

DOI: 10.16799/j.cnki.csdqyh.240418

# 钢桁梁顶推系统施工技术改进与工程应用

吴小军

(中铁二十四局集团上海铁建工程有限公司, 上海市 200070)

**摘要:** 以京沪铁路昆山至陆家浜段改建工程上跨青阳港80 m钢桁梁顶推法架设为工程背景, 针对传统顶推施工中存在的不足, 通过改进顶推千斤顶、反力架、滑道梁设计、走行装置以及智能控制技术, 实现了千斤顶同步顶推、钢桁梁横向自动纠偏及精准就位, 安全顺利地完成了80 m钢桁梁顶推的施工任务; 另外, 通过技术改进, 还取得了缩减人员投入、提高施工工效、提升安全水平的成果。

**关键词:** 钢桁梁; 自锁; 重物移运器; 顶推; 纠偏

中图分类号: U445.46

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)02-0186-04

## Construction Technology Improvement and Engineering Application of Steel Truss Girder Incremental Launching System

WU Xiaojun

(China Railway 24th Bureau Group Shanghai Railway Construction Engineering Co., Ltd., Shanghai 200070, China)

**Abstract:** Taking the erection of 80 m steel truss girder across Qingyang Port by the incremental launching method in the reconstruction project of Kunshan to Lujiabang section of Beijing-Shanghai Railway as the engineering background, aiming at the shortcomings of traditional incremental launching construction, by improving the design of incremental launching jack, reaction frame, slide beam, running device and intelligent control technology, the synchronous incremental launching of jacks, transverse automatic correction of steel truss girder and accurate positioning are realized, and the construction task of 80 m steel truss girder incremental launching is safely and smoothly completed. Through technical improvement, the results of reducing personnel input, improving construction efficiency and improving safety level have also been achieved.

**Keywords:** steel truss girder; self-locking; heavy weight transporter; incremental launching; deviation correction

### 1 工程概况

为提升申张线青阳港段航道通航等级, 将青阳港航道等级由V级提升为Ⅲ级, 实施了昆山市青阳港段航道整治配套项目京沪铁路改建工程。其中, 上跨青阳港航道桥采用单跨80 m无竖杆整体节点平行弦三角桁架下承式双线钢桁梁, 主桁采用栓焊结合的整体节点, 除桥面板和下弦杆顶板采用熔透焊接连接外, 其余均在节点外采用高强度螺栓连接; 全桥共8个节段, 桥宽11.8 m, 桁高11.6 m, 全长82 m, 钢桁梁总重约1 050 t。

新建桥梁北侧紧邻并行的京沪铁路, 既有青阳港航道通航紧张、繁忙, 施工场地空间狭小, 周边障碍物较多且航道两侧河床较高, 无法在航道中搭设

支墩或采用浮船等架设方法<sup>[1]</sup>, 故本钢桁梁架设采用岸上拼装, 在钢桁梁前端加36 m导梁, 采用自锁式顶推千斤顶悬臂顶推架设。

### 2 顶推总体方案

跨青阳港80 m钢桁梁采用“厂内分段制作+现场整体拼装+悬臂顶推法施工”的总体施工方案。本钢桁梁顶推体系由支架系统、滑道系统、走行系统、导梁系统、动力系统和控制系统6部分组成。受施工区域场地和既有构筑物限制, 青阳港东侧46#~50#墩间设置拼装支架并作为钢桁梁顶推平台, 西侧45#墩侧设置接收支架辅助架梁。

现场拼装完成80 m钢桁梁之后, 在钢桁梁前端安装36 m导梁, 采用2台160 t自锁式顶推千斤顶连续顶推跨越航道, 将钢桁梁沿纵梁轨道整体由东向西顶推至指定位置。因设计桥位侵占既有铁路路基, 为保证铁路行车安全, 无法在铁路路基

收稿日期: 2024-04-17

作者简介: 吴小军(1991—), 男, 学士, 工程师, 从事路桥工程施工及管理工作。

本体内搭设支架,需将支架向南侧偏移2 m来避让铁路路基,故钢桁梁到达45#、46#主墩后要进行顶推体系转换,向既有铁路侧横移2 m,直至钢桁梁达到设计位置。然后拆除支架和滑移轨道,利用

