

大跨度涉河钢箱梁顶推施工技术研究与实践

鞠习超, 章勇, 刘帅杰, 吴建衡, 边文同

中国建筑第八工程局有限公司, 河北 廊坊 065000

DOI:10.61369/ERA.2026100045

摘 要 : 近年来随着公路工程的快速发展, 钢箱梁桥在市政高架路、高速公路等项目中的应用日趋广泛。在跨越既有道路、河流等复杂工况条件下, 传统的支架法吊装施工往往面临交通组织困难、安全风险高等问题, 顶推施工技术因具有施工占地少、对既有交通影响小、施工安全性高等优点, 逐渐成为大跨度钢箱梁安装的首选方案之一。本文以 G95 首都地区环线高速公路廊坊至涿州段改扩建工程兰沟洼特大桥第六联钢箱梁安装为工程背景, 系统阐述了步履式顶推施工的工艺流程, 详细分析了顶推施工的技术特点及操作要点, 包括顶推设备布置、导梁设计、同步控制、线形控制、纠偏措施以及落梁施工等关键技术环节, 为同类大跨度钢箱梁顶推施工提供参考。

关 键 词 : 钢箱梁; 步履式顶推; 支撑胎架; 线形控制; 导梁

Research and Implementation of Top Pushing Construction Technology for Large Span River Crossing Steel Box Beams

Ju Xichao, Zhang Yong, Liu Shuaijie, Wu Jianheng, Bian Wentong

China Construction Eighth Engineering Division Co., Ltd., Langfang, Hebei 065000

Abstract : In recent years, with the rapid development of highway engineering, the application of steel box girder bridges in municipal elevated roads, highways and other projects has become increasingly widespread. Under complex working conditions such as crossing existing roads and rivers, traditional support method hoisting construction often faces difficulties in traffic organization and high safety risks. Top push construction technology has gradually become one of the preferred solutions for the installation of large-span steel box girders due to its advantages of small construction land occupation, minimal impact on existing traffic, and high construction safety. This article takes the installation of the sixth steel box girder of the Langouwa Extra Large Bridge in the G95 Capital Region Ring Expressway Langfang Zhuozhou section renovation and expansion project as the engineering background. It systematically elaborates on the process flow of walking top pushing construction, and analyzes in detail the technical characteristics and operation points of top pushing construction, including key technical links such as top pushing equipment layout, guide beam design, synchronous control, linear control, correction measures, and beam drop construction. It provides reference for similar large-span steel box girder top pushing construction.

Keywords : steel box girder; walking style top push; supporting tire frame; linear control; guide beam

一、工程概况

(一) 项目背景

G95首都地区环线高速公路廊坊至涿州段改扩建工程中, 兰沟洼特大桥是全线控制性工程之一。该桥第四联、第六联、第九联和第二十联采用钢混组合梁结构形式。第六联为 $2 \times 45\text{m}$ 连续跨, 结构中心线处钢梁高度 1.7m , 桥面板宽为 20.305m 。主梁截面为开口钢箱梁, 钢箱梁底宽为 2.8m , 横断面为多箱单室, 悬臂长度 1.4025m , 共四片梁体, 材质均为 Q345qD。第六联共计 4 片钢箱梁, 每片钢箱梁分 A、B、C、D、E 共 5 段随顶推步骤进行拼装。

(二) 总体施工部署

根据施工组织流程安排, 第六联的施工路径为: 施工准备→

施工便道及场地压实平整→支撑胎架安装→顶推设备安装→导梁安装及顶推设备调试→第一次顶推→分段拼装→第二次顶推→分段及箱间横梁钢模板安装→第三次顶推→分段及箱间横梁钢模板安装→第四次顶推→落梁、拆除顶推设备及支撑胎架→施工完成。

