

# Research on Multi-point Jacking Construction Technology of Long-span Steel Structure Bridge Across the Yellow River

Ming Cheng

Wuqiao Heavy Industry Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430056, China

## Abstract

With the continuous development of China's economy, the transportation industry has also been rapidly developed, along with the extensive construction of bridges, the scale of highway bridge construction continues to expand, the speed of construction is also accelerating, the level of construction technology continues to improve, and the construction method of bridge is constantly innovative, among which the jacking construction is widely used in the construction of long-span steel structure bridges. It is very important to study the application of pushing equipment in steel structure bridge construction. This paper mainly describes the steel beam jacking construction of Jiaoxinghuanghe River bridge in Jiaoping high-speed, summarizes and studies the application of walking multi-point jacking equipment in long-span steel structure bridges, which can provide some valuable references for similar projects.

## Keywords

bridge; large span; steel structure; walking multi-point push

# 跨黄河大跨径钢结构桥梁步履式多点顶推施工技术研究

程明

武桥重工集团股份有限公司, 中国 · 湖北 武汉 430056

## 摘要

随着中国经济的不断发展, 交通业也得到迅猛的发展, 随之而来的是桥梁的广泛兴建, 公路桥梁建设规模不断扩大, 建设速度也在加快, 建设技术水平不断提高, 桥梁施工方法也在不断创新, 其中顶推施工被广泛运用到跨径大跨径钢结构桥梁施工中, 因此对于顶推设备在钢结构桥梁施工中的应用研究具有十分重要的意义。论文主要通过阐述焦平高速焦黄特大桥钢梁顶推施工, 总结研究步履式多点顶推设备在大跨径钢结构桥梁中的应用, 可为类似工程提供一些有价值的参考。

## 关键词

桥梁; 大跨径; 钢结构; 步履式多点顶推

## 1 引言

经研究发现, 中国修建的各类桥梁中, 大跨径的多跨长箱梁桥占有相当的比例, 而中国大型架梁吊装设备严重不足, 顶推法施工被广泛运用到跨径大跨径钢箱梁桥的施工中。随着当今科学技术的进步, 桥梁施工开始大量运用并且不断改进和优化桥梁顶推法, 但针对大跨径钢混组合梁多点步履式顶推技术成熟的经验、总结和研究较少。

## 2 项目概况

焦平高速焦黄特大桥为焦作至平顶山高速公路焦作至荥阳段横跨黄河控制性工程, 主桥全长 3656m, 全桥共分七联, 孔跨布置为  $6 \times (6 \times 100\text{m}) + 1 \times 50\text{m}$ , 分幅设计, 桥面宽度 16.55m。上部结构主梁采用钢混组合梁, 左右幅

均设置 2% 单向横坡。本项目钢混组合梁钢梁为槽型钢主梁, 主跨 100m, 为国内目前最大跨度槽型梁。本钢梁工程为第一联至第四联左右幅各 24 孔钢梁, 桥梁平面线型为直线段, 纵坡为 0.88%, 全长 2.4km, 总工程量约 36500t。

主桥横断面布置见图 1。

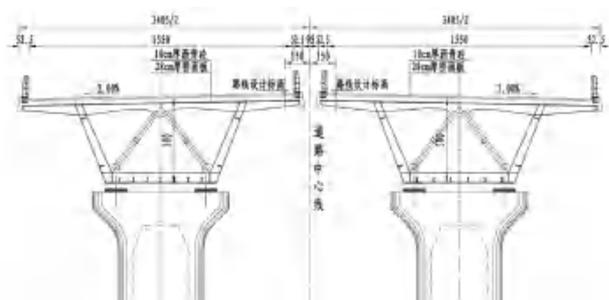


图 1 主桥横断面布置图

【作者简介】程明 (1987-), 男, 中国湖北应城人, 本科, 工程师, 从事桥梁钢结构及桥梁起重设备研究。

### 3 顶推施工

本钢梁工程第一二联左右幅钢主梁采用门机原位支架法安装,第三四联左右幅钢主梁采用步履式顶推法安装,顶推主梁单幅长 1200mm,在第三联第一孔和第二孔墩间设置长 120m,宽 50m 的钢梁拼装平台,利用 200t 门机进行钢梁节段的吊装。顶推到位后进行导梁的拆除。以拼装平台为起始位置,两幅主梁先右幅再左幅由小里程向大里程交错顶推。顶推到位后,再进行第三联第一孔主梁原位拼装。顶推平台布置见图 2。

本钢梁工程大跨径钢混组合梁多点步履式顶推技术是钢箱梁前端设置钢导梁,通过设有集顶升、平移、横向调整于一体的顶推装置,完成钢箱梁的顺桥向、横桥向、上下竖向的移动或调整;利用顶、推的两个步骤交替进行,将整体钢箱梁托起,再向前托送;之后将钢箱梁置于临时墩结构上,完成一个顶推过程,然后将顶推装置中的顶推油缸缩缸底部,进行下一个顶推作业,以此循环;其方法具有顶升、顶推、降低、回位步骤,安全平稳,操作方便,工程综合成本低,效率高,实现钢箱梁的顺桥向、竖向、横桥向的一体式移动和调整。顶推流程见图 3。

