

# 大跨度钢结构桥梁顶推施工工艺创新研究

田磊

西南科技大学, 四川省绵阳市, 621010;

**摘要:** 大跨度钢结构桥梁顶推施工常处于跨航道、跨铁路、跨高速公路等复杂环境, 施工过程兼具结构受力转换和既有交通保通双重要求。围绕梁端悬臂变形、临时支撑布设、多点同步顶推、线形纠偏和落梁转换等关键环节, 可发现传统顶推工艺的控制重点已由单纯移梁转向全过程协同调控。文章提出导梁与配重优化、永临结合支撑、多点步履式同步顶推、监测反馈闭环和分级落梁校核等工艺路径, 强调以工况划分、数据复核和现场调整支撑施工创新, 为同类桥梁工程提供可操作的技术参考。

**关键词:** 大跨度钢结构桥梁; 顶推施工; 工艺创新; 步履式顶推; 施工控制

**DOI:** 10.69979/3029-2727.26.02.084

## 引言

随着交通基础设施建设持续推进, 大跨度钢结构桥梁作为连接区域路网、跨越河流峡谷及既有交通线路的重要工程载体, 建设规模不断扩大, 技术难度逐步提升。此类桥梁具有承载能力较强、结构自重相对较轻、工业化制造程度高和施工速度较快等优势, 在现代桥梁建设中发挥着重要作用<sup>[1]</sup>。与此同时, 复杂跨越环境对现场安装、交通保通和施工安全提出了更高要求, 顶推施工因占地集中、跨越干扰较小、工序连续性较强, 逐渐成为大跨度钢结构桥梁架设中的重要工艺选择。因此, 围绕顶推施工开展工艺优化与控制创新, 具有较强的工程实践价值。

## 1 大跨度钢结构桥梁顶推施工的技术特征

### 1.1 跨越环境复杂, 顶推施工承担保通功能

大跨度钢结构桥梁多跨越航道、铁路、高速公路、城市主干道及建成区敏感空间, 桥下通行秩序通常需要保持连续。顶推施工将梁段拼装、焊接、检测等作业集中在一侧平台或已成梁面, 跨越区仅承担梁体滑移和支承转换任务, 因而可压缩封航、封路和临时占地时间<sup>[2]</sup>。此类工艺的价值, 核心在于把高空散拼转化为可组织的地面或低位作业, 把交通干扰控制在短时、可预判的窗口内。对于城市桥梁和跨线桥工程, 顶推方案还需同交通导改、限界复核、支墩防护和应急撤场同步设计, 保通功能由附属要求上升为工艺选择的基本前提, 也使施工组织具备较清晰的边界。

### 1.2 梁体跨度较大, 施工阶段受力差异明显

大跨度钢结构梁体自重较轻、跨越能力强, 但顶推阶段的受力边界持续变化。梁体从拼装平台进入桥位后,

需经历起顶、前移、悬臂、上墩、过墩、纠偏等连续工况, 支点位置随步距改变, 内力分布和挠度曲线也随之重组。成桥状态下由支座、桥面系和整体构造共同承担荷载, 施工阶段则常出现局部悬臂长度偏大、支点反力集中、导梁连接区应力敏感等情形。实践中, 部分顶推偏差未必来自设备能力, 根源常在阶段受力估计偏粗。因而, 大跨度顶推方案应以高风险悬臂工况为控制基准, 统筹导梁刚度、配重位置和支点标高, 使梁体在推进中保持稳定姿态<sup>[3]</sup>。