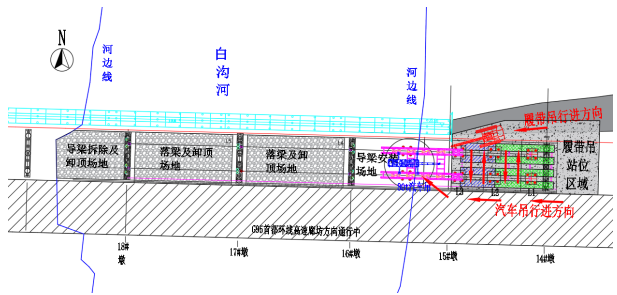


图1 钢箱梁平面布置图

二、施工工艺流程

（一）总体工艺流程

第六联钢箱梁采用步履式顶推法进行施工，现场根据钢箱梁分段情况设置顶推胎架，钢箱梁分段运抵现场后，在顶推胎架上安装导梁及拼装钢箱梁及相关临时支撑架、桥面盖板（含悬挑）、箱间横梁等，拼装与顶推交替施工，直至钢梁全部顶推到位后进行落梁，后续操作完成桥梁受力体系转换。

（二）施工步骤

顶推施工工艺流程可分为三个主要步骤：第一步为安装临时顶推支墩、顶推支架及顶推设备；第二步为利用150t履带吊吊装E段、D段钢箱梁及支撑梁，安装导梁并检查焊缝及高强螺栓，调试顶推操作系统；第三步为检查履顶外观及油管连接，检查顶升、纠偏、顶推油缸工作情况，并进行试顶推5m。

（三）拼装与顶推交替作业

第六联安装顺序为：顺桥向从小桩号向大桩号安装，横桥向从桥中心向外侧安装。以E段为例，首先进行E1段吊装，然后进行靠原始道路侧悬挑模板安装，随后E1段桥面盖板铺装，然后进行E2段箱梁吊装及桥面盖板铺装，E1段、E2段之间箱间横梁进行吊装焊接，以此类推推进安装至E4段钢箱梁，最后进行外侧悬挑模板安装。D、C、B、A段同E段拼装顺序类似，ED段拼装完进行顶推，随后进行C段拼装顶推，随后进行B段拼装顶推，随后进行A段拼装顶推，各分段之间组装采取高强螺栓连接。

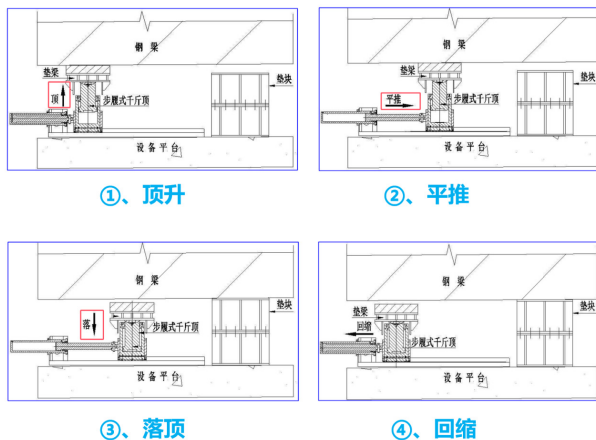


图2 钢箱梁顶推施工图

三、施工技术特点及操作要点

（一）顶推设备的布置与选型

第六联钢箱梁顶推共设置18台3DDT-320型步履式千斤顶。顶推设备布置按照15+14.17+21+22+45+45m跨径进行布置，其中前四组顶推设备布置在临时胎架上，后面三组顶推设备分别设置在16#、17#、18#墩盖梁上。16#墩盖梁及17#墩盖梁上各布置4台，其余支撑胎架或盖梁上各布置两台，间距9.8m。顶推施工共设置7组18个顶推点。

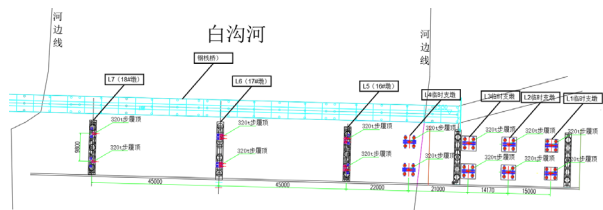


图3 钢箱梁支撑胎架及步履式千斤顶布置图

（二）导梁设计与抗倾覆措施

为避免钢箱梁在顶推过程中悬挑长度过大，在顶推方向的前端设置32m长的组合钢板导梁。

导梁最大组合应力 $126\text{Mpa} \leq 270\text{Mpa}$ ，为顶推悬臂最大时，满足规范要求。为确保导梁能顺利上前支墩，导梁前端加工出长100cm、高50cm的台阶，根据本工程顶推工艺导梁上墩共计3次，分别为16、17、18号墩。跨越16号墩时导梁距支撑梁高度为85mm，导梁下挠32mm，导梁可顺利过墩；跨越17号墩时导梁下挠184mm；跨越18号墩时272mm^{[1][6][7]}。