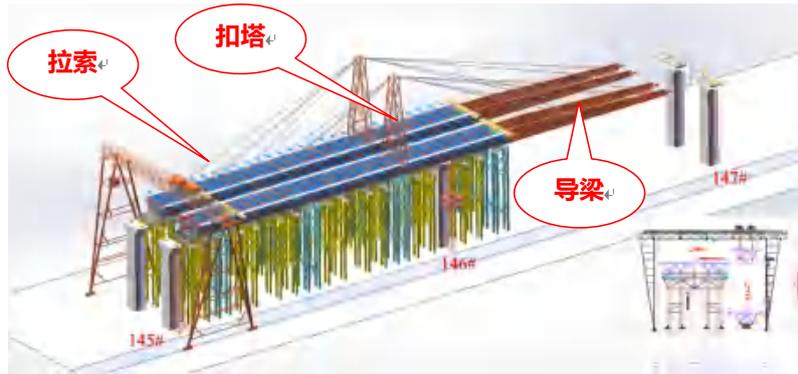


图 2 顶推平台布置图

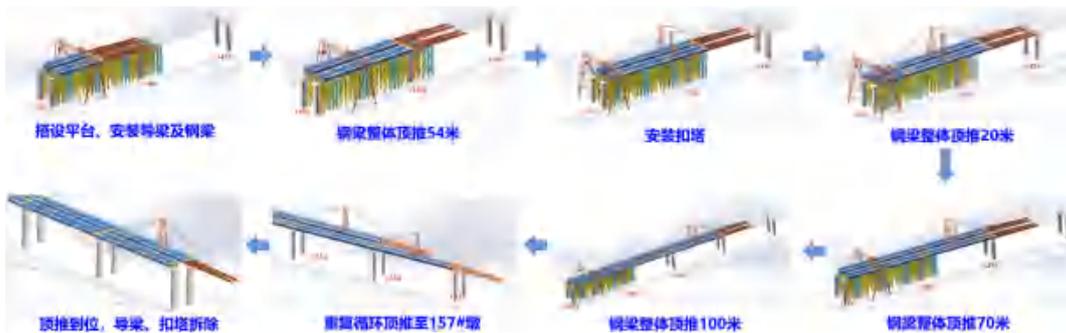


图 3 顶推流程图

关键技术: ①通过设置扣塔扣锁解决最大悬臂状态下,导梁前端导梁前端下挠较大,上墩困难的问题; ②采用多点步履式顶推技术解决钢梁刚度较小连续顶推钢梁结构及下部结构变形问题,保证结构安全; ③采用智能化系统控制顶推同步精度,保证桥梁线型。

### 4 顶推导梁、扣塔和拉索

根据顶推施工需要,钢梁顶推需设置导梁、扣塔和拉索。

#### 4.1 导梁

为减小自重,同时又要满足顶推要求,设计考虑采用变刚度导梁,由根部向端部逐渐减小。导梁总长 61m,另外防止扣挂系统失效影响导梁上墩,在导梁前端设置 4m 长的鼻梁以方便上墩。为防止 100m 最大悬臂状态下风载荷对导梁结构的影响,对导梁的横向连接桁架进行加强来提高结构

的抗风性。

#### 4.2 扣塔

结合顶推施工工况及相关计算,扣塔设计为 A 型扣塔,扣塔下端设置铰耳,通过销轴与槽型梁顶板上设置的铰座连接。在顶推施工过程中可较好的消除扣塔根部弯矩。扣塔底部两侧布置牛腿,用于扣塔安装时支撑定位。

A 型扣塔与槽型梁通过空间扣索连接,满足顶推施工的同时,两侧扣索还提供了横向力,为顶推施工中克服风载及横向稳定起到了作用。

#### 4.3 拉索

钢绞线为 7 丝标准型,公称直径 15.2mm,抗拉强度为 1860MPa,单根拉力为 260kN。单个塔架塔端和梁端合计 16 个锚点,每个锚点设一个拉索锚箱。单个塔架共 8 组拉索,单组拉索由 1 束钢绞线组成。

## 5 顶推设备

步履式顶推系统是一套集液压与自动化控制技术于一体的用于桥梁、建筑物等整体顶升与平移的施工系统。其属于典型的分布式系统，采用一台 PLC 作为主控单元，另配置多台 PLC 做分站控制单元。动力上采用电机搭配高压泵的组合方式，驱动三个方向的液压缸运动。相对于传统的拖拉法，步履式顶推系统具有顶推重心平稳、中心调整方便、对支墩的水平载荷低等优点，比较适合交通繁忙、跨深沟峡谷、跨海等地区的桥梁施工。

焦蒙黄河大桥支座垫石、永久支座及调节钢板总高度仅 550mm，三合一步履顶的高度大多超过 1m，为此，我们特制了分离式顶推设备，该设备大大降低了落梁高度，降低了落梁施工作业风险，拆除方便。本项目顶推施工采用 800T 装配式顶推设备，单个顶推断面布置 4 台，共计投入 64 台。