### 1.3 控制对象增多, 施工工艺呈现系统协同特征

大跨度钢结构桥梁顶推施工已从单一纵向移梁, 转向梁体、支撑、设备、测量和监测共同介入的系统作业。导梁控制上墩姿态, 临时支墩承担竖向反力, 滑道影响摩阻水平, 液压设备决定步距同步, 监测系统则提供应变、位移、沉降和温度等校核依据。任何一个单元控制粗疏, 均可能放大为梁体偏移、支点超载或落梁偏压。工艺创新因此应立足系统协同, 将计算模型、现场测量、液压控制和安全阈值纳入同一施工链条<sup>[4]</sup>。只有各环节形成可复核、可调整、可追溯的关系, 顶推施工才能适应大跨度钢结构桥梁的复杂边界, 并为后续落梁转换保留安全余量。

## 2 大跨度钢结构桥梁顶推施工的主要技术约束

### 2.1 悬臂推进阶段梁端变形控制难度较大

悬臂推进是大跨度钢结构桥梁顶推施工中最敏感的受力阶段。梁体前端越过上一支点后, 在到达下一支点前形成较长悬挑段, 梁端挠度、腹板局部应力和导梁连接区受力随步距增长而迅速变化。钢箱梁或钢桁梁自重相对较轻, 但整体刚度受截面形式、横隔板间距和临时支点位置影响明显。现场常见偏差并非单纯来自顶推

设备,而是源于导梁刚度、配重位置和支点标高协同不足。悬臂阶段一旦控制粗放,梁端上墩姿态会受影响,后续纠偏空间随之缩小。

## 2.2 临时支撑体系与桥下通行条件存在矛盾

临时支撑体系承担缩短悬臂长度、分担竖向反力和稳定滑移路径的功能,但其布设常受桥下航道、铁路、公路及城市道路限界约束。支墩数量增加,可以降低梁体局部受力,却可能压缩通航净宽、占用车行空间,增加防护和交通组织成本;支墩数量减少,又会提高梁体悬臂风险和单点反力水平。工程实践中,支撑方案的难点不在“能否架设”,而在支墩承载、基础沉降、通行净空和拆除恢复之间取得稳定平衡。该矛盾直接决定顶推工艺的可实施性。

## 2.3 多点同步顶推与复杂线形控制难度较高

大跨度钢结构桥梁顶推通常采用多点液压设备协同作业,梁体移动过程受纵向位移、横向偏移、高程变化和转角控制共同影响。桥梁位于平曲线、竖曲线或变坡段时,各项推点行程需求存在差异,滑道摩阻、温度变形和支墩沉降又会放大同步误差。某一项推点推力偏大,可能导致局部支点超载;位移偏差积累,则会引起梁体扭转或轴线偏移。复杂线形条件下,单靠人工复测和事后调整难以维持连续精度,顶推控制需要形成实时校核机制<sup>[5]</sup>。

## 2.4 落梁转换阶段支座反力协调要求较高

落梁转换标志着梁体由临时支撑体系进入永久支座体系,支点反力在短时间内重新分配,是顶推施工收尾阶段的关键环节。大跨度钢结构梁体整体刚度大,局部高差、支座偏位或垫石标高误差,均可能引起支座偏压、局部脱空和梁体附加内力。落梁顺序、千斤顶同步性、临时支点卸载幅度和支座密贴状态,需要在同一控制框架内校核。该阶段看似接近完成,实则容错空间较小,任何局部调整失当,都会影响成桥线形和支座受力状态。

# 3 大跨度钢结构桥梁顶推施工工艺创新路径

## 3.1 优化导梁与配重配置,提升悬臂推进稳定性

导梁配置应围绕最大悬臂工况展开,而不能沿用固定比例简单套取。方案编制阶段需以梁体前端上墩前一工况为控制点,复核导梁长度、截面刚度、连接节点承载力和前端挠度,并将导梁自重纳入整体受力计算。对于钢箱梁,可优先利用横隔板、纵肋密集区设置连接节点,避免导梁反力集中作用于薄弱底板;对于钢桁梁,

应重点复核弦杆节点、临时拼接板和腹杆受力路径。配重布置宜采用可分级调整的钢板、砂箱或水箱,位置靠近后支点附近,重量随顶推阶段动态核算,避免一次性堆载造成尾端局部压应力偏大。现场操作中,导梁前端接近支点时应降低顶推步距,配合高程测量和支点反力复核,使梁端上墩过程保持缓慢、稳定、可修正。