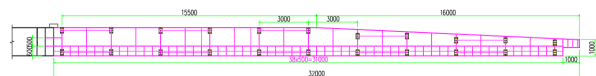


图4 钢箱梁导梁布置图

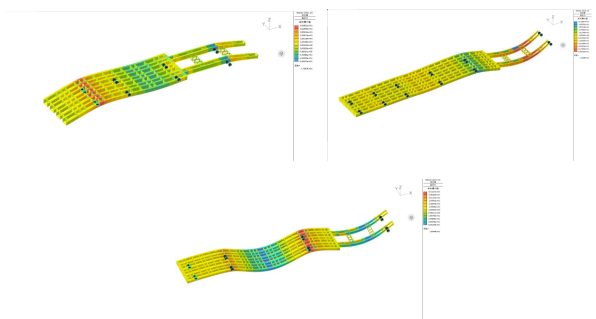


图5 钢箱梁跨越16、17、18号墩时受力模型分析图

（三）顶推施工同步控制

步履式顶推的核心在于同步控制，具体包含四个循环动作：

（1）顶升——通过PLC控制系统控制油泵工作，顶升位移传感器实时反馈工作油缸的实际行程，控制系统实时调节油泵相应的比例阀，控制油缸的顶升速度，实现同步顶升脱离临时垫梁；（2）前进——通过水平位移传感器实时反馈各个油缸的实际行程，控制油缸的前进速度，实现同步前进到行程上限；（3）下降——通过顶升位移传感器控制油缸的下降速度，实现同步下降到钢箱梁落到临时垫梁上；（4）后退——各点位滑移结构回退到初始状态，循环以上动作实现钢箱梁整体顶推到预定位置^{[2][5]}。

（四）线形监测与纠偏控制

钢箱梁顶推施工过程中，应密切进行其线形监测控制。其横向线形控制主要通过横向纠偏油缸进行控制，竖向线形控制是通过顶推设备中的竖向千斤顶完成。其安装精度控制要求为：高程 $\leq 5\text{mm}$ ，轴线 $\leq 5\text{mm}$ 。

中轴线位移偏差措施包括：（1）同步顶推控制——每次顶推前仔细检查中央控制系统和各墩位处顶推设备的性能；（2）全过

程监测措施——在钢箱梁前端和尾端顶面设中线偏移监测点，过程中连续观测，实测轴线坐标与理论轴线坐标对比，以此指导轴线纠偏。

在施工中，如出现钢箱梁整体的中线偏差，应立即暂停顶推进行偏差纠正。墩顶的步履式顶推设备上设置的4个横向调节油缸具有纠偏功能，具体操作流程为：在设备脱空的情况下将上部滑移梁转移到偏移侧，进行顶升直到钢箱梁脱离临时垫梁，去除另一侧的导向约束，利用横向调节油缸进行偏移调整，同步下降到底使钢箱梁落位至临时垫梁后恢复初始状态。

施工现场每个顶推工作地点安排有一名设备监控人员，在相对固定点做好过程标记，并在每个行程结束后报告该工作点的梁边实际偏位。同步顶推过程中，如果某点的实际偏位超过40mm，则结合相邻点的偏位情况，利用顶推设备的纠偏油缸进行梁体纠偏，过墩纠偏时顶推速度控制在1~1.3m/h^{[3][8][9]}。



图6 钢箱梁智能监测系统

(五) 顶推速度与脱空控制

控制钢箱梁顶推前进速度，纵桥向前进不超过15cm/min；顶推前进过程中，钢箱梁底板脱离下部支垫高度 $\leq 50\text{mm}$ ，以降低顶推过程中的脱空高度。

(六) 顶推过程中的注意事项

顶推施工中注意以下关键事项：（1）施工前同步顶推系统应进行整体调试和演练；（2）钢箱梁焊接需在温度稳定、日照强度较低的情况下进行；（3）顶推设备和钢梁腹板底面接触处顺桥向长度不得小于0.6~1.0m，且顶推力必须传递到腹板上；（4）顶推时应派专人检查导梁及箱梁工作状态，发现异常立即停止顶推；（5）顶推前应与设计、监控等单位确定各点竖向力、水平顶推力等理论数据；（6）顶推纵向千斤顶全部布设在箱梁的外侧腹板之下。