45#、46#主墩墩顶布置的4台400 t千斤顶进行纵横向位置调整及落梁作业,最后进行支座安装,完成钢桁梁架设。

钢桁梁顶推总体布置图见图1。

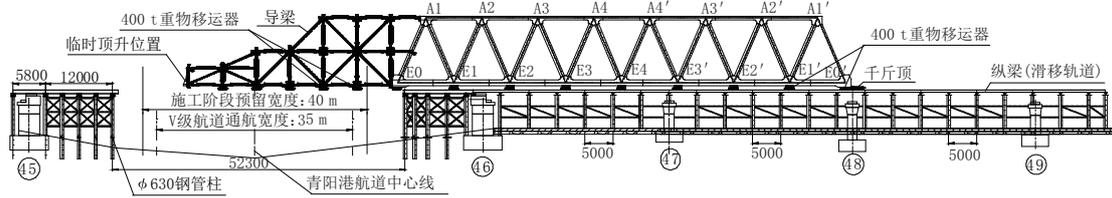


图1 钢桁梁顶推总体布置图(单位:mm)

### 3 传统顶推系统问题分析

结合笔者最近完成施工的另一个钢桁梁桥顶推施工项目——上跨长江路64 m钢桁梁顶推施工及其他相关顶推工程,针对钢桁梁顶推体系在施工中存在的问题进行剖析并提出改进方向,为今后类似工程提供一定的参考依据。本文主要对顶推体系中的滑道系统、走行系统、动力系统和控制系统存在的问题进行分析。

#### 3.1 滑道系统分析

随着工程建设的发展,大跨、宽幅的桥梁不断涌现,钢桁梁桥也逐渐向超重、超高、超宽的方向发展。传统钢桁梁顶推滑道多为贝雷梁、工字钢、H型钢等,其中贝雷梁为传统滑道梁的代表,具有良好的组合使用性能,但受贝雷梁本身强度和尺寸的制约,无法满足在超重和受限空间条件下的架设要求;工字钢和H型钢用作滑道梁时,多采用双拼或多拼并设置加劲肋的方式来提高梁的整体强度和刚度,但组合的滑道梁存在制作精度较低、表面不平顺、焊接质量较差等问题,效果不尽如人意。

针对传统滑道梁的上述问题,可采用定制箱型滑道梁的方式来解决。图2为本工程中采用的箱型滑道梁。



图2 箱型滑道梁

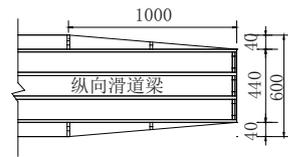
箱型滑道梁的优点如下:

(1)采用高强度钢材,可在满足强度的同时减小滑道梁尺寸。

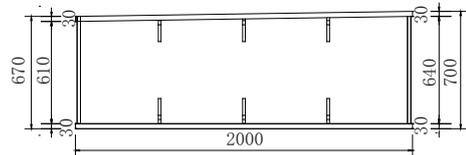
(2)箱型截面的滑道梁承载力和抗弯能力强,稳定性高。

(3)厂内加工制作,可保证精度和表面平整度,并可模块化设计,提高了滑道的适用性。

(4)滑道梁端头采用船头坡设计,便于走行传动装置平稳脱离并顺利进入滑道。图3为滑道梁船头坡设计。



(a)滑道梁船头坡平面图



(b)滑道梁船头坡横断面图

图3 滑道梁船头坡设计图(单位:mm)

#### 3.2 走行系统分析

走行系统为顶推体系的关键组成部分,其主要作用是传递顶推力并承载钢桁梁向顶推方向移动。常规走行传动装置多采用聚四氟乙烯滑靴<sup>[2]</sup>。聚四氟乙烯滑靴与滑道梁直接接触时,两者之间的滑动摩擦阻力较大,对滑道梁表面质量要求较高,且聚四氟乙烯在使用过程中极易损坏失效,更换难度大。另外,平底滑靴在顶推过程中极易产生横向偏移;凹底滑靴的卡槽则易与滑道梁接触,造成走行系统停滞,导致顶推过程中的稳定性和可控性较差。滑靴与钢桁梁的连接多采用抱箍或焊接形式,易造成钢梁结构和油漆损伤。

针对上述常规走行系统的问题,可采用大吨位重物移运器进行替换解决。重物移运器将滑动摩擦转换为滚动摩擦,降低了走行时的摩擦阻力,且重物

移运器承载力高、不易损坏,使走行系统的可靠性得到了提高。同时,在重物移运器两侧设置限位装置,在顶推过程中限制钢桁梁横向偏移量,使得顶推姿态稳定可控。此外,设置了牛腿挂耳并与钢梁同步加工,采用栓接方式固定走向装置以减少对钢梁的损伤。图4为本工程中使用的重物移运器。



