

多点步履式顶推大跨度钢箱梁施工技术的应用

Application of Large-span Steel Box Girder Construction Technology

赵国余

Guoyu Zhao

中铁大桥局集团有限公司东北分公司 中国·辽宁 沈阳 110000

China Railway Bridge Bureau Group Co., Ltd. Northeast Branch, Shenyang, Liaoning, 110000, China

摘要: 论文结合工程实例,介绍了多点步履式顶推施工技术在大跨度钢箱梁桥中跨越铁路的应用,从钢梁拼装、主要顶推设备、钢箱梁顶推、施工监测等方面对顶推施工技术进行了详细阐述。

Abstract: Combined with the engineering example, this paper introduces the application of multi-point walking jacking construction technology in the large span steel box girder bridge across the railway, from the steel girder assembly, the main jacking equipment, steel box girder jacking, construction monitoring and other aspects.

关键词: 多点步履式顶推; 大跨度钢箱梁桥; 施工监测

Keywords: multi-point walking jacking; large span steel box girder bridge; construction monitoring

DOI: 10.12346/rb.v1i3.8385

1 工程概况

沈阳市沈阜开发大道立交桥与既有铁路斜交,上部结构在第27孔采用一联50m简支钢箱梁,跨越转西进场线(中心里程K1+348.0)、大西进场线(中心里K1+775.0)和于西进场线(中心里K2+233.5)三条电气化铁路线。桥梁下部结构采用柱式墩,基础采用钻孔灌注桩基础。桥墩桩基外边缘距线路中心最小距离为16.2m,线路中心与铁路交角为85°,桥下净空为11.76m。

钢箱梁全宽为29.10m,单箱五室,钢梁梁高(中心处)为3.5m,钢箱梁底板厚度24mm,顶板厚度20mm,腹板厚度16mm;底板、腹板、顶板、设置纵向加劲肋,底板水平,路面横坡采用腹板高度调整。横隔板间距3m,其间布置腹板竖向加劲肋。50m钢箱梁,重量约1000t。

跨径布置见表1。

2 总体施工方案

首先进行支架基础施工,之后进行临时支架、牛腿安装。

由工厂制作小钢板运输至现场后,在加工棚内进行拼装焊接后以小节段单元吊至支架平台上进行整体拼装,拼装完成后进行顶推作业。

采用顶推法安装钢箱梁桥,施工过程中由于结构受力与设计状态不同,顶推时钢梁前端存在悬臂情况,考虑到钢箱梁结构自重较大,为减小钢结构滑移时的倾覆力矩,需间隔一定距离设置一组顶推支撑,经过计算分析确定顶推支撑的具体距离,然后利用顶推设备将钢梁滑移到位,再利用液压千斤顶将桥体同步落位至设计位置^[1]。

3 钢梁分段与拼装

3.1 构件制作块体拆分

钢箱梁宽29.1m,横向分为8段,最大宽度4.75m;纵向分为5段,最大长度10.5m。共分40段,如图1,图2所示。

3.2 拼装钢梁

3.2.1 吊具的选择

钢箱梁分段后最大重量为37t,按1.3安全系数计算,

【作者简介】赵国余(1982-),男,中国辽宁人,本科,高级工程师,从事路桥施工技术及其应用研究。

需选用吊装最大重量为 48.1t 的方案, 根据 180t 履带吊车起吊参数, 满足吊装时作业半径 15m, 主臂长 35m 要求, 吊装时采用 4 条均等钢丝绳吊装, 吊装角度为 60° 。每根钢丝绳受力为 $F(G)=37/4/\sin 60^\circ=10.39T$ 。根据多根钢丝绳吊装不平衡系数要求取 $K=0.82$, 则每根钢丝绳的受力为 $F=10.39/0.82=8.52T$, 选用 6×37 直径为 60mm 钢丝绳进行吊装, 最小破坏力为: 156T, 则安全系数为 18.3 倍, 满足吊装施工要求。