(七) 落梁及顶推设备拆除

钢箱梁顶推就位，经验收合格后方可进行临时支架的拆除。

落梁施工的具体步骤为：顶推至设计位置后，利用16#、17#及18#墩步履顶将钢箱梁顶起，拆除支撑梁、支撑墩，接着安装落梁支墩、落梁千斤顶、保护支墩，最后用落梁千斤顶顶起钢混梁脱离支撑垫墩20mm，抽取支撑垫墩下的落梁垫墩100mm，落梁千斤顶回落140mm，使钢混梁支撑在落梁垫墩上，随后拆除千斤顶。

(八) 技术难点及应对措施

顶推施工主要存在以下技术难点及应对措施：（1）拼装难度——钢箱梁重量大，拼装精度要求高，应对措施是设置合理的拼装平台和具备足够起吊能力的设备；（2）作业安全——钢梁重量大，作业安全是难点，应对措施是设计处理好临时支墩、滑道系统和导向装置，保证安全储备；（3）线形控制——主桥段钢梁有较大纵坡，顶推过程中的线形控制难度大，应对措施是制定详细的施工观测及控制方案，对关键部位进行观测和内力测试；（4）倾覆稳定控制——应对措施是在前端设置32m钢板导梁，严格控制顶推速度和脱空高度，并进行技术跟踪和抗倾覆验算；（5）连接质量——钢梁与钢导梁的连接质量是难点，应对措施是采用全熔透I级焊接，并进行超声波探伤检验，侧面用钢板加强贴角焊于腹板^{[4][10]}。

四、结语

大跨度涉河钢箱梁顶推施工是一项技术管控复杂、安全风险高的系统性工程。本文以兰沟洼特大桥第六联钢箱梁安装为工程背景，系统总结了步履式顶推施工的关键技术。通过合理的顶推设备布置、科学的导梁设计、严格的同步控制、有效的线形纠偏措施以及规范的落梁操作，能够确保顶推施工的安全顺利进行。在实际施工中，需重点关注顶推系统调试、拼装精度控制、温度变形控制以及同步性保障等关键环节。随着我国桥梁建设技术的不断发展，步履式顶推施工技术将在更多复杂工况的桥梁建设中发挥重要作用，相关经验可为同类工程提供有益借鉴。

参考文献

- [1] 秦灵刚. 跨线桥钢箱梁顶推施工导梁设计与线形控制[J]. 交通世界, 2026(21): 157-159.
- [2] 陈智胜. 跨高速公路钢箱梁步履式顶推关键技术研究[J]. 建筑科技, 2026, 10(09): 125-128.
- [3] 尚美强, 宋恩波. 钢箱梁顶推施工中的线形控制研究[J]. 西部交通科技, 2026(04): 212-216.
- [4] 孙良博, 刘文龙, 连瑞扬, 叶树涛, 王欣宇. 钢箱梁顶推施工过程有限元仿真分析[J]. 建设机械技术与管理, 2026, 39(02): 34-36.
- [5] 安建波. 跨河钢箱梁顶推施工技术变形控制研究[J]. 施工技术, 2024, 53(10): 104-109.
- [6] 张小欣. 跨既有高速公路大跨径钢箱梁步履式顶推施工关键技术[J]. 上海公路, 2023(3): 85-92, 218-219.
- [7] 武其亮. 四跨并行跨路钢箱梁步履式顶推线形控制技术研究[J]. 工程与建设, 2025, 39(5): 1151-1153.
- [8] 漫海东, 葛树亮, 李江江, 等. 钢箱梁步履式顶推施工工艺及稳定性研究[J]. 甘肃科技, 2025, 41(5): 12-17, 21.
- [9] 孙传智, 张兴虎, 郝笛笛. 连续钢箱梁桥顶推施工监测分析研究[J]. 四川化工大学学报(自然科学版), 2025, 38(3): 120-128.
- [10] 韩世伟. 钢箱梁跨线顶推施工有限元仿真分析[J]. 建筑机械化, 2025, 46(3): 162-165.