图4 重物移运器

### 3.3 动力系统分析

传统的钢梁顶推动力装置主要为千斤顶与反力架组合的形式,存在顶推速度较慢、千斤顶易起拱易偏位、人工干预较多、同步性不佳等问题<sup>[3]</sup>。分离式设计的千斤顶和反力架,在固定反力架时需在反力架与千斤顶之间设置顶铁,顶进行程增加后常出现千斤顶偏位和起拱的情况。反力架随千斤顶一同移动时,千斤顶每完成一次顶程就需调整反力架位置,而频繁倒换反力架费时费力且安装精度不稳定。反力架安装精度的差异会造成两侧千斤顶工作不同步,由此引起桥梁偏位,在顶推过程中需依靠人工纠偏干预,从而增加了工时和成本。

采用一体化自锁式顶推千斤顶装置可解决上述问题<sup>[4]</sup>。自锁式顶推千斤顶将反力架和千斤顶设计成整体,提高了顶推过程中千斤顶的稳定性。千斤顶回油时带动反力架同步前移,减少了人工搬运和安装反力架的操作;顶推装置通过锚栓与下滑道连接,安装简单且受力可靠,减少了作业人员的工作量,提高了顶推工效。图5为一体化自锁式顶推千斤顶装置。



图5 一体化自锁式顶推千斤顶装置

### 3.4 控制系统分析

传统顶推千斤顶控制装置常为机械式液压泵站并采用人工控制,顶推过程中常出现因控制不同步

而导致的顶推偏移情况,自动化、智能化程度较低。

本工程中的液压系统通过采用 PLC 编程计算机来控制顶推千斤顶,可实现高精度同步顶推,并利用可视化系统实时监控顶推行程、顶推力等参数,实现动态纠偏。

## 4 顶推系统的改进

### 4.1 一体化自锁式顶推千斤顶设计

#### 4.1.1 顶推千斤顶设计

对于铁路工程中常用的跨度在 128 m 之内的双线钢桁梁,梁体重量一般在 2 200 t 以内,重物移运器在滑道上启动的摩擦系数一般取 0.05,安全系数  $k$  取 2.0,此时所需的顶推力  $F=2\ 200 \times 0.05 \times 2.0=220\ \text{t}$ 。钢桁梁由 2 台顶推千斤顶同步顶进,则单台千斤顶顶推力  $N=220/2=110\ \text{t}$ 。综合考虑各方面因素,将顶推千斤顶顶推力设计为 160 t,行程为 2.1 m。如此可在满足顶推力的同时,加大顶推行程,减少顶推次数。

对主液压泵站和插销泵站进行改进设计,顶推力为 160 t 的主顶推千斤顶来回 1 个行程所需时间约 5 min;顶推力为 1 t 的插销顶推千斤顶来回 1 个行程所需时间约 2 min;钢桁梁每向前推进 2.1 m,所需时间为 7 min。

#### 4.1.2 顶推千斤顶顶端设计为球铰结构

将千斤顶活塞杆顶端设计成球头,球头安装于球头鞍座里,鞍座前端为法兰结构,通过高强螺栓连接钢桁梁下弦杆端部。采用球铰结构的优点是:当钢桁梁在顶推过程中发生小偏移时,可通过转动球头鞍座使活塞杆受力均匀,避免损伤顶推千斤顶。图6为顶推千斤顶前端球铰结构图。

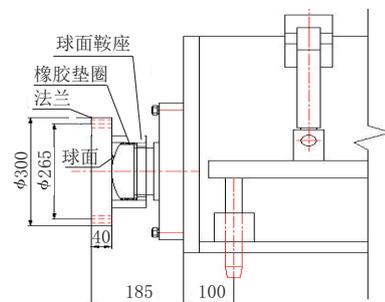


图6 顶推千斤顶前端球铰结构图(单位:mm)

#### 4.1.3 顶推千斤顶与反力架的整体设计

将千斤顶与反力架组合为整体,可达到千斤顶与反力架同步前进的效果。而且将反力架固定插销设置于顶推千斤顶本体前端,缩短了反力架与钢桁梁尾部的距离,避免了顶推千斤顶在顶推过程中的

起拱现象。

将千斤顶与反力架设计成整体,利用钢桁梁自身结构特点和配套设备的优点,可以加快顶推速度,最大程度地减少对钢桁梁跨越的航道、铁路等的影响。

### 4.1.4 插销采用液压控制插拔

反力架两侧设有2组插销,每组分别由3根插销组成,用插销连接板将3根插销连成整体,上端连接2个1 t的插销千斤顶,插销千斤顶顶端固定在反力架上。在顶推千斤顶启动之前,先启动插销千斤顶泵站,伸出插销千斤顶活塞杆,使销子插入滑道梁的销孔;当顶推千斤顶顶推到位后,控制台自动启动插销千斤顶泵站,将插销千斤顶回缩,使插销从滑道的销孔中拔出并进入下一个行程。采用剪力销形成自锁式装置,可在顶推过程中显著减少作业人员数量。图7为顶推千斤顶与反力架结构图。

