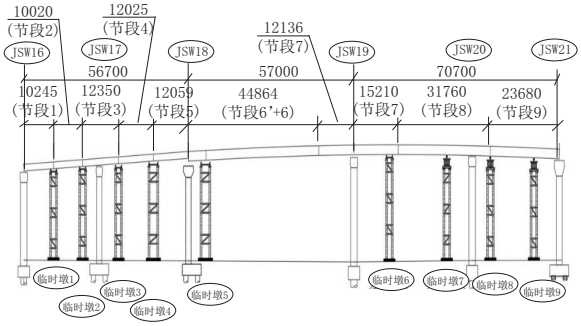

图9　JSW16~21联匝道桥钢梁施工支架立面布置图(单位：mm)

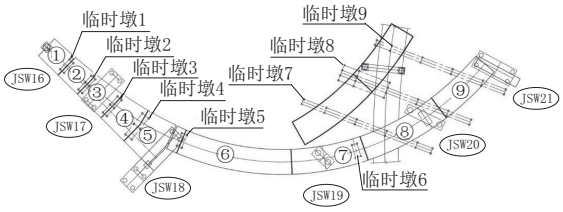

图10　JSW16~21联匝道桥钢梁施工支架平面布置图(单位：mm)

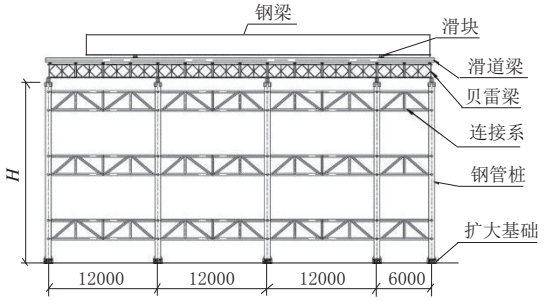

图11　JSW16~21联匝道桥钢梁施工支架临时墩8断面布置图(单位：mm)

3.4.2　支撑体系结构计算

采用有限元软件进行钢梁架设支架的仿真模拟计算。支架分为2种工况进行计算：架设工况为钢箱梁架设过程中的施工情况；非架设工况为支架搭设完成，只考虑风荷载的非施工情况。

3.5　塔吊实施方案

3.5.1　主线桥钢箱梁架设[2-3]

施工中遵循“工厂预制+现场组拼”的模式，长度不大于24 m的节段由预制厂进行组排，在场内将小节段拼装成整体后，采用液压平板车整体运输至吊装现场，超长节段则采用原位整体组装工艺[2-3]。

吊装作业采用多机型协同施工，其中1#～3#节段由260 t履带吊完成，4#～5#节段采用D5200塔吊实施，6#～9#节段由STT3330塔吊吊装。以1#节段吊装为例，具体工艺流程为：首先通过履带吊将最外侧箱梁吊装至拼装支架滑移定位系统，经液压千斤顶动态调整平面坐标与高程后刚性固定；随后安装外侧挑梁并通过高强螺栓连接节点，同步按照焊接工艺标准完成顶底板焊缝，形成空间稳定体系；继而按由外向内的顺序依次完成剩余箱梁、横梁和挑梁的安装。参照以上主线桥施工步骤，履带吊依次吊装完成主线桥2#、3#节段，D5200塔吊依次吊装完成4#、5#节段，STT3330塔吊依次吊装完成6#～9#节段至拼装支架。

3.5.2　匝道桥钢箱梁架设

对于JSW16~18联匝道，采用“正向顺次吊装”工艺依次完成1#～5#节段的吊装。首先，利用260 t履带吊吊装1#节段至拼装支架，并用垫块进行支撑，再利用液压千斤顶调整节段标高及平面位置，满足设计要求后抄垫牢靠；然后继续吊装后续的2#节段至对应的支点垫块上，并用千斤顶调整节段标高及平面位置，达到设计要求后抄垫牢靠准确对位，再采用焊接码板进行临时锁定，对节段之间的横断面进行焊接形成整体；3#~5#节段改由STT3330塔吊依次吊装、定位。

对于JSW18~21联匝道，采用“逆向滑移装配”工艺，将其纵向划分为5个节段，依次完成9#～6#节段的吊装。首先利用STT3330塔吊吊装9#节段至拼装支架，然后吊装8#节段至拼装支架对应节点位置上，焊接形成整体后横移至桥位。按照上述施工顺序，继而完成7#、6#节段的吊装、固定、对位和焊接。