## 3.2 构建永临结合支撑体系,降低临时工程干扰

永临结合支撑体系的关键在于统筹永久墩、承台、施工栈桥和临时支墩的受力关系,使临时结构服务顶推阶段,同时减少桥下空间占用。跨航道或跨既有道路工程可优先利用永久墩身两侧设置牛腿、分配梁和滑移支座,将顶推竖向反力传至永久基础;桥下条件允许时,可将承台施工平台改造为顶推支撑平台,增加横向联系和限位构件,提升整体稳定性。该体系设计时需同步核查基础承载、墩顶局部压应力、支撑横向刚度和施工期水平力,尤其应关注顶推制动、纠偏和风荷载造成的附加作用。支墩顶部宜设置可调整垫梁和滑道调平装置,便于在沉降观测后修正标高。拆除阶段应保留结构复测记录,避免临时构件切割影响永久结构外观和耐久性。

## 3.3 采用多点步履式同步顶推,提高线形控制精度

多点步履式同步顶推适合大吨位钢梁长距离推进,其核心是把顶升、平移、回落和纠偏纳入同一循环控制。顶推点布置应服从结构受力路径,宜选在横隔板、主纵梁、节点板或局部加劲充分区域,顶推垫梁下方应设置分配钢板,防止底板局部变形。设备选型需满足单点最大反力、水平推力和安全储备要求,液压千斤顶宜采用位移和油压双参数控制,每一项推循环后复核各点行程差、支点反力和梁体姿态。对于曲线桥、斜交桥或变坡桥,顶推轨迹应提前分解为纵向推进、横向微调和转角修正,纠偏量宜小步多次完成,避免集中偏移引起局部扭转。现场指挥应采用统一口令和分区监控,顶推、测量、液压和安全岗位保持同频反馈,保证梁体移动连续且受控。

## 3.4 建立全过程监测反馈机制,增强施工调整能力

全过程监测应服务现场决策,而不能停留在记录层面。顶推前应建立施工阶段计算模型,识别最大悬臂、最大支点反力、最大梁端挠度和落梁控制工况,并据此确定监测点位和预警值。梁体关键截面可布置应变计、位移计和倾角计,临时支墩设置沉降观测点,液压系统同步采集油压和行程数据,环境监测关注温度及风速变化。现场数据宜按顶推循环归档,每完成一个步距即完成一次线形、反力和沉降比对;发现支点反力异常、横

向偏移接近控制值或支墩沉降突增时,应暂停推进,复核滑道标高、千斤顶状态 and 梁体姿态。监测反馈可提前发现偏差来源,使调力、纠偏、降速和补强有据可依,减少经验判断带来的随机性。

### 3.5 实行分级落梁与反力校核,保障体系转换平稳

落梁施工应按照临时支撑向永久支座平稳移交的思路组织,重点控制落梁顺序、下降级差、支座密贴和反力分布。正式落梁前应复核支座中心线、垫石标高、梁底局部平整度和临时支点状态,确认顶升设备布置同永久支座位置协调。大跨度钢结构梁体宜采用分级下降方式,每一级下降后复测梁体高程、横坡、纵坡和各支点反力,发现单个支座反力偏差较大时,可采用薄钢板、环氧砂浆垫层或支座高度微调进行修正。多支点连续梁落梁时,应按照计算确定的顺序逐步卸除临时反力,避免局部先落造成梁体扭转。落梁完成后还需复查支座密贴、螺栓定位、防滑限位及伸缩缝预留量,使施工体系顺利转入成桥受力体系。