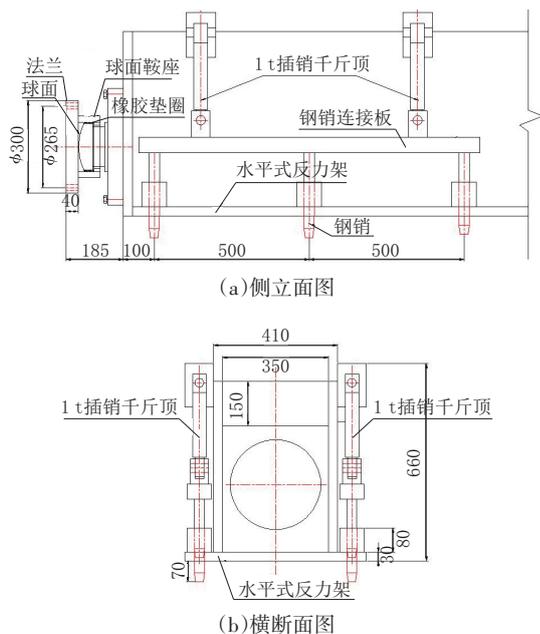


图7 顶推千斤顶与反力架结构图(单位:mm)

### 4.2 走行系统的改进

在钢桁梁各节点位置设置重物移运器,将滑动摩擦转换为滚动摩擦,减小钢桁梁顶推所需的顶推力和插销所受剪力,可提高施工可靠性。重物移运器承载力高,滚轴可自适应接触面,保证受力均匀,且接触面较大,利于荷载分散传递,提高稳定性。重物移运器与钢桁梁间设置定制钢垫箱,通过钢垫箱可调整钢桁梁预拱度,并使重物移运器适用不同规格的钢桁梁。钢桁梁节点位置设置的牛腿、钢垫箱与钢桁梁采用栓接,便于安拆,同时减小对钢桁梁的涂装损伤。图8为重物移运器安装布置图。

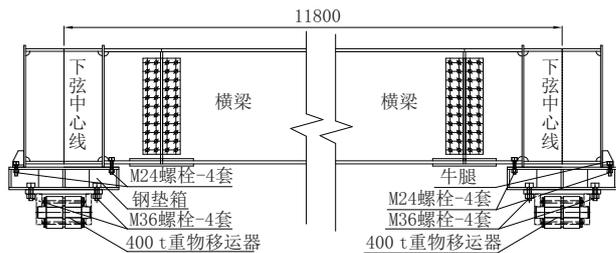


图8 重物移运器安装布置图(单位:mm)

重物移运器两侧共设置4处导向轮装置,导向轮与纵梁间预留15 mm间隙。通过导向轮与下滑道接触,限制钢桁梁在顶推过程中的横向偏移量,实现钢桁梁横向的自动纠偏<sup>[5]</sup>。图9为重物移运器导向轮装置示意图。

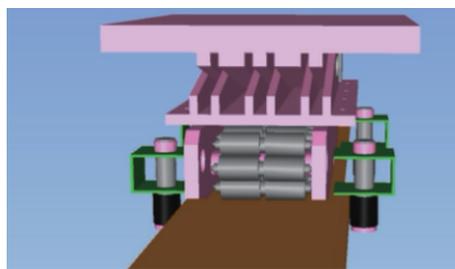


图9 重物移运器导向轮装置示意图

### 4.3 智能控制设计

液压系统通过PLC编程计算机来控制顶推千斤顶,可实现高精度同步推移,同步精度为±0.5 mm。在顶推千斤顶前端安装位移传感器,控制系统可显示每个行程的实时位移量,通过可视化控制系统控制2片主桁后方的顶推千斤顶,使其行程保持一致,避免钢桁梁受力不均而产生横向偏移。通过PLC程序设置,计算机显示屏自动显示钢桁梁顶推施工全过程的顶推力及行程,实时反映钢桁梁的姿态。据此可判断是否发生偏移,从而通过调整顶推千斤顶的参数来实现实时纠偏。

### 4.4 改进成果

跨青阳港80 m钢桁梁完成顶推作业实际总用时为7 h,总行程103 m,综合顶推速度为14.7 m/h。与笔者前次工程上跨长江路64 m钢桁梁采用常规方法的顶推速度10.2 m/h相比较,其顶推速率提高了44%。

## 5 结 语

(1)针对过去钢桁梁顶推器顶推速度较慢,顶推过程中各千斤顶顶推力不一致的问题,研发了一体化自锁式顶推装置。该装置将传统的分离式反力架与千斤顶整合为一体,顶推装置与钢桁梁一体化工作,提高了顶推器速度;同时通过液压泵站控制千斤

(下转第195页)