表 1 跨径布置表

项目	编号	墩号	跨径布置 (m)	架设方式	桥梁宽度 (m)	梁高 (m)	结构形式
1	沈阜开发大道立交桥第 26 孔	25#-26#	30	架桥机	29.1	1.8	预应力混凝土小箱梁
2	沈阜开发大道立交桥第 27 孔	26#-27#	50	顶推	29.1	3.5	简支钢箱梁
3	沈阜开发大道立交桥第 28 孔	27#-28#	30	架桥机	29.1	1.8	预应力混凝土小箱梁

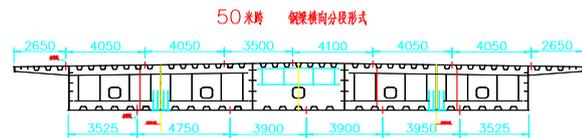


图 1 钢梁横向分段图

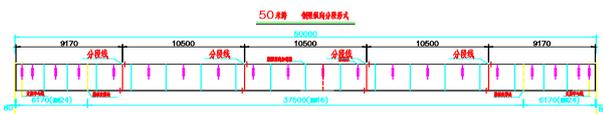


图 2 钢梁纵向分段图

吊耳为孔形吊耳, 设置在钢箱梁腹板处的顶板板面上, 为了防止吊耳板被撕裂, 对耳板及顶板进行了双面补强板。每段钢箱梁设置 4 个临时吊点, 吊耳通过与箱梁主体顶板焊接连接, 吊耳设置在隔板与腹板连接处, 吊绳水平夹角 $\alpha=60^\circ$, 四点起吊。

3.2.2 拼装并焊接钢梁

对支架的标高、基线、沉降观测点等进行检查; 安装 50m 钢箱梁, 先完成主梁吊装定位、焊接, 再进行悬臂梁吊装焊接。

钢梁节段吊装到位后, 及时安装定位装置, 定位装置应保证箱梁节段的截面对角线尺寸、焊缝间隙等符合要求, 及

时加焊码板固定。满足焊接要求后进行梁段环形焊缝的焊接。每完成一个梁段的拼装, 及时复测梁段的轴线、标高等数据, 作为下一梁段安装控制依据^[2]。

4 临时支撑体系

步履式顶推钢箱梁, 顶推过程中桥梁荷载在不停转换中, 当顶推设备顶起箱梁时设备承载, 荷载通过临时支撑体系传至基础, 但钢箱梁与桥墩之间没有足够空间放置顶推设备, 故顶推设备需安装在临时支撑结构上, 临时支撑结构要保证钢箱梁顶推和卸载时的承载要求。桥梁落位至支座时荷载传至桥墩。

钢梁顶推布置见图 3。

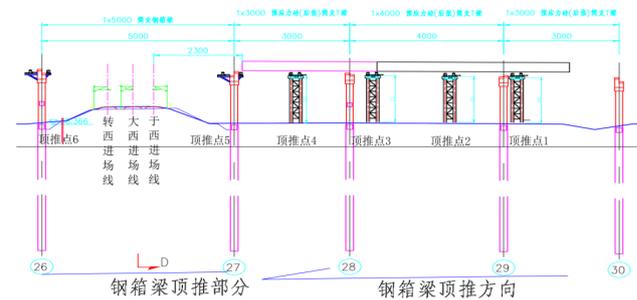


图 3 钢梁顶推布置图

本工程顶推过程中共需要 6 组支撑, 每组两个。2 组借助原有 26#、27# 墩柱, 在盖梁和墩柱侧面安装牛腿支架进行支撑。另外四组需要搭设临时支架, 其中 27# 和 28# 墩之间一组, 28# 和 29# 墩之间两组, 29# 和 30# 墩之间一组。支架基础采用桩基础, 桩基础直径 1.2m, 长度 26m。承台采用 C30 混凝土, 尺寸 $2.5 \times 2.5 \times 1.5\text{m}$ 。每个支架由 8 根 $\phi 478 \times 10$ 钢管通过连接系进行连接, 上方是由型钢作为分配梁来进行支撑。

顶推点 4 距离 27# 墩 16m, 高度 17.63m。顶推点 3 距离 28# 墩 6m, 高度 17.64m。顶推点 2 距离 29# 墩 14m, 高度 17.68m, 顶推 1 距离 29# 墩 6m, 高度 17.97m。支架横向间距 14.1m 对称布置。