### 5.1 系统组成

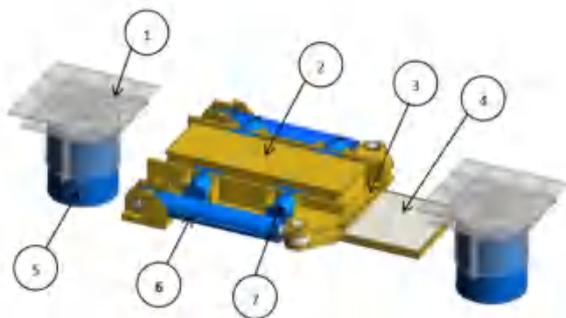
一套步履式顶推系统主要由顶推设备、液压泵站和分布式控制系统组成。

控制系统包括主控、分控、通讯线以及各种位移、压力传感器等组成，分控集成安装在泵站上，主要负责进行信号采集和油缸动作控制，分控与主控之间通过通讯线相连，主控对各个分控进行统一协调控制，以达到多点同步与远程集控的要求。

顶推设备作为顶推动作的执行部分，由一台纵移装置和两台顶升油缸构成，每两台顶推设备由一台独立的泵站提供液压动力，每台泵站安装有一套动力系统，可以同时工作也可以单独工作，增加了系统的可靠性，流体控制阀块均集中安装在泵站出口处，与设备之间通过高压油管相连接。

### 5.2 总体结构

顶推设备的钢结构是整个系统的承载部分，竖向承受 800t 的力，纵向承受 80t 的力，横向承受 80t 的力。整个钢构件主要分为三大块：承重底座、纵移框架，横移滑块、顶升油缸分配梁，安装的三个方向的油缸分别为顶升油缸（最大行程 150mm）、纵推油缸（最大行程 500mm）和纠偏油缸（左右纠偏的最大距离 60mm），如图 4 所示为设备结构。



1—顶升油缸分配梁；2—横移滑块；3—纵移框架；4—承重底座；5. 顶升油缸；6. 纵推油缸；7—纠偏油缸

图 4 顶推设备总体结构

### 5.3 顶推设备与钢梁接触面分析

顶推设备油缸与梁底接触分析：取顶推钢梁出现最大反力进行主梁与顶推设备油缸接触局部分析。顶推设备与钢梁的接触分析，钢梁应力为 197.1MPa，小于总体计算分析中的钢梁的应力值 199.3MPa。

顶推设备滑块与梁底接触分析：取顶推钢梁出现最大反力进行主梁与顶推设备滑块接触局部分析。顶推设备与钢梁的接触分析，钢梁应力为 174.5MPa，小于总体计算分析中的钢梁的应力值 199.3MPa。

顶推设备及滑块与钢梁接触计算结果见图 5。

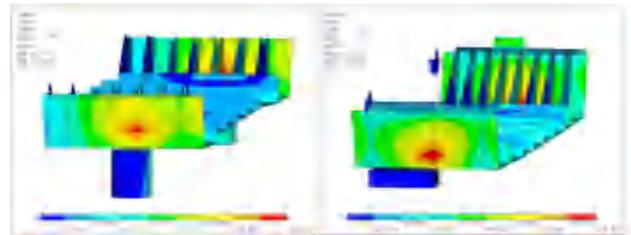


图 5 顶推设备及滑块与钢梁接触计算结果

## 6 结语

采用功能分离式随动顶推设备，可减少支垫和落梁高度，可顶推设备放置于垫墩上方，设备高度较小，顶推到位后，大幅降低落梁高度。本钢梁工程提供的分离式随动顶推设备具有如下创新点：

①新型步履式顶推系统。将顶推系统布置于永久墩顶上，永久墩之间不设置临时墩，结构紧凑，临时结构用量少。同时，采用功能分离式设计，大大降低落梁高度，提高安全性。

②采用竖向自适应垫墩。将传统的垫墩采用竖向液压千斤顶替代，单个顶推行程到位后，垫墩主动顶起主梁。不仅节省了人工抄垫的时间，还可以检测、控制前后垫墩的竖向力，防止主梁局部受力过大而变形，保证下部结构的安全，同时兼具竖向调位功能。

③采用随动式滑移面设计。钢梁处于非顶推工作状态时，支撑于随动式滑移面上，可以及时释放钢梁因温差引起的内力和形变，提高下部支撑结构安全性。

随着步履式多点顶推设备在钢结构桥梁施工中的应用，顶推施工方法更趋成熟，适用性更强，应用前景更广泛。

### 参考文献

- [1] 任立雷. 钢箱梁顶推施工技术研究[J]. 工程机械与维修, 2022(1):132-135.
- [2] 范娟. 大跨径钢箱梁顶推施工关键技术分析[J]. 工程机械与维修, 2021(1):108-109.
- [3] 赵国锋. 步履式顶推设备在双边箱钢混组合梁施工中的应用[J]. 工程建设, 2023(8):113-115.