2段施工均遵循“分节定位-动态调整-刚性连接-整体焊接”的技术路径，依托滑移支架系统与多机协同作业，实现了复杂空间线形匝道钢箱梁的高精度模块化架设，有效保障了结构线形控制和施工效率[8]。

4　应用效果评估

在施工过程中采纳超大型塔吊施工方案，该方案在多个方面展现出显著的效益。塔吊施工的总工期缩短至4个月左右，相较原计划减少了3个月，其自下而上的安装方式由顺序作业转变为并行作业，实现了各作业点的同步施工，显著缩短了作业时间。同时，大吨位塔吊的引入提升了吊装能力，减少了钢梁节段的划分数量，进而减少了吊装作业的频次，降低了作业过程中的安全风险；节段数量的减少也同步减少了临时墩的数量，降低了对周边交通的影响，

简化了交通疏解的复杂性。塔吊的应用还实现了地铁车站与互通立交的交叉同步施工，提升了整体施工效率，缩短了工期，并减少了对周边环境和居民生活的影响。

5　结　语

随着我国城市建设的不断进步，在城区中心交通繁忙的条件下，地铁、高架桥、综合管廊等同步建设，城区用地日益紧张，同步完成工程建设的难度极大。在城市有限空间下实施桥梁安装已成为城市建设施工的一项关键技术，这将在复杂环境的城市建设中具有较大的推广应用前景，可为后续同类工程，尤其是交通繁忙的中心城区立交工程施工提供重要的指导和借鉴作用，对市政桥梁施工的发展具有重要的示范意义和推动作用。

参考文献：

[1] 贾甜，李江．上跨既有桥梁的钢箱梁架设施工技术[J]．上海建设科技，2021(3)：1-5.
[2] 李江．城市跨线立交桥钢箱梁施工技术[J]．工程建设，2021，53(5)：54-59.
[3] 李江，李磊．复杂城市环境下立交桥钢箱梁架设方案比选[J]．桥梁建设，2021，51(2)：137-143.
[4] 邵倚旻．复杂环境下的城市高架钢箱梁上桥吊装技术[J]．建筑施工，2020，42(6)：1031-1033；1043.
[5] 高智神．宁波鄞州二桥钢管混凝土拱桥施工技术[J]．中国市政工程，2005(5)：25-27.
[6] 宫禄尧，杨培娜，邱唐虎．复杂交通状况下大跨立交桥钢箱梁施工关键技术[J]．世界桥梁，2015，43(1)：23-26.
[7] 刘添俊，安关峰，张洪彬．城市复杂环境下大跨度钢箱梁施工实施及技术探析[J]．特种结构，2011，28(1)：86-88.
[8] 王国强，高智神，王占锋．建筑工程施工技术与安全管理研究[M]．兰州：甘肃科学技术出版社，2024：527-585.

（上接第 299 页）

[8] 伏冠西，王星，赫勇，等．基于 BIM 的锚固系统弧形索导管施工研究[J]．黑龙江科学，2025，16(6)：153-155.
[9] 刘旭．钢桁架悬索桥主缆施工关键技术研究[J]．交通科技与管理，2024，5(17)：104-106.
[10] 伊建军，彭旭民，王波，等．悬索桥索夹螺杆轴力超声检测技术[J]．桥梁建设，2019，49(增刊 1)：68-73.
[11] 胡松．公路特大桥钢桁梁拼装及施工研究[J]．交通世界，2021(24)：46-47；49.
[12] 李国强．大跨径悬索桥钢箱梁吊装施工监控研究[D]．重庆：重庆交通大学，2017.
[13] 谭永高．大跨径悬索桥桁架加劲梁节段的安装研究[J]．公路，2007(7)：46-50.
[14] 冷志坚，易飞，肖浩．狮子洋通道超大跨径主桥钢桁梁安装方法研究[J]．建筑机械，2024(7)：240-244；250.
[15] 黄峰．杨泗港长江大桥主桥全焊结构钢桁梁安装施工技术[J]．世界桥梁，2019，47(2)：11-16.
[16] 王昌．山区大跨径悬索桥钢桁加劲梁找形刚接法研究[D]．成都：西南交通大学，2021.