## 4 大跨度钢结构桥梁顶推施工工艺创新的实施控制

### 4.1 施工前控制,强化工况划分和方案比选

施工前控制应从顶推全过程拆解入手,将拼装、起顶、推进、悬臂、上墩、纠偏、合龙、落梁等阶段逐项列入工况清单,并明确各阶段的控制截面、支点反力、梁端挠度、设备能力和临时结构受力边界。方案比选不能只看工期和造价,还应同时核查导梁长度、支墩布设、滑道标高、顶推步距、保通窗口及应急撤场条件。对于跨铁路、跨高速或跨航道工程,施工窗口通常较窄,方案应预留复测、调力和暂停处置时间,使顶推工艺从图纸推演进入可执行状态。

### 4.2 拼装控制,保证梁段初始线形精度

拼装控制是顶推线形管理的源头。钢梁节段进场后,应复核制造偏差、焊缝收缩、螺栓孔位、横隔板位置和梁底接触面平整度,胎架标高宜按设计预拱度和顶推阶段变形值统一设置。现场拼装时,节段轴线、高程、横坡和接口错台应同步测量,焊接顺序宜避开单侧集中施焊造成的附加变形。长距离顶推工程可在拼装平台设置固定测量基准,每完成一个节段即形成复核记录。初始线形控制得越稳,后续纠偏幅度越小,梁体推进姿态也越容易保持连续。

### 4.3 推进控制,保持力、位移和姿态协调

推进控制应把液压设备、滑移系统和梁体姿态纳入同一节奏。每一顶推循环开始前,应确认千斤顶行程、油压传感器、限位装置和滑道润滑状态;推进过程中同步读取各项推点位移、油压、支点反力和横向偏移,防止单点推力突增或局部支点脱空。步距设置宜根据梁体悬臂长度和现场测量精度确定,曲线桥及变坡桥还需分解纵向推进量、横向修正量和转角修正量。推进结束后立即复核梁端高程、中心线和支墩沉降,使下一循环建立在可靠数据基础上。

### 4.4 安全控制,突出风险预警和停推条件

安全控制的重点在于把预警值转化为现场动作。顶推前应明确停推条件,包括支点反力异常、梁端挠度接近限值、横向偏移超出控制范围、临时支墩沉降突增、液压系统不同步、滑道局部卡阻、风速超过作业要求等情形。现场应设置统一指挥岗位,测量、液压、监测和安全人员按同一口径报告数据。出现异常时,先停止推进并保持梁体稳定,再复核滑道标高、设备状态和支撑受力,必要时采取卸载、补强、调平或反向微调措施,避免小偏差演变为结构风险。

## 5 结语

大跨度钢结构桥梁顶推施工的创新价值,集中体现在施工阶段受力体系、支撑体系和控制体系的协同优化。导梁与配重配置决定悬臂推进的稳定基础,永临结合支撑有助于缓解临时工程与桥下通行之间的冲突,多点步履式同步顶推提升线形控制精度,监测反馈机制则使调力、纠偏和停推处置具备依据。落梁阶段的反力校核和分级转换,是保证成桥状态可靠的重要收口。后续工程实践应强化全过程工况识别和现场数据应用,推动顶推施工由单项工序管理迈向精细化、可追溯的系统控制。

### 参考文献

- [1] 黄庆玲. 大跨度钢结构桥梁施工工艺创新研究[J]. 大众科技, 2024, 26(5): 42-45.
- [2] 孙晓强, 岳新兴. 钢箱梁双导梁顶推施工关键技术[J]. 中外公路, 2024, 44(6): 204-212.
- [3] 朱淼, 邢扬. 大跨度钢箱梁无导梁顶推施工技术研究[J]. 钢结构(中英文), 2025, 40(12): 38-44.
- [4] 韩慧超, 吕之豪, 朱伟庆, 等. 受空间约束时曲线钢箱梁步履式多点顶推策略[J]. 公路交通科技, 2024, 41(9): 160-171.
- [5] 廖梓旭. 大跨径钢箱组合梁步履式顶推施工研究[J]. 中国高新科技, 2025(8): 119-121.