5 顶推主要设备

顶推施工主要设备为步履式顶推器, 该设备是一种能自动顶升并进行结构顶推的设备, 由顶升油缸、顶推油缸及纠偏油缸组成。此设备可抛弃传统的反力架, 省去了反力点的加固问题, 省时省力, 且由于各点独立往复运动, 同步控制较易实现, 就位精度高 (见图 4)。

该设备利用“推”“顶”“缩”“降”的四个步骤交替进行, 首先临时支撑体系支撑钢箱梁自重荷载, 顶推油缸伸缸将钢箱梁向前推进一个行程; 之后顶升油缸升缸顶起、置换支墩脱空, 钢箱梁自重荷载由顶升油缸支撑; 然后顶推油

缸缩缸到底；接着顶升油缸缩缸脱空构件、构件自重荷载由顶升油缸支撑，至此完成顶推的一个作业循环；如此往复顶推步骤，最终将钢箱梁顶推到预定的位置。

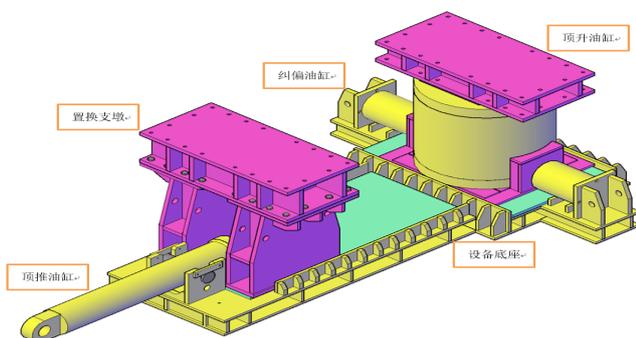


图4 顶推设备立面示意图

根据滑移流程及各项推点竖向反力值，在每顶推点布置1套TJJ-5000型步履顶推器；50m跨钢箱梁滑移过程中配置10套步履顶推器。每套步履顶推器顶推油缸水平推力为100t，提供水平推力 $\sum F=10 \times 100t=1000t$ 。本案中取摩擦系数0.1（最大摩擦系数约为0.065、两者材料为钢材和MGE），所需额定顶推能力 $0.1 \times 1100t=110t$ ，满足工程要求。每套步履顶推器顶升油缸顶升额定能力为500t，拼装完成后滑移过程中至少5组步履支撑，总顶升能力 $\sum G=10 \times 500t=5000t$ ，满足提升要求^[3]。

6 顶推步骤

第一步：在大里程侧27-30#墩之间搭设拼装胎架，并沿桥梁轴向设置6组步履支撑平台，2组位于桥墩，4组位于拼装区域，支撑架顶部安装顶推设备；初始状态仅在顶推点1-5安装设备，其后顶推设备倒用；布置液压泵源系统等设备设施；

第二步：在拼装胎架上完成35m导梁和50m钢箱梁的拼装，焊接；

第三步：安装顶推系统设施，及控制系统，调试完毕后，使梁体前进约1m左右，进行试顶推；对顶推数据状态进行分析；

第四步：分级加载将箱梁整体顶推至桥体脱离顶推点1，暂停，将顶推点1的设备转移至顶推点6；调试设备后等待滑移；

第五步：将桥体继续向前滑移至钢箱梁设计位置，到位后拆除导梁；

第六步：安装永久支座，落梁、卸载，卸载高度约为1.73m；拆除滑移设施及临时塔架，单跨50m钢箱桥安装完成。

7 施工监控

为减小施工过程中各种因素对成桥目标的影响，顶推钢梁施工中，应加强监控。确保施工过程中各工况属于受控的状态，出现偏差，及时发现处理。监控的内容包括临时支架的垂直度监测，临时支架下部基础沉降的监测，钢箱梁轴线的监测，预拱度的监测，前导梁挠度的监测及顶推过程中顶推力的监测。

7.1 临时支架基础沉降监测

根据钢箱梁顶推施工组织设计的内容，临时支架平面位置及混凝土基础的平面位置通过全站仪的测量，在施工现场进行测量放线，混凝土基础的尺寸、混凝土的强度及配筋已通过验算，基础浇筑混凝土时在每个基础上布置一个沉降观测点，待混凝土强度达到要求时，每天进行1次测量，连续测量3天，记录数据。支架安装完成后，每天进行1次测量，连续测量3天，记录数据。支架上部钢梁安装完成后，每天进行1次测量，连续测量3天，记录数据。桥面混凝土浇筑后，每天进行1次测量，连续测量3天，记录数据。

7.2 临时支架垂直度监测

临时支架安装时，采用两台经纬仪进行垂直度的观测，垂直度满足规范的要求，安装支撑体系。临时支架全部安装完成后，统一进行1遍复测，记录数据。钢梁安装过程中，每2天进行1遍支架垂直度的测量，记录数据。桥面混凝土浇筑时，测量1遍支架垂直度，记录数据。钢箱梁顶推过程中，每2天进行1遍支架垂直度的测量，记录数据。

7.3 钢箱梁预拱度监测

根据设计图纸的预拱度数值，钢梁制作车间严格按照设计图纸的要求进行深化设计。车间制作组装胎架时，按照设计预拱度的数值进行制作。

钢梁现场安装前，根据钢梁的线型及断口的位置，布置滑靴，预拱度的控制通过滑靴的高度调整。钢梁码板固定后，测量1遍全桥预拱度数值，记录数据，缝合设计预拱度数值，进行全桥焊接作业，不符合设计要求，及时调整预拱度，直至满足设计要求，再进行焊接作业。钢梁安装焊接完成后，测量1遍全桥预拱度数值，记录数据。

7.4 钢箱梁轴线监测

顶推段钢梁有平曲线，钢梁在安装时，采用全站仪进行测量，保证钢梁平面位置的准确。钢箱梁在顶推时，是沿着直线进行顶推。轴线监测包括两个方面，一方面是滑移梁上有限位挡块，滑靴在滑移梁上反复移动，当滑靴与挡块贴紧时，说明轴线有偏差；另一方面是在钢箱梁顶及永久墩顶设置轴线观测点，顶推过程中持续观测钢箱梁中线和永久墩中线的偏差，当偏差较大时，停止顶推，采用横向纠偏千斤顶进行调整，满足偏差范围，继续顶推施工。通过以上两种方式的监测，能够保证钢箱梁在顶推的过程中轴线的准确，轴线的监测在顶推的过程中持续进行。

7.5 钢箱梁挠度监测

钢箱梁在顶推的过程中,前导梁伸出临时支架时,就出现悬臂状态,并且悬臂端越来越长,重量也随之增大,在顶推前,测量前导梁前端的高程 h ,计算出前导梁每顶推 10m 时的理论下挠后的高程 h_1 ,当钢梁顶推 10m 时,测量前导梁前端的实际高程 h_2 , $h_1 < h_2$ 时,说明下挠量满足要求,顶推状态安全。

根据现场实际情况,挠度的监测频率可以适当加大,可以每 5m 进行高程的测量,但频率太大,将会影响顶推的施工进度。

7.6 钢箱梁顶推力监测

在正式顶推前,先进行试顶。试顶时,记录试顶时间和速度。本工程中,考虑最大工况,每台泵源系统驱动 2 套 TJJ-5000 型步履式步履顶推器,共 6 个泵站,正式滑移速度约为 2m/h。根据实测结果与计算结果比对进行调整速度。

正式顶推时,通过控制台能够观测到每个千斤顶的受力状态,出现偏差,及时停止顶推,查找原因,整改后,继续顶推作业。

8 结语

沈阳市沈阜开发大道立交桥采用多点步履式顶推钢箱梁施工技术,把重达 1000t 钢梁成功跨越 3 条铁路线,既保证了施工安全又节约了成本,为后续类似桥梁施工,带来了一种好的施工方法。

参考文献

- [1] 蒋洪发.顶推滑移法在钢结构桥梁建设中的应用—以衡阳湘江人行钢桥顶推滑移方案为例[J].散装水泥,2021(4).
- [2] 王振东.沈阳快速路工程跨铁路钢梁顶推转体组合施工技术[J].中国新技术新产品,2022(15).
- [3] 石凯凯.跨线钢箱梁顶推技术研究[J].科技创新与应用,